

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrh organizace trolejbusového subsystému
MHD ve středu města Pardubice po rekonstrukci
třídy Míru

Bc. Ondřej Míča

Diplomová práce

2013



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej Míča**
Osobní číslo: **D12721**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Návrh organizace trolejbusového subsystému MHD ve středu města Pardubice po rekonstrukci Třídy Míru**
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 současného stavu
- 2) Návrh možných řešení
- 3) Porovnání navržených řešení

Závěr

Rozsah grafických prací: **2 -3**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:


- 1) DRDLA, P. Technologie a řízení dopravy - městská hromadná doprava. Univerzita Pardubice, 2005, 136 s. ISBN 80-719-4804-7.
- 2) ČERNÁ, A. - ČERNÝ, J. Teorie řízení a rozhodování v dopravních systémech. Institut Jana Pernera, 2004, 150 s. ISBN 80-865-3015-9.
- 3) VONKA, J. - DRDLA, P. - BÍNA, L. - ŠIROKÝ, J. Osobní doprava. Univerzita Pardubice, 2004. 166s. ISBN 80-7194-630-3
- 4) Interní materiály DPmP a.s.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Nachtigall, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **1. února 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **31. května 2013**


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


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

V Pardubicích dne 1. února 2013

Prohlašuji:

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 13. 5. 2013.

Bc. Ondřej Míča, v. r.

Anotace

Tato práce se zabývá optimalizací vedení trolejbusových linek ve středu města Pardubice po plánované opravě třídy Míru, o které rozhodlo Zastupitelstvo města Pardubic na svém XIII. zasedání dne 24. 1. 2012.

V úvodní části bude provedena analýza současného stavu provozu trolejbusové dopravy v centru Pardubic. V další části bude navrženo několik možných variant provozu po rekonstrukci třídy Míru, které budou v závěrečné části mezi sebou porovnány a zhodnoceny.

Klíčová slova

městská hromadná doprava, Pardubice, trolejbusová doprava, třída Míru, simulace

Title

The organization of trolleybus subsystem of MHD Pardubice in the center of the city after the reconstruction of třída Míru street.

Annotation

The goal of this work is to optimize lines of trolleybus subsystem of MHD Pardubice in the center of the city after the reconstruction of třída Míru street, about which decided the City Council of Pardubice at it's XIII. meeting on 24th January 2012.

At the first part of the work there will be an analysis of current trolleybus transport in the centre of Pardubice. The purpose of the next part is to suggest variants of new line management after the reconstruction, which will be at the final part compared and evaluated.

Key words

public mass transport, Pardubice, trolleybus transport, třída Míru street, simulation

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Ing. Petru Nachtigalovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině a přátelům za podporu po celou dobu mého studia. Za cenné rady s programem Arena® bych rád poděkoval pánům Ing. Viktoru Patrasovi, Ph.D. a Ing. Michaelu Bažantovi, Ph.D. Všem zaměstnancům DPmP a.s. bych chtěl poděkovat za vstřícný přístup. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat panu Johnu McDougallovi a bratrům Donaldu a Alexandrovi Johnstonovým za inspiraci při psaní této práce.

Bc. Ondřej Míča, v. r.

Obsah

Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	11
Seznam zkratk	12
Úvod.....	13
1 Historický vývoj třídy Míru a veřejné dopravy po ní vedené	15
1.1 Využití třídy Míru pro veřejnou dopravu	16
1.2 Návrhy rekonstrukce a pěší zóny na třídě Míru.....	17
2 Současný stav MHD v Pardubicích.....	19
2.1 Městská hromadná doprava v Pardubicích	19
2.2 Vedení trolejbusových linek na třídě Míru.....	20
2.3 Trolejbusový vozový park	21
3 Statistické zpracování změřených dat	23
3.1 Doba průjezdu třídou Míru	25
3.2 Zpoždění konkrétního spoje	27
4 Návrh variant řešení	31
4.1 Varianta 1: zachování současného rozsahu provozu na třídě Míru.....	32
4.2 Varianta 2: Vedení linky 2 po Sukově třídě	34
4.3 Varianta 3: Vedení linky 13 po Sukově třídě.....	36
4.4 Varianta 4: Svazkování linek 5 a 13.....	38
4.5 Varianta 5: Víkendová varianta	39
5 Návrh modelu.....	41
5.1 Fáze před vstoupením instance entity na jednostopý úsek	42
5.2 Fáze průjezdu entity jednostopým úsekem.....	45
5.3 Fáze po projetí instance jednostopým úsekem.....	46
6 Zhodnocení navržených variant	47
6.1 Varianta 1	47
6.2 Varianta 2	48
6.3 Varianta 3	49
6.4 Varianta 4	50
6.5 Varianta 5	50
6.6 Srovnání navrhovaných variant	51
Závěr	53
Seznam použitých zdrojů	55
Seznam příloh.....	58

Seznam obrázků

Obrázek 1: Trolejbus Škoda 7Tr odbočující z dnešního Náměstí republiky na třídu Míru	15
Obrázek 2: Vizualizace zahloubení komunikace na Náměstí republiky.	17
Obrázek 3: Schématické znázornění linek a oblastí	21
Obrázek 4: Kumulativní průměr dob průjezdu třídou Míru	24
Obrázek 5: Histogram četnosti výskytů naměřených hodnot dob průjezdu třídou Míru	26
Obrázek 6: Trvale záložní autobus eč. 173.....	28
Obrázek 7: Histogram četnosti výskytů naměřených hodnot zpoždění konkrétního spoje.....	29
Obrázek 8: Schématické znázornění alternativní trasy.....	35
Obrázek 9: Současný stav křižovatky Sukovy třídy a Sladkovského ulice.....	36
Obrázek 10: Submodel příjezdů na třídu Míru s nastavením modulu <i>Create</i> pro linku 13.....	43
Obrázek 11: Parametrizace modulu <i>Route</i> K zastavce TrM.....	44
Obrázek 12: Nastavení modulu <i>Hold</i>	44
Obrázek 13: Nastavení modulu <i>Assign</i> Obsazení jízdy z Grandu	45
Obrázek 14: Nastavení modulu <i>Ke konci</i> Grand.....	45
Obrázek 15: Nastavení modulu <i>Decide</i>	46
Obrázek 16: Výsledné hodnoty pro variantu 1	48
Obrázek 17: Výsledné hodnoty pro variantu 2	49
Obrázek 18: Výsledné hodnoty pro variantu 3	49
Obrázek 19: Výsledné hodnoty pro variantu 4.....	50
Obrázek 20: Výsledné hodnoty pro variantu 5	51

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled linek obsluhujících třídu Míru.....	20
Tabulka 2: Přehled provozovaných typů trolejbusů	22
Tabulka 3: Hranice tříd a četnosti výskytů naměřených hodnot dob průjezdu třídou Míru.	25
Tabulka 4: Výpočetní tabulka Pearsonova χ^2 testu dobré shody pro dobu průjezdu třídou Míru. .	27
Tabulka 5: Hranice tříd a četnosti výskytů naměřených hodnot zpoždění konkrétního spoje.	28
Tabulka 6: Četnosti hodnot zpoždění konkrétního spoje v jednotlivých třídách po standardizaci dat.	29
Tabulka 7: Četnosti hodnot zpoždění konkrétního spoje v jednotlivých třídách po sloučení tříd .	29
Tabulka 8: Výpočetní tabulka Pearsonova χ^2 testu dobré shody pro zpoždění konkrétního spoje.	30
Tabulka 9: Současné odjezdy spojů na třídě Míru.	32
Tabulka 10: Srovnání současného stavu a navrhované varianty 1.	33
Tabulka 11: Srovnání současného stavu a navrhované varianty 2.	34
Tabulka 12: Srovnání současného stavu a navrhované varianty 3.	37
Tabulka 13: Srovnání současného stavu a navrhované varianty 4.	38
Tabulka 14: Srovnání současného stavu a navrhované varianty 5.	40
Tabulka 15: Srovnání sledovaných ukazatelů pro všechny navrhované varianty.	51

Seznam zkratek

ČR	Česká republika
ČSD	Československé státní dráhy
DP	Dopravní podnik
DPmP a.s.	Dopravní podnik města Pardubic, akciová společnost
eč.	Evidenční číslo
IAD	Individuální automobilová doprava
JŘ	Jízdní řád
MHD	Městská hromadná doprava

Úvod

V posledních letech se v Pardubicích stále častěji ozývají hlasy volající po rekonstrukci třídy Míru. Kdysi výstavní ulice a společně s Pernštýnským náměstím chloubou města se během posledních let proměnila v šedivou, špinavou a polorozbitou ulici, která již dávno není tou dobrou adresou, kterou bývala. Znatelný je odliv nejen občanů pohybujících se po třídě Míru, ale hlavně obchodníků, kteří zde mají své provozovny. Obě dvě skupiny láká nedávno otevřený AFI palác a tak není divu, že dříve čilý obchodní ruch se z třídy Míru přesunul právě sem.

Na nutnosti rekonstrukce dříve hlavní pardubické ulice se shodnou téměř bez výjimky všichni, od laické veřejnosti po vrcholné regionální politiky. Všichni by z třídy Míru chtěli mít moderní a reprezentativní městský bulvár, kde se mohou občané nejenom potkávat a nakupovat, ale i odpočívat, korzovat a kulturně se vyžít. Prostor, ve kterém nechybí lavičky a zeleň.

Co však společnost rozděluje na dva nesmiřitelné tábory, je otázka zachování trolejbusové dopravy na třídě Míru. Zatímco jedna část společnosti je pro zachování trolejbusů a argumentuje jejich pozitivním přínosem, kdy se občan může pohodlně dostat přímo do centra dění ekologickým dopravním prostředkem, druhá část je pro jejich nemilosrdné vymístění. Vždyť přece podle jejich mínění na pěší zónu žádná silniční vozidla nepatří.

Téma rekonstrukce třídy Míru a zřízení pěší zóny je velmi populární i v politice. Téměř před každými komunálními volbami opět započne živá diskuze a politické strany lákají své voliče. Finální podoba třídy Míru se mění podle aktuálního vedení města. Nejprve bylo schváleno vybudování čisté pěší zóny s vyloučením trolejbusů, pak se o tomto rozhodnutí ještě několikrát hlasovalo znovu. Zatím naposledy to bylo na XIII. zasedání Zastupitelstva města Pardubic, které se konalo dne 24. 1. 2012, kde bylo zrušeno rozhodnutí o vybudování čisté pěší zóny, a byla schválena nová podoba rekonstrukce třídy Míru, která počítá se zachováním trolejbusové dopravy. Přesné rozhodnutí Zastupitelstva si dovoluji citovat (1, strana 14 a 15):

„Zastupitelstvo města Pardubic

S c h v a l u j e

rekonstrukci třídy Míru a Sladkovského ulici (v úseku mezi třídou Míru a Sukovou třídou) v následujícím rozsahu:

- *vybudování pěší zóny na třídě Míru:*
 - *se zachováním obousměrného provozu městské hromadné dopravy s tím, že v úseku od ulice Sladkovského po náměstí Republiky budou ve vyčleněném jízdním pruhu vedeny linky MHD*
 - *s ponecháním regulované dopravní obsluhy*
 - *se zachováním provozu cyklistů po celé délce třídy Míru*
- *úpravu Sladkovského ulice (v úseku mezi třídou Míru a Sukovou třídou) se zachováním obousměrného provozu individuální dopravy, provozu MHD a podélným parkovacím stáním*
- *celkový limit nákladů na rekonstrukci třídy Míru a Sladkovského ulici (povrchy, úpravy trakčního vedení, městský mobiliář, vyvolané přípojky) činí 150 mil. Kč s tím, že na financování způsobilých nákladů budou maximálně využity prostředky IPRM.“*

Proto budu v této diplomové práci vycházet ze zatím platného rozhodnutí Zastupitelstva města Pardubic, že na třídě Míru bude zachována trolejbusová doprava vedená v jednom pruhu, který bude společný pro oba dva směry¹.

Cílem této práce tedy je navrhnout a mezi sebou porovnat možné varianty vedení trolejbusových linek v centru města Pardubic po rekonstrukci třídy Míru v rozsahu, jaký schválilo Zastupitelstvo města Pardubic na svém XIII. zasedání. Záměrem jednotlivých variant bude zachování rozsahu trolejbusové dopravy na třídě Míru v co možná nejvyšší možné míře, která bude ovšem limitována kapacitou navrhovaného jednostopého úseku.

Pro porovnání funkčnosti jednotlivých variant bude vytvořen počítačový model, pomocí něhož budou jednotlivé varianty zhodnoceny, a bude vybrána ta nejvhodnější.

Vím, že podobným tématem se ve své diplomové práci zabýval kolega Ing. Hladík (2), který ovšem bral v úvahu pouze varianty, které počítaly s vymístěním trolejbusového provozu z třídy Míru. Tyto varianty já nebudu brát v úvahu, naopak jak jsem na předešlých řádcích zmínil, budu se snažit o zachování co možná největšího rozsahu trolejbusového provozu na třídě Míru.

¹ Dále v práci bude označován jako jednostopý úsek.

Kapitola 1

Historický vývoj třídy Míru a veřejné dopravy po ní vedené

Třída Míru. Dnes ulice v samotném centru Pardubic, ovšem v minulosti tomu bylo jinak. Její vznik se datuje do počátku 14. století, ovšem k většímu rozvoji došlo až na počátku století 16., kdy byla spíše venkovskou cestou lemovanou statky a byla zakončena Horskou bránou v místech zhruba dnešního paláce Magnum. Svůj takřka venkovský charakter si uchovala až do roku 1835, kdy byla téměř zničena požárem.

Ve druhé polovině 19. století nastal díky železničnímu spojení a rozvoji průmyslu velký rozmach Pardubic a v ulici začaly růst reprezentativní stavení a sídla předních bankovních domů Rakouska-Uherska. V roce 1874 byla ulice přejmenována na Královskou třídu (na počest návštěvy Pardubic císařem Františkem Josefem I.) a stala se hlavní obchodní tepnou tehdejších Pardubic (3). Tou byla až do 60. let minulého století, kdy se rozšířila Sukova třída do dnešní podoby. Na obrázku 1 z roku 1959 jsou ještě vidět žluté směrové cedule, které znamenají, že po tehdejší Stalinově třídě (dnešní třídě Míru) vedla silnice první třídy I/37. S postupem času byla IAD vymístěna a na třídě Míru tak zůstal provoz jen vozidel MHD a zásobování.



Obrázek 1: Trolejbus Škoda 7Tr odbočující z dnešního Náměstí republiky na třídu Míru. Zdroj (5)

Pak ovšem následoval úpadek, který trvá do dnešních dnů. Bohužel do moderního bulváru v centru města má třída Míru daleko, její neutěšený vzhled již řadu let volá po rekonstrukci, a s vybudováním AFI paláce ztratila i svůj dřívější obchodní význam.

Proto rekonstrukce třídy Míru je více než žádoucí a měla by být i impulsem pro nový rozvoj ulice a její přeměnu na moderní reprezentativní třídu v centru Pardubic.

1.1 Využití třídy Míru pro veřejnou dopravu

Dnešní třída Míru byla po mnoho století hlavní přístupovou cestou od západu do Pardubic. Každý, kdo přijel do města od Prahy, Kutné Hory, či Chrudimi, musel vstoupit na třídu Míru. Toto se nezměnilo ani s příchodem motorizované veřejné dopravy. Naopak, po třídě Míru jezdila první veřejná autobusová linka na území dnešní ČR, kterou provozovala c. k. rakousko-uherská pošta. Slavnostně byla uvedena do provozu 13. 5. 1908, kdy byla zahájena doprava na trase od tehdejšího vlakového nádraží přes Královskou třídu (dnešní třídu Míru), odkud se dále větvila do Lázní Bohdanče a přes Sezemice do Holic. Na lince byly nasazeny vozidla firmy Laurin & Klement, které byly již v roce 1909 nahrazovány silnějšími a modernizovány stroji stejné značky.

V první čtvrtině 20. století se v Pardubicích opakovaně uvažovalo o výstavbě tramvajové dráhy. Plánů bylo několik, jedna trať měla vést ze Slatiňan přes Chrudim do Pardubic (včetně vnitroměstských úseků) a dále přes Lázně Bohdaneč do Chlumce nad Cidlinou, kde v tomto úseku měla suplovat nepostavenou železniční trať. Další trať měla spojit Pardubice a Heřmanův Městec a nejbližší realizaci byla trať mezi Pardubicemi a Sezemicemi. Ovšem žádný s těchto plánů se nikdy skutečností nestal.

Po první světové válce začaly provozovat autobusové linky i ČSD a roku 1932 byla veškerá autobusová meziměstská doprava převedena zákonem č. 198 do jejich kompetence. Pardubice v té době byly autobusovými linkami spojeny s přilehlými městy i vesnicemi (např. Chrudimí, Heřmanovým Městcem, Sezemicemi, Ostřešany, Kunětickou horou, Starými Čivicemi, ...), ale nabídka spojů byla velmi řídká, tudíž se tento systém nedá počítat za MHD.

Roku 1931 byly v Pardubicích u příležitosti Celostátní výstavy tělesné výchovy a sportu zavedeny první linky MHD s hustým intervalem, které přepravovaly návštěvníky od dálkových spojů na výstavu. K tomu bylo využito zapůjčených autobusů a po skončení výstavy systém zanikl a půjčené autobusy byly vráceny.

Období druhé světové války žádný rozvoj MHD v Pardubicích nepřineslo. Až 1. 4. 1950 byl založen Dopravní komunální podnik města Pardubic, který od 3. 5. 1950 začal provozovat svou první autobusovou linku na trase Jesničanky – Staré Nádraží – Stalinova třída – U kostelíčka – Nemocnice.

Trolejové vedení bylo na třídě Míru zkolaudováno 12. 1. 1952 a o osm dní později byl zahájen provoz na lince 3, což byla první pardubická trolejbusová linka. Vedla od tehdejšího starého nádraží přes dnešní náměstí Čs. Legií, třídu Míru, kde odbočovala vlevo do Sladkovského ulice a pokračovala okolo bývalých jatek na starý labský most, který byl v místech dnešního zdymadla. Odtud vedla okolo sv. Josefa přes Trnovou, chemickou oblast až do Lázní Bohdanče.

Tímto začíná období provozu trolejbusů na třídě Míru, které trvá s výjimkou několika krátkých uzavírek dodnes. Tato část byla zpracována z (2, strana 7 a 8), (4, strana 4 – 7) a (8).

1.2 Návrhy rekonstrukce a pěší zóny na třídě Míru

O vybudování pěší zóny na třídě Míru začalo uvažovat již v 80. letech minulého století. Tehdy byla vypracována urbanistická studie, ve které bylo počítáno s třídou Míru jako s čistou pěší zónou. V rámci této studie byla plánována i oprava dnešního Masarykova náměstí, kde se počítalo s výstavbou komunikace se 3 pruhy v každém směru, z nichž jeden by byl vždy vyhrazen pouze pro vozidla MHD. V 90. letech byla debata o rekonstrukci odsunuta do pozadí a třída Míru jenom postupně chátrala bez jakékoliv investice a oprav. Po roce 2000 se o její opravě znovu začalo uvažovat.

Prvním krokem bylo vypsání architektonické soutěže na přestavbu třídy Míru v roce 2002, v níž uspěl Ing. arch. Jaromír Walter a jeho ateliér, který má doposud na starosti projekt nové podoby středu města. Na základě jeho návrhu rozhodli zastupitelé města Pardubic v září 2006 o stavbě čisté pěší zóny s vyloučením veškeré dopravy ve východní části třídy Míru. Pouze uprostřed komunikace by měl být jeden pruh pro zásobování využitelný pouze v omezeném čase.

Velmi zajímavou alternativou bylo zahloubení komunikace na Náměstí republiky do tunelu. Na povrchu by zůstaly jenom dva pruhy pro vozidla MHD, čímž by došlo ke spojení historického centra města a pěší zóny na třídě Míru. Vizualizace je na obrázku 2.



Obrázek 2: Vizualizace zahloubení komunikace na Náměstí republiky. Zdroj (6)

Bohužel tento projekt byl odložen jednak kvůli jeho velké nákladnosti, ale také kvůli faktu, že ještě počátkem minulého století v místech, kde se plánovala výstavba tunelu, tekla řeka Chrudimka.

Rozhodnutí o vybudování čisté pěší zóny bez provozu vozidel MHD bylo ještě dvakrát zastupiteli posvěceno (v letech 2010 a 2011). Až na XIII. zasedání Zastupitelstva města Pardubic

konaného dne 24. 1. 2012 byla schválena rekonstrukce třídy Míru se zachováním provozu MHD ve vyhrazeném pruhu, který bude společný oba směry i pro cyklisty (1, strana 14 a 15).

V současné době (květen 2013) dochází k dalšímu zpoždění rekonstrukce třídy Míru a stavební přípravy ještě nezačaly. Město Pardubice vyhlásilo novou dvoukolovou soutěž na stavební společnost, která by stavbu provedla. Pokud vše půjde podle předpokladů, měla by být smlouva se zhotovitelem podepsána v září 2013 (7).

Kapitola 2

Současný stav MHD v Pardubicích

V této kapitole se budu věnovat analýze důležitých aspektů městské hromadné dopravy v Pardubicích s důrazem na její trolejbusovou část a na oblast třídy Míru.

2.1 Městská hromadná doprava v Pardubicích

Městskou hromadnou dopravu v Pardubicích provozuje Dopravní podnik města Pardubic. Založen byl 1. dubna 1950 a trolejbusovou dopravu provozuje od 20. ledna 1952. Na akciovou společnost byl přetransformován 1. července 1995 a jeho jediným akcionářem je Statutární město Pardubice.

DPmP a.s. celkem provozuje 55 trolejbusů a 73 městských autobusů na 26 pravidelných a 2 nočních linkách, 3 historické trolejbusy a 1 historický autobus, se kterými zajišťuje 2 nostalgické linky. Dále vlastní 3 zájezdové autobusy a jeden autobus autoškoly.

Předměty podnikání DPmP a.s. jsou na základě: (10, strana 8)

- Živnostenský list
 - Silniční motorová doprava
 - nákladní vnitrostátní provozovaná vozidla o největší povolené hmotnosti do 3,5 tuny včetně,
 - nákladní vnitrostátní provozovaná vozidla o největší povolené hmotnosti nad 3,5 tuny,
 - vnitrostátní příležitostná osobní,
 - příležitostná osobní,
 - vnitrostátní veřejná linková,
 - vnitrostátní zvláštní linková,
 - mezinárodní linková,
 - mezinárodní kyvadlová,
 - Opravy silničních vozidel,
 - Provozování autoškoly,
 - Klempířství a oprava karoserií,
 - Výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona,

- Výroba, instalace, opravy elektrických strojů a přístrojů, elektronických a telekomunikačních zařízení,
- Montáž, opravy, revize a zkoušky plynových zařízení a plnění nádob plyny,
- Vnitrozemská vodní doprava,
- Úřední povolení a licence
 - Provozování dráhy trolejbusové,
- Registrace
 - Nestátní zdravotnické zařízení,
- Osvědčení
 - Stanice měření emisí.

2.2 Vedení trolejbusových linek na třídě Míru

V současné době je po celé délce třídy Míru vedeno 6 trolejbusových, 1 autobusová a 2 nostalgické linky. Nostalgické linky jezdí jen několik vybraných dní v roce (většinou o víkendu, nebo ve státem uznaný svátek) a autobusová linka 99 jezdí pouze v noci (tzv. noční provoz). Proto budu v této práci od těchto linek abstrahovat.

Západní část třídy Míru (v úseku od křižovatky s ulicemi 17. listopadu a Palackého po křižovatku s ulicí Sladkovského) obsluhují ještě trolejbusová linka 4 a vybrané spoje autobusové linky 14. Protože však výstavba jednosměrného úseku se této části třídy Míru netýká, nebudu ani tyto linky v práci uvažovat, neboť jejich provoz zůstane nedotčen.

Tato práce se tedy bude týkat linek 1, 2, 5, 13, 21 a 27². V tabulce 1 jsou uvedeny základní charakteristiky těchto linek.

Tabulka 1: Přehled linek obsluhujících třídu Míru

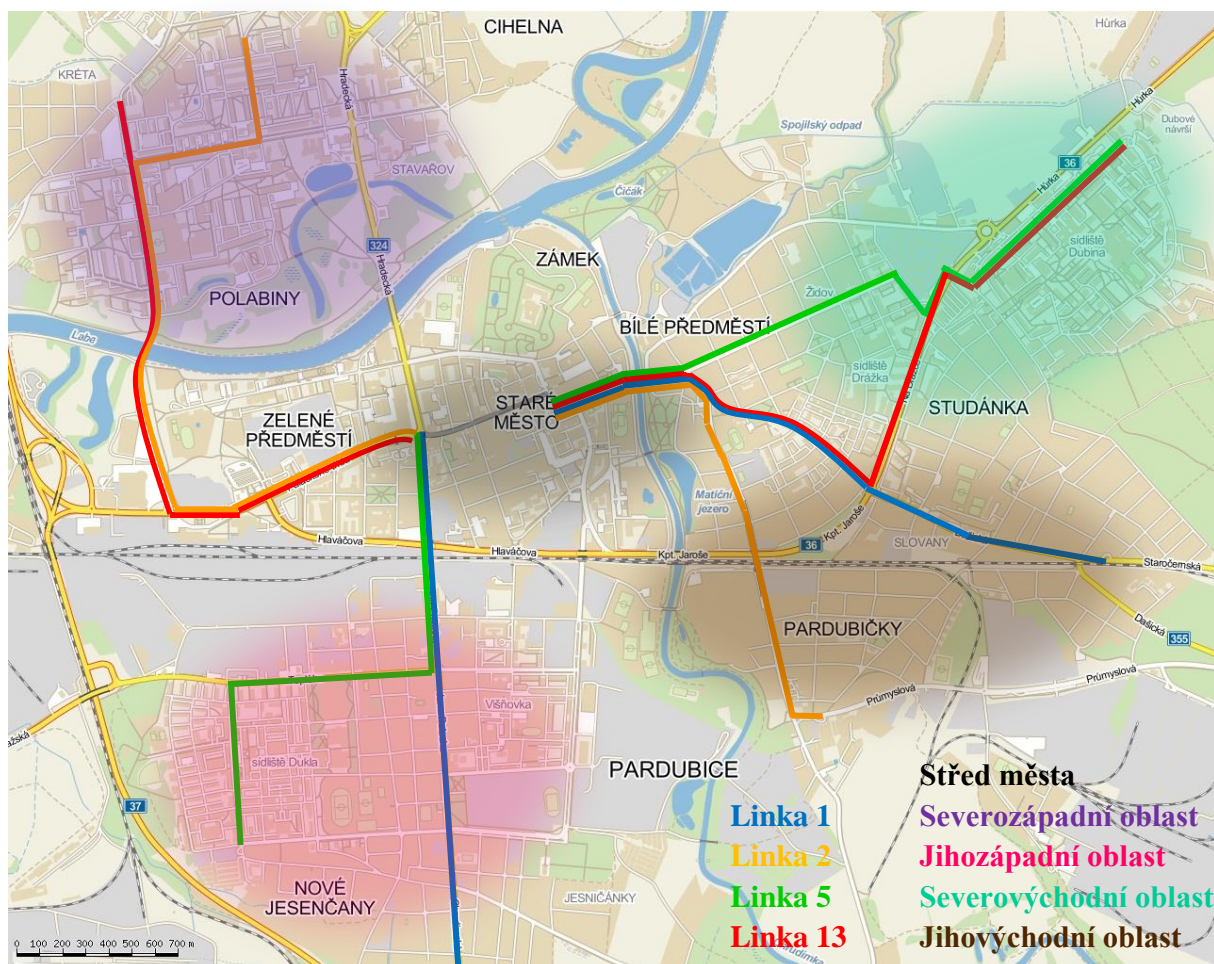
Číslo	Trasa	Délka [m]	Doba obratu [min]	Počet párů spojů ve špičce [h ⁻¹]	Špičkový interval [min]
1	Jesničanky, točna – Slovany, točna	5 646	60	5	12
2	Polabiny, točna – Pardubičky, točna	6 714	60	4	15
5	Dukla, točna – Dubina, sever	6 310	60	6	10
13	Polabiny, Sluneční – Dubina, sever	7 160	60	6	10
21	Slovany, točna – Polabiny, Sluneční	6 185	60	1	60
27	Pardubičky – Dukla, náměstí – Pardubičky	11 038	60	1	60

Zdroj (8), (9)

Orientace třídy Míru je západo-východní a všechny linky po ní vedené jsou linky tranzitní (příčměž třída Míru je právě oním centrem). Pro lepší znázornění vedení trolejbusových linek po třídě Míru je možné město Pardubice rozdělit na 5 částí, ve kterých začínají, resp. končí tyto linky (obrázek 3):

² Poslední dvě jmenované linky jezdí pouze ve všední den a mají interval 60 min. Vznikli na politickou žádost poměrně nedávno (v září 2008, resp. v dubnu 2006), kdy linku 21 prosadila radnice městského obvodu III a linku 27 si vyžádal městský obvod V. (5)

- Centrum – vlastní třída Míru a okolí.
- Severozápadní oblast – sídliště Polabiny.
- Jihozápadní oblast – sídliště Dukla, Višňovka a Jesničánky.
- Severovýchodní oblast – sídliště Dubina.
- Jihovýchodní oblast – sídliště Pardubičky a Slovany.



Obrázek 3: Schématické znázornění linek a oblastí. Zdroj mapového podkladu: www.mapy.cz

2.3 Trolejbusový vozový park

Po celou více než šedesátiletou historii trolejbusů v Pardubicích dopravu zajišťovaly výhradně stroje tuzemské výroby a téměř všechny³ byly z produkce firmy Škoda.

V současné době (začátek roku 2013) má DPmP a.s. ve stavu 55 trolejbusů pěti různých typů⁴. Z těchto trolejbusů je 33 nízkopodlažních a průměrné stáří vozového parku je 11,3 roku. Tato hodnota je ovšem zkreslena faktem, že ve stavu je 8 vozidel s rokem výroby 1991, které byly

³ Kromě 4 předválečných trolejbusů Tatra T86, které DPmP a.s. zakoupil ojeté z Prahy a provozoval je v letech 1956 – 1958. Všechny ostatní vozy již nesly značku Škoda.

⁴ Plus 3 historické vozy (dva pojízdné a jeden v renovaci), které jsou nasazovány výhradně na nostalgickou linku 51. Ale těmito se v práci nebudu zabývat.

v letech 2006 – 2007 zaslány na generální opravu do DP Plzeň, která prodlužuje životnost těchto vozidel o minimálně 10 let. Přehled všech momentálně provozovaných vozidel je v tabulce 2.

Nejstarším, ale zároveň i nejpočetnějším typem trolejbusů provozovaných v Pardubicích je Škoda 14Tr. Jedná se o středněpodlažní trolejbusy, které byly do Pardubic dodávány v letech 1983 – 1999. Celkem DPmP a.s. zakoupil 68 nových vozidel a 3 odkoupil ojeté z Hradce Králové. V současné době je v provozu 22 těchto trolejbusů, z nichž 8 jich prodělalo generální opravu v DP Plzeň. Čtyři nejstarší vozy (eč. 349, 372, 373 a 374) jsou letos navrženy na vyřazení a nabídnuty případným zájemcům k odkoupení.

V letech 2001 – 2004 byl do Pardubic dodáván typ Škoda 21Tr. Jednalo se o první nízkopodlažní trolejbus provozovaný u DPmP a.s. Celkem bylo dodáno 15 těchto trolejbusů, z nichž všechny jsou dosud ve stavu.

V rámci unifikace trolejbusových a autobusových karosérií bylo do Pardubic v letech 2006 – 2007 dodáno 6 nízkopodlažních vozidel Škoda 24Tr s karosérií Irisbus Citelis.

Požadavky po vysokokapacitních trolejbusech vyřešil DPmP a.s. v letech 2008 – 2012 nákupem 10 vozidel Škoda 28Tr. Jedná se plně nízkopodlažní třínápravová vozidla o délce 15 m, přičemž poslední náprava je kvůli lepší manévrovatelnosti řiditelná. Karoserii dodala polská firma Solaris a elektrovýzbroj Škoda Transportation a.s.

V roce 2012 byly zakoupeny dva vozy Škoda 26Tr. Tento typ je úzce příbuzný s typem Škoda 28Tr, ovšem karoserie má standardní délku 12 m a je jen dvounápravová. Podle již uzavřeného kontraktu by mělo v letech 2013 a 2014 být do Pardubic dodáno dalších 8 vozidel tohoto typu (vždy 4 v každém roce). (9)

Tabulka 2: Přehled provozovaných typů trolejbusů

Rok	Typ	Evidenční čísla	Počet	Poznámka
1991	14Tr10/6	340, 341, 342, 343, 345, 346, 347, 348	8	GO Plzeň 2006 – 2007
1994	14Tr13/6	349	1	Navržen na vyřazení
1996	14Tr17/6M	372, 373, 374	3	Navržen na vyřazení
1997	14Tr17/6M	375, 376	2	
1999	14Tr17/6M	377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384	8	
2001	21Tr	385, 386, 387	3	
2002	21Tr	388, 389, 390, 391	4	
2003	21Tr	392, 393, 394, 395	4	
2004	21Tr	396, 397, 398, 399	4	
2006	24Tr	317, 318, 319	3	
2007	24Tr	320, 321, 322	3	
2008	28Tr	400, 401, 402, 403	4	
2009	28Tr	404, 405	2	
2011	28Tr	406, 407	2	
2012	28Tr	408, 409	2	
2012	26Tr	323, 324	2	
2013	26Tr	325, 326, 327, 328	4	Dodání červenec 2013

Zdroj (9)

Kapitola 3

Statistické zpracování změřených dat

Pro účely vytvoření modelu provozu na třídě Míru (viz kapitola 5) bylo potřeba přímo na místě změřit dvě základní náhodné veličiny, na kterých bude model postaven. Jedná se o:

- **Dobu průjezdu třídou Míru** – t_p [s],
- **Zpoždění konkrétního spoje** – z [s].

Měření probíhala vždy ve všední den v odpolední špičce (mezi 14 h a 18 h), kdy je intenzita provozu nejvyšší. Změřené časy byly pro objektivní porovnání stanoveny podle času zobrazeného na odbavovacím systému, který je ve vozech DPmP a.s. naistalován.

Doba průjezdu třídou Míru byla určena podle vztahu (1).

$$t_p = t_z - t_r$$

Kde: (1)

- t_p doba průjezdu třídou Míru [s],
- t_z čas zastavení ve stanici Třída Míru (resp. U Grandu) [s],
- t_r čas rozjezdu ze stanice U Grandu (resp. Třída Míru) [s].

Zpoždění konkrétního spoje bylo stanoveno ze vztahu (2).

$$z = t_r - t_o$$

Kde: (2)

- z zpoždění konkrétního spoje [s],
- t_r čas rozjezdu ze stanice U Grandu (resp. Třída Míru) [s].
- t_o čas pravidelného odjezdu podle JŘ ze stanice U Grandu (resp. Třída Míru) [s].

Celkem bylo provedeno 154 měření, přehled všech měření je v příloze A: Naměřená data na třídě Míru.

Nejprve bylo nutné zjistit, zda jsou naměřená data dostatečně reprezentativním vzorkem. To znamená, jestli věrně odrážejí vlastnosti skutečnosti. K tomuto určení byly vybrány hodnoty dob průjezdu třídou Míru t_p a použita **metoda kumulativního průměru**, která má tolik kroků, jaký je počet naměřených hodnot. V každém kroku se určí kumulativní průměr podle vzorce (3).

$$\bar{t}_p^n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_p^i$$

Kde: (3)

n číslo kroku [-],

\bar{t}_p^n kumulativní průměr pro n -tý krok [s],

t_p^i i -tá naměřená hodnota doby průjezdu třídou Míru [s].

Následně se zvolí míra požadované přesnosti. V tomto případě jsem pracoval se spolehlivostí 98 %, místo v technických oborech obvyklejších 95 %. Podle vztahu (4) se spočítá okolí aritmetického průměru ε .

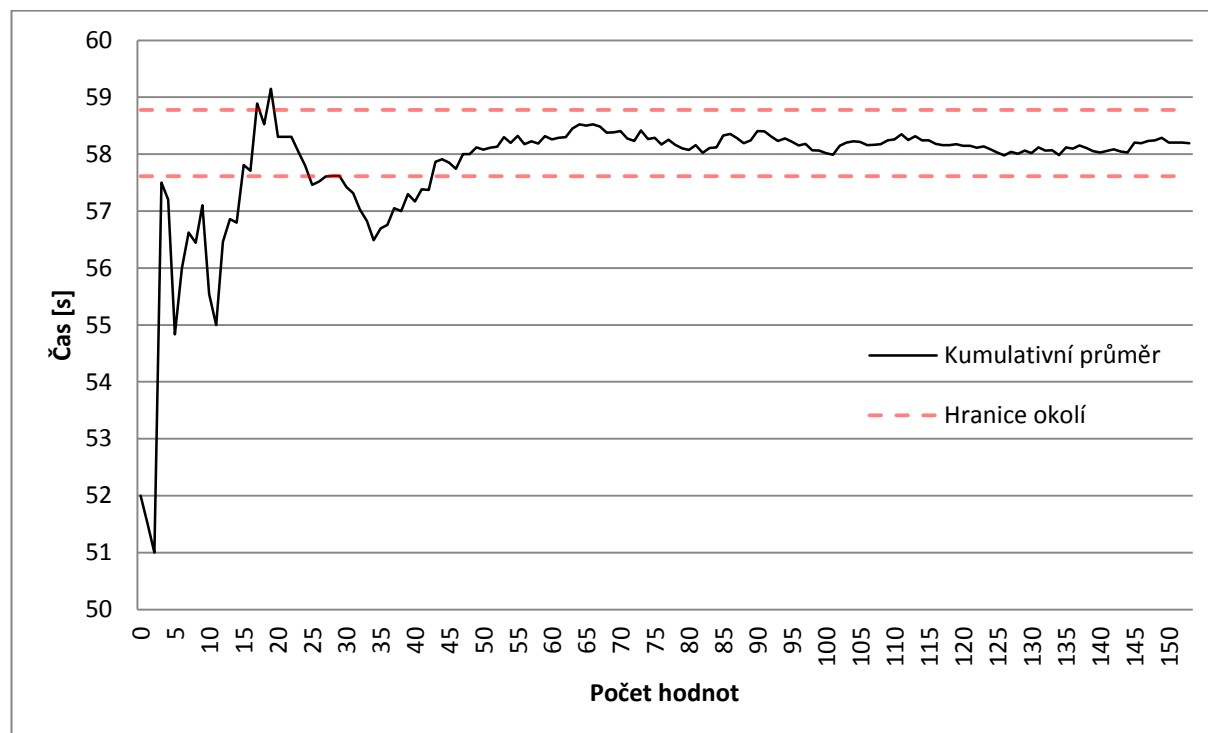
$$\varepsilon = \bar{t}_p \left(1 \pm \frac{1 - 0,98}{2} \right)$$

Kde: (4)

ε okolí dané zvoleným stupněm spolehlivosti [-],

\bar{t}_p průměrný čas průjezdu třídou Míru [s].

Na závěr se určí, pro jakou hodnotu n již kumulativní průměr neopustí hranice ε . Z obrázku 4 je patrné, že hodnota kumulativního průměru neopustí okolí ε od 45. kroku. Z toho tedy vyplývá, že počet 154 měření je dostatečně reprezentativním vzorkem.



Obrázek 4: Kumulativní průměr dob průjezdu třídou Míru. Zdroj (11)

3.1 Doba průjezdu třídou Míru

Aby bylo možné sestavit počítačový model, je třeba určit, z jakého teoretického rozdělení pravděpodobnosti pochází náhodná veličina *doba průjezdu třídou Míru* (t_p). Nejdůležitějším nástrojem při formulaci hypotézy o tvaru (typu) rozdělení pravděpodobnosti je histogram. Aby měl histogram pokud možno co největší vypovídající hodnotu, musí se správně nastavit hranice tříd.

K tomuto určení lze použít několik postupů, já jsem zvolil Sturgesovo pravidlo (5).

$$k = 1 + 3,3 \log n$$

kde: (5)

k počet tříd [-],

n počet měření [-].

V mém případě se 154 měřeními se hodnota $k \cong 8,22$, z čehož jsem stanovil počet tříd histogramu na 9. Protože minimální hodnota naměřená při průjezdu třídou Míru je 40 s a maximální naměřená hodnota je 84 s, byla stanovena šířka třídy na 5 s. Hranice intervalů a četnosti výskytu naměřených hodnot jsou v tabulce 3 a na obrázku 5.

Tabulka 3: Hranice tříd a četnosti výskytů naměřených hodnot dob průjezdu třídou Míru

Dolní hranice třídy [s]	Horní hranice třídy [s]	Četnost výskytu [-]
40	45	4
45	50	20
50	55	36
55	60	44
60	65	24
65	70	9
70	75	10
75	80	5
80	85	1

Zdroj (11)

Podle tvaru křivky na obrázku 5 se lze domnívat, že doba průjezdu třídou Míru má **normální** (nebo též Gaussovo) **rozdělení pravděpodobnosti**.

Pro ověření této hypotézy je nutné provést některý z testů normality dat. V tomto případě jsem použil Pearsonův χ^2 test dobré shody.

Protože se předpokládá, že výběr pochází z normálního rozdělení pravděpodobnosti, tak střední hodnotu $E(X)$ je možné odhadnout metodou maximální věrohodnosti jako aritmetický průměr všech naměřených hodnot. V tomto případě tedy $E(X) = 58,214$ s. Směrodatnou odchylku lze spočítat podle vzorce (6).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - E(X))^2}$$

Kde:

(6)

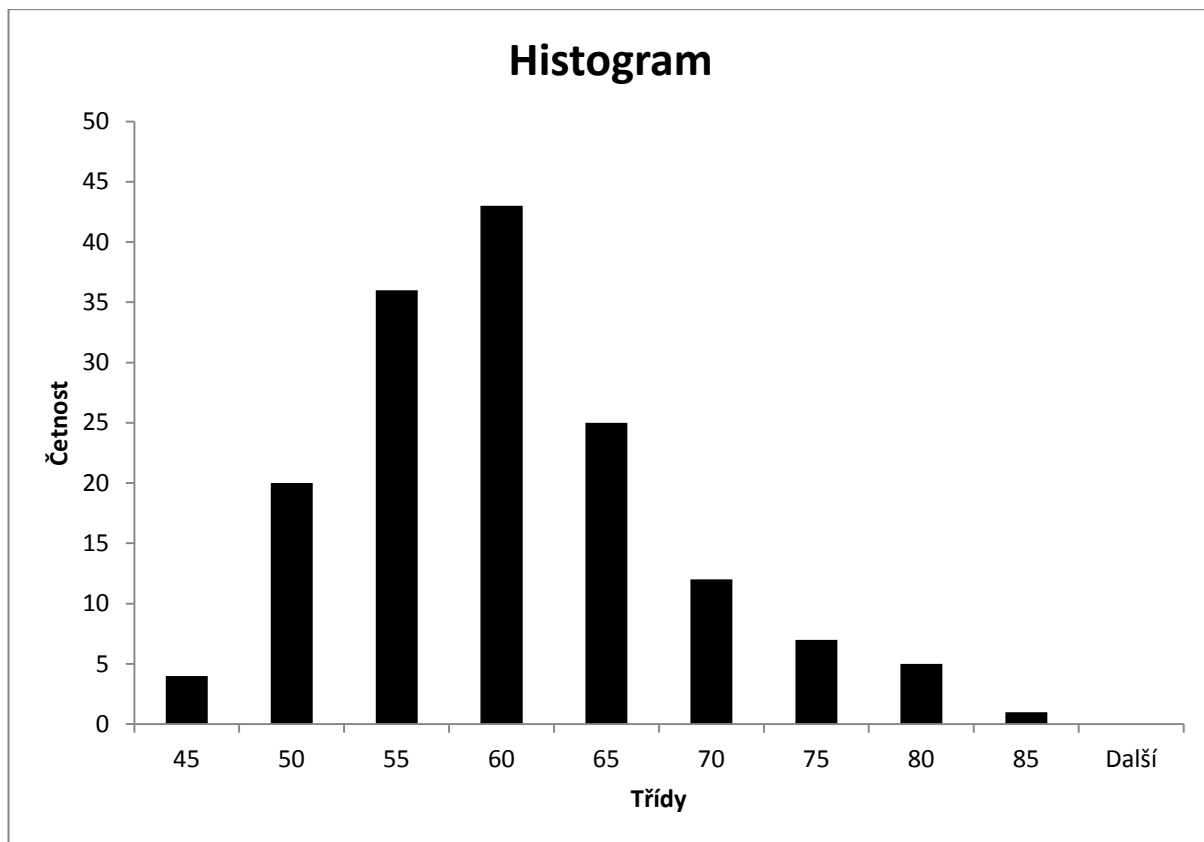
σ směrodatná odchylka [-],

n počet měření [-],

$E(X)$ střední hodnota [-],

x_i i-tá naměřená hodnota [-].

Po dosazení do vzorce (6) vyjde směrodatná odchylka $\sigma = 7,900$.



Obrázek 5: Histogram četnosti výskytů naměřených hodnot dob průjezdu třídou Míru. Zdroj (11)

Následně se musí změřená data standardizovat podle vztahu (7).

$$x_i^{st} = \frac{x_i - E(X)}{\sigma}$$

Kde:

(7)

x_i^{st} nová i-tá standardizovaná hodnota [-],

x_i původní i-tá hodnota [-],

$E(X)$ střední hodnota [-],

σ směrodatná odchylka [-].

Následně se určí počet a rozsah nepřekrývajících se tříd. Pomocí Sturgesova pravidla (5) jsem počet tříd stanovil na 9 a určí se skutečné četnosti v jednotlivých třídách, které musí být ve všech třídách minimálně 5. Pro každou z těchto tříd se určí pravděpodobnost, že náhodná veličina nabyde hodnoty z této třídy p_i . Vlastní výpočet se provede podle vzorce (8).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(x_i - np_i)^2}{np_i} \quad (8)$$

Kde:

- n celkový počet měření [-],
- x_i skutečná četnost v i -té třídě [-],
- p_i předpokládaná četnost v i -té třídě [-].

Na závěr se určí počet stupňů volnosti jako počet tříd snížený o 2. Hodnotu χ^2 vypočtenou podle vztahu (8) srovnáme s kritickou hodnotou chí-kvadrát s určenými stupni volnosti (v tomto případě 7) na zvolené hladině spolehlivosti (v tomto případě 95 %), která pro tento případ je 14,067.

Výpočet podle vzorce (8) a srovnání vypočtené a kritické hodnoty je v tabulce 4. Protože vypočtená hodnota $\chi^2 = 12,433$ je menší, než kritická hodnota (14,067), **lze přijmout** počáteční hypotézu, že výběr pochází z normálního rozdělení pravděpodobnosti.

Tabulka 4: Výpočetní tabulka Pearsonova χ^2 testu dobré shody pro dobu průjezdu třídou Míru

Hranice tříd	Skutečné četnosti	Předpokládané četnosti	Hodnoty χ^2
$(-\infty; -1,5>$	5	10,288	2,718
$(-1,5; -1>$	19	14,145	1,667
$(-1; -0,5>$	27	23,082	0,665
$(-0,5; 0>$	33	29,485	0,419
$(0; 0,5>$	31	29,485	0,078
$(0,5; 1>$	20	23,082	0,411
$(1; 1,5>$	6	14,145	4,690
$(1,5; 2>$	7	6,785	0,007
$(2; \infty)$	6	3,504	1,779
Σ	154	154	12,4338

Zdroj (11)

3.2 Zpoždění konkrétního spoje

Postup pro stanovení počáteční hypotézy o tvaru rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny *zpoždění konkrétního spoje* (z) je obdobný, jako v kapitole 3.1.

Nejprve je nutné vytvořit histogram četností výskytů. Počet tříd podle Sturgesova pravidla (5) je pro 154 měření 9. Minimální naměřená hodnota zpoždění je -59 s (jízda s náskokem 59 s), maximální hodnota je 680 s. Zde se jedná o izolovanou hodnotu způsobenou pravděpodobně poruchou trolejbusu nasazeného na daném spoji, neboť byla naměřena autobusu eč. 173 (obrázek 6), který je trvale zařazen jako záložní náhradní doprava právě pro tyto případy.



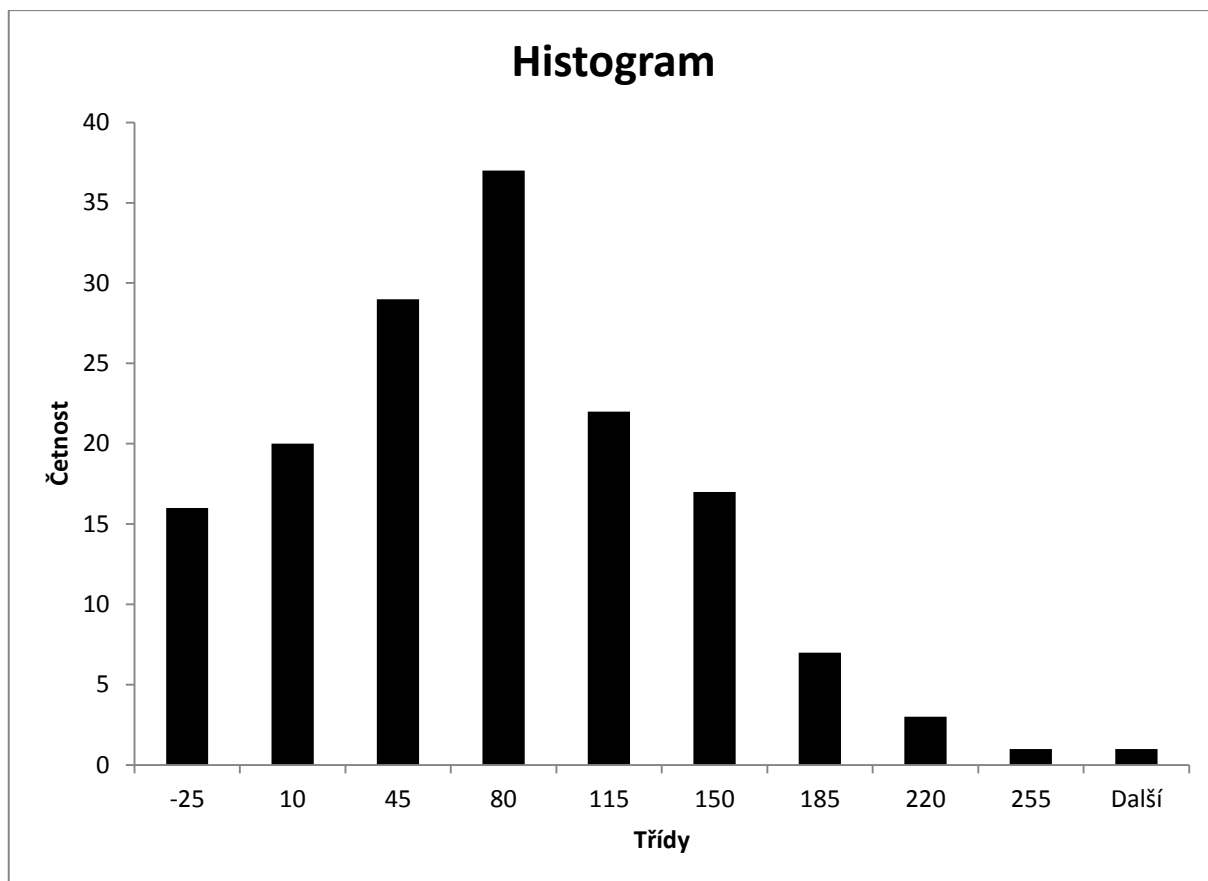
Obrázek 6: Trvale záložní autobus eč. 173. Zdroj (12)

Pokud odhlédnu od této izolované hodnoty, je naměřené maximum 253 s. Podle těchto hodnot (minimum -59 s a maximum 253 s) byla určena šířka tříd na 35 s. Hranice tříd a jednotlivé četnosti jsou v tabulce 5 a vlastní histogram je na obrázku 7.

Tabulka 5: Hranice tříd a četnosti výskytů naměřených hodnot zpoždění konkrétního spoje

Dolní hranice třídy [s]	Horní hranice třídy [s]	Četnost výskytu [-]
-60	-25	16
-25	10	20
10	45	29
45	80	37
80	115	22
115	150	17
150	185	7
185	220	3
220	255	1
255	∞	1

Zdroj (11)



Obrázek 7: Histogram četnosti výskytů naměřených hodnot zpoždění konkrétního spoje. Zdroj (11)

Z tvaru histogramu na obrázku 7 je patrné, že i zpoždění konkrétního spoje by mohlo pocházet z normálního rozdělení pravděpodobnosti, proto opět použijí Pearsonův χ^2 test dobré shody pro prokázání, či zamítnutí této hypotézy.

Střední hodnotu $E(X)$ opět odhadneme metodou maximální věrohodnosti jako aritmetický průměr všech naměřených hodnot. Směrodatnou odchylku σ určíme podle vzorce (6).

Střední hodnota $E(X) = 62,104$ a směrodatná odchylka $\sigma = 78,282$.

Po standardizaci dat podle vztahu (7), se pomocí Sturgesova pravidla (5) určí potřebný počet tříd. V tabulce 6 jsou skutečné četnosti v jednotlivých třídách. Je vidět, že četnosti v třídách $(-\infty; -1,5>$, $(1,5; 2>$ a $(2; \infty)$ nedosahují minimálního požadovaného počtu výskytů 5, proto je třeba třídu $(-\infty; -1,5>$ nutně sloučit s třídou $(-1,5; -1>$ a třídy $(1,5; 2>$ a $(2; \infty)$ spolu. Skutečný počet tříd tedy bude 7, hranice tříd a četnosti výskytů jsou v tabulce 7.

Tabulka 6: Četnosti hodnot zpoždění konkrétního spoje v jednotlivých třídách po standardizaci dat

$(-\infty; -1,5>$	$(-1,5; -1>$	$(-1; -0,5>$	$(-0,5; 0>$	$(0; 0,5>$	$(0,5; 1>$	$(1; 1,5>$	$(1,5; 2>$	$(2; \infty)$
2	16	29	36	34	21	11	3	2

Zdroj: (11)

Tabulka 7: Četnosti hodnot zpoždění konkrétního spoje v jednotlivých třídách po sloučení tříd

$(-\infty; -1>$	$(-1; -0,5>$	$(-0,5; 0>$	$(0; 0,5>$	$(0,5; 1>$	$(1; 1,5>$	$(1,5; \infty)$
18	29	36	34	21	11	5

Zdroj: (11)

Stanoví se počet stupňů volnosti jako počet tříd snížený o 2, tedy stupňů volnosti je 5. Provede se vlastní výpočet hodnoty χ^2 podle vzorce (8) a vypočtená hodnota se srovná s kritickou hodnotou pro 95 % hladinu spolehlivosti a 5 stupňů volnosti, která činí 11,070. Výpočet hodnoty χ^2 pro jednotlivé třídy je v tabulce 8.

Tabulka 8: Výpočetní tabulka Pearsonova χ^2 testu dobré shody pro zpoždění konkrétního spoje

Hranice tříd	Skutečné četnosti	Předpokládané četnosti	Hodnoty χ^2
$(-\infty; -1>$	18	24,433	1,694
$(-1; -0,5>$	29	23,082	1,517
$(-0,5; 0>$	36	29,485	1,439
$(0; 0,5>$	34	29,485	0,691
$(0,5; 1>$	21	23,082	0,188
$(1; 1,5>$	11	14,145	0,699
$(1,5; \infty)$	5	10,288	2,718
Σ	154	154	8,9470

Zdroj: (11)

Protože vypočtená hodnota $\chi^2 = 8,9470$ je menší, než kritická hodnota (11,070), **přijímáme** počáteční hypotézu, že výběr pochází z normálního rozdělení pravděpodobnosti.

Kapitola 4

Návrh variant řešení

V centru města Pardubic (ohraňovaného železniční tratí 010 na jihu a řekou Labe na severu) lze západovýchodním směrem vést linky MHD pouze po třech komunikacích:

- po Sukově třídě,
- po třídě Míru,
- po Hlaváčově ulici.

Ostatní komunikace jsou pro průjezd autobusů a trolejbusů MHD moc úzké. Vedení linek MHD po Hlaváčově ulici (tzv. „rychlodráze“) je nevýhodné jednak z důvodů její velké vzdálenosti od centra města, jednak z důvodu absence trakčního trolejového vedení a jednak se jedná o komunikaci, po které je vedena tranzitní doprava a chybí zde napojení na ulici 17. listopadu (ačkoliv o vybudování této spojky se v budoucnu uvažuje).

V této části práce se budu zabývat návrhem možných variant řešení při (alespoň částečném) zachování trolejbusového provozu na třídě Míru. Varianty s úplným vyloučením trolejbusů zpracoval ve své diplomové práci kolega Ing. Hladík (2), proto se jimi v této části nebudu zabývat.

Nicméně i on v jeho práci konstatuje důležitost zachování trolejbusového vedení na třídě Míru. „Přes západní část Sukovy třídy musí být nutně vedeno jakékoli variantní trasování trolejbusových linek, projíždějících nyní třídou Míru. To sebou nese jedno velké riziko. Při pádu některého ze stromů na Sukově třídě nebo jakékoli jiné poruše trakčního vedení v těchto místech, prakticky ustane veškerá trolejbusová doprava v Pardubicích. V provozu by pak zůstaly pouze linky číslo 3, 7 a 33. Navíc by bylo na linky 3 a 33 obtížné vyslat z vozovny trolejbusy, protože mnoho z nich najíždí k hlavnímu nádraží, kvůli konstrukci trolejového vedení, přes Sladkovského ulici a západní část Sukovy třídy (alespoň tento problém by odstranila uvažovaná stavba trolejbusové tratě u Parama). Takový výpadek trolejbusů by DPmP a. s. nebyl schopen v žádném případě pokrýt náhradními autobusy z vlastních zdrojů. Proto je žádoucí, aby nejen z tohoto důvodu, zůstalo na pěší zóně pojízdné trolejové vedení.“ (2, citováno ze strany 30).

Z těchto důvodů se budu snažit navrhnout varianty zachovávající trolejbusovou dopravu na třídě Míru v maximální možné míře.

Navrhované varianty budou vždy na jednu špičkovou odpolední hodinu ve všední den, protože v tomto období je objem dopravy projíždějící po třídě Míru největší (v tento čas také probíhalo měření dob průjezdu třídou Míru i zpoždění jednotlivých spojů).

V návrhu grafikonu budu vždy vycházet ze situace, která na třídě Míru je v současné době. Odjezdy spojů jednotlivých linek ze zastávek Třída Míru (směr U Grandu), respektive U Grandu (směr Třída Míru) jsou v tabulce 9.

Tabulka 9: Současné odjezdy spojů na třídě Míru

	Třída Míru – U Grandu						U Grandu – Třída Míru							
	Současný stav	1	9	21	33	45	57	1	9	21	33	45	57	
2		11	26	41	56		2	2	17	32	47			
5		9	19	29	39	49	59	5	5	15	25	35	45	55
13		3	13	23	33	43	53	13	0	10	20	30	40	50
21		3						21	27					
27		40						27	19					

Zdroj: (8)

Při návrhu jednotlivých variant se budu snažit v maximální možné míře zachovat periodicitu jízdního řádu a minimalizovat posun jednotlivých spojů. Ovšem při pohledu do tabulky 9 je patrné, že například spoje linky 1 mají odjezdy ze zastávek Třída Míru (směr U Grandu) i U Grandu (směr Třída Míru) ve stejný čas, tudíž se teoreticky míjejí během průjezdu třídou Míru. Tento stav ale již nebude možný.

Ve všech navrhovaných variantách bude také přípustná situace, že spoj bude moci vjet do jednostopého úseku, který bude obsazený jiným spojem jedoucím stejným směrem. Dojde k zřetězení dvou spojů a tedy porušení pravidla, podle kterého se ve většině případů jezdí na železnici, a sice že v jednom prostorovém oddílu může být jenom jeden vlak, tzv. svazkování.

4.1 Varianta 1: zachování současného rozsahu provozu na třídě Míru

V kapitole 3.1 bylo přijato tvrzení, že doba průjezdu třídou Míru se řídí normálním rozdělením pravděpodobnosti se střední hodnotou $E(X) = 58,214$ s. Špičkový rozsah dopravy na třídě Míru je 23 párů spojů za hodinu (viz tabulka 1, strana 20).

Při této navrhované variantě by se zachoval současný rozsah dopravy na třídě Míru, jen by se posunula časová poloha odjezdů spojů, aby se minimalizovala doba čekání jednotlivých spojů na průjezd jednostopým úsekem.

Návrh grafikonu pro variantu 1 je v příloze B. Tabulkový navrhovaný jízdní řád společně se srovnáním se současným stavem je v tabulce 10. Modře jsou zvýrazněny posuny spojů oproti současnému stavu, červeně je vyznačeno nedodržení taktu. Tento spoj, bohužel, nešel jinak umístit, pro vysoký stupeň zaplnění grafikonu.

Spoje linky 1 byly navrženy ve směru na Slovany o minutu dříve, než je tomu v současné době. Oproti tomu směrem do Jesničánek jedou o minutu později. Tímto se prodloužil pobyt na konečné Slovany, točna ze 4 minut na 6, což s sebou přináší více času na vyrovnání možného

zpoždění. Oproti tomu se pobyt na konečné Jesničanky, točna zkrátí ze 17 minut na 15, což nebude mít podstatný vliv.

Spoje linky 2 jsou ve směru do Pardubiček vedeny o minutu později, ve směru do Polabin je zachován současný stav. Tímto se zkrátí čas pobytu na konečné Pardubičky, točna ze 4 minut na pouhé 3, což je negativum této navržené varianty, díky kterému mohou vzniknout jisté problémy s vyrovnáváním zpoždění při obrazech. Na druhou stranu je silnice mezi nemocnicí a konečnou Pardubičky, točna ve většině případů průjezdná naprosto bez problémů, proto by spoj mohl případné zpoždění snížit již na tomto úseku. Naproti tomu prodloužení pobytu na konečné Polabiny, točna z 12 na 13 minut nehraje žádnou velkou roli.

Spoje linky 5 jsou v této variantě vedeny stejně jako v současné době.

Spoje linky 13 směrem na Dubinu jedou beze změn, kdežto spoje směrem do Polabin jsou vedeny o minutu později. Toto přineslo prodloužení pobytu na konečné Dubina, sever ze současných 4 na 5 minut, díky čemuž bude možné snáze vyrovnat případné zpoždění. Pobyt na konečné Polabiny, Sluneční se kvůli tomu zkrátí o minutu z 11 na 10 minut.

Spoj linky 21 by posunut o minutu v obou směrech, tudíž doby pobytu na obou konečných zůstávají stejné. Obdobně je na tom i spoj polookružní linky 27, který byl ale posunut nejméně, a to o 3 minuty proti současnému stavu.

Tabulka 10: Srovnání současného stavu a navrhované varianty 1

	Třída Míru – U Grandu							U Grandu – Třída Míru						
Současný stav	1	9	21	33	45	57		1	9	21	33	45	57	
	2	11	26	41	56		2	2	17	32	47			
	5	9	19	29	39	49	59	5	5	15	25	35	45	55
	13	3	13	23	33	43	53	13	0	10	20	30	40	50
	21	3						21	27					
	27	40						27	19					
	Třída Míru – U Grandu							U Grandu – Třída Míru						
Varianta 1	1	8	20	30	44	56		1	10	22	34	46	58	
	2	12	27	42	57		2	2	17	32	47			
	5	9	19	29	39	49	59	5	5	15	25	35	45	55
	13	3	13	23	33	43	53	13	1	11	21	31	41	51
	21	4						21	28					
	27	37						27	16					

Zdroj: (8), (11)

Pro tuto variantu bude poměrně vysoký koeficient využití propustnosti, který se určí podle vzorce (9). Pro tento návrh se bude pohybovat okolo hodnoty 0,75, což znamená, že 75 % času

bude jednostopý úsek obsazen jedoucím trolejbusem a pouze 25 % času bude jako rezerva pro případné vyrovnání zpoždění a mimořádností.

$$K_{VP} = \frac{(N_A + N_B)\bar{t}_p}{T}$$

Kde:

(9)

K_{VP} koeficient využití propustnosti [-],

N_A počet trolejbusů ze zastávky Třída Míru do zastávky U Grandu [-],

N_B počet trolejbusů ze zastávky U Grandu do zastávky Třída Míru [-],

T výpočetní období [s],

\bar{t}_p průměrná doba průjezdu třídou Míru [s].

4.2 Varianta 2: Vedení linky 2 po Sukově třídě

V této variantě bude počítáno se zachováním provozu linek 1, 5, 13, 21 a 27 v plném rozsahu po třídě Míru. Linka 2 bude vedena po objízdě trase přes Sladkovského ulici a dále po Sukově třídě (obrázek 8). Místo současné zastávky U Grandu obslouží v obou směrech zastávku Náměstí republiky.

Návrh grafikonu pro variantu 2 je v příloze C. Tabulkový navrhovaný jízdní řád společně se srovnáním se současným stavem je v tabulce 11. Modře jsou zvýrazněny posuny spojů oproti současnému stavu.

Tabulka 11: Srovnání současného stavu a navrhované varianty 2

		Třída Míru – U Grandu					U Grandu – Třída Míru							
Současný stav	1	9	21	33	45	57	1	9	21	33	45	57		
	2	11	26	41	56		2	2	17	32	47			
	5	9	19	29	39	49	59	5	5	15	25	35	45	55
	13	3	13	23	33	43	53	13	0	10	20	30	40	50
	21	3						21	27					
	27	40						27	19					
		Třída Míru – U Grandu					U Grandu – Třída Míru							
Varianta 2	1	8	20	32	44	56	1	10	22	34	46	58		
	2	X	X	X	X		2	X	X	X	X			
	5	9	19	29	39	49	59	5	5	15	25	35	45	55
	13	3	13	23	33	43	53	13	1	11	21	31	41	51
	21	4						21	28					
	27	37						27	16					

Zdroj: (8), (11)

Posuny poloh jednotlivých spojů jsou obdobné, jako ve variantě 1.

Spoje linky 1 na Slovany jedou o minutu dříve a spoje do Jesničánek jedou o minutu později oproti současné situaci. To s sebou přináší již zmíněné prodloužení doby pobytu na konečné Slovany, točna ze současných 4 na 6 minut se všemi důsledky.

Spoje linky 13 jedou do Polabin o minutu později, opačným směrem jsou spoje vedeny ve stejné časy, jako doposud. Díky tomu se zvětší doba pobytu na konečné Dubina, sever ze současných 4 na 5 minut.

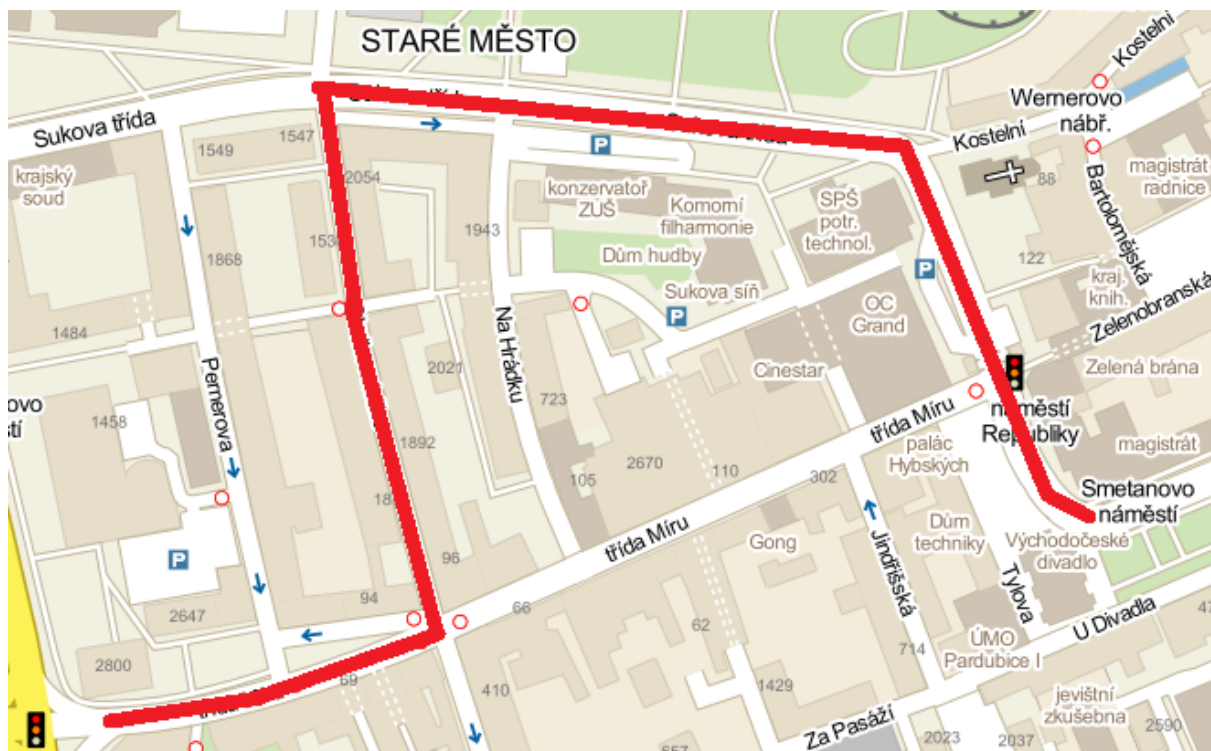
Spoje linek 21 a 27 byly posunuty stejně jako ve variantě 1 o 1, resp. 3 minuty v celé své trase bez vlivu na doby pobytu na konečných stanicích.

Pro názornost byla vybrána linka s nejnižším počtem párů spojů za hodinu (linky 21 a 27, které jedou jednou za hodinu, teď neberu v potaz, protože snížení počtu párů spojů o 1 by nemělo výrazný efekt na stabilitu grafikonu). Tímto klesne počet párů spojů jedoucích za hodinu přes třídu Míru z 23 na 19 a koeficient využití propustnosti K_{VP} se bude pohybovat okolo hodnoty 0,61.

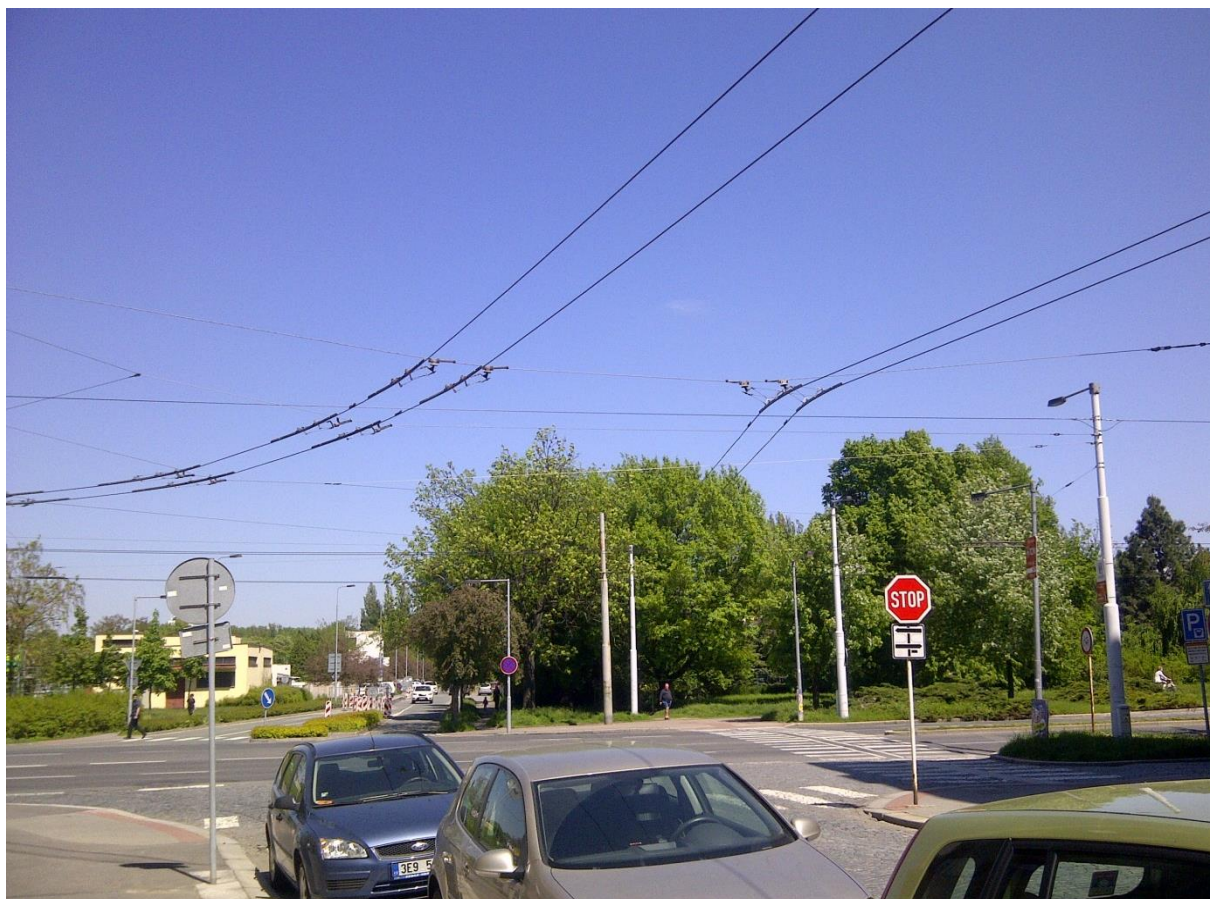
Výhodou tohoto řešení je, že se trolejbusy linky 2 i nadále vyhnou Masarykovu náměstí, na kterém se často tvoří dopravní kongesce. Také bude zachován současný stav vedení linek na západní straně třídy Míru.

Nevýhodou je nutnost rekonstrukce trolejového vedení ve Sladkovského ulici. Současné vedení umožňuje odbočit do Sladkovského ulice ze Sukovy třídy pouze ve směru od zimního stadionu a z třídy Míru je možné do Sladkovského ulice odbočit pouze ve směru od zastávky Třída Míru. Navíc trať směrem k Sukově třídě je zakončena kusou trolejí bez možností odbočení do žádného směru (na obrázku 9 vpravo). Bylo by tedy nutné zbudovat možnost odbočení ze Sukovy třídy doleva do Sladkovského ulice a ze Sladkovského ulice doprava na Sukovu třídu.

Výhledově by také bylo vhodné zrekonstruovat povrch Sladkovského ulice.



Obrázek 8: Schématické znázornění alternativní trasy. Zdroj mapového podkladu: www.mapy.cz



Obrázek 9: Současný stav křižovatky Sukovy třídy a Sladkovského ulice. Zdroj (11)

Další markantní nevýhodou této varianty je, že objízdná trasa od křižovatky Náměstí republiky a třídy Míru pod Zelenou bránou po Sukově třídě a Sladkovského ulicí na křižovatku Sladkovského ulice a třídy Míru měří 768 m, což proti současné trase po třídě Míru, která měří 340 m, znamená nárůst o 428 m na jednom spoji. To při denním objemu 134 spojů ve všední den a 96 spojů o víkendu činní nárůst najetých kilometrů o 57,4 km.

Dalšími náklady, které by musel DPmP a.s. zaplatit z vlastních zdrojů, je pořízení nové licence pro linku 2.

4.3 Varianta 3: Vedení linky 13 po Sukově třídě

Tato varianta je v podstatě stejná, jako varianta 2 se všemi výhodami i nevýhodami. Liší se v tom, že na lince 13 jezdí nejvíce párů spojů za hodinu (společně s linkou 5). Protože na lince 13 jezdí ve špičce 6 párů spojů (místo 4 na lince 2), klesl by počet párů spojů jedoucích za hodinu po třídě Míru na 17. Tím by se snížil i koeficient využití propustnosti K_{VP} na hodnotu okolo 0,55, což by mělo jednoznačně pozitivní dopad na stabilitu jízdního řádu.

Návrh grafikonu pro variantu 3 je v příloze D. Tabulkový navrhovaný jízdní řád společně se srovnáním se současným stavem je v tabulce 12. Modře jsou zvýrazněny posuny spojů oproti současnému stavu.

Tabulka 12: Srovnání současného stavu a navrhované varianty 3

	Třída Míru – U Grandu							U Grandu – Třída Míru							
Současný stav	1	9	21	33	45	57		1	9	21	33	45	57		
	2	11	26	41	56			2	2	17	32	47			
	5	9	19	29	39	49	59		5	5	15	25	35	45	55
	13	3	13	23	33	43	53		13	0	10	20	30	40	50
	21	3							21	27					
	27	40							27	19					
	Třída Míru – U Grandu							U Grandu – Třída Míru							
Varianta 3	1	8	20	32	44	56		1	10	22	34	46	58		
	2	12	27	42	57			2	3	18	33	48			
	5	9	19	29	39	49	59		5	5	15	25	35	45	55
	13	X	X	X	X	X	X		13	X	X	X	X	X	X
	21	4							21	28					
	27	37							27	16					

Zdroj: (8), (11)

Návrh spojů linky 1 je převzat z varianty 2. Spoje směrem na Slovany jedou o minutu dříve a spoje směrem do Jesničánek o minutu později, než jak je to tomu teď.

Spoje linky 2 byly posunuty o minutu později v obou směrech, tudíž tento posun nemá vliv na žádné doby pobytu na konečných, ani na případné bezpečnostní přestávky, jen na nástupy a ukončení jednotlivých turnusů.

Totéž platí i pro linky 21 a 27, který byly opět posunuty o 1, resp. o 3 minuty v celé své trase.

Linka 5 zůstává beze změny, je vedena stejně jako v současném stavu.

Protože tato varianta se od varianty 2 liší pouze tím, že odklonem po Sukově třídě je vedena linka 13 a nikoliv linka 2, platí zde i všechny pozitiva a negativa zmíněné v kapitole 4.2.

Jediný rozdíl je v počtu spojů na lince 13 a na lince 2 a s tím spojené navýšení počtu ujetých kilometrů za den. Na lince 13 jede ve všední den 162 spojů a o víkendu 100 spojů, což znamená navýšení denního počtu ujetých kilometrů o 69,4 km ve všední den.

4.4 Varianta 4: Svazkování linek 5 a 13

Poměrně zajímavou možností, jak zvýšit kapacitu jednostopého úseku je využití tzv. svazkování⁵. Zatímco u předchozích variant docházelo ke svazkování víceméně náhodně vlivem např. zpoždění, v této variantě se pokusím svazkování cíleně využít. Protože ovšem čas potřebný k průjezdu třídou Míru je poměrně krátký, může se stát, že jeden ze spojů bude mít větší zpoždění, než kolik času potřeboval druhý spoj k překonání jednostopého úseku a svazkování pro tento případ vůbec neproběhne.

Pro svazkování byly vybrány linky 5 a 13. Jednak z důvodu, že mají stejný špičkový interval (10 min) a nejvyšší četnost spojů za hodinu, ale mají také poměrně krátkou společnou trasu (2 474 m) ze všech uvažovaných linek.

Návrh grafikonu pro variantu 4 je v příloze E. Tabulkový navrhovaný jízdní řád společně se srovnáním se současným stavem je v tabulce 13. Modře jsou zvýrazněny posuny spojů oproti současnému stavu.

Tabulka 13: Srovnání současného stavu a navrhované varianty 4

	Třída Míru – U Grandu							U Grandu – Třída Míru							
Současný stav	1	9	21	33	45	57		1	9	21	33	45	57		
	2	11	26	41	56			2	2	17	32	47			
	5	9	19	29	39	49	59		5	5	15	25	35	45	55
	13	3	13	23	33	43	53		13	0	10	20	30	40	50
	21	3							21	27					
	27	40							27	19					
	Třída Míru – U Grandu							U Grandu – Třída Míru							
Varianta 4	1	8	20	32	44	56		1	10	22	34	46	58		
	2	12	27	42	57			2	3	18	33	48			
	5	9	19	29	39	49	59		5	5	15	25	35	45	55
	13	9	19	29	39	49	59		13	5	15	25	35	45	55
	21	4							21	28					
	27	37							27	16					

Zdroj: (8), (11)

Z tabulky 13 je patrné, že v této variantě bylo nutné posunout odjezdy všech spojů, kromě linky 5, která jako jediná zůstává nezměněna.

Linka 1 byla vyřešena jako ve všech ostatních navrhovaných variantách. Tedy spoje ve směru na Slovany jsou vedeny o minutu dříve a spoje směrem do Jesničánek jsou navrženy

⁵ Jedná se o situaci, kdy na jednostopý úsek vjede více vozidel z jednoho směru naráz. Vozidla na jednostopý úsek nemusí vstoupit bezprostředně po sobě, ale pokud vozidlo přijede k jednostopému úseku, který je obsazen vozidlem jedoucím stejným směrem, může do jednostopého úseku také vstoupit a pokračovat v jízdě.

o minutu později. Díky tomu se prodloužila doba pobytu na konečné Slovany, točna ze 4 minut na 6 minut.

Spoje linky 2 jsou navrženy stejně jako ve variantě 3. Tedy oba směry jsou posunuty o minutu později, proto nedochází k žádným změnám v pobytech na konečných stanicích.

Posun spojů linek 21 a 27 je totožný jako v předchozích variantách. Tudiž spoje linky 21 jsou navrženy o minutu později v celé své trase a linka 27 jede o 3 minuty dříve, než jak je tomu v současné době.

Největší posuny jsou u linky 13, jejichž časy průjezdu třídou Míru byly upraveny tak, aby korespondovaly s linkou 5. To znamená, že spoje směrem na Dubinu jedou o 6 minut později a spoje směrem do Polabin jsou vedeny o 5 minut později. Což má v globálním měřítku dva negativní důsledky. Zaprvé se zkrátí doba pobytu linky 13 na konečné Dubina, sever ze současných 4 minut na pouhé 3, což může přinést potíže při vyrovnávání zpoždění.

Za druhé se tímto zruší současné proklady odjezdů linek 5 a 13 z konečné Dubina, sever. Za současného stavu linka 13 ze zastávky Dubina, sever odjíždí v X0⁶ a linka 5 odjíždí v X4. Obě linky mají stejnou trasu z konečné Dubina, sever až po křižovatku ulic Na Drážce a Věry Junkové (viz obrázek 3, strana 21). Následně linka 5 pokračuje ulicemi Věry Junkové a Sakařova ke křižovatce ulic Sakařova a Štrossova. Linka 13 je dále vedena ulicemi Na Drážce a Dašická na křižovatku ulic Sakařova a Štrossova, kde se opět potkává s linkou 5 a společně jsou trasovány ulicemi Bubeníkova a Jahnova na třídu Míru.

Přestože úsek linky 13 ulicemi Na Drážce a Dašická měří téměř o polovinu více (1 739 m), než úsek linky 5 ulicemi Věry Junkové a Sakařova (1 208 m), linka 13 ho zvládne projet o minutu rychleji (6 min), než linka 5 (7 min). To je dáno zejména tím, že linka 13 v tomto úseku obsluhuje pouze 2 zastávky (Na Drážce a Na Okrouhlíku), kdežto linka 5 na svém úseku obsluhuje zastávky 4 (Židov, točna, Bezdičkova, Holubova a Sakařova).

Proto, pokud budou zachovány současné jízdní doby a linky 5 a 13 budou vedeny po třídě Míru společně ve stejný čas, bude třeba, aby z konečné Dubina, točna vyjela linka 5 a minutu po ní linka 13.

4.5 Varianta 5: Víkendová varianta

Protože víkendový⁷ provoz na třídě Míru je oproti pracovním dnům omezen téměř na polovinu (12 párů spojů za špičkovou hodinu, proti 23 párům spojů za hodinu ve všední den), navrhuji pouze jednu variantu pro víkend, která bude spočívat pouze v posunu jednotlivých spojů, aby se minimalizovala možná doba čekání na uvolnění jednotopého úseku. Koeficient využití propustnosti K_{VP} pro tuto víkendovou variantu bude mít hodnotu 0,4, přičemž v navrhované variantě bude dostatek prostoru i pro průjezd nostalgických linek 51 a 52, se kterými v práci nepočítám, a které jezdí pouze ve vybrané dny a ne častěji, než jeden spoj za hodinu.

Návrh grafikonu pro variantu 5 je v příloze F. Tabulkový navrhovaný jízdní řád společně se srovnáním se současným stavem je v tabulce 14. Modře jsou zvýrazněny posuny spojů oproti současnému stavu.

⁶ Kde X značí celou desetiminutu.

⁷ Tímto se rozumí víkendový JŘ, který platí v sobotu, neděli a státem uznaný svátek.

Tabulka 14: Srovnání současného stavu a navrhované varianty 5

	Třída Míru – U Grandu				U Grandu – Třída Míru			
Současný stav	1	16	36	56	1	17	37	57
	2	19	39	59	2	17	37	57
	5	11	31	51	5	02	22	42
	13	05	25	45	13	11	31	51
	Třída Míru – U Grandu				U Grandu – Třída Míru			
Varianta 5	1	07	27	47	1	09	29	49
	2	19	39	59	2	17	37	57
	5	14	34	54	5	02	22	42
	13	04	24	44	13	12	32	52

Zdroj: (8), (11)

O víkendu jezdí pouze linky 1, 2, 5 a 13, přičemž každá má interval 20 min. Současná podoba jízdního řádu je značně nevyrovnaná. Při taktu 20 min mezi spoji jednotlivých linek lze brát 20 min jako interval, po kterém se bude jízdní řád periodicky opakovat. Za tuto periodu celkem pojedou z každé linky 1 pár spojů, celkem tedy 8 spojů na všech linkách. Ale pokud vezmeme interval od nulté do dvacáté minuty, v současné době během prvních 10 minut jedou pouze 2 spoje a ostatních 6 jede v druhé polovině intervalu. Proto jsem se snažil tuto variantu navrhnout symetricky tak, aby spoje byly rovnoměrně rozvrstveny v celém časovém úseku intervalu.

Nejvýrazněji se posuny projeví na lince 1. Spoje ve směru na Slovany jsou vedeny o 9 minut dříve, než v současném stavu, spoje do Jesničánek o 8 minut dříve. Tyto změny se projeví i na dobách pobytu na obou konečných. Na konečné Slovany, točna se prodlouží doba pobytu ze současných 3 minut na 4 minuty. Pobyt na konečné Jesničánky, točna bude 20 minut, místo současných 21 minut.

Linka 2 zůstala jako jediná kompletně beze změn.

Spoje linky 5 jsou vedeny směrem na Dubinu o 3 minuty později a spoje směrem na Duklu zůstávají ve své časové poloze. Kvůli tomu se zkrátí pobyt na točně Dubina, sever ze současných 11 na 8 minut. Pobyt na konečné Dukla, točna se prodlouží ze současných 10 minut na 13 minut.

Na lince 13 byly spoje jedoucí na Dubinu posunuty o minutu dopředu a spoje jedoucí do Polabin jsou naplánovány o minutu později, než jak jezdí v současnosti. Díky tomu vzroste doba pobytu na konečné Dubina, točna ze současných 5 minut na 7 minut a doba pobytu na konečné Polabiny, Sluneční se o 2 minuty zkrátí na 12 minut.

Jsem toho názoru, že navrhované změny ve víkendovém provozu nebudou mít žádný negativní vliv na provoz všech linek a vyrovnání případného zpoždění.

Kapitola 5

Návrh modelu

Pro ověření funkčnosti navržených variant a vybrání nejvhodnější varianty byl sestaven počítačový model průjezdu spojů MHD třídou Míru.

Vlastní model byl vytvořen v softwarovém nástroji Arena® firmy Rockwell Automation, který pracuje na principu diskrétní simulace. To znamená, že celý model je složen z na sebe navazujících diskrétních úseků, během nichž se stav celého modelu nemůže změnit. Ke změnám dochází jenom při přechodu z jednoho diskrétního časového úseku do druhého.

Grafický interface celého modelu v příloze G a všechny funkční modely pro jednotlivé varianty jsou na přiloženém CD⁸ (příloha H). V této kapitole popíšu jednotlivé funkcionality modelu, jeho vstupy, výstupy, proměnné a procesy, ke kterým dochází při běhu modelu.

Základním stavebním kamenem modelu v softwarovém nástroji Arena® je entita. Entitou lze rozumět datové vyjádření jakéhokoliv objektu z reálného světa. Entita musí být schopná samostatné existence a musí být rozlišitelná od ostatních entit. V tomto konkrétním případě lze jako entitu chápat trolejbus jedoucí po třídě Míru. Je lhostejno, jakého je typu, na jaké jede lince, v jakém čase, či jaké má zpoždění.

Teprve specifikací těchto parametrů vzniká instance entity. Instance znamená jednotlivý, konkrétní výskyt entity, který je specifický svými vlastnostmi, parametry, časem výskytu... V tomto případě lze instanci přiblížit jako konkrétní spoj určité linky. Např. trolejbus eč. 321 jedoucí na lince 27 s pravidelným odjezdem 14:40 ze zastávky Třída Míru směr zastávka U Grandu, který má 96 s zpoždění.

Jinými slovy, entita je něco jako abstraktní forma, ze které se vytvářejí konkrétní případy v reálném světě – instance entity.

V nástroji Arena® je tedy třeba nejprve definovat entity, od kterých se dále podle určených pravidel vytvářejí instance, se kterými se následně provádějí určité procesy, k nimž je třeba alokovat definované zdroje. Tyto procesy mohou trvat určitou dobu, mění se v nich atributy instance, nebo proměnné, atd.

⁸ Pro spuštění modelu na PC je nutné nakopírovat soubory z CD do PC, protože software Arena® po svém spuštění vytváří další soubory, které na CD nejdou zapsat.

Grafický interface modelu se dá rozdělit na dvě základní části. V horní části je vlastní výpočetní jádro a spodní část slouží pouze pro pokročilou simulaci vlastního simulačního výpočtu.

Výpočetní část se dá rozdělit také na dvě hlavní větve, které pracují de facto nezávisle na sobě, ale jejich funkčnost je prakticky totožná. Jedna větev modeluje příjezdy a provoz trolejbusů ze zastávky Třída Míru na zastávku U Grandu. Druhá větev modeluje opačný směr provozu. Jediné, co mají tyto dvě větve společné je zdroj, o který se musí podělit – vlastní komunikaci na třídě Míru, kterou může obsadit pouze jedna větev a druhá musí čekat na její uvolnění. Proto zde budu popisovat jenom větve modelující provoz ve směru ze zastávky Třída Míru do zastávky U Grandu. Opačná větev funguje naprosto analogicky.

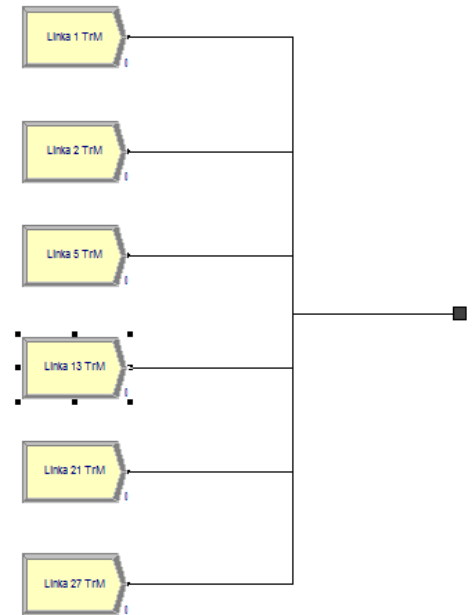
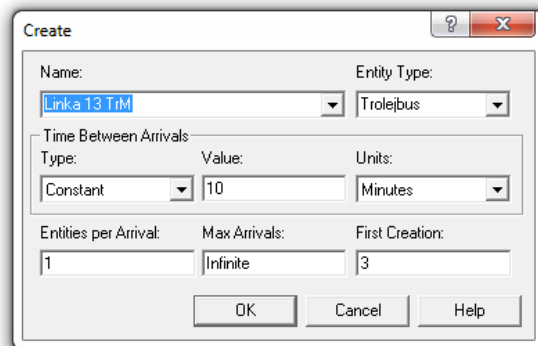
5.1 Fáze před vstoupením instance entity na jednostopý úsek

Nejprve je nutné definovat entity, se kterými má model pracovat. Jak již bylo zmíněno výše, v tomto případě lze entitou rozumět jakýkoliv spoj jedoucí po třídě Míru. Pro model nehraje roli, zda třídou Míru právě projíždí linka 1, 5, nebo 27. Stejně tak nehraje roli, jakého typu je trolejbus nasazený na konkrétním spoji. Od těchto věcí jsem proto v práci abstrahoval. Díky tomu lze všechny spoje zastoupit jednou entitou, od které se budou tvořit instance vždy, když bude třeba.

Pro generování nových instancí entit slouží modul *Create*. Protože však software Arena® nové entity generuje buď podle různých rozdělení pravděpodobnosti⁹, nebo po uplynutí konstantního časového intervalu, a nepodporuje generování entity v exaktní čas, bylo třeba vytvořit submodel, kde je každá linka zastoupena jedním modulem *Create*, který generuje instance entit podle taktu dané linky. Příklad takového submodelu společně s nastavením modulu *Create* je na obrázku 10. V nastavení modulu jsou důležité pole *Value*, které znamená, po jaké době se bude generování instance opakovat (interval mezi jednotlivými spoji), a pole *First Creation*, které určuje, kolikátou minutu má být vygenerována první instance.

Protože se až na jednu výjimku (viz tabulka 10, strana 33) podařilo dodržet stejné intervaly mezi spoji jednotlivých linek, postačí k vygenerování všech instancí entit jedné linky pouze jeden modul *Create*. Zmínění nedodržení intervalů na lince 1 ve variantě 1 jsem řešil ještě jedním vloženým submodelem, který obsahoval 5 modulů *Create*, z nichž každý generoval instanci v zadanou minutu s intervalem jedné hodiny.

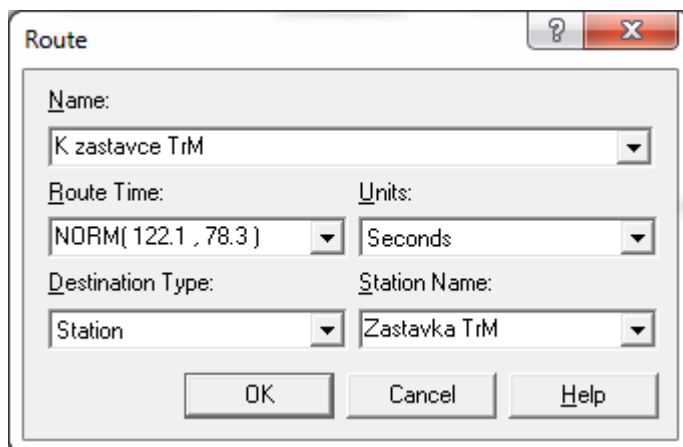
⁹ Nativně používá exponenciální a Poissonovo rozdělení pravděpodobnosti. Další lze dodefinovat.



Obrázek 10: Submodel příjezdů na třídu Míru s nastavením modulu *Create* pro linku 13. Zdroj: Příloha H

Z důvodu, že nástroj Arena® neumožňuje generování záporných časových hodnot (čas plyne vždy dopředu), bylo nutné v tomto okamžiku také vyřešit simulování zpoždění – zejména záporného zpoždění, tzv. náskoku. Protože DPmP a.s. toleruje jízdu s maximálním náskokem 59 s, čemuž odpovídá i moje měření – minimální hodnota mnou naměřeného zpoždění byla právě -59 s, a za jízdu s větším náskokem jsou řidiči sankcionováni, lze důvodně předpokládat, že k náskoku většímu, než 59 s nebude v praxi docházet. Proto lze všechny příjezdy posunout dopředu o 1 minutu oproti navrhovanému JŘ v jednotlivých variantách, čímž se vyřeší problém generování záporného zpoždění.

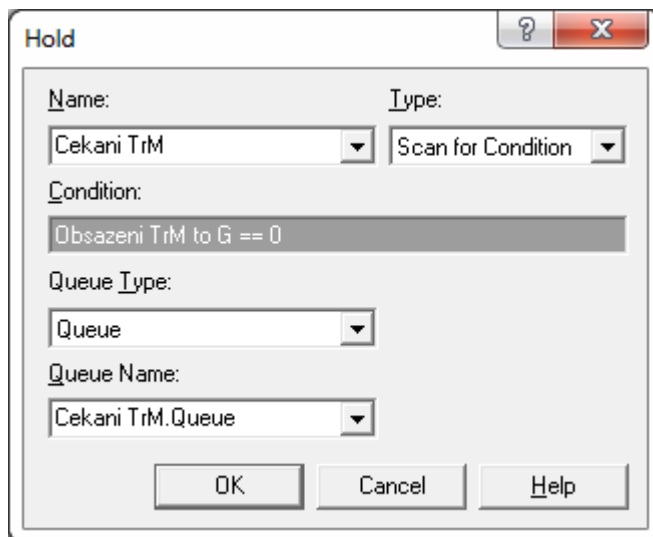
Po vygenerování se instance přesouvá na zastávku Třída Míru. Toto přesunutí trvá nenulový čas, čímž se modeluje zpoždění konkrétního spoje. K přesunům slouží modul *Route*. Moduly *Route* je vhodné kvůli přehlednosti modelu pojmenovávat podle jejich cíle, proto tento modul je pojmenován K zastavce TrM (v opačném směru K zastavce Grand), protože konkrétní instance byla vygenerována o minutu dříve, než je její odjezd ze zastávky Třída Míru podle navrhovaného JŘ, je třeba i ke generovanému zpoždění tuto minutu přičíst. Proto generované zpoždění bude pocházet z normálního rozdělení pravděpodobnosti s parametry, které byly určeny v kapitole 3.2. Jen ke směrodatné odchylce bude nutné ještě přičíst 60 s, aby byl kompenzován posun ve vygenerování instance. Celkově je modul K zastavce TrM nastaven podle obrázku 11 (modul K zastavce Grand je nastaven analogicky).



Obrázek 11: Parametrizace modulu *Route* K zastavce TrM. Zdroj: Příloha H

Po tomto kroku je instance konkrétního spoje zpožděná o vygenerovanou hodnotu řídicí se normálním rozdělením pravděpodobnosti připravená pro vstup na jednotopý úsek. Nejprve ale musí zjistit, zda je tento úsek vůbec volný a zda na něj vstoupit může.

K tomu slouží modul *Hold*, který sleduje obsazenost jednotopého úseku. Pokud úsek není volný, instanci pozdrží ve frontě¹⁰, dokud se úsek neuvolní. K určení, zda je úsek volný slouží proměnná *Obsazeni TrM to G* (v opačném směru je to proměnná *Obsazeni G to TrM*). Protože software *Arena*® nepodporuje booleovské¹¹ proměnné, nabývá proměnná *Obsazeni TrM to G* hodnoty 1, pokud je úsek obsazen. V opačném případě se rovná 0. Nastavení modulu *Hold* je na obrázku 12.



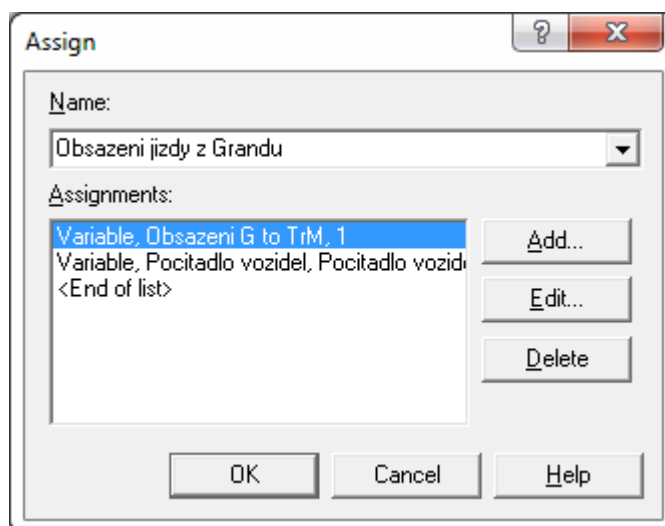
Obrázek 12: Nastavení modulu *Hold*. Zdroj: Příloha H

¹⁰ Jedná se o klasickou frontu FIFO (first in, first out) – z fronty jako první vystupuje ta instance, která do ní jako první vstoupila.

¹¹ Proměnná, která nabývá pouze dvou stavů – true, nebo false.

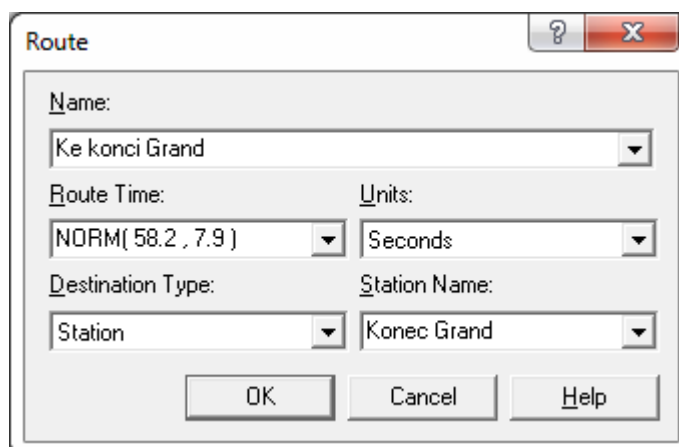
5.2 Fáze průjezdu entity jednostopým úsekem

Pokud je instance oprávněna vstoupit na jednostopý úsek, je nutné změnit hodnoty dvou proměnných. Musí se znemožnit vjetí na jednostopý úsek instance jedoucí od Grandu, což se zajistí přiřazením hodnoty 1 do proměnné *Obsazeni G to TrM*. Také se inkrementuje¹² počítadlo vozidel, která se zrovna pohybují na jednostopém úseku. Změny těchto proměnných má na starosti modul *Assign* pojmenovaný *Obsazeni jizdy z Grandu* (obrázek 13).



Obrázek 13: Nastavení modulu *Assign* *Obsazeni jizdy z Grandu*. Zdroj: Příloha H

Pak již instance může vyjet na cestu ze stanice *Třída Míru* do stanice *U Grandu*. Toto je reprezentováno dalším modulem *Route* nazvaným *Ke konci Grand* (v opačném směru *Ke konci TrM*). Ten je nastaven tak, aby délka tohoto přesunu se řídila normálním rozdělením pravděpodobnosti se střední hodnotou $E(X) = 58,2 s$ a směrodatnou odchylkou $\sigma = 7,9$ (na základě kapitoly 3.1). Modul *Ke konci Grand* je nastaven podle obrázku 14.

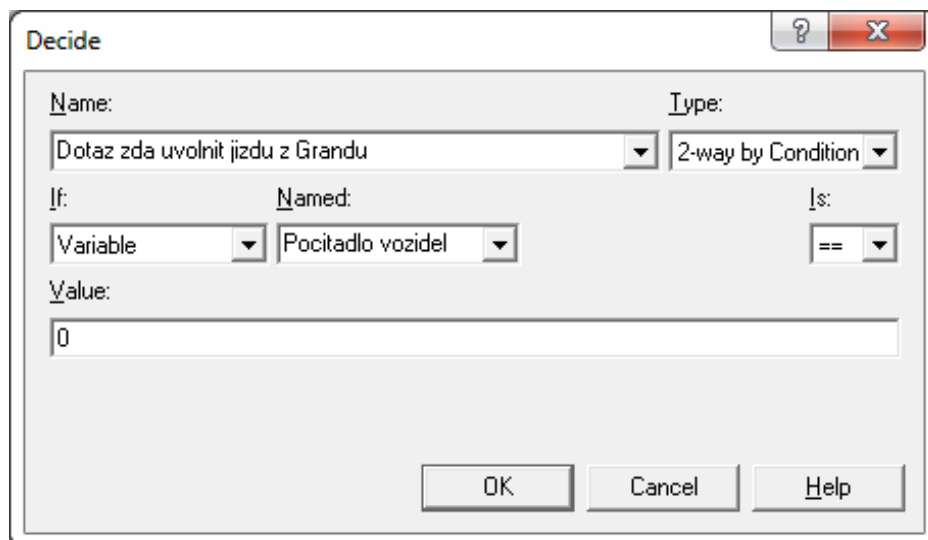


Obrázek 14: Nastavení modulu *Ke konci Grand*. Zdroj: Příloha H

¹² Zvýší o 1.

5.3 Fáze po projetí instance jednostopým úsekem

Po projetí jednostopého úseku se dekrementuje¹³ počítadlo vozidel, která se zrovna pohybují na jednostopém úseku, což obstará *Assign Snizení počtu vozidel z TrM*. Následuje rozhodování, zda lze jednostopý úsek uvolnit protijedoucím vozidlům. Pokud má počítadlo vozidel pohybujících se na jednostopém úseku nenulovou hodnotu, úsek je stále obsazen a nemůže být uvolněn. Pokud má počítadlo nulovou hodnotu, úsek se uvolní přiřazením nulové hodnoty do proměnné *Obsazeni G to TrM*. K tomuto rozhodování slouží modul *Decide* nastavený podle obrázku 15 a další modul *Assign*.



Obrázek 15: Nastavení modulu *Decide*. Zdroj: Příloha H

Protože instance již projela celý modelovaný úsek a dále nás již nezajímá a může být z modelu uvolněna, o což se stará modul *Dispose*.

Ještě před uvolněním instance z paměti se zapíše hodnoty popisující, jak dlouho strávila v systému, jak dlouho ji trvalo projet jednostopý úsek včetně čekání na jeho uvolnění a jak dlouhé bylo vlastní čekání na uvolnění jednostopého úseku.

Z těchto hodnot pak program Arena® sestaví výstupní zprávu.

¹³ Sníží o 1.

Kapitola 6

Zhodnocení navržených variant

Počítačový model popisovaný v kapitole 5 je postaven na modelování provozu na třídě Míru v odpolední špičce (mezi 14 h a 18 h), protože lze důvodně předpokládat, že v tuto dobu je nejvyšší intenzita dopravy a největší zpoždění spojů. V tomto období byly měřeny vstupní údaje (doba průjezdu třídou Míru a zpoždění konkrétního spoje) a pro odpolední špičkovou hodinu jsou i všechny varianty navrhované v kapitole 4.

Protože výkon dnešní výpočetní techniky již je dostatečně vysoký, bylo od každé varianty provedeno 2 500 replikací¹⁴. Jelikož průměrný rok má okolo 250 pracovních dní (záleží na tom, na jaké dny vyjdou státní svátky slavené v konkrétní datum, např. oba květnové svátky – Svátek práce a Den vítězství, atd.), zvolený počet replikací lze interpretovat, jako kdyby byly sbírány a vyhodnoceny údaje o provozu za dobu 10 let pro varianty 1 – 4. Pro variantu 5, která je víkendová, odpovídá 2 500 replikací zhruba 15 letům provozu.

Při každé proběhnuvší replikaci byla sbírána data a údaje popisující průběh konkrétní replikace. Pro potřeby zhodnocení navrhovaných variant to byla zejména:

- doba čekání na uvolnění jednostopého úseku,
- počet vozidel ve frontě čekající na uvolnění jednostopého úseku,
- čas potřebný k projetí jednostopého úseku včetně čekání na jeho uvolnění.

Na základě těchto údajů budou jednotlivé varianty zhodnoceny a porovnány mezi sebou pro nalezení nejvhodnější varianty provozu na třídě Míru.

6.1 Varianta 1

Varianta 1 spočívá pouze v upravení polohy odjezdů jednotlivých spojů tak, aby se minimalizovala doba čekání na uvolnění jednostopého úseku a spoje jím projížděly pokud možno bez zdržení. Navrhovaný grafikon dopravy pro variantu 1 je v příloze B.

Po proběhnutí všech 2 500 byly zjištěny následující údaje. Průměrná čekací doba jednoho spoje na uvolnění jednostopého úseku byla 10,84 s ve směru od Grandu do zastávky Třída Míru a 10,65 s ve směru opačném. Maximální hodnota čekání byla do 4 minut. Průměrná délka fronty

¹⁴ Opakování simulačního experimentu.

na uvolnění jednostopého úseku byla 0,07 spoje. Tato hodnota ovšem není tolik důležitá. Mnohem zajímavější je maximální hodnota čekajících entit, a to 4 (viz obrázek 16).

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cekani Grand.Queue	10.8413	< 0,09	3.8746	19.3920	0.00	235
Cekani TrM.Queue	10.6537	< 0,09	3.9929	19.1956	0.00	200
Other						
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cekani Grand.Queue	0.06924174	< 0,00	0.02475455	0.1239	0.00	4.00
Cekani TrM.Queue	0.06774301	< 0,00	0.02523290	0.1220	0.00	4.00
Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cas prujezdu Grand	68.9828	< 0,09	61.3357	77.8564	22.3689	290
Cas Prujezdu TrM	68.8279	< 0,09	61.9495	77.9529	26.3820	266

Obrázek 16: Výsledné hodnoty pro variantu 1. Zdroj: Příloha H

Průměrný čas průjezdu jednostopým úsekem včetně čekání na jeho uvolnění je 68,90 s. Tyto hodnoty korespondují s tím, že průměrná doba průjezdu jednostopým úsekem je 58,2 s (určeno v kapitole 3.1) a průměrný čas čekání na uvolnění jednostopého úseku ve variantě 1 je okolo 11 s.

6.2 Varianta 2

Varianta 2 počítá se snížením počtu párů spojů o 4 za každou hodinu. To je dáno vedením linky 2 po Sukově třídě a Sladkovského ulici, čímž se vyhne zamýšlenému jednostopému úseku na třídě Míru. Navrhovaný grafikon dopravy pro variantu 2 je v příloze C.

Při této variantě organizace dopravy byla průměrná čekací doba na uvolnění jednostopého úseku 9,36 s ve směru od zastávky U Grandu. Ve směru od zastávky Třída Míru byla průměrná čekací doba 8,84 s (údaje jsou na obrázku 17). Což je oproti variantě 1 zlepšení o zhruba 15 %. Maximální počet čekajících spojů na uvolnění jednostopého úseku v jedné frontě je 3.

Průměrný čas průjezdu jednostopého úseku včetně čekání na jeho uvolnění je 67,27 s.

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cekani Grand.Queue	9.3598	< 0,09	2.7438	18.9314	0.00	205
Cekani TrM.Queue	8.8364	< 0,08	2.8869	18.1921	0.00	175
Other						
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cekani Grand.Queue	0.04933324	< 0,00	0.01448140	0.0999	0.00	3.00
Cekani TrM.Queue	0.04637385	< 0,00	0.01577240	0.0948	0.00	3.00
Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cas prujezdu Grand	67.5589	< 0,09	60.6996	76.2692	21.9518	263
Cas Prujezdu TrM	67.0016	< 0,09	60.0168	76.4114	23.8214	230

Obrázek 17: Výsledné hodnoty pro variantu 2. Zdroj: Příloha H

6.3 Varianta 3

Ve variantě 3 došlo ke snížení počtu párů spojů za hodinu o další 2 oproti variantě 2. Navrhovaný grafikon dopravy pro variantu 3 je v příloze D.

Díky tomuto klesla průměrná čekací doba na uvolnění jednostopého úseku na 7,48 s, což je zlepšení proti variantě 2 o cca 18 %. Konkrétně průměrná čekací doba na uvolnění jednostopého úseku ve směru od Grandu byla 7,44 s a v opačném směru byla průměrná čekací doba 7,52 s (vše na obrázku 18). Maximální počet čekajících spojů na uvolnění jednostopého úseku v jedné frontě je 3.

Průměrný čas průjezdu jednostopého úseku včetně čekání na jeho uvolnění je 65,61 s.

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cekani Grand.Queue	7.4440	< 0,08	2.0534	15.9072	0.00	174
Cekani TrM.Queue	7.5248	< 0,08	1.5392	14.9684	0.00	188
Other						
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cekani Grand.Queue	0.03519637	< 0,00	0.00955392	0.07511719	0.00	3.00
Cekani TrM.Queue	0.03530658	< 0,00	0.00716136	0.07068417	0.00	3.00
Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cas prujezdu Grand	65.5704	< 0,09	58.5232	75.4405	22.6121	226
Cas Prujezdu TrM	65.6547	< 0,09	57.8720	74.9108	22.3689	256

Obrázek 18: Výsledné hodnoty pro variantu 3. Zdroj: Příloha H

6.4 Varianta 4

Návrh varianty 4 spočívá ve svazkování linek 5 a 13. Počet párů spojů za hodinu je tedy stejný jako ve variantě 1. Navrhovaný grafikon dopravy pro variantu 4 je v příloze E.

Průměrná doba čekání na uvolnění jednostopého úseku je v této variantě 9,10 s. Spoje jedoucí ze zastávky U Grandu do zastávky Třída Míru čekaly v průměru 8,78 s, pro spoje jedoucí opačným směrem bylo průměrné čekání 9,52 s. Maximální počet spojů v jedné frontě byl 4 (vše je na obrázku 19).

Průměrná doba potřebná pro překonání jednostopého úseku včetně čekání na jeho uvolnění je 67,29 s.

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cekani Grand.Queue	8.7816	< 0,08	2.9451	17.6181	0.00	208
Cekani TrM.Queue	9.5171	< 0,09	2.9182	18.2438	0.00	237
Other						
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cekani Grand.Queue	0.05625821	< 0,00	0.01881579	0.1126	0.00	4.00
Cekani TrM.Queue	0.06021085	< 0,00	0.02074279	0.1166	0.00	4.00
Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cas prujezdu Grand	66.8938	< 0,09	60.5932	76.9293	21.9518	275
Cas Prujezdu TrM	67.6829	< 0,09	60.5611	77.5630	25.2499	294

Obrázek 19: Výsledné hodnoty pro variantu 4. Zdroj: Příloha H

6.5 Varianta 5

Varianta 5 je nevržení pro použití o víkendu, kdy po třídě Míru jedou pouze linky 1, 2, 5 a 13, přičemž všechny linky mají interval 20 minut. Navrhovaný grafikon dopravy pro variantu 5 je v příloze F.

Protože objem spojů provážených po třídě Míru je v této variantě nejmenší, je nejmenší i průměrná doba čekání na uvolnění jednostopého úseku, a to 4,47 s. Čekání spojů ze směru od zastávky U Grandu bylo v průměru 4,37 s, čekání spojů od zastávky Třída Míru v průměru činilo 4,59 s. Maximální počet vozů ve frontě byl v obou směrech 2 vozy.

Průměrná doba pro projetí jednostopého úseku včetně čekání na jeho uvolnění byla 62,64 s. Všechny výsledky jsou na obrázku 20.

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cekani Grand.Queue	4.3735	< 0,07	0.00	11.9691	0.00	122
Cekani TrM.Queue	4.5907	< 0,07	0.02900327	12.7944	0.00	131

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cekani Grand.Queue	0.01458362	< 0,00	0.00	0.03989713	0.00	2.00
Cekani TrM.Queue	0.01517975	< 0,00	0.00009466	0.04175966	0.00	2.00

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cas prujezdu Grand	62.5081	< 0,08	55.0779	71.6229	21.9518	188
Cas Prujezdu TrM	62.7771	< 0,09	56.6177	73.0250	22.3689	197

Obrázek 20: Výsledné hodnoty pro variantu 5. Zdroj: Příloha H

6.6 Srovnání navrhovaných variant

V této části budou mezi sebou srovnány výsledky, které jsou prezentovány v předcházející části Kapitola 6. Dá se de facto konstatovat, že zavedení jednostopého úseku bude mít negativní vliv na kvalitu provozu proti současné situaci na třídě Míru.

V počítačovém modelu byly sledovány 3 ukazatele (doba čekání na uvolnění jednostopého úseku, počet vozidel ve frontě čekající na uvolnění jednostopého úseku a čas potřebný k projetí jednostopého úseku včetně čekání na jeho uvolnění), přičemž hodnoty těchto ukazatelů je třeba minimalizovat pro plynulý provoz.

Tabulka 15: Srovnání sledovaných ukazatelů pro všechny navrhované varianty

	Průměrná doba čekání na uvolnění jednostopého úseku [s]	Maximální počet vozidel čekajících ve frontě [-]	Průměrný čas potřebný k projetí jednostopého úseku včetně čekání na jeho uvolnění [s]
Varianta 1	10,75	4	68,90
Varianta 2	9,10	3	67,27
Varianta 3	7,48	3	65,61
Varianta 4	9,10	4	67,29
Varianta 5	4,47	2	62,64

Zdroj: Příloha H

Z tabulky 15 je patrné, že nejnižší, pokud pomineme víkendovou variantu 5, jsou tyto ukazatele pro variantu 3. Tudiž varianta 3 se jeví z navrhovaných variant jako nejlepší. Zároveň je ovšem nejnákladnější na realizaci.

Zavedení této varianty do provozu by znamenalo, že vozy DPmP a.s. najedou každý všední den o 69,4 km více, než v současné době, což s sebou přináší další náklady na elektrickou energii i vyšší opotřebení vozidel. Na vrub DPmP a.s. by také padly náklady na pořízení nové licence pro linku 13 a na opravu trolejového vedení ve Sladkovského ulici (více viz kapitola 4.2).

Na druhou stranu je vhodné dodat, že linka 13 po Sukově třídě ještě v nedávné minulosti jezdila. Až do 1. 9. 2002 byla totiž linka 13 autobusová a její poslední trasování před převodem na elektrickou trakci bylo Polabiny, Sluneční – Nádraží ČD (dnes Hlavní nádraží) – Palackého – Masarykovo náměstí – Náměstí republiky – U Kostelíčka – Na Drážce – Dubina (kde ještě nebyla v provozu současná točna Dubina, sever, ale autobusy objížděly severní část sídliště Dubina po ulicích Na Drážce, Josefa Janáčka, Jana Zajíce a Blahoutovou ulicí zpět na ulici Na Drážce) (4).

Vhodné by bylo též zrekonstruovat povrch Sladkovského ulice, což by se mělo připojit k celkové rekonstrukci třídy Míru. Ovšem návrh konkrétní podoby stavebních úprav a vyčíslení nákladů na jejich realizaci je nad rámec této práce.

Zajímavou alternativou k variantě 3 je na základě srovnání (tabulka 15) i varianta 4, která využívá svazkování linek 5 a 13. Tato varianta vykazuje prakticky stejné výsledky jako varianta 2, ovšem za nesrovnatelně nižších nákladů, kdy prakticky jediné náklady jsou na změny jízdního řádu. Jistým negativem je, že jednostopý úsek, na kterém linky 5 a 13 jezdí ve svazku, je poměrně krátký. Jeho projetí průměrně trvá 58,2 s, ale průměrné zpoždění na tomto úseku dosahuje 62,1 s, proto občas může dojít k situaci, že jeden spoj již má jednostopý úsek za sebou, ale druhý, který s ním měl jet ve svazku, kvůli zpoždění ještě nedorazil na začátek jednostopého úseku a díky tomu svazkování nefunguje.

Víkendová varianta byla navržena jenom jedna, která zachovává současný rozsah provozu na třídě Míru. Ve srovnání s ostatními variantami vykazovala jednoznačně nejlepší výsledky, které potvrzují, že současný rozsah víkendového provozu lze bez problémů zachovat i při vybudování jednostopého úseku na třídě Míru. Pokud by se realizovala varianta 3 a linka 13 by jezdila přes Sukovu třídu a Sladkovského ulici, tak by bylo vhodné nové trasování linky 13 dodržet i o víkendu a rozsah dopravy na třídě Míru by o víkendu ještě klesl.

Ať již bude k realizaci zvolena jakákoliv varianta, bude provoz trolejbusů po třídě Míru po jednostopém úseku znamenat větší zátěž na dispečery MHD. V dnešní době, kdy je v provozu on-line sledování vozidel, by se měl dispečer zapojit a aktivně řídit obsazování jednostopého úseku. Hlavně pokud dojde k mimořádnostem v dopravě, k jízdě s velkým zpožděním, atd. Tímto by se daly eliminovat situace, které popisují dříve v kapitole 6, kdy na uvolnění jednostopého úseku čekají ve frontě až 4 spoje. Protože dispečer na monitoru vidí aktuální polohu všech spojů, měl by takovým situacím předcházet a aktivně pohyb vozidel řídit. Bohužel tento aspekt se do počítačového modelu zatím implementovat nedá.

Dále se dá předpokládat skutečnost, že s vybudováním jednostopého úseku klesne čas potřebný k projetí třídy Míru. Protože řidiči, když budou vidět, že jejich kolega čeká, až mu úsek uvolní, jistě nebudou chtít kolegu zdržovat a úsek uvolní co nejdříve. Na druhou stranu je třeba si uvědomit, že nejvyšší dovolená rychlost je na třídě Míru 20 km/h.

Závěr

Hlavním cílem této práce bylo navrhnout a navzájem porovnat varianty vedení trolejbusové dopravy po plánované rekonstrukci třídy Míru. Návrh variant vycházel ze současné dispozice a řešení dopravy v centru města Pardubic. Pro vzájemné porovnání variant byl vytvořen počítačový model v programu Arena®, na základě jeho výsledků byly varianty zhodnoceny.

Pro lepší pochopení kontextu byla v první kapitole stručně představena oblast dnešní třídy Míru včetně jejího historického vývoje a shrnuty různé plány na její opravu, které se v průběhu posledních let objevily.

Následující kapitola se zaměřuje na současný stav MHD v Pardubicích s důrazem na její trolejbusovou část a na centrum města.

Následuje část věnující se již vlastnímu návrhu řešení. Třetí kapitola se zabývá sběrem a vyhodnocením dat, které budou potřeba k tvorbě počítačového modelu.

Ve čtvrté kapitole jsou již navrženy jednotlivé možnosti řešení. Variant jsem navrhl nakonec celkem 5, přičemž 4 varianty jsou pro všední den a poslední varianta je pro víkendový provoz.

Pátá kapitola se věnuje návrhu počítačového modelu v softwarovém nástroji Arena®. Jsou zde popsány jednotlivé fáze modelu a i jednotlivé procesy, které se v modelu dějí.

V poslední šesté kapitole jsou mezi sebou porovnány výstupní hodnoty z počítačového modelu pro každou z variant navržených ve čtvrté kapitole. Všechny navrhované varianty s sebou bohužel přinášejí negativní dopady, což se ovšem dalo očekávat, protože úprava trolejbusového provozu na třídě Míru není motivována zlepšením kvality MHD.

Jako varianta, která s sebou přinese nejméně provozních komplikací, ale zároveň je nejvíce nákladná, byla pro realizaci doporučena varianta spočívající v převedení linky 13 na Sukovu třídu a do Sladkovského ulice.

Jako velmi zajímavou alternativou k předchozí variantě, je svazkování linek 5 a 13, které ovšem vykazuje o něco horší výsledky. Velikým kladem této varianty jsou její velmi nízké náklady, které spočívají pouze v přepracování jízdních řádů.

Je nutné ovšem podotknout, že všechny navrhované varianty počítají se současným stavem dopravy v centru města Pardubic. Protože se však rekonstrukce třídy Míru ustavičně odkládá a není jistá ani finální podoba rekonstrukce, která se nejen díky politickým tlakům neustále mění, není možné v tuto chvíli odhadnout, jak bude situace vypadat v budoucnosti. Proto je možné, že až k rekonstrukci dojde, bude to za úplně jiných podmínek, než s jakými počítá tato diplomová práce, a proto se může stát, že nejvhodnější bude nějaká úplně jiná varianta.

Jak to ovšem s rekonstrukcí třídy Míru dopadne ve skutečnosti je ve hvězdách, protože jak již bylo v Pardubicích několikrát ukázáno, běžný občan si zvykne na vše.

Seznam použitých zdrojů

- (1) Zápis z XIII. zasedání Zastupitelstva města Pardubic konaného dne 24. 1. 2012 [online]. Pardubice, 2012 [cit. 2013-02-13]. Dostupné z:
<http://www.pardubice.eu/urad/radnice/zastupitelstvo/zapisy-z-jednani/2012/zapis-ze-xiii-zasedani-zmp-konaneho-dne-24-1-2012/?file=473&page=291&do=download>
- (2) HLADÍK, Miroslav. *Změna linkového vedení trolejbusového subsystému MHD Pardubice po uzavření třídy Míru pro hromadnou dopravu* [online]. Pardubice, 2009 [cit. 2013-02-13]. Dostupné z:
<https://portal.upce.cz/StagPortletsJSR168/KvalifPraceDownloadServlet?typ=1&adipidno=9476>. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce Petr Nachtigall.
- (3) Rozhlasový pořad Pardubická ohlédnutí, díl 83: Proměny dnešní Třídy Míru. *ČRo Pardubice – Zprávy, reportáže, informace ze sportu (Český rozhlas)* [online]. © 1997-2013 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/pardubice/ohljedniti/_zprava/dil-83-promeny-dnesni-tridy-miru--1041163
- (4) PODIVÍN, Ladislav. 60 let městské autobusové dopravy v Pardubicích 1950 – 2010. Pardubice: AB – Zet Pardubicka, 2010.
- (5) PODIVÍN, Ladislav. 60 let pardubických trolejbusů 1952 – 2012 ve vzpomínkách pamětníků. Pardubice: AB – Zet Pardubicka, 2012.
- (6) Fotogalerie – V centru Pardubic možná bude tunel. *ČRo Pardubice – Zprávy, reportáže, informace ze sportu (Český rozhlas)* [online]. © 1997-2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/pardubice/zpravodajstvi/_galerie/939197
- (7) *Pardubice podle vás* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.pardubicepodlevas.cz/>
- (8) *Dopravní podnik města Pardubic a.s.* [online]. © 2009 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://www.dpmp.cz/>
- (9) Interní materiály DPmP a.s.
- (10) Výroční zpráva Dopravního podniku města Pardubic za rok 2011. [online] [cit. 2013-03-11]. Dostupné z: <http://www.dpmp.cz/content/image.php?uid=4fd1d685df3bc>
- (11) Osobní archiv a měření autora
- (12) CIHLO, Ladislav. 173. *.:Pardubická MHD.cz.: Fotogalerie autobusů a trolejbusů MHD Pardubice, historické vozy, zajímavé akce* [online]. © 2006 [cit. 2013-05-25]. Dostupné z: <http://old.pardubickamhd.cz/fotogalerie/citybus/ps09d1/173pruh2.jpg>

PŘÍLOHY

Seznam příloh

- Příloha A: Naměřená data na třídě Míru
- Příloha B: Návrh grafikonu pro variantu 1
- Příloha C: Návrh grafikonu pro variantu 2
- Příloha D: Návrh grafikonu pro variantu 3
- Příloha E: Návrh grafikonu pro variantu 4
- Příloha F: Návrh grafikonu pro variantu 5
- Příloha G: Grafický interface navrženého modelu
- Příloha H: CD se všemi variantami navrženého modelu

Příloha A: Naměřená data na třídě Míru

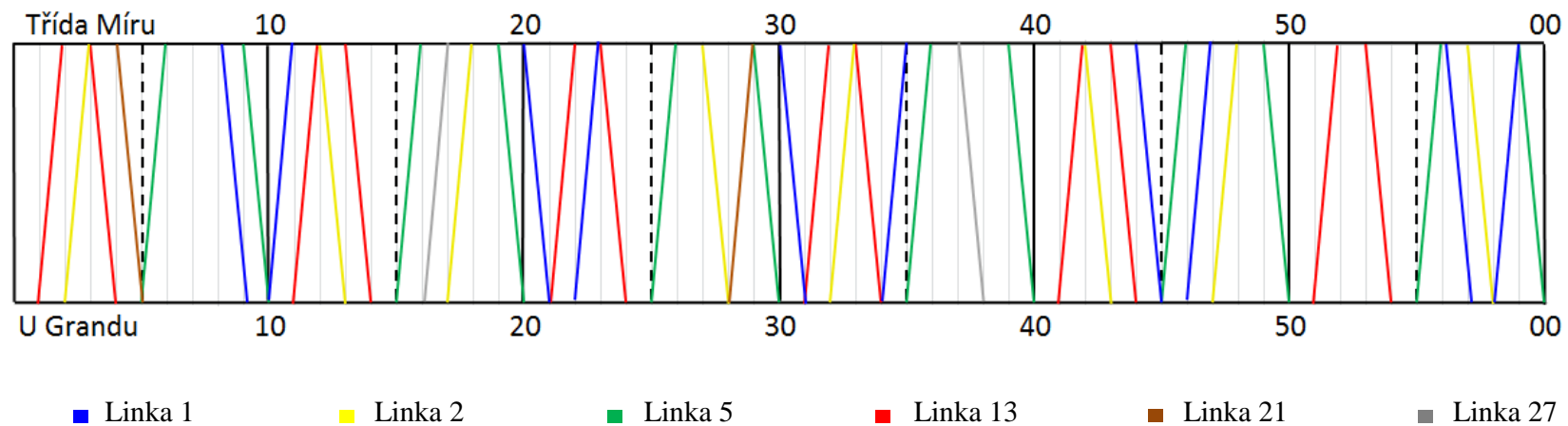
Linka	Ze stanice	Prav. odjezd	Skutečný odjezd	Příjezd	EČ	Doba jízdy [s]	Zpoždění [s]
1	Třída Míru	13:57:00	13:58:34	13:59:26	323	52	94
2	U Grandu	14:02:00	14:02:04	14:02:55	396	51	4
13	Třída Míru	14:03:00	14:04:47	14:05:37	372	50	107
1	U Grandu	14:09:00	14:11:29	14:12:46	322	77	149
13	Třída Míru	14:13:00	14:14:19	14:15:15	399	56	79
2	U Grandu	14:17:00	14:18:54	14:19:37	317	43	114
13	Třída Míru	14:33:00	14:36:27	14:37:30	375	63	207
13	U Grandu	14:40:00	14:42:52	14:43:53	399	61	172
13	Třída Míru	14:43:00	14:45:02	14:45:57	402	55	122
2	U Grandu	14:47:00	14:48:01	14:49:04	388	63	61
5	Třída Míru	14:49:00	14:52:13	14:52:53	346	40	193
1	U Grandu	14:57:00	14:56:25	14:57:14	342	49	-35
21	Třída Míru	15:03:00	15:04:50	15:06:04	395	74	110
1	U Grandu	15:09:00	15:09:18	15:10:20	322	62	18
2	Třída Míru	15:11:00	15:11:44	15:12:40	385	56	44
5	U Grandu	15:15:00	15:14:59	15:16:12	340	73	-1
5	Třída Míru	15:19:00	15:20:17	15:21:13	389	56	77
13	U Grandu	15:20:00	15:22:25	15:23:44	404	79	145
13	Třída Míru	15:23:00	15:25:18	15:26:10	386	52	138
2	U Grandu	15:32:00	15:31:47	15:32:58	385	71	-13
1	Třída Míru	15:33:00	15:34:02	15:35:00	384	58	62
2	U Grandu	15:37:00	15:38:10	15:39:07	401	57	70
5	Třída Míru	15:39:00	15:39:54	15:40:37	398	43	54
5	U Grandu	15:55:00	15:54:11	15:55:03	380	52	-49
2	Třída Míru	15:56:00	15:56:03	15:56:55	317	52	3
2	U Grandu	16:02:00	16:02:11	16:03:00	396	49	11
21	Třída Míru	16:03:00	16:04:38	16:05:37	395	59	98
1	U Grandu	16:09:00	16:10:33	16:11:33	322	60	93
5	Třída Míru	15:31:00	15:32:43	15:33:41	321	58	103
5	U Grandu	15:35:00	15:35:07	15:36:08	389	61	7
2	Třída Míru	15:39:00	15:40:30	15:41:18	390	48	90
5	U Grandu	15:42:00	15:42:41	15:43:35	407	54	41
13	Třída Míru	15:45:00	15:47:10	15:47:58	400	48	130
13	U Grandu	15:51:00	15:50:57	15:51:47	319	50	-3
1	Třída Míru	15:56:00	15:56:15	15:57:00	392	45	15
5	U Grandu	16:02:00	16:04:01	16:05:05	321	64	121
5	Třída Míru	16:11:00	16:10:04	16:11:03	407	59	-56
2	U Grandu	16:17:00	16:16:26	16:17:34	324	68	-34
2	Třída Míru	16:19:00	16:20:11	16:21:06	401	55	71
5	U Grandu	16:22:00	16:22:39	16:23:48	404	69	39
13	Třída Míru	16:25:00	16:25:23	16:26:15	319	52	23

Linka	Ze stanice	Prav. odjezd	Skutečný odjezd	Příjezd	EČ	Doba jízdy [s]	Zpoždění [s]
13	U Grandu	16:31:00	16:31:00	16:32:06	396	66	0
1	Třída Míru	16:36:00	16:35:31	16:36:28	320	57	-29
5	U Grandu	16:42:00	16:41:43	16:43:02	407	79	-17
13	Třída Míru	16:45:00	16:45:41	16:46:41	400	60	41
13	U Grandu	16:51:00	16:52:26	16:53:21	319	55	86
5	Třída Míru	15:59:00	16:00:11	16:01:04	318	53	71
2	U Grandu	16:02:00	16:01:49	16:02:59	405	70	-11
21	Třída Míru	16:03:00	16:04:30	16:05:28	395	58	90
1	U Grandu	16:09:00	16:10:28	16:11:32	406	64	88
2	Třída Míru	16:11:00	16:13:04	16:14:00	407	56	124
2	U Grandu	16:17:00	16:17:18	16:18:18	388	60	18
5	Třída Míru	16:19:00	16:19:52	16:20:51	319	59	52
1	U Grandu	16:21:00	16:23:09	16:24:16	390	67	129
2	Třída Míru	16:26:00	16:27:03	16:27:56	340	53	63
13	U Grandu	16:30:00	16:29:23	16:30:28	323	65	-37
13	Třída Míru	16:33:00	16:34:14	16:35:04	373	50	74
13	U Grandu	16:40:00	16:42:11	16:43:12	398	61	131
1	Třída Míru	16:45:00	16:46:18	16:47:14	406	56	78
13	U Grandu	16:50:00	16:52:07	16:53:13	320	66	127
13	Třída Míru	16:53:00	16:54:24	16:55:19	400	55	84
1	U Grandu	16:57:00	16:57:56	16:58:56	343	60	56
5	Třída Míru	17:01:00	17:01:03	17:02:02	318	59	3
5	U Grandu	17:05:00	17:04:34	17:05:42	392	68	-26
1	Třída Míru	17:11:00	17:10:55	17:11:58	321	63	-5
5	U Grandu	17:16:00	17:15:23	17:16:20	383	57	-37
13	Třída Míru	17:21:00	17:21:49	17:22:49	320	60	49
21	U Grandu	17:29:00	17:28:08	17:29:04	395	56	-52
5	Třída Míru	17:31:00	17:31:37	17:32:28	392	51	37
1	U Grandu	17:36:00	17:36:51	17:37:50	321	59	51
27	Třída Míru	14:40:00	14:41:07	14:42:07	320	60	67
5	U Grandu	14:45:00	14:45:15	14:46:04	386	49	15
1	Třída Míru	14:45:00	14:46:49	14:47:44	387	55	109
13	U Grandu	14:50:00	14:51:20	14:52:32	400	72	80
2	Třída Míru	14:56:00	14:56:57	14:57:44	402	47	57
13	U Grandu	15:00:00	15:00:59	15:01:59	318	60	59
13	Třída Míru	15:03:00	15:05:33	15:06:22	346	49	153
1	U Grandu	15:09:00	15:09:46	15:10:51	387	65	46
2	Třída Míru	15:11:00	15:13:38	15:14:29	396	51	158
27	U Grandu	15:19:00	15:19:42	15:20:35	320	53	42
5	Třída Míru	15:19:00	15:21:08	15:22:04	376	56	128
5	U Grandu	15:25:00	15:25:19	15:26:24	324	65	19
2	Třída Míru	15:26:00	15:30:13	15:31:00	340	47	253
1	U Grandu	15:33:00	15:34:45	15:35:50	375	65	105
27	Třída Míru	15:40:00	15:40:35	15:41:34	320	59	35

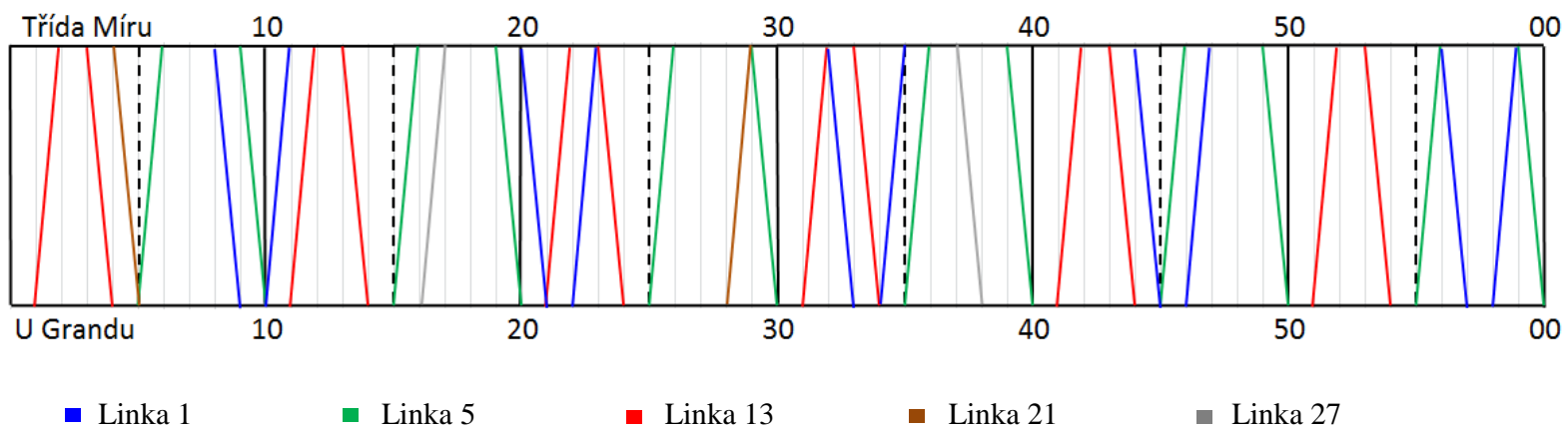
Linka	Ze stanice	Prav. odjezd	Skutečný odjezd	Příjezd	EČ	Doba jízdy [s]	Zpoždění [s]
1	U Grandu	15:45:00	15:45:58	15:47:14	322	76	58
5	Třída Míru	15:49:00	15:51:03	15:52:04	324	61	123
5	U Grandu	15:55:00	15:54:35	15:55:27	376	52	-25
1	Třída Míru	15:57:00	15:59:00	15:59:50	393	50	120
5	U Grandu	16:05:00	16:04:14	16:05:17	389	63	-46
1	Třída Míru	16:09:00	16:10:05	16:11:18	375	73	65
2	U Grandu	16:02:00	16:13:20	16:14:18	173	58	680
5	Třída Míru	16:19:00	16:19:31	16:20:21	376	50	31
1	U Grandu	16:21:00	16:22:05	16:22:56	393	51	65
13	Třída Míru	16:23:00	16:24:56	16:25:58	400	62	116
21	U Grandu	16:29:00	16:28:32	16:29:25	384	53	-2
5	Třída Míru	16:29:00	16:30:40	16:31:32	389	52	100
2	U Grandu	16:33:00	16:33:31	16:34:32	396	61	31
5	Třída Míru	16:39:00	16:38:55	16:39:42	381	47	-5
13	U Grandu	16:40:00	16:40:30	16:41:27	401	57	30
13	Třída Míru	16:43:00	16:43:26	16:44:20	392	54	26
1	U Grandu	16:45:00	16:45:04	16:45:59	322	55	4
1	Třída Míru	14:57:00	14:57:12	14:58:26	341	74	12
13	U Grandu	15:00:00	15:00:35	15:01:39	390	64	35
21	Třída Míru	15:03:00	15:05:28	15:06:29	317	61	148
13	U Grandu	15:10:00	15:10:05	15:11:02	324	57	5
2	Třída Míru	15:11:00	15:11:43	15:12:35	402	52	43
5	U Grandu	15:15:00	15:14:39	15:15:38	376	59	-21
5	Třída Míru	15:19:00	15:20:20	15:21:19	347	59	80
5	U Grandu	15:25:00	15:26:00	15:27:06	386	66	60
2	Třída Míru	15:26:00	15:28:33	15:29:33	377	60	153
13	U Grandu	15:30:00	15:31:29	15:32:37	388	68	89
1	Třída Míru	15:33:00	15:34:18	15:35:05	384	47	78
5	U Grandu	15:35:00	15:36:31	15:37:37	348	66	91
27	Třída Míru	15:40:00	15:42:11	15:43:01	322	50	131
5	U Grandu	15:45:00	15:46:05	15:47:03	399	58	65
13	Třída Míru	15:53:00	15:54:27	15:55:18	405	51	87
1	U Grandu	15:57:00	15:57:15	15:58:11	384	56	15
5	Třída Míru	15:59:00	15:59:09	16:00:07	348	58	9
2	U Grandu	16:02:00	16:02:37	16:03:37	404	60	37
21	Třída Míru	16:03:00	16:04:35	16:05:30	317	55	95
1	U Grandu	16:09:00	16:10:12	16:11:10	389	58	72
13	Třída Míru	16:13:00	16:14:38	16:15:32	396	54	98
1	U Grandu	16:33:00	16:34:22	16:35:23	382	61	82
1	Třída Míru	15:57:00	14:58:00	15:58:52	377	52	-59
13	U Grandu	15:00:00	15:00:32	15:01:23	395	51	32
13	Třída Míru	15:03:00	15:05:33	15:06:24	320	51	153
1	U Grandu	15:09:00	15:10:06	15:11:12	403	66	66
13	Třída Míru	15:13:00	15:13:50	15:14:44	396	54	50

Linka	Ze stanice	Prav. odjezd	Skutečný odjezd	Příjezd	EČ	Doba jízdy [s]	Zpoždění [s]
2	U Grandu	15:17:00	15:17:17	15:18:22	406	65	17
5	Třída Míru	15:19:00	15:19:47	15:20:39	346	52	47
13	U Grandu	15:20:00	15:21:45	15:22:57	404	72	105
2	Třída Míru	15:26:00	15:25:05	15:25:55	390	50	-55
2	U Grandu	15:31:00	15:31:48	15:32:47	389	59	48
27	Třída Míru	15:40:00	15:42:40	15:43:27	390	47	160
13	U Grandu	15:50:00	15:51:52	15:53:08	380	76	112
2	Třída Míru	15:56:00	15:55:18	15:56:13	406	55	-42
1	U Grandu	15:57:00	15:57:24	15:58:30	384	66	24
13	Třída Míru	16:03:00	16:06:20	16:07:12	320	52	200
1	U Grandu	16:09:00	16:09:21	16:10:11	403	50	21
5	Třída Míru	16:09:00	16:11:33	16:12:28	392	55	153
27	U Grandu	16:19:00	16:19:46	16:20:48	318	62	46
2	Třída Míru	16:26:00	16:26:05	16:27:07	380	62	5
1	U Grandu	16:33:00	16:34:13	16:35:06	348	53	73
5	Třída Míru	16:39:00	16:39:33	16:40:28	347	55	33
5	U Grandu	16:45:00	16:44:59	16:46:23	392	84	-1
5	Třída Míru	16:49:00	16:49:54	16:50:50	342	56	54
5	U Grandu	16:55:00	16:54:29	16:55:33	346	64	-31
1	Třída Míru	16:57:00	16:57:44	16:58:44	348	60	44
2	U Grandu	17:02:00	17:02:05	17:03:10	182	65	5
1	Třída Míru	17:11:00	17:10:28	17:11:14	405	46	-32
5	U Grandu	17:16:00	17:17:06	17:18:04	347	58	66
13	Třída Míru	17:21:00	17:23:23	17:24:21	380	58	143
13	U Grandu	17:25:00	17:25:55	17:26:52	404	57	55

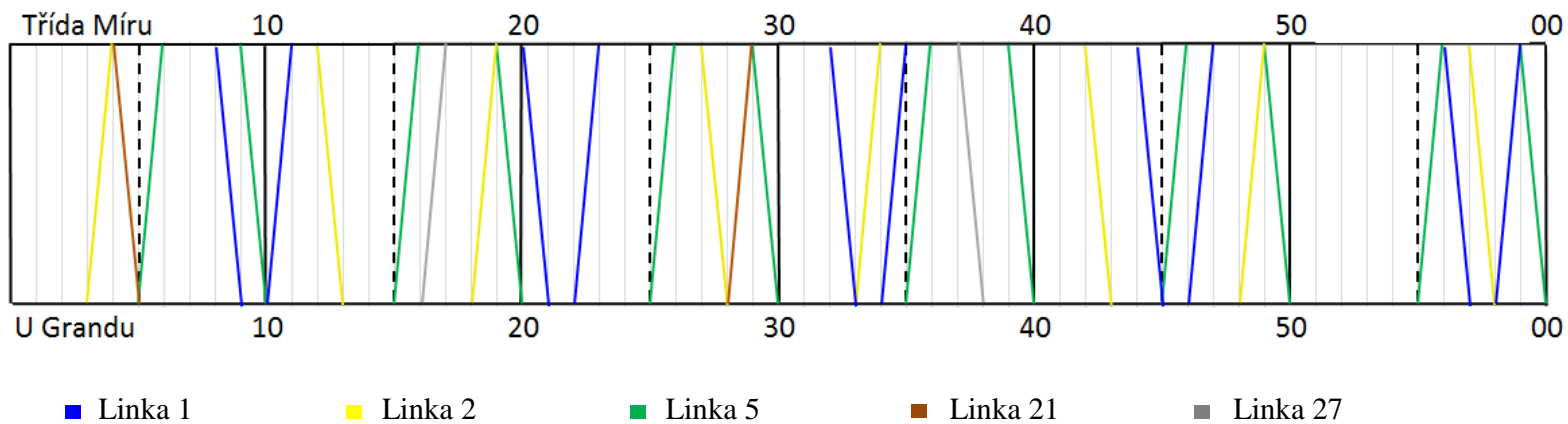
Příloha B: Návrh grafikonu pro variantu 1



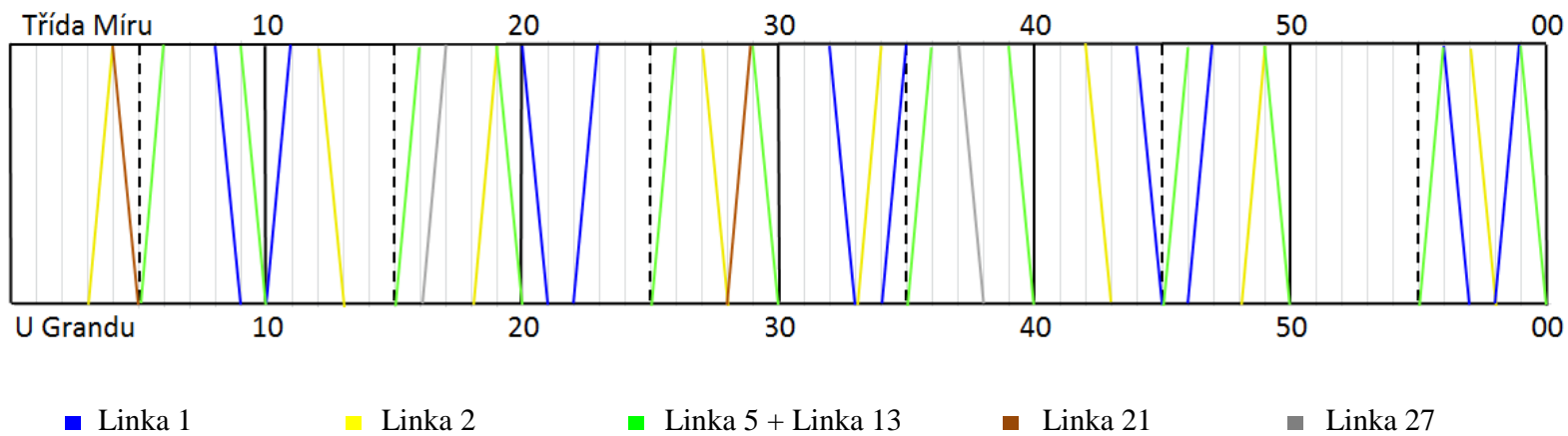
Příloha C: Návrh grafikonu pro variantu 2



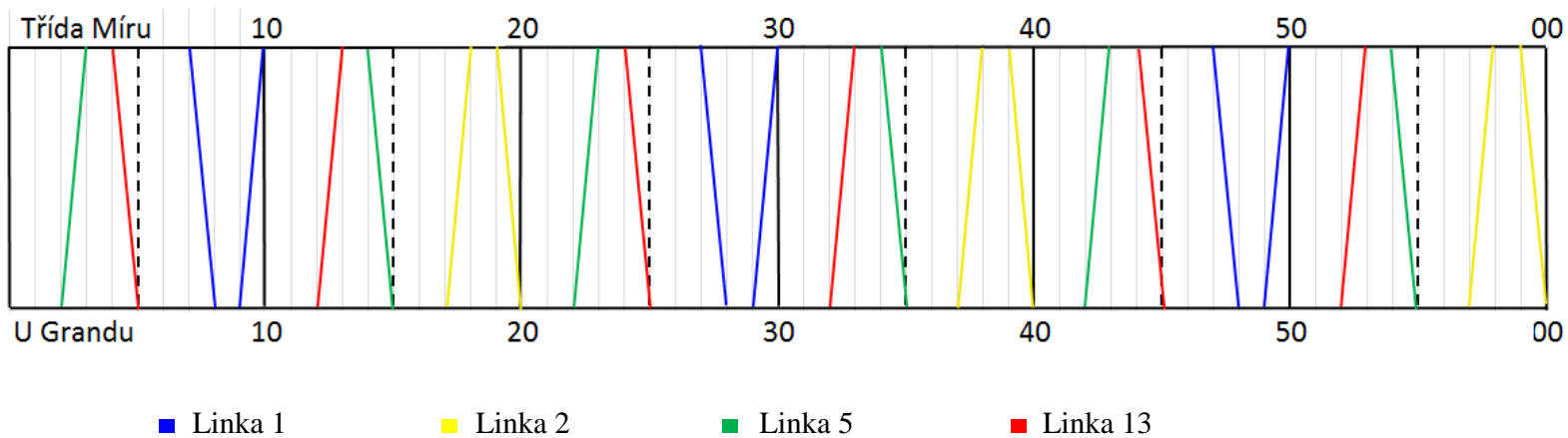
Příloha D: Návrh grafikonu pro variantu 3



Příloha E: Návrh grafikonu pro variantu 4



Příloha F: Návrh grafikonu pro variantu 5



Příloha G: Grafický interface navrženého modelu

00:00:00

