

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Změna linkového vedení MHD Plzeň po rozšíření trolejbusové sítě

Jakub Suchánek

Diplomová práce

2019

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub Suchánek**
Osobní číslo: **D16494**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Změna linkového vedení MHD Plzeň po rozšíření trolejbusové sítě**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod

- 1) Analýza stávajícího stavu
- 2) Návrhy variant nového linkového vedení
- 3) Vyhodnocení návrhů variant

Závěr

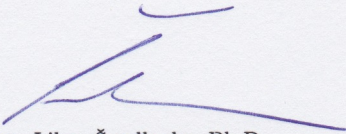
Rozsah grafických prací: 4 - 5
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

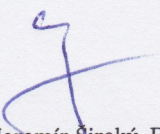
- (1) HOLUB, Ladislav, Petr VYCHODIL a Jiří ČERMÁK. Atlas trolejbusů. 1. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1986.
- (2) PODIVÍN, Ladislav. 50 let trolejbusové dopravy v Pardubicích. Pardubice: Dopravní podnik města Pardubic a. s., 2002.
- (3) Interní materiály Plzeňských městských dopravních podniků.
- (4) DRDLA, Pavel. Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2014. 412 s. ISBN 978-80-7395-787-2.

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

Datum zadání diplomové práce: **4. února 2019**
Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2019**


doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.


doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

PROHLÁŠENÍ

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 nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 16. 5. 2019

Jakub Suchánek

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval především panu doc. Ing. Pavlovi Drdlovi, Ph.D. za skvělé vedení a věcné připomínkování mé diplomové práce.

Dále chci poděkovat panu Ing. Jiřímu Kohoutovi za ochotu a vstřícnost při poskytování informací.

Závěrem také děkuji svojí rodině a přátelům, kteří mne byli v mnohém nápomocni.

ANOTACE

Diplomová práce analyzuje současnou trolejbusovou dopravu v Plzni. Dále se zabývá možnostmi jejího rozšíření za využití trolejbusů s pomocným pohonem. Práce navrhuje tři varianty linkového vedení trolejbusů včetně jejich schématického znázornění. V rámci vyhodnocení jsou shrnuty nejpodstatnější výhody i nevýhody jednotlivých změn linek u všech tří variant. Navržené varianty jsou rovněž ekonomicky ohodnoceny.

KLÍČOVÁ SLOVA

trolejbusová doprava, Plzeň, analýza provozu, pomocný pohon

TITLE

Change of Urban Public Transport Lines in Pilsen after the Extention of Trolleybus Network

ANNOTATION

The master thesis analyses current trolleybus transportation in the city of Plzeň. It also deals with the possibilities of the network extension using trolleybuses with auxiliary propulsion. According to results of the analysis are proposed three variants of trolleybus lines. Schemes of the proposed network are included. The evaluation summarizes the most important advantages and disadvantages of changes for all three variants. The proposed options are also economically evaluated.

KEYWORDS

trolleybus transportation, Plzeň, analysis of operation, auxiliary propulsion

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	10
Seznam zkratek	11
Úvod.....	12
1 Analýza stávajícího stavu	14
1.1 Charakteristika MHD v Plzni.....	14
1.1.1 Tramvaje	14
1.1.2 Trolejbusy	16
1.1.3 Autobusy	17
1.2 Charakteristika trolejbusového provozu	19
1.2.1 Charakteristika vozidel	21
1.2.2 Charakteristika tratí.....	24
1.3 Analýza stávajícího trolejbusového provozu v Plzni.....	27
1.3.1 Stav vozového parku.....	28
1.3.2 Stav tratí	30
1.3.3 Linkové vedení	33
1.4 Shrnutí nejvýznamnějších problémů a nedostatků	36
1.5 Možnosti rozšíření trolejbusové sítě	37
2 Návrhy variant nového linkového vedení	39
2.1 Změny jednotlivých linek	39
2.1.1 Linka 10	39
2.1.2 Linka 11	41
2.1.3 Linka 12	43
2.1.4 Linka 13	43
2.1.5 Linka 14	43
2.1.6 Linka 15	45
2.1.7 Linka 16	47
2.1.8 Linka 17	47
2.1.9 Linka 18	48
2.1.10 Linka 19	48
2.1.11 Linka 22	49
2.1.12 Linka 27	49

2.1.13	Linka 28.....	49
2.1.14	Linky 33 a 40.....	49
2.1.15	Linka 41.....	50
2.2	Nové linkové vedení varianta A.....	50
2.3	Nové linkové vedení varianta B.....	52
2.4	Nové linkové vedení varianta C.....	53
2.5	Stanovení potřebného počtu vozidel.....	54
2.5.1	Počet vozidel u varianty A.....	56
2.5.2	Počet vozidel u varianty B.....	57
2.5.3	Počet vozidel u varianty C.....	57
3	Vyhodnocení návrhů variant.....	59
3.1	Vyhodnocení varianty A.....	59
3.2	Vyhodnocení varianty B.....	61
3.3	Vyhodnocení varianty C.....	65
3.4	Závěrečné vyhodnocení.....	67
	Závěr.....	70
	Seznam použitých informačních zdrojů.....	71
	Seznam příloh.....	72
	Příloha A: Síť linek MHD v Plzni.....	73
	Příloha B: Nedostatky plzeňské trolejové infrastruktury.....	75
	Příloha C: Ekonomické vyhodnocení nákladů jednotlivých variant.....	76

Seznam obrázků

Obrázek 1 Podíl trolejbusů vybavených pomocným pohonem ve vozovém parku PMDP	28
Obrázek 2 Varianty vedení tras linky 10	40
Obrázek 3 Varianty vedení tras linky 11	42
Obrázek 4 Varianty vedení tras linky 14	44
Obrázek 5 Varianty vedení tras linky 15	46
Obrázek 6 Schéma linkového vedení varianty A	51
Obrázek 7 Schéma linkového vedení varianty B	52
Obrázek 8 Schéma linkového vedení varianty C	54

Seznam tabulek

Tabulka 1 Počty nasazených trolejbusů na linkách k 4. 3. 2019	29
Tabulka 2 Přehled nedostatků v trolejové síti PMDP	32
Tabulka 3 Základní provozní parametry denních trolejbusových linek PMDP.....	33
Tabulka 4 Počet trolejbusů na linkách u varianty A	56
Tabulka 5 Počet trolejbusů na linkách u varianty B	57
Tabulka 6 Počet trolejbusů na linkách u varianty C	58
Tabulka 7 Shrnutí výhod varianty A.....	59
Tabulka 8 Shrnutí nevýhod varianty A.....	61
Tabulka 9 Shrnutí výhod varianty B.....	62
Tabulka 10 Shrnutí nevýhod varianty B	64
Tabulka 11 Shrnutí výhod varianty C.....	66
Tabulka 12 Shrnutí nevýhod varianty C	67
Tabulka 13 Celkové náklady jednotlivých variant	68

Seznam zkratk

CAN	Centrální autobusové nádraží
ČR	Česká republika
FN Lochotín	Fakultní nemocnice Lochotín
IAD	individuální automobilová doprava
JŘ	jízdní řád
MHD	městská hromadná doprava
NC Černice	Nákupní centrum Černice
PMDP	Plzeňské městské dopravní podniky, a. s.

Úvod

Trolejbusová doprava již od svých počátků provozu, byla vždy svázaná s problematikou dopravní cesty jako takové, po které se pohybují vozidla, tedy trolejbusy, ale také s problematikou jejich napájení. Až do doby poměrně nedávné, bylo napájení trolejbusů řešeno pomocí trolejového vedení. Tento způsob přivádění trakční energie k vozidlu se pochopitelně, tak jako v minulosti ale i v současné době používá zejména na trasách spojů s náležitými přepravními proudy cestujících. Na trasách spojů, které nezajišťují přepravu vysokých přepravních proudů cestujících, byla doprava zpravidla zajištěna vozidly motorové trakce, tedy autobusy. Jestliže linkové vedení je možno uspořádat tak, že se v síti městské dopravy nevyskytují delší souběžné úseky trolejbusových a autobusových linek, oba druhy dopravy jsou zpravidla využívány v souladu se svými vlastnostmi. V případě opačném, kdy jsou trolejbusové a autobusové linky vedeny po většinu své trasy po stejných komunikacích a autobusová doprava v doplňkovém rozsahu zajišťuje navíc spojení mezi obratištěm trolejbusové dopravy a cílem cesty na krátkém úseku, jeví se v jednotlivých případech jako efektivní nahradit autobusy trolejbusy s alternativním pohonem. Nejprve byl alternativní pohon realizován za pomoci přívěsného vozíku za trolejbusem, který pomocí spalovacího motoru vyráběl elektrickou energii pro pohon elektromotoru trolejbusu. Posléze byl tento způsob alternativního pohonu modifikován přemístěním spalovacího motoru do útrob trolejbusu. V současné době preferované řešení alternativního pohonu trolejbusů spočívá ve vybavení vozidla bateriemi. Tento způsob pohonu přináší možnost ekologičtějšího provozu v městské aglomeraci. Stinnou stránkou je ovšem nutnost zajištění dobíjení baterií vozidla.

Plzeňská trolejbusová síť, která je včetně související problematiky analyzována v první kapitole, je po té brněnské druhá největší. Existují ovšem plány na její rozšíření. V souvislosti se změnou linkového vedení městské dopravy v Plzni, které bylo vynuceno rekonstrukcí železničního uzlu Plzeň, bylo vybudováno několik nových trolejbusových tratí. Každá změna tras městské drážní dopravy (tramvajové nebo trolejbusové) vyvolává změnu linkového vedení. Vedení linek městské hromadné dopravy (dále jen MHD) se přizpůsobují nově vybudovaným úsekům drážních cest s ohledem na přepravní potřeby města. Město Plzeň se snaží podporovat elektrickou trakci v MHD. V posledních letech pořizované trolejbusy s pomocným bateriovým pohonem, nabízí možnosti rozšíření tohoto dopravního prostředku i bez vysokých finančních nákladů na stavbu infrastruktury do oblastí obsluhovaných v současné době autobusy. Rovněž zmíněné nové trolejbusové tratě v centru města umožňují změnit k lepšímu vedení

trolejbusových linek, resp. celé městské hromadné dopravy. Návrhem změn linkového vedení se v jednotlivých variantách zabývá druhá kapitola této diplomové práce.

V poslední části práce jsou vyhodnoceny jednak klady a zápory navrhovaných variant linkového vedení z hledisek provozu, zlepšení služeb cestujícím a zlepšení ekologičnosti provozu městské hromadné dopravy a jednak je provedeno ekonomické vyhodnocení jednotlivých variant.

Tato práce si klade za cíl analyzovat současnou trolejbusovou dopravu na území města Plzně, uvést její nedostatky, nastínit možnosti jejího rozšíření včetně vyhodnocení dopadů.

1 Analýza stávajícího stavu

Kapitola se zabývá analýzou jednotlivých druhů MHD v Plzni se zvláštním důrazem na trolejbusovou dopravu. V jednotlivých podkapitolách jsou rozebrány výhody a nevýhody trolejbusové dopravy včetně charakteristiky vozidel, tratí, linkového vedení a trolejové infrastruktury.

1.1 Charakteristika MHD v Plzni

Nosným systémem plzeňské MHD je tramvajový subsystém doplněný trolejbusovým. Méně významné směry jsou zajištěny autobusovými linkami. Dopravcem zajišťujícím provoz na všech tramvajových, trolejbusových i autobusových linkách na území města Plzně jsou Plzeňské městské dopravní podniky, a. s. (dále jen PMDP). PMDP také obsluhují většinu příměstských linek řady 5x. Síť všech denních linek MHD je znázorněna na Obrázku A1 v Příloze A; síť nočních linek MHD prezentuje Obrázek A2 v Příloze A.

1.1.1 Tramvaje

Tramvajové linky jsou označeny čísly 1, 2 a 4. Jejich celková délka činí 23,9 km. Zajišťují přepravu nejvýznamnějších dopravních proudů ve městě. Jde především o velké sídlištní celky severního předměstí (Košutka, Bolevec), sídliště Skvrňany, Bory a Slovany. Tramvaje propojují jednotlivé městské části s centrem města, linky 1 a 2 i s hlavní železniční stanicí. Centrálním přestupním bodem je zastávka *Sady Pětatřicátníků*, nacházející se v samém středu města. V této zastávce se ve večerních hodinách, kdy jsou intervaly na linkách delší, sjíždějí vždy tramvajové vlaky všech tří linek. Tím je zajištěna vzájemná dostupnost nejdůležitějších zdrojů a cílů cest. Protože každou jednotlivou koncovou větev tramvajové tratě obsluhuje vždy jedna linka, je tak docíleno velmi nízkých intervalů na jednotlivých linkách. Na druhou stranu je zde nevýhoda, že při některých cestách musí cestující přestupovat v centrální zastávce, jelikož přímé spojení neexistuje. Další nepříjemná vlastnost tohoto provozního schématu vzniká při mimořádnostech v provozu, zejména nehodách, kdy jsou tímto postiženy celé linky, a to i na opačné straně města, než se mimořádná událost stala. (1, 2)

Na **lince 1** jsou intervaly mezi spoji:

- ve špičkách pracovních dní 5 minut,
- v sedle a o víkendech 7,5 minuty.

Linka 2 má intervaly:

- v ranní i odpolední špičce 5-6 minut,
- v sedle a o víkendech 7,5 minuty.

Linka číslo 4 má ze všech linek MHD na území České republiky (dále jen ČR) vůbec nejkratší intervaly (pokud se nepočítají linky pražského metra):

- v ranní špičce má linka interval 3 minuty,
- v odpolední špičce 3-4 minuty,
- v sedle pracovních dní 5 minut,
- víkendech 7,5 minuty. (3)

K zajištění provozu těchto tří linek má dopravce k dispozici vozový park složený z celkem 114 tramvají různých délkových variant a typů. Z tohoto počtu je 84 vozů čtyřnápravových o délce 15 metrů typů T3, Vario a jejich modifikací. Tyto vozy je možné provozovat buď sólo, nebo spřažené do dvouvozových souprav. Většina těchto vozů je částečně nízkopodlažních. Tříčlankové tramvaje typu K3 s částečně nízkopodlažním středním článkem jsou zastoupeny v počtu 4 kusů. Typ KT8 je taktéž tříčlankový s částečně nízkopodlažním středním článkem, ale oproti tramvajím K3 je vybaven stanovišti řidiče na obou koncích. Tyto obousměrné tramvaje jsou u PMDP provozovány v počtu 12 kusů. Dalším typem, zastoupeným v počtu 10 kusů, jsou nízkopodlažní tříčlankové tramvaje Astra o délce 20 metrů. Poslední 4 vozy náleží typu Vario LF2/2 IN. Jedná se o dvoučlankové obousměrné nízkopodlažní tramvaje s délkou 23 metrů. Na linku 1 jsou v pracovní dny vypravovány tramvaje Astra, Vario LF2/2 IN a zbývající pořadí jsou obsluhovány ostatními typy tramvají (v případě vozů T3/Vario ve dvojicích). O víkendu jsou na linku nasazovány buď sólo vozy typů T3/Vario nebo Astra a Vario LF2/2 IN. Linku 2 obsluhují v pracovní dny tramvaje typů T3/Vario ve dvojicích, KT8 nebo K3. O víkendu jsou na ni vypravovány výhradně sólo vozy T3/Vario. Provoz na lince 4 zajišťují v pracovních dnech i o víkendech vždy tramvaje T3/Vario ve dvojicích, KT8 nebo K3. Podíl nízkopodlažních tramvají z celkového počtu vozidel je 69 %, takže většina spojů poskytuje cestujícím bezbariérovou přístupnost. (1)

Vozovna tramvají je situována na samém okraji sítě tramvají na Slovanech (spojuje konce tratí mezi konečnými Slovany a Světovar). Těžká údržba tramvají však probíhá v depu na Karlově, které není napojeno na kolejovou síť, a tak je nutné převážet tramvaje k větším dílenským opravám na silničních podvalnicích. Toto řešení značně prodražuje náklady na údržbu vozidel. (1)

1.1.2 Trolejbusy

Trolejbusová doprava v Plzni doplňuje základní nosnou síť tramvají o další významné směry. V současnosti je v provozu 9 denních linek čísel 10 - 18 a jedna noční linka N7 o celkové délce 86,55 km. Nejvýznamnější linka 16 spojuje sídliště Doubravku a sídliště Bory přes centrum města. Na obslužnosti největší plzeňské průmyslové zóny na Borských polích se podílí z velké většiny také trolejbusy. Mezi další části města obsluhované trolejbusy patří Božkov, Černice, Doudlevec, Letná, Lobzy, Nová Hospoda, Slovany, Zátiší a taktéž jsou provozovány trolejbusy k ústřednímu hřbitovu. Trolejbusy taktéž spojují plzeňské hlavní nádraží s Centrálním autobusovým nádražím (dále jen CAN).

Na dvou linkách je využíváno pomocného pohonu, první zajíždí k nákupnímu centru Černice (dále jen NC Černice) a druhá obsluhuje samostatnou obec Letkov. Centrálním přestupním bodem trolejbusů jsou zastávky *Mrakodrap*, *Goethova* a *Prokopova*, ležící u okružní křižovatky Mrakodrap. V těchto zastávkách je umožněn přestup mezi všemi linkami vyjma linky 18, která má jen doplňkový charakter pro obslužnost průmyslové zóny na Borských polích. U *Mrakodrapu* jsou v pozdních večerních hodinách zajištěny rozjezdy spojů linek 12, 15 a 16. Taktéž jsou zde rozjezdy spojů všech nočních linek včetně trolejbusové linky N7. Přestupní vazby mezi trolejbusovými a tramvajovými linkami jsou především v zastávkách *U Práce*, *Hlavní nádraží* a *Slovany*. Na trolejbusovou linku 16 navazují v obratišti *Doubravka* příměstské autobusové linky 52 - 54 ve směru Červený Hrádek, Dýšina, Chrást a Bušovice. (1, 2)

Složení vozového parku je uvedeno v kapitole 1.3.1. a podrobnější informace o linkách trolejbusů jsou v kapitole 1.3.3.

Nejzávažnějším problémem je v současnosti kritický nedostatek řidičů s oprávněním k řízení trolejbusu. Zatímco k řízení autobusu postačuje řidičský průkaz skupiny D a k němu příslušná profesní způsobilost řidiče, pro řízení trolejbusu je navíc nutné získat Oprávnění k řízení drážního vozidla - trolejbusu. Příčinou nedostatku řidičů trolejbusů je nepoměr mezi novými příchozími zaměstnanci a těmi, jenž pracovní poměr ukončili. Bohužel současná situace na trhu práce pravděpodobně nepřinese v dohledné době žádné zlepšení. (5)

Technickou základnu pro deponaci a údržbu trolejbusů má PMDP jednu z nejmodernějších na světě. Vozovna Karlov, otevřená v roce 2014, disponuje nejmodernějšími

technologemi. Stavění trolejových cest v celém areálu je automatické, což značně usnadňuje práci provoznímu personálu. (1)

1.1.3 Autobusy

Autobusových linek provozuje PMDP celkem 36 včetně příměstských a nočních linek. Jejich souhrnná délka je 471,92 km. Kromě několika málo linek mají linky spíše charakter doplňkový a obsluhují odlehlejší části města. Z pohledu této práce jsou podstatné následující linky, které mají potenciál, aby byly elektrifikovány. (1)

„Špičková“ **linka 22** je v provozu pouze v pracovní dny v dobách 4:30 - 8:30 a 13:00 - 16:00. Její trasa je *Škoda VIII. brána - Jižní předměstí - Doudlevec ETZ - Slovany - Jasmínová - Koterov*. Některé spoje jsou vedeny pouze v trase *Škoda VIII. brána - Slovany (- Jasmínová)*. Naopak některé spoje od *Koterova* končí už na *Slovanech*. Intervaly se pohybují mezi 5 až 30 minutami, v nejzatíženějším úseku je v jízdním řádu (dále jen JŘ) uváděno vždy 5 spojů za hodinu. Téměř celá trasa linky je vedena pod trolejovým vedením. Nezatrolejovány jsou pouze úseky *Koterov - Slovany, Doudlevec ETZ - Poliklinika Bory* a obratiště u VIII. brány. Bez finančních investic do infrastruktury by mohly být na linku nasazeny trolejbusy s pomocným pohonem a zároveň by mohlo dojít k prodloužení linky až na Borská pole. To by vyřešilo i ukončení linky pod trolejemi, které jsou nutné pro dobíjení bateriových trolejbusů a zároveň by to posílilo nabídku spojů na Borská pole. Uvažovat by se mohlo i o částečném přetrasování linky, jejím sloučení s autobusovou linkou 31 a s trolejbusovou linkou 10. Díky elektrickému provozu linky 22 by tak fixní náklady za trolejovou infrastrukturu byly rozpočítány mezi více spojů, tudíž by došlo k jejich snížení na jednotku provozu. (3, 6)

Linka 27 jezdící od *Mrakodrapu* kolem zoologické zahrady na konečnou *Sídliště Košutka* má ve špičkách pracovní dny interval 30 minut, v sedle a o víkendech 60 minut. V letech 2015 - 2017 byly na lince během období dvou let testovány zkušební bateriové elektrobusy Škoda Perun 26BB, pro které byla v obratišti *Sídliště Košutka* zřízena dobíjecí stanice. Testovací provoz však byl z pohledu PMDP vyhodnocen jako nepříliš vhodný a vozidla byla vrácena zpět výrobcí. Přesto by mohla být tato linka elektrifikována s využitím bateriových trolejbusů, se kterými má naopak PMDP velmi pozitivní zkušenosti. K tomu by bylo nutné spojení s linkou 14 u *Mrakodrapu*, aby bateriové trolejbusy měly možnost dobíjení trakčních baterií v obratišti *Sídliště Bory*. Obě tyto linky mají v pracovních dnech velmi podobné intervaly a úsek bez trolejí je přibližně 5 km. (3, 6, 7)

Nejdelší autobusovou linkou u PMDP je **linka** číslo **30** s trasou *Borská pole - Bory - Slovany - Poliklinika Doubravka - Sídliště Košutka*. Až na *Borská pole* jsou trasovány jen některé spoje; zejména v sedlech pracovních dnů a o víkendech končí většina spojů už na *Borech*. Linka má intervaly ve špičkách pracovní dnů 10 minut, v sedlech pracovních dnů 20 minut a o víkendech 15 minut. Nasazovány jsou na ni celotýdně článkové autobusy. Výhledově lze ve vzdálené budoucnosti uvažovat o elektrifikaci alespoň části linky, neboť v současnosti jsou tři krátké oddělené úseky této linky vedeny po stávajících trolejbusových trasách. Spolu s linkou 30 by mohla být elektrifikována také **linka** **29**, která má částečně podobnou trasu, konkrétně *Borská pole - Slovany - Doubravka*, a intervaly ve špičkách pracovních dnů 30 minut a v ostatní době 60 minut. (3,6)

Málo frekventovaná **linka** **31** s krátkou trasou *Slovany - Hradiště* je v provozu pouze ve špičkách pracovních dnů přibližně v intervalu 60 minut. Trasu o délce cca 3 km obsluhuje jeden autobus, který většinu směny tráví na konečné *Slovany*. Tento nepoměr mezi dobou jízdy a dobou prostoje je příčinou finanční neefektivnosti této linky. Nevýhodou pro cestující je nutnost přestupu na *Slovanech*, protože žádné přímé spojení do centra Plzně neexistuje. Jako řešení se nabízí sloučení této linky s trolejbusovou linkou 10 nebo 13 s využitím trolejbusů s pomocným pohonem. (3, 6)

O elektrifikaci **linek** **33 a 40** se uvažuje již několik let. V podstatě se jedná o jednu linku, rozdíl spočívá v zajíždění linky 33 k *Fakultní nemocnici Lochotín* (dále jen *FN Lochotín*). Linky začínají v centru u *Muzea* a pokračují v trase *Náměstí Republiky - Rondel - (FN Lochotín) - Severka - Sídliště Košutka*. JŘ obou linek je koordinován do intervalu 10 minut ve špičkách pracovních dnů, přičemž linka 40 jezdí pouze v tomto období. Linka 33 má intervaly v sedle pracovních dnů 20 minut a o víkendech 30 minut. Obě tyto linky by měla nahradit trolejbusová linka 19 s trasou *Sídliště Bory - Jižní Předměstí - Mrakodrap - FN Lochotín - Sídliště Košutka*. Uvažuje se i o výstavbě nové silniční komunikace z Roudné přímo přes areál FN Lochotín, tím by se trasa z centra na Košutku zkrátila a zároveň by se zvýšil počet spojů obsluhující *FN Lochotín*. V návrhu je několik variant výstavby trolejbusové tratě. V nejlepším případě by byla zatrolejována celá trasa až na konečnou *Sídliště Košutka*, nebo naopak jen část trasy, kdy by se využívalo trolejbusů s pomocným pohonem. (3, 6, 8)

Linka **41** s trasou (*Křimice -*) *CAN - Vinice* zabezpečuje obslužnost sídliště Vinice. Na toto sídliště měla původně vést tramvajová trať, dosud je patrná územní rezerva. Středem silniční komunikace, vedoucí na Vinice, prochází pás uvažovaného tramvajového tělesa.

V posledních letech byla myšlenka tramvajové tratě na Vinice opět oživena. Díky tramvaji by Vinice získaly rychlé a komfortní spojení s centrem města, na druhou stranu by v oblasti sídliště došlo ke zhoršení dostupnosti veřejné dopravy. Tramvajová trať by procházela pouze okrajem sídliště a mnoha jeho obyvatelům by to prodloužilo docházkovou vzdálenost k zastávkám MHD. Linka má v úseku *CAN - Vinice* intervaly ve špičkách pracovních dnů 7,5 minuty, v sedle a o víkendech 15 minut. Jako alternativa k tramvajím se nabízí elektrifikace linky 41 v podobě trolejbusů. Tímto řešením by nedošlo ke zhoršení dostupnosti MHD v této oblasti a zároveň by mohla být napojena i hlavní železniční stanice. (3, 6)

Noční provoz sestává ze tří základních autobusových **linek N1, N2 a N3**. Každá z nich je v určité části vedena po trasách denních trolejbusových linek. Úpravou tras, dobudováním krátkých spojovacích tratí a trolejových oblouků by mohlo dojít i k rozšíření elektrické trakce v nočním provozu. V současnosti je jako noční vedena pouze méně významná trolejbusová linka N7 s trasou *Mrakodrap - Nová Hospoda*. Výhodou rozšíření trolejbusového provozu

i na noční linky by bylo mimo jiné i snížení hlukové zátěže z provozu autobusů. Při nasazení trolejbusů s pomocným bateriovým pohonem by po úpravě tras nočních linek mohla být elektrifikována linka N1 v trase *Bory - Mrakodrap - Doubravka*. Prodloužením trolejbusové linky N7 od *Mrakodrapu* přes *Světovar* do *Černic* by autobusový noční provoz byl omezen pouze na linky N2 (*Zadní Skvrňany - Bolevec*) a N3 (*Mrakodrap - Sídliště Košutka*). Toho je možné docílit v současnosti s pouze minimálními finančními náklady. (3, 6)

1.2 Charakteristika trolejbusového provozu

Trolejbus je drážní nekolejové vozidlo s elektrickým pohonem pohybující se po pozemní komunikaci. Řídí se pravidly silničního provozu, ale technická způsobilost vozidel i tratí podléhá drážnímu úřadu. Pro řízení trolejbusu je potřeba mít řidičský průkaz skupiny D (platný pro autobus) a průkaz způsobilosti k řízení drážního vozidla - trolejbusu. V současnosti jsou trolejbusy v ČR provozovány ve 13 městech. Nejdéle trolejbusy jezdí právě v plzeňských ulicích, jejichž provoz byl zahájen už za 2. světové války v roce 1941. (9)

Ekologický šetrný provoz patří mezi jednu z hlavních **výhod** trolejbusového provozu ve městech. Trolejbus je poháněn elektrickým motorem, jehož činností není produkována žádná zdraví škodlivá látka. Fyzickou vlastností elektromotoru je jeho vysoká účinnost, která se pohybuje okolo 90 %, což oproti spalovacím motorům používaných u autobusů, kde je účinnost pouze 35 %, značně snižuje energetické nároky. Díky tomu mají trolejbusy

výrazně nižší náklady na provoz. Na druhou stranu při získávání elektrické energie je v řadě případů využíváno spalování uhlí v tepelných elektrárnách, při kterém se produkuje škodlivé emise, zejména CO₂. Elektrická energie však je získávána i šetrnějšími způsoby, dokonce i z obnovitelných zdrojů. Zároveň je u elektráren při spalování fosilních paliv mnohem účinněji filtrováno vypouštění emisí, než je tomu u spalovacích motorů. U trolejbusů je také možné využít díky elektromotoru rekuperaci. Při elektrodynamickém brzdění funguje elektromotor jako generátor, který produkuje elektrickou energii a kterou je za určitých podmínek možné vrátit do napájecí soustavy trolejové sítě nebo ji uložit do trakčních baterií. Provoz v členitém terénu zvládají trolejbusy mnohem lépe než autobusy. Jízda do stoupání je u trolejbusů mnohem dynamičtější a nemají problém ani s rozjezdy ze zastávek v takovém terénu. Oproti tramvajím vyniká trolejbus menší prostorovou a finanční náročností na stavbu tratí včetně obratišť. (9)

Nejvíce viditelnou **nevýhodou** trolejbusů je finančně náročná stavba trolejbusových tratí, ale také vyšší pořizovací cena trolejbusu oproti autobusu. Přitom se může zdát, že samotný trolejbus neposkytuje jeho běžným uživatelům žádné výhody oproti autobusům. Výhody trolejbusové dopravy jsou na první pohled nepatrné. Například delší životnost karoserie a levnější údržba u trolejbusů, což vyvažuje vyšší pořizovací cenu vozidla. Vysoké fixní náklady se však rozdělí mezi jednotlivé spoje v průběhu plánované životnosti dopravní cesty. Tím se díky nízkým variabilním nákladům dostává trolejbus (při rozumných intervalech na vystavěných tratích) na celkové náklady shodné s autobusy. Nutné je však kalkulovat i se snížením ekologické a hlukové zátěže, což je další přínos pro kvalitu života ve městech. Negativním faktorem je závislost trolejbusů na trolejovém vedení, oproti tramvajím mají však jízdní dráhu o něco více flexibilnější. V případě výluk či mimořádností v provozu je potřeba zavádět náhradní autobusovou dopravu. Toto řešení je však možné eliminovat určitým podílem trolejbusů s náhradním zdrojem pohonu. V případě plzeňských trolejbusů je zastoupení těchto vozidel na nejvyšší úrovni v ČR a odpadá tak nutnost mít ve vozovém parku rezervní autobusy.

Další omezení trolejbusů vychází z konstrukce trolejového vedení - výhybky, křížení a dokonce i oblouky musí trolejbus projíždět sníženou rychlostí. Ale naopak trolejbus vyniká dynamickým a plynulým zrychlením i zpomalením, takže výsledná cestovní rychlost je srovnatelná s autobusem. (5, 9)

1.2.1 Charakteristika vozidel

Trolejbus je charakterizován použitým elektromotorem a trakční výzbrojí. Motory se v současné době používají třífázové asynchronní, řízené trakčními střídači změnou frekvence. Asynchronní elektromotory trolejbusu poskytují značný výkon, současné trolejbusy jsou schopné dosáhnout při rozjezdech nebo brzdění zrychlení a zpomalení až $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Nevýhodou těchto vlastností motoru je velký krouticí moment, čemuž musí být přizpůsobeny převodové poměry mezi motorem a hnací nápravou. Obvykle se u hnacích náprav trolejbusů využívá redukci v nábojích kol. Při použití autobusových karoserií, včetně hnacích náprav, tak po ujetí určitého počtu kilometrů dochází k destrukci diferenciálů, protože hnací nápravy autobusů nejsou na takto vysoké přenosové síly dimenzovány.

Rozsah otáček elektromotoru ovlivňuje velikost dodané elektrické energie, na rozdíl od spalovacích motorů, které dokáží pracovat pouze v omezeném rozsahu otáček. Z tohoto důvodu nedisponuje trolejbus převodovkou. Velikost dodávané elektrické energie elektromotoru reguluje elektrická trakční výzbroj. U starších typů trolejbusů byla regulace odporová. Přes jízdní pedál se ovládal kontrolér, který vyřazoval jednotlivé odporové stupně. Při nízkých rychlostech tak elektrický proud procházel přes většinu odporových stupňů, ve kterých se přeměňoval na teplo. Docházelo tak k velkým energetickým ztrátám. To pomohla vyřešit tyristorová pulsní regulace. Velikost elektrické energie u ní je řízena polovodičovým pulsním měničem ovládaným řídicím regulátorem. Nynější elektrické výzbroje sestávají z trakčního střídače, který je řízen změnou frekvence. (9)

Odběr elektrické energie z dvoupólového trolejového vedení je zajištěn přes sběrací soustavu. Ta sestává ze dvou tyčových sběračů připevněných k základně na střeše trolejbusu. Sběrné tyče jsou složeny ze dvou dílů. Spodní kovový díl je ukotven k točce na základně, proto je možné se sběračem otáčet do stran. Pro dobrou „spolupráci“ s trolejovým vedením je horní díl sběrací tyče vyroben z laminátu. Díky laminátu je tyč pevná a zároveň pružná, dobře tak reaguje na změnu směru troleje. Nevýhodné kovové sběrné tyče, které byly těžké a málo pružné, jsou už dnes v ČR našťastí minulostí. Sběrná tyč je na svém konci vybavena sběrací hlavicí, u které je nejdůležitější tvar a provedení smykadlové botky. Do botky se zasouvá grafitová vložka, která pak hladce klouže po měděném trolejovém drátu. Dostatečný přítlak sběrné tyče k trolejovému drátu vytváří pružiny umístěné u točny sběrače. Přítlaková síla se pohybuje v rozmezí 90 - 150 N v závislosti na natažení pružin. Proti poškození trolejového vedení při výpadku sběrných tyčí jsou na zadním čele trolejbusu instalovány stahováky.

Stahovák je se sběrnou tyčí propojen stahovacím lanem, které je ve stahováku navíjeno na kotouč pomocí malé pružiny. Při výpadku sběrné tyče z troleje natažená pružina stahováku zajistí navinutí stahovacího lana a tím stažení sběrné tyče pod úroveň trolejového vedení. U trolejbusů vybavených pomocným zdrojem pohonu pro jízdu mimo trolejové vedení je pro usnadnění práce řidiče použita poloautomatická sběrací soustava. Ta se od klasické soustavy odlišuje absencí stahováku, který je nahrazen prostým navijákem. Jeho účelem je pouze navíjet stahovací lano. Samotný pohyb sběrných tyčí je zajištěn pomocí vzduchových válců, kdy při vypuštění vzduchu z válce dojde k vysunutí sběrače směrem vzhůru. Naopak stažení sběrače zajistí naplnění válce vzduchem. Řidič takto může pomocí tlačítka ovládat pohyb sběrných tyčí. Při výpadku sběrné tyče z troleje dá povel k jejímu stažení na střechnu vozidla řídicí jednotka na základě vyhodnocení informací z čidla na sběrné tyči. (9, 10)

Problémem trolejbusů je, jak již bylo zmíněno výše, jejich závislost na trolejové dráze. Sběrací soustava jim sice umožňuje vychýlit se od trolejového vedení až 4,5 metru na obě strany, nicméně při nutnosti většího vzdálení od troleje není zajištěna jeho dosažitelnost. V běžném provozu může jít o mimořádné události, například nehody vozidel silničního provozu, nebo plánované uzavírky například opravy pozemních komunikací.

Dalším problémem se stává poškození trolejového vedení, což může vést až k jeho nesjízdnosti a je nutné ho co nejdříve opravit. Poničení trolejového vedení se občas stane při výpadku sběrných tyčí trolejbusu nebo vjetím vozidel s větší výškou pod trolejové vedení (například snížené průjezdné výšky v podjezdech). V případech mimořádných událostí nebo poškození trolejového vedení pak nastává výluka provozu trolejbusů, která se pohybuje v řádu několika minut až hodin. Po tuto dobu je nutné zajistit náhradní autobusovou dopravu, což navyšuje provozní náklady, a její provoz může být nepravidelný. K negativnímu stavu v zimních měsících dochází při vytvoření námrazy na některých úsecích trolejového vedení. Současné, elektronikou vybavené, trolejbusy mají občas závažný problém za takových podmínek správně fungovat. Jízda po namrzlém trolejovém vedení způsobuje výpadky pomocných pohonů, šubavý chod trakčního motoru nebo dokonce až úplné zastavení vozidla. To nastává při silné vrstvě námrazy na troleji, kdy sběrací hlavice ztrácí vodivý kontakt s napájenou částí vodiče. Řešením předejit takovému stavu je nanášení antimrzoucí směsi na trolejový drát s využitím speciálních sběracích hlavice u, za tímto účelem, vyčleněného trolejbusu. Nebo druhým řešením je nasazení trolejbusů s pomocným pohonem, které jsou schopné překonat namrzlé úseky bez nutnosti napájení z troleje. (5, 9)

Tato negativa mohou pomoci eliminovat trolejbusy vybavené pomocným zdrojem pohonu. Ten existuje ve dvou variantách. V trolejbusu může být zabudován menší spalovací motor trvale spojený s generátorem, který produkuje elektrickou energii místo jejího odběru z trolejového vedení. U takových trolejbusů se uvádí, že jsou vybaveny pomocným dieselagregátem. Nevýhodou tohoto řešení však trolejbus přichází o většinu svých předností. Při jízdě na dieselagregát je značně snížena rychlost jízdy trolejbusu, protože generátor nevytváří tolik elektrické energie, kolik by trolejbus mohl odebrat z trolejového vedení. Zejména je patrné snížení rychlosti v členitém terénu. Z ekologického hlediska tímto řešením trolejbus přichází o bezemisní a bezhlučný provoz. Také finanční náklady značně vzrostou, protože údržba spalovacího motoru je náročnější než u elektromotoru a zároveň trolejbus spotřebovává fosilní palivo. Navíc většina použitých dieselagregátů je koncipována pouze jako pomocný pohon. Proto v případech využívání dieselagregátů těchto vozidel i k pravidelným jízdám na linkách, které jsou z části trasy vedeny i mimo trolejové vedení, dochází po delší době provozu často i k destrucím různých částí dieselagregátu. Ty je poté nutno za vysoké finanční náklady opravovat a v některých případech je vyměnit za nové. (5)

Druhou variantou pomocného pohonu jsou trakční baterie. Ty mohou být dobíjeny průběžně za jízdy vozidla z trolejového vedení nebo při stání vozidla v zastávkách či obratištích. Na použitím typu a kapacitě baterií závisí využití tohoto pomocného pohonu. Objednavatel vozidla si může zvolit jaký účel a dojezd od baterií požaduje, podle tohoto požadavku se zvolí vhodný typ baterie a jejich kapacita. Dojezd při jízdě na baterie se pohybuje v rozmezí několika stovek metrů až po cca 15 km. Využití jízdy na bateriový pohon může být za účelem manipulačních jízd v depu (v případě absence trolejového vedení), při mimořádnostech v provozu, na výlukových objízdnych trasách a také na vybraných úsecích linek, kde se nevyplatí stavět trolejové vedení. Je vhodné si předem stanovit požadovanou vzdálenost, na kterou budou tyto trolejbusy využívat bateriový pohon a za jakým účelem (jen občasné nebo denně). Může se jednat například pouze o nouzové řešení v případě použití superkapacitorů. Pak je trolejbus schopen ujet řádově stovky metrů, to je možné využít pro objetí překážky v provozu nebo při výpadku napájení elektrické energie s cílem dojet alespoň do nejbližší zastávky. U PMDP je bateriovým pohonem vybaveno 16 trolejbusů Škoda 26 Tr Solaris (délka 12 metrů). Ty jsou v tomto případě koncipovány na každodenní provoz s garantovaným dojezdem na baterie až 12 km minimálně po dobu 7 let od vyrobení. Kapacita baterií se během jejich životnosti snižuje, proto jsou tyto vozy schopné ujet na baterie vzdálenost až 25 km. Po uplynutí výše uvedeného období již výrobce negarantuje větší dojezd a bude nutné baterie

vyměnit za nové na náklady provozovatele. V porovnání s dieselaagregátem však jde i přesto o finančně méně náročné řešení. Během období životnosti baterií je není nutné žádným způsobem udržovat a provozní náklady tvoří pouze spotřebovaná elektrická energie, kde však působí i rekuperace, která je přednostně využívána k dobíjení baterií. (5)

1.2.2 Charakteristika tratí

Následující podkapitoly se zabývají jednak napájecí soustavou dopravní sítě pro trolejbusy, jednak samotným trakčním vedením a sběrači proudu, které dodávají elektrickou energii do vozidel a konečně armaturami a správnou technikou jízdy přes trolejové armatury, resp. po trolejovém vedení.

Napájecí soustava

Trolejbusová trať sestává ze samotného trolejového vedení a napájecí soustavy. „Cesta“ elektrického proudu začíná v měničce. Střídavý elektrický proud je odebírán z běžné distribuční sítě a v měničce je usměrněn na proud stejnosměrný. Napětí v trolejovém vedení je ve starších trolejbusových provozech 600 V_{ss}, v nově budovaných systémech se již zavádí napětí 750 V_{ss} čímž jsou sníženy úbytky napětí v troleji. K udržení co možná nejvíce konstantního napětí v troleji, je celá trolejová síť rozdělena do jednotlivých napájených úseků, které jsou odděleny izolovanými úsekovými děliči. Ideální délka napájených úseků je 500 až 1 000 metrů, díky tomu je napětí v síti rozděleno rovnoměrně. Od měničny je proud k jednotlivým úsekům veden napájecími kabelovými trasami vedenými obvykle pod zemí. (11)

Dvoupólové trolejové vedení je tvořeno dvěma měděnými vodiči obvykle o průřezu 100 mm². Vodiče jsou přes pružné závěsy připevněny k příčným ocelovým lanům, které jsou uchyceny na podpěrách, nebo je také možné použít výložníky. Jako podpěry se většinou využívají ocelové nebo betonové stožáry ukotvené do země v hloubce 2 metry. V městské zástavbě se využívají i závěsy na domech; ty jsou ukotveny pomocí šroubů do zdiva budov. Trolejové vedení má dvojitou izolaci. Mezi sebou jsou odizolovány oba trolejové vodiče (polarity), a zároveň i příčná lana nebo výložníky se sloupy nebo domovními závěsy, tak je trolej izolována vůči zemi. (11)

V některých trolejbusových provozech se projevuje nedostatečná kapacita měnění. Při silném provozu trolejbusů, tak dochází ke krátkodobým výpadkům napájení elektrickým proudem. V těchto případech je buď nutné uvažovat o stavbě nové podpůrné měničny, nebo o modernizaci napájecí sítě. Trolejovou síť je možné lépe rozčlenit na jednotlivé izolované

napájené úseky, rozdělit ji na víc úseků s novými napájecími kabelovými trasami. Nebo také modernizaci elektrických zařízení samotné měnirny, aby na jejím výstupu mohl být zvětšen odběr elektrické energie. (10)

Trolejové vedení a sběrače

Trolejový vodič je s pružným závěsem přichycen svorkou. Na přímých tratích jsou svorky krátkých délek, v obloucích jsou svorky delší. Trolejový oblouk je vlastně spíše mnohoúhelník. Svorky o délce až 3 metry jsou zakřiveny do obloukových tvarů, mezi sousedícími svorkami je však trolejový drát v rovině. V zatáčkách s velkým úhlem odbočení je trolejový oblouk tvořen mnoha dlouhými svorkami, proto na první pohled vypadá jako dokonalý oblouk. Při navrhování oblouků je potřeba se vyvarovat malému počtu obloukových svorek s velkými rozestupy. Trolej je pak tvořena několika prudkými zalomeními. Trolejbus musí takový oblouk podjíždět nízkou rychlostí, protože při průjezdu sběrací tyče svorkou je vlivem odstředivé síly působící na sběrač veden mimo trolejové vedení a dojde tak k jeho výpadku. Laminátové sběrače pomohly zvýšit rychlost průjezdu trolejbusu trolejovými oblouky. Dříve používané celokovové sběrné tyče vzhledem k vyšší hmotnosti měly větší odstředivou sílu, a proto při průjezdu obloukem musel trolejbus značně snížit svoji rychlost. (10, 11)

Trolejové armatury

Nedílnou součástí trolejového vedení jsou výhybky a křížení, odborně nazývané armatury. Ty jsou dvojího technického provedení. Podvěsné armatury jsou tvořeny nepřerušným trolejovým drátem, pod který je zavěšena samotná konstrukce výhybky nebo křížení. Z toho plyne nevýhoda snížení rychlosti průjezdu trolejbusu při najíždění na podvěsnou konstrukci. Snížení rychlosti je pak zejména patrné při jízdě do odbočného směru, kde je trolej podvěsné výhybky prudce zakřivena a průjezdná rychlost je do $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Výhodou je možnost vytvarovat armatury do potřebných oblouků nebo směrů a při výpadku sběrné tyče není trolejové vedení obvykle vůbec poškozeno, protože je uchyceno robustnějším způsobem. Na složitějších křižovatkách musí trolejbus stejně zpomalit, proto zde může být použit podvěsný systém. Nové armatury jsou tahové, kdy je trolejový drát přerušen a na něj je tahem zavěšena samotná výhybková konstrukce. Takový systém umožňuje průjezd trolejbusu mnohem vyššími rychlostmi. V případě výhybek na rovných úsecích nemusí trolejbus vůbec snižovat rychlost. Tahové rozjezdové výhybky je možné projíždět rychlostí až $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Tato

rychlost však závisí na úhlu odbočení jednotlivých trolejových stop. Nejvyšší průjezdné rychlosti dosahují výhybky s úhlem odbočení 5°. (10, 11)

Ovládání výhybek probíhá dálkově rádiovým signálem. Nastavit lze až čtyři odlišné frekvence proto, aby u křižovatek s větším počtem výhybek nedocházelo k přestavení více výhybek najednou. Ty jsou totiž poměrně blízko od sebe a jednou frekvencí by došlo k přehození i další, což by činilo problém průjezdu trolejbusu v jiném směru. Pokud je potřeba přestavit konkrétní výhybku do opačného směru než je její aktuální poloha, řidič stisknutím k ní příslušného tlačítka (čísla nebo barvy) vyšle signál k výhybce. Řídicí systém výhybky pak po zachycení signálu přestaví jazyky do požadovaného směru. Poloha jazyků je znázorněna šipkou na displeji, který je zavěšený poblíž výhybky na příčném lanu. I přes čtyři zavedené signály je problém, zvláště v rozsáhlejších trolejbusových systémech s mnoha spleťnými křižovatkami, v podobě nechtěného podhazování výhybek okolním vozům. Tento problém pak nastává ve vozovkách v mnoha trolejbusových provozech, protože je v těchto areálech trolejová síť rozvinuta do řady trolejových stop a většina výhybek je umístěna od sebe na dohled. V takovém případě musí každý trolejbus jet po ploše vozovny jednotlivě, jinak hrozí podhození výhybky druhému trolejbusu. (10, 11)

Řešením je automatické stavění výhybek. Plzeňská trolejová síť je vybavena automatickým stavěním výhybek už několik let. Velkou výhodou to přináší pro řidiče, můžou se více soustředit na okolní provoz místo toho, aby museli věnovat pozornost postavení a přestavování výhybek. Princip spočívá v instalaci čidel na trolejovém vedení. První čidlo musí být umístěno v dostatečné vzdálenosti před výhybkou, tato vzdálenost závisí na rychlosti, jakou se v úseku před výhybkou pohybuje trolejbus, aby se výhybka stihla včas přestavit. Pro správné nastavení výhybek má každá trasa svůj kód. U každé linky je kódů několik, každý směr má svůj, dále jsou zde i variantní trasy linky, výjezdové a zátahové trasy z/do vozovny, objízdné trasy (včetně ukončení v jiném obratišti) v případě mimořádností. Mimo to jsou k dispozici i nestandardní trasy pro manipulační přejezdy i otáčení po běžně nepoužívaných trasách. Pokud jede trolejbus dle JŘ, tak nastavení kódu trasy je automatické dle palubního počítače. V případě jízdy mimo běžný jízdní řád (mimořádné odklony, manipulační jízdy) musí kód trasy nastavit řidič manuálně. Když trolejbus vjede pod první čidlo, tak dojde k načtení kódu trasy, podle kterého je určeno postavení výhybky a případně k jejímu přestavení. V tomto momentu je výhybka zablokována a jiné vozidlo ji přehodit už nemůže. Poté, co trolejbus projede výhybkou, je kód trasy načten druhým čidlem, tím se trolejbus z výhybky odhlásí a uvolní

ji tak dalšímu trolejbusu. Pokud jedou dva trolejbusy za sebou, je druhý vůz zařazen do paměti řídicího systému výhybky a po jejím uvolnění prvním vozem dojde k přestavení výhybky. (5)

Technika jízdy

Rychlost jízdy trolejbusů pod trolejovým vedením je negativně ovlivňována průjezdem přes trolejové armatury. Vliv na snížení rychlosti jízdy má umístění a technické provedení trolejové konstrukce. Výhybky podvěsné konstrukce není vhodné umisťovat na přímé trati. Trolejbus pak musí zpomalit z traťové rychlosti na přibližně $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, což může být propad rychlosti o polovinu. Při jízdě do odbočného směru dokonce až na $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Potom musí trolejbus zase zrychlit a opět zpomalit před další výhybkou nebo křížením. To prodlužuje jízdní doby a zvyšuje spotřebu elektrické energie. Naopak při použití tahové konstrukce není v případě rozjezdových výhybek žádný propad rychlosti a trolejbus může začít zpomalovat až před následným křížením nebo odbočením. U složitějších křižovatek, kde provozní poměry neumožňují jízdu vyšší rychlostí, je rozdíl v rychlosti jízdy přes podvěsné a tahové konstrukce minimální. Proto na takových křižovatkách nemá konstrukce armatur vliv na rychlost. Při navrhování trolejových konstrukcí je vhodné umístit armatury na místa, kde trolejbus musí snížit rychlost vlivem okolního provozu. Například rozjezdovou výhybku umístit před zastávku MHD, ve které trolejbus zastavuje a stejně musí brzdit. Pak jsou na krátkém úseku mezi zastávkou a křižovatkou dvě trolejové stopy pro jeden směr zároveň. Kdyby na stejném místě byla podvěsná výhybka umístěna až mezi zastávku a křižovátku, musí se trolejbus ze zastávky rozjet, snížit rychlost do výhybky, opět zrychlit a opětovně brzdit před křižovatkou. Další možností je umístění výhybky až těsně před křižovátku, ale potom není možné předjíždění trolejbusů, i když je pro každý směr samostatný jízdní pruh. Při obměně trolejového vedení by se mělo postupovat s cílem odstraňování propadů rychlosti a problémových míst. (5)

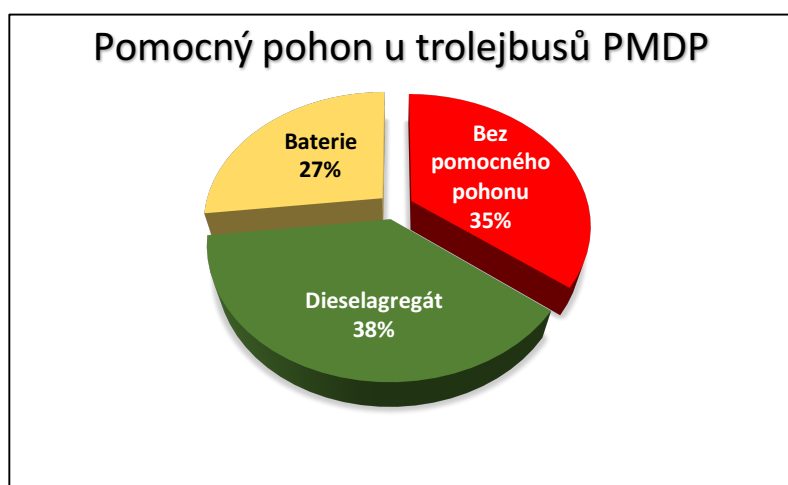
1.3 Analýza stávajícího trolejbusového provozu v Plzni

Vozidla zabezpečující provoz na plzeňských trolejbusových linkách se řadí mezi nejmodernější v ČR. Celý vozový park je od roku 2018 složen pouze z nízkopodlažních vozidel vybavených plošinou pro nástup imobilních cestujících. K zajištění plynulého provozu bez výraznějších vlivů mimořádných událostí a výluk je více než polovina vozidel vybavena pomocným pohonem. Údržba vozidel probíhá v nejmoderněji vybaveném depu na Karlově, kde je i dostatečně naddimenzovaná deponovací kapacita pro případ rozšíření vozového parku. (1)

Trolejová síť v Plzni patřila od začátku k nejpokrokovějším na území dnešní ČR díky použitému pružnému závěsu troleje a moderních švýcarských trolejových armatur. V posledních letech probíhá výměna podvěsných trolejových armatur za tahové a tím zvyšování rychlosti průjezdu křižovatkami. Ale stále dochází na mnoha místech ke zbytečnému zpomalování trolejbusů při průjezdu přes výhybky. Do budoucna by bylo dobrým řešením stanovit si pořadí důležitosti výměny armatur za tahové. Dnes jsou měněny i armatury na místech, kde výměna nemá příliš velký vliv na zvýšení rychlosti. Naopak na mnoha místech podvěsné výhybky způsobují velký propad rychlosti a jejich výměna by značně zrychlila trolejbusový provoz. Pro usnadnění práce řidičů trolejbusů je ovládání výhybek automatické dle trasy linky. Automaticky probíhá i nastavení výhybek v depu přímo na konkrétní předem zvolenou odstavnou stopu. (5)

1.3.1 Stav vozového parku

Vozový park PMDP sestává z celkem 93 trolejbusů několika typů a provedení a zároveň je jedním z nejmodernějších v ČR. Velkou výhodou oproti jiným trolejbusovým provozům v ČR je vozový park složený z 65 % vozů s pomocným pohonem, což je patrné z Obrázku 1. Toho je využíváno na dvou linkách při jízdě v koncovém úseku mimo trolejové vedení. Největší význam má však použití při mimořádných událostech a při výlukách, kdy není potřeba záložních autobusů. Například při výpadku dodávky elektrického proudu nebo závadě na trolejovém vedení jsou v provozu alespoň některé spoje, na které jsou nasazeny vozy s pomocným pohonem. Výprava trolejbusů je řešena tak, aby na každé lince byl určitý počet těchto vozidel. Tím je zachován provoz alespoň několika spoji a nedochází k „úplnému kolapsu“ dopravy.



Obrázek 1 Podíl trolejbusů vybavených pomocným pohonem ve vozovém parku PMDP

Zdroj: autor s využitím (1)

Všechny plzeňské trolejbusy byly vyrobeny ve Škodě Electric v Plzni Doudlevcích s využitím karoserií výrobců Irisbus a Solaris. Většina z nich má zabudován zdroj pomocného pohonu, dieselagregát nebo trakční baterie, a některé nedisponují žádným pomocným pohonem. Sóló trolejbusy **24 Tr Irisbus** jsou zastoupeny v počtu 23 vozů a všechny mají dieselagregát pro obsluhu linek mimo trolejové vedení. Druhým typem sóló vozu je **26 Tr Solaris**, kterých je v provozu celkem 42 kusů. Z tohoto počtu je:

- 22 bez pomocného pohonu,
- 2 trolejbusy s dieselagregátem,
- 18 vozů má zabudováno trakční baterie.

Člámkových trolejbusů **25 Tr Irisbus** je 5 a mají zabudován dieselagregát. Posledním typem trolejbusu ve vozovém parku jsou článkové trolejbusy **27 Tr Solaris**, kterých PMDP vlastní celkem 23 vozů:

- 5 vozů vybavených dieselagregátem,
- 7 s trakčními bateriemi,
- 11 trolejbusů je bez pomocného pohonu.

Trolejbusy 27 Tr Solaris dodané v letošním roce, jedná se o již zmíněných 7 vozů s trakčními bateriemi, jsou plně klimatizované tedy včetně salónu cestujících. Což jistě zvyšuje komfort přepravy pro cestující. Počty vypravovaných vozidel na jednotlivé linky jsou uvedeny v Tabulce 1. (1, 5)

Tabulka 1 Počty nasazených trolejbusů na linkách k 4. 3. 2019

Linka	Špička	Sedlo	Víkend	Z toho s pom. pohonem	Z toho článkových
10	6	4	-	-	-
11	4	4	4	-	-
12	14	9	6	4	-
13	10	7	7	8	-
14	2	1	-	-	-
15	12	6	6	-	6
16 / 17	17	12	11	-	17
18	2	-	-	-	1
Celkem	67	43	34	12	24

Zdroj: autor s využitím (14)

Nedostatečně jsou však ve vozovém parku trolejbusů PMDP zastoupena článková vozidla. Ve stavu je 28 článkových trolejbusů, z nichž vždy jedno až dvě vozidla se nacházejí v dílnách na údržbě nebo opravě. Jelikož vypravenost článkových trolejbusů je v pracovní dny 24 vozidel, zbývají čtyři záložní vozidla. I tak se občas stane, že musí být do provozu nasazen sólo vůz místo článkového, což činí kapacitní problémy na některých spojích. Pro případné budoucí další kapacitní posílení provozu nasazením článkových vozů není vytvořena dostatečná rezerva. (5)

Údržba vozidel je na velmi dobré úrovni. V pravidelných lhůtách probíhají technické kontroly vozidel v moderním dílenském zázemí. Po najetí stanoveného počtu kilometrického proběhu je každý vůz přistaven na dílenskou prohlídku a jeho jednotlivé části jsou opravovány nebo měněny za nové. Podle počtu ujetých kilometrů se provádí střední nebo velká prohlídka. Těmto stupňům oprav náleží i množství oprav prováděných na vozidlech. O čistotu interiéru vozidel se starají pracovníci úklidu vozidel, pro důkladnější očistu je k dispozici tzv. hala gruntů. Vnější čistota vozidel je udržována pomocí dvou vozidlových myček, kdy trolejbusy prochází procesem umytí exteriéru každý sudý kalendářní den. (5)

Obnova vozového parku probíhá postupným přiměřeným tempem, přičemž starší trolejbusy vybavené dieselaagregátem jsou postupně nahrazovány novými již vybavenými trakčními bateriemi. (5)

1.3.2 Stav tratí

O technický stav tratí plzeňské trolejové sítě se starají pracovníci údržby vrchního vedení a měníren. Samotnou délkou sítě zaujímá v ČR 2. místo s celkovou délkou 62,5 km tratí. Trolejové vedení je na všech tratích provedeno pružným závěsem, trolejové armatury jsou podvěsného i tahového systému. Ovládání výhybek je automatické dle nastaveného kódy trasy. Pro deponování i údržbu vozidel je určena vozovna Karlov, otevřená v roce 2014. Původní vozovna v Cukrovarské ulici je odpojena od sítě a v jedné hale je plánováno zřízení muzea MHD. (1)

Síť je poměrně rozšířená do všech směrů, na křižovatkách jsou vybudovány i trolejové stopy pro směry, které se v běžném provozu nevyužívají. Proto v případě mimořádných událostí nebo plánovaných výluk lze linky operativně odklonit z jejich pravidelné trasy. Objízdné trasy jsou předpřipraveny i v palubním počítači, tak dojde i ke správnému přestavení výhybek na alternativní trase linky. Na tratích do Božkova, Černic a Nové hospody je i několik

nácestných smyček, kde jsou ukončeny vybrané spoje linek a případně v nich lze ukončit mimořádně i spoje za normálních okolností pokračující až do koncové smyčky. V centru města se nachází na Americké ulici okružní křižovatka, nazývaná podle přilehlého domu Mrakodrap, ze které jsou vedeny tratě do čtyř směrů. Trolejové vedení je přizpůsobeno k jízdě z kteréhokoliv směru do všech ostatních, a zároveň tuto okružní křižovatku je možné využít pro otáčení z jakéhokoliv směru. Technologicky je to nejnáročnější trolejová křižovatka ve střední Evropě, několikrát týdně k ní vyjíždějí pracovníci vrchního vedení z důvodů méně závažných poruch, které však běžný provoz příliš neomezuji. Řidiči musí dbát na správné přestavení automaticky stavitelných výhybek, aby nedošlo k poškození trolejového vedení v tomto místě. Pokud na této křižovatce dojde k závadě na trolejovém vedení nebo vozidla, pak je negativně narušen provoz téměř většiny trolejbusových linek v síti. V provozu je však tato okružní křižovatka velkým přínosem, z důvodu možnosti ukončení posilových spojů z kteréhokoliv směru a například při mimořádných událostech se pak nabízí rozdělení dotčené linky na dvě provozně oddělené části. Pozitivní efekt se projevuje v možnosti zajistit plynulé operativní řízení provozu s co možná nejmenším narušením poskytovaných služeb. (5)

Kvalita provedení **konstrukce trolejového vedení** je vcelku v dobrém stavu. Již od začátku budování trolejové sítě se v Plzni používal pružný závěs švýcarského systému Kummler Matter. Výhybky i křížení byly dříve všechny podvěsného typu, už několik desítek let dálkově ovládané. V roce 2008, kdy byla otevřena nově zrekonstruovaná okružní křižovatka Mrakodrap, byl zaveden systém automatického stavění výhybek VETRA. Podvěsné armatury jsou v průběhu posledních 15 let nahrazovány tahovými. Stále však se v síti nachází mnoho křižovatek s podvěsným systémem. Na některých křižovatkách starší podvěsné armatury nebrání plynulému provozu a mohly by se ponechat i do dalších let. Do této skupiny patří trolejové konstrukce na křižovatce ulic Tylova a Koperníkova, na Anglickém nábřeží, nácestné smyčky *Částkova* i *Tyršův most*. Zbytečně se jeví také výměny starých armatur ve smyčkách za nové výhybky, kde slouží pouze k předjíždění trolejbusů a není nezbytné zde zvyšovat rychlost průjezdu vozidel. (5)

Omezujícími prvky v plzeňské trolejové síti jsou zvláště výhybky nebo křížení uvedené v Tabulce 2 a vyznačené do schématu trolejového vedení na Obrázku B1 v Příloze B. Všechny jsou ještě podvěsné konstrukce a pro zrychlení jízdy trolejbusů by byla vhodná jejich náhrada tahovými konstrukcemi. Bohužel v posledních dvou letech výměna armatur neprobíhá systematicky a na mnohých místech dochází ke zbytečným investicím do trolejové infrastruktury bez žádných zlepšení v samotném provozu. (5)

Tabulka 2 Přehled nedostatků v trolejové síti PMDP

Linka	Umístění	Ulice
12	rozjezdová výhybka do smyčky <i>Zátiší</i>	Domažlická
12	sjezdová výhybka a křížení ze smyčky <i>Petrohrad</i>	Lobezská
10, 13	rozjezdová výhybka do smyčky <i>Čechurov</i>	Nepomucká
10, 13, 14	rozjezdová výhybka, křížení a sjezdová výhybka	Zborovská x Průmyslová
13, 16	rozjezdová výhybka, křížení a sjezdová výhybka	Masarykova x Těšínská
14, 16	celý trolejový trojúhelník křižovatky	E. Beneše x Heyrovského

Zdroj: autor s využitím (5)

Smyčky konečných stanic obvykle disponují dvěma trolejovými stopami, díky tomu je možné vzájemné předjíždění jednotlivých trolejbusů na linkách, tak aby byly dodrženy bezpečnostní přestávky řidičů a také sled vozů podle jízdního řádu. Pouze na linkách 10 a 13 nejsou k předjíždění vozidel v jejich obratových smyčkách dvě trolejové stopy, ale řidiči musí v takových případech sundávat sběrné tyče z troleje a umožnit tak předjetí jiným vozem. U linky 10 je velkým nedostatkem absence řádného sociálního zázemí pro řidiče. Linka je vedena polookružně s ukončením variantně ve smyčkách *Čechurov* nebo *Černice* (pouze ve špičkách). Na obou těchto smyčkách jsou umístěny pouze mobilní buňky WC, které na rozdíl od běžných zděných budov pro řidiče, neposkytují možnost tekoucí užitkové vody, sodobar s pitnou vodou ani varnou konvici. Mezi řidiči je z tohoto důvodu linka 10 velmi neoblíbená. Už několik let se uvažuje o výstavbě nové smyčky v Černicích, která by měla být umístěna až za poslední domovní zástavbu. Ve smyčce by bylo stabilní zázemí pro řidiče a dostatek prostoru pro odstavení trolejbusů. V současné smyčce totiž mohou být odstavena pouze dvě vozidla, proto třetí vůz musí zůstat stát na přilehlé komunikaci. Během zimních měsíců je problém u zde ukončené noční autobusové linky N2 s nutností vypínání motorů, protože konečná je situována přímo mezi domy a jejich obyvatelé by obtěžoval hluk. Přestávky mezi nočními spoji jsou vcelku dlouhé a během nich není možné interiéry autobusů temperovat. Částečným řešením by byl výše nastíněný odsun smyčky nebo nahrazení autobusů trolejbusy na této části noční linky N2. Trolejbusy se během pobytu na konečných zastávkách vypínat nemusí (jejich běh je velmi tichý), proto vytápění prostoru pro cestující i kabiny řidiče probíhá kontinuálně. (5)

1.3.3 Linkové vedení

Páteřní trolejbusové linky 12, 13, 15 a 16 tvoří základ sítě. Linky 10 a 11 nabízejí spojení dalších méně významných lokalit. Doplňující špičkové linky jsou 14, 17 a 18, které mají význam pro obsluhu průmyslových podniků. Diagonálně přes centrum města jsou vedeny všechny páteřní linky a ještě i linka 17. Linka 11 má radiální charakter, linky 10 a 14 jsou ukončeny polookružně přes centrum města a radiálně pokračují dále. Linka 18 spojuje průmyslovou zónu se současným autobusovým nádražím na okraji centra. Přehled linek a jejich základní provozní údaje jsou uvedeny v Tabulce 3. (2)

Tabulka 3 Základní provozní parametry denních trolejbusových linek PMDP

Linka	Trasa	Délka linky	Počet spojů
10	<i>Černice - Čechurov - Jižní předměstí - Mrakodrap - Čechurov - Černice</i>	8 + 8 km	150
11	<i>CAN - Ústřední hřbitov</i>	6 km	121
12	<i>(Letkov -) Božkov - Mrakodrap - Zátíší - Nová Hospoda</i>	(5+) 9 km	346
13	<i>Na Dlouhých - Anglické nábřeží - Čechurov - Černice - K Losiné - NC Černice</i>	13 km	192
14	<i>Sídliště Bory - Tyršův most - Anglické nábřeží - Pařížská - Tyršův most - Sídliště Bory</i>	6 + 6 km	59
15	<i>Lobzy - Mrakodrap - Borská pole / Nová Hospoda</i>	9 km	227
16	<i>Doubravka - Mrakodrap - Sídliště Bory</i>	9 km	345
17	<i>Doubravka - Mrakodrap - Nová Hospoda</i>	10 km	31
18	<i>CAN - Borská pole</i>	5 km	40

Zdroj: autor s využitím (4)

Účelem **linky 10** je posílení nabídky spojů na trolejbusové trati z centra přes Doudlevec a Slovany do Černic, kde jsou spoje proloženy ve společném úseku s linkou 13. Je provozována pouze v pracovní dny. Tato linka je v centrální části města ukončena polookružně ze zastávky *U Radbuzy*, přes *Belánku*, *Jižní předměstí*, Tylovou ulicí, *Mrakodrap* a Prokopovou ulicí zpět do zastávky *U Radbuzy*. Toto ukončení způsobuje v provozu velké problémy s plynulostí dopravy. Vlivem dlouhodobých uzavírek významných silničních komunikací v Plzni nastávají v různé období pracovního dne silné kongesce IAD. Nejvíce jsou spoje této linky zdržovány při odbočování vlevo z Doudlevecké do ulice U Trati, na křižovatce na Belánce, v Koperníkově a Prokopově ulici. Zpoždění se v tyto období pohybují nahodile mezi 5 až 15 minutami, na což má i velký vliv polookružní ukončení linky bez dorovnávacího času. Při takovém

zpoždění není možné dodržet proklad s linkou 13. Linka je v provozu pouze v pracovní dny do cca 19 hodin. V ranní špičce jsou na lince intervaly 10-12 minut, odpoledne 10 minut a v sedle 15 minut, přičemž je provozována ve zkrácené variantě do smyčky *Čechurov*. (2, 3, 5)

U plzeňského *Ústředního hřbitova* je ukončena **linka 11**, na opačné straně linka končí u *CAN*. V úseku mezi zastávkami *Tylova* a *Letná* jsou proklady mezi spoji linky 15. Linka je sice v provozu celotýdně, ale její interval je konstantní 15 minut po celou dobu jejího provozu, který končí před 20. hodinou. V pracovní dny je v JŘ uvedeno ještě několik vybraných večerních spojů. Bylo by vhodné vyřešit nové ukončení linky v centru města, protože v úseku mezi zastávkami *U Práce* a *CAN* má nyní linka značně naddimenzovanou kapacitu. K tomu došlo po přesunu části mimoměstských autobusových linek z *CAN* do přestupního terminálu veřejné dopravy u hlavního železničního nádraží. A zároveň je v tomto koncovém úseku souběh s linkou číslo 12. (2, 3, 5)

Historicky neměnnou trasu má **linka 12** vedoucí z *Božkova* přes centrum *Americkou* ulicí, dále kolem *Škodovky* *Domažlickou* ulicí přes *Zátiší* na *Novou Hospodu*. Jelikož na konečnou na *Nové Hospodě* jezdí také linka 15 přes *Borská pole*, v době přepravních sedel se na této konečné obě linky střídají. Zejména o víkendu, kdy je na obou linkách interval 15 minut, platí zásada, pokud jede spoj linky 12 až na *Novou Hospodu*, tak linka 15 je ukončena v obratišti na *Borských polích*. Naopak když na *Novou Hospodu* jede linka 15, potom spoj linky 12 končí již v nácestné smyčce *Zátiší*. Několik vybraných spojů v pracovní dny jezdí na alternativní pohon (obvykle trakční baterie) z *Božkova* do 5 km vzdáleného *Letkova*. Na této lince je po většinu času zaveden pásmový provoz, kdy vybrané spoje končí ve smyčce *Zátiší*. Ve špičkách jsou na lince intervaly přibližně 6-7 minut, v sedle pracovních dní 10 minut a o víkendech 15 minut. V úseku *Božkov - Letkov*, kde trolejbusy využívají pomocný pohon, je provozováno 7 vybraných spojů v průběhu celého pracovního dne. (2, 3, 5)

Nejdelší plzeňská trolejbusová **linka 13** jezdí v trase z *Doubravky* konečně *Na Dlouhých*, kolem *Prazdroje* a *Muzea*, přes *Doudlevec ETZ* a *Slovany* do *Černic*. Většina spojů pokračuje z *Černic* na alternativní pohon přes konečnou *K Losiné*, zde končí vybrané spoje v době uzavření nákupního centra, do konečné zastávky *NC Černice*. Na lince je vidět rozdílné využití na dvou jejích provozních větvích. Zatímco úsek od *Mrakodrapu* na konečnou *Na Dlouhých* je méně zatížený, naopak v úseku do *Černic* dochází někdy k přepřehování spojů. Proto je na přepravním rameni do *Černic* posílána nabídka spojů v pracovní dny o linku 10.

Linka 13 má interval v ranní i odpolední špičce 12 minut, v sedle a o víkendech 15 minut. K *NC Černice*, kde je opět využíváno trolejbusů s pomocným pohonem, zajíždí v pracovní dny ráno spoje v intervalu 30 minut, v sedle a o víkendech 15 minut a v odpolední špičce pracovních dnů je zde interval přibližně 20 minut. (2, 3, 5)

Pouze v pracovní dny je v provozu **linka 14**, která má výchozí zastávku na konečné *Sídlíště Bory*. Vytváří tak alternativní spojení tohoto sídlíště s centrem města k lince 16. Z Borů linka pokračuje přes *Doudlevice ETZ* k *Mrakodrapu* a v centru je ukončena jednosměrným objezdem přes *Anglické nábřeží*, *Sirkovou* a *Americkou* ulicí zpět k *Mrakodrapu*. Mezi zastávkami *Prokopova* a *Doudlevice ETZ* linka doplňuje nabídku spojů linek 10 a 13. Linka 14 je v provozu pouze v pracovních dnech. Ráno mezi 7. a 8. hodinou je zde interval 20 minut, odpoledne mezi 12. a 14. hodinou 30 minut, mezi 15. a 16. hodinou 20 minut a v dopoledním i večerním sedle je interval 60 minut. (2, 3, 5)

Linka 15 je důležitá linka pro zajištění dopravní obslužnosti největší průmyslové zóny v Plzni na Borských polích, z tohoto důvodu má v době začátků a konců pracovních směn v průmyslových podnicích velmi krátké rozestupy mezi spoji, aby byl zajištěn odvoz velkého množství pracovníků. V normálním provozním schématu je linka provozována v trase *Lobzy - Mrakodrap - Borská pole / Nová hospoda*, kdy oba koncové úseky jsou obsluhovány střídavě (na *Nové Hospodě* je vazba s linkou 12). V pracovní dny bývá tato linka značně přetěžována a neposkytuje příliš komfortní cestování, zejména ve směru na Borská pole. Občas se i stává, že nabízená kapacita dopravního prostředku nepostačuje a cestující jsou odkázáni na následující spoj. V pracovní dny došlo od března 2019 k nasazení kapacitnějších vozidel převážně na šejdrová pořadí. Na druhou stranu je v úseku *Hlavní nádraží - Lobzy* kapacita těchto spojů naddimenzovaná. Řešením by mohla být optimalizace vedení tras linek. Bohužel občasné namátkové přepravní kontroly odhalují velký počet cestujících bez platného jízdního dokladu v úseku na Borská pole. Řešením by byly častější kontroly ze strany revizorů PMDP za asistence policie. Na lince jsou velmi různorodé intervaly, protože její provoz je přizpůsoben svozu a odvozu zaměstnanců průmyslových podniků na Borských polích. Základní intervaly jsou v ranní špičce 9-10 minut, v odpolední špičce 8-10 minut, v sedle a o víkendech 15 minut. V době začátků a konců směn v průmyslové zóně, tedy hlavně ráno okolo 6. hodiny a odpoledne 14. hodiny, je nejkratší rozestup mezi spoji na lince až 3 minuty, přičemž některé spoje jsou ukončeny již v zastávce *Hlavní nádraží* nebo *Mrakodrap*. (2, 3, 5)

Jedinou linkou, na kterou jsou standardně nasazovány v pracovní dny článkové trolejbusy, je **linka 16**. Je provozována v trase *Doubravka - Mrakodrap - Jižní Předměstí - Sídliště Bory*. O víkendech má linka nejkratší intervaly ze všech trolejbusových. Největší potíže této lince vytváří silný provoz IAD v pracovních dnech a častá obměna cestujících. Často se stává i sjetí dvou trolejbusů jedoucích za sebou podle JŘ v rozestupu 6 minut. Východisko se jeví v optimalizaci tras linek. Tato linka jezdí v ranní špičce v intervalech 5 minut, odpoledne cca 6 minut, v sedlech a o víkendech má interval 7,5 minuty. (2, 3, 5)

Pouze posilový charakter má v současnosti **linka 17**. Její provoz je zajištěn pouze přejezdy vozů z kmenové linky 16. Linkový JŘ obsahuje pouze několik vybraných spojů na trase *Doubravka - Mrakodrap - Nová Hospoda* v dobách zvýšených nároků na přepravu zaměstnanců průmyslových podniků na Borských polích. (2, 3, 5)

Taktéž pouze doplňkovou je **linka 18**. Má trasu *Borská pole - CAN* a je v provozu pouze ve špičkách pracovních dnů v omezeném rozsahu. Její význam je hlavně v dobách návozu a svozů zaměstnanců, mimoto linka není nijak vytížená. V ranní špičce se interval na této lince pohybuje v rozmezí 6 - 20 minut, v odpolední špičce cca 60 minut, ale po 14. hodině je zaveden jeden spoj navíc. (2, 5)

1.4 Shrnutí nejvýznamnějších problémů a nedostatků

Na základě vlastních poznatků, pozorování a průzkumů autora, které byly zaznamenány při vykonávání funkce řidiče trolejbusu na všech plzeňských trolejbusových linkách, jsou v následujícím textu shrnuty nejvýznamnější problémy a nedostatky.

V současném provozu se nejvíce projevuje nedostatečná kapacita spojů vedených do průmyslové zóny Borská pole, kde v pracovních dnech dochází velmi často k přeplňování vozidel. Dále byly kapacitní problémy zaznamenány na linkách 13 a 16. Situace se mírně zlepšila nasazením článkových vozů na šejdrové pořadí linky 15, nicméně pro další kapacitní posílení není k dispozici dostatečný počet článkových trolejbusů.

K rozšíření provozu navýšením vypravovaných vozů na jednotlivé linky nemůže dojít kvůli současnému kritickému nedostatku řidičů. Už dnes jsou velké problémy s obsazováním současného počtu směn. Velmi výjimečně se stane, že některý z kurzů vůbec nevyjede na trať, protože už není k dispozici žádný řidič, kterým by mohl být obsazen.

Největším problémem narušujícím plynulost MHD v Plzni jsou kongesce způsobené silným provozem IAD. Na linky má vliv silný provoz IAD v ulici Americká. V době ukončení směn v průmyslových podnicích na Borských polích se vyskytuje hustý provoz IAD v ulici Borská, což způsobuje problémy na linkách 15, 17 a 18.

Na některých místech v trolejové síti jsou ještě stále používány výhybky podvěsné konstrukce, což má důsledek náhlé snížení rychlosti trolejbusů nebo komplikované průjezdy křižovatkami. Jejich výměna probíhá nesystematicky a bez stanovení pořadí důležitosti jejich výměny s vazbou na místní poměry.

U linek 10 a 13 se projevuje nedostatečná kapacita obrátových smyček. Ani jedna z konečných stanic těchto linek nedisponuje objízdnou trolejovou stopou pro předjíždění trolejbusů. Řidiči trolejbusů čerpající bezpečnostní přestávky tak většinou musí umožnit průjezd dalších trolejbusů sejmutím sběrných tyčí z troleje. Zároveň na lince 10 nemají řidiči k dispozici odpovídající zázemí (WC, umyvadlo, pitná voda).

Vedení tras některých autobusových linek po trasách trolejbusů zvyšuje fixní náklady trolejbusové dopravy. S minimálními investicemi by v případě převedení linek 22, 31 a nočních linek N1 / N2 došlo k rozložení fixních nákladů plynoucích z trolejové infrastruktury na více spojů a tím k jejich snížení. Navíc by toto řešení přineslo zlepšení pro cestující v podobě přímých spojení bez přestupu. Některé další autobusové linky by mohly být elektrifikovány pouhým spojením s jinou trolejbusovou linkou a využitím trolejbusů s pomocným bateriovým pohonem. Zvýšení podílu elektrické trakce v plzeňské MHD by mělo pozitivní dopad na životní prostředí ve městě.

1.5 Možnosti rozšíření trolejbusové sítě

Ke konci roku 2018 byl dokončen přestupní terminál regionální dopravy v prostoru přilehlém k hlavní železniční stanici u ulice Šumavská. Bylo zde vybudováno i obratiště pro trolejbusy. Většina příměstských autobusových spojů ze směru jihovýchodně až severovýchodně od Plzně je dnes ukončených na zmíněném terminálu místo na CAN. Z tohoto důvodu se jeví jako vhodné vyřešit nové zakončení linky 11 v centru města. Což by mohlo případně přinést úsporu náležitostí na lince. (6)

Reálně se v poslední době hovoří o výstavbě trolejbusové trati na severní předměstí. Uvažovanou trolejbusovou trať přes *Náměstí Republiky*, *FN Lochotín* na *Sídlíště Košutku* by měla obsloužit nová linka s číslem 19. Ta by nahradila stávající autobusové linky 33 a 40.

V souvislosti s touto tratí by mohl být rozšířen provoz trolejbusů i na linku 27 jejím spojením s již existující linkou 14. Trasa linky 27 by sice nebyla vybavena trolejovým vedením, ale za využití trolejbusů s pomocným pohonem by ji bylo možné převést do elektrické trakce, zvláště pokud by bylo možné dobíjení bateriových trolejbusů i ve smyčce *Sídlíště Košutka*. (6)

Obslužnost sídlíště na Vinicích má v budoucnu zajistit také elektrická trakce. Řešení jsou však dvě, výstavba tramvajové tratě nebo zavedení trolejbusů. Obě řešení mají své klady i zápory. (6)

Nasazení bateriových trolejbusů na současnou linku 22 by se mohlo realizovat prakticky ihned. Nabízí se i řešení ve spojení s linkou 10 nebo 31. Samotné ukončení linky 22 u VIII. brány Škodovky nemá už v dnešní době takové přepravní využití jako dříve. Výhodnější by bylo prodloužení linky až na Borská pole, tím by linka nabídla nové přepravní spojení s touto průmyslovou zónou a zároveň by pomohla posílit nabídku spojů v tomto nejexponovanějším úseku trolejbusové sítě. Již zmíněná linka 31 by začleněním do sítě trolejbusů přinesla svým cestujícím komfortnější spojení bez přestupu a mohlo by dojít i k úspoře na této lince příliš nevyužitého vozidla i řidiče. (6)

Uvažováno je i s nabídkou přímých spojení z Bukovce, dnes obsluženého autobusovou linkou 28. Ta však nemá předpoklady pro zavedení elektrického provozu. Proto by obslužnost Bukovce zajistily prodloužené spoje linky 16 provozované trolejbusy s pomocným pohonem. (6)

Úvahy jsou i nad prodloužením konečné trolejbusu linky 11 u *Ústředního hřbitova* o krátký úsek okolo obchodního centra. (6)

Nejspíše ve vzdálené budoucnosti se jeví elektrifikace autobusových linek 29 a 30. Jejich trasy sice vedou částečně i po trolejbusových trasách, pro jejich úplnou elektrifikaci to bohužel nestačí. Musely by se doplnit další trolejbusové tratě zejména mezi *Slovany* a *Lobzy*, tím by byl získán ucelený trolejový úsek. I tak by elektrický provoz těchto dvou linek byl možný pouze za předpokladu nasazení trolejbusů s pomocným pohonem. (6)

Mělo by se také najít smysluplné využití odklonové trasy linky 12, která byla opuštěna na podzim 2018. Nevýhodou této trasy je její vzdálenost od centra. Ale naopak převedením některé z linek na tuto trasu by došlo k odlehčení už dnes hustého provozu na Americké ulici. (6)

2 Návrhy variant nového linkového vedení

V rámci návrhů variant nového linkového vedení trolejbusových linek v MHD Plzeň je potřeba vyřešit výše popsané nedokonalosti ve stávajícím linkovém vedení a zároveň napojení úseků nově navrhovaných s obsluhou trolejbusy. Nejprve jsou řešeny varianty vedení tras jednotlivých linek zvlášť, poté jsou z několika alternativních vedení tras linek seskládány 3 varianty nového linkového vedení. Ty jsou i schematicky znázorněny na příložených obrázcích.

2.1 Změny jednotlivých linek

V této podkapitole jsou popsány možnosti změn jednotlivých linek, u kterých jsou uvedeny i klady a zápory těchto trasování. U linek na nichž jsou navrženy podstatné změny oproti současnému stavu jsou vytvořeny schémata, kde je vždy zelenou barvou znázorněna současná trasa linky.

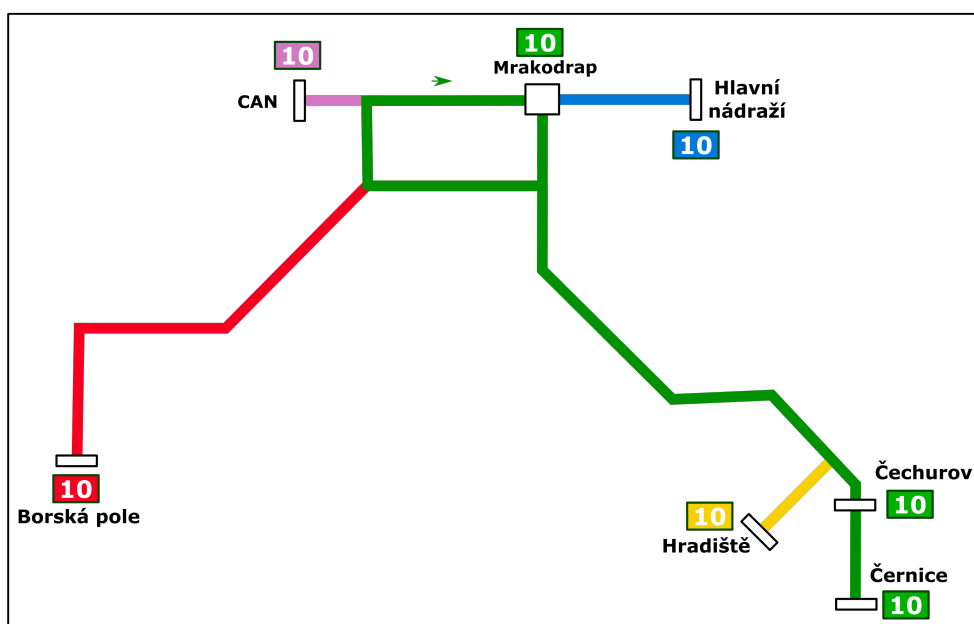
2.1.1 Linka 10

Hlavní problém u linky 10, tedy levé odbočení z ulice Doudlevecké do ulice U Trati, může pomoci vyřešit pouze změna signálního plánu světelného signalizačního zařízení včetně doplnění signálu vyklizovací šipky pro odbočení vlevo. Nejlepším řešením by v této situaci bylo zavedení preference vozidel hromadné dopravy na této křižovatce.

Změna polookružního charakteru linky by byla dalším přínosem k plynulosti provozu linky. Bohužel není mnoho možností jejího smysluplného ukončení v centru města.

Jedním z řešení je obousměrné vedení linky z Doudlevecké ulice dále ulicemi Prokopova, přes okružní křižovatku Mrakodrap a vpravo ulicí Americkou **s ukončením na nově otevřeném terminálu veřejné dopravy u hlavní železniční stanice** (na Obrázku 2 znázorněno modrou barvou). Touto změnou by odpadlo komplikované odbočení do ulice U Trati. Zároveň by linka spojovala oblasti Doudlevec, Bručné, Čechurova a Černic s hlavní železniční stanicí, tedy i s autobusovým terminálem. Toto spojení je však možné i linkou 13 s docházkovou vzdáleností od zastávky *Prazdroj* nebo ve směru z Černic s přestupem na tramvajovou linku 1 v zastávce *Slovany*. Na druhou stranu by bylo zrušeno přímé spojení zde uvedených oblastí do jihozápadní části centra Plzně (zastávky *Belánka*, *Jižní předměstí*, *Tylova*, *U Práce*) a taktéž návaznost na tramvajovou linku 4.

Dalším řešením je **ukončit** linku 10 v **obratišti CAN** (na Obrázku 2 znázorněno růžovou barvou). Trasa linky by vedla obousměrně ulicemi Prokopova, přes okružní křižovatku Mrakodrap vlevo ulicemi Americkou, Tylovou a přes Husovo náměstí. V tomto případě by taktéž odpadlo komplikované odbočení do ulice U Trati. Vzhledem k přemístění autobusového nádraží do terminálu u hlavní železniční stanice, které proběhlo na podzim 2018, by v úseku *U Práce* - *CAN* byl provoz linky nerentabilní z důvodu souběhu s linkou 12.



Obrázek 2 Varianty vedení tras linky 10

Zdroj: autor

Třetím řešením je **sloučení s autobusovou linkou 22** (na Obrázku 2 znázorněno červenou barvou), která by tak zároveň byla elektrifikována. Trasa linky by vedla obousměrně ulicemi U Trati a Borská. Z důvodu absence trolejového vedení ve smyčce *Škoda VIII. brána*, kde je v současnosti ukončena linka 22, by musela být trasa linky prodloužena až na konečnou zastávku *Borská pole*. Tím by došlo i k posílení nabízené kapacity spojů do této provozně exponované oblasti. Výhodou tohoto řešení je nabídka přímého spojení Černic, Čechurova, Bručného, Slovan a Doudlevec s průmyslovou zónou na Borských polích a také elektrifikace autobusové linky 22 s využitím trolejbusů bez pomocného pohonu. Nevýhodami tohoto sloučení linek jsou zrušení přímých spojů v úseku *Slovany - Doudlevec ETZ - Nemocnice Bory - Jižní předměstí - Karlov* (zde je dnes trasována linka 22) a u linky 10 neobsluhování užšího centra města. Dále by s touto změnou musela být vybudována zastávka *Belánka* v Borské ulici i ve směru na *Slovany*, aby byl umožněn přestup na tramvajovou linku 4.

V rámci **elektrifikace autobusové linky 31 Slovan - Hradiště** je možnost zahrnout tyto spoje do linky 10 (na Obrázku 2 znázorněno žlutou barvou). Tím by došlo ke značným

úsporám na straně dopravce. Snížily by se provozní náklady použitím elektrické trakce bez investice do trolejové infrastruktury. Také by se zkrátila doba prostoje, kdy zde v současnosti nasazený autobus tráví více času na konečných zastávkách než jízdou po trase linky. Cestujícím by bylo nabídnuto přímé spojení do centra bez nutnosti přestupu v zastávce *Slovany*.

Velkým přínosem ke zvýšení plynulosti provozu na této lince by byla výměna podvěsné rozjezdové výhybky do smyčky *Čechurov*, toto by přineslo i zrychlení průjezdu tímto místem i u linky 13. Další výměna trolejových armatur je popsána v kapitole 2.1.5. Zlepšením pracovních podmínek pro řidiče by bylo vybudování nového obratiště v Černicích až za obytnou zónou. Zde by byla dostatečná kapacita pro odstavování trolejbusů linek 10 i 13 s možností čerpání bezpečnostních přestávek řidičů. Taktéž by smyčka byla vybavena adekvátním sociálním zázemím pro řidiče čímž by se zlepšily hygienické podmínky řidičů na této lince.

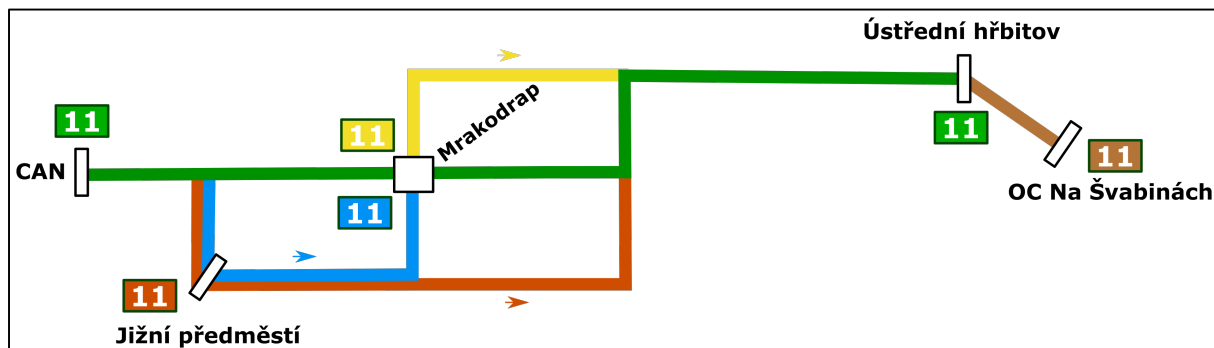
2.1.2 Linka 11

Na v minulosti bezproblémovou trasu linky 11 má dle očekávání vliv zprovoznění nového terminálu veřejné dopravy u hlavní železniční stanice na podzim roku 2018. Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, část příměstských autobusových linek byla přesunuta do autobusového terminálu u *Hlavního nádraží*. Současný problém linky 11 tedy spočívá v minimálním využívání spojů v úseku mezi zastávkami *U Práce* a stávajícím *CAN*. Z tohoto důvodu je žádoucí navrhnout nové, smysluplnější zakončení této linky v centru města. Vzhledem k charakteru provozu linky, kdy má linka celodenně a celotýdně jednotný interval 15 minut s dobou provozu mezi 5. hodinou ranní a 20. hodinou večerní, se jeví jako problémové její sloučení s jakoukoliv jinou linkou ukončenou v centru města.

Možným řešením ukončení linky v centru města je změnit její charakter na polookružní, přičemž by se v případě uplatnění uvedeného návrhu mohlo využít nových trolejbusových tratí původně vybudovaných jako objízdnu trasu linky 12 z důvodu rekonstrukce železničního uzlu Plzeň. Nabízí se několik možností polookružního ukončení této linky v centru města.

Nejjednodušší je **polookružní zakončení** linky ve směru od *Ústředního hřbitova Americkou ulicí k Mrakodrapu, vpravo ulicí Goethovou, dále Kopeckého sady, přes Anglické nábřeží k Prazdroji* a následně Rokycanskou ulicí po své trase na *Ústřední hřbitov* (na Obrázku 3 znázorněno žlutou barvou). Tím by došlo k úspoře jednoho vozidla

a dvou řidičů díky zkrácení trasy linky a absenci vyrovnávacího času na konečné v centru. Na druhou stranu by se zrušila přestupní vazba na tramvajovou linku 4 a zhoršila by se dostupnost linky v centru města.



Obrázek 3 Varianty vedení tras linky 11

Zdroj: autor

Druhá varianta polookružního ukončení linky v centru je vedena **jednosměrným objezdem** ve směru od *Ústředního hřbitova* ulicemi **Americkou, Tylovou, Koperníkovou, Borskou, U Trati, Železniční a Lobezkou k Prazdroji** a dále po své trase (na Obrázku 3 znázorněno červenou barvou). V tomto případě by byla využita nová trolejbusová trať v ulici U Trati (v opačném směru než je dnes trasována linka 10), čímž by linka obsloužila větší územní oblast. Nevýhodou je zhoršení dostupnosti zastávek linky ve směru k *Ústřednímu hřbitovu*, které by byly vzdálenější od centra města. Cestující by tak byli nuceni jezdit se zajižďkou přes *Jižní předměstí* a *Belánku*. Pro tuto variantu by bylo taktéž nutné vybudovat zastávku *Belánka* v ulici U Trati (v opačném směru už tato zastávka existuje pro linku 10). Toto polookružní zakončení linky by bylo ještě možné upravit do lepší podoby, kdy by se využily zastávky *Pařížská* a *Hlavní nádraží* v obou směrech, čímž by se zkrátil okruh okolo centra města. Trasa by tak pokračovala **z ulice U Trati na rozdíl od výše uvedené varianty vlevo do ulice Prokopovy** a na okružní křižovatce *Mrakodrap* by se napojila na svou stávající trasu přes *Hlavní nádraží* na *Ústřední hřbitov* (na Obrázku 3 znázorněno modrou barvou). Musely by však být na křižovatce ulic U Trati a Prokopova vybudovány trolejové oblouky, umožňující toto odbočení, jelikož zde v současnosti nejsou. Toto by přispělo i ke zlepšení objízdnych tras centra města při mimořádných událostech, kdy je především potřeba odklonit trolejbusové linky z ulice Americké.

V případě uvažovaného prodloužení trolejbusové tratě od konečné zastávky *Ústřední hřbitov* až nad nedaleko situované obchodní centrum by došlo pouze k **prodloužení linky 11** o tento pravděpodobně jeden zastávkový úsek (na Obrázku 3 znázorněno hnědou barvou).

2.1.3 Linka 12

Trasa linky 12 byla ovlivněna rekonstrukcí železničních mostů v Mikulášské ulici díky čemuž linka jezdila pod odklonové trase. Pro objízdnu trasu byla vybudována nová trolejbusová trať ve směru z Božkova ulicemi Koterovská, Železniční a Lobežská (přes most nad železničním nádražím) k *Prazdroji*, čímž došlo k prodloužení trasy linky oproti běžnému stavu. Zvýšená hustota provozu IAD na odklonové trase způsobovala značné nepravidelnosti v provozu linky 12 a zároveň delší trasa měla za důsledek vyšší vypravenost vozidel a řidičů na linku. Všechny tyto problémy jsou však odstraněny navrácením linky do původní trasy Mikulášskou ulicí. Lze konstatovat, že trasa této linky **nevyžaduje změny**. Jedinými změnami na trase této linky by byla výměna trolejových armatur z podvěsné konstrukce na tahovou. První změnou je obnova rozjezdové výhybky do smyčky *Zátiší*. Druhou navrhovanou změnou je výměna sjezdové výhybky a křížení ze smyčky *Petrohrad*. V obou případech je motivem zvýšení rychlosti průjezdu trolejbusů zmíněnými místy, což by mělo za následek zlepšení plynulosti provozu na předmětných komunikacích.

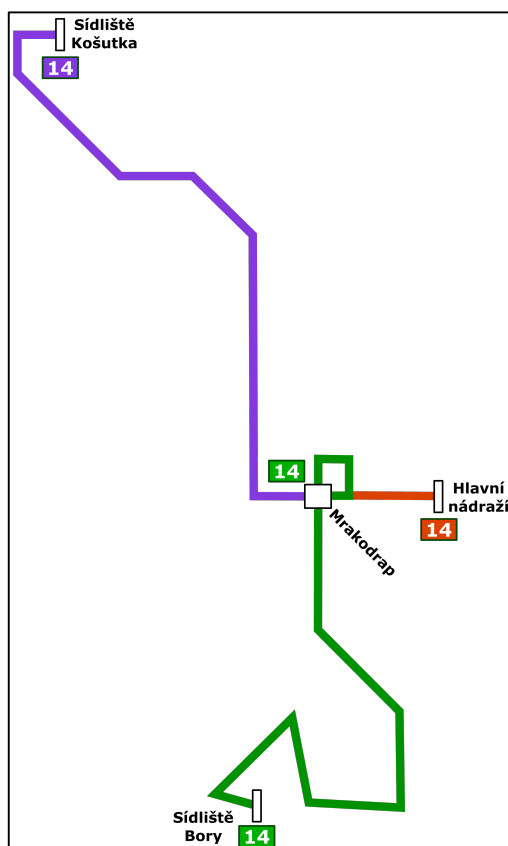
2.1.4 Linka 13

U trasy linky 13 není nutné zavádět téměř žádné změny. Jedinou změnou by do budoucna mělo být, jak už bylo zmíněno v kapitole 2.1.1 **vybudování nové točny v Černicích**, kde by byly ukončeny spoje linek 10 a 13. Současná smyčka v Černicích se nachází přímo mezi rodinnými domky, takže místní obyvatelé jsou obtěžováni hlukem. Zároveň tato točna disponuje malou odstavnou kapacitou pro množství spojů, které je zde ukončeno. Také zde není možné vybudovat zázemí pro řidiče kvůli nedostatku prostoru. Nová točna by měla být situována až za zástavbou rodinných domů v ulici K Cihelnám. Ta by měla mít dostatečnou kapacitu pro odstavování vozidel a mělo by zde být i patřičné zázemí pro řidiče linek MHD čímž by se zlepšily hygienické podmínky pro řidiče na lince 10. Úpravy trolejového vedení jsou popsány v kapitolách 2.1.1 a 2.1.5. Mimo tyto dvě místa se jeví jako vhodná taktéž výměna podvěsné rozjezdové i sjezdové výhybky a křížení na křižovatce ulic Těšínská a Masarykova.

2.1.5 Linka 14

Tato linka, která má spíše doplňkový charakter, by mohla docílit větší atraktivity změnou trasy v centru města, aby lépe doplnila páteční linku 16.

Po otevření nového terminálu veřejné dopravy u hlavního železniční stanice se nabízí možnost jejího ukončení právě zde. Trasa linky by tak vedla **obousměrně od Mrakodrapu vpravo ulicemi Americkou a Šumavskou s ukončením u Hlavního nádraží** (na Obrázku 4 znázorněno červenou barvou). Tímto by se zrušil její polookružní charakter a lépe by doplnila linku 16 pro cesty ze/na *Sídliště Bory*, protože by obě linky shodně obsloužily zastávky *Hlavní nádraží* a *Pařížská*. V současnosti totiž linka 14 neobsluhuje zastávku *Hlavní nádraží*.



Obrázek 4 Varianty vedení tras linky 14

Zdroj: autor

V rámci **elektrifikace autobusové linky 27 Mrakodrap - Sídliště Košutka** by mohly obě tyto linky být **sloučeny**, přičemž by na lince byly nasazeny trolejbusy s bateriovým pohonem. Tyto trolejbusy jsou schopné překonat úsek bez trolejového vedení až 12 km, což je pro obsluhu linky 27 ještě dostačující. Nová trasa linky 14 by tak byla **Sídliště Bory - Tyršův most - Mrakodrap - Sady Pětatřicátníků - Skautská - Sídliště Košutka** (na Obrázku 4 znázorněn prodloužený úsek o linku 27 fialovou barvou). V tomto případě by úsek bez trolejového vedení byl mezi zastávkami *U Práce* a *Sídliště Košutka*, který činí 5,3 km jednosměrně. Celkově by trolejbusy využívaly energii uloženou v bateriích na úseku 10,6 km. Zbývající úsek *U Práce - Mrakodrap - Doudlevec ETZ - Tyršův most - Sídliště Bory* je vybaven trolejovým vedením, takže by zde docházelo k dobíjení trakčních baterií pro opětovnou jízdu

na Košutku. K dobíjení baterií by docházelo jednak během jízdy pod trolejovým vedením, ale také případně během přestávky na konečné *Sídliště Bory*. Uvedený poměr úseků bez a s trolejovým vedením je postačující pro nabíjení trakčních baterií trolejbusů. V budoucnu v případě výstavby trolejového vedení uvažované linky 19 (*Sídliště Bory - FN Lochotín - Sídliště Košutka*) by docházelo k nabíjení baterií i během stání na konečné *Sídliště Košutka*. Tímto sloučením dvou linek by došlo ke zlepšení obslužnosti v okolí obou těchto linek nabídkou přímého spojení. V úseku současné linky 14 by byl rozšířen rozsah provozu, protože nyní je tato linka v provozu pouze v pracovní dny, nově by byla obsluhována i o víkendech. Sloučením oběhů vozidel linek 14 a 27 dojde zároveň k úspoře minimálně jednoho vozidla v pracovní dny, ale také ke snížení personálních nároků na tyto linky.

Ke zvýšení plynulosti provozu této linky je navrhována výměna podvěsných armatur za tahové na dvou křižovatkách. První křižovatka ulic Průmyslová a Zborovská je osazena rozjezdovou i sjezdovou výhybkou a také křížením podvěsné konstrukce. Jejich výměnou by se zlepšil výjezd trolejbusů linky 14 z vedlejší ulice Průmyslová. Zároveň by došlo ke zvýšení rychlosti průjezdu touto křižovatkou i u linek 10 a 13. Druhá křižovatka ulic E. Beneše a Heyrovského je popsána v kapitole 2.1.7.

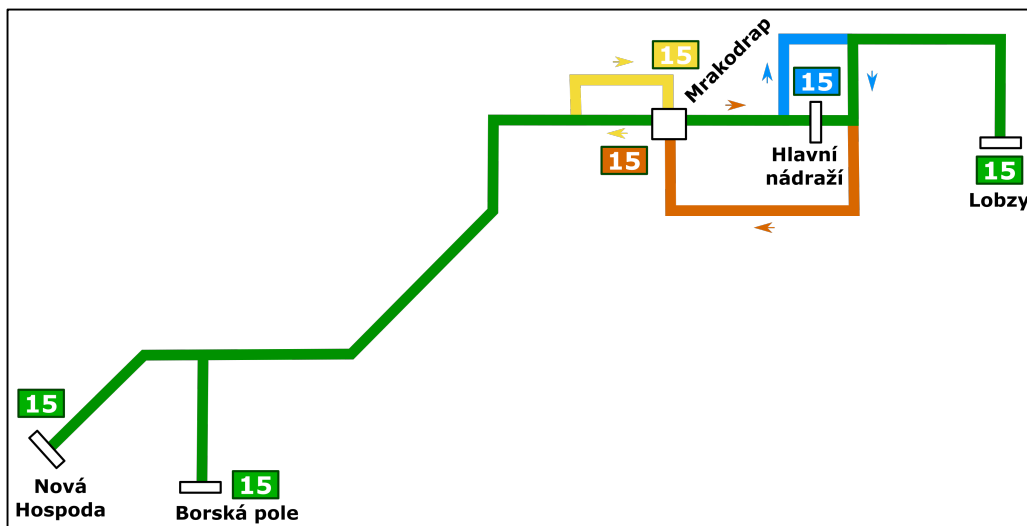
2.1.6 Linka 15

Značně vytížená linka 15 obsluhující průmyslovou zónu na Borských polích nedostačuje svojí nabízenou kapacitou k uspokojení poptávky po přepravě do této oblasti. Částečným řešením bez změny vedení trasy linky je **nasazení článkových trolejbusů** od března 2019, což umožnil nákup 7 nových článkových trolejbusů. Článkové vozy jsou nasazovány na několik šejdrových a jedno celodenní pořadí linky. Mimo vložené spoje *Hlavní nádraží - Borská pole / Nová Hospoda* jsou nasazovány i na spoje jezdící v celé trase linky, kde je v úseku *Mrakodrap - Lobzy* nabízená kapacita spojů naopak naddimenzovaná.

Jako řešení se nabízí obslužnost Borských polí linkou 17 s nasazením článkových vozidel, která by jezdila celodenně a celotýdně a nahradila by tak spoje linky 15 v úseku *Mrakodrap - Borská pole / Nová Hospoda*. Avšak potom je nutné vyřešit ukončení linky 15. A zároveň spoje ukončené v terminálu u hlavní železniční stanice nebo u *Mrakodrapu* by bylo vhodné označit jiným číslem linky pro lepší rozlišitelnost těchto spojů.

Nejjednodušší se jeví **ukončit** linku 15 u ***Hlavního nádraží***, kdy by linka jezdila pouze v trase *Lobzy - Hlavní nádraží - Lobzy* s jednosměrným objezdem ulicí Sirkovou (na Obrázku

5 zobrazeno modrou barvou). V tomto případě by se však rapidně zhoršila dostupnost centra města cestujícím z oblasti Letné a Lobež, kteří by byli nuceni přestupovat v terminálu na návazné spoje jiných trolejbusových nebo tramvajových linek.



Obrázek 5 Varianty vedení tras linky 15

Zdroj: autor

Druhým řešením je **ukončení** linky polookružně ve směru od *Lobež* **jednosměrným objezdem od Prazdroje ulicemi Lobežská, Železniční, U Trati vpravo ulicí Prokopovou k Mrakodrapu, dále Americkou ulicí** po své trase zpět do *Lobež* (na Obrázku 5 vyznačeno oranžovou barvou). U této varianty by dostupnost centra města byla o něco lepší než v předchozím případě.

Nejvhodnější možností **ukončení** linky 15 se jeví **blokovou smyčkou ulicemi Americkou, vpravo Klatovskou třídou, dále Smetanovými sady, Kopeckého sady, Goethovou ulicí k Mrakodrapu** a dále po své trase do *Lobež* (na Obrázku 5 zakresleno žlutou barvou). Výhodami tohoto řešení jsou výborná dostupnost centra města, návaznost na tramvajovou linku 4 a rozšíření počtu zastávek v centru města, což by mělo za důsledek zlepšení obslužnosti této oblasti. Bohužel toto řešení je nejméně reálné z důvodu vedení trasy Smetanovými sady, kde by byla nutná změna dopravního režimu. Jednosměrný provoz ulice vedené po okraji těchto sadů by musel být změněn na obousměrný zrušením parkovacích stání nebo otočením směru jízdy touto ulicí. Zároveň by v této ulici muselo být vybudováno 550 m dlouhé jednostopé trolejové vedení začínající už na křižovatce ulice Americké a Klatovské třídy a ukončené v Goethově ulici.

2.1.7 Linka 16

U této dnes páteřní trolejbusové linky není nutné uvažovat nad změnou trasy. V budoucnu by však mohlo dojít k **prodloužení** vybraných spojů **z Doubravky do Bukovce** jako náhrada této části trasy autobusové linky 28. Musely by zde však být nasazeny trolejbusy vybavené trakčními bateriemi. Došlo by ke snížení nákladů na provoz nasazením elektrické trakce bez nutnosti investice do trolejové infrastruktury. Cestujícím by bylo nabídnuto lepší spojení s centrem města. Toto rozšíření by však vyvolalo investice do vozového parku trolejbusů, protože by na linku musely být v pracovní dny nasazeny článkové trolejbusy s trakčními bateriemi a o víkendech naopak sólo trolejbusy taktéž s trakčními bateriemi.

Ke **změně intervalu** dojde při případném zavedení trolejbusové linky 19 (*Sídliště Bory - Sídliště Košutka*), kdy by intervaly na lince byly prodlouženy na dvojnásobek. V úseku *Doubravka - Mrakodrap* by tento úbytek spojů byl nahrazen linkou 17 a ve zbývajícím úseku *Mrakodrap - Sídliště Bory* nově vzniklou linkou 19.

U trolejové infrastruktury jsou na této lince dva nedostatky. Jednak podvěsné výhybky na křižovatce ulic Těšínská a Masarykova (je popsáno v kapitole 2.1.4), druhým a zásadním problémem linky je křižovatka ulic E. Beneše a Heyrovského na Borech. Výjezd trolejbusů linky 16 z vedlejší ulice Heyrovského na hlavní komunikaci značně komplikuje zastaralé trolejové vedení podvěsné konstrukce. To neodpovídá vodorovnému značení na komunikaci a neumožňuje plynulé zařazení trolejbusu do provozu na hlavní komunikaci. Nejlepším řešením by byla výstavba okružní křižovatky v tomto místě s tahovou konstrukcí armatur trolejového vedení. Díky tomu by byl celkový provoz touto křižovatkou plynulejší a nedocházelo by ke zpoždění na lince 16 z důvodu čekání na volný průjezd křižovatkou.

2.1.8 Linka 17

Pokud vznikne trolejbusová linka 19 (*Sídliště Bory - Sídliště Košutka*) bude potřeba nahradit chybějící spoje linky 16 z centra na *Doubravku* (viz předchozí podkapitola). Tyto spoje by převzala linka 17, která je v současnosti pouze posilová v době svozů a návozů zaměstnanců na Borská pole s vybranými nárazovými spoji v jízdním řádu. Nově by tak linka měla sedlový i víkendový interval 15 minut a špičkový cca 10 minut. Musela by být mírně **upravena její trasa**, kdy by spoje linky 17 **zajížděly alternativně i na konečnou Borská pole**. V úseku *Mrakodrap - Borská pole / Nová Hospoda* by tak **nahradila současnou linku 15**.

2.1.9 Linka 18

Na této pouze špičkové lince na *Borská pole* není v současnosti žádný problém, a tak se **trasa linky nemění**.

2.1.10 Linka 19

O nové trolejbusové lince s tímto číslem se uvažuje už delší dobu. Měla by spojit *Sídlíště Bory* s *FN Lochotín* a *Sídlíště Košutku* přes *Náměstí republiky*. Vzhledem k absenci trolejového vedení od *Mrakodrapu* přes *FN Lochotín* až po *Sídlíště Košutku* se plánuje tato linka zavádět po etapách s využitím trolejbusů vybavených trakčními bateriemi.

V první fázi bude linka mít trasu ***Sídlíště Bory - Jižní Předměstí - Mrakodrap - Náměstí republiky - FN Lochotín***, kde by trolejbusy překonávaly úsek *Mrakodrap - FN Lochotín* na trakční baterie. Nasazeny by byly sólo trolejbusy. Poměr úseků bez a s trolejovým vedením je postačující pro provoz trolejbusů s trakčními bateriemi. V této etapě, by tak byl částečně nahrazen provoz autobusové linky 33 k *FN Lochotín*.

Pro další prodloužení linky až na *Sídlíště Košutku* bude nutné vybudovat alepsoň v části trasy trolejové vedení, protože celý úsek není možné obsloužit trolejbusy s trakčními bateriemi z důvodu jejich nedostatečné kapacity. Nabízí se několik variant zatrolejování této části trasy linky. Z dlouhodobého hlediska je nejlepším řešením postupně postavit trolejové vedení v celé délce trasy. To sice vyžaduje vysoké investiční náklady, ale v dlouhém období životnosti této infrastruktury vychází levněji než pořizování nových trakčních baterií do vozidel. Životnost trakčních baterií je totiž výrobcem stanovena na 7 let. Nejvíce nákladná by byla výstavba trolejového vedení na Roosveltově mostě, na který nemohou být v současnosti umístěny trakční stožáry.

Pro druhou fázi provozu linky v celé **trase *Sídlíště Bory - Sídlíště Košutka*** je nutnou podmínkou pro nasazení bateriových trolejbusů výstavba trolejového vedení minimálně v úseku *Roudná - FN Lochotín* a trolejové stopy ve smyčce *Sídlíště Košutka*. Tak bude zajištěno dostatečné nabití trakčních baterií pro provoz celé linky. Linka 19 by potom nahradila autobusové linky 33 a 40, které by byly zrušeny.

2.1.11 Linka 22

Elektrifikace této autobusové linky byla již zmíněna v podkapitole 2.1.1, kdy je jedním z řešení sloučení s trolejbusovou linkou 10. To by však mělo za následek opuštění trasy okolo nemocnice Bory s negativním dopadem na cestující.

Mnohem lepším řešením je **elektrifikace** této linky **ve stávající trase**, kdy by vybrané spoje obsluhující část trasy *Slovany - Jasmínová - (Koterov)* byly obsluhovány linkou 51. Všechny spoje nově trolejbusové linky by začínaly na konečné *Slovany*. Na opačném konci není zatrolejována smyčka *Škoda VIII. brána*, takže by linka byla **prodloužena až na konečnou Borská pole**. To pomůže odlehčit v úseku *Jižní předměstí - Borská pole* trolejbusovým linkám 15, 17 a 18. Trolejbusová linka 22 by ve výsledku jezdila v trase *Slovany - Nemocnice Bory - Jižní předměstí - Borská pole*, kde je úsek bez trolejového vedení pouze mezi zastávkami *Doudlevec ETZ* a *Nemocnice Bory*. Pro otáčení trolejbusů na *Slovanech* by zde muselo být upraveno trolejové vedení v již existující smyčce.

2.1.12 Linka 27

Elektrifikace této linky je pospána v podkapitole 2.1.5. V souvislosti se sloučením s linkou 14 by **číslo autobusové linky 27 nebylo obsazeno**.

2.1.13 Linka 28

Pokud budou zavedeny přímé spoje linky 16 do *Bukovce*, budou **vybrané spoje** linky 28 končící ve smyčce *Bukovec* **zkráceny** do trasy *CAN - Doubravka*. Zbývající spoje budou i nadále pokračovat dále až na konečnou zastávku *Papírna Bukovec*. V úseku *Bukovec - Papírna Bukovec* není zajištěn průjezdý profil pro trolejbusy (i se staženými sběrači) pod železniční tratí Plzeň - Praha. Z tohoto důvodu není možné nasazení bateriových trolejbusů až do koncové zastávky *Papírna Bukovec*.

2.1.14 Linky 33 a 40

Tyto autobusové linky mohou být částečně nebo úplně nahrazeny plánovanou trolejbusovou linkou 19 viz podkapitola 2.1.10.

V případě provozu linky 19 pouze v trase *Sídliště Bory - FN Lochotín* by došlo pouze k částečnému nahrazení těchto autobusových linek. **Linka 40 by byla zrušena**. Spojе **linky 33** by jezdily převážně pouze **ve zkrácené trase FN Lochotín - Sídliště Košutka**, kdy by u *FN Lochotín* byl zajištěn garantovaný přestup z linky 19. Ve špičkách pracovní dny

by **každý druhý spoj linky 33 pokračoval**, bez závleku k *FN Lochotín*, ze zastávky *Úřad Lochotín* dále do centra **na konečnou zastávku *Muzeum***.

U varianty provozu linky 19 až na konečnou zastávku *Sídliště Košutka* by byly obě **linky 33 i 40 zrušeny zcela**.

2.1.15 Linka 41

Vinice jsou největším plzeňským sídlištěm, které dosud nemá dopravní obslužnost zajištěnou elektrickou trakcí. V územním plánu města je zde územní rezerva pro tramvajovou trať. Jako alternativní možnost se nabízí levnější řešení v podobě zavedení trolejbusů do této oblasti. Investiční náklady by sice byly oproti výstavbě tramvajové tratě mnohem nižší, ale na druhou stranu by trolejbusy nepřinesly zvýšení komfortu dopravy.

Když bude rozhodnuto elektrifikovat tuto linku jako trolejbusovou bude muset být její zakončení v centru města vhodně implementováno do stávající trolejové sítě. V případě realizování trolejové infrastruktury linky 19 na severní předměstí se nabízí napojení trolejbusové trati ze sídliště Vinice právě na tuto trať u zastávky *Rondel*. Trolejbusová linka z Vinic by tak vedla přímo přes náměstí Republiky k *Mrakodrapu*. Ukončena by mohla být na zastávce *Hlavní nádraží* v novém terminálu.

Jako vhodnější se jeví varianta napojení sídliště Vinice na tramvajovou síť. Proto nebude dále v této práci uvažováno s elektrifikací této linky v trolejbusové trakci.

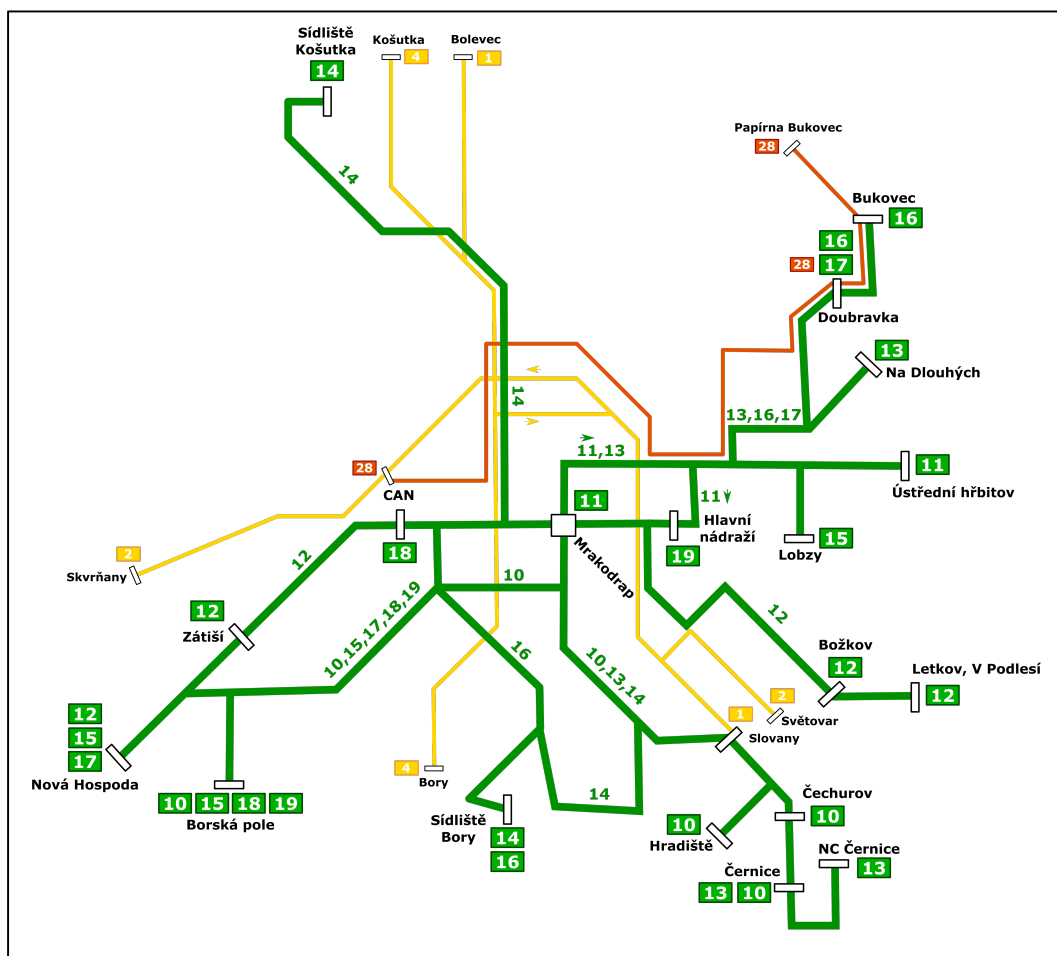
2.2 Nové linkové vedení varianta A

Z předchozích variant vedení tras jednotlivých linek jsou seskládány tři varianty sítě linek trolejbusů. U varianty A není počítáno s rozšířením trolejbusů severním směrem. Toto schéma by nastalo v případě zamítnutí realizace linky 19 *Sídliště Bory - FN Lochotín*.

Provoz trolejbusových linek 12, 13, 17 a 18 zůstává beze změn. Schéma linek Varianty A je znázorněno na Obrázku 6.

Ve variantě A nového linkového vedení je navržena elektrifikace autobusových linek 22, 27, 31 a částečně 28. Linka 22 je zrušena a nahrazena přetrasovanou prodlouženou linkou 10. Linka 27 je sloučena se stávající trolejbusovou linkou 14, přičemž úsek linky 27 je bez trolejového vedení, proto je nutné linku 14 nově obsadit trolejbusy s trakčními bateriemi. Spoje linky 28 vedené dosud v trase *CAN - Bukovec* jsou zkráceny pouze do úseku *CAN*

- *Doubravka* a ve zbývajícím úseku nahrazeny prodlouženými spoji linky 16 z *Doubravky*. Zbývající spoje linky 28 s trasou *CAN - Papírna Bukovec* zůstávají zachovány v nezměněném rozsahu. Úsek *Doubravka - Bukovec* je bez trolejového vedení, proto sem zajíždějící spoje musí obsluhovat článkové trolejbusy s pomocným pohonem. Spoje linky 31, která je zrušena, jsou taktéž sloučeny s linkou 10. Tyto spoje zajíždějící do *Hradiště* musí být z důvodu absence trolejového vedení taktéž obsazeny trolejbusy s pomocným pohonem. Ostatní autobusové linky jsou beze změn.



Obrázek 6 Schéma linkového vedení varianty A

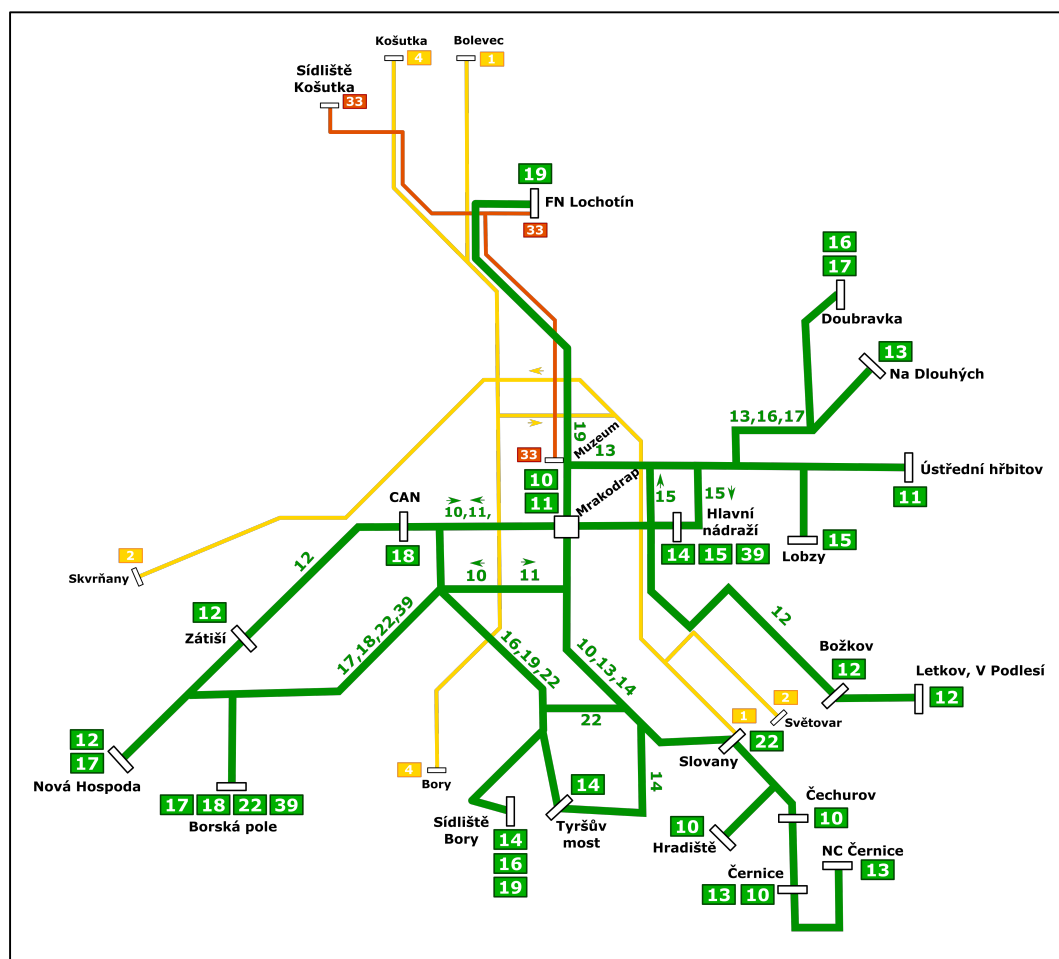
Zdroj: autor

Dále tato varianta řeší změny v linkovém vedení po otevření terminálu veřejné dopravy u hlavní železniční stanice. Nově je navrženo polookružní ukončení linky 11 v centru města. Změny nastaly i u posilových spojů linky 15 na *Borská pole*, které jsou v této variantě pro lepší přehlednost označeny číslem 19.

2.3 Nové linkové vedení varianta B

U druhé varianty je počítáno s elektrifikací autobusových linek 22, 31 a částečně 33/40. Schéma navrženého linkového vedení varianty B je na Obrázku 7.

Linka 22 je prodloužena do trasy *Borská pole - Slovany* a spoje obsluhující úsek *Slovany - Jasmínová (- Koterov)* jsou sloučeny s autobusovou linkou 51. Úsek mezi zastávkami *Doudlevec ETZ - Poliklinika Bory* je bez trolejového vedení, proto jsou na linku nasazeny pouze trolejbusy s pomocným pohonem. Spoje linky 31 do Hradiště jsou začleněny do linky 10 přičemž je zde nutné nasadit trolejbus s pomocným pohonem. Jinak zůstává trasa linky stejná jako u současného stavu.



Obrázek 7 Schéma linkového vedení varianty B

Zdroj: autor

Provoz autobusových linek 33 a 40 je ovlivněn zavedením trolejbusů k *FN Lochotín* avšak bez výstavby trolejového vedení. Trolejbusy tak tuto lokalitu obsluhují pouze s využitím pomocného pohonu. Zavedena je nová linka 19 s trasou *Sídliště Bory - FN Lochotín*, kde v úseku *Goethova až FN Lochotín* není trolejové vedení. Zcela zrušena je linka 40.

U autobusové linky 33 je zaveden garantovaný přestup na zastávce *FN Lochotín* z linky 19 a to u spojů, které jsou provozovány pouze ve zkrácené trase *FN Lochotín - Sídliště Košutka*. V celé trase linky 33 *Muzeum - Sídliště Košutka* (bez zajíždění k FN Lochotín) je plánován pouze každý druhý spoj jen ve špičkách pracovní dnů.

V souvislosti se zavedením linky 19 jsou prodlouženy intervaly linky 16 na dvojnásobek, přičemž trasa této linky se nemění. Na rameni *Mrakodrap - Sídliště Bory* ji nově doplňuje linka 19 a ve zbývajícím úseku *Mrakodrap - Doubravka* krátí na polovinu intervalu spoje linky 17 jejíž provoz nově převzal hlavní úlohu v obslužnosti průmyslové zóny Borská pole.

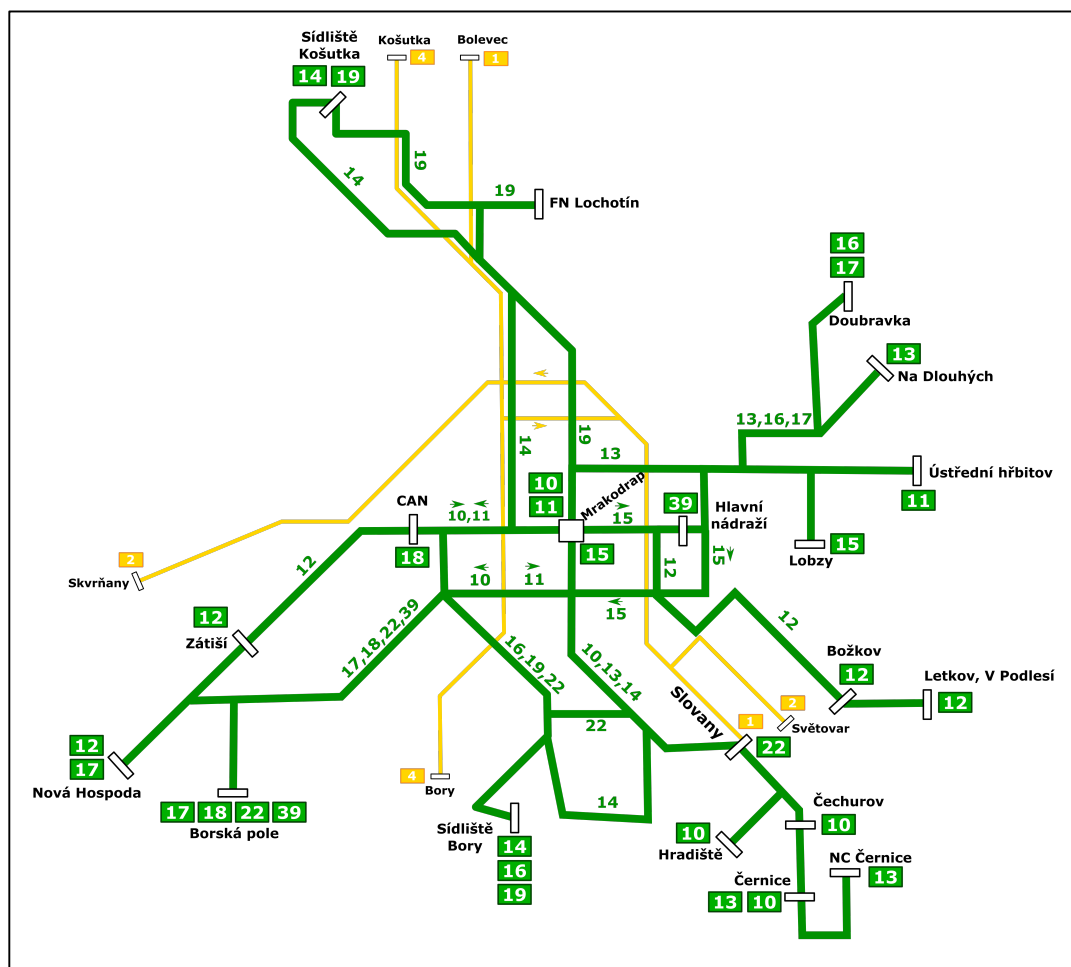
V důsledku zavedení celodenního provozu linky 17 na Borská pole je linka 15 zkrácena pouze do trasy *Hlavní nádraží - Lobzy*. Posilové spoje *Hlavní nádraží - Borská pole* jsou v této variantně označeny jako linka 39, aby byly odlišeny od běžných spojů linky 17.

U linky 11 je zvolena varianta polookružního ukončení přes centrum města Tylovou ulicí a přes *Jižní předměstí*. Linka 14 je obousměrně vedena po Americké ulici s ukončením na terminálu u *Hlavního nádraží*.

2.4 Nové linkové vedení varianta C

Varianta C navrhuje elektrifikaci autobusových linek 22, 27, 31, 33 a 40. Změny na linkách 10, 11, 16, 17, 22, 31 a 39 jsou stejné jako u varianty B, viz kapitola 2.3. A zároveň sloučení linek 14 a 27 je shodné s variantou A, viz kapitola 2.2. Navrhované linkové vedení je schématicky znázorněno na Obrázku 8.

U této varianty je již počítáno s výstavbou trolejového vedení a napájecí infrastruktury na trase *Goethova - FN Lochotín - Sídliště Košutka* pro nově zavedenou linku 19. Pro provoz trolejbusů na této lince není nutná okamžitá výstavba tratě v celé délce, ale k zahájení provozu linky 19 až do zastávky *Sídliště Košutka* je nutné vybavit alespoň část trasy trolejovou infrastrukturou. To zajistí bezproblémový provoz článkových trolejbusů s trakčními bateriemi, které se tak budou moci dobíjet i během jízdy na části trasy. Vzhledem k cenám a životnosti trakčních baterií se z dlouhodobého hlediska jeví výhodnější vybudování potřebné infrastruktury v celém úseku *Goethova - Sídliště Košutka*. Zavedení linky 19 u této varianty dojde k úplné náhradě autobusových linek 33 a 40.



Obrázek 8 Schéma linkového vedení varianty C

Zdroj: autor

Linka 15 je ve variantě C ukončena ve směru z *Lobez* opět polookružně a to ulicemi *Lobezská*, *Železniční*, *U Trati* a *Prokopova* k *Mrakodrapu* a dále po své současné trase do *Lobez*.

Linky 12, 13 a 18 se opět nemění a jejich provoz zůstává totožný jako v současnosti.

2.5 Stanovení potřebného počtu vozidel

Na nově navrhovaných linkách je u jednotlivých variant linkového vedení vypočten potřebný počet vozidel k zajištění provozu linky. Interval na linkách je převzat ze současných linek, protože veškeré navržené změny vychází z již zavedených linek. Stejně tak jsou použity současné již známé jízdní doby mezi jednotlivými zastávkami. Hlavním důvodem pro výpočet potřebných vozidel je zjištění zda je k dispozici dostatečný počet trolejbusů s pomocným pohonem pro zajištění provozu na linkách obsluhující i úseky bez trolejového vedení. Pokud bychom počítali nové linky bez známých údajů využilo by se následujících dvou vzorců.

Výpočty byly provedeny za využití aplikace MS Excel a výsledné počty vozidel jsou v jednotlivých tabulkách u každé varianty navrženého linkového vedení.

Potřebný počet souprav n :

$$|n| \approx \left\lceil \frac{2 \cdot L \cdot 60}{V_o \cdot i \cdot K} \right\rceil \quad [\text{vozidla}] \quad (1)$$

kde: n potřebný počet souprav (vozidel) [soupravy (vozidla)],

L délka linky [km],

V_o oběžná rychlost [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$],

i velikost periody (intervalu) na lince [min],

K koeficient správkového stavu [-]:

$$K \leq 1 \text{ (podíl počtu provozuschopných souprav k celkovému počtu souprav)}. \quad (15)$$

Doba oběhu osobních dopravních prostředků:

$$T_{\text{soupr}} = \frac{L^I}{v_u^I} + \frac{L^{II}}{v_u^{II}} + t_{ob} + t_d \quad [\text{h}] \quad (2)$$

kde: L délky úseku v lichém (I) a sudém (II) směru [km],

v_u úsekové rychlosti v lichém (I) a sudém (II) směru [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$],

t_{ob} doba obratu [h],

t_d doba pobytu ve výchozím místě / domovské stanici/ [h];

snadno lze potom určit i oběžnou rychlost. (15)

My však většinu potřebných údajů máme k dispozici, proto můžeme použít následující zjednodušený vzorec:

$$|n| \approx \left\lceil \frac{t_j^I + t_j^{II} + t_{ob} + t_d}{i} \right\rceil \quad [\text{vozidla}] \quad (3)$$

kde: n potřebný počet vozidel [vozidla],

t_j jízdní doba v lichém (I) a sudém (II) směru [min],

t_{ob} doba pobytu v konečné zastávce [min],

t_d doba pobytu ve výchozí zastávce [min],

i velikost intervalu na lince [min].

V záhlavích následujících tabulek jednotlivých návrhů jsou využity uvedené veličiny, které jsou částečně již obsaženy ve vzorcích a několik dalších:

i_s velikost intervalu ve špičkách pracovních dnů [min],

i_s velikost intervalu v dopoledním sedle pracovních dnů [min],

- i_v velikost intervalu v nepracovní dny [min],
- n_ξ potřebný počet vozidel ve špičkách pracovních dnů [vozidla],
- n_s potřebný počet vozidel v dopoledním sedle pracovních dnů [vozidla],
- n_v potřebný počet vozidel v nepracovní dny [vozidla].

2.5.1 Počet vozidel u varianty A

U první varianty linkového vedení jsou počty trolejbusů na linkách 12, 13 a 18 převzaty ze současného stavu, viz Tabulka 1. U linky 16 je k počtu vozidel, který najdeme také v Tabulce 1, připočten navíc počet trolejbusů s pomocným pohonem pro obsluhu spojů do *Bukovce*. Počty nasazených trolejbusů na linkách, u kterých došlo ke změnám v této variantě zachycuje Tabulka 4. Linka 10 je v této tabulce rozdělena do třech řádků. V první řádce jsou údaje ke spojům, jezdícím v celé trase *Borská pole - Černice*, které jedou pouze ve špičkách pracovních dnů. Ve druhém řádku je situace v dopoledním sedle pracovní dnů, kdy linka končí v obratišti *Čechurov*. Třetí řádek určuje potřebný počet trolejbusů vybavených pomocným pohonem nutných pro spoje trasované do *Hradiště*. Zároveň však je tento počet již zahrnut i v předešlých dvou řádcích, proto do celkového počtu není počítán.

Tabulka 4 Počet trolejbusů na linkách u varianty A

Linka a úsek	t_j^I	t_j^{II}	t_{ob}	t_d	i_ξ	i_s	i_v	n_ξ	n_s	n_v
10 <i>Borská pole - Černice</i>	30	32	12	10	12	-	-	7	-	-
10 <i>Borská pole - Čechurov</i>	25	27	20	5	-	15	-	-	6	-
10 <i>Borská pole - Hradiště</i>	25	27	3	5	60	60	-	1	1	-
11 <i>Mrakodrap - Ústřední hřbitov</i>	15	13	0	17	15	15	15	3	3	3
14 <i>Sídl. Bory - Sídl. Košutka</i>	32	32	5	20	30	60	60	3	2	2
15 <i>Borská p./N. Hospoda - Lobzy</i>	30	32	5	12	10	15	15	8	6	6
16 <i>Sídl. Bory - Bukovec</i>	36	40	4	10	60	30	90	3	2	1
19 <i>Borská pole - Hlavní nádraží</i>	21	21	5	10	15	-	-	4	-	-

Zdroj: autor s využitím (14)

Celkový potřebný počet vozidel je 46 v sólo provedení a 25 článkových trolejbusů. Pro zajištění provozu linek se spoji jezdícími i mimo trolejové vedení je potřebný počet 16 sólo a 3 článkové trolejbusy s pomocným pohonem, nejlépe s trakčními bateriemi. Jde o jeden kurz na lince 10, čtyři na lince 12, osm na lince 13, tři na lince 14 a tři článkové na lince 16.

2.5.2 Počet vozidel u varianty B

Druhá varianta počítá se zachováním současného provozu, a tedy i počtu vozidel, na linkách 12, 13 a 18 (viz Tabulka 1). V Tabulce 5 jsou vypočteny potřebné počty vozidel na ostatních v této variantě změněných nebo navržených linkách. Opět u linky 10 platí použití třech řádků jako v kapitole 2.5.1.

Tabulka 5 Počet trolejbusů na linkách u varianty B

Linka a úsek	t_j^I	t_j^{II}	t_{ob}	t_d	i_s	i_s	i_v	n_s	n_s	n_v
10 Černice - Tylova - Černice	24	24	0	15	12	-	-	6	-	-
10 Čechurov - Tylova - Čechurov	19	18	0	15	-	15	-	-	4	-
10 Hradiště - Tylova - Hradiště	19	19	0	5	60	60	-	1	1	-
11 Ú. hřbitov - Tylova - Ú. hřbitov	19	19	0	17	15	15	15	4	4	4
14 Sídl. Bory - Hlavní nádraží	18	19	5	18	30	60	-	2	1	-
15 Lobzy - Hlavní nádraží - Lobzy	9	9	0	18	12	15	15	3	3	3
16 Sídl. Bory - Doubravka	33	30	15	4	12	15	15	7	6	6
17 B. pole/N. Hospoda - Doubravka	35	36	12	5	12	15	15	8	6	6
19 Sídl. Bory - FN Lochotín	28	29	5	15	12	15	15	7	6	6
22 Borská pole - Slovany	22	21	12	5	6	-	-	10	-	-
39 Borská pole - Hlavní nádraží	21	21	5	10	15	-	-	4	-	-

Zdroj: autor s využitím (14)

U varianty B je k zajištění provozu na všech linkách potřeba 50 sólo trolejbusů a 27 článkových trolejbusů. Z tohoto počtu musí být 23 sólo a 7 článkových s pomocným pohonem. Těmito vozy jsou obsazeny jeden kurz na lince 10, čtyři na lince 12, osm na lince 13, deset na lince 22 a sedm článkových vozů na lince 19.

2.5.3 Počet vozidel u varianty C

Ve třetí variantě zůstává neměnné trasování a počty nasazených vozidel na linkách 12, 13 a 18 (viz Tabulka 1). Zároveň tyto údaje u linek 10, 11, 16, 17, 22 a 39 jsou shodné s variantou B a u linky 14 s variantou A. Počty vozidel těchto a dalších změněných nebo navržených linek jsou uvedeny v Tabulce 6.

Tabulka 6 Počet trolejbusů na linkách u varianty C

Linka a úsek	t_j^I	t_j^{II}	t_{ob}	t_d	i_g	i_s	i_v	n_g	n_s	n_v
10 Černice - Tylova - Černice	24	24	0	15	12	-	-	6	-	-
10 Čechurov - Tylova - Čechurov	19	18	0	15	-	15	-	-	4	-
10 Hradiště - Tylova - Hradiště	19	19	0	5	60	60	-	1	1	-
11 Ú. hřbitov - Tylova - Ú. hřbitov	19	19	0	17	15	15	15	4	4	4
14 Sídl. Bory - Sídl. Košutka	32	32	5	20	30	60	60	3	2	2
15 Lobzy - Železniční - Lobzy	10	16	0	15	12	15	15	4	3	3
16 Sídl. Bory - Doubravka	33	30	15	4	12	15	15	7	6	6
17 B. pole/N. Hospoda - Doubravka	35	36	12	5	12	15	15	8	6	6
19 Sídl. Bory - FN Lochotín - Sídl. Košutka	39	40	10	15	12	15	15	9	7	7
22 Borská pole - Slovany	22	21	12	5	6	-	-	10	-	-
39 Borská pole - Hlavní nádraží	21	21	5	10	15	-	-	4	-	-

Zdroj: autor s využitím (14)

Varianta C počítá s nasazením 52 sólo a 28 článkových trolejbusů, z toho je 26 sólo a 9 článkových s pomocným pohonem. Trolejbusy s trakčními bateriemi (dieselagregátem) jsou obsazeny kurzy: jeden na lince 10, čtyři na lince 12, osm na lince 13, tři na lince 14, devět článkových na lince 19 a deset sólo na lince 22.

3 Vyhodnocení návrhů variant

V této kapitole jsou shrnuty nejpodstatnější klady a zápory u všech tří variant navrženého linkového vedení. Dále jsou zde uvedeny požadavky na straně vozového parku k zajištění provozu navrženého linkového vedení.

3.1 Vyhodnocení varianty A

První varianta navrhuje elektrifikaci tří autobusových linek a část spojů na čtvrté autobusové lince, což je patrné v Tabulce 7, ve které jsou vypsány i další výhody plynoucí z realizace této varianty. K realizaci této varianty není nutná žádná výstavba trolejové infrastruktury. Kvůli zajištění provozu na trolejbusových linkách varianty A se zvýší vypravenost vozidel celkem o 4 trolejbusy více oproti současnému stavu. Jedná se o 3 sólo a 1 článkový trolejbus. Teoreticky jsou současné počty trolejbusů ve vozovém parku PMDP dostačující k obsazení všech kurzů této varianty. Avšak prakticky bude záložní počet článkových vozidel nedostačující, a tak by se občas stala nutná náhrada článkového sólo trolejbusem.

Tabulka 7 Shrnutí výhod varianty A

Vyhodnocení návrhu - varianta A
Silné stránky návrhu
Linka 10 - náhrada autobusové linky 22
Linka 10 - prodloužení na <i>Borská pole</i>
Linka 10 - náhrada autobusové linky 31
Linka 10 - integrace spojů linky 31
Linka 10 - prodloužení do <i>Hradiště</i>
Linka 11 - odstranění nedostatečně využitých spojů v úseku <i>Mrakodrap - CAN</i>
Linka 11 - úspora vozidla a řidiče
Linka 14 - náhrada autobusové linky 27
Linka 14 - prodloužení na <i>Sídliště Košutka</i>
Linka 14 - nabídka spojů i v nepracovních dnech
Linka 14 - sloučením linek úspora vozidla a řidiče
Linka 16 - částečná náhrada autobusové linky 28
Linka 16 - prodloužení vybraných spojů do <i>Bukovce</i>
Linka 19 - přehlednější označení posilových spojů na <i>Borská pole</i>

Zdroj: autor

V případě linky 10, která nově nahradí linky 22 a 31, dojde ke zvýšení ekologičnosti městské dopravy přímým nahrazením výkonů autobusů vozidly elektrické trakce. U této varianty je cestujícím nabídnuto nové spojení průmyslové zóny na Borských polích s místními částmi, které obsluhuje linka 10 (Černice, Čechurov, Bručná, nově i Hradiště). Zároveň je navýšen počet spojů v úseku *Jižní předměstí - Borská pole*, a to prodloužením o úsek *Karlovy - Borská pole*. Současná autobusová linka 22 má konečnou zastávku *Škoda VIII. brána* již na Karlově (v docházkové vzdálenosti od zastávky *Karlovy*). Dále linka 10 uspoří nedostatečně využitě náležitosti (vozidlo a řidič) nahrazením autobusové linky 31 do *Hradiště*, kam bude zajíždět trolejbus s pomocným pohonem.

Varianta A řeší nedostatečně využitě spoje linky 11 v úseku *Mrakodrap - CAN*. Zároveň u této varianty došlo zkrácením trasy k úspoře vozidla a řidičů (ranní a odpolední směna).

Sloučením trolejbusové linky 14 a autobusové linky 27, na které se využije pomocného pohonu (výhradně trakčních baterií) trolejbusů, dojde k rozšíření ekologicky šetrného dopravního prostředku na Severní předměstí (Lochotín, Košutka). Tímto prodloužením stávající trolejbusové linky se zvýší její atraktivita díky nově tranzitnímu trasování přes centrum (sloučení dvou radiálních linek) a rozšíření provozu i na nepracovní dny. Snížení náležitostí (vozidlo + řidič) vyplývá také ze sloučení dvou linek.

Nová výstavba v oblasti Bukovce klade nové požadavky na spojení v tomto radiálním směru a tudíž linka 16 dle této varianty návrhu pokládá základy pro zajištění kvalitního a kapacitního spojení s centrem města. Zároveň je nabídnuto nové přímé spojení s železniční stanicí, což stávající linka 28 neumožňuje. Taktéž toto řešení zvýší podíl ekologicky šetrné elektrické trakce bez investic na straně infrastruktury. Souhrnný počet spojů v relaci Bukovec - centrum města zůstává nezměněn.

Spoje linky 19 jsou u této varianty pouze formálně přeznačené spoje linky 15 vedené ve zkrácené trase *Hlavní nádraží / Mrakodrap - Borská pole*.

Případná realizace varianty A s sebou nese i několik negativních dopadů především pro cestující, ale také pro dopravce. Tyto nevýhody jsou shrnuty v Tabulce 8.

Tabulka 8 Shrnutí nevýhod varianty A

Vyhodnocení návrhu - varianta A
Slabé stránky návrhu
Linka 10 - snížení počtu spojů do stávající konečné <i>Čechurov/Černice</i> ve prospěch <i>Hradiště</i>
Linka 10 - nevýhody spojení s větvením linky
Linka 10 - zhoršení dostupnosti centra
Linka 11 - nutnost přestupu při jízdě z <i>Ústředního hřbitova</i> na <i>CAN</i>
Linka 11 - nemožnost přestupu z linky na tramvajovou linku 4 v zastávce <i>U Práce</i>
Linka 14 - částečné navýšení vozokilometrů v nepracovních dnech v úseku <i>Mrakodrap - Sídlíště Bory</i>
Linka 16 - zvýšená potřeba článkových vozidel s pomocným pohonem
Linka 22 - zrušení spojení <i>Slovany - Nemocnice Bory - Dobrovského - Jižní předměstí</i>

Zdroj: autor

Na druhou stranu trasováním linky 10, která nahradila autobusovou linku 22, ulicí U Trati zanikne přímé spojení ze Slovan přes zastávku *Nemocnice Bory* na *Jižní předměstí*. To je však je v současnosti realizováno pouze ve špičkách pracovních dnů linkou 22, která v této variantě zcela zanikne. Zavedením vybraných spojů do Hradiště bude o tyto spoje snížen jejich počet do konečných zastávek *Čechurov* potažmo *Černice*. Kvůli tomu bude zhoršena orientace cestujících v jízdním řádu a u označení jednotlivých spojů.

Negativním dopadem u linky 11 je nezajištění přestupu na tramvajovou linku 4 z důvodu neobsluhování úseku *Mrakodrap - U Práce*, který je součástí úseku *Mrakodrap - CAN*. Dále jsou cestující z oblasti *Ústředního hřbitova* a *Letné* nuceni přestupovat v případě cesty na *CAN*.

Jistou nevýhodou se může jevit navýšení počtu spojů ve stávajícím úseku linky 14, jelikož vzroste počet vozokilometrů a rovněž tím provozní náklady. Zde je však nutno podotknout, že představený návrh upřednostňuje zvýšení kvality městské dopravy v Plzni před ekonomickými výsledky.

3.2 Vyhodnocení varianty B

U druhé varianty jsou čistě do elektrické trakce převedeny dvě autobusové linky. U dalších dvou je tomu tak pouze částečně. Tato varianta vyžaduje pouze drobné úpravy trolejové infrastruktury. Konkrétně jde o doplnění směrových trolejových oblouků z ulice

U Trati do ulice Prokopovy a opačně. Toto je možné realizovat pouze zrušením trolejových oblouků z ulice U Trati do ulice Doudlevecké, které jsou v běžném provozu téměř nevyužívané. Úprava křižovatky by zároveň umožnila případné odklony dalších linek při neprůjezdnosti ulice Americká v úseku *Tylova - Mrakodrap*. Druhá vyvolaná investice je napojení smyčky *Slovany* na náměstí Milady Horákové do ulice Malostranská, tedy z opačného směru než je tomu dnes. Všechny klady varianty B jsou uvedeny v Tabulce 9.

V oblasti vozového parku dojde k nárůstu vypravených vozidel o 7 sólo a 3 článkové trolejbusy. Proto by muselo bezpodmínečně dojít k navýšení počtů vozidel trolejbusové trakce ve vozovém parku PMDP, zejména článkových.

Tabulka 9 Shrnutí výhod varianty B

Vyhodnocení návrhu - varianta B
Silné stránky návrhu
Linka 10 - náhrada autobusové linky 31
Linka 10 - prodloužení do <i>Hradiště</i>
Linka 10 - integrace spojů linky 31
Linka 11 - odstranění nedostatečně využitých spojů v úseku <i>U Práce - CAN</i>
Linka 11 - nabídka nového spojení širším centrem města
Linka 11 - využití dnes nevyužívaných trolejových tras
Linka 14 - prodloužení na <i>Hlavní nádraží</i>
Linka 14 - kvalitnější doplnění linky 16 ve směru na <i>Sídlíště Bory</i>
Linka 15 - zkrácením linky úspora vozidel a řidičů
Linka 16 - zmírnění vlivu nepravidelnosti rozdělením spojů na více linek
Linka 17 - rozšíření provozu
Linka 17 - zvýšení kapacity spojů na <i>Borská pole</i>
Linka 19 - částečná náhrada autobusových linek 33 a 40
Linka 19 - nabídka nového přímého spojení
Linka 19 - zvýšení kapacity spojů v úseku <i>Muzeum - FN Lochotín</i>
Linka 22 - přímá elektrifikace linky
Linka 22 - prodloužení na <i>Borská pole</i>
Linka 39 - přehlednější označení posilových spojů na <i>Borská pole</i>

Zdroj: autor

Za využití trolejbusu s pomocným pohonem (trakčními bateriemi) bude zaveden bezemisní provoz městské dopravy do Hradiště, čímž nahradí autobusovou linku 31. Vybrané spoje linky 10, které budou zajíždět do této lokality, tak nabídnou cestujícím nové přímé spojení s centrem města bez přestupu. Zároveň dojde k odstranění zbytečných prostojů vozidla linky 31 na *Slovanech* a tím i k lepšímu využití vozidla i řidiče.

U linky 11 je polookružním vedením skrz centrum města vyřešen problém s nedostatečně kapacitně využitými spoji na *CAN*. Oproti variantě A zůstává u této varianty zachován přestup v zastávce *U Práce* na tramvajovou linku 4. Dále jsou linkou využity dnes v pravidelném provozu nepoužívané trolejové trasy v ulicích *Borská* a *U Trati* (protisměrné oproti současnému ukončení linky 10).

Ukončením v terminálu *Hlavní nádraží* se zvýší potenciál využití linky 14. Vhodně tak nabízí alternativu k lince 16 pro cestující směřující do zastávek na borském sídlišti.

Zkrácením linky 15 k *Hlavnímu nádraží* a jejím polookružním zakončením dojde k úsporám na straně vozidel i řidičů. Z kratší trasy vyplývá snížení rizika nepravidelnosti v dodržování jízdních řádů.

Přesunutím poloviny spojů linky 16 a jejich rozdělením k linkám 17 a 19 dojde k odstranění efektu sjíždění vozidel téže linky v jednom směru, ke kterému dnes často dochází kvůli nepravidelnostem v provozu. Díky výraznému rozšíření provozu linky 17, která v úseku *Doubravka - Jižní předměstí* doplní spoje linky 16, se navýší potřebná kapacita spojů na *Borská pole*.

Nově zavedenou linkou 19 bude elektrifikován provoz linek 33/40 v úseku *Muzeum - FN Lochotín*. To při nulových investičních nákladech zvýší podíl elektrické bezemisní trakce do této části města. Předpoklad je nasazení trolejbusů pouze s trakčními bateriemi, protože varianta B nepočítá s výstavbou trolejového vedení v tomto úseku. Tato linka nabídne cestujícím nové přímé spojení z oblasti *Bor* a *Jižního předměstí* s *FN Lochotín*, přičemž dojde nasazením článkových trolejbusů k navýšení kapacity spojů v úseku původně obsluhovaného sólo autobusy linek 33 a 40.

Varianta B lépe řeší elektrifikaci autobusové linky 22, kdy oproti první variantě je zachováno původní trasování linky mezi zastávkami *Doudlevec ETZ* a *Jižní předměstí*. Prodloužením ze zastávky *Karlov* až na končenou zastávku *Borská pole* je navýšen počet spojů

v úseku *Jižní předměstí - Borská pole*, což také zvýší kapacitu do této průmyslové zóny a zároveň nabídne nové přímé spojení.

Linkou 39 je docíleno k přehlednějšímu označení původních vložených spojů linky 15 v úseku *Hlavní nádraží / Mrakodrap - Borská pole*.

Negativní vlivy varianty B jsou shrnuty v Tabulce 10.)

Tabulka 10 Shrnutí nevýhod varianty B

Vyhodnocení návrhu - varianta B
Slabé stránky návrhu
Linka 10 - snížení počtu spojů do stávající konečné <i>Čechurov/Černice</i> ve prospěch <i>Hradiště</i>
Linka 10 - nevýhody spojení s větvením linky
Linka 11 - nutnost přestupu při jízdě z <i>Ústředního hřbitova</i> na <i>CAN</i>
Linka 11 - úprava trolejové křižovatky U Trati / Prokopova
Linka 15 - zhoršení dostupnosti centra
Linka 15 - nemožnost přestupu na tramvajovou linku 4 v zastávce <i>U Práce</i>
Linka 16 - snížení počtu spojů
Linka 19 - zvýšená potřeba článkových vozidel s pomocným pohonem
Linka 22 - úprava trolejového napojení smyčky <i>Slovany</i>
Linky 33 a 40 - výrazné omezení přímých spojů <i>Muzeum - Sídlíště Košutka</i>

Zdroj: autor

Druhá stránka zavedení ukončení vybraných spojů linky 10 v *Hradišti* je úbytek spojů na zbývajících tasech do *Černic*, ale i těch ukončených v nácestné smyčce *Čechurov*. Což zhorší přehlednost jízdního řádu této linky.

Nové ukončení linky 11 v centru zhorší dostupnost *CAN* pro cestující využívající v současnosti této linky. Nově budou muset přestoupit na linku 12. Zároveň toto řešení je možné realizovat pouze za předpokladu úpravy trolejového vedení na křižovatce ulic U Trati a Prokopova, kde musí dojít k vybudování odbočným trolejových oblouků v tomto směru.

Nevýhodou zkrácení linky 15 je zhoršení dostupnosti centra města Plzně a tedy nutnost přestupu na jinou linku. Ale také znemožnění přestupu v zastávce *U Práce* na tramvajovou linku 4.

U linky 16 je negativním aspektem snížení počtu spojů ve prospěch jiných linek a tím úbytek přímých spojů v její trase. To sníží atraktivnost linky pro cestující.

Vybudování trolejového napojení smyčky *Slovany* ve směru od Doudlevec si vyžádá zavedení provozu trolejbusů na lince 22.

U linek 33 a 40, které budou z části nahrazeny trolejbusovou linkou 19 bude zaveden garantovaný přestup na *FN Lochotín* u většiny spojů. Přímé spoje v úseku *Muzeum - Sídliště Košutka* budou provozovány pouze ve špičkách pracovních dnů.

3.3 Vyhodnocení varianty C

Třetí varianta navrhuje nahradit celkem 5 autobusových linek ekologičtějšími trolejbusy. Což už se neobejde bez investic do rozvoje trolejbusové infrastruktury i vozidlového parku.

Zásadní pro tuto variantu je výstavba trolejbusové tratě na části trasy od *Muzea* na *Sídliště Košutka*. Nabízí se dva možné úseky, jak tuto výstavbu realizovat. První možností je výstavba trolejbusové tratě v úseku mezi zastávkami *Otýlie Beniškové* a *FN Lochotín*, potom by na trase linky 19 byly dva úseky bez trolejového vedení a to *Goethova - Otýlie Beniškové* a *FN Lochotín - Sídliště Košutka*. Délka zatrolejovaného úseku činí v tomto případě 2,4 km. Druhou možností je stavba trolejbusové tratě v úseku *FN Lochotín - Sídliště Košutka*, který má délku 3,6 km, čímž by byl pouze jeden úsek bez trolejového vedení, konkrétně mezi zastávkami *Goethova* a *FN Lochotín*. U této možnosti by trolejovou infrastrukturu ve smyčce *Sídliště Košutka* využívaly i trolejbusy linky 14 k dobíjení trakčních baterií.

Počet vozidel k obsazení všech linek u varianty C se zvýší o 9 sólo a 4 článkové trolejbusy oproti současným počtům. Výprava trolejbusů s pomocným pohonem bude činit o 14 sólo a 9 článkových více, proto by musel být jejich početní stav navýšen.

Pozitivní přínosy realizace této varianty jsou shrnuty v Tabulce 11.

Tabulka 11 Shrnutí výhod varianty C

Vyhodnocení návrhu - varianta C
Silné stránky návrhu
Linka 10 - náhrada autobusové linky 31
Linka 10 - prodloužení do Hradiště
Linka 10 - integrace spojů linky 31
Linka 11 - odstranění nedostatečně využitých spojů v úseku <i>U Práce - CAN</i>
Linka 11 - nabídka nového spojení širším centrem města
Linka 11 - využití dnes nevyužívaných trolejových tras
Linka 14 - náhrada autobusové linky 27
Linka 14 - prodloužení na <i>Sídliště Košutka</i>
Linka 14 - nabídka spojů i v nepracovních dnech
Linka 14 - sloučením linek úspora vozidla a řidiče
Linka 15 - zkrácením linky úspora vozidel a řidičů
Linka 15 - sjednocení části trasy s linkou 11
Linka 16 - zmírnění vlivu nepravidelnosti rozdělením spojů na více linek
Linka 17 - rozšíření provozu
Linka 17 - zvýšení kapacity spojů na Borská pole
Linka 19 - náhrada autobusových linek 33 a 40
Linka 19 - nabídka nového přímého spojení
Linka 19 - zvýšení kapacity spojů v úseku <i>Muzeum - Sídliště Košutka</i>
Linka 22 - přímá elektrifikace linky
Linka 22 - prodloužení na Borská pole
Linka 39 - přehlednější označení posilových spojů na Borská pole

Zdroj: autor

Tato varianta uvažuje stejné změny na linkách 10, 11, 16, 17, 22 a 39 jako varianta B. Proto jsou silné i slabé stránky u těchto linek shodné. Viz kapitola 3.2. Změny na lince 14 (sloučení s autobusovou linkou 27) jsou naopak převzaty z varianty A, viz kapitola 3.1.

Oproti předchozím dvěma variantám je odlišným ukončením linky 15 v centru města docíleno úspory vozidel a řidičů na této lince. Velkým přínosem pro cestující je sjednocení tras linek 11 a 15 mezi zastávkami *Prokopova* a *Pietas (U Pietasu)*. Vhodným proložením spojů obou linek v tomto úseku získají obyvatelé sídliště Letná atraktivní dopravní spojení.

Zavedením provozu linky 19 v celé trase až na Košutku se výrazně rozšíří bezemisní provoz MHD v severním předměstí Plzně. Nahrazeny jsou dvě autobusové linky čísel 33 a 40. Zároveň je cestujícím nabídnuto nové kapacitnější spojení skrz centrum města.

I z třetí varianty plynou určité nevýhody, jejich výčet je v Tabulce 12.

Tabulka 12 Shrnutí nevýhod varianty C

Vyhodnocení návrhu - varianta C
Slabé stránky návrhu
Linka 10 - snížení počtu spojů do stávající konečné <i>Čechurov/Černice</i> ve prospěch <i>Hradiště</i>
Linka 10 - nevýhody spojení s větvením linky
Linka 11 - nutnost přestupu při jízdě z <i>Ústředního hřbitova</i> na <i>CAN</i>
Linka 11 - úprava trolejové křižovatky U Trati / Prokopova
Linka 15 - nemožnost přestupu na tramvajovou linku 4 v zastávce <i>U Práce</i>
Linka 15 - doplnění trolejového oblouku ve směru od <i>Železniční ulice</i> vpravo do Prokopovy
Linka 16 - snížení počtu spojů
Linka 19 - náklady na stavbu trolejbusové trati
Linka 19 - zvýšená potřeba článkových vozidel s pomocným pohonem
Linka 22 - úprava trolejového napojení smyčky <i>Slovany</i>

Zdroj: autor

Záporným hlediskem u linky 15 je neobsluhování zastávky *U Práce* a tudíž nemožnost přestupu na tramvajovou linku 4. Tato varianta zakončení linky vyžaduje instalaci trolejového odbočení ve směru od *Železniční ulice* vpravo do ulice Prokopovy. To je možné pouhým vložením do současné trolejové křižovatky U Trati / Prokopova bez vlivu na ostatní směry.

Na stavbu byt' jen části trolejbusové trati ve směru *Goethova - Sídlíště Košutka* musí být vynaloženo nemalých finančních nákladů. Tuto negativní stránku vyvažuje několik silných stránek plynoucích z realizace této trati, viz výše.

3.4 Závěrečné vyhodnocení

Vyhodnocení jednotlivých návrhů provozu je zpracováno za pomoci údajů, které byly obdrženy od Plzeňských městských dopravních podniků. Stěžejními údaji jsou souhrnné nákladové sazby pro vozidla elektrické trakce, tedy trolejbusy a pro vozidla motorové trakce, tedy autobusy. Obě sazby obsahují průměrné náklady na provoz vozidel jednotlivých řad. Sazby tedy odrážejí náklady na provozu současného vozidlového parku společnosti. Náklady

provozu jednotlivých variant jsou zpracovány pro typický pracovní den v týdnu, bez vlivu krátkodobých výluk a jiných provozních omezení. Tabulky obsahující výpočty jsou uvedeny v Příloze C. V následující Tabulce 13 jsou uvedeny pouze celkové náklady jednotlivých variant. Výpočet ekonomických nákladů je založen na vynásobení délek úseků příslušných linek na kterých by měla být zavedena trolejbusová doprava, resp. zastavena doprava autobusová s počty spojů, které by měly být příslušnými úseky vedeny v obou směrech za celý den. Následně byly tyto vozové kilometry vynásobeny příslušnou sazbou dle trakce. Nákladová sazba pro trolejbusy činí 52,7 Kč/vzkm. U autobusů činí nákladová sazba 44,2 Kč/vzkm. Celkové náklady provozu níže uvedené tedy vypovídají o rozdílu oproti ponechání současného stavu linkového vedení a provozních parametrů linek. (16)

Tabulka 13 Celkové náklady jednotlivých variant

Varianta	Celkové náklady provozu dle varianty v prac. den [Kč]
A	-19 402
B	41 519
C	-13 062

Zdroj: autor s využitím (16)

Z uvedené tabulky plyne, že varianta A v případě jejího zavedení přinese úsporu nákladů ve výši 19 402 Kč. Zde je nutno poznamenat, že se jedná o variantu, která přináší oproti ostatním variantám nejmenší změny do linkového vedení.

V případě varianty B činí navýšení celkových nákladů na jeden den provozu 41 519 Kč. Jedná se o variantu, u které dochází k zásadnějším změnám linkového vedení a částečně provozních parametrů linek, což se bohužel projevuje nárůstem nákladů.

Varianta C přináší nejen v porovnání s variantou A zásadnější změny linkového vedení a provozních parametrů, ale rovněž výstavbu trolejbusových tratí. U varianty C je tedy třeba vzít do úvahy finanční náklady na výstavbu trolejbusové trati v úseku *FN Lochotín – Sídliště Košutka*. Uvažováno je s cenou výstavby trolejbusové tratě 30 milionů Kč, která zahrnuje i stavbu napájecí infrastruktury. Tato trať o délce 3,6 km vychází na 108 milionů Kč. Zavedení varianty C znamená úsporu 13 062 Kč za jeden pracovní den provozu.

Lze konstatovat, že zavedením libovolné z navrhovaných variant dojde z ekologického hlediska a hlediska cestujících, k zlepšení systému městské hromadné dopravy v Plzni. V případě uplatnění ekonomického pohledu na věc je nejvýhodnější varianta A. Varianta B

je progresivnější oproti variantě A, co se týče změn systému dopravy, ale je také variantou nejvíce provozně-ekonomicky náročnou. Jestliže je však uplatněn celkový pohled na problematiku s důrazem na budoucnost, jeví se jako nejvýhodnější varianta C.

Závěr

Autor si v úvodu této práce stanovil za cíl analyzovat současnou trolejbusovou dopravu na území města Plzně, uvést její nedostatky a nastínit možnosti jejího rozšíření včetně vyhodnocení dopadů.

Analýza trolejbusové dopravy v Plzni obsahující dotčené oblasti autobusové dopravy a také tramvajové dopravy je uvedena v první části práce. Jako podklad pro návrhovou část diplomové práce je na konci této kapitoly umístěno shrnutí nejzávažnějších problémů a nedostatků stávajícího trolejbusového provozu v Plzni.

Druhá část práce se zabývá možnostmi úpravy, resp. rozšířením trolejbusové dopravy v plzeňské MHD. Přestože teoretických možností je celá řada, od stavby nových trolejbusových tratí až po využití trolejbusů s pomocným pohonem, návrhy v podobě jednotlivých variant úprav jsou zpracovány, tak aby zohledňovaly možnosti reálné. V práci je navrženo odstranění výše zmíněných nedostatků a v několika variantách navrženo nové linkové vedení.

V závěrečné části práce jsou vyhodnoceny jednak přednosti a nedostatky navrhovaných variant linkového vedení z hledisek provozu, zlepšení služeb cestujícím a zlepšení ekologičnosti provozu městské hromadné dopravy a jednak je provedeno ekonomické vyhodnocení jednotlivých variant.

Ústřední cíl práce, stanovený v úvodní části byl dle autora práce splněn.

Seznam použitých informačních zdrojů

- (1) PMDP. *Výroční zpráva PMDP 2016*.
- (2) *Mapa MHD* [online]. [cit. 2017-12-23]. Dostupné z: <http://www.pmdp.cz/mapa-mhd/>
- (3) *Jízdní řády PMDP* [online]. [cit. 2017-12-23]. Dostupné z: <http://jizdnirady.pmdp.cz/LinesList.aspx>
- (4) *IDOS - Výkony* [online]. [cit. 2017-12-23]. Dostupné z: <http://vykony.idos.cz/Login.aspx>
- (5) Autorovo pozorování při výkonu služby řidiče trolejbusu u PMDP
- (6) Osobní konzultace s vedoucím dopravního oddělení PMDP. Ing. Jiřím Kohoutem, Ph. D. Téma: *Možnosti rozšíření trolejbusové dopravy v Plzni*
- (7) JEŽEK, Petr. *Test elektrobusů v Plzni končí, sbíraly data o pohonu budoucnosti* [online]. [cit. 2017-12-23]. Dostupné z: https://plzen.idnes.cz/elektrobusy-testovaci-provoz-de5-/plzen-zpravy.aspx?c=A170531_085152_plzen-zpravy_pp
- (8) Interní materiály PMDP: *Obsluha fakultní nemocnice Lochotín*
- (9) HOLUB, Ladislav, Petr VYCHODIL a Jiří ČERMÁK. *Atlas trolejbusů*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1986.
- (10) Osobní konzultace s vedoucím středisek vrchního vedení a měření DP Pardubice. Ing. Ladislavem Podivínem
- (11) PODIVÍN, Ladislav. *50 let trolejbusové dopravy v Pardubicích*. Pardubice: Dopravní podnik města Pardubic a. s., 2002.
- (12) *Uzavírka Mikulášské ulice* [online]. [cit. 2017-12-23]. Dostupné z: <http://www.pmdp.cz/informace-o-preprave/zmeny-v-doprave/doc/uzavirka-mikulasske-ulice-pod-zeleznicznimi-mosty-od-23-1-2017-do-cca-zari-2018-odklon-linek-12-35-57-n2-a-n5-1984/trafficitem.htm>
- (13) *Doprava.unas.cz* [online]. [cit. 2017-12-23]. Dostupné z: <http://doprava.unas.cz/schemata/kolejova/cz.html>
- (14) Interní materiály PMDP: *Vozové jízdní řády*
- (15) DRDLA, Pavel. *Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu*. 2. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice Dopravní fakulta Jana Pernera, 2018
- (16) Interní materiály PMDP: *Údaje kontrolingu PMDP*

Seznam příloh

Příloha A: Síť linek MHD V Plzni

Příloha B: Nedostatky plzeňské trolejové infrastruktury

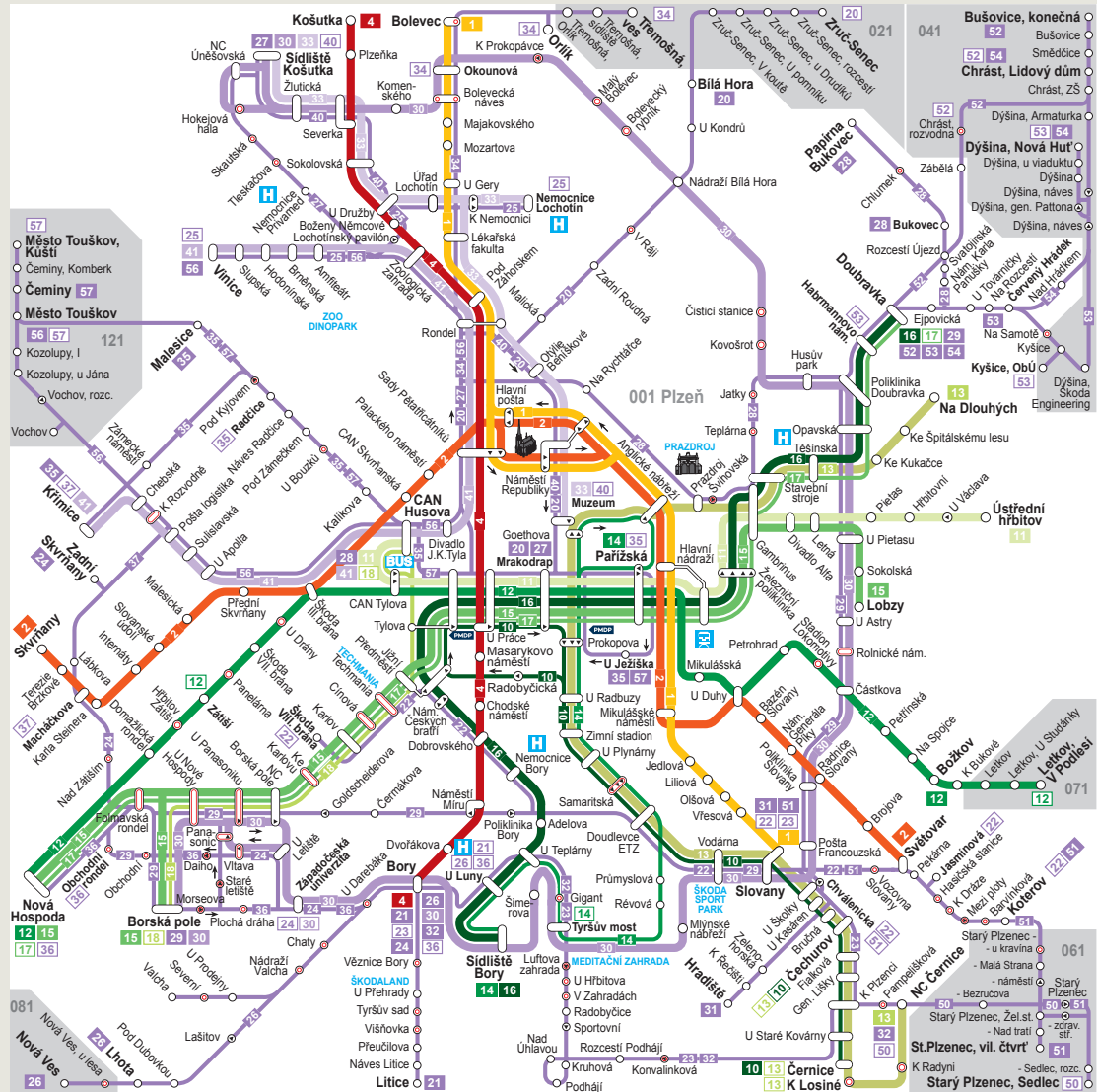
Příloha C: Ekonomické vyhodnocení nákladů jednotlivých variant

Příloha A: Síť linek MHD v Plzni

Schéma městské veřejné dopravy v Plzni Liniennetz / Public transport routes

Platnost k 1. 1. 2017

Plzeňské městské
dopravní podniky **PMDP**



Legenda / Legende / Key

Tramvaj (1,2,4) / Straßenbahn / Tram

- 1 Interval 4 - 8 (10) min.
- 2 Alle 4 - 8 (10) Minuten
- 4 Depart every 4 - 8 (10) minutes

Trolejbus (10 - 18) / Obus / Trolleybus

- 12 Interval 5 - 15 min.
- Alle 5 - 15 Minuten
- Depart every 5 - 15 minutes
- 17 Ostatní linky / Übrige Linien / Other lines

Autobus (20 - 57) / Bus / Bus

- 30 Interval 5 - 15 (30) min.
- Alle 5 - 15 (30) Minuten
- Depart every 5 - 15 (30) minutes
- 27 Ostatní linky / Übrige Linien / Other lines
- H Nemocnice / Krankenhaus / Hospital
- S Hlavní vlakové nádraží / Hauptbahnhof / Main Train Station
- BUS Centrální Autobusové nádraží (CAN) / Zentraler Omnibusbahnhof / Central Bus Station

20 34 Konečná / Endhaltestelle / Terminus

- 20 34 Zastávka / Haltestelle / Stop
- 20 34 Zastávka na znamení / Bedarfshaltestelle / Request stop
- 20 34 Zastávka v zobrazeném směru / Haltestelle nur in abgebildeter Richtung
- 20 34 Stop only in displayed direction
- 041 Tarifní zóna / Tarifzone / Tariff zone
- PMDP Zákaznické centrum PMDP / PMDP Kundenzentrum / PMDP Shop

www.pmdp.cz / infolinka: 371 655 600 (po-pá 7:00-18:00)

[facebook.com/pmdpaktualne](https://www.facebook.com/pmdpaktualne) [facebook.com/mhdplzen](https://www.facebook.com/mhdplzen) twitter.com/PMDPnews

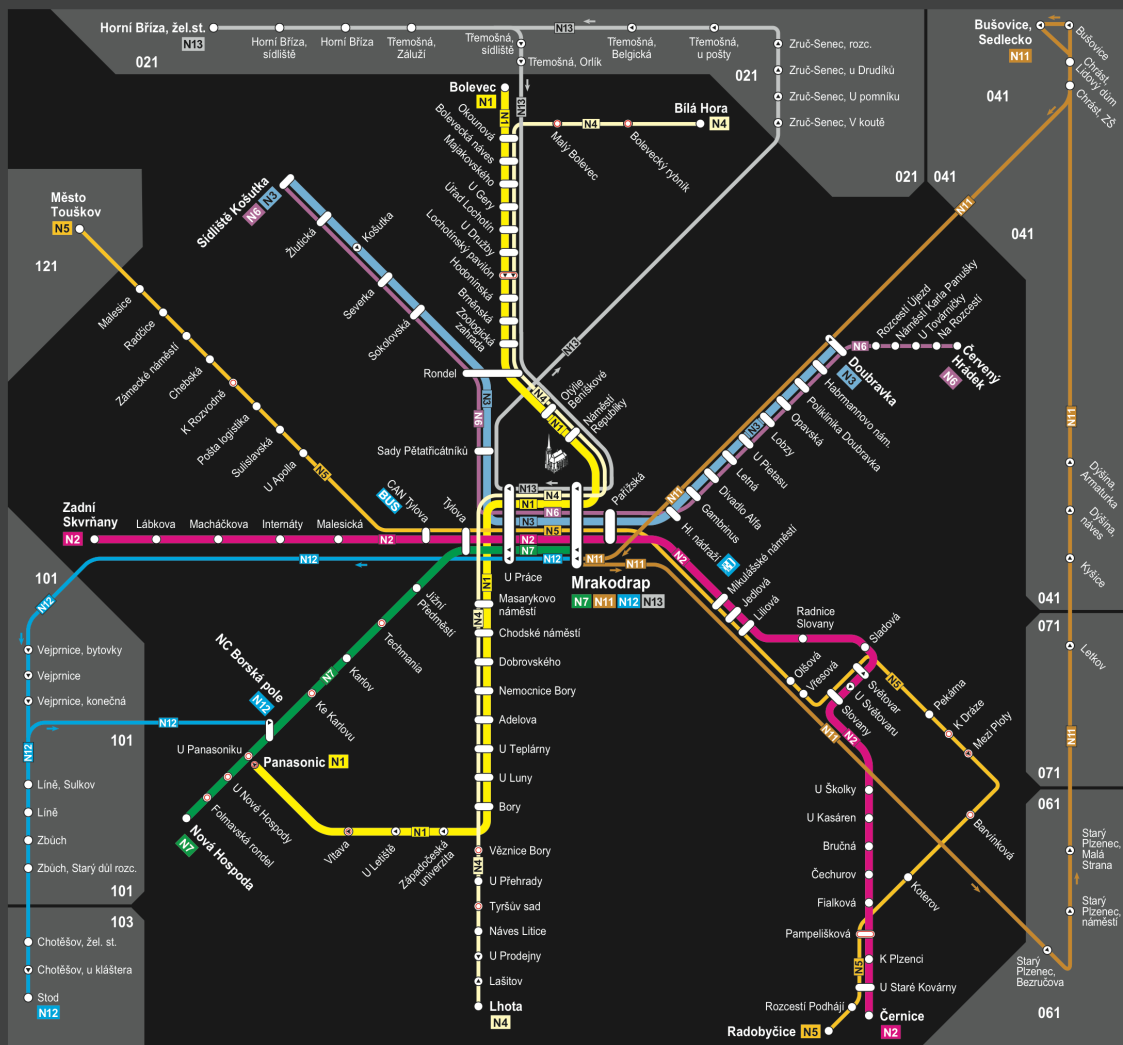
Obrázek A1 Síť denních linek MHD v Plzni

Zdroj: (2)

Schéma nočních linek městské veřejné dopravy v Plzni

Nachtliniennetz / Public transport night lines

Platnost k 1. 9. 2016



LEGENDA / LEGENDE / KEY

- N1** Provoz každý den / Täglich / Every day
- N2** Odjezdy ze zastávky Mrakodrap
- N3** Abfahrten von Mrakodrap
- N7** 0:30, 1:30, 2:30, 3:30
- N11** Provoz sobota, neděle a svátky
- N13** Nur Samstag, Sonntag und Feiertagen
- N11** Only on Saturday, Sunday and bank holiday
- N12** Odjezdy ze zastávky Mrakodrap
- N12** Abfahrten von Mrakodrap
- N12** 1:00, 2:00, 3:00

- Mrakodrap – Centrální přestupní bod**
- Mrakodrap – Zentraler Transferpunkt**
- Mrakodrap – Central transfer point**
- Zastávka / Haltestelle / Stop**
- Zastávka na znamení**
- Bedarfshaltestelle**
- Request stop**
- Zastávka v zobrazeném směru**
- Haltestelle nur in abgebildeter Richtung**
- Stop only in displayed direction**
- N2** Konečná / Endhaltestelle / Terminus

041 Tarifní zóna
Tarifzone
Tariff zone

Hlavní vlakové nádraží
Hauptbahnhof
Main Train Station

BUS Centrální autobusové nádraží (CAN)
Zentraler Omnibusbahnhof
Central Bus Station

Změny v dopravě



facebook.com/mhdplzen
twitter.com/PMDPnews

p m
d p Plzeňské městské
dopravní podniky, a.s.

www.pmdp.cz

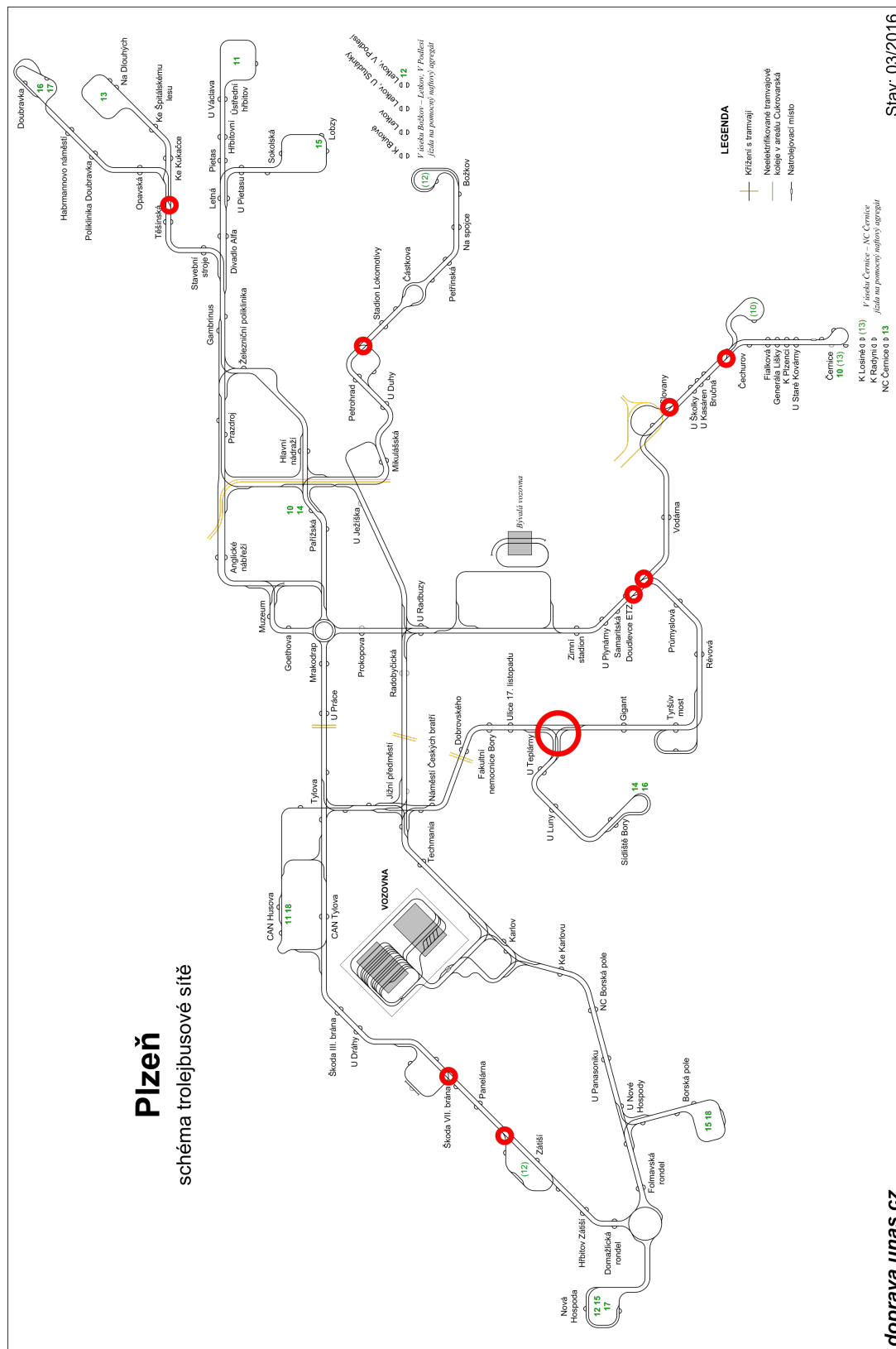
Infolinka: 378 037 485
Po-Pá 7:00-18:00



Obrázek A2 Síť nočních linek MHD v Plzni

Zdroj: (2)

Příloha B: Nedostatky plzeňské trolejové infrastruktury



Obrázek B1 Plzeňská trolejová síť s vyznačenými místy nedostatků na infrastruktuře

Zdroj: autor s využitím (13)

Příloha C: Ekonomické vyhodnocení nákladů jednotlivých variant

Tabulka C1 Ekonomické vyhodnocení nákladů varianty A

Linka a úsek	Počet spojů	Km úseku /spoj	Km úseku/všechny spoje	Náklady trolejbus /prac.den [Kč]	Náklady autobus /prac. den [Kč]	Celkové náklady linky /prac. den [Kč]
Linka 10 Slovany-Hradiště	12	1,3	16	1 644	1 379	265
Linka 10 Tylova -BP	75	3,9	293	30 830	20 933	9 896
Linka 11 Ústřední hřbitov-Mrakodrap	121	1,3	157	16 579		-16 579
Linka 14 Sídl. Bory - Sídl. Košutka	50	4,1	205	21 607	24 310	-2 703
Linka 16 Sídl. Bory - Bukovec	26	3	65	6 851	5 746	1 105
Linka 27 Mrakodrap-Sídl. Košutka	23	5,9	129		11 386	11386
Celkové náklady varianty A						-19 402

Zdroj: autor s využitím (16)

Tabulka C2 Ekonomické vyhodnocení nákladů varianty B

Linka a úsek	Počet spojů	Km úseku /spoj	Km úseku/všechny spoje	Náklady trolejbus /prac.den [Kč]	Náklady autobus /prac. den [Kč]	Celkové náklady linky /prac. den [Kč]
Linka 10 Slovany-Hradiště	12	1,3	16	1 644	1 379	265
Linka 11 ÚH-Tylova-ÚH	121	0,2	24,2	-2 551		-2 551
Linka 15 Hlavní nádraží-Lobzy	16	2,9	46,4	-4 891		-4 891
Linka 15 BP/NH – Hlavní nádraží	113	5,8	655	-69 079		-69 079
Linka 16 Sídl. Bory-Doubravka	86	9	774	-81 580		-81 580
Linka 17 Doubravka-BP/NH	86	10	860	90 644		90 644
Linka 19 Sídl. Bory-FN Lochotín	86	8,2	705,2	74 328		74 328
Linka 22 Slovany-BP	31	7,4	229,4	24 179		24 179
Linka 22 Slovany Karlov	31	4,9	151,9		-13427	-13 427
Linka 39 BP-Hlavní nádraží	38	5,9	224,2	23 631		23 631
Celkové náklady varianty B						41 519

Zdroj: autor s využitím (16)

Tabulka C3 Ekonomické vyhodnocení nákladů varianty C

Linka a úsek	Počet spojů	Km úseku /spoj	Km úseku/všechny spoje	Náklady trolejbus /prac.den [Kč]	Náklady autobus /prac.den [Kč]	Celkové náklady linky /prac.den [Kč]
Linka 10 Slováky-Hradiště	12	1,3	16	1 644	1 379	265
Linka 11 ÚH-Tylova-ÚH	121	0,2	24,2	-2 551		-2 551
Linka 14 Sídln. Bory - Sídln. Košutka	50	4,1	205	21 607	24 310	-2 703
Linka 15 Lobzy-Železniční-Lobzy	16	4,1	65,6	-6 914		-6 914
Linka 15 BP/NH – Mrakodrap	113	4,8	542,4	-57 169		-57 169
Linka 16 Sídln. Bory-Doubravka	86	9	774	-81 580		-81 580
Linka 17 Doubravka-BP/NH	86	10	860	90 644		90 644
Linka 19 Sídln. Bory-Sídl. Košutka	86	6,9	593,4	62 544		62 544
Linka 22 Slováky-BP	31	7,4	229,4	24 179		24 179
Linka 22 Slováky Karlov	31	4,9	151,9		-13427	-13 427
Linka 27 Mrakodrap-Sídl. Košutka	23	5,9	129		-11 386	11 386
Linka 33 Muzeum – FN Lochotín – Sídl. Košutka	75	6,9	517,5		-45747	-45 747
Linka 39 BP-Hlavní nádraží	38	5,9	224,2	23 631		23 631
Linka 40 Muzeum – Sídl. Košutka	31	5,7	176,7		-15620	-15 620
Celkové náklady varianty C						-13 062

Zdroj: autor s využitím (16)