

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

Návrh modelu pro zlepšení spolehlivosti
přestupních vazeb v uzlu Fügnerova v rámci
městské hromadné dopravy Liberec

Bc. Bronislav Gabryš

Diplomová práce

2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Bronislav Gabryš**
Osobní číslo: **D10733**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Návrh modelu pro zlepšení spolehlivosti přestupních vazeb
v uzlu Fügnerova v rámci městské hromadné dopravy Liberec**
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 přestupního uzlu Fügnerova v Liberci
2. Charakteristika přestupních vazeb
3. Návrh matematického modelu
4. Aplikace modelu k řešení vybraných linek


Závěr

Rozsah grafických prací: 3 - 4
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:


- (1) KLUVÁNEK, P. - ČERNÝ, J. Základy matematickej teórie dopravy, Bratislava: Veda, 1989, 279 s., ISBN 80-224-0099-8
- (2) LACEK, M. Městská doprava: Základy teorie a praxe I., Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1983, 246 s., ISBN nemá
- (3) LACEK, M. Městská doprava: Základy teorie a praxe II., Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1984, 253 s., ISBN nemá
- (4) LACEK, M. Městská doprava: Základy teorie a praxe III., Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1986, 262 s., ISBN nemá
- (5) MOCKOVÁ, D. Základy teorie dopravy, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 96 s., ISBN 978-80-01-03791-1
- (6) VESELÝ, J. Úvod do systémové strategie dopravy, Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 275 s., ISBN 80-01-03184-5

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Josef Bulíček, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **1. února 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2012**


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 1. února 2012

Prohlášení

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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Praze dne 10. 5. 2012



Bronislav Gabryš

Anotace

Diplomová práce se zabývá kvalitou a spolehlivostí přestupních vazeb v libereckém terminálu hromadné dopravy „Fügnerova“ a snaží se pomocí původního matematického modelu provést posouzení kvality přestupních vazeb z hlediska celkových časových ztrát cestujících včetně návrhu na zkvalitnění. Cílem práce je aplikace matematického modelu do reálného autobusového provozu v rámci MHD Liberec.

Klíčová slova

Liberec, městská hromadná doprava, přestupní vazby, přestupní uzel, autobus, terminál

Title

Suggested model for the improvement of quality and reliability of transportation links in the node of Fügnerova in the framework of the Urban Public Transportation of Liberec city

Anotace

This thesis deals with the quality and reliability of transfer links in the Urban Public Transportation of Liberec city – terminal "Fügnerova" – with the intended use of an original mathematical model to design transfers of a better quality on demonstrated lines of transportation. The aim of this exercise is to apply this mathematical model into the real bus service in the framework of the Urban Public Transportation of Liberec city.

Keywords

Liberec, urban public transport, transfer links, transit hub, bus, terminal

Poděkování

Touto formou bych rád poděkoval řediteli DPMLJ, a.s., panu Luboši Wejnarovi za poskytnuté informace i služby, kterých jsem měl možnost využít, a dále pak svému vedoucímu práce panu Ing. Josefu Bulíčkoví, Ph.D., který také neméně významnou měrou přispěl k vytvoření této práce svým kvalitním odborným vedením a doporučeními.

Především bych chtěl nejvíce poděkovat zejména mému dlouholetému příteli Ing. Filipu Kovárníkovi za významnou nejen psychickou podporu během celého studia, dále Ing. Jaromíru Šulcovi za poskytnutí tématu, Ing. Jakubu Haškovi za úpravu textů některých pasáží, Martinu Strachoňovi za trpělivou kontrolu dokumentu a ostatním svým nejbližším přátelům.

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 ANALÝZA PŘESTUPNÍHO UZLU V LIBERCI	10
1.1 Historie přestupního uzlu	10
1.2 Rekonstrukce v roce 1996	12
1.3 Rekonstrukce v roce 2008	15
1.4 Charakteristika terminálu MHD v současnosti.....	19
1.5 Charakteristika provozních podmínek v terminálu	23
2 CHARAKTERISTIKA PŘESTUPNÍCH VAZEB.....	28
2.1 Optimalizace technologických postupů v uzlech typu X.....	28
2.2 Optimalizace technologických postupů v uzlech typu Y.....	28
2.3 Typy přestupních vazeb	29
2.4 Definice vybraných přestupů mezi linkami.....	34
3 NÁVRH MATEMATICKÉHO MODELU	38
4 APLIKACE MODELU K ŘEŠENÍ VYBRANÝCH LINEK.....	56
ZÁVĚR.....	65
SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	68
SEZNAM TABULEK.....	69
SEZNAM OBRÁZKŮ	70
SEZNAM ZKRATEK.....	71
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A VELIČIN.....	72
SEZNAM PŘÍLOH.....	74

ÚVOD

Městská hromadná doprava ve statutárním městě Liberci má velmi bohatou historii a jako jedno z mála měst také neméně zajímavou, svým způsobem i kuriózní. V současné době zde dopravní obslužnost zajišťuje Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce nad Nisou, a.s. (dále jen DPMLJ), jehož správcem i vlastníkem jsou obě města. Na území obou měst je provozován jeden ze sedmi tramvajových subsystémů v České republice a doplňkem liberecké kmenové sítě je nezávislá autobusová doprava. Ta obsluhuje zbylé části města, kam městské tramvaje nezajíždějí. V budoucnu se také v Liberci počítá s rozšířením tramvajových tratí se zkvalitněním celého autobusového provozu především v denním období.

Významnou součástí tohoto zdánlivě jednoduchého systému je také přestupní uzel – terminál MHD „Fügnerova“ (někdy také užíváno označení „nádraží MHD“), kde se protínají všechny tramvajové a autobusové linky provozované DPMLJ v Liberci. Mimo jiné slouží i dálkové lince Praha – Liberec, kterou také provozuje zmiňovaný dopravní podnik. Přestupní uzel má především splňovat účel zabezpečených přípojů a garantovaných přestupů tranzitních nebo zde končících linek mezi sebou, což podle názoru autora práce současný stav nesplňuje. Hlavním důvodem jsou velmi časté aplikace úsporných opatření, což se projevuje zejména nižšími provozními výkony, které vedou k rozkladu koordinace spojů v centrálním přestupním uzlu.

Cílem diplomové práce je pomocí analýzy seznámit se s účelem nádraží MHD a vytvořeným matematickým modelem navrhnout změny pro zlepšení přestupních vazeb. Návrh poté bude aplikován na vybrané linky současného autobusového provozu, ve kterém je kvůli své organizaci a množství spojů potřeba přestupní vazby zajistit ve větší kvalitě.

Z důvodu velkého výskytu veličin užívaných v jednotlivých vztazích matematického modelu je na stranách 72 a 73 uveden jejich seznam s přesným výkladem a jednotkou.

1 ANALÝZA PŘESTUPNÍHO UZLU V LIBERCÍ

Analýza terminálu se v této kapitole bude zabývat jeho historií a charakteristikou, ze které bude patrné současné postavení dopravního terminálu. Na tuto charakteristiku poté naváže analýza přestupních vazeb.

1.1 Historie přestupního uzlu

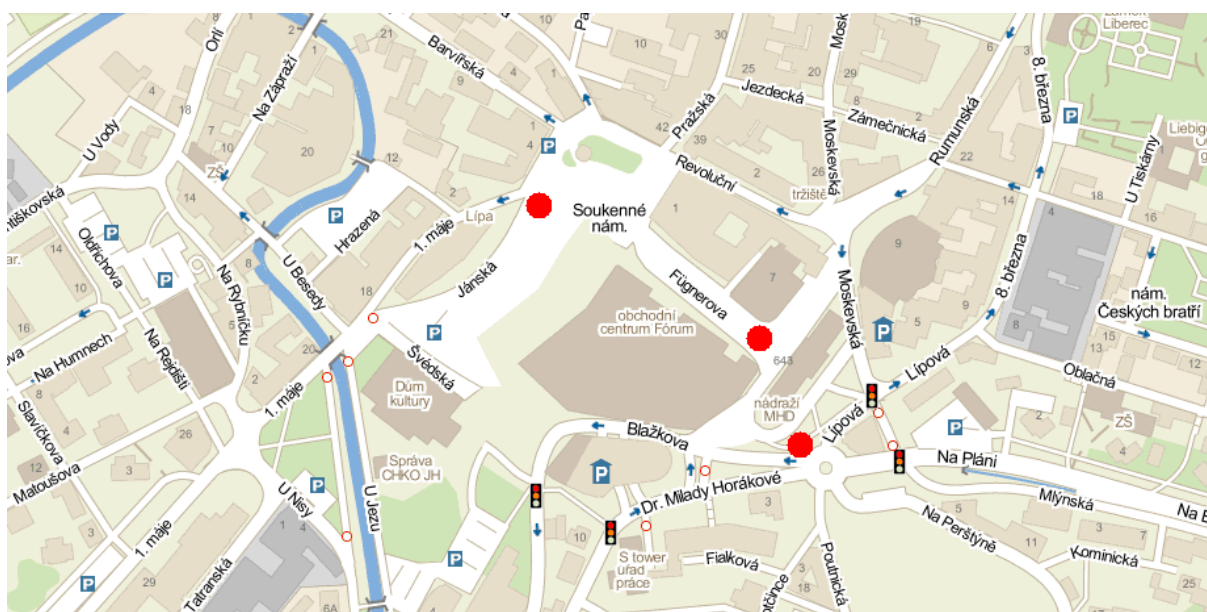
Po druhé světové válce nastal v Liberci, stejně jako v mnoha dalších českých městech, rozvoj autobusové dopravy. Již tehdy byla navržena koncepce nádraží městských autobusových linek. Na tuto tradici se navázalo koncem roku 1950, kdy se nádraží městských autobusových linek přesunulo z horního centra u radnice do Rumjancevovy ulice. Dnes zde stojí budova Státní vědecké knihovny. S přibývajícím počtem linek již nestačila kapacita autobusových stání a bylo nutné vyhledat nové prostory. Během realizace výstavby úzkorozchodné tramvajové trati mezi Libercem a Jabloncem nad Nisou byla zvolena varianta ukončení autobusů ve Fügnerově ulici. Ta sousedila s Gottwaldovým náměstím, dnes Soukenným náměstím, kde se tehdy nacházela stanice všech městských tramvajových linek. Současně se tato lokalita ukázala jako nejlepší řešení pro soustředění všech linek jak tramvajové, tak autobusové trakce. Jednotlivá stání byla umístěna od tramvajové výhybny vlevo ve směru jízdy z Gottwaldova náměstí, kde se utvářela jednotná nástupní plocha se stanovišti. Teprve až několik let po zahájení provozu bylo vybudováno široké zastřešené nástupiště mezi tramvajovou výhybnou a autobusovými stanovišti. (1)

Mezi 60. a 80. léty 20. století rostl počet obyvatel na periferních částech města a nových sídlištích, což znamenalo i enormní nárůst linek, kterými bylo potřeba tyto lokality obsloužit. V souvislosti s výstavbou obchodního centra Ještěd (později Tesco, dnes OC Forum) v roce 1970 byly všechny konečné zastávky autobusů ve Fügnerově ulici přesunuty na dnešní místo a až v roce 1976 byl přestupní uzel rozšířen o druhou vozovku vpravo od výhybny. Přesto díky vysokému počtu spojů, který narostl řádově o desítky¹, nebylo možné obsloužit všechny autobusy a dvě z původního počtu linek měly své stanoviště před křižovatkou ulic Lipová a Dr. M. Horákové. Vnitřní prostor dokončené tramvajové smyčky byl ještě v témže roce využit k odstavování autobusů. Situaci mohou ještě více osvětlit schémata stání jednotlivých linek. V příloze A se nachází ručně kreslený plán z roku 1975, v němž

¹ přesnější údaj nelze zjistit kvůli jeho historické povaze

jsou červenou barvou vyznačeny tramvajové koleje, a dále schéma z roku následujícího, kdy bylo v denním tisku vydáno upozornění veřejnosti o zahájení provozu na nově upraveném nádraží městské dopravy. (1)

Nevýhodou však byla organizace jednosměrných ulic, autobusy totiž mohly do Fügnerovy ulice vjíždět jen z Gottwaldova náměstí. Situaci nepomohlo ani zpřístupnění druhého vjezdu Blažkovou ulicí, kudy jezdily autobusové spoje od Textilany. Ostatní linky byly vedeny přes nádraží, aby posílily kapacitu již tehdy vytížených tramvajových linek. V průběhu 80. let 20. století byla také zřízena zastávka na Jánské ulici, kterou využívaly spoje od zastávky „Nádraží“. Na svou dobu byl přestupní uzel nevhodně rozlehlý, nejvzdálenější místa byla od sebe vzdálena 400 m (viz obrázek 1), což v dnešních měřítkách odpovídá standardní mezizastávkové vzdálenosti linek MHD. (1)



Obrázek 1: Vyznačená autobusová stání v rámci uzlu „Fügnerova“ po roce 1980

Zdroj: Mapy.cz, autor

Na dobové fotografii z roku 1982 (obrázek 2) je vidět výhybna terminálu Fügnerova a zastřešené nástupiště z pohledu od Soukenného náměstí, vpravo stojí obchodní dům Ještěd a doleva odbočují tramvaje do Lidových sadů. Další fotografie nádraží MHD v 80. letech jsou umístěny v příloze B.



Obrázek 2: Fügnerova a Soukenné náměstí v roce 1982

Zdroj: Archiv DPMLJ

1.2 Rekonstrukce v roce 1996

V podkapitole 1.1 byla zmíněna výstavba tramvajových tratí a tehdejšího nádraží MHD. V novodobé historii terminál prošel dvěma rekonstrukcemi, z nichž ta první v roce 1996 byla zásadnější. O podobu, jak ji pravidelní cestující i návštěvníci Liberce znají dnes, se zasloužil Ateliér Designu a Architektury v Praze, který se specializuje na architektonické řešení veřejných prostorů, dopravních staveb, dopravně urbanistické projekty a design městského mobiliáře. Architektem celé budovy i okolí terminálu je doc. Ing. arch. Patrik Kotas, pod jehož vedením byla mimo jiné zrekonstruována i tramvajová vozovna v Mrštíkové ulici, která je současně sídlem DPMLJ. Podařilo se mu tak vytvořit důmyslný přestupní uzel, na svou dobu velice výjimečnou a unikátní stavbu, a Liberec se tak stal jediným městem disponujícím terminálem podobného druhu. V rámci České republiky se však terminály objevily i dříve, i když ne v takovém měřítku a rozsahu jako zde, a jejich funkce se oceňuje i dnes, příkladně u branického nádraží v Praze z roku 1959 nebo Karlovy Vary dolní nádraží s možností vzájemného přestupu na vlak, VLD či MHD.



Obrázek 3: Výjezd ze smyčky terminálu MHD

Zdroj: autor

Dne 22. 4. 1995 byla stanoviště veškerých autobusových linek přemístěna do ulic přilehlých Fügnerově ulici a terminál se zhruba na jeden rok a tři měsíce veřejnosti uzavřel. Impulzem pro celkovou přestavbu terminálu se stala rekonstrukce městské tramvajové trati z Lidových sadů do Horního Hanychova. Během 90. let totiž na této městské trati proběhla migrace z úzkého rozchodu (1000 mm) na standardní. Tramvajové linky do Vratislavic nad Nisou projížděly traťovou přeložkou na Revoluční ulici a pokračovaly dále k nádraží (viz příloha C). Úzkokolejná smyčka, která dnes zaujímá stejnou polohu jako před rekonstrukcí, byla navržena tak, aby se zde mohly obracet tramvajové soupravy jedoucí jen od Jablonce nad Nisou. Jako nájezd na linku přibýlo i kolejové spojení mezi tratí od Soukenného náměstí přímo na smyčku (obrázek 3, 4). Na podzim téhož roku byla kolejová část terminálu hotova, tím úzkorozchodné linky 5 a 11 obnovily svůj provoz. Městská trať na Šaldovo náměstí byla po odstranění přeložky dokončena dne 15. 11. 1995. Na dokončení této významné stavby si však cestující museli počkat až do 1. 9. 1996, kdy terminálem projely první spoje autobusových linek.

Tehdy bylo k dispozici celkem 12 nástupištních ploch. Z nynějšího pohledu tedy terminál skutečně připomínal malé nádraží, kde se přestupuje mezi městskou tramvají a „železniční tratí“, kterou má být linka 11, do Jablonce nad Nisou. Tramvaje meziměstské tratě však stávaly na smyčce na protilehlé straně budovy (vzdálenost od stanovišť městských tramvajových linek byla asi 150 m) a přestup mezi nimi byl časově náročný, odhadem cca 2,5 minuty. (1)



Obrázek 4: Vjezd do smyčky terminálu MHD

Zdroj: autor

Oproti minulosti byl na Fügnerovu nově umožněn vjezd autobusů ulicemi Moskevská a Blažkova, v ojedinělých případech také po tramvajovém tělese od zastávky „Rybniček“ (zpravidla při výlukách tramvajové dopravy). (1)

Touto rekonstrukcí tak doc. Kotas od základů změnil stísněné prostory tehdejšího přestupního bodu na prostorný terminál, který by měl odpovídat požadavkům a rozsahu městské dopravy. Nová stavba však těmto podmínkám nevyhovovala. Už při její realizaci byl rozsah autobusové dopravy neúměrně vysoký oproti představám o novém přestupním uzlu.

1.3 Rekonstrukce v roce 2008

Po 12 letech se přestupní terminál Fügnerova dočkal další rekonstrukce, která se tentokrát spíše týkala provozního uspořádání a nebyl nijak zásadně ovlivněn vzhled budovy ani jejího okolí. Smyslem těchto stavebních úprav bylo odstranění nedostatku, kterým byla nemožnost vjezdu tramvajových vozů standardního rozchodu do smyčky ve směru od Rybníčku a možnosti obratu do stejného směru (obrázek 5, 6). Důvodem také bylo nadcházející Mistrovství světa v klasickém lyžování v únoru roku 2009. Tramvajové spoje by tak při této velkolepé akci najížděly cca 5 km do Lidových sadů navíc a muselo by být vypraveno více souprav. Tato stavební úprava však nemá jen jednorázové využití. Smyčka by v mimořádných situacích posloužila jako obratiště tramvajových souprav, pokud by z jakéhokoliv důvodu byla vyloučena doprava od terminálu do Lidových sadů. Pokud by došlo k rozšíření tramvajové sítě ve směru od Rybníčku do Rochlice, mohla by být smyčka využita jako konečná zastávka pro nové linky. Není tedy na místě se obávat, že tato drobná úprava byla jakkoli zbytečná a předimenzovaná. Podle autora nejde z hlediska jejího dalšího využití o tak nákladnou investici.



Obrázek 5: Tramvajová křižovatka po rekonstrukci v roce 2008
Zdroj: autor

Úsek, kterým tramvaje podjíždějí budovu terminálu, byl taktéž zdvoukolejněn a dosazen standardním rozchodem kolejí 1435 mm. Podle současného návrhu se v podstatě jedná o nultou etapu rozšíření tramvajové sítě novou tratí do Rochlice.



Obrázek 6: Výjezd ze smyčky terminálu MHD po rekonstrukci
Zdroj: autor

Obourozchodná kolejová splítka je vedena od zastávky „Viadukt“ až do Lidových sadů a po rekonstrukci nyní již dvoukolejného úseku „Fügnerova“ – „U lomu“ také na meziměstské trati. Teoreticky je tedy možné na jabloneckou trať vjet tramvají o normálním rozchodu, ale musí tak být učiněno jen v rámci zkušebních či testovacích jízd, jelikož zde pro normální rozchod neexistuje smyčka ani úvrať. Obrat z tohoto směru v terminálu však připraven je, jelikož se plánuje prodloužení tramvajové tratě do Rochlice. Po poslední modernizaci terminálu je zde možné ze směru od Jablonce otočit tramvaje obou rozchodů, ze směru od zastávky „Rybníček“ jen tramvaj standardního rozchodu a ze směru od Lidových sadů se nelze otočit vůbec (obrázek 7). Pro tento směr je nejbližší možný obrat souprav přímo ve vozovně.

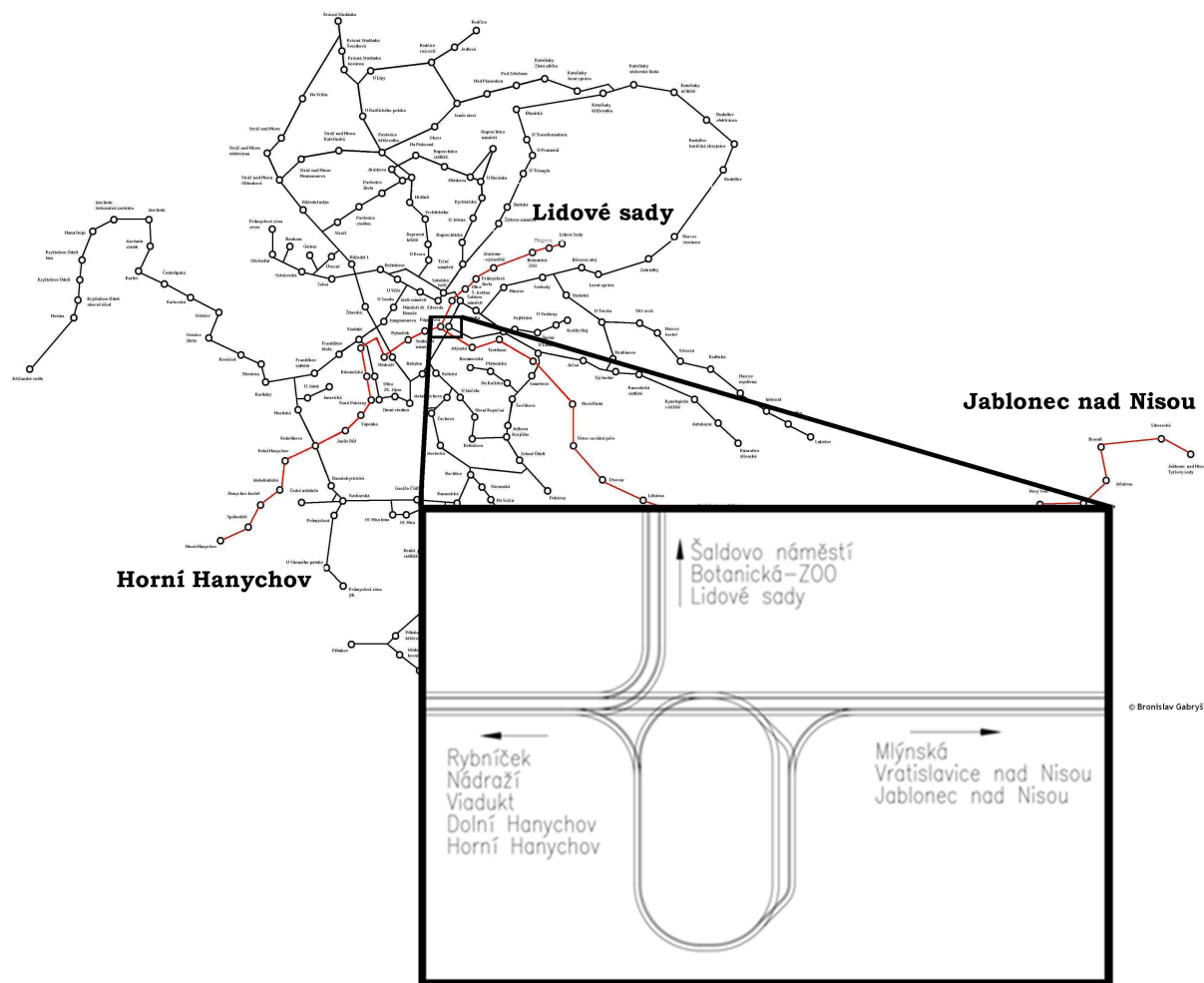
Z pohledu technologie tedy záleží především na kolejovém uspořádání a prioritách a disponibilních prostředcích dopravního podniku a města.



Obrázek 7: Chybějící kolejové propojení se smyčkou ze směru od Lidových sadů
Zdroj: autor

S touto rekonstrukcí souvisela také úprava vedení linek 5 a 11, které opět zajíždějí až na zastávku „Viadukt“, velká část spojů linky 5 však končí již na zastávce „Rybníček“ a obrat souprav je prováděn přes vozovnu. Linka 5 totiž slouží jako posila linky 11 ke spojení s Vratislavicemi a dolním centrem Liberce. Intenzity cestujících totiž nedosahují takových hodnot, aby spoje této linky zajížděly až k Viaduktu. Smyčka na Fügnerově se tak stala manipulační a byly doplněny zbývající směry napojení na průběžnou trať do Jablonce nad Nisou. Současné uložení kolejí je znázorněno na obrázku 8.

Rekonstrukcí prošly i veškeré plochy poježděné autobusy. Ve směru Moskevská – Blažkova totiž projede v běžný pracovní den zhruba 1000 vozidel, v opačném směru asi o 500 více, přičemž se zde počítají i manipulační objezdy celého terminálu a průjezdy linkových autobusů. Uvedené intenzity nejsou zcela přesné, jelikož zde operují i vozy dopravců, které již nespádají do kompetence DPMLJ. Původní konstrukce vozovky byla nahrazena novým



Obrázek 8: Schéma sítě a výřez kolejového plánu v zastávce „Fügnerova“

Zdroj: autor

krytem z velmi odolných asfaltových vrstev, které lépe snáší agresivní druhy zimní údržby a také značná zatížení projíždějících autobusů. Další provozní změnou bylo sloučení dvou prostředních nástupišť na každé straně terminálu do jediného. Počet označníků klesl z 12 na 8 tak, že v každém kvadrantu jsou umístěna dvě stanoviště o stejné délce nástupní hrany (25 m) a odpadla tak kolizní místa při vjezdu a výjezdu do nejzatíženějších stanovišť. Současné příjezdy a odjezdy autobusových spojů jsou odbourány díky proloženým intervalům důležitých linek, které pokračují stejným směrem. Větší rozměry hran budou také lépe přístupny článkovým autobusům, které dopravní podnik zařadil do provozu v roce 2004 nákupem dvou kusů (jediné dva autobusy typu Karosa B 961 E o délce 18 m). Oba dva jsou dnes nasažovány na nejvytíženější linky 12 a 24 a mimo ně také na „průmyslové linky“ řady 30. Pro všechna nástupiště byly použity bezbariérové obrubníky s výškou nástupní hrany 160 mm. Autobusové linky terminálem znovu projely

28. 7. 2008 a tím mohla začít druhá etapa rekonstrukce. Téměř všechny autobusové spoje byly vedeny odklonovými trasami. Řádný provoz byl obnoven až se začátkem školního vyučování. Situaci také ovlivňovala stavba nového obchodního centra Forum. Díky neplánovaným přeložkám inženýrských sítí nemohly autobusy využívat frekventovaný vjezd do terminálu ulic Dr. M. Horákové a všechny spoje přijížděly od zastávky „Rybníček“, ve špičkách pracovních dnů s frekvencí až 30 vozidel za hodinu. (1)

1.4 Charakteristika terminálu MHD v současnosti

Jak již bylo zmíněno v úvodu, přestupní uzel „Fügnerova“ je srdcem nejen tramvajové dopravy, ale i celého systému MHD v Liberci. Je situován přímo v širším centru města na křižovatce ulic Fügnerova, Moskevská a Rumunská, cca 400 m a 6 min. chůze od náměstí Dr. Edvarda Beneše, tedy na místě bývalého přestupního uzlu popsaného v historickém vývoji. Celému terminálu dominuje impozantní výpravní budova, která je i sídlem tramvajového a autobusového dispečinku a zázemím pro řidiče. Kromě tohoto je možné nabídnout cestujícím obchodní jednotku s občerstvením, informační centrum dopravního podniku, trafikou, předprodej jízdenek a jízdenkové automaty. Samozřejmostí jsou i instalované bankomaty České spořitelny a Komerční banky.

Zastávky pro tramvajové linky se nachází cca 50 m před budovou a samotným rozvětvením na západ a na sever. Obě nástupiště mají délku 65 m, takže dokážou obsloužit dvě soupravy projíždějících linek současně. Kromě linky 5 jsou na zbylé tramvajové linky vypravovány především dvouvozové soupravy ve složení T2R + T2R, T3 + T3, T3M + T3M nebo T3R.PLF + T3M. Na linku 5 je stabilně vypravován jeden vůz a po 20. hodině v pracovních dnech je možné vidět sólo vozy i na ostatních linkách. Vzhledem k tomu, že užší rozchod je položen dále od osy dvoukolejné tratě, bylo potřeba upravit nástupní hrany zastávek tak, aby tudy bez problémů mohly projet tramvaje obou rozchodů. Jejich používání však významně ovlivňuje i provoz na tramvajové síti. Na obrázku 8 je vidět výřez kolejového uspořádání v terminálu, kde jsou vyznačeny i kolejnice. V současné době DPMLJ provozuje městské linky 2 a 3, které jsou vedeny od Lidových sadů do Dolního, popř. Horního Hanychova, a využívají standardní rozchod. Jako městská je zavedena i linka 5 na úzkém rozchodu vedoucí do smyčky „Vratislavice nad Nisou, výhybna“ ze zastávky „Rybníček“, resp. „Viadukt“. A nakonec úzkorozchodná meziměstská linka 11, která pravidelně využívá

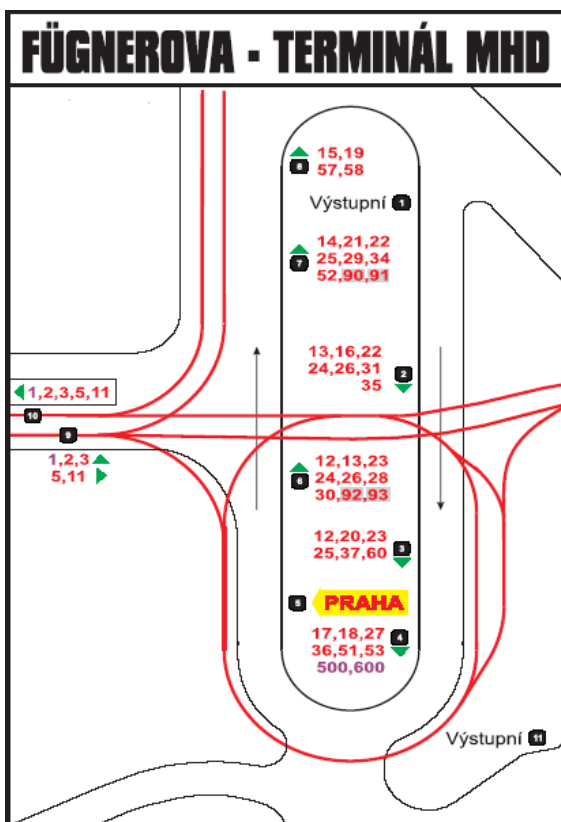
obourozchodnou smyčku „Viadukt“ a obrací se v Jablonci nad Nisou v Tyršových sadech.

Po stavebních úpravách dnes smyčka na terminálu disponuje oběma užívanými rozchody, jak bylo popsáno v historickém vývoji, jelikož rekonstrukce a tedy přerозchodování meziměstské tratě by dnes město přišlo na nemalé finanční prostředky. Dalším důvodem je potřeba zajišťovat na síti stabilní provoz, proto se splítka jeví jako ideální řešení v situaci, kdy rekonstrukce trvá již přes 20 let a stále není dokončena. Liberec je navíc posledním z 10 českých měst, ve kterých se rozchod 1000 mm používal, což má celorepublikový historický význam a z toho důvodu zde určitou roli hraje i provoz historického vozidla.

Z technického hlediska vyžaduje používání rozličných rozchodů mnoho stavebních úprav, které se navíc odrážejí i v nákladech. Bude-li pohled omezen jen na dopravní cestu, jen v areálu terminálu je použito 9 tříko-lejnicových výhybek a 3 křížení. Všechny tyto komponenty totiž nejsou standardními výrobky dodavatelských firem. A to zdaleka nejsou propojeny všechny směry. Bylo by však vhodné zpřístupnit smyčku v terminálu i ze směru od Lidových sadů. Při případné výluce části městské trati by byly tramvajové vozy vyvezeny na obratiště v Lidových sadech a byl by alespoň částečně zajištěn provoz elektrickými dráhami. Ačkoliv jsou cestující zvyklí přestupovat z Lidových sadů do Jablonce nad Nisou, v budoucnu by bylo možné i tento přestup odbourat. Na tramvajový trojúhelník však není dostatek místa a pokud by došlo na případnou realizaci tohoto propojení, podle názoru autora by bylo nejspíše nejlepším řešením propojit jen směr z Lidových sadů do Jablonce nad Nisou obloukem před budovou terminálu a opačný směr by mohl být řešen objezdem okolo ulice Moskevské, kde by však bylo nutné výrazně omezit individuální automobilovou dopravu.

Kromě tramvají využívají zastávku „Fügnerova“ také autobusové linky denní (obrázek 9), noční (stanoviště tramvají a autobusů noční dopravy v příloze D) i dálkové dopravy, které zde buď končí nebo uzlem projíždějí. K tomu slouží celkem 8 stanovišť, z nichž nástupiště 1 je označeno jako výstupní zastávka pro končící linky, které přijíždějí ulicí Moskevskou a Rumunskou a nástupiště 5 jako stanoviště dálkové linky do Prahy, na němž také končí linky přijíždějící ulicí Dr. Milady Horákové. Na zbylých šesti zastavují všechny liberecké autobusové linky s výjimkou průmyslové 33 a školní 57. Tuto situaci lze přirovnat k menšímu autobusovému nádraží, kdy jsou označníky

od sebe vzdáleny 25 m, aby bylo možné od hrany nástupiště vyjet s nejdelším autobusem bez couvání. Řidič tak vyjetím ze zastávky neztratí velké množství času, což při zpoždění spoje může hrát velkou roli. Všechny označnický se nachází na jediném tělese, kterým je samotný terminál. Průchozí tramvajovou tratí ve směru do Jablonce nad Nisou se terminál de facto pomyslně odděluje na dvě části. Ze schématu také vyplývá, že autobusy terminálem projíždějí ve směru hodinových ručiček, což v České republice není až tak obvyklé.



Obrázek 9: Schéma terminálu MHD
Zdroj: autor



Obrázek 10: Zastávkový označnický
Zdroj: DPMLJ

Při podrobnějším pohledu je v uspořádání stanovišť jednotlivých linek určitý systém. Na jeho pravé straně zpravidla zastavují linky, které obsluhují jižní část Liberce (Rochlice, Doubí, Vesec a Pilínkov), neboli místa, kde se nacházejí největší sídliště, včetně Ostašova a průmyslové zóny u Dolního Hanychova, a levou stranu využívají spoje obsluhující severní části města. Tento přehledný systém byl zvolen pro snadnější orientaci, protože autobusy se ihned při příjezdu na zastávku řadí do směru, kterým budou dále pokračovat. Situace je zřetelná ze schématu na obrázku 9, kde městská tramvajová trať pomyslně dělí terminál na severní a jižní část. Uspořádání linek na různá nástupiště může mít i tu výhodu, že při příjezdu více autobusových

spojů, které pak pokračují být jen malou částí souběžně, se vozy nebudou řadit ke stejnému stanovišti, což však nemusí být výhodné pro cestující. Bohužel díky zpožděným příjezdům, především ve špičkách pracovních dnů, je tak koncepce narušována. Bylo by však možné stanoviště autobusů na nejvytíženějších linkách přiblížit ke střední části terminálu, přestup na vzdálená nástupiště, kde zastavují tramvajové soupravy, by měl být co nejjednodušší a nejkratší. Aby nový cestující nebo návštěvník města nebyl díky velkému množství stanovišť v terminále dezorientován, vydal dopravní podnik malý leták, který přehledně zobrazuje situaci na nádraží MHD (příloha E). Všechny označníky v terminálu jsou kromě čísla linek vybaveny popisem, kam konkrétní linka směřuje (obrázek 10).

Jinou strukturu však nabízí noční doprava, která vzešla z prodlouženého provozu denních autobusových linek. Od 1. 9. 2009 je tak na základě koncepce autora této práce v Liberci využíváno celkem šest linek, které zahrnují prodloužený denní provoz tramvají č. 3 a 11, a čtyři okružní autobusové linky č. 90, 91, 92 a 93 tvořící nosnou síť noční dopravy. Až na několik málo úprav v jízdních řádech tento systém bezchybně funguje od doby svého vzniku do dnešních dní. Díky rozloze celého terminálu chtěl autor dosáhnout takového efektu, aby přestup mezi jednotlivými spoji nebyl pro cestujícího časově náročný. Proto linky 90 a 91, jmenovitě do Rochlice a Kunratic, zastavují u označníku č. 7 a linky 92 a 93 do Pavlovic a Ruprechtic u označníku č. 6. Tramvajové linky 3 a 11 pak standardně zastavují u vlastních nástupišť, označených jako stanoviště 9 a 10. Prakticky se tak celý systém velmi výrazně podobá nočním rozjezdům před hlavním nádražím v Brně.

Důvodem vzniku separovaného nočního provozu byly především úspory, které jsou postupem doby čím dál razantnější. Oproti původnímu prodlouženému provozu denních autobusových linek byly ušetřeny 3 z 11 vozidel. Nová noční koncepce dodala systému na přehlednosti a nabídla cestujícím díky jedinému přestupnímu bodu – terminálu „Fügnerova“ – i jednodušší a pohodlnější spojení na důležitých trasách – v pracovních dnech do 0:30 hodin a v nepracovních dnech do 2:30 hodin. I o této novince byla cestující veřejnost řádně informována. Dopravní podnik vydal zprávu do denního tisku, místního televizního vysílání, internetového zpravodajství a také do vlastního internetového portálu. Taktéž byl vydán informační leták o provozu nočních linek a nechybělo i schéma řazení vozidel na stanovištích v terminálu MHD (příloha D). Reakce veřejnosti byla zpočátku rozporuplná, ale postupem doby

si pravidelní i příležitostní cestující zvykli a navíc požadují celonoční provoz. Do dnešních dní neobdržel DPMLJ žádnou stížnost týkající se nových nočních linek, dá se tedy hovořit o téměř stoprocentní úspěšnosti autorova projektu.

1.5 Charakteristika provozních podmínek v terminálu

Bohužel stejně jako většina měst střední velikosti provozuje i DPMLJ autobusové linky, kterým chybí pevný interval. Oficiálně se tedy jedná o nabídkové jízdní řády, ale jen málokterá linka má pevně stanovený interval spojů. Došlo k tomu vlivem mnoha úprav a také úspornými opatřeními, kdy jsou spoje navrženy tak, aby jednak bezpečnostní přestávky odpovídaly Nařízení EU č. 561/2006 Sb. – bezpečnosti práce řidičů – (2), a aby bylo s autobusy operativněji nakládáno. Není totiž výjimkou, že autobusy přejíždějí z linky na linku a řidič při nástupu do služby obdrží služební jízdní řád s přejezdy na několik linek. Proto je v některých případech téměř nemožné dodržet přesné pravidelné rozestupy mezi spoji jedné linky. Technologie se však v budoucnu změní, stejně jako samotné přestupní vazby. Autor práce společně s expertní komisí připravuje novou koncepci autobusové dopravy, která si klade za cíl provoz zlepšit, zjednodušit a současně jej učinit ekonomicky výhodnějším.

Skutečně pevný a pravidelný interval bez odchylek mají tramvajové linky 2 a 3, které jsou na stejné trase vzájemně proloženy, a linky 5 a 11, což je stejný případ, kdy od zastávky „Rybníček“ do „Vratislavice nad Nisou, výhybna“ jsou všechny spoje obou linek provázány v polovičním intervalu. U autobusového provozu také existují linky, byť s mírnými odchylkami, které jezdí v pravidelném intervalu. Především jde o trojlinku 13 – 24 – 26 se stejnou páteřní trasou z Doubí do Pavlovic, kde se poté dělí do určených konečných zastávek (schéma sítě MHD v Liberci v příloze F). Dále to jsou linky 15, 17, 21, 22, 25 a 30, kdy část z nich netvoří páteřní směry. U ostatních linek je na první pohled jasné, že zde funguje pevný takt, ale intervaly jednotlivých spojů se liší od 5 do 10 minut. Díky tomu je nemožné zapamatovat si jediný spoj a pomocí intervalu se dopočítat dalších odjezdů v inkriminovanou dobu.

Opatřeními, které znamenají i omezování spojů a snížení výkonů, byl tedy cestujícím ještě více znemožněn plynulý přestup mezi některými autobusovými a tramvajovými spoji. Kupříkladu zde z důvodu odlišného intervalu na městské a meziměstské tramvajové trati neexistuje přímá vazba mezi

dvojicemi linek 2 – 3 a 5 – 11, nehledě na to, že spoje linek 5 a 11 by měly přijet na zastávku „Fügnerova“ až po spoji městské linky, aby byl zaručen přímý přestup mezi hlavními trasami. Intervaly většiny autobusových linek se pohybují na hranici 12, 15 a 20 minut, je tedy namístě řešit problém přestupních vazeb mezi silnějšími větvemi dopravní sítě. Otázka související s hranicí, od které jsou úspory času vnímány, a tudíž oceněny, je obvykle řešena tak, že nejsou oceňovány úspory času do 15 minut v rámci jedné cesty (3). Tato hodnota však může být značně individuální, kde také záleží na účelu a délce trvání celé cesty.

Jak známo, doprava je systém nelineární, dynamický, stochastický a velmi citlivý na veškeré dění na dopravní síti. A je o to citlivější, pokud zde z pohledu teorie grafů existuje vrchol, který spojuje všechny hrany sítě. Do toho také bohužel vstupuje i mezi grafikonisty zavedený fakt, že při takové frekvenci linek není potřeba řešit přestupy mezi linkami vůbec. Podle názoru autora je skutečně jakákoliv synchronizace příjezdů a odjezdů v přestupním uzlu zbytečná, zejména v ranních a odpoledních špičkách z důvodu rozdílných a relativně krátkých intervalů. Poptávka v sedlech totiž není tak vysoká jako ve špičkách, a proto se denní sedla omezují jen na potřebný počet spojů. Záleží ovšem také na tom, v jakých hodnotách se intervaly ve špičkách dne objevují. Jakoukoliv snahu o synchronizaci by také zmařily každodenní kongesce, které mají na vzájemné vazby výrazný vliv. Je však velice důležitá v obdobích poledního a večerního sedla, kdy je vypravenost cca 45 – 50 (cca 67 % celkového denního vypravení) vozidel. DPMLJ i KORIDu LK by tedy mělo jít zejména o to, aby cestujícího do cíle své cesty přepravil co nejdříve. Problematika má však 2 roviny. Synchronizace má smysl jen v případě, pokud nebude prodloužena rezerva stání v terminálu, což pak vede k citlivosti vůči kongescím.

Nejvíce cestujících produkují úseky, kteří se po městě pohybují především tranzitním směrem. Ty jsou vyznačeny na obrázku 11, kde jsou propojeny největší sídlištní celky. Jen malá část cestujících totiž ukončí svou jízdu přímo na zastávce „Fügnerova“, jak dokládají výsledky průzkumů (4, 5, 6, 7). O to větší důležitost je nutné přikládat garantovaným přípojmům v tomto přestupním bodě, zejména pokud se jedná o nízkopodlažní vozidla. Garantovaným přípojem se rozumí takový přípoj, o němž je přestupující cestující spolehlivě přesvědčen, že v místě přestupu dopravní podnik dokáže přestup garantovat a především splnit. Tedy aby jeden spoj s bezbariérovým vozidlem

navazoval na další spoj, taktéž bezbariérový. Na síti liberecké MHD se totiž nachází cca 91 % zastávek, které nesplňují normou požadované prvky a rozměry a nejsou tedy přístupné všem osobám se sníženou schopností pohybu a orientace (OSSPO). Taková zastávka obecně musí splňovat normované sklonové poměry (příčný sklon 2 %, podélný sklon 4 %), výškové rozdíly, průchozí šířku, manévrovací plochu a vodící linie. Bezbariérovou zastávku je možné poznat podle značky vozíčkáře vedle názvu zastávky v jízdním řádu. Pokud tedy jsou dodrženy vazby a přestupy mezi spoji, které obsluhuje nízkopodlažní vozidlo, dopravní podnik může zvýšit kvalitu systému. Snadnějším přístupem do vozidla vypadá park kvalitněji a může znamenat výrazný posun i pro běžného cestujícího. Je třeba si uvědomit, že OSSPO nejsou jen invalidé a nemocní lidé. Mezi tyto osoby se řadí také například ženy s kočárky, senioři nebo dočasně pohybově omezené osoby. Tito tvoří skupinu tzv. dopravně-handicapovaných cestujících.



Obrázek 11: Vyznačení nejvytíženějších tras na síti MHD v Liberci

Zdroj: autor

V současnosti jsou přestupní vazby sledovány především na nejsilnějších větvích liberecké sítě, do které spadá i tramvajová doprava představující páteř systému. Na obrázku 11 jsou tyto trasy zaznačeny tučnou čarou (tramvaje červeně, autobusy černě), které zajišťují obsluhu městských částí Ostašov, Doubí, Zelené údolí, Harcov, Růžodol, Pavlovice a Ruprechtice. Kritériem výběru byly intenzity cestujících z průzkumů (7). Již z principu nelze vyhovět

všem cestujícím tak, že by byly všechny větve navzájem propojeny maximálním počtem linek. Tím by byl systém značně nepřehledný, intervaly na linkách by byly delší a systém komplikovanější. O to více je potřeba dbát na přestupní vazby v terminále „Fügnerova“. Jak je vidět na obrázku 11, kromě dvou všechny linky na zmíněných vyznačených trasách tento terminál protínají a jsou pro celý systém prioritní. Zbýlých 11 linek, které začínají/končí svou jízdu právě v tomto terminále, je možno chápat jako doplňkové linky ostatních méně osídlených městských částí Liberce, které by měly být koordinovány podle kmenové sítě.

Do této sítě se nezapočítávají linky 500 a 600, které dopravní podnik sice provozuje, ale jde o smluvní dopravu hrazenou obchodním centrem Nisa (linka 500) a hypermarkety Bauhaus a Globus (linka 600). Na těchto linkách se cestující přepravují zdarma a nácestné zastávky na trase jsou ve směru do těchto center určeny jen pro nástup, v opačném směru jen pro výstup. Na zmíněných linkách se ani neprovádějí klasické přepravní průzkumy v rámci MHD.

Z výše uvedeného je tedy vhodné vybrat linky takové, které vykazují nejvyšší intenzity a zároveň mají různé charakteristiky (linky radiální a diametrální) a mezi kterými se teoreticky předpokládá nejvyšší přestupovost. Výběr linek, se kterými bude v této diplomové práci dále nakládáno, by měl rovněž brát ohled na ty, které jsou pro autobusovou síť nejdůležitější. Zároveň je také nutné vycházet z dostupných materiálů DPMLJ a z průzkumů intenzit. Především se jedná o výsledky z průzkumů „Regiotram Nisa“ z 30. dubna 2004 (4), „Dopravní průzkum MHD autobusy“ z 1. listopadu 2004 (5), „Dopravní průzkum DPML 2008“ z 27. dubna 2009 (6) a „Průzkum intenzity DPMLJ“ z listopadu 2011 (7). Tyto průzkumy se týkají doby, než dopravní podniky na území Libereckého kraje společně vstoupily do Integrovaného dopravního systému Libereckého kraje (IDOL). Zvláštností však je, že průzkumy směřování se zde nikdy neprováděly. Důvodem použití takového množství průzkumů je zjistit vytíženost v měřených obdobích, na jejichž základě budou linky vybrány.

Nabízela se také možnost vybrat počítané linky gravitačním modelem pomocí softwaru OmniTRANS, který představuje prostředí pro plánování a modelování dopravy. Od myšlenky však bylo upuštěno. Důvodem byly chybějící údaje o ostatních linkách, s jejichž pomocí by byla nadefinována celá autobusová síť, ale i patřičná konkretizace linek řešených, neboť gravitační

model pracuje komplexně s celým systémem MHD a rozsah potřebných vstupů tak neúměrně převyšuje potřeby a rozsah posouzení prováděných v této práci. Tvorba takového modelu by byla neefektivní, ale mohla by být předmětem nějakého dalšího zkoumání ve spolupráci DPMLJ a Univerzity Pardubice při zaměření na celé spektrum možností takového modelu. Dopravní průzkumy se však zaměřily jen na linky, které byly dopravním podnikem přímo zadány.

Výběr se tedy omezil na linky uvedené v tabulce 1, kde se druhem rozumí linka diametrální (D, tedy linka, která začíná a končí na periferii a projíždí středem města) nebo radiální (R, linka, která začíná na periferii a končí v centru města). Ve sloupci PZ jsou uvedeny počty zastávek, ve sloupci T jízdní doba linky v minutách a sloupec L délka linky v kilometrech.

Tabulka 1: Výběr linek

linka	trasa s významnými zastávkami	druh	PZ	T	L
12	Broumovská – Zel. Údolí – Fügnerova – Růžodol I – Pavlovice Letná	D	22	30	9
15	Fügnerova – Stodolní – Harcov kostel – Lukášov	R	16	19	7
16	Fügnerova – Ostašov – Machnín – Křížanské sedlo	R	23	43	20
25	Broumovská – U Lomu – Fügnerova – Ruprechtice sídliště	D	18	24	8

Zdroj: DPMLJ

2 CHARAKTERISTIKA PŘESTUPNÍCH VAZEB

Tato kapitola bude teoreticky rozebírat problematiku uzlů a přestupních vazeb v nich. Jejím obsahem bude zejména popis a řešení optimalizace v jednotlivých druzích uzlů, popis interních procesů při přestupu a jak je potřeba na tyto procesy nahlížet.

2.1 Optimalizace technologických postupů v uzlech typu X

S uzly tohoto typu je možné se setkat především v dopravě autobusové, případně ve výjimečné kombinaci autobusové linky a železniční tratě. V rámci městské dopravy mezi ně patří i terminál Fügnerova. Oproti tvrzení, které je v těchto materiálech (8) uvedeno, se apriori jedná o dopravní uzel v pravém slova smyslu a tak si jej taky zvolilo značné množství cestujících, i když mají možnost přestoupit na požadovanou linku na jiné zastávce. Typickým příkladem je právě terminál Fügnerova, který je centrálním přestupním uzlem již od nepaměti.

Správně je zde však naznačeno, že při tvorbě jízdních řádů se v tomto místě s přestupy mezi periodickými spoji sice počítá, ale vazby na jednotlivé spoje zde nejsou zaručeny. Terminálem totiž projíždí mnoho tranzitních linek (konkrétně linky 2, 3, 5, 11, 12, 13, 21, 22, 23, 24, 25 a 26, viz také příloha F) a jediné na základě sledování a průzkumů směřování lze zjistit, které přestupní vazby jsou nejdůležitější. Z pohledu kvality přepravních služeb jde tedy o negativní jev a závisí na konkrétní situaci, zda je tento problém řešitelný či nikoliv. Rozhodující je však zjistit, zda by úpravou přestupních vazeb nedošlo ke snížení kvality v jiné části procesu. (8)

2.2 Optimalizace technologických postupů v uzlech typu Y

Podle výukových materiálů (8) i osobních dlouholetých zkušeností autora se lze s uzly tohoto typu setkat podstatně častěji než s uzly předchozího typu. Z provozního hlediska tedy lze na strukturu uzlu typu Y nahlížet ze dvou pohledů. Prvním je ten, že mezi centrem s rozhodující přitažlivostí proudů cestujících a analyzovaným uzlem jsou provozovány spoje z obou zbývajících hran dopravního uzlu, které přes tento tranzitují. Jejich společný úsek do centra zde vstupuje do pozice tzv. diametrály. Druhou možností je tranzit spojů pouze z jedné hrany a spoje z druhé hrany v dopravním uzlu svou jízdu končí nebo začínají a cestující zde mají zaručenou návaznost pouze do centra a na druhou hranu již nikoliv. To je také případ úseku

„Fügnerova – Šaldovo náměstí“. Tato diametrála podle místních zvyklostí spojuje horní a dolní centrum, které k sobě neodmyslitelně patří. Často se lze také setkat s tím, že cestující využijí jen tento úsek. Dokládají to také závěry posledních průzkumů intenzit (7). V tomto případě bude stěžejní druhá varianta uzlu, tedy s jednou průběžnou linií a druhou přípojnou linií. Oproti příkladu v citovaných materiálech je zde však nutné počítat s přestupními vazbami do obou směrů tranzitní linky, což ostatně také závisí na charakteru míst, která tranzitní linka spojuje.

Jedním z řešení je posunutí tras jednotlivých spojů, především tedy spojů z přípojně linie, kdy je nejjednodušší právě časové posunutí těchto tras, pokud ale nejsou časové polohy pobytů periodických průběžných spojů příliš od sebe vzdáleny.

Obecně lze na závěr konstatovat, že se jedná o složitou oblast problematiky časové optimalizace tras jednotlivých spojů. Situace může být o to horší, že se nebude jednat o dopravu v pravidelných intervalech. V některých případech totiž není možné časové polohy spojů tranzitní linky posunout, právě z důvodu zabezpečení přestupních návazností v ostatních uzlech. Jeli-kož musí existovat přestup mezi všemi hranami, není možné jako subop-timální řešení zachovat současný stav. (8)

2.3 Typy přestupních vazeb

Pro účely této práce je potřeba objasnit si důležité pojmy, především zde bude užívána terminologie z předmětu Teorie dopravy (9). Přestupem se rozumí pěší uvědomělý pohyb mezi spoji v rámci jedné linky, mezi spoji různých linek nebo mezi různými dopravními prostředky. Může být vykonáván kdekoliv na trase linky či souběžných linek nebo v přestupním uzlu, a to buď dobrovolně nebo nedobrovolně.

Přestupní uzel je základní prvek sítě, který je vytvořen speciálně pro účely přestupu a kde se stýkají méně či více významné linky. Základními teoretickými parametry jsou druhy a umístění nástupišť a délka a charakteristika přesunu. Tyto faktory jsou ovlivňovány celkovým uspořádáním nástu-pišť. Na tomto místě dochází k pomyslnému konfliktu mezi požadavky dop-ravců, kterým záleží na plynulosti a bezpečnosti provozu, a požadavky cestu-jících na co nejmenší přestupní vzdálenost (10). V dané síti se jich může na-cházet více (např. v Praze „Vysočanská“, „Zličín“, „Háje“, v Brně „Hlavní ná-d-raží“, „Česká“, „ZOO“, v Plzni „Slovany, nám. M. Horákové“, „Doubravka,

Zábělská“) nebo jediný (v Liberci „Fügnerova“, v Hradci Královém „Terminál HD“). Přestupní uzel plní v obecné rovině tyto funkce:

- vstup dopravních elementů do dopravní sítě, které nikdy nevstupují přes úsek, ale výhradně jen přes uzel,
- výstup dopravních elementů ze sítě (také výhradně přes uzel),
- shromažďování dopravních elementů,
- tvoření kompletů,
- zánik kompletů,
- manipulace s komplety.

Právě z důvodu existence jediného přestupního uzlu nevstupují dopravní elementy do uzlu přes úsek, ale vždy jen skrze něj. Dle publikace (11) je totiž úsek popisován jako prvek sítě ohraničený dvěma uzly. V případě města Liberce tedy ani není nutné řešit střídavou posloupnost „1. uzel – 1. úsek – 2. uzel – 2. úsek... – n-tý uzel – n-tý úsek – (n+1)-ní uzel“, protože jiný přestupní uzel podobného rázu se ve městě nevyskytuje.

Pokud cestujícimu obecně vznikne nutnost přestoupit, bude vždy tento krok vnímat negativně. Výjimku tvoří případy, kdy přestoupí zcela dobrovolně a na základě osobních potřeb a podnětů (např. návštěva institucí či nákupního centra poblíž přestupní zastávky). Nedobrovolný přestup, který se v síti nachází ve značné míře, je tedy potřeba minimalizovat jak v čase, tak v prostoru. Jelikož se obecně prostorovým uspořádáním přestupních uzlů a terminálů zabývají jiné odborné publikace, bude v této práci pohled zaměřen na minimalizaci časové náročnosti na přestup.

Přestup, jakožto důležitý proces vlastní přepravy, je možné díky znalostem teorie dopravy popsat verbálně i matematicky. Přestup tedy začíná v okamžiku příjezdu prvního vozidla do zastávky. Podle charakteru zastávky a délky nástupiště zastaví vozidlo buď přímo u označníku nebo těsně za vozidlem před ním. Dle nepsaných pravidel a etických zásad by zpravidla měli mít přednost vystupující cestující před nastupujícími. Už tento úkon může výrazně ovlivnit dobu přestupu, pokud se veřejnost chová neukázněně. Významnou a velice nestabilní složkou v přestupním čase je překonání vzdálenosti mezi místem zastavení prvního a druhého vozidla. Tato složka je závislá zejména na uspořádání uzlu a na místě zastavení vozidel. Může ji také ovlivňovat vzdálenost mezi stanovišti spojů nebo druhů dopravy a nepřímocnost cesty.

Dalším, rovněž vysoce nestabilním faktorem je čekání v místě zastavení vozidla, do kterého se cestující rozhodl přestoupit. Tato doba je přímo závislá na intervalu spojů dané linky a především na zpožděném příjezdu spoje, jehož pravděpodobnost se v čase mění. Poslední složkou je čas nástupu do vozidla, který také hraje svou roli. Do tohoto času nástupu se také počítá i odbavení u řidiče, kde je to nutné. Přestup tedy končí ve chvíli, kdy poslední cestující nastoupí do vozidla. Nástup však může být ovlivněn i počtem cestujících. Z individuálních průzkumů na přestupním místě bylo vypořováváno, že menší počet osob (řádově jednotky) absolvuje celý proces rychleji než větší skupina (řádově desítky). Proměnná také může být ovlivněna chováním řidiče, který dobrovolně způsobí zpoždění čekáním na dobíhajícího cestujícího nebo čeká na pravidelný odjezd podle jízdního řádu. Pomocí tohoto verbálního modelu lze stanovit obecnou rovnici doby přestupu t_u podle vztahu (2-1):

$$t_u = t_a + t_g + t_w + t_e + t_{za} \quad [\text{s}], \quad (2-1)$$

kde:

t_u – celková doba přestupu cestujícího [s],

t_a – doba výstupu [s],

t_g – doba chůze mezi nástupišti [s],

t_w – doba čekání na přípoj [s],

t_e – doba nástupu do vozidla [s],

t_{za} – doba do odjezdu podle jízdního řádu [s].

Ze vztahu (2-1) je navíc potřeba definovat veličinu t_g vztahem (2-2):

$$t_g = \frac{3,6 \cdot l_g}{v_g} \quad [\text{s}], \quad (2-2)$$

kde:

l_g – délka chůze [m],

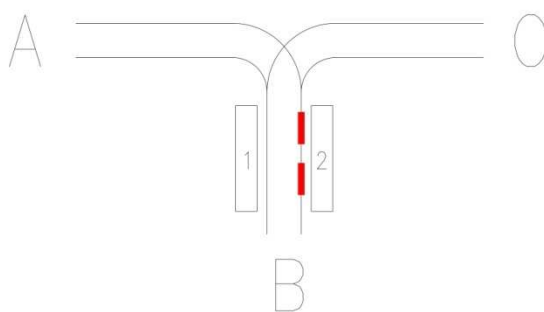
v_g – rychlost chůze [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$].

I když výsledek celkové doby přestupu v sekundách může být velmi vysoké číslo, byla tato jednotka zvolena záměrně z důvodu přesného určení času.

Při převodu na vyšší jednotky (minuty, hodiny) by byl tento výsledek zkreslován zaokrouhlováním sčítanců.

Kombinací výše zmíněných nejvýznamnějších faktorů pak vzniká výsledná podoba přestupní vazby, které se mohou v rámci MHD dělit na čtyři základní skupiny.

Těsná přestupní vazba (obrázek 12) – jde o nejjednodušší přestup,



Obrázek 12: Těsná přestupní vazba

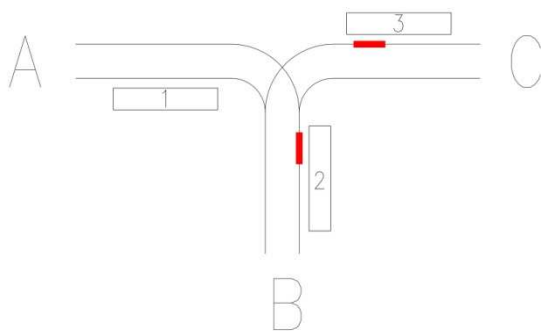
Zdroj: autor

kdy cestující překonává nulové výškové rozdíly a téměř mizivé vzdálenosti mezi spoji. Ty jsou k nástupišti přistaveny tak, aby vzdálenost mezi nimi byla co nejmenší, maximálně však do 1 minuty. Příkladem může být každá nácestná zastávka, kde zastavují spoje alespoň dvou linek. Situaci lépe vystihuje obrázek 12 s tramvajovými tratěmi. Na nástupišti 2 jsou přistaveny dvě soupravy nebo vozidla (značené červeně), obě přijíždějící ze směru B, z nichž první pokračuje ve směru A a druhé ve směru C. Cestující díky stavebnímu uspořádání zastávky (pokud to je technicky možné a vhodné) při přestupu nebude muset překonávat výrazné vzdálenosti, aby pokračoval jiným směrem a de facto neopustí své stanoviště. Technologickou výjimkou však může být odbavování dvou souprav nebo vozidel v zastávce zároveň (viz poslední odstavec kapitoly 1.4). Matematicky by se tento případ vypočítal podle vztahu (2-3).

$$t_u = t_a + t_w + t_e + t_{za} \quad [s], \quad (2-3)$$

přičemž význam jednotlivých symbolů je shodný jako u vztahu (2-1). Chybí zde tedy doba pěšího přesunu mezi nástupišti, jelikož je v této variantě zanedbatelná až nulová.

Polotěsná přestupní vazba (obrázek 13) – tato časově náročnější vazba je obvyklá u zastávek, kde dochází ke spojení tří a více směrů a v některých případech se neobejde bez překonání výškových rozdílů. Přesun však nepřesahuje 2 minuty a většinou ji představuje rozmístění spojů na autobusovém nádraží. Při přestupu mezi dvěma druhy dopravy tato vazba obsahuje i vertikální přestupy. V rámci MHD ji znázorňují zastávky, jejichž stanoviště se nachází ve zcela odlišných směrech, v Praze např. „Strossmayerovo náměstí“



Obrázek 13: Polotěsná přestupní vazba

Zdroj: autor

do B. Pak by výpočet veličiny vypadal následovně:

$$t_g = \frac{3,6 \cdot l_g}{v_g} + t_{wu} \quad [s], \quad (2-4)$$

kde:

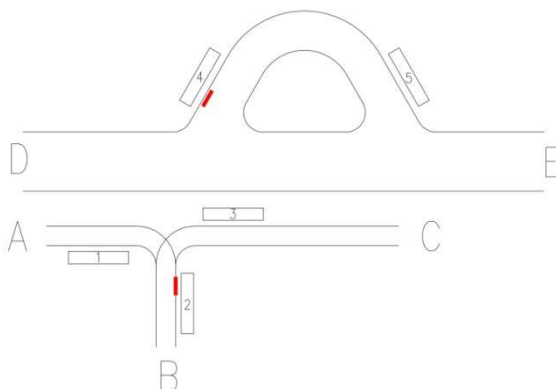
l_g – délka chůze [m],

v_g – rychlost chůze [km.h⁻¹],

t_{wu} – doba čekání na přechodu [s].

Volná přestupní vazba (obrázek 14) – překonávaná trasa mezi nástupišti většinou odlišných druhů

dopravních prostředků je větší než 100 metrů a přesun obvykle trvá mezi 1,5 až 3 minutami, ale nepřesahuje hranici 5 minut. V rámci MHD se zpravidla jedná o velké terminály MHD. Jako příklad ovšem lze také uvést situaci z Plzně na zastávce „Bory“ při přestupu z konečné tramvajové zastávky linky 4 na nástupiště linky 30. Situaci může také demonstrovat ob-



Obrázek 14: Volná přestupní vazba

Zdroj: autor

rázek 14, kdy cestující přestupuje z tramvajového nástupiště 2 na autobusové nástupiště 4. Přitom musí překonat jak tramvajovou trať, tak rušnou městskou ulici, na níž je přechod řízen světelným signalizačním zařízením.

Vztah (2-1) tedy bude platit i zde s tím, že se veličina t_g rozroste o novou proměnnou – o dobu čekání na přechodu pro chodce t_{wus} –, která je vyjádřena ve vztahu (2-5).

$$t_g = \frac{3,6 \times l_g}{v_g} + t_{wu} + t_{wus} \quad [\text{s}], \quad (2-5)$$

kde:

l_g – délka chůze [m],

v_g – rychlost chůze [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$],

t_{wu} – doba čekání na přechodu [s],

t_{wus} – doba čekání na přechodu přes ulici [s].

Velmi volná přestupní vazba – cestující musí překonávat vzdálenost větší než 250 m s časem větším než 4 minuty. Ve veřejné dopravě se jedná o přestupy mezi železnicí a stanovišti autobusů, pokud toto nebylo možné zřídit přímo před výpravní budovou. Typickým příkladem v MHD je přestup ze stanice metra „Vysočanská“ na železniční stanici „Praha – Vysočany“. Zde musí cestující překonat jak značný výškový, tak vzdálenostní rozdíl mezi nástupištěm metra a železniční stanicí. (10, 11)

Tato práce se následně bude zabývat polotěsnými přestupy v autobusovém subsystému, poněvadž při pohledu na terminál (obrázky 4 a 5 a schéma terminálu na obrázku 9) se nejedná ani o velmi volnou ani o volnou přestupní vazbu. Výplývá to podle definic přestupních vazeb a z rozměrů samotného terminálu (vzdálenost nejdlejších bodů nástupiště je 130 m). Pokud by však byly řešeny přestupy mezi autobusovými a tramvajovými spoji, byly by tyto vazby klasifikovány jako volná přestupní vazba.

2.4 Definice vybraných přestupů mezi linkami

Jak již bylo popsáno v kapitole 1.5 o výběru linek, na tomto místě bude podrobně popsán proces vzorového přestupu mezi nimi, což za všechny případy bude představovat polotěsnou přestupní vazbu.

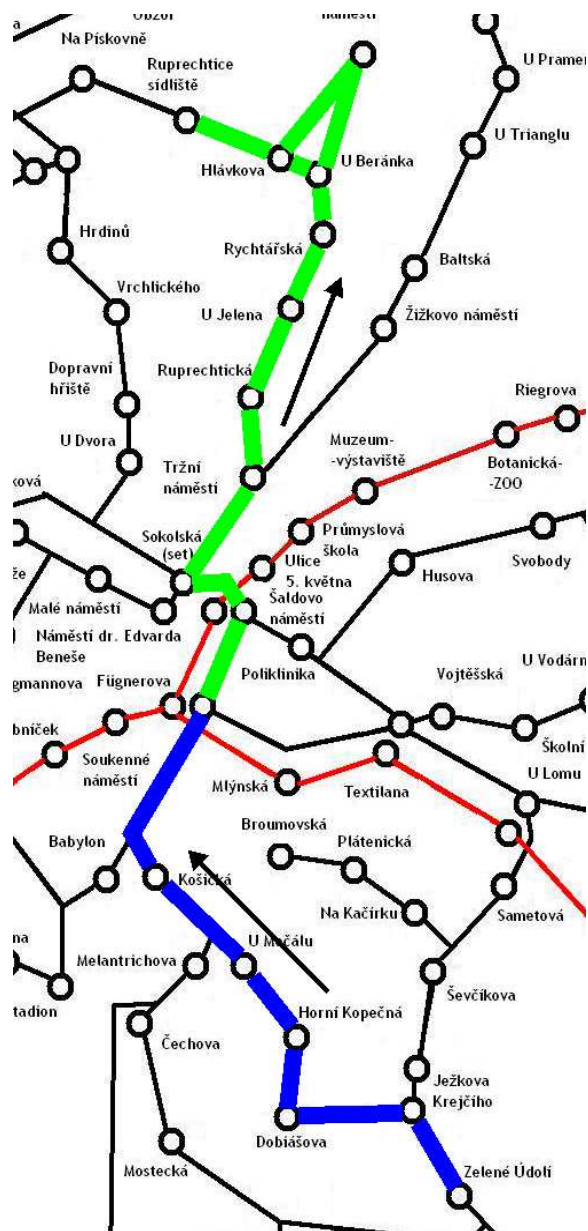
Je potřeba podotknout, že přestupní vazby typu „diametrální – radiální“ a „radiální – diametrální“ nejsou totožné. Zásadní rozdíl v jejich řešeních bude spočívat v tom, že pokud cestující přestoupí ze spoje diametrální linky na spoj radiální linky, měl by být odjezd posledně jmenovaného spoje

přizpůsoben příjezdu spoje diametrální linky. Pokud cestující přestoupí ze spoje radiální linky na spoj diametrální linky, bude příjezd spoje radiální linky přizpůsoben odjezdu spoje diametrální linky.

Polotěsná přestupní vazba z diametrální linky na diametrální linku

- realizovaná z linky 12 ze směru „Zelené Údolí“ (na obrázku 16 modrou barvou) na linku 25 ve směru „Ruprechtice“ (na obrázku 16 zelenou barvou).

Tento přestup je podle definice z předchozí kapitoly nazýván polotěsnou přestupní vazbou. Linka 12 od Zeleného Údolí do Pavlovic pravidelně přijíždí ke stanovišti č. 6, linka 25 od Broumovské do Ruprechtic ke stanovišti č. 7 a přestup mezi linkami probíhá podle naznačeného směru šipky na obrázku 15. Verbálně lze překonání vzdálenosti popsat tak, že cestující po opuštění spoje linky 12 přejde tramvajovou trať a ocitá se na stanovišti č. 7, kde vyčká spoje linky 25. Jelikož nelze určit, ze kterých dveří autobusu cestující vystoupí a do kterých dveří autobusů následujícího spoje poté nastoupí, byla vzdálenost mezi stanovišti vypočtena podle polohy označnicku, která činí 44 m. Průměrná rychlost chůze podle předpisu ČD D2 § 646 (12) je rovna 5 km/h. Předpis však platí jen v rámci železniční dopravy a pro účely této diplomové práce je jen základním vodítkem ke stanovení průměrné rychlosti chůze. Zohlední-li se též skupina cestujících, kterou tvoří OSSPO, a počet osob, které se v terminálu vyskytují, lze tuto hodnotu snížit na 4 km/h. Celá přestupní doba by se tedy dala stanovit podle vztahu (2-1) s tím, že doba chůze mezi stanovišti bude vypočtena podle



Obrázek 15: Kombinace linek 12 a 25
Zdroj: autor

vztahu (2-3). I když je tramvajové těleso zakryto dlažbou a přechod může být uskutečněn ve kterémkoliv místě, předpokládá se, že přechodu přes trať bude bránit projíždějící tramvajová souprava, která cestujícího může zdržet nejvýše 12 s. Tato hodnota byla vypočítána z rychlosti 15 km/h, kterou tramvaje terminálem projíždějí, a sice z technických důvodů (výměny smějí být pojížděny výše zmíněnou doporučenou rychlostí), a z maximální délky soupravy, která činí 30 m v případě dvou spřažených vozidel T3 (včetně prodloužené modifikované tramvaje T3R.PLF). Součástí přírážky je také bezpečnostní prodleva mezi příchodem k místu přechodu a přejezdem místa přechodu tramvajovou soupravou. Výsledný vztah (2-6) by tedy vypadal takto:

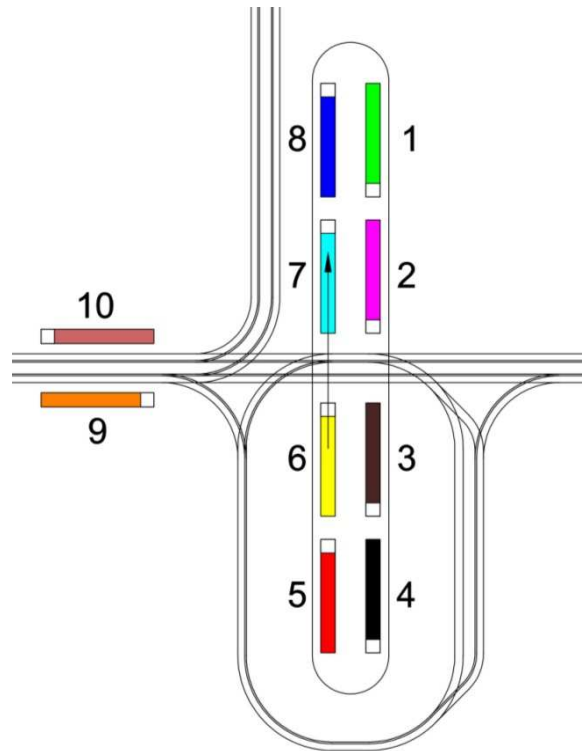
$$t_u = t_a + \frac{3,6 \cdot l_g}{v_g} + t_w + t_e + t_{za} \quad [\text{s}], \quad (2-6)$$

přičemž výklad jednotlivých veličin je shodný jako u vztahů (2-1) a (2-3).

Z jízdních řádů, které byly přelumočeny do přestupního pavouka (viz příloha G – z technických a praktických důvodů však byl vzorek zkrácen na 1 hodinu) mezi 12. a 15. hodinou, vyplývá, že v devíti případech je přestup z linky 12 na linku 25 neuskutečnitelný, jelikož spoj linky 25 odjede před příjezdem linky 12. V 11 případech cestující čeká v intervalu od jedné do 11 minut. Teoretické návaznosti se tedy pohybují tak, že v 55 % případů cestující spoj stihne a v 45 % spoj nestihne, jelikož se podle jízdních řádů míjí o jednu a více minut. Podle vztahu (2-6) byla nejmenší přestupní doba t_u mezi těmito nástupišti vypočtena takto:

$$t_u = t_a + \frac{3,6 \cdot l_g}{v_g} + t_w + t_e + t_{za}$$

$$t_u = 2 + \frac{3,6 \cdot 44}{4} + 0 + 2 + 0$$



Obrázek 16: Přestup mezi linkami 12 a 25
Zdroj: autor

$$t_u = 44 \text{ s}$$

Za proměnné t_w a t_{za} byly dosazeny nulové hodnoty, jelikož se předpokládá, že v krajním případě cestující na autobus čekat nebude a po jeho nástupu autobus od nástupiště ihned odjede. Veličiny t_a a t_e mohou být též nahrazeny extrémnějšími hodnotami, které budou příčinou velkého množství osob při výstupu a nástupu. Výstup z vozidla (t_a) může trvat až 30 s a nástup až 25 s. V tomto případě by se hodnota t_u vyšplhala až na 95 s. Proměnná nástupu do vozidla však může být vynechána. Předpokládá se totiž, že řidič autobusu nechá nastoupit všechny osoby, které daným spojem chtějí jet bez ohledu na to, jak dlouho skupina osob nastupuje do vozu. I když maximální limit přesahuje jednu minutu, podíl 55 % přestupu z linky 12 na linku 25, mezi jejímiž spoji je v jednom případě rozdíl 1 minuty, však přesto zůstává, jelikož se předpokládá, že řidič na dobíhajícího cestujícího ještě počká.

Tabulka 2 přináší údaje o délce přechodu mezi stanovišti na libereckém terminálu a pod hlavní diagonálou také časovou dostupnost.

Tabulka 2: Matice přechodů mezi stanovišti

přechody mezi stanovišti v metrech									
na stanoviště									
		1	2	3	4	5	6	7	8
ze stanoviště	1		25	67	92	79	54	36	40
	2	52		42	67	54	29	40	52
	3	90	67		25	36	40	66	91
	4	112	90	52		40	52	91	116
	5	101	78	62	66		25	67	92
	6	78	56	66	76	52		42	67
	7	62	66	89	111	90	67		25
	8	66	76	111	134	112	90	52	
střední doby přechodu mezi stanovišti v sekundách									

Zdroj: autor

3 NÁVRH MATEMATICKÉHO MODELU

Aby mohl být použit matematický model, o němž pojednává tato kapitola, je nutné nejdříve shromáždit potřebná data. Na jejich základech uvedený model staví a není možné je nahradit jinými veličinami. Vstupy do tohoto modelu je možné získat z jízdních řádů porovnávaných linek, z evidence zpoždění (nejlépe z dispečerského systému, který zaznamenává pohyb vozidel co nejpřesněji – v řádu sekund, nejvýše však v intervalu jedné minuty), z průzkumů zpoždění (viz příloha H) a nakonec z průzkumů intenzit cestujících. Jako proměnné (vstupy modelu) je potřeba získat tyto hodnoty:

- procentuální četnosti zpoždění spojů pozorovaných linek (viz 1. krok),
- příjezd „i-tého“ spoje linky A (viz jízdní řády konkrétní linky),
- odjezd „j-tého“ spoje linky B po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A (viz jízdní řády navazující linky),
- minimální čas potřebný na přestup, daný stavebními a provozními charakteristikami uzlu (neboli hodnota t_u vypočítaná podle vztahu (2-1)),
- rozdíl mezi odjezdem „j-tého“ spoje linky B po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A a odjezdem „j+1-ního“ spoje linky B po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A (viz jízdní řády),
- podíl přestupujících cestujících z linky A na linku B zjištěné na základě průzkumů intenzit cestujících, kteří se v inkriminované době ve vozidle nacházeli.

Výstupem z matematického modelu by měly být tyto hodnoty:

- minimalizované časové ztráty stihnuvších a nestihnuvších cestujících,
- minimalizované časové ztráty stihnuvších, nestihnuvších, nastoupivších a projíždějících cestujících,
- vážené časové ztráty zohledňující zpoždění linky B,
- optimální rozdíl mezi odjezdem „j-tého“ spoje linky B po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A.

V této kapitole bude zaměřena pozornost na výklad výpočtů realizovaných v modelu, v kapitole 4 pak budou řešeny příklady provozních situací s reálnými údaji.

1. krok

Základním pilířem modelu jsou hodnoty zpoždění spojů a procentuální četnost zpoždění spojů linky A a linky B, přičemž obě linky se dají chápat také jako svazek linek jedoucích stejným směrem (v Liberci např. „trojlinka“ 13 – 24 – 26). Z praktických důvodů je pro větší přehlednost vhodné tyto údaje vložit do tabulky, v níž budou vytvořeny kategorie obsahující hodnoty zpoždění. Ta může mít podobu tabulky 3. V ní uvedené hodnoty slouží jen pro demonstrativní účely tohoto modelu. V prvním sloupci se nachází hodnota zpoždění spoje z_i , která je závislá na přesnosti měření zpoždění nebo záznamů dispečerského systému. Zde byly zvoleny intervaly po jedné minutě zpoždění. Zbylé dva sloupce tvoří procentuální četnosti zpoždění linek A a B získané na základě počtů spojů zpožděných o „i“ minut v prvním sloupci. Pro další operace bude tabulka označena těmito proměnnými:

z_i – zpoždění spoje "i" minut [min],

c_{Ai} – procentuální četnost zpoždění linky A o "i" minut [%],

c_{Bi} – procentuální četnost zpoždění linky B o "i" minut [%],

za podmínek, že

$$\sum c_{Ai} = 100 \quad [\%], \quad (3-1)$$

$$\sum c_{Bi} = 100 \quad [\%]. \quad (3-2)$$

Tabulka 3: Výčet hodnot zpoždění a procentuální četnost

hodnota zpoždění	proc. četnost zpoždění linky A	proc. četnost zpoždění linky B
z_i	c_{Ai}	c_{Bi}
0 minut (z_1)	40 % (c_{A1})	25 % (c_{B1})
1 minuta (z_2)	30 % (c_{A2})	15 % (c_{B2})
2 minuty -	10 % -	40 % -
3 minuty -	7 % -	8 % -
4 minuty -	3 % -	4 % -
5 minut -	2 % -	3 % -
-	-	-
„n“ minut (z_n)	A % (c_{An})	B % (c_{Bn})
Σ	100 %	100 %

Zdroj: autor

Procentuální četnosti zpoždění c_{Ai} budou přepočteny na procenta cestujících z důvodu zohlednění intenzity přestupujících osob a přepravních

proudů, v dalším postupu budou hodnoty c_{Bi} přepočteny na pravděpodobnosti včasného příjezdu.

2. krok

Vlastní meritum modelu budou tvořit tyto veličiny:

m_k – požadovaný rozdíl mezi příjezdem "i-tého" spoje linky A a odjezdem "j-tého" spoje linky B po čase příjezdu "i-tého" spoje linky A [min] (viz 2. krok),

s_k – stihnuvší cestující [%] z procentuálních četností zpoždění linky A (viz 3. krok),

u_{sk} – dílčí časová ztráta stihnuvších cestujících [os.min] (viz 4. krok),

n_k – nestihnuvší cestující [%] (viz 5. krok),

u_{nk} – dílčí časová ztráta nestihnuvších cestujících [os.min] (viz 6. krok),

u_{tk} – celkové časové ztráty stihnuvších a nestihnuvších cestujících [os.min] (viz 7. krok),

u_{pk} – dílčí časová ztráta nastoupivších a projíždějících cestujících [os.min] (viz 8. krok),

u_{zk} – celkové časové ztráty stihnuvších, nestihnuvších, nastoupivších a projíždějících cestujících [os.min] (viz 9. krok),

u_{vk} – vážené časové ztráty zohledňující zpoždění linky B [os.min] (viz 10. krok).

Všechny výše vyjmenované hodnoty budou opět z praktických důvodů vloženy do tabulky (např. tabulka 4), z níž se pomocí minimálních časových ztrát u_{tk} , u_{zk} a u_{vk} vyčte rozdíl mezi příjezdy a odjezdy m_k navazujících linek. Uvedený postup může být použitelný v jakémkoliv přestupním uzlu a na kterýkoliv pár měřených linek, jestliže je mezi nimi potřeba zjistit, jaké časové ztráty podíly cestujících vykazují.

Dlužno také dodat, že jednotkou „os.min“ se rozumí osobová minuta, která vznikla na stejném principu jako osobokilometr [oskm] nebo kilowatt-hodina [kWh].

Tabulka 4: Vzor výpočtů časových ztrát – 1

2. krok	3. krok	4. krok	5. krok	6. krok	7. krok	8. krok	9. krok	10. krok
rozdíl mezi spoji	podíl stih. cest.	čas. ztráta stih. cest.	podíl nestih. cest.	čas. ztráta nestih. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} a u_{nk}	čas. ztráty nast. a proj. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} , u_{nk} a u_{pk}	čas. ztráty zpožděním linky B
m_k	s_k	u_{sk}	n_k	u_{nk}	u_{tk}	u_{pk}	u_{zk}	u_{vk}
m_1	s_1	u_{s1}	n_1	u_{n1}	u_{t1}	u_{p1}	u_{z1}	u_{v1}
m_2	s_2	u_{s2}	n_2	u_{n2}	u_{t2}	u_{p2}	u_{z2}	u_{v2}
m_3	s_3	u_{s3}	n_3	u_{n3}	u_{t3}	u_{p3}	u_{z3}	u_{v3}
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Zdroj: autor

Následující postup bude probíhat iterativně, neboli metodou opakovací. Do prvního řádku v prvním sloupci tabulky 4 je nutné vepsat počáteční hodnotu rozdílu mezi příjezdy a odjezdy m_k . Tato první hodnota m_k však musí splňovat podmínku, že musí být větší nebo rovna nule a zároveň větší nebo rovna času potřebného na přestup t_u . Jestliže tedy existují vypočtené minimální i maximální přestupní doby, je nutné z nich podle vzorce aritmetického průměru (3-3) vypočítat střední hodnotu t_u (viz také tabulku 2):

$$t_u = \frac{t_{u \max} + t_{u \min}}{2} \quad [\text{s}] \quad (3-3)$$

za podmínky, že

$$0 \leq m_k \geq t_u. \quad (3-4)$$

V dalších řádcích sloupce m_k se hodnota zvyšuje o 1 minutu, tedy o stejný interval jako zpoždění spoje z_i (viz tabulku 5). Je vhodné vybrat jako nejnižší hodnotu m_k právě takovou, která je rovna času potřebného na přestup t_u , aby byla výsledná křivka vážených časových ztrát zřetelnější, není to však bezpodmínečně nutné. Tím bude jen zajištěn přehled, jak se časové ztráty s časem vyvíjí. Pro účely experimentu bude zvolena počáteční hodnota $t_u = m_k = 2 \text{ min.}$

Tabulka 5: Vzor výpočtů časových ztrát – 2

2. krok	3. krok	4. krok	5. krok	6. krok	7. krok	8. krok	9. krok	10. krok
rozdíl mezi spoji	podíl stih. cest.	čas. ztráta stih. cest.	podíl nestih. cest.	čas. ztráta nestih. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} a u_{nk}	čas. ztráty nast. a proj. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} , u_{nk} a u_{pk}	čas. ztráty zpožděním linky B
m_k	s_k	u_{sk}	n_k	u_{nk}	u_{tk}	u_{pk}	u_{zk}	u_{vk}
2	s1	u _{s1}	n1	u _{n1}	u _{t1}	u _{p1}	u _{z1}	u _{v1}
3	s2	u _{s2}	n2	u _{n2}	u _{t2}	u _{p2}	u _{z2}	u _{v2}
4	s3	u _{s3}	n3	u _{n3}	u _{t3}	u _{p3}	u _{z3}	u _{v3}
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Zdroj: autor

3. krok

Druhý sloupec tabulky obsahuje celkový podíl cestujících, kteří navazující spoj linky B stihli do jeho pravidelného odjezdu s_k . Ke zjištění tohoto součtu slouží právě tabulka 3 s výčtem hodnot zpoždění m_k a procentuální četností c_{Ai} . Součet je dán vztahem (3-5):

$$s_k = \sum_{i=1}^{i=m_k-t_u+1} c_{Ai} \quad [\%] \quad (3-5)$$

Pokud je tedy potřeba například vypočítat počet procent osob, kteří spoj linky B stihli během časového rozdílu mezi spoji $m_3 = 4$ min, bude nutné nejdříve zjistit, do jaké hodnoty c_{Ai} budou data relevantní. K tomu dopomůže horní hranice součtu, která se vypočítá podle vztahu (3-6):

$$i = m_k - t_u + 1, \quad (3-6)$$

kde i je řádkový index tabulky hodnot zpoždění a procentuálních četností. Jestliže čas potřebný na přestup $t_u = 2$ min, lze ze vztahu (3-6) vypočítat, že hraniční hodnotou bude řádek $i = 3$. Součet v tabulce 3 tedy bude končit hodnotou c_{A3} . Výpočet stihnuvších cestujících s_k podle vztahu (3-5) pak bude vypadat následovně (dosazování do vzorců bude vždy uváděno jen pro přehlednost):

$$s_3 = c_{A1} + c_{A2} + c_{A3}$$

$$s_3 = 40 + 30 + 10$$

$$s_3 = 80 \%$$

Spoj linky B během doby $m_3 = 4$ min stihne 80 % cestujících (viz tabulku 6).

Tabulka 6: Vzor výpočtů časových ztrát - 3

2. krok	3. krok	4. krok	5. krok	6. krok	7. krok	8. krok	9. krok	10. krok
rozdíl mezi spoji	podíl stih. cest.	čas. ztráta stih. cest.	podíl nestih. cest.	čas. ztráta nestih. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} a u_{nk}	čas. ztráty nast. a proj. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} , u_{nk} a u_{pk}	čas. ztráty zpožděním linky B
m_k	s_k	u_{sk}	n_k	u_{nk}	u_{tk}	u_{pk}	u_{zk}	u_{vk}
2	40	u_{s1}	n_1	u_{n1}	u_{t1}	u_{p1}	u_{z1}	u_{v1}
3	70	u_{s2}	n_2	u_{n2}	u_{t2}	u_{p2}	u_{z2}	u_{v2}
4	80	u_{s3}	n_3	u_{n3}	u_{t3}	u_{p3}	u_{z3}	u_{v3}
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Zdroj: autor

4. krok

Cestujícím, kteří navazující spoj stíhají, vznikají časové ztráty u_{sk} stáním na zastávce a čekáním na spoj. Tyto ztráty jsou však pojaty z pohledu konstrukce jízdního řádu. Pokud totiž cestující, který čeká v přestupním uzlu na pravidelný odjezd podle jízdního řádu, nevnímá ji apriori jako ztrátu, ale omezuje to jen jeho vnímání veřejné dopravy jakožto celku. Pokud mu však spoj ujede, pak tuto ztrátu chápe jako rozdíl mezi skutečným a plánovaným příjezdem do výstupní zastávky. Časové ztráty nestihnuvších cestujících tedy obsahuje třetí sloupec v tabulce 7 a vypočítají se podle (3-7).

$$u_{sk} = \begin{cases} \sum_{i=1}^k c_{Ai} \cdot z_{k-i-1} & k = y \\ u_{sk-1} + s_{k-1} & k > y \end{cases} \quad (3-7)$$

kde:

k – řádkový index tabulky výpočtů časových ztrát,

y – počet kategorií zpoždění.

$$u_{sk} = \sum_{i=1}^k c_{Ai} \cdot z_{k-i+1} \quad [\text{os. min}] \quad (3-8)$$

Výpočet časových ztrát stihnuvších cestujících u_{sk} se nyní bude opět opírat o tabulku 3, kde lze nalézt všechny potřebné údaje. Díky tomu je možné vypočítat například časové ztráty u_{s3} , která se vztahuje k časovému rozdílu mezi spoji $m_3 = 4$ min na stejném řádku. Podmínkou použití tohoto vztahu však je, že se hodnota k bude rovnat počtu kategorií zpoždění y . Podle vztahu (3-8) tedy 40 % cestujících bude na přípoj čekat 2 minuty, 30 % cestujících počká 1 minutu a 10 % přijde v čas odjezdu přípoje. Výpočet časových ztrát stihnuvších cestujících u_{sk} bude vypadat následovně:

$$u_{s3} = c_{A1} \cdot z_3 + c_{A2} \cdot z_2 + c_{A3} \cdot z_1$$

$$u_{s3} = 40 \cdot 2 + 30 \cdot 1 + 10 \cdot 0$$

$$u_{s3} = 110 \text{ os. min}$$

Časové ztráty u_{s3} cestujících, kteří spoj stihli, jestliže rozdíl spojů $m_3 = 4$ min, mají velikost 110 os.min. Podmínka $k = y$ však nemusí být dodržena zcela. Prakticky stačí takto vypočítat jen první řádek, maximálně však tolik řádků, kolik je počet kategorií zpoždění y . Kategorie zpoždění y jsou definovány od 0 do 7 minut, tedy $k = y = 8$. Ostatní časové ztráty u_{sk} pak lze vypočítat pomocí vztahu (3-9):

$$u_{sk} = u_{sk-1} + s_{k-1} \quad (3-9)$$

Prakticky se tak jedná o součet stihnuvších cestujících s_k a jejich časových ztrát u_s nad aktuálně počítaným řádkem. Například pro u_{s4} by výpočet vypadal takto:

$$u_{s4} = u_{s3} + s_3$$

$$u_{s4} = 110 + 80$$

$$u_{s4} = 190 \text{ os. min}$$

Časová ztráta cestujících, kteří spoj linky B stihnou, pokud rozdíl spojů $m_4 = 5$ min, je tedy 190 os.min.

Tabulka 7: Vzor výpočtů časových ztrát – 4

2. krok	3. krok	4. krok	5. krok	6. krok	7. krok	8. krok	9. krok	10. krok
rozdíl mezi spoji	podíl stih. cest.	čas. ztráta stih. cest.	podíl nestih. cest.	čas. ztráta nestih. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} a u_{nk}	čas. ztráty nast. a proj. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} , u_{nk} a u_{pk}	čas. ztráty zpožděním linky B
m_k	s_k	u_{sk}	n_k	u_{nk}	u_{tk}	u_{pk}	u_{zk}	u_{vk}
2	40	0	n_1	u_{n1}	u_{t1}	u_{p1}	u_{z1}	u_{v1}
3	70	40	n_2	u_{n2}	u_{t2}	u_{p2}	u_{z2}	u_{v2}
4	80	110	n_3	u_{n3}	u_{t3}	u_{p3}	u_{z3}	u_{v3}
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Zdroj: autor

5. krok

Hodnoty n_k představují podíly cestujících, kteří přípojný spoj nestihli z důvodu zpoždění a vysokého času potřebného k překonání vzdálenosti, a vypočítají se podle vztahu (3-10):

$$n_k = 100 - s_k \quad [\%] \quad (3-10)$$

Zjištěné výsledky budou zapsány do čtvrtého sloupce jako v tabulce 8. Jednoduše jde jen o rozdíl mezi celkovým (čili 100%) podílem cestujících a cestujících, kteří spoj stihli. Ukázkový výpočet cestujících, kteří spoj linky B v čase rozdílu spojů $m_2 = 3$ min nestihnou, by pro n_2 vypadal takto:

$$n_2 = 100 - s_2$$

$$n_2 = 100 - 70$$

$$s_3 = 30 \%$$

Jestliže tedy rozdíl spojů $m_2 = 3$ min a spoj linky B bude zpožděn o 2 a více minut, nestihne jej 30 % cestujících.

Tabulka 8: Vzor výpočtů časových ztrát – 5

2. krok	3. krok	4. krok	5. krok	6. krok	7. krok	8. krok	9. krok	10. krok
rozdíl mezi spoji	podíl stih. cest.	čas. ztráta stih. cest.	podíl nestih. cest.	čas. ztráta nestih. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} a u_{nk}	čas. ztráty nast. a proj. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} , u_{nk} a u_{pk}	čas. ztráty zpožděním linky B
m_k	s_k	u_{sk}	n_k	u_{nk}	u_{tk}	u_{pk}	u_{zk}	u_{vk}
2	40	0	60	u_{n1}	u_{t1}	u_{p1}	u_{z1}	u_{v1}
3	70	40	30	u_{n2}	u_{t2}	u_{p2}	u_{z2}	u_{v2}
4	80	110	20	u_{n3}	u_{t3}	u_{p3}	u_{z3}	u_{v3}
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Zdroj: autor

6. krok

V dalším kroku je nutné vypočítat časovou ztrátu cestujících u_{nk} , kteří díky zpoždění navazující spoj linky B nestihli a využijí proto spoje následujícího. Do pátého sloupce v tabulce se tedy zapíše hodnoty vypočtené vztahem (3-11):

$$u_{nk} = \sum_{i=m_k}^y c_{Ai} \cdot (d - t_u - z_{k=i}) \quad [\text{os. min}] \quad (3-11)$$

v němž byla definována nová veličina, a sice:

d – rozdíl mezi odjezdem „j-tého“ spoje linky B (T_{Bj}) po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A (T_{Ai}) a odjezdem „j+1-ního“ spoje linky B (T_{Bj+1}) po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A (T_{Ai}) [min],

což lépe vyjadřuje vztah (3-12):

$$d = (T_{Bj+1} - T_{Ai}) - (T_{Bj} - T_{Ai}) \quad [\text{min}] \quad (3-12)$$

Význam zbylých proměnných vztahu (3-11) byl vyložen dříve.

Obecně vztah (3-11) obsahuje časovou ztrátu každého jednotlivého podílu cestujících, kterým „j-tý“ spoj linky B ujel, a musejí čekat na „j+1-ní“ spoj stejné linky. Například časová ztráta nestihnouších cestujících u_{n3}

se vypočítá tak, že je nejdříve potřeba identifikovat hranice celého součtu. Dolní hranice – počátek součtu – je definována podle (3-13):

$$i = m_k \quad (3-13)$$

$$i = m_3 = 4$$

Řádkový index i se tedy musí rovnat času potřebnému na přestup m_k . Horní hranice je rovna hodnotě y , což odpovídá počtu kategorií měřených zpoždění. Jelikož tabulka 3 slouží jako vzorová a není tedy úplná, bude nahrazena tabulkou 9 s kompletními údaji.

Tabulka 9: Úplný výčet hodnot zpoždění a procentuální četností

hodnota zpoždění	proc. četnost zpoždění linky A	proc. četnost zpoždění linky B
z_i	C_{Ai}	C_{Bi}
0 minut (z_1)	40 % (C_{A1})	25 % (C_{B1})
1 minuta (z_2)	30 % (C_{A2})	15 % (C_{B2})
2 minuty -	10 % -	40 % -
3 minuty -	7 % -	8 % -
4 minuty -	3 % -	4 % -
5 minut -	2 % -	3 % -
6 minut	6 %	3 %
7 minut (z_n)	2 % (C_{An})	2 % (C_{Bn})
Σ	100 %	100 %

Zdroj: autor

Zpoždění 7 minut z tabulky 9 je myšleno jako aproximace. Samozřejmě se mohou objevit i zpoždění vyšší, tyto však lze zařadit do mimořádných zpoždění, která nastávají ojediněle a pro která není potřeba model řešit. Ta by také zvyšovala nároky na časové rezervy, kterých by bylo využito jen sporadicky, tím by došlo i k prodloužení plánovaných cestovních dob. Takový spoj proto bude posuzován na úrovni 7minutového zpoždění. Podle tabulky 9 je tedy již možné určit počet kategorií zpoždění, tedy $y = 8$. Čas potřebný na přestup t_u byl zvolen v prvním kroku a rozdíl mezi odjezdem „j-tého“ a „j+1-ního“ spoje d pro účely tohoto experimentu bude zvolen náhodně, např. $d = 42$ min. De facto by se hodnota d měla rovnat intervalu linky. Nyní je možné se dostat k vlastnímu výpočtu časových ztrát nestihnuvších cestujících u_{n3} podle vztahu (3-11).

$$u_{n3} = c_{A4} \cdot (d - t_u - z_4) + c_{A5} \cdot (d - t_u - z_5) + c_{A6} \cdot (d - t_u - z_6) +$$

$$c_{A7} \cdot (d - t_u - z_7) + c_{A8} \cdot (d - t_u - z_8)$$

$$u_{n3} = 7 \cdot (42 - 2 - 3) + 3 \cdot (42 - 2 - 4) + 2 \cdot (42 - 2 - 5) + 6 \cdot (42 - 2 - 6) + 2 \cdot$$

$$(42 - 2 - 7)$$

$$u_{n3} = 707 \text{ os.min}$$

Uvedený vztah tedy lze popsat tak, že 7 % cestujících, kteří mají zpoždění 3 minuty, čekají na další spoj 37 minut, 3 % cestujících se zpožděním 4 minuty čekají na další spoj 36 minut a podobně. Časová ztráta těchto cestujících je tedy 707 os.min. Vypočtené hodnoty pak budou zapsány do pátého sloupce v tabulce 10, která bude doplněna o zbývající řádky až do hodnoty $m_{11} = 12$ min.

Tabulka 10: Vzor výpočtů časových ztrát - 5

2. krok	3. krok	4. krok	5. krok	6. krok	7. krok	8. krok	9. krok	10. krok
rozdíl mezi spoji	podíl stih. cest.	čas. ztráta stih. cest.	podíl nestih. cest.	čas. ztráta nestih. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} a u_{nk}	čas. ztráty nast. a proj. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} , u_{nk} a u_{pk}	čas. ztráty zpožděním linky B
m_k	s_k	u_{sk}	n_k	u_{nk}	u_{tk}	u_{pk}	u_{zk}	u_{vk}
2	40	0	60	2257	u_{t1}	u_{p1}	u_{z1}	u_{v1}
3	70	40	30	1087	u_{t2}	u_{p2}	u_{z2}	u_{v2}
4	80	110	20	707	u_{t3}	u_{p3}	u_{z3}	u_{v3}
5	87	190	13	448	-	-	-	-
6	90	277	10	340	-	-	-	-
7	92	367	8	270	-	-	-	-
8	98	459	2	66	-	-	-	-
9	100	557	0	0	-	-	-	-
10	100	657	0	0	-	-	-	-
11	100	757	0	0	-	-	-	-
12	100	857	0	0	-	-	-	-

Zdroj: autor

Je zřejmé, že pokud se rozdíl mezi spoji $m_8 = 9$ min a více, se časové ztráty nestihnoušších cestujících u_n rovnají nule. Neexistují totiž žádní cestující, kteří by „j-tý“ spoj linky B nestihli. Tento předpoklad je podpořen analýzou pravděpodobnosti zpoždění první linky.

7. krok

Šestý sloupec (tabulka 11) bude obsahovat součet časových ztrát stihnůvších a nestihnůvších cestujících u_{tk} a vypočítá se podle vztahu (3-14).

$$u_{tk} = u_{sk} + u_{nk} \quad [\text{min}] \quad (3-14)$$

Například hodnota u_{t5} se podle uvedeného výrazu vypočítá takto:

$$u_{t5} = u_{s5} + u_{n5}$$

$$u_{t5} = 277 + 340$$

$$u_{t5} = 617 \text{ os.min}$$

Časové ztráty cestujících, kteří spoj stihnou a nestihnou, jsou tedy dohromady 617 os.min.

Tabulka 11: Vzor výpočtů časových ztrát - 6

2. krok	3. krok	4. krok	5. krok	6. krok	7. krok	8. krok	9. krok	10. krok
rozdíl mezi spoji	podíl stih. cest.	čas. ztráta stih. cest.	podíl nestih. cest.	čas. ztráta nestih. cest.	celk. čas. ztráta u_{sk} a u_{nk}	čas. ztráta nast. a proj. cest.	celk. čas. ztráta u_{sk} , u_{nk} a u_{pk}	čas. ztráta zpožděním linky B
m_k	s_k	u_{sk}	n_k	u_{nk}	u_{tk}	u_{pk}	u_{zk}	u_{vk}
2	40	0	60	2257	2257	u_{p1}	u_{z1}	u_{v1}
3	70	40	30	1087	1127	u_{p2}	u_{z2}	u_{v2}
4	80	110	20	707	817	u_{p3}	u_{z3}	u_{v3}
5	87	190	13	448	638	-	-	-
6	90	277	10	340	617	-	-	-
7	92	367	8	270	637	-	-	-
8	98	459	2	66	525	-	-	-
9	100	557	0	0	557	-	-	-
10	100	657	0	0	657	-	-	-
11	100	757	0	0	757	-	-	-
12	100	857	0	0	857	-	-	-

Zdroj: autor

Již nyní je z tabulky 11 patrné, že nejmenší časové ztráty stihnůvších a nestihnůvších cestujících u_{tk} vykazuje rozdíl mezi návaznými spoji $m_7 = 8$ min. Prakticky to znamená, že pokud „i-tý“ spoj linky A přijede na zastávku např. ve 12:00, „j-tý“ spoj linky B odjede ve 12:08 s tím, že cestující, kteří „i-tým“ spojem linky A přijeli včas, budou na spoj linky B čekat 6 minut. 2 % cestujícím tedy přípojný spoj ujede, avšak za cenu nejnižších

časových ztrát jejich, i cestujících, kteří spoj stihli, tedy za cenu nejnižší hodnoty u_{tk} .

8. krok

Nelze zapomínat ani na to, že se v tranzitních linkách přepravují také cestující, kteří na žádnou jinou linku nepřestupují, a cestující, kteří na dané zastávce nastoupí, a tudíž se ani jich přestup v podstatě netýká. I tuto skupinu osob je tedy nutné při výpočtech zohlednit, jelikož i jim narůstají časové ztráty, které vzniknou posunem odjezdu spoje linky B. Je tedy namístě zohlednit ztráty cestujících, které utrpí časovou ztrátu čekáním na tento spoj a jestli kvůli navrhovanému rozdílu mezi spoji budou tito cestující čekat déle. Podíl přestupujících osob je možné zjistit z průzkumů intenzit nebo průzkumů směřování. V případě, že výsledky průzkumů chybí, je možné tyto pro koncový výpočet časové ztráty stihnouších, nestihnouších, nastoupivších a projíždějících cestujících vynechat. Sedmý sloupec tabulky, jež obsahuje časové ztráty projíždějících a nastupujících cestujících u_{pk} 12 se tedy vypočítá podle (3-15):

$$u_{pk} = \begin{cases} 0 & u_{sk} = 0 \\ (100 - p) \cdot (m_k - t_u) & u_{sk} > 0 \end{cases} \quad (3-15)$$

kde:

p – podíl přestupujících cestujících z linky A na linku B [%].

Jestliže přestupující cestující, kteří stihli „j-tý“ spoj linky B po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A a zároveň neutrpěli žádnou časovou ztrátu, tedy $u_{sk} = 0$ os. min, bude také časová ztráta nastoupivších a projíždějících cestujících nulová, protože tito připojí automaticky stíhají. V tabulce 12 tuto podmínku splňuje jen rozdíl mezi spoji $m_1 = 2$ min. Ostatní časové ztráty u_{pk} pak budou vypočteny podle vztahu (3-16).

$$u_{pk} = (100 - p) \cdot (m_k - t_u) \quad [\text{os. min}] \quad (3-16)$$

Pro účely tohoto experimentu bude podíl přestupujících p zvolen náhodně, např. $p = 12$ %. Pak bude například výpočet časových ztrát u_{p4} podle vztahu (3-16) vypadat následovně:

$$u_{p4} = (100 - p) \cdot (m_4 - t_u)$$

$$u_{p4} = (100 - 12) \cdot (5 - 2)$$

$$u_{p4} = 264 \text{ os.min}$$

Časové ztráty nastupujících a projíždějících cestujících u_{p4} spojem linky A jsou vyčísleny na 264 os.min.

Tabulka 12: Vzor výpočtů časových ztrát - 7

2. krok	3. krok	4. krok	5. krok	6. krok	7. krok	8. krok	9. krok	10. krok
rozíl mezi spoji	podíl stih. cest.	čas. ztráta stih. cest.	podíl nestih. cest.	čas. ztráta nestih. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} a u_{nk}	čas. ztráty nast. a proj. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} , u_{nk} a u_{pk}	čas. ztráty zpožděním linky B
m_k	s_k	u_{sk}	n_k	u_{nk}	u_{tk}	u_{pk}	u_{zk}	u_{vk}
2	40	0	60	2257	2257	0	u_{z1}	u_{v1}
3	70	40	30	1087	1127	88	u_{z2}	u_{v2}
4	80	110	20	707	817	176	u_{z3}	u_{v3}
5	87	190	13	448	638	264	-	-
6	90	277	10	340	617	352	-	-
7	92	367	8	270	637	440	-	-
8	98	459	2	66	525	528	-	-
9	100	557	0	0	557	616	-	-
10	100	657	0	0	657	704	-	-
11	100	757	0	0	757	792	-	-
12	100	857	0	0	857	880	-	-

Zdroj: autor

9. krok

V tomto kroku budou sečteny předchozí hodnoty, které tvořily časové ztráty nastupivších a projíždějících cestujících (u_{pk}), s hodnotami časových ztrát stihnuvších (u_{sk}) a nestihnuvších (u_{nk}) cestujících. Výslednou hodnotu vypočítanou podle (3-17) tvoří celkové časové ztráty u_{zk} a doplní se do osmého sloupce tabulky 13.

$$u_{zk} = u_{sk} + u_{nk} + u_{pk} \quad [\text{os. min}] \quad (3-17)$$

nebo zjednodušeně

$$u_{zk} = u_{tk} + u_{pk} \quad [\text{os. min}] \quad (3-18)$$

Podle uvedených výrazů se například celkové ztráty všech cestujících u_{z4} vypočítá takto (s použitím kratšího vzorce (3-18)):

$$u_{z4} = u_{t4} + u_{p4}$$

$$u_{z4} = 638 + 264$$

$$u_{t5} = 902 \text{ os.min}$$

Pokud tedy rozdíl mezi spoji bude $m_4 = 5$ min, časové ztráty cestujících, kteří spoj B stihli a nestihli, a cestujících, kteří ve spoji A zastávkou projíždějí nebo v ní na spoj A nastupují, budou celkem 902 os.min.

Tabulka 13: Vzor výpočtů časových ztrát – 8

2. krok	3. krok	4. krok	5. krok	6. krok	7. krok	8. krok	9. krok	10. krok
rozdíl mezi spoji	podíl stih. cest.	čas. ztráta stih. cest.	podíl nestih. cest.	čas. ztráta nestih. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} a u_{nk}	čas. ztráty nast. a proj. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} , u_{nk} a u_{pk}	čas. ztráty zpožděním linky B
m_k	s_k	u_{sk}	n_k	u_{nk}	u_{tk}	u_{pk}	u_{zk}	u_{vk}
2	40	0	60	2257	2257	0	2257	u_{v1}
3	70	40	30	1087	1127	88	1215	u_{v2}
4	80	110	20	707	817	176	993	u_{v3}
5	87	190	13	448	638	264	902	-
6	90	277	10	340	617	352	969	-
7	92	367	8	270	637	440	1077	-
8	98	459	2	66	525	528	1053	-
9	100	557	0	0	557	616	1163	-
10	100	657	0	0	657	704	1361	-
11	100	757	0	0	757	792	1549	-
12	100	857	0	0	857	880	1737	-

Zdroj: autor

Z vyznačeného sloupce tabulky 13 je zřejmá nejmenší časová ztráta cestujících, kteří „j-tý“ spoj linky B po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A stihli, nestihli, zastávkou projíždějí nebo do něj teprve nastoupí, na řádku m_4 , která je rovna hodnotě 5 minut. Při aplikaci do praxe se může jednat o „j-tý“ spoj linky B s odjezdem ve 12:05 po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A ve 12:00. Cestující, kteří na tento spoj přestoupí, budou čekat na zastávce již pouhé 3 minuty. Tímto krokem tedy byly vyrovnány ztráty mezi stihnuvšími cestujícími, jejichž podíl se oproti předchozímu případu snížil z 98 % na 87 %, a mezi nestihnuvšími cestujícími, kteří tvoří zbylých 13 %.

10. krok

Poslední sloupec v tabulce 14 obsahuje vážené časové ztráty u_{vk} zohledňující zpoždění linky B. Tyto vážené časové ztráty budou výsledkem součinu celkových časových ztrát u_{zk} a procentuálních četností zpoždění linky B

c_{Bi} z třetího sloupce tabulky 9. Rozdíl bude však v tom, že hodnoty c_{Bi} v tomto případě nebudou představovat procenta cestujících jako v případě c_{Ai} , nýbrž procentuální pravděpodobnosti, o kolik minut se spoj B zpozdil. Tento krok může být vynechán, jestliže se přestupuje na linku, která v přestupním uzlu začíná. Předpokládá se totiž, že spoj odjede ze své počáteční zastávky vždy včas. Výpočet by tak postrádal smysl, protože by existovalo nulové zpoždění. V případě Liberce jde o 11 linek, které začínají nebo končí v terminálu Fügnerova, nepočítaje linky školní a průmyslové. Přestupní vazby se však řeší v tomto modelu komplexně i pro případ dvou diametrálních linek, a je tudíž vhodné se tomuto kroku věnovat. Vážené časové ztráty u_{vk} budou vypočteny podle vztahu (3-19):

$$u_{vk} = \sum_{i=1}^{i=y} u_{zk+i-1} \cdot \frac{c_{Bi}}{100} \quad [\text{os. min}] \quad (3-19)$$

Horní hranicí tohoto součtu bude počet kategorií měřených zpoždění y , proto $y = 8$, jak bylo uvedeno ve 4. kroku. Například vážené časové ztráty u_{v3} se podle (3-18) vypočítají takto:

$$\begin{aligned} u_{v3} &= u_{z3} \cdot \frac{c_{B1}}{100} + u_{z4} \cdot \frac{c_{B2}}{100} + u_{z5} \cdot \frac{c_{B3}}{100} + u_{z6} \cdot \frac{c_{B4}}{100} + u_{z7} \cdot \frac{c_{B5}}{100} + u_{z8} \cdot \frac{c_{B6}}{100} + u_{z9} \cdot \frac{c_{B7}}{100} \\ &\quad + u_{z10} \cdot \frac{c_{B8}}{100} \\ u_{v3} &= 993 \cdot \frac{25}{100} + 902 \cdot \frac{15}{100} + 969 \cdot \frac{40}{100} + 1077 \cdot \frac{8}{100} + 1053 \cdot \frac{4}{100} + 1163 \cdot \frac{3}{100} \\ &\quad + 1361 \cdot \frac{3}{100} + 1549 \cdot \frac{2}{100} \\ u_{v3} &= 1016,13 \text{ os.min} \end{aligned}$$

Vážené časové ztráty u_{v3} , které zohledňují zpoždění tranzitní linky B, budou mít velikost 1016,13 os.min, jestliže rozdíl mezi spoji bude $m_3 = 4$ min.

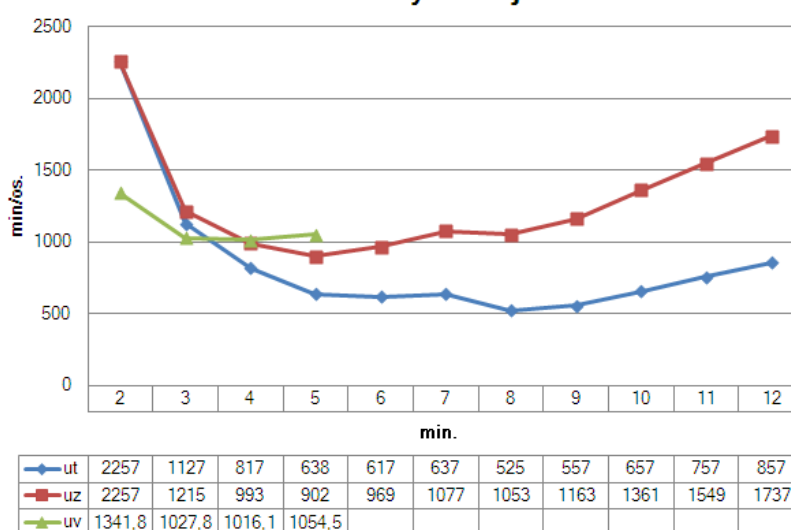
Tabulka 14: Vzor výpočtů časových ztrát – 9

2. krok	3. krok	4. krok	5. krok	6. krok	7. krok	8. krok	9. krok	10. krok
rozdíl mezi spoji	podíl stih. cest.	čas. ztráta stih. cest.	podíl nestih. cest.	čas. ztráta nestih. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} a u_{nk}	čas. ztráty nast. a proj. cest.	celk. čas. ztráty u_{sk} , u_{nk} a u_{pk}	čas. ztráty zpožděním linky B
m_k	s_k	u_{sk}	n_k	u_{nk}	u_{tk}	u_{pk}	u_{zk}	u_{vk}
2	40	0	60	2257	2257	0	2257	1341,78
3	70	40	30	1087	1127	88	1215	1027,8
4	80	110	20	707	817	176	993	1016,13
5	87	190	13	448	638	264	902	1054,45
6	90	277	10	340	617	352	969	
7	92	367	8	270	637	440	1077	
8	98	459	2	66	525	528	1053	
9	100	557	0	0	557	616	1163	
10	100	657	0	0	657	704	1361	
11	100	757	0	0	757	792	1549	
12	100	857	0	0	857	880	1737	

Zdroj: autor

Jak je z tabulky 14 patrné, vážené časové ztráty u_{v5} až u_{v11} nejsou definovány. Je možné však tabulku doplnit dalšími rozdíly m , ale pro názorný příklad a vysvětlení principu tabulka tomuto zadání vyhovuje. Pro lepší přehlednost může být vypracován i bodový graf (obrázek 17), který zřetelně prokáže výsledky tohoto ukázkového modelu. Součástí grafu je také tabulka, ve které budou pro minimální časové ztráty stihnuvších a nestihuvších

Časové ztráty cestujících



Obrázek 17: Graf časových ztrát cestujících

Zdroj: autor

cestujících u_{tk} , minimální časové ztráty všech cestujících u_{zk} a minimální vážené časové ztráty zohledňující zpoždění linky B u_{zk} nalezeny minimální rozdíly mezi spoji m_k .

Z tohoto modelového příkladu prakticky mohou vyjít dva nebo tři závěry. Třetí by byl definován jen v případě, pokud cestující z linky A přestupuje na linku B, která na přestupní zastávce nezačíná.

1. Modrá křivka znázorňuje celkové ztráty cestujících, kteří navazující spoj linky B stihli a nestihli. V tomto případě se $\min u_{t7} = 525$ os. min. Pokud nebudou brány na zřetel ostatní výsledky, lze konstatovat, že $m_7 = 8$ min.
2. Červenou křivku určují časové ztráty cestujících, kteří navazující spoj linky B stihli, nestihli, nastupují do něj a zároveň jím projíždějí přestupní uzel. Minimum této funkce je $\min u_{z4} = 902$ os. min. Určené minimum tedy odpovídá hodnotě $m_4 = 5$ min.
3. Zelenou barvou je označena křivka, která sice nedosahuje celé délky grafu, zato však zohledňuje časové ztráty u_{zk} závislé na zpoždění spojů tranzitní linky B. V řešeném ilustračním příkladě křivka dosahuje svého minima v hodnotě $\min u_{v3} = 1016,1$ os. min, což odpovídá $m_3 = 4$ min.

Jestliže bude opět použit již v této kapitole zmíněný příjezd linky A v čase 12:00, měl by být odjezd navazujícího spoje linky B stanoven podle třetího závěru na 12:04 s tím, že přestupní doba je $t_u = 2$ min a cestující, kteří přestup vykonávají, budou na spoj linky B čekat nejvýše 2 minuty. Pokud se však přestup uskuteční na linku, která v místě přestupu začíná, postačí využít rozdíl mezi spoji m_k druhého závěru, která posune odjezd spoje linky B na 12:05 s třiminutovým čekáním, protože se nepředpokládá žádné její zpoždění.

4 APLIKACE MODELU K ŘEŠENÍ VYBRANÝCH LINEK

Matematický model, který byl podrobně popsán a názorně předveden na ilustračním příkladu v kapitole 3, je nyní možné aplikovat do praxe, v níž bude použito reálných dat. V podmínkách periodického jízdního řádu by bylo dostačující vyřešit přestup pro každé dvě linky jednou. V případě libereckého autobusového subsystému díky absenci pravidelných intervalů to však znamená vypočítat každou dvojici individuálně. Proto jako jeden z typických příkladů přestupu mezi radiální a diametrální linkou v konkrétním čase poslouží kombinace linek 15 a 12, tedy konkrétně přestup z linky 15 od Lukášova na linku 12 do Pavlovic. Tato kombinace byla vybrána záměrně, jelikož linka 12 terminálem projíždí a linka 15 v tomto přestupním uzlu končí. Cílem je tedy využít i poslední krok modelu, který bere v úvahu také zpožděné odjezdy linky 12. Potřebné údaje o přestupu přináší tabulka 15.

Jelikož se výpočty podle modelu stále opakují, budou závěry z následujících čtyř reálných případů popsány na základě výsledných tabulek a grafů. Výsledné soubory hodnot, na něž by měla směřovat největší pozornost, jsou zvýrazněny šedou barvou.

Ve všech příkladech půjde jen o teoretické hodnoty, ke kterým je potřeba se alespoň přiblížit a jízdní řád by se jimi měl řídit. Splnění všech hodnot beze zbytku však možné není, protože např. i jen dvě dvojice linek mohou mít stejné výsledky, ale výsledný odjezd bude závislý na kompromisu.

Tabulka 15: Základní údaje o přestupu mezi linkami 15 a 12

příjezd linky 15 od Lukášova	12:25
odjezd linky 12 do Zeleného Údolí	12:30
následující odjezd linky 12 do Machnina	12:42
typ linky 15	radiální
typ linky 12	diametrální
čas potřebný k přestupu	2 min
typ přestupní vazby	polotěsná
podíl přestupujících osob	11,6 %

Zdroj: autor

Počáteční fáze bude kompletace naměřených četností zpoždění v jednotlivých minutách a rozdělení dat do kategorií, jak je uvedeno v tabulce 16, která deklaruje zpoždění spojů dané linky a procentuální četnosti zpoždění na dané škále.

Tabulka 16: Procentuální četnosti zpoždění linek 15 a 12

zpoždění	linka 15 od Lukášova	linka 12 do Zel. Údolí
0 minut	39 %	29 %
1 minuta	32 %	14 %
2 minuty	13 %	15 %
3 minuty	6 %	17 %
4 minuty	0 %	10 %
5 minut	10 %	15 %

Zdroj: autor

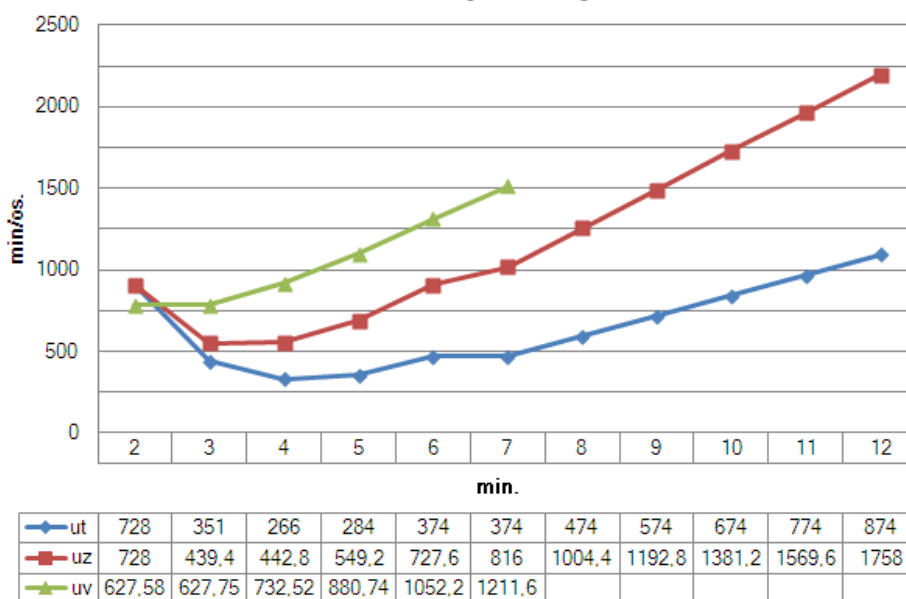
Tabulka 16 byla zpracována na základě osobních průzkumů (příloha H), které byly zaměřeny na zpoždění spojů vybraných linek ve vzorkovém období od 9 do 15 hodin. Dále bylo použito výtahů dat z dispečerského zařízení TopoL, technologie pro sledování, řízení a organizaci provozu v reálném čase v období od 18 do 22 hodin. Z důvodů poruchy tohoto zařízení nebylo možné získat více objektivních dat.

Tabulka 17: Výpočet časových ztrát mezi linkami 15 a 12 - 9

m_k	S_k	U_{sk}	n_k	U_{nk}	U_{tk}	U_{pk}	U_{zk}	U_{vk}
2	39	0	61	728	728	0	728	627,58
3	71	39	29	312	351	88,4	439,4	627,75
4	84	110	16	156	266	176,8	442,8	732,52
5	90	194	10	90	284	265,2	549,2	880,74
6	90	284	10	90	374	353,6	727,6	1052,24
7	100	374	0	0	374	442	816	1211,64
8	100	474	0	0	474	530,4	1004,4	
9	100	574	0	0	574	618,8	1192,8	
10	100	674	0	0	674	707,2	1381,2	
11	100	774	0	0	774	795,6	1569,6	
12	100	874	0	0	874	884	1758	

Zdroj: autor

Časové ztráty cestujících



Obrázek 18: Časové ztráty cestujících linek 15 a 12

Zdroj: autor

Na vyobrazeném grafu na obrázku 18 je zřetelně vidět, jakých minimálních hodnot jednotlivé křivky dosahují. Protože se jedná o reálnou situaci, výsledkem všech výpočtů bude pouze zelená křivka vážených časových ztrát, která dosahuje $\min u_{v1} = 627,58$ os.min. Při přestupu na spoj linky 12 s odjezdem ve 12:30 budou zohledněny časové ztráty všech cestujících, i zpoždění linky 12, které mohla získat během své jízdy od Pavlovic k přestupnímu uzlu „Fügnerova“.

Rozdíl mezi příjezdem „i-tého“ spoje linky A a odjezdem „j-tého“ spoje linky B po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A, tedy veličina označená jako m_k , je podle grafu shodná s dobou, která je potřebná k překonání vzdálenosti mezi stanovišti 1 a 3, na nichž zmiňované linky zastavují, tedy $m_1 = t_u = 2$ min. Znamená to, že nejmenších časových ztrát lze dosáhnout při 39 % přestoupivších cestujících, což se může zdát jako velice nízké procento. Ovšem linka 12 sama o sobě disponuje nízkým intervalem. Vždyt následující spoj stejným směrem jede opět ve 12:42, přičemž se ještě nejedná o období špičky, v níž jezdí až 12 spojů za hodinu. Tento fakt navíc snižuje použitelnost modelu. V tomto případě tedy čekací doba přestupujících cestujících bude nulová.

I když se diplomová práce nezabývá tvorbou jízdních řádů, je možné na základě těchto výpočtů na závěr doporučit, aby byl příjezd linky 15

z Lukášova záměrně opožděn o 3 minuty, tedy v čase 12:28 by měl sledovaný spoj linky 15 přijet k terminálu ke stanovišti č. 1. Je-li však potřeba zvýšit podíl přestupujících, lze ponechat příjezd v současném čase. Spolehlivost se tímto zvýší na 90 % s maximálním čekáním 3 min, avšak navýšením vážných časových ztrát u_p cca o 30 %.

Přestupní vazba z linky 15 od Lukášova na linku 16 do Machnína

Tabulka 18: Základní údaje o přestupu mezi linkami 15 a 16

příjezd linky 15 od Lukášova	12:48
odjezd linky 16 do Machnína	12:50
následující odjezd linky 16 do Machnína	13:20
typ linky 15	radiální
typ linky 16	radiální
čas potřebný k přestupu	1 min
typ přestupní vazby	polotěsná
podíl přestupujících osob	9,3 %

Zdroj: autor

Tabulka 19: Četnosti zpoždění linek 15 a 16

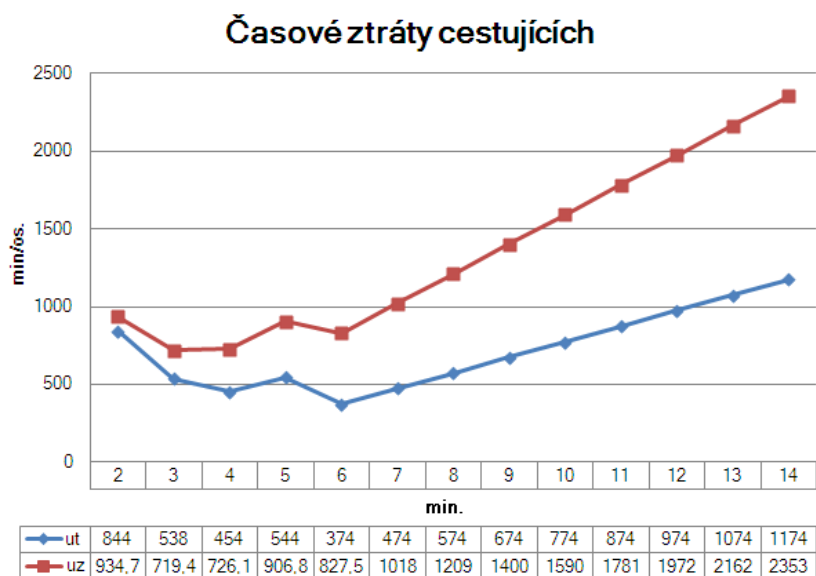
zpoždění	linka 15 od Lukášova	linka 16 do Machnína
0 minut	39 %	29 %
1 minuta	32 %	14 %
2 minuty	13 %	15 %
3 minuty	6 %	17 %
4 minuty	0 %	10 %
5 minut	10 %	15 %

Zdroj: autor

Tabulka 20: Výpočet časových ztrát mezi linkami 15 a 16

m_k	S_k	U_{sk}	n_k	U_{nk}	U_{tk}	U_{pk}	U_{zk}	U_{vk}
2	71	39	29	805	844	90,7	934,7	-
3	84	110	16	428	538	181,4	719,4	-
4	90	194	10	260	454	272,1	726,1	-
5	90	284	10	260	544	362,8	906,8	-
6	100	374	0	0	374	453,5	827,5	-
7	100	474	0	0	474	544,2	1018,2	-
8	100	574	0	0	574	634,9	1208,9	-
9	100	674	0	0	674	725,6	1399,6	-
10	100	774	0	0	774	816,3	1590,3	-
11	100	874	0	0	874	907	1781	-
12	100	974	0	0	974	997,7	1971,7	-
13	100	1074	0	0	1074	1088,4	2162,4	-
14	100	1174	0	0	1174	1179,1	2353,1	-

Zdroj: autor



Obrázek 19: Časové ztráty cestujících linek 15 a 16
Zdroj: autor

Tento přestup představený grafem na obrázku 19 je jeden z případů, v němž není vyobrazena zelená křivka znázorňující průběh vážených časových ztrát u_{vk} . Tato křivka zde v podstatě není ani potřebná, protože se předpokládá, že radiální linka 16 odjede ze své počáteční zastávky – tedy od terminálu – včas. Důležitou spojnici se však stává křivka celkových časových ztrát u_{zk} , v níž je po nahlédnutí do tabulky zřetelné, že minimální hodnotou je $\min u_{z2} = 719,4$ os.min, která pak odpovídá rozdílu mezi spoji $m_2 = 3$ min a podle tabulky 19 také 84 % přestupujících cestujících.

Právě zde by měla být návaznost co nejlepší, jelikož se jedná o radiální linky, které se v terminálu stýkají ze zcela opačných stran města. Současný stav totiž odpovídá jen 71 % stihnuvších cestujících.

Přestupní vazba z linky 12 od Zeleného Údolí na linku 25 do Ruprechtic

Tabulka 21: Základní údaje o přestupu mezi linkami 12 a 25

příjezd linky 12 od Zeleného Údolí	13:06
odjezd linky 25 do Ruprechtic	13:09
následující odjezd linky 25 do Ruprechtic	13:26
typ linky 12	diametrální
typ linky 25	diametrální
čas potřebný k přestupu	2 min
typ přestupní vazby	polotěsná
podíl přestupujících osob	16,5 %

Zdroj: autor

Tabulka 22: Četnosti zpoždění linek 12 a 25

zpoždění	linka 12 od Zel. Údoli	linka 25 do Ruprechtic
0 minut	23 %	23 %
1 minuta	25 %	21 %
2 minuty	11 %	26 %
3 minuty	23 %	23 %
4 minuty	9 %	5 %
5 minut	9 %	2 %

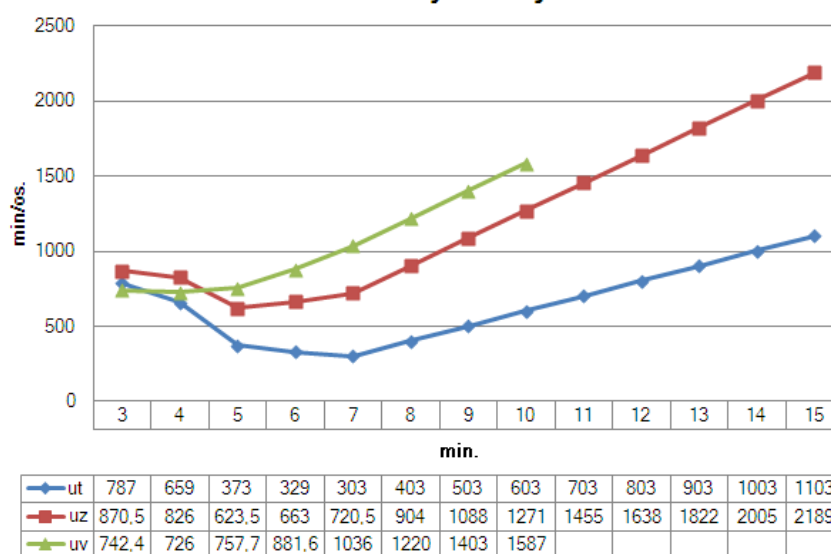
Zdroj: autor

Tabulka 23: Výpočet časových ztrát mezi linkami 12 a 25

m_k	s_k	u_{sk}	n_k	u_{nk}	u_{tk}	u_{pk}	u_{zk}	u_{vk}
3	48	23	52	764	787	83,5	870,5	742,38
4	59	71	41	588	659	167	826	725,96
5	82	130	18	243	373	250,5	623,5	757,68
6	91	212	9	117	329	334	663	881,6
7	100	303	0	0	303	417,5	720,5	1036,12
8	100	403	0	0	403	501	904	1219,62
9	100	503	0	0	503	584,5	1087,5	1403,12
10	100	603	0	0	603	668	1271	1586,62
11	100	703	0	0	703	751,5	1454,5	-
12	100	803	0	0	803	835	1638	-
13	100	903	0	0	903	918,5	1821,5	-
14	100	1003	0	0	1003	1002	2005	-
15	100	1103	0	0	1103	1085,5	2188,5	-

Zdroj: autor

Časové ztráty cestujících



Obrázek 20: Časové ztráty cestujících linek 12 a 25

Zdroj: autor

Podle grafu na obrázku 20 vykazuje zelená křivka vážených časových ztrát u_v své minimum v hodnotě $\min u_{v2} = 726$ os.min. Opět je zde totiž zohledněno zpoždění návazné linky 25, která své zpoždění mohla získat na cestě od zastávky „Broumovská“ až k terminálu. Vypočtená hodnota nejnižšího bodu zelené křivky tedy odpovídá rozdílu mezi spoji $m_2 = 4$ min s 59 % cestujících (viz tabulku 22), kteří chtějí tento přestup vykonat. Jestliže však bude povolena drobná odchylka v časových ztrátách, lze se dostat až na hodnotu $m_3 = 5$ min, kde návazný spoj stihne již 82 % přestupujících.

Řešení tohoto přestupu i přes výpočty modelu a závěry však není jednoznačné, jelikož se u obou linek jedná o diametrální trasy, které končí na sídlištích daleko od terminálu. Posouzení je také o to složitější, že linky nemají ani stejný interval. Podle názoru autora je v tomto případě výpočet modelu neefektivní, protože lze jen těžko sladit současné příjezdy a odjezdy obou linek. Musela by se zde totiž ještě vyskytovat doba společného pobytu, která by se rovnala minimálnímu času potřebnému na přestup mezi těmito linkami. V tomto případě model nenašel své použití a nejvhodnějším doporučením tedy je obě linky i přes rozdílný interval a výsledky výpočtů co nejvíce proložit.

Přestupní vazba z linky 12 od Zeleného Údolí na linku 15 do Lukášova

Tabulka 24: Základní údaje o přestupu mezi linkami 12 a 15

příjezd linky 12 od Zeleného Údolí	13:58
odjezd linky 15 do Lukášova	14:00
následující odjezd linky 15 do Lukášova	14:15
typ linky 12	diametrální
typ linky 15	radiální
čas potřebný k přestupu	2 min
typ přestupní vazby	polotěsná
podíl přestupujících osob	25,9 %

Zdroj: autor

Tabulka 25: Četnosti zpoždění linek 12 a 15

zpoždění	linka 12 od Zel. Údolí	linka 15 do Lukášova
0 minut	23 %	23 %
1 minuta	25 %	21 %
2 minuty	11 %	26 %
3 minuty	23 %	23 %
4 minuty	9 %	5 %
5 minut	9 %	2 %

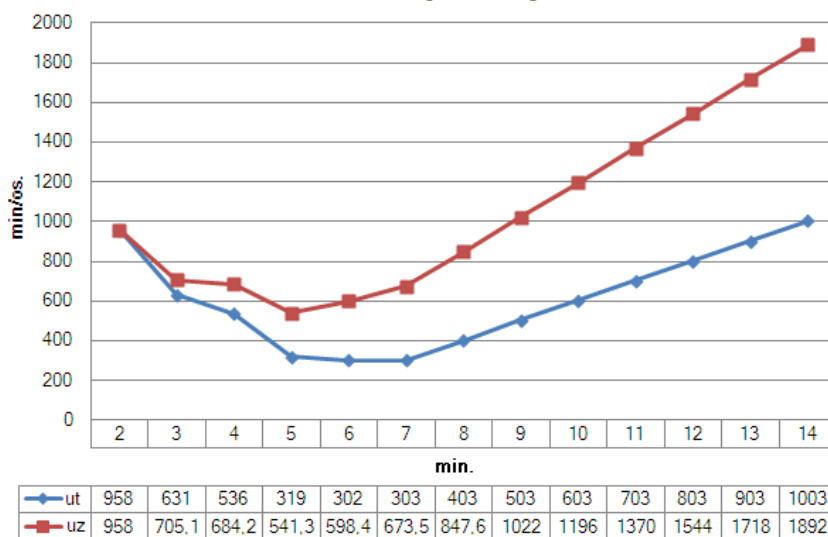
Zdroj: autor

Tabulka 26: Výpočet časových ztrát mezi linkami 12 a 15

m_k	S_k	U_{sk}	n_k	U_{nk}	U_{tk}	U_{pk}	U_{zk}	U_{vk}
2	23	0	77	958	958	0	958	-
3	48	23	52	608	631	74,1	705,1	-
4	59	71	41	465	536	148,2	684,2	-
5	82	130	18	189	319	222,3	541,3	-
6	91	212	9	90	302	296,4	598,4	-
7	100	303	0	0	303	370,5	673,5	-
8	100	403	0	0	403	444,6	847,6	-
9	100	503	0	0	503	518,7	1021,7	-
10	100	603	0	0	603	592,8	1195,8	-
11	100	703	0	0	703	666,9	1369,9	-
12	100	803	0	0	803	741	1544	-
13	100	903	0	0	903	815,1	1718,1	-
14	100	1003	0	0	1003	889,2	1892,2	-

Zdroj: autor

Časové ztráty cestujících



Obrázek 21: Časové ztráty cestujících linek 12 a 15

Zdroj: autor

Také v tomto případě je důležitější červená křivka celkových ztrát všech cestujících u_{zk} (viz obrázek 21), která vykazuje minimum v hodnotě $min u_{z4} = 541,3$ os.min. Opět se totiž předpokládá, že linka 15 od terminálu vyjede vždy včas. Tato minimální hodnota tedy odpovídá rozdílu mezi spoji $m_4 = 5$ min, která se až vzácně téměř blíže shoduje s minimálními hodnotami modré křivky časových ztrát stihnuvších a nestihnuvších cestujících u_{tk} . Podle tabulky 25 je tato doba z 82 % spolehlivá a cestující budou čekat maximálně 3 min. Za současného stavu totiž přestup na linku 15 stihne jen 23 % cestujících.

V tomto případě by podle autora bylo vhodné, aby se odjezdy spojů linky 15 podřídily příjezdům spojů na lince 12 kvůli vyšším intervalům, které ve špičkových hodinách činí až 2,5násobek linky 15.

ZÁVĚR

Společnost DPMLJ provozuje v Liberci jednu ze sedmi českých tramvajových sítí a rozsáhlý systém libereckých autobusových linek, které se až na světlé výjimky setkávají v centru města na nádraží MHD – na zastávce „Fügnerova“ –, který plní funkci významného přestupního uzlu. Přestupní vazby mezi autobusovými linkami při vypočtení příslušných hodnot však mohou dosáhnout lepší kvality za použití matematického modelu, který byl v této diplomové práci důkladně popsán a řádně odzkoušen, jak na teoretickém, tak na praktickém příkladě.

S použitím jízdních řádů, evidence zpoždění (jak na základě osobních průzkumů, tak výstupů dispečerského systému) a průzkumů intenzit byly modelem vypočteny časové ztráty cestujících, kteří mezi spoji linek A a B přestupují, i těch, kterých se přestup netýká, a vážené časové ztráty s ohledem na zpoždění navazující linky B. Z těchto časových ztrát bylo možné následně určit minimální hodnoty, které odpovídaly rozdílu mezi spoji m_k . Všechny uvedené výpočty dokazují, že není prioritou zabývat se jen osobami, které ze spoje na spoj skutečně přestupují, ale je potřeba zohlednit i časové ztráty ostatních, kteří o přestup z jakéhokoliv důvodu nemají zájem. Tvrzení je ostatně zřetelné v případě, kdy cestující přestupují na diametrální linku, u níž jsou navíc zohledněny i časové ztráty zaviněné zpožděním diametrální linky. Konkrétně v případě přestupu z linky 12 na 25 jsou hodnoty m_k odlišné v závislosti na tom, zda se zohledňuje zpoždění spoje linky 25 či nikoliv. Jestliže linka 25 přijede vždy včas, podle časových ztrát $u_{z3} = 623,5$ os. min bude tato hodnota odpovídat rozdílu mezi spoji $m_3 = 5$ min. V případě zpoždění spojů linky 25 se však časové ztráty budou pohybovat v jiné hladině a minimum vážených časových ztrát $u_{v2} = 726$ os. min by odpovídalo $m_2 = 4$ min.

Obecně lze tedy říci, že čím přesnější obě linky jsou, tím jsou celkové i vážené časové ztráty menší, časová ztráta nestihnuvších osob klesá s větším zpožděním rychleji a rozdíl mezi spoji by tedy mohl být kratší. Pokud má však linka A vyšší pravděpodobnost zpoždění a navazující linka B je v příjezdech přesnější, vážené časové ztráty klesají pomaleji a je nutné zvolit vyšší rozdíl mezi příjezdem spoje linky A a odjezdem navazujícího spoje linky B. To také koresponduje s podílem přestupujících cestujících. Vyšší hodnotu m_k je tedy potřeba zvolit i v případě, čím více osob přestup využije. Přesnosti linek lze také chápat jako pravděpodobnosti zpoždění v jednotlivých obdobích dne. V časovém pásmu ranních i odpoledních dopravních špiček tedy

bude rozdíl mezi spoji m_k vyšší, v sedlech naopak nižší řádově o minuty. Výsledky také dokázaly, že čím kratší je interval mezi spoji jedné linky, tím větší je rozdíl mezi jednotlivými časovými ztrátami u_{tk} , u_{zk} a u_{vk} odpovídající přiřazenému rozdílu mezi spoji.

Matematický model může najít uplatnění především na linkách s intervalem větším než 15 minut a pro přestupní vazby vykonávané z radiální linky na radiální linku, z radiální linky na diametrální linku nebo z diametrální linky na radiální linku. V případě přestupu mezi dvěma diametrálními linkami model smysl sice má, lze jej obecně použít, ale za předpokladu, že není požadován přestup z každé linky na každou, zpravidla v případě dodržení přestupní vazby v silnějším směru. Výpočet je nutný především v tom, že koordinovaný příjezd a odjezd všech linek ze všech směrů podobně jako v uzlu ITJŘ není reálný. Na to koneckonců ani nevyhovuje kapacita terminálu. To dokazuje právě kombinace linek 12 a 25. Linka 12 má na autobusovou linku extrémně nízký interval, což je příčinou velkých rozdílů mezi hodnotami m_k . Nelze se tedy zaměřovat na přestupy ze všech směrů. Přestože v porovnání mají obě linky odlišný interval, je doporučeno nezávisle na výsledcích modelu tyto linky v odjezdech z přestupního uzlu co nejrovnoměrněji proložit.

Jednoznačnou výhodou předvedeného modelu je jeho neomezené použití za podmínek, že nebudou posuzovány přestupy mezi všemi směry dvou diametrálních linek a linky nebudou mít interval kratší než 15 minut. Zdaleka se také nemusí jednat ani o linky MHD, postačí vztah napájecí a kmenové linky, aby se přestup odehrával jednostranně. Zároveň je možné získat uspokojivé výsledky, čím přesnější budou data o zpožděních. Předpokladem kvalitních výsledků je však dodržení zvolených časových jednotek, které by měly být stejné jak v tabulce s hodnotami zpoždění, tak i v tabulce výpočtů časových ztrát. Bez vážných problémů lze tedy použít např. interval 20 s, pokud tento bude použit v hodnotách zpoždění z_i a také v rozdílech mezi spoji m_k . Jednoduchost modelu také dokazuje jeho použití v tabulkovém procesoru MO Excel, v němž byly všechny uvedené příklady, včetně modelu samotného, řešeny. Problémem by tedy neměla být ani jeho implementace do sofistikovaného softwaru, který je zaměřený na tvorbu jízdních řádů pro MHD.

Jistou nevýhodou modelu může být náročnost na výpočty v případě, pokud linky, mezi nimiž se s přestupem počítá, mají nestabilní či značně

kolísavý interval. Tehdy je nutné počítat časové ztráty pro každý spoj zvlášť a hodnoty m_k budou v každém řešeném přestupu mezi dvěma spoji vykazovat mírné niance. Tento model tedy může ve výsledku určit i optimální interval linky.

Uvedené příklady v kapitole 4 tedy zachytily všechny možné kombinace přestupů a jejich časových ztrát. Zásadní nevýhodu má liberecký autobusový subsystém především v tom, že pouhá čtvrtina z celkového počtu linek má pevný interval, který se sice během dne ve špičkách i sedlech mění, ale jinak nevykazuje žádné jiné odchylky. V takovém případě by byl výpočet jednodušší, protože by nebylo zapotřebí stanovovat čas odjezdu následujícího spoje přípojně linky pro každý případ zvlášť. Stačil by tedy jen vzorový výpočet jednoho přestupu, který by se opíral o konstantní interval. Model tím dokázal, že výkyvy časových ztrát by nebyly tak markantní, pokud by bylo použito jednotného intervalu. Jak bylo na konkrétních spojích ověřeno, model splnil, ba v některých případech dokonce předčil očekávání a lze říci, že za výše uvedených podmínek pracuje spolehlivě. Zejména v případě přestupu z linky 12 na linku 15, kdy se spolehlivost zvýšila z 23 % na 82 %, u ostatních příkladů nejsou rozdíly tak razantní. Vytvořený matematický model tak jistě může být jedním z nástrojů, jak učinit městskou dopravu v Liberci atraktivnější a především kvalitní službou.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) DVORSKÝ, Petr. Proměny terminálu MHD ve Fügnerově ulici v Liberci. *Městská doprava*, 2008, č. 5, s. 15 – 18, ISBN 1212-9461
- (2) Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 561/2006 Sb. *o bezpečnosti práce řidičů v silniční dopravě*
- (3) MELICHAR, Vlastimil – JEŽEK, Jindřich. *Ekonomika dopravního podniku*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004, 192 s., ISBN 80-7194-711-3.
- (4) *Regiotram Nisa – dopravní průzkumy*, DHV Praha na objednávku Investorská inženýrská, a.s., 30. 4. 2004
- (5) *Dopravní průzkum MHD autobusy – podzim 2004*, DHV Praha na objednávku Investorská inženýrská, a.s., 1. 11. 2004
- (6) *Dopravní průzkum ve vozidlech Dopravního podniku města Liberce v roce 2008 – vyhodnocení průzkumu*, Firma Langer na objednávku DPML, a.s., 27. 4. 2009
- (7) *Analýza intenzit cestujících na síti MHD v Liberci – podzim 2011*, Ing. Michal Matoušek, Ph.D. na objednávku Process Song, s.r.o., 20. 1. 2012
- (8) DRDLA, Pavel. Výukový materiál pro doktorské studium z předmětu *Teorie dopravních a telekomunikačních systémů, část Periodická doprava*. Dostupné z: <<http://drdla.wz.cz/podklady.htm>>.
- (9) TUZAR, Antonín. *Teorie dopravy*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997, 278 s., ISBN 80-01-01637-4
- (10) HAVLENA, Ondřej – JACURA, Martin – TÝFA, Lukáš – JAVOŘÍK, Tomáš – KOHUTKA, Radim. Kategorizace přestupních uzlů se zapojením železniční dopravy. *Silnice Železnice*, 2011, č. 5, příloha, ISSN 1803-8441
- (11) ČERNÝ, Jan – KLUVÁNEK, Pavol. *Základy matematickej teórie dopravy*. Bratislava: Veda, 1989, 279 s., ISBN 80-224-0099-8
- (12) *ČD D2 – Předpis pro organizování a provozování dráhy a drážní dopravy*, 13. 3. 1997

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Výběr linek.....	27
Tabulka 2: Matice přechodů mezi stanovištěmi	37
Tabulka 3: Výčet hodnot zpoždění a procentuální četnost	39
Tabulka 4: Vzor výpočtů časových ztrát – 1	41
Tabulka 5: Vzor výpočtů časových ztrát – 2	42
Tabulka 6: Vzor výpočtů časových ztrát – 3	43
Tabulka 7: Vzor výpočtů časových ztrát – 4	45
Tabulka 8: Vzor výpočtů časových ztrát – 5	46
Tabulka 9: Úplný výčet hodnot zpoždění a procentuální četností	47
Tabulka 10: Vzor výpočtů časových ztrát – 5	48
Tabulka 11: Vzor výpočtů časových ztrát – 6	49
Tabulka 12: Vzor výpočtů časových ztrát – 7	51
Tabulka 13: Vzor výpočtů časových ztrát – 8	52
Tabulka 14: Vzor výpočtů časových ztrát – 9	54
Tabulka 15: Základní údaje o přestupu mezi linkami 15 a 12	56
Tabulka 16: Procentuální četnosti zpoždění linek 15 a 12	57
Tabulka 17: Výpočet časových ztrát mezi linkami 15 a 12 – 9	57
Tabulka 18: Základní údaje o přestupu mezi linkami 15 a 16	59
Tabulka 19: Četnosti zpoždění linek 15 a 16	59
Tabulka 20: Výpočet časových ztrát mezi linkami 15 a 16	59
Tabulka 21: Základní údaje o přestupu mezi linkami 12 a 25	60
Tabulka 22: Četnosti zpoždění linek 12 a 25	61
Tabulka 23: Výpočet časových ztrát mezi linkami 12 a 25	61
Tabulka 24: Základní údaje o přestupu mezi linkami 12 a 15	62
Tabulka 25: Četnosti zpoždění linek 12 a 15	62
Tabulka 26: Výpočet časových ztrát mezi linkami 12 a 15	63

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vyznačená autobusová stání v uzlu „Fügnerova“ po roce 1980 .	11
Obrázek 2: Fügnerova a Soukenné náměstí v roce 1982.....	12
Obrázek 3: Výjezd ze smyčky terminálu MHD	13
Obrázek 4: Vjezd do smyčky terminálu MHD	14
Obrázek 5: Tramvajová křižovatka po rekonstrukci v roce 2008	15
Obrázek 6: Výjezd ze smyčky terminálu MHD po rekonstrukci	16
Obrázek 7: Chybějící kolejové propojení se smyčkou od Lidových sadů.....	17
Obrázek 8: Schéma sítě a výřez kolejového plánu v zastávce „Fügnerova“ ..	18
Obrázek 9: Schéma terminálu MHD.....	21
Obrázek 10: Zastávkový označnick	21
Obrázek 11: Vyznačení nejvytíženějších tras na síti MHD v Liberci.....	25
Obrázek 12: Těsná přestupní vazba	32
Obrázek 13: Polotěsná přestupní vazba.....	33
Obrázek 14: Volná přestupní vazba.....	33
Obrázek 15: Kombinace linek 12 a 25.....	35
Obrázek 16: Přestup mezi linkami 12 a 25.....	36
Obrázek 17: Graf časových ztrát cestujících	54
Obrázek 18: Časové ztráty cestujících linek 15 a 12.....	58
Obrázek 19: Časové ztráty cestujících linek 15 a 16.....	60
Obrázek 20: Časové ztráty cestujících linek 12 a 25.....	61
Obrázek 21: Časové ztráty cestujících linek 12 a 15.....	63

SEZNAM ZKRATEK

ČD	České dráhy
ČKD	Českomoravská Kolben Daněk
DPML	Dopravní podnik města Liberce
DPMLJ	Dopravní podnik města Liberce a Jablonce nad Nisou
EU	Evropská unie
KORID LK	Koordinátor integrované dopravy Libereckého kraje
MHD	městská hromadná doprava
MO	Microsoft Office
OSSPO	osoby se sníženou schopností pohybu a orientace
T2R	motorový tramvajový vůz 2. generace po rekonstrukci s výzbrojí TR37
T3M	motorový tramvajový vůz 3. generace po modernizaci s výzbrojí Škoda s IGBT tranzistory
T3R.PLF	motorový tramvajový vůz 3. generace po rekonstrukci s elektrickou výzbrojí TV Progress a úpravou „low floor“
TopoL	Topografické systémy
VLD	veřejná linková doprava

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A VELIČIN

c_{Ai}	procentuální četnost zpoždění linky A o „i“ minut [%]
c_{Bi}	procentuální četnost zpoždění linky B o „i“ minut [%]
d	rozdíl mezi odjezdem „j-tého“ spoje linky B po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A a odjezdem „j+1-ního“ spoje linky B po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A [min]
i	řádkový index tabulky hodnot zpoždění [-]
k	řádkový index tabulky výpočtů časových ztrát [-]
l_g	délka chůze mezi nástupišti [m]
m_k	požadovaný rozdíl mezi příjezdem „i-tého“ spoje linky A a odjezdem „j-tého“ spoje linky B po čase příjezdu „i-tého“ spoje linky A
n_k	nestihnuvší cestující [%]
p	podíl přestupujících cestujících z linky A na linku B [%]
s_k	stihnuvší cestující [%]
T_{Ai}	čas příjezdu „i-tého“ spoje linky A [hh:mm]
T_{Bj}	čas příjezdu „j-tého“ spoje linky B [hh:mm]
t_a	doba výstupu z vozidla [s]
t_e	doba nástupu do vozidla [s]
t_g	doba chůze mezi nástupišti [s]
t_u	celková doba přestupu cestujícího [s]
t_w	doba čekání na přípoj [s]
t_{wu}	doba čekání na přechodu přes tramvajové těleso [s]
t_{wus}	doba čekání na přechodu přes silnici [s]
t_{za}	doba do odjezdu spoje B podle jízdního řádu [s]
u_{nk}	dílčí časová ztráta nestihnuvších cestujících [os.min]
u_{pk}	dílčí časová ztráta nastoupivších a projíždějících cestujících [os.min]

u_{sk}	dílčí časová ztráta stihn timerých cestujících [os.min]
u_{tk}	celkové časové ztráty stihn timerých a nestihn timerých cestujících [os.min]
u_{vk}	vážené časové ztráty zohledňující zpoždění linky B [os.min]
u_{zk}	celkové časové ztráty stihn timerých, nestihn timerých, nastoupivších a projíždějících cestujících [os.min]
v_g	rychlost chůze [km.h ⁻¹]
y	počet kategorií zpoždění [-]
z_i	zpoždění spoje „i“ minut [min]

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Schémata rozmístění stanovišť v terminálu v roce 1975 a 1976

Příloha B: Fotografie nádraží MHD v 80. letech 20. století

Příloha C: Řízení dopravy v okolí terminálu během rekonstrukce v roce 1995

Příloha D: Stanoviště tramvají a autobusů noční dopravy

Příloha E: Schéma rozmístění stanovišť v terminálu od 17. 1. 2011

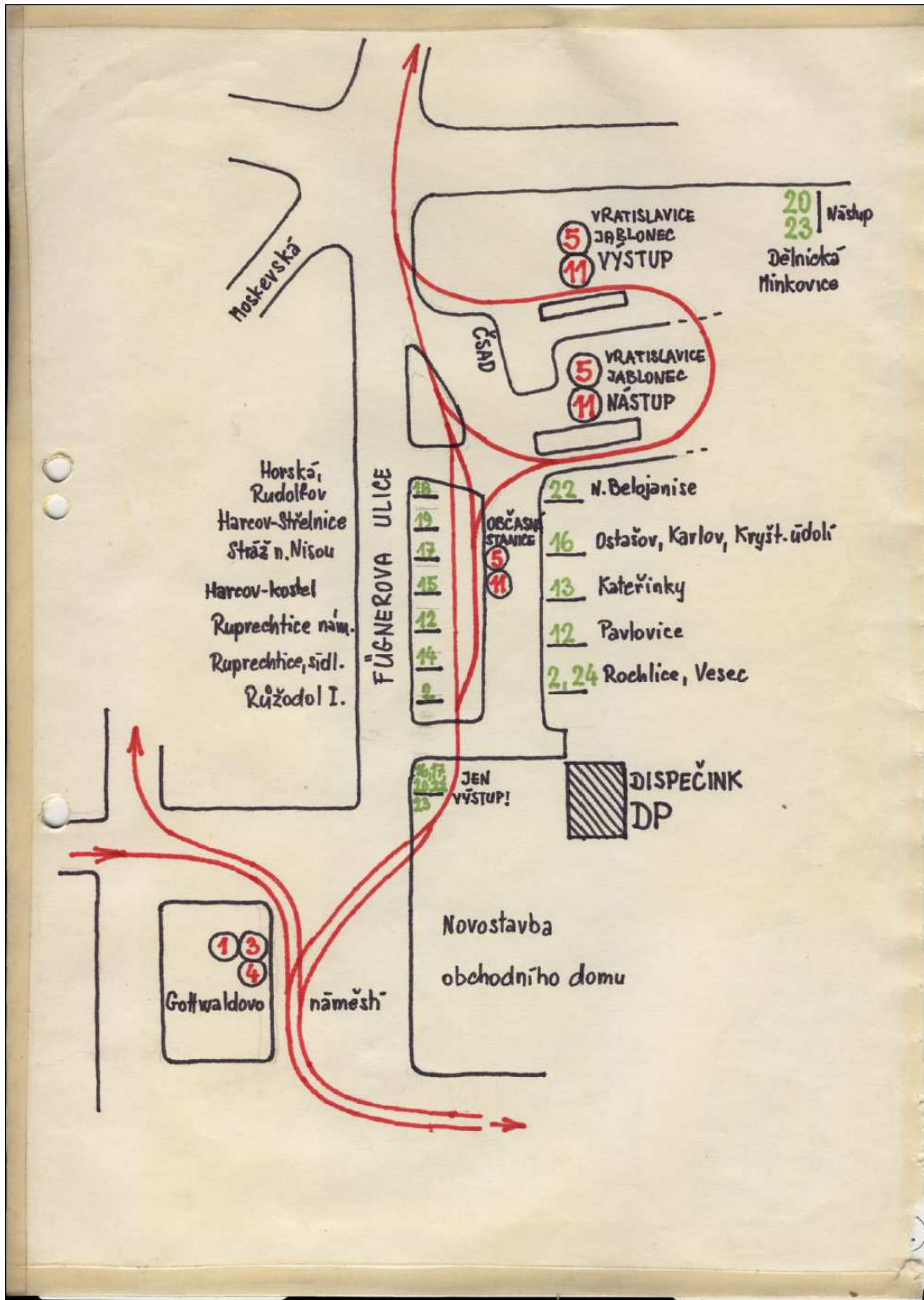
Příloha F: Schéma sítě MHD v Liberci

Příloha G: Přestupy mezi vybranými linkami

Příloha H: Průzkum četnosti zpoždění

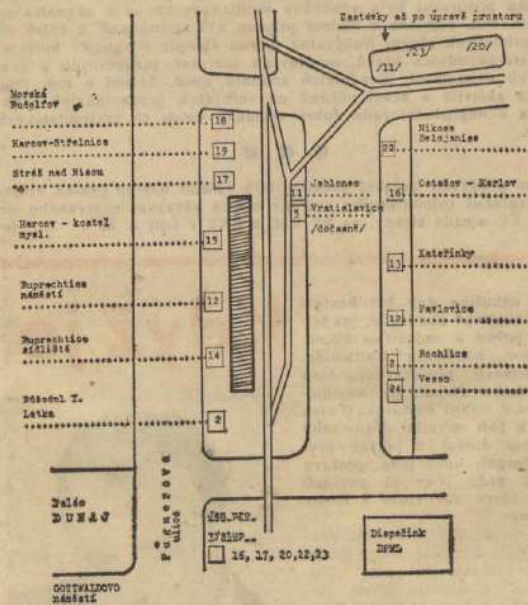
PŘÍLOHY

**Příloha A: Schémata rozmístění stanovišť v terminálu
v roce 1975 a 1976**



1976

ZASTAVKY MHD NA AUTOBUSOVÉM NÁDRAŽÍ VE FUGNEROVÉ UL. V LIBERCI PLATNÉ OD 29. 11. 76



Upozornění veřejnosti

V pondělí 29. listopadu 1976 bude zahájen provoz na celé ploše nově upraveného autobusového nádraží městské hromadné dopravy ve Fugnerově ulici v Liberci. Od tohoto dne dojde k podstatné změně rozmištění autobusových zastávek.

Pro lepší orientaci proto v dnešním čísle našich novin uveřejníme plánec rozmístění zastávek a v úterním vydání se k novým opatřením Dopravního podniku města Liberce ještě podrobně vrátíme.

Příloha B: Fotografie nádraží MHD v 80. letech 20. století



Obrázek 1: Nádraží MHD Fügnerova v 80. letech 20. století

Zdroj: Archiv DPMLJ



Obrázek 2: Nádraží MHD Fügnerova v 80. letech 20. století

Zdroj: Archiv DPMLJ

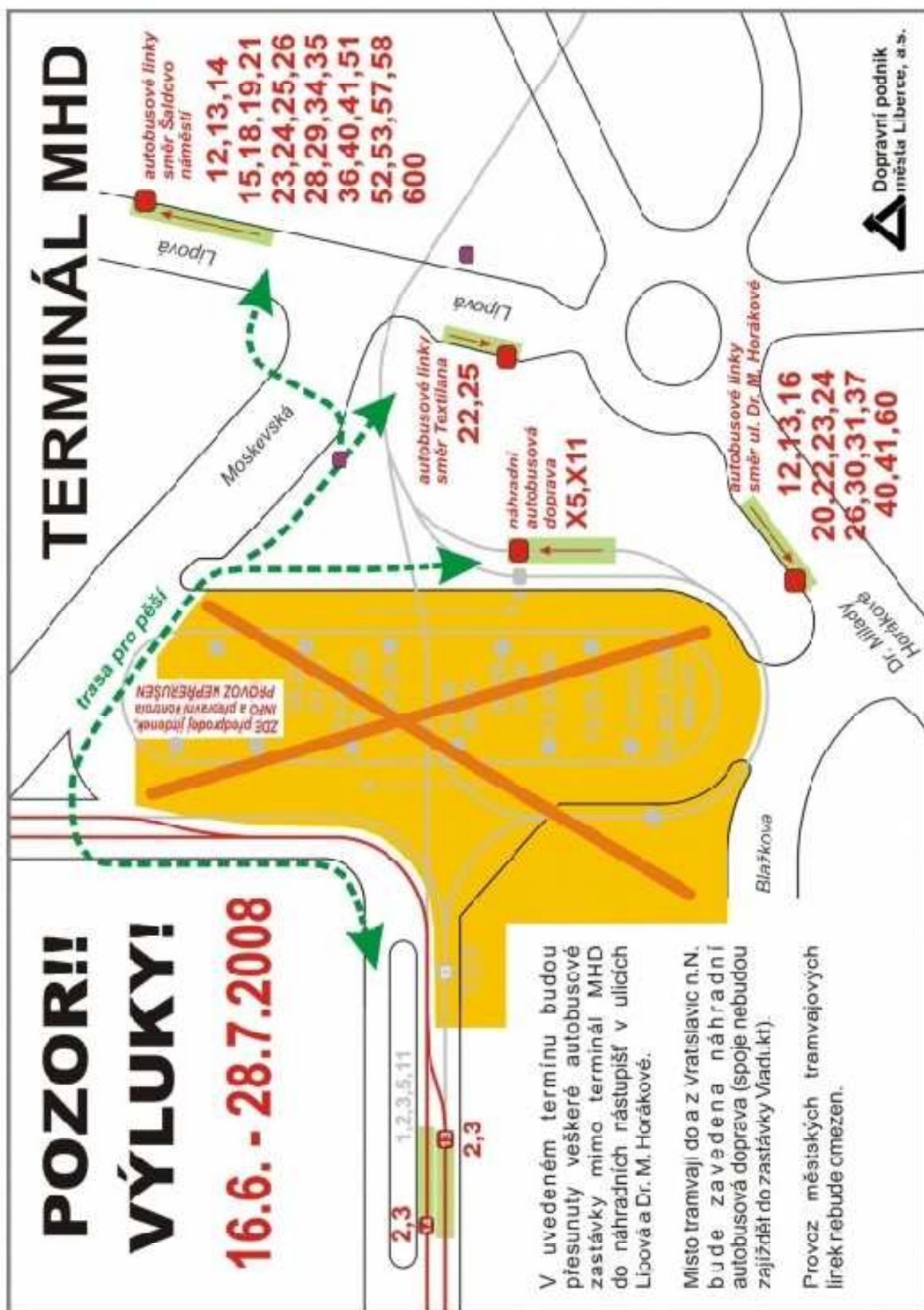


Obrázek 3: Nádraží MHD Fügnerova v 80. letech 20. století
Zdroj: Archiv DPMLJ



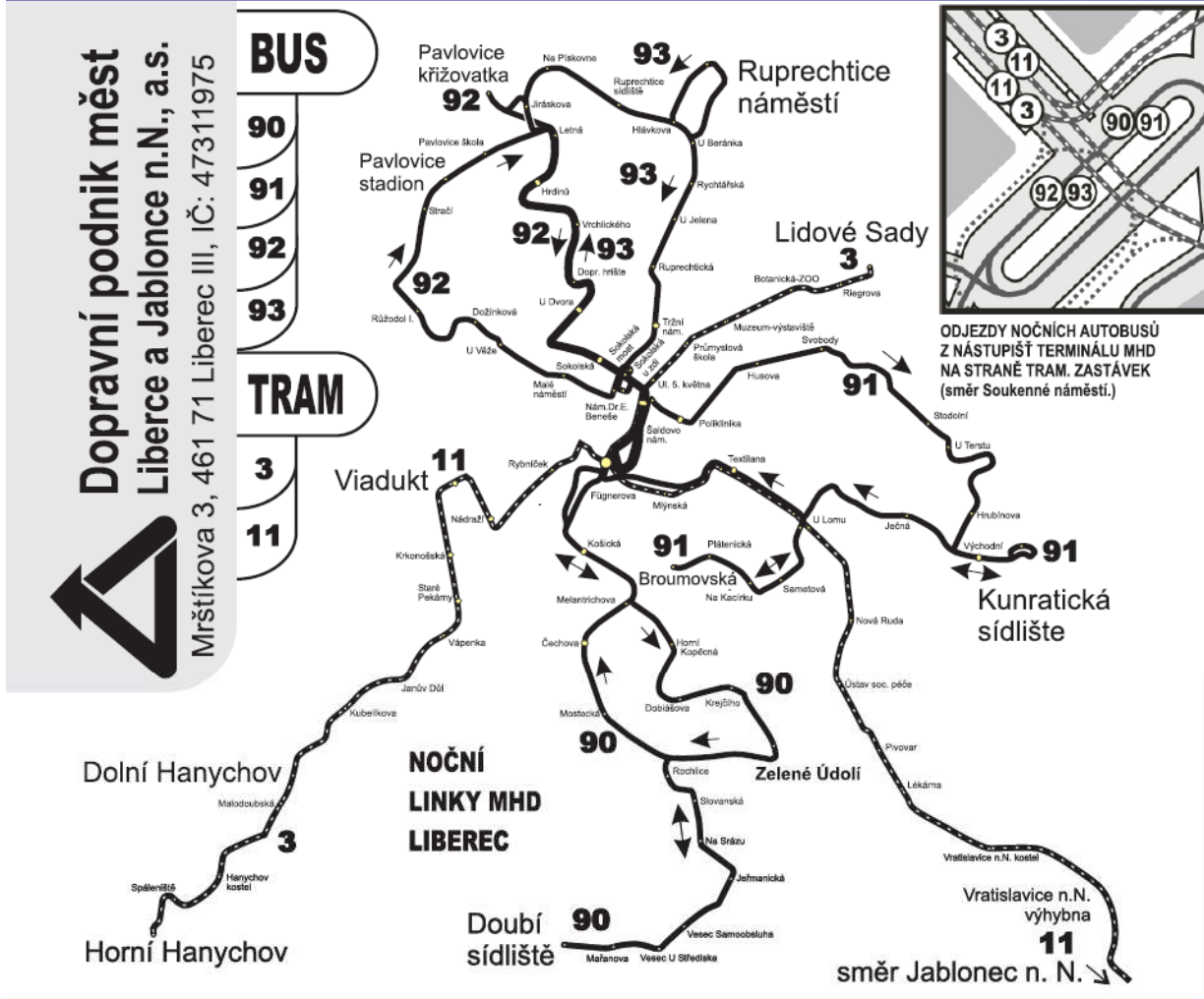
Obrázek 4: Nádraží MHD Fügnerova v 80. letech 20. století
Zdroj: Archiv DPMLJ

Příloha C: Řízení dopravy v okolí terminálu během rekonstrukce v roce 1995



Příloha D: Stanoviště tramvají a autobusů noční dopravy

NOČNÍ LINKY MHD V LIBERCI



dejte si drink...
... a pojedte s námi

www.dpml.cz



**Příloha E: Schéma rozmístění stanovišť v terminálu
od 17. 1. 2011**

FÜGNEROVA - TERMINÁL MHD

1	VÝSTUPNÍ
2	13 směr Doubí sídliště 16 směr Ostašov – Machnín – Novina – Křížanské sedlo 22 směr Americká – Průmyslová zóna Jih – OC Nisa 24 směr Doubí sídliště 26 směr Doubí sídliště 31 směr Průmyslová zóna Jih 35 směr Sametová – Rochlice - Průmyslová zóna Jih
3	12 směr Zelené Údolí – Pekárny - Broumovská 20 směr Rochlice – Pilínkov - Šimonovice 23 směr Zelené Údolí 25 směr Broumovská 37 směr Pilínkov 60 směr Vesec – Doubí sídliště – Pilínkov - Šimonovice
4	17 směr Babylon - 28. října – Tipsport aréna 18 směr U Pramenů – Blanická - Rudolfov 27 směr Nádraží – Růžodol I. – Průmyslová zóna Sever 36 směr Zimní stadion - Ul. 28. října - Fügnerova 51 směr ZŠ Jabloňová 53 směr Kateřinky učňovská škola 500 směr OC Nisa 600 směr Globus
5	VÝSTUPNÍ + PRAHA
6	12 směr Růžodol I - Pavlovice Letná 13 směr Pavlovice křižovatka - Kateřinky 23 směr Růžodol Mlýn – Stráž n. Nisou 24 směr Pavlovice křižovatka - Radčice 26 směr Pavlovice křižovatka – Krásná Studánka 28 směr Růžodol Mlýn – Pavlovice křižovatka - Radčice 30 směr Nádraží – Stráž nad Nisou 92 směr Růžodol I. – Pavlovice křiž. – Vrchlického-Fügnerova 93 směr Vrchlického – Ruprechtice - Fügnerova
7	14 směr Ruprechtice sídliště – Polní – Globus 21 směr Poliklinika – Králův Háj 22 směr Kunratická sídliště – Kunratice Mšenská 25 směr Ruprechtice náměstí – Ruprechtice sídliště 29 směr Husova – Kunratická sídliště 34 směr Ruprechtice - Pavlovice - Růžodol I. - Prům. zóna Jih 52 směr Králův Háj 90 směr Dobiášova–Rochlice–Vesec–Rochlice–Fügnerova 91 směr Husova - Kunratická – Broumovská - Fügnerova
8	15 směr Harcov kostel – Harcov Myslívna – Lukášovské údolí 19 směr Harcov Střelnice - Rudolfov 57 směr Stodolní 58 směr Stodolní
9	1 směr Lidové Sady (historická linka) 2 směr Lidové Sady 3 směr Lidové Sady 5 směr Vratislavice n.N. výhybna 11 směr Vratislavice n.N. výhybna – Jablonec n.N.
10	1 směr Viadukt (historická linka) 2 směr Dolní Hanychov 3 směr Dolní Hanychov - Horní Hanychov 5 směr Rybníček – Viadukt 11 směr Rybníček – Viadukt
11	VÝSTUPNÍ



platí od 17.1.2011

INFOCENTRUM MHD terminál MHD - Fügnerova ul.

i ponděli-pátek 6:00 - 17:00
sobota 7:00 - 13:00

telefon: **485 344 180**

PŘEDPRODEJ JÍZDENEK terminál MHD - Fügnerova ul.

p ponděli-pátek 6:00 - 20:30
sobota 8:00 - 15:00
neděle 13:00 - 18:00

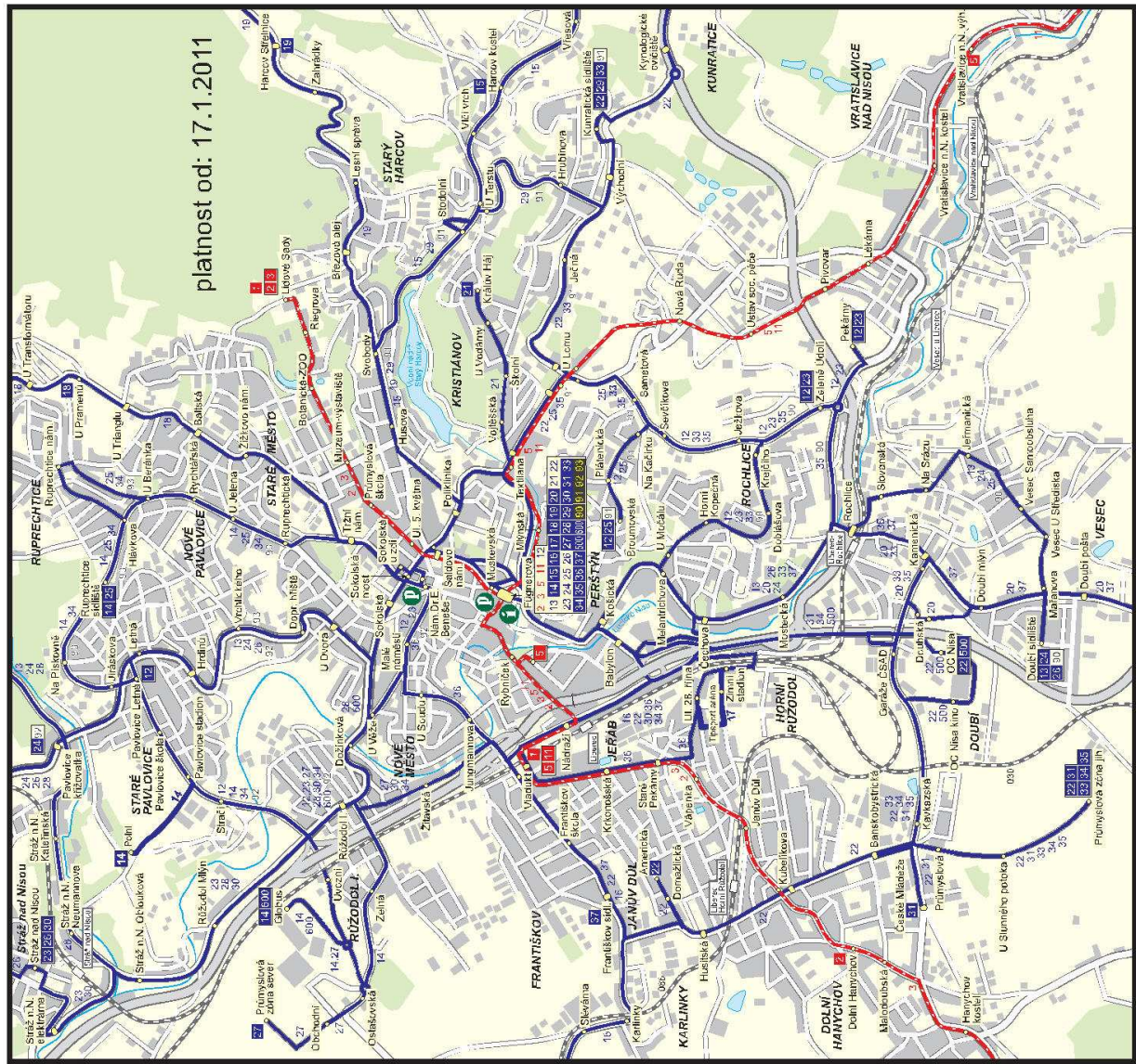
PROVOZNÍ DISPEČINK terminál MHD - Fügnerova ul.

d TRAMVAJE 485 106 828
AUTOBUSY 485 106 838

 **Dopravní podnik měst
Liberce a Jablonce n.N., a.s.**

Mrštíkova 3, 461 71 LIBEREC 3
www.dpml.cz dpml@dpml.cz
ústředna: 485 344 111 info: 485 344 180

Příhola F: Schéma sítě MHD v Liberci



platnost od: 17.1.2011

LINKY MHD LIBEREC

TRAMVAJOVÉ LINKY

- 1 Lidové sady - Fügnerova - Vadiuk (historická trasa)
- 2 Lidové sady - Fügnerova - Vadiuk - Dolní Hanychov
- 3 Lidové sady - Fügnerova - Vadiuk - Dolní Hanychov - Horní Hanychov
- 4 Vadiuk - Rybníček - Fügnerova - Vratislavice n.N. výhybna
- 5 Vadiuk - Rybníček - Fügnerova - Vratislavice n.N. výhybna - Jablonce n.N.

AUTOBUSOVÉ LINKY

- 12 Broumovská - Zelené Údolí - Fügnerova - Pavlovice Letná
- 13 Doubi sídliště - Fügnerova - Pavlovice křižovatka - Kateřinky
- 14 Fügnerova - Ruprechtice sídliště - Polní - Globus
- 15 Fügnerova - Harcov kostel - Lukášovské údolí
- 16 Fügnerova - Osašov - Machin - Novina - Křížanské sedlo
- 17 Fügnerova - Babylon - Zimní stadion - 28. Října - Tipsport arena
- 18 Fügnerova - U Pramenů - Blanická - Rudolfov
- 19 Fügnerova - Harcov Sřetnice - Rudolfov
- 20 Fügnerova - Rochlice - Plínek - Šimonovice
- 21 Kralův Háj - Fügnerova - Poliklinika - Kralův Háj
- 22 Kurnatice Měnská - Kurnatická sídliště - Fügnerova - Americká - Průmyslová zóna Jih - OC Nisa
- 23 Zelené Údolí - Fügnerova - Růžodol Mlýn - Stráž n.N.
- 24 Doubi sídliště - Fügnerova - Pavlovice křižovatka - Radčice
- 25 Broumovská - Fügnerova - Ruprechtice náměstí - Ruprechtice sídliště
- 26 Doubi sídliště - Fügnerova - Pavlovice křižovatka - Krásná Studánka
- 27 Fügnerova - Nádraží - Růžodol I. - Průmyslová zóna Sever
- 28 Fügnerova - Růžodol Mlýn - Pavlovice křižovatka - Radčice
- 29 Fügnerova - Husova - Kurnatická sídliště
- 30 Fügnerova - Nádraží - Stráž n.N.
- 31 Saldovo náměstí - Fügnerova - Průmyslová zóna Jih
- 32 Kurnatická sídliště - Sametova - Rochlice - Průmyslová zóna Jih
- 33 Fügnerova - Ruprechtice sídliště - Pavlovice Letná - Růžodol I. - Průmyslová zóna Jih
- 34 Fügnerova - Sametová - Rochlice - Průmyslová zóna Jih
- 35 Fügnerova - Zimní stadion - U. 28. října - Fügnerova
- 36 Františkov sídliště - Fügnerova - Plínek
- 37 Fügnerova - OC Nisa
- 500 Fügnerova - Globus

NOČNÍ OKRUŽNÍ LINKY

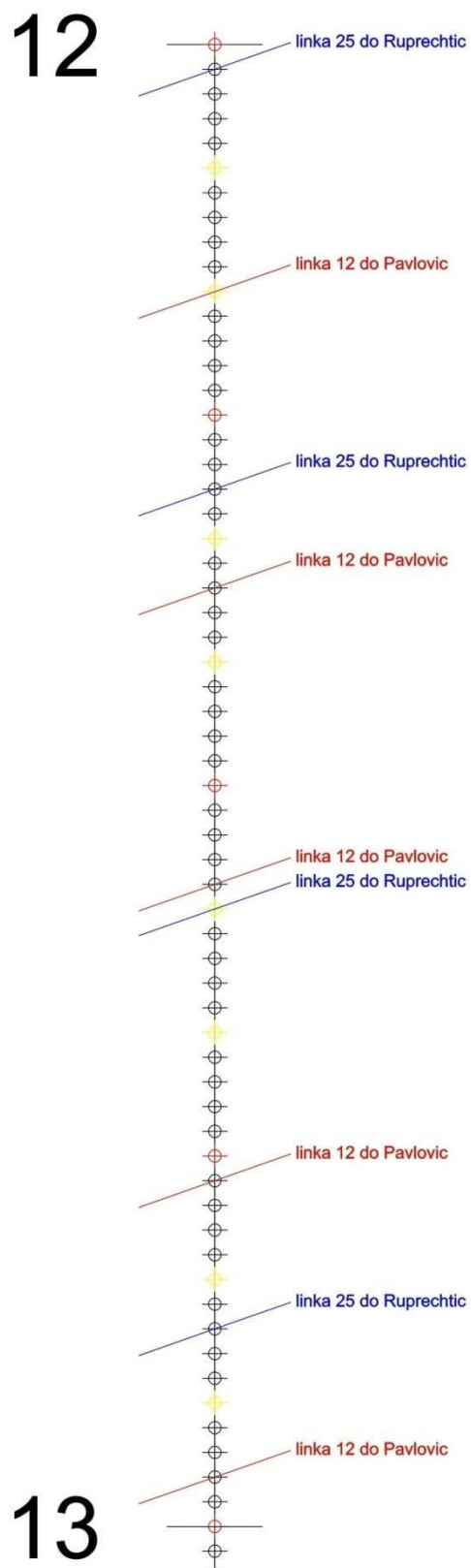
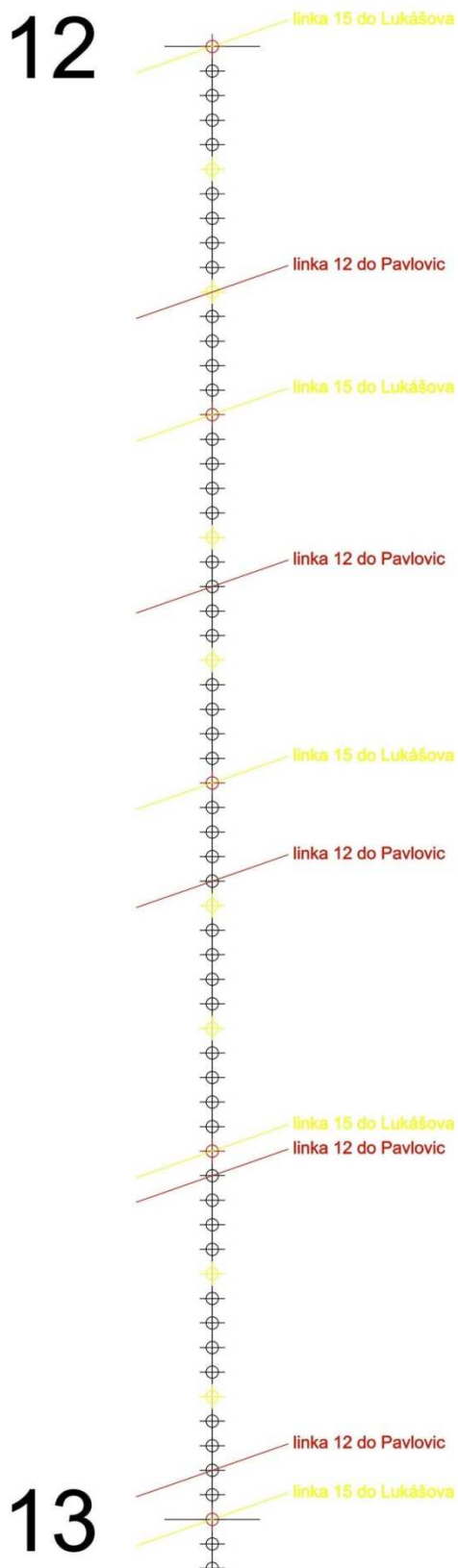
- 90 Fügnerova - Dobišova - Rochlice - Jeřmanická - Doubi sídliště - Mostecká - Melantichova - Fügnerova
- 91 Fügnerova - Husova - Stodolní - Hrubinova - Kurnatická sídliště - U Lomu - Broumovská - Textilana - Fügnerova
- 92 Fügnerova - Saldovo nám. - Malé nám. - Růžodol I. - Pavlovice škola - Pavlovice křižovatka - Letná - Doprní hřiště - Sokolská - Fügnerova
- 93 Fügnerova - Sokolská most - Letná - Hlavkova - Ruprechtice náměstí - U Beránka - Ruprechtická - Náměstí Dr. E. Beneše - Fügnerova

ŠKOLNÍ LINKY (nejsou vyznačeny v plánu sítě)

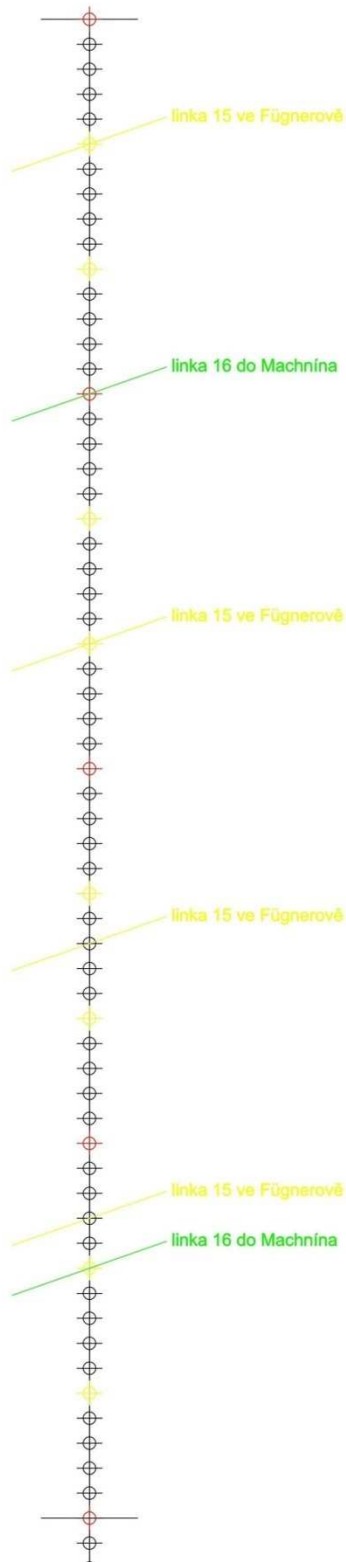
- 51 Fügnerova - ZS Jablonoň
- 52 Fügnerova - Kralův Háj
- 53 Fügnerova - Kateřinky učňovská škola
- 54 Kateřinky učňovská škola - Nádraží - Fügnerova
- 55 Kateřinky učňovská škola - Radčice - ZS Vrchlického - Fügnerova
- 56 Doubi sídliště - Fügnerova - Stodolní
- 57 Nádraží - Fügnerova - Stodolní
- 60 Šimonovice - Plínek - Doubi sídliště - Vesec - Fügnerova

Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce n.N., a.s.
INFO MHD: 485 344 180
 Mířstřikova 3, 461 71 Liberec III, www.dpml.cz, dpml@dpml.cz

Příhola G: Přestupy mezi vybranými linkami



12



12



13

13

Příhola H: Průzkum četnosti zpoždění

linka 15		
příjezd na Fügnerovu		
pravidelný příjezd	skutečný příjezd	rozdíl
9:12	9:13	0:01
9:25	9:25	0:00
9:45	9:52	0:07
10:05	10:06	0:01
10:25	10:26	0:01
10:45	10:45	0:00
11:05	11:05	0:00
11:25	11:25	0:00
11:45	11:55	0:10
12:05	12:06	0:01
12:25	12:25	0:00
12:37	12:42	0:05
12:53	12:55	0:02
13:08	13:10	0:02
13:23	13:23	0:00
13:38	13:41	0:03
13:53	13:54	0:01
14:08	14:11	0:03
14:23	14:23	0:00
14:38	14:40	0:02
14:53	14:54	0:01
18:08	18:09	0:01
18:23	18:23	0:00
18:38	18:37	0:00
18:58	18:59	0:01
19:18	19:18	0:00
19:48	19:50	0:02
20:18	20:19	0:01
20:48	20:47	0:00
21:08	21:07	0:00
21:51	21:52	0:01

linka 12					
směr Dobiášova			směr Pavlovíce		
pravidelný odjezd	skutečný odjezd	rozdíl	pravidelný odjezd	skutečný odjezd	rozdíl
9:06	9:12	0:06	9:10	9:11	0:01
9:18	9:21	0:03	9:22	9:23	0:01
9:30	9:32	0:02	9:34	9:37	0:03
9:42	9:50	0:08	9:46	9:47	0:01
9:54	10:01	0:07	9:58	9:59	0:01
10:06	10:14	0:08	10:10	10:10	0:00
10:18	10:21	0:03	10:22	10:22	0:00
10:30	10:33	0:03	10:34	10:32	0:00
10:42	10:46	0:04	10:46	10:48	0:02
10:54	10:54	0:00	10:58	11:01	0:03
11:06	11:06	0:00	11:10	11:22	0:12
11:18	11:20	0:02	11:22	11:26	0:04
11:30	11:35	0:05	11:34	11:34	0:00
11:42	11:42	0:00	11:46	11:47	0:01
11:54	11:59	0:05	11:58	12:03	0:05
12:06	12:11	0:05	12:10	12:13	0:03
12:18	12:22	0:04	12:22	12:24	0:02
12:30	12:31	0:01	12:34	12:35	0:01
12:42	12:42	0:00	12:46	12:46	0:00
12:54	12:59	0:05	12:58	13:00	0:02
13:06	13:10	0:04	13:10	13:10	0:00
13:18	13:20	0:02	13:22	13:25	0:03
13:30	13:30	0:00	13:34	13:37	0:03
13:42	13:43	0:01	13:46	13:50	0:04
13:52	13:52	0:00	13:58	13:59	0:01
13:57	13:59	0:02	14:05	14:07	0:02
14:02	14:06	0:04	14:10	14:13	0:03
14:07	14:10	0:03	14:15	14:15	0:00
14:12	14:13	0:01	14:20	14:22	0:02
14:17	14:19	0:02	14:25	14:25	0:00
14:22	14:22	0:00	14:30	14:31	0:01
14:27	14:29	0:02	14:35	14:35	0:00
14:32	14:35	0:03	14:40	14:40	0:00
14:37	14:38	0:01	14:45	14:46	0:01
14:42	14:46	0:04	14:50	14:52	0:02
14:47	14:49	0:02	14:55	14:56	0:01
14:52	14:55	0:03	18:07	18:05	0:00
14:57	14:57	0:00	18:14	18:13	0:00
18:03	18:05	0:02	18:21	18:24	0:03
18:10	18:11	0:01	18:35	18:38	0:03
18:17	18:17	0:00	18:49	18:50	0:01
18:24	18:27	0:03	19:03	19:07	0:04
18:31	18:31	0:00	19:17	19:20	0:03
18:38	18:38	0:00	19:31	19:34	0:03
18:45	18:49	0:04	19:45	19:50	0:05
18:52	18:53	0:01	19:57	20:02	0:05
18:59	19:02	0:03	20:11	20:14	0:03
19:06	19:08	0:02	20:34	20:35	0:01
19:20	19:23	0:03	20:48	20:51	0:03
19:34	19:34	0:00	20:58	21:03	0:05
19:48	19:48	0:00	21:25	21:29	0:04
20:00	20:01	0:01	21:38	21:42	0:04
20:17	20:17	0:00	21:56	21:57	0:01
20:29	20:30	0:01			
20:42	20:42	0:00			
21:05	21:05	0:00			
21:19	21:22	0:03			
21:29	21:38	0:09			
21:56	21:56	0:00			

linka 25					
směr Ruprechtice			směr Broumovská		
pravidelný odjezd	skutečný odjezd	rozdíl	pravidelný odjezd	skutečný odjezd	rozdíl
9:11	9:13	0:02	9:07	9:07	0:00
9:28	9:31	0:03	9:24	9:26	0:02
9:45	9:48	0:03	9:41	9:44	0:03
10:02	10:04	0:02	9:58	10:03	0:05
10:19	10:24	0:05	10:15	10:18	0:03
10:36	10:36	0:00	10:32	10:32	0:00
10:53	10:54	0:01	10:49	10:49	0:00
11:10	11:12	0:02	11:06	11:08	0:02
11:27	11:30	0:03	11:23	11:22	0:00
11:44	11:45	0:01	11:40	11:41	0:01
12:01	12:04	0:03	11:57	11:58	0:01
12:18	12:20	0:02	12:14	12:15	0:01
12:35	12:38	0:03	12:31	12:26	0:00
12:52	12:54	0:02	12:48	12:49	0:01
13:09	13:13	0:04	13:05	13:05	0:00
13:26	13:28	0:02	13:22	13:23	0:01
13:43	13:47	0:04	13:39	13:44	0:05
14:00	14:03	0:03	13:56	13:59	0:03
14:12	14:15	0:03	14:13	14:18	0:05
14:24	14:25	0:01	14:30	14:30	0:00
14:36	14:38	0:02	14:42	14:42	0:00
14:48	14:48	0:00	14:54	14:54	0:00
18:00	18:03	0:03	18:06	18:06	0:00
18:12	18:14	0:02	18:18	18:15	0:00
18:24	18:25	0:01	18:30	18:30	0:00
18:36	18:39	0:03	18:42	18:41	0:00
18:48	18:47	0:00	18:54	18:53	0:00
19:00	19:01	0:01	19:06	19:08	0:02
19:20	19:20	0:00	19:18	19:15	0:00
19:35	19:37	0:02	19:30	19:30	0:00
19:50	19:49	0:00	19:50	19:49	0:00
20:05	20:06	0:01	20:05	20:07	0:02
20:20	20:22	0:02	20:20	20:20	0:00
20:35	20:35	0:00	20:35	20:38	0:03
20:50	20:50	0:00	20:50	20:51	0:01
21:05	21:05	0:00	21:05	21:06	0:01
21:20	21:21	0:01	21:20	21:22	0:02
21:35	21:36	0:01	21:35	21:38	0:03
21:50	21:48	0:00	21:50	21:49	0:00

linka 16		
příjezd na Fügnerovu		
pravidelný příjezd	skutečný příjezd	rozdíl
9:07	9:09	0:02
10:01	10:02	0:01
10:52	10:53	0:01
11:46	11:44	0:00
12:38	12:39	0:01
13:06	13:09	0:03
13:40	13:40	0:00
14:09	14:14	0:05
14:22	14:23	0:01
14:31	14:31	0:00
14:56	14:56	0:00
18:16	18:15	0:00
18:50	18:50	0:00
19:05	19:06	0:01
19:14	19:13	0:00
19:56	19:56	0:00
20:33	20:34	0:01
21:26	21:26	0:00