

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní



Bc. Jan Tarabec

VALIDACE EFEKTIVITY SOUČASNÉHO SYSTÉMU  
SESTAVOVÁNÍ TURNUSŮ V MHD JABLONEC N/N

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2024



**K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE** (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Jan Tarabec**

Studijní program (obor/specializace) studenta:

**navazující magisterský – LA – Logistika a řízení dopravních procesů**

Název tématu (česky): **Validace efektivity oběhů vozidel v MHD Jablonec  
n/N**

Název tématu (anglicky): **Validation of Efficiency of Vehicle Scheduling in Jablonec  
n/N Public Transport**

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Charakteristika linkové sítě MHD Jablonec nad Nisou z pohledu řešeného problému
- Charakteristika potenciálních řešících metod a výběr vhodného přístupu
- Modifikace nebo návrh metody pro validaci efektivity oběhů vozidel
- Aplikace modifikované nebo navržené metody
- Zhodnocení dosažených výsledků



Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: JANÁČEK, J.: Optimalizace na dopravních sítích, 1. vydání, EDIS, Žilina, 2003, ISBN 80-8070-031-1  
TEICHMANN, D.: Modelování dopravy, 1. vydání, dostupné elektronicky

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2022**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **15. května 2024**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu logistiky a managementu dopravy



prof. Ing. Ondřej Příbyl, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Jan Tarabec  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 5. prosince 2023

## Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval všem, kteří mi poskytli informace, podklady a rady, jež jsem využil při psaní diplomové práce, a to především vedoucímu bakalářské práce, doc. Ing. Dušanu Teichmannovi, Ph. D.

Děkuji i své rodině, která mi studium na ČVUT v Praze Fakultě dopravní umožnila a po celé dva roky mě v něm podporovala.

## Prohlášení

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 15.05.2024



---

Bc. Jan Tarabec

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

# VALIDACE EFEKTIVITY OBĚHŮ VOZIDEL V MHD JABLONEC N/N

Diplomová práce

Květen 2024

Bc. Jan Tarabec

## **Abstrakt**

Cílem diplomové práce je ověřit na základě dostupných dat efektivitu sestavování turnusů ve firmě ČSAD Slaný s.r.o., zajišťující v období od 01.02.2023 dopravní obslužnost veřejnou dopravou v územních obvodech členských obcí Dopravního sdružení obcí Jablonecka (dále jen DSOJ). První část práce je teoretická a jsou v ní rozebrány faktory ovlivňující tvorbu oběhů vozidel a turnusů řidičů. Následuje seznámení s konkrétním případem včetně uvedení všech podstatných dat. Jednotlivé části běžného pracovního dne jsou poté řešeny exaktním algoritmem, který pro ně nalezne optimální řešení. Úloha je následně dořešena za pomoci heuristického algoritmu. V neposlední řadě obsahuje diplomová práce zahrnutí porovnání výsledků vzešlých z jednotlivých fází výpočtů a závěrečné vyhodnocení.

**Klíčová slova:** oběhy vozidel, turnusy řidičů, optimalizace, městská hromadná doprava

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

EFFICIENCY VALIDATION OF VEHICLE  
SCHEDULING IN JABLONEC N/N  
PUBLIC TRANSPORT

Diploma thesis

May 2024

Bc. Jan Tarabec

## **Abstract**

The aim of the thesis is to verify, on the basis of the available data, the effectiveness of the compilation of shifts in the company ČSAD Slaný s.r.o., which ensures public transport service in the territorial districts of member municipalities of the Dopravní sdružení obcí Jablonecka (hereinafter referred to as DSOJ) in the period from 01.02.2023. The first part of the work is theoretical and it discusses the factors influencing the creation of vehicle circulations and drivers' shifts. The following is an introduction to a specific case, including the presentation of all essential data. The individual parts of a normal working day are then solved by an exact algorithm that finds the optimal solution for them. The task is then completed with the help of a heuristic algorithm. Last but not least, the diploma thesis includes a comparison of the results arising from the individual phases of the calculations and a final evaluation.

**Key words:** vehicle circulation, driver shifts, optimization, public transport

# Obsah

Úvod.....	8
1 Faktory ovlivňující tvorbu oběhů vozidel a turnusů řidičů .....	9
Základní přístupy k tvorbě oběhů vozidel a turnusů řidičů ve veřejné linkové dopravě .....	12
2 Charakteristika MHD v Jablonci nad Nisou .....	14
2.4 Dopravce zajišťující MHD v Jablonci nad Nisou.....	29
2.5 Turnusy platné od 1. dubna 2023 .....	29
3 Teoretická východiska řešení.....	30
3.1 Teorie grafů v dopravě.....	30
3.2 Matematické modelování.....	32
4 Návrh matematického modelu .....	33
4.1 Obecná formulace řešeného problému .....	33
5 Výpočetní experimenty s navrženým modelem.....	36
5.1 Výpočetní experimenty – 1. fáze.....	37
5.2 Výpočetní experimenty – 1. fáze – vyhodnocení .....	43
5.3 Výpočetní experimenty – 2. fáze.....	43
5.4 Výpočetní experimenty – 2. fáze – vyhodnocení .....	47
5.5 Ověření dodržení nařízení vlády č. 589/2006 Sb.....	47
6 Závěr .....	48
Použité zdroje.....	49
Seznam zkratk .....	51
Seznam obrázků.....	51
Seznam tabulek.....	52
Přílohy na CD.....	52

# Úvod

Diplomová práce se zabývá problematikou validace efektivity oběhů vozidel, a to konkrétně v prostředí provozu městské hromadné dopravy v Jablonci nad Nisou.

V průběhu posledních let jsou změny v obězích vozidel i turnusech řidičů ve firmách zajišťujících MHD častějším jevem, než je obvyklé. Standardně se takové změny provádějí zejména v důsledku úpravy jízdních řádů. Méně často pak například kvůli potřebě změnit typ vozidla nebo nedostatku řidičů.

Cílem diplomové práce je ověřit, zda lze současný stav podoby oběhů vozidel považovat za optimální a jelikož město Jablonec nad Nisou vybírá dopravce na základě veřejné soutěže, zároveň zjistit, jestli by bylo možné pro příští období upravit požadavky na vozidla tak, aby na zajištění dopravní obslužnosti v územních obvodech členských obcí DSOJ bylo potřeba méně standardních 12metrových vozidel a na vybraných spojích některých linek mohly být nahrazeny menšími a úspornějšími vozidly s kapacitou kolem 30-40 osob.

Pro výpočty jsou použita veřejně dostupná data z jízdních řádů a ve výsledném zhodnocení budou využity i již dnes neplatné turnusy řidičů dopravce ČSAD Slaný s.r.o. aktuální k 01.04.2023.



# 1 Faktory ovlivňující tvorbu oběhů vozidel a turnusů řidičů

Problematika tvorby oběhů vozidel a turnusů řidičů je přítomna v celé řadě druhů dopravy (dopravních módů). Nejedná se pouze o veřejnou dopravu, ale o efektivní využití vozidel i svých zaměstnanců by se měl zajímat každý logistický podnik, protože v případě velkého podílu nesystematického plánování, a tedy jiného než umožňujícího optimálního využití vozidel, vznikají zbytečné vícenáklady ovlivňující v konečném důsledku zejména jeho hospodaření a následně také konkurenceschopnost.

Faktory ovlivňující tvorbu oběhů vozidel a turnusů řidičů lze rozdělit do 2 základních skupin:

## **Omezení definovaná obecně závaznou legislativou:**

Při provozování vnitrostátní i mezinárodní dopravy se na dobu jízdy v případě vozidel o nejvyšší přípustné hmotnosti přesahující 3,5 tuny vztahuje Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 561/2006 Sb. o pracovní době řidičů, nepřetržitém odpočinku mezi směnami, přestávkách apod. [1]

Toto nařízení se, nicméně, dle článku 3 (tzv. výjimky) nevztahuje mj. na silniční dopravu vozidly používanými pro přepravu cestujících v linkové dopravě, jestliže délka tratě této linky nepřesahuje 50 km. Do této výjimky spadá i systém městské hromadné dopravy, který je předmětem této diplomové práce. [1]

Podle § 100 zákoníku práce je pro zaměstnance v dopravě vydáno speciální nařízení vlády o jejich pracovní době a době odpočinku, a tím je Nařízení vlády č. 589/2006 Sb., kterým se stanoví odchýlná úprava pracovní doby a doby odpočinku zaměstnanců v dopravě. Podle tohoto nařízení vlády jsou řidiči, u kterých délka žádného ze spojů nepřesahuje 50 km, nazýváni „člen osádky autobusu v osobní linkové dopravě“. [2]

Pracovní dobou členů osádky autobusu v osobní linkové dopravě je doba řízení vozidla, nakládka a vykládka zavazadel a jejich sledování, kontrola a dohled nad cestujícími při nástupu do autobusu a výstupu z něj, čištění a prohlídka vozidla, práce, kterou se zajišťuje bezpečnost vozidla, nákladu nebo cestujících, technická údržba vozidla, administrativní práce spojené s řízením vozidla a nezbytná jednání před správními orgány

související s plněním pracovních úkolů. Dále pak doba, kdy je člen osádky připraven na pracovišti k výkonu práce podle pokynů zaměstnavatele, v nákladní dopravě zejména čekání na nakládku a vykládku, jejíž doba není předem známa, či v linkové autobusové dopravě zastávání pozice pracovní zálohy. [3]

Délka stanovené týdenní pracovní doby člena osádky se v zásadě řídí § 79 zákoníku práce (40 hodin týdně bez přesčasové práce). Pokud by však člen osádky vykonával práci ve více pracovněprávních vztazích (např. kromě pracovního poměru také na základě dohody o pracovní činnosti nebo dohody o provedení práce), může jeho pracovní doba v souhrnu činit nejvýše 48 týdně. [3]

Dodržování stanoveného omezení pracovní doby je garantováno povinností člena osádky neprodleně vydat na základě písemné žádosti každého zaměstnavatele stejnopis evidence pracovní doby odpracované u jiného zaměstnavatele. [3]

Pracovní dobu lze prodloužit až na 60 hodin týdně za podmínky, že její průměr (bez práce přesčas) nepřesáhne za období nejvýše 26 týdnů po sobě jdoucích stanovenou týdenní pracovní dobu (dle § 79 ZP max. 40 hodin). [3]

Délka směny může činit nejvýše 13 hodin, v noční době (mezi 22. a 6. hodinou) nejvýše 10 hodin během 24 hodin po sobě jdoucích. [3]

Evidenci pracovní doby a pracovní pohotovosti člena osádky je zaměstnavatel povinen uchovávat po dobu nejméně 2 let po ukončení kalendářního roku. [3]

Podle § 19 citovaného nařízení vlády platí, že zaměstnavatel je povinen zajistit, aby doba řízení zaměstnance městské hromadné dopravy byla nejdéle po 4 hodinách řízení přerušena bezpečnostní přestávkou v trvání nejméně 30 minut, nenásleduje-li nepřetržitý odpočinek mezi dvěma směnami nebo nepřetržitý odpočinek v týdnu. Tato přestávka může být rozdělena do několika přestávek v trvání nejméně 10 minut. [2]

Pro délku přestávky na jídlo a oddech platí obecná právní úprava (§ 88 zákoníku práce), a to že po 6 hodinách nepřetržité práce má zaměstnanec nárok na 30minutovou přestávku. Případně-li bezpečnostní přestávka na dobu přestávky v práci na jídlo a oddech, započítá se přestávka v práci na jídlo a oddech do pracovní doby. [2]

Za dobu čekání mezi spoji náleží členu osádky autobusu v linkové osobní dopravě odměna podle § 9a, což činí za každou celou hodinu doby čekání mezi spoji nejméně 90 % hodinové sazby nejnižší úrovně zaručené mzdy stanovené pro 5. skupinu prací dle nařízení vlády

České republiky. Doby čekání mezi spoji se pro účely stanovení odměny v kalendářním měsíci sčítají a nezapočítávají se do pracovní doby. [2]

Nepřetržitý odpočinek mezi směnami je poskytován v délce 11 hodin. Tento odpočinek lze rozdělit do dvou částí; první část musí trvat alespoň 3 hodiny a druhá část alespoň 9 hodin. Odpočinek mezi směnami je možné nejvýše třikrát týdně zkrátit až na 9 hodin. [3]

Nepřetržitý odpočinek v týdnu má být poskytnut v délce alespoň 45 hodin. Jestliže však odpočinek v jednom týdnu trval 45 hodin, může být odpočinek v druhém týdnu zkrácen na 24 hodin za podmínky, že doba, o kterou byl odpočinek zkrácen, musí být zaměstnanci nahrazena nejpozději do 3 týdnů od uplynutí týdne, v němž byl odpočinek zkrácen. [3]

### **Omezení stanovená na základě kolektivního vyjednávání**

Kolektivní smlouvy patří mezi významné pracovněprávní dokumenty zaručující práva zaměstnanců. Jejich význam se zvýšil zejména po účinnosti nového občanského zákoníku (dále OZ) č. 89/2012 Sb. a změnového zákona č. 303/2013 Sb. V souladu s těmito zákony byl doplněn § 23 odst. 1 ZP, podle něhož nemohou kolektivní smlouvy obsahovat povinnosti zaměstnanců nebo zkracovat jejich práva stanovená ZP. Pokud by tomu tak v některých kolektivních smlouvách bylo, tak se k takovému ujednání nepřihlíží. [4]

Obsah a cíl kolektivního vyjednávání mezi odborovou organizací a zástupci zaměstnavatele, které má vést k uzavření kolektivní smlouvy a tím i k uvedení pracovněprávních nároků v kolektivní smlouvě, se může orientovat třemi směry:

- 1. Nereálné a protiprávní požadavky.** Individuální pracovněprávní nároky jednotlivých zaměstnanců lze dohodnout jedině tehdy, pokud to právní předpis nezakazuje. Například není možné, aby kolektivní smlouva u zaměstnavatele, u něhož jsou zaměstnanci odměňováni platem, obsahovala závazky vedení pracoviště na vyšší příplatky za práci přesčas, za práci v noci apod. Tyto požadavky nemusí být jen protiprávní, ale stačí, když jsou v daném okamžiku vyjednávání a uzavírání smlouvy nerealné z hlediska ekonomického či technického pro zaměstnavatele, který je smluvním partnerem. [4]
- 2. Požadavky vyplývající ze zákonných předpisů a jiných normativních aktů.** Jde o nároky, které například vyplývají ze ZP, jsou do kolektivní smlouvy zahrnuty a kontrolovány odborovými orgány. [4]

- 3. Fakultativní požadavky, které zaměstnavatelé poskytují dobrovolně,** například v rámci stimulačního a motivačního programu. Jde například o penzijní připojištění a služby. Zaměstnavatelé mohou uplatňovat požadavek na zvýhodňování zaměstnanců podle délky jejich zaměstnání u firmy, druhu profese, kterou vykonávali, obtížnosti zaměstnání z hlediska zdravotních požadavků apod. [4]

### **Základní přístupy k tvorbě oběhů vozidel a turnusů řidičů ve veřejné linkové dopravě**

Oběhy vozidel a turnusy řidičů ve veřejné linkové dopravě je nutné plánovat v souladu s výše zmíněnými faktory, které samotné plánování přímo ovlivňují a omezují. Vzhledem k faktu, že je bez ohledu na to, zda je doprava poskytována na základě smlouvy o závazku veřejné služby, nebo na čistě komerčním, by měla existovat vždy snaha o nalezení optimálního řešení, tady, aby náklady vynaložené na její zajištění byly co možná nejnižší a hospodaření firmy efektivní. Před začátkem procesu plánování je nutno se rozhodnout pro jeden ze dvou následujících přístupů:

- 1. Řidič je během směny pevně spojen s vozidlem.** V tomto případě je nutné plánovat oběhy vozidel a turnusy řidičů současně tak, aby bylo v oběhu vozidla myšleno na povinné přestávky v řízení, ať už se jedná o bezpečnostní přestávky, nebo přestávky na jídlo a oddech. Není ovšem nutné, aby oběh vozidla nepřesáhl maximální povolenou délku směny řidiče. Pokud taková situace nastane, přiřadí se k němu směny více řidičů. V prostředí městské a vnitrostátní linkové dopravy se pak při jednom oběhu vozidla vystřídají 2 řidiči, např. jeden na ranní a druhý na odpolední směně. V prostředí mezinárodní linkové dopravy běžně nastávají situace, kdy délka oběhu vozidla přesahuje jeden den, a v takovém případě se tedy běžně stane, že je nutné řidiči přiřadit směn více. Výběr řešení, kdy je řidič během směny pevně spojen s vozidlem, bývá zpravidla vhodné na méně frekventovaných linkách a přináší řidiči komfort v podobě jízdy během směny pouze s jedním vozidlem bez nutnosti přesezení z vozidla do vozidla, které s sebou nese nutnost opakované kontroly stavu svěřeného vozidla, přesunů osobních věcí nebo v případě jiného typu vozidla adaptace na rozdílné ovládací prvky apod. Nevýhodou je bezesporu fakt, že rozhodnutí pro tento model znamená riziko nemožnosti maximálního vytížení vozidla, s čímž souvisí případná nutnost většího počtu vozidel ve vozovém parku na zajištění plánované obsluhy.

**2. Řidič není během směny pevně spojen s vozidlem.** Přípuštěním této situace nastává v určitých situacích možnost nasazení výhodnějších řešení. Při plánování oběhů vozidel není nutné brát za každou cenu ohled na dodržování povinných přestávek řidičů. Je totiž možné uvažovat případy, kdy řidič za účelem dodržení přestávky z vozidla během směny vystoupí a v jízdě s vozidlem pokračuje jiný řidič. Tento model se nejlépe uplatňuje v prostředí městské hromadné dopravy, kde je obvykle na vcelku malém území provozována hustá linková síť, krátké intervaly mezi spoji na jednotlivých linkách a odstavování vozidel z důvodu čerpání povinných přestávek, by mohlo přinášet provozní komplikace. Pro řidiče představuje přesedání z vozidla do vozidla určitý diskomfort, který ale může být vykompenzován například možností se v klidu najít mimo vozidlo bez nutnosti nad ním dodržovat dohled nebo si odpočinout v pohodlnějším zázemí. Aby řidič za směnu nevystřídal více, než 2 vozidla, uplatňuje se v některých dopravních podnicích model, kdy jeden řidič (případně více řidičů) zastává pozici střídače. Tím se rozumí řidič, jehož směna je složena z výkonů ostatních řidičů během čerpání povinných přestávek. Výběr řešení, kdy řidič není během směny pevně spojen s vozidlem, může znamenat úsporu jednoho vozidla, nebo i několika vozidel, a tedy přispět ke značnému snížení nákladů na vozidlový park.

## 2 Charakteristika MHD v Jablonci nad Nisou

### 2.1 Geneze MHD v Jablonci nad Nisou

Městská hromadná doprava v Jablonci nad Nisou je tvořena sítí autobusových linek. Její historie sahá až do roku 1900, kdy ji zajišťovaly nejprve tramvaje soukromého dopravce. První autobusy začaly být nasazovány až v roce 1921 na lince Jablonec – Liberec. Od roku 1950 byly jablonecké tramvajové tratě postupně rušeny a 31. března 1965 zanikly úplně. Zachována zůstala jen meziměstská tramvajová trať do Liberce, která byla dokončena v roce 1955, avšak území města Jablonec nad Nisou obsluhuje v současné době pouze okrajově. V 70. letech 20. století byly položeny základy Dopravního sdružení obcí Jablonecka (DSOJ), když začaly městské autobusy zajišťovat dopravu i do několika sousedních obcí (Bedřichov, Janov nad Nisou, Lučany nad Nisou, ...). [5][6]

Od rozdělení krajského podniku ČSAD 1. května 1992 až do prosince 2009 byla městská hromadná doprava v Jablonci nad Nisou provozována ČSAD Jablonec nad Nisou a.s. Bezprostředně před 3. prosincem 2009, kdy vstoupilo v platnost nařízení Evropského parlamentu a rady ES č. 1370/2007, které nařizuje vyhlašování výběrových řízení při přidělování zakázek ve veřejné dopravě, uzavřelo město Jablonec nad Nisou bez výběrového řízení na deset let smlouvu o provozování MHD s Dopravním podnikem města Liberce a.s. (dále DPML) (nyní Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce nad Nisou a.s., dále DPMLJ). Krátce na to společnost ČSAD Jablonec nad Nisou zanikla fúzí s ČSAD Semily a.s. a vznikla nová firma BusLine a.s. (která má v dnešní době holdingové uspořádání). Mezi DPML (později DPMLJ) a BusLine a.s. byla podepsána rámcová smlouva na zajištění provozu v rámci Dopravního sdružení obcí Jablonecka, která měla platit až do konce roku 2019, avšak subdodavatelská společnost BusLine a.s. ji v létě roku 2018 vypověděla. Po neúspěšném hledání náhradního subdodavatele převzala společnost BusLine a.s. městskou hromadnou dopravu v Jablonci nad Nisou od 26. ledna 2019 napřímo. Dopravní sdružení obcí Jablonecka výběr zdůvodnilo tím, že se jednalo o jedinou společnost, která byla schopna v tak krátkém termínu zajistit provoz. Po neúspěšném výběrovém řízení na dopravce pro období od 1. února 2021 do 31. ledna 2031 a časové tísní neumožňující jeho zopakování uspěla ve vyhlášeném poptávkovém řízení se svojí nabídkou společnost Umbrella Coach & Buses s. r. o., která zajišťovala dopravní obslužnost veřejnou dopravou v územních obvodech členských obcí Dopravního sdružení obcí Jablonecka

v období od 1. února 2021 do 31. ledna 2023. V současné době je dopravcem vybraných ve výběrovém řízení ČSAD Slaný z koncernu ICOM transport, a.s., a to na období 5 let. [5][7]

## **2.2 Síť MHD Jablonec nad Nisou**

Síť MHD je tvořena 23 pravidelnými linkami (z toho jsou tři školní, jedna noční a jedna sezónní). V minulosti byly linky číslovány od čísla 1 (kromě čísla 11, které má tramvajová linka do Liberce) a školní linky jako Š1, Š2 a Š3, později pak v řadě od 30. Po integraci linek do Integrovaného dopravního systému Libereckého kraje (dále IDOL) došlo ke změně číslování podle tarifních zón. Čísla od 1 do 99 jsou provozovány v Liberci a v Jablonci nad Nisou linky od 101 výše. Na většině linek je zaveden taktový provoz (interval 30 nebo 60 minut) s prokladem spojů různých linek obsluhujících společné úseky. Na autobusové stanici v dolním centru města jsou vytvářeny přestupní vazby mezi páteřními linkami situované na 15. a 45. minutu, mezi doplňkovými linkami pak na 00. a 30. minutu. Licenční čísla linek jsou z řady 535101 až 535133. [5][8]

Specifikum MHD Jablonec nad Nisou plyne z faktu, že v rámci Dopravního sdružení obcí Jablonecka linky MHD obsluhují i přilehlé obce a dalo by se tedy hovořit zároveň o příměstské linkové dopravě. Konkrétně se jedná o obce Rychnov u Jablonce nad Nisou, Pulečský, Lučany nad Nisou, Janov nad Nisou a Bedřichov. V části roku pak i dočasně Hodkovice nad Mohelkou, kam byla prodloužena linka 115, která je ale v současné době ze systému MHD již zcela vyčleněna. Pro jízdu do Hodkovic nad Mohelkou ale nebylo možné nikdy využít standardní jízdenky stanovené Tarifem městské hromadné dopravy v Jablonci nad Nisou v rámci Integrovaného tarifu veřejné dopravy Libereckého kraje, ve znění pozdějších předpisů. [5]

### **Seznam linek (k lednu 2023): [8]**

101 Bedřichov – Janov nad Nisou – Autobusové nádraží – Vrkoslavice – Kokonín – Rychnov u Jablonce nad Nisou

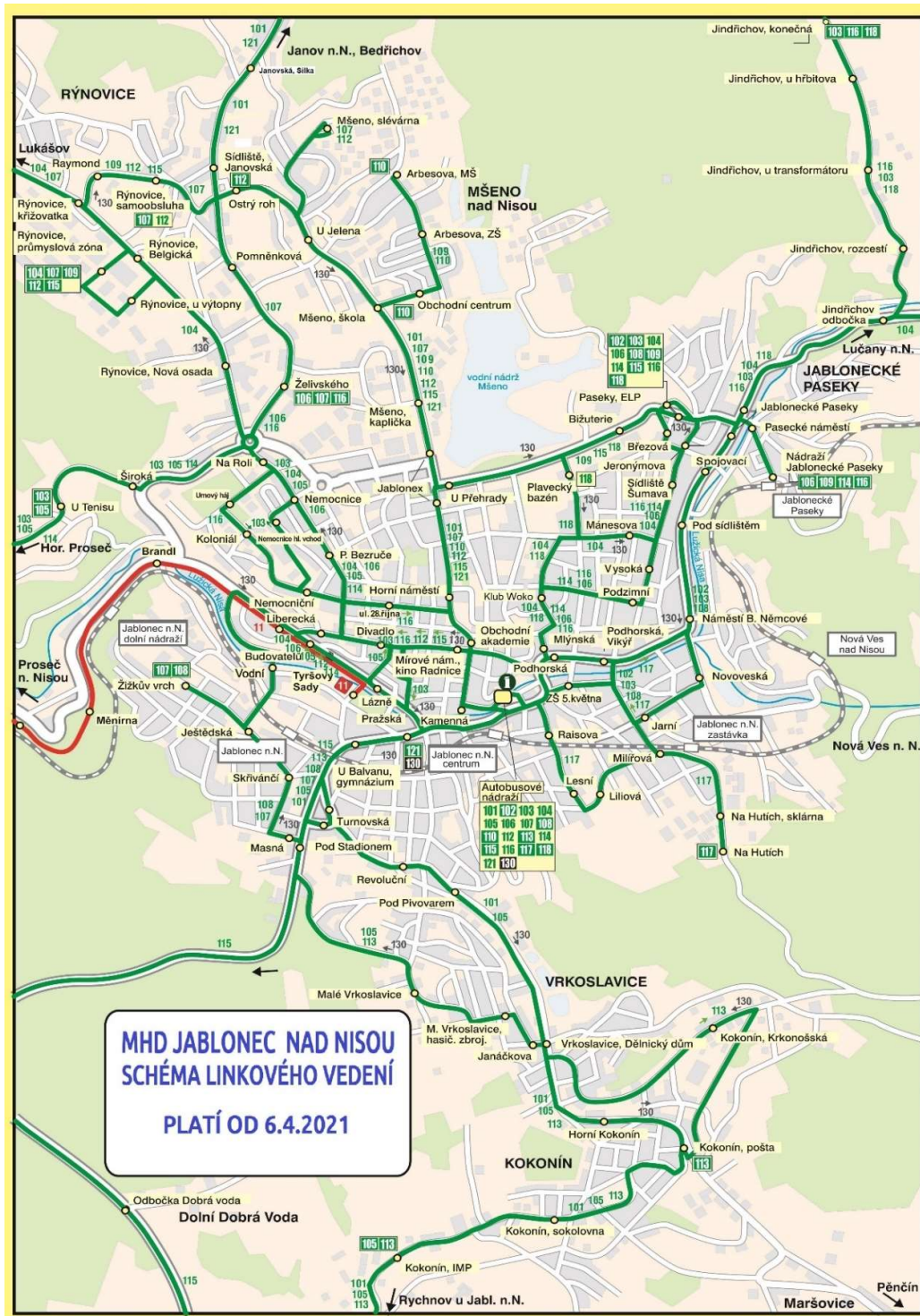
102 Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky, ELP

103 Horní Proseč – Nemocnice – Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky, ELP – Jindřichov

- 104 Lukášov – Rýnovice – Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky – Lučany nad Nisou – Maxov
- 105 Rychnov u Jablonce nad Nisou – Kokonín – Vrkoslavice – Autobusové nádraží – Horní Proseč
- 106 Želivského – Na Roli – Budovatelů – Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky
- 107 Žižkův vrch – Autobusové nádraží – Mšeno nad Nisou – Želivského (→ Rýnovice – Kunratice Mšenská)
- 108 Žižkův vrch – Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky, ELP
- 109 Jablonecké Paseky – Mšeno nad Nisou – Rýnovice
- 110 Mšeno nad Nisou, Arbesova MŠ – Mšeno nad Nisou, Obchodní centrum – Autobusové nádraží
- 112 Rýnovice – Mšeno nad Nisou – Autobusové nádraží – Mšeno nad Nisou – Rýnovice (polookružní linka)
- 113 Autobusové nádraží – Vrkoslavice – Kokonín (→ Rychnov u Jablonce nad Nisou)
- 114 Horní Proseč – Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky (víkendová linka)
- 116 Želivského – Na Roli – Mírové náměstí – Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky – Jindřichov
- 117 Autobusové nádraží – Na Hutích – Autobusové nádraží
- 118 Autobusové nádraží – Plavecký bazén – Jablonecké Paseky, ELP – Jindřichov
- 121 Pražská – Hrabětice – Bedřichov – Pražská (zimní víkendová a prázdninová linka)
- 126 Janov nad Nisou – Velký Semerink – Hrabětice
- 130 Autobusové nádraží – Vrkoslavice – Kokonín – Autobusové nádraží – Rýnovice – Mšeno nad Nisou – Jablonecké Paseky – Pražská (noční okružní linka)
- 131 Jablonecké Paseky, ELP – Mšeno nad Nisou, Arbesova MŠ (školní linka)
- 132 Nová Ves nad Nisou – Jablonecké Paseky – Autobusové nádraží – Obchodní akademie – Rýnovice (školní linka)
- 133 Horní Proseč – Rýnovice – Mšeno nad Nisou, Arbesova MŠ – Mšeno nad Nisou – Obchodní akademie – U Gymnázia – Žižkův vrch (školní linka)



Aktuální schéma sítě linek je uvedeno na Obrázku 1.



Obrázek 1: Schéma sítě linek MHD Jablonec nad Nisou

Zdroj: [8]

## 2.3 Charakteristika linek MHD Jablonec nad Nisou a jejich specifík

Zdrojem jízdních řádů linek charakterizovaných v této kapitole je web společnosti Jablonecká dopravní. [8]

Názvosloví popisu jednotlivých linek v této kapitole je sjednoceno podle zdroje [9].

**101** Bedřichov – Janov nad Nisou – Mšeno nad Nisou – Autobusové nádraží – Vrkoslavice – Kokonín – Rychnov u Jablonce nad Nisou

Linka 101 je jednou z páteřních linek systému MHD v Jablonci nad Nisou, která spojuje obce Bedřichov, Janov Nad Nisou, Pulečný a Rychnov u Jablonce nad Nisou jak vzájemně mezi sebou, tak také všechny současně zejména s centrem Jablonce nad Nisou. Zajišťuje také obsluhu největšího jabloneckého sídliště ve Mšeně nad Nisou. V úseku Janov nad Nisou – Rychnov u Jablonce nad Nisou zajišťovaly její provoz od roku 1900 do roku 1965 tramvaje a současná trasa autobusů zaniklou tramvajovou trať víceméně kopíruje. Jedná se o nejvytíženější a zároveň nejdelší ze všech linek MHD (Bedřichov – Rychnov: 26 km, 55 min), která má ve směru do Bedřichova celkem 5 konečných zastávek (Autobusové nádraží; Rýnovice, Ostrý roh; Janovská Silka; Janov nad Nisou, samoobsluha a Bedřichov, centrální parkoviště). V zimním období je o víkendech počet spojů jedoucích až na Bedřichov navýšen z důvodu náporu lyžařů využívajících Bedřichov jako nástupní místo na Jizerskou magistrálu.

**Typ:** tranzitní

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 denně od 3:41 do 0:37 s intervalem 30 min

**Přestupní vazby:** hlavní taktový uzel (15. a 45. min)



**Obrázek 2:** Setkání vozidel jablonecké a liberecké MHD na Bedřichově

*Zdroj: [13]*

### **102** Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky, ELP

Linka 102 je doplňkovou linkou zajišťující spojení Jabloneckých Pasek s centrem města, přičemž její trasa je shodně s linkou 103 vedena jihovýchodní oblastí Jablonce a slouží tak obyvatelům z především rodinné zástavby v okolí ulic SNP, Novoveská a Podhorská a je vedena po silnici I/14 (Liberec – Jablonec nad Nisou – Tanvald – Jilemnice – Trutnov).

**Typ:** radiální

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 445 do 22:33 v pracovní dny s intervalem 60 min (mimo dopolední sedlo, v prokladu s linkou 103).

**Přestupní vazby:** hlavní taktový uzel (45. min)

### **103** Horní Proseč – Nemocnice – Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky, ELP – Jindřichov

Linka 103 zajišťuje celodenní přímé spojení Proseče nad Nisou, sídliště v prostoru ulice U Tenisu, nemocnice, centra města a Jabloneckých Pasek. Z provozně-bezpečnostních důvodů (plynulý průjezd areálem nemocnice ve směru z centra bez omezení vozidel složek IZS) jsou na ni nasazovány výhradně nízkokapacitní autobusy. Jedná se o jedinou linku obsluhující v únoru 2021 zřízenou zastávku Nemocnice, hl. vchod, a to vždy ve směru z centra na Horní Proseč. V úseku Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky, ELP jede linka po shodné trase s linkou 102.



**Typ:** tranzitní

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 4:40 do 23:05 v pracovní dny s intervalem 60 min  
(v prokladu s linkou 102)

**Přestupní vazby:** hlavní taktový uzel (15. min)



**Obrázek 3:** Minibus Mercedes-Benz Sprinter obsluhující zastávku Nemocnice, hl. vchod

*Zdroj: [autor]*

**104** Lukášov – Rýnovice – Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky – Lučany nad Nisou – Horní Maxov

Linka 104 se řadí společně s linkou 101 k nejvytíženějším páteřním linkám s nejvyšším počtem spojů denně. Zajišťuje obsluhu Lukášova (okrajová část města ve směru na Liberec), průmyslové zóny v Rýnovicích, nemocnice, sídliště Šumava, Jabloneckých Pasek a obce Lučany nad Nisou, přičemž několik spojů denně je vedeno až do Horního Maxova. Na rozdíl od linky 101 je pro tuto linku velmi typická zřetelnější diverzifikace cestujících v rámci dne. Brzy ráno slouží zejména zaměstnancům průmyslové zóny k návozu do práce (tomu je přizpůsoben i jízdní řád), následně žákům základních škol v Lučanech nad Nisou, na sídlišti Šumava a v ulici Liberecká a studentům Střední průmyslové školy technické v Rýnovicích a v dopoledním sedle převážně seniorům jako pohodlné spojení s nemocnicí. O víkendu je zejména u spojů jedoucích až na Horní Maxov častý výskyt turistů.

**Typ:** tranzitní

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 4:15 do 23:04 v pracovní dny s intervalem 30 minut (pracovní dny) / o víkendech a svátcích s intervalem 60 minut (v prokladu s linkou 114)

**Přestupní vazby:** hlavní taktový uzel (15. a 45. min)

**105** Rychnov u Jablonce nad Nisou – Kokonín – Vrkoslavice – Autobusové nádraží – Horní Proseč

Linka 105 zajišťuje především přímé spojení Kokonína a Vrkoslavic s nemocnicí. Dále pak v úseku Kokonín, IMP – Autobusové nádraží (z Rychnova je veden pouze jeden ranní spoj) odlehčuje vytíženým spojům linky 101 a v úseku Autobusové nádraží – Na Roli spojům linky 104. V době školních prázdnin má linka odlišný jízdní řád, kdy každý druhý spoj jede do Kokonína alternativní trasou přes Malé Vrkoslavice a nahrazuje tak spoje linky 113 jezdící standardně přes Malé Vrkoslavice, která není v těchto dnech provozována.

**Typ:** tranzitní

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 5:07 do 17:59 ve špičkách pracovních dní s intervalem 30 min (v době jejího provozu je linka 103 ve směru na Horní Proseč zkrácena pouze do zastávky Proseč nad Nisou, U Tenisu)

**Přestupní vazby:** vedlejší taktový uzel (00. a 30. min)

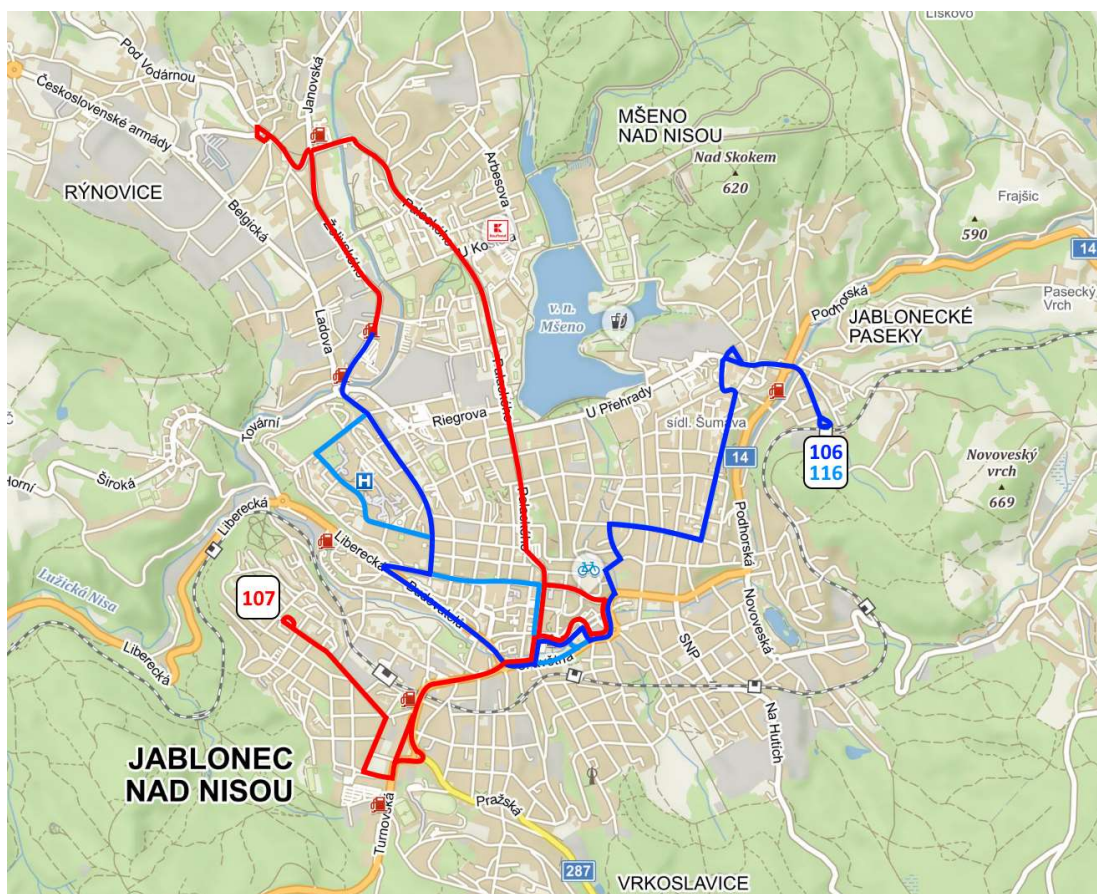
## 106 Želivského – Na Roli – Budovatelů – Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky

Trasa linky 106 spojuje (v prokladu s linkou 116) společně s linkou 107 všechny části Jablonce nad Nisou nejvíce přiléhající samotnému centru (bližší představa viz Obrázek č. 4) a jsou provozovány společně v polookružním režimu s průjezdnou konečnou zastávkou Rýnovice, Želivského. Jako doplněk páteřních linek jsou hojně využívány mj. i proto, že vytvářejí alternativní tangenciální spojení Mšena nad Nisou a Rýnovic.

**Typ:** polookružní (ve spojení s linkou 107)

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 5:16 do 18:40 v pracovní dny s intervalem 60 min (v prokladu s linkou 116)

**Přestupní vazby:** vedlejší taktový uzel (00. a 30. min)



Obrázek 4: Vedení trasy linek 106, 107 a 116

Zdroj: [12, autor]

### **107** Žižkův vrch – Autobusové nádraží – Mšeno nad Nisou – Želivského (Rýnovice – Kunratice Mšenská)

Trasa linky tvoří společně s linkami 106 a 116 doplňkové alternativní spojení Mšena nad Nisou a Rýnovic, zároveň ulehčuje v úseku U Gymnázia – Autobusové nádraží – Mšeno nad Nisou – Rýnovice, Ostrý roh vytíženým spojům linky 101 a kromě toho je hlavní linkou zajišťující obsluhu Žižkova vrchu, druhého největšího jabloneckého sídliště. Brzy ráno a večer po 19. hodině není v provozu jako polookružní v kombinaci s linkami 106 a 116, nýbrž jako standardní kyvadlová linka se dvěma konečnými zastávkami na trase Žižkův vrch – Autobusové nádraží – Rýnovice samoobsluha – Rýnovice, průmyslová zóna. Jeden ranní spoj zajíždí až do zastávky Kunratice, Mšenská, ležící již na území Liberce.

**Typ:** polookružní (ve spojení s linkami 106 a 116) / tranzitní

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 4:50 do 22:43 v pracovní dny s intervalem 30 min / o víkendech a svátcích ve zkrácené variantě v polookružní kombinaci výhradně s linkou č. 116 s intervalem 60 min

**Přestupní vazby:** vedlejší taktový uzel (00. a 30. min)

### **108** Žižkův vrch – Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky, ELP

Linka 108 je ve všední dny v provozu pouze v přepravních špičkách v úseku Žižkův vrch – Autobusové nádraží a doplňuje tak spojení druhého největšího jabloneckého sídliště s centrem města. O víkendech je tato linka v provozu po celý den a z Autobusového nádraží pokračuje po trase linek 102 a 103 do zastávky Jablonecké Paseky, ELP.

**Typ:** radiální (pracovní dny) / tranzitní (víkendy a svátky)

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 5:05 do 22:45 denně s intervalem 30 min (ve všední dny pouze ve špičkách, a to výhradně ve zkrácené variantě)

**Přestupní vazby:** hlavní taktový uzel (15. a 45. min)

### **109** Jablonecké Paseky – Mšeno nad Nisou – Rýnovice

Linka 109 je jedinou klasickou tangenciální linkou MHD Jablonec nad Nisou. V několika lehce odlišných variantách tras spojuje Jablonecké Paseky a Mšeno nad Nisou s průmyslovou zónou v Rýnovicích. Je provozována pouze ve všední dny, zejména v období

konců a začátků směn zaměstnanců pracujících v průmyslové zóně. Obdobné spojení je zajištěno linkou IDOL 141 (Liberec – Jablonec nad Nisou) s minimálním intervalem mezi spoji 30 minut. Jedná se tedy pouze o doplňkovou linku, v jejímž případě není vyšší počet spojů nutný.

**Typ:** tangenciální

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 5:28 do 14:56 ve špičkách pracovních dní

**110** Mšeno nad Nisou, Arbesova MŠ – Mšeno nad Nisou, Obchodní centrum – Autobusové nádraží

Linka 110 zajišťuje společně s linkou 112 doplňkové spojení z centra města do Mšena nad Nisou, největšího jabloneckého sídliště. Díky těmto linkám je interval mezi spoji do Mšena nad Nisou v přepravních špičkách pracovních dní 7,5 min. Každý druhý spoj navíc obsluhuje okolí ulice Arbesova, kudy nejsou vedeny páteřní linky z důvodu nemožnosti průjezdu autobusu bez nutnosti využití stejné cesty a vrácení se na ulici Palackého.

**Typ:** radiální

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 6:11 do 16:50 ve špičkách pracovních dní s intervalem 30 min

**112** Rýnovice – Mšeno nad Nisou – Autobusové nádraží – Mšeno nad Nisou – Rýnovice

Linka 112 je jedinou celoročně provozovanou polookružní linkou v systému MHD Jablonec nad Nisou. Společně s linkou 110 zajišťuje doplňkové spojení z centra města do Mšena nad Nisou, největšího jabloneckého sídliště. K tomu navíc, díky svému polookružnímu charakteru, obsluhuje oblast kolem městského divadla a vybrané spoje jsou ze zastávky Rýnovice, Ostrý roh vedeny až do průmyslové zóny. Díky tomu vytváří ve špičkách alternativní spojení průmyslové zóny s centrem k páteřní lince 104.

**Typ:** polookružní

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 6:15 do 17:21 ve špičkách pracovních dní s intervalem 30 min



### **113** Autobusové nádraží – Vrkoslavice – Kokonín (→ Rychnov u Jablonce nad Nisou)

Linka 113 je doplňkovou linkou, která jako jediná ve dnech školního vyučování zajišťuje obsluhu části města Malé Vrkoslavice. Vybrané spoje mají polookružní charakter, kdy autobus realizuje jednosměrnou obsluhu ulice Krkonošská ve Vrkoslavcích (zde také žádná jiná linka MHD neprojíždí) a ze zastávky Kokonín, pošta, pokračuje odlišnou trasou zpět na Autobusové nádraží. Z autobusového nádraží odjíždějí spoje této linky zpravidla ve stejných časech, jako spoje linky 101, a fungují tedy také zároveň jako posilové spoje pro linku 101 v úseku Autobusové nádraží – Vrkoslavice – Kokonín.

**Typ:** radiální / polookružní

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 5:40 do 17:54 ve špičkách pracovních dní (mimo období školních prázdnin) s intervalem 30 min

### **114** Horní Proseč – Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky

Linka 114 je víkendovou kombinací linek 103 a 116. Zajišťuje přímé spojení Horní Proseče, nemocnice, centra města, sídliště Šumava a Jabloneckých Pasek. V úseku Autobusové nádraží – Březová (v opačném směru Jablonecké Paseky, ELP – Autobusové nádraží) jezdí v prokladu s linkou 104 s lehce pozměněnou trasou.

**Typ:** tranzitní

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 6:48 do 20:44 o víkendech a svátcích s intervalem 60 min (v prokladu s linkou 104)

**Přestupní vazby:** hlavní taktový uzel (15. a 45. min)

### **116** Želivského – Na Roli – Mírové náměstí – Autobusové nádraží – Jablonecké Paseky – Jindřichov

Trasa linky 116 spojuje (v prokladu s linkou 106) společně s linkou 107 všechny části Jablonce nad Nisou nejvíce přiléhající samotnému centru (bližší představa viz Obrázek č. 4) a jsou provozovány společně v polookružním režimu s průjezdnou konečnou zastávkou Rýnovice, Želivského. Jako doplněk páteřních linek jsou hodně využívány mj. i proto, že vytvářejí alternativní tangenciální spojení Mšena nad Nisou a Rýnovic. Drobné rozdíly trasy linky, ve srovnání s trasou linky 106 jsou vyznačeny v Obrázku č. 4 světle modrou

barvou. Díky těmto odchylkám je posílena obsluha oblasti kolem divadla a hlavního hřbitova ležícího za městskou nemocnicí. Všechny ostatní části trasy linky jsou shodné s trasou linky 106.

**Typ:** polookružní (ve spojení s linkou 107)

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 5:46 do 18:59 denně s intervalem 60 min (o víkendech pak od 9:00 do 16:10 ve zkrácené variantě)

**Přestupní vazby:** vedlejší taktový uzel (00. a 30. min)

### **117** Autobusové nádraží – Na Hutích – Autobusové nádraží

Linka 117 je doplňkovou linkou s několika variantami trasy související s denní dobou, která zajišťuje obsluhu především autobusem hůře dostupných oblastí s rodinnou zastávkou kolem ulic Lesní a Liliová a Na Hutích, kde se ale také nachází více firem zaměstnávajících větší počty zaměstnanců.

**Typ:** radiální (s jednou průjezdnou konečnou zastávkou)

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 5:45 do 15:44 v pracovní dny na základě potřeby

### **118** Autobusové nádraží – Plavecký bazén – Jablonecké Paseky, ELP – Jindřichov

Linka 118 je hlavní linkou (s doplňkem jednotek spojů ostatních linek) zajišťující obsluhu Jindřichova, části Lučan nad Nisou a jedinou linkou zastavující přímo před městským plaveckým bazénem.

**Typ:** radiální

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 6:00 do 17:28 v pracovní dny na základě potřeby

### **121** Pražská – Hrabětice – Bedřichov – Pražská

Linka 121 je polookružní zimní víkendovou a prázdninovou turistickou linkou částečně přebírající funkci linky 101 na Bedřichov, ale zároveň nabízející častější víkendové spojení centra města s Hraběticemi, částí Janova nad Nisou, kde se nacházejí jak upravené trasy pro běžecké lyžování, tak v bezprostřední blízkosti i skiareál Severák. Cestující ji tedy mohou o víkendu využít i místo skibusu, který je ale jinak v provozu i v pracovních dnech, ovšem není součástí systému MHD Jablonec nad Nisou a je objednáván Libereckým krajem.

**Typ:** polookružní

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 8:00 do 14:24 o víkendech, svátcích, zimních a arních prázdninách s četností 4 spojů denně

### **126** Janov nad Nisou – Velký Semerink – Hrabětice

Linka 126, provozována v pracovní dny z důvodů rozměrových poměrů své trasy výhradně nízkokapacitním autobusem, zajišťuje rozšíření obsluhy Janova nad Nisou nad rámec standardní trasy linky 101. O víkendech, kdy není v provozu linka 121, jsou zajištěny 2 páry spojů linky 126 na Hrabětice standardním 12metrovým autobusem alternativní trasou s vynecháním obsluhy Velkého Semerinku.

**Typ:** radiální

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 od 6:12 do 18:41 denně (mimo zimní sezónu) s intervalem 30-60 min (špičky pracovních dnů) / o víkendech (pouze od dubna do listopadu) 2 páry spojů za den (ráno a odpoledne)

**Přestupní vazby:** návaznost na spoje linky 101 z centra v zastávce Janov, samoobsluha, v opačném směru vyčkává linka 101 na příjezd linky 126 z Hrabětic

### **130** Autobusové nádraží – Vrkoslavice – Kokonín – Autobusové nádraží – Rýnovice – Mšeno nad Nisou – Jablonecké Paseky – Pražská

Linka 130 je noční okružní linkou vždy s jedním spojením v sobotu a jedním spojením v neděli, která dlouhodobě není provozována, ale dosud nebyla oficiálně zrušena.

**Typ:** okružní

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 není zajištěn žádný spoj (linka byla v provozu naposledy o víkendech před pandemií Covid-19)

### **131** Jablonecké Paseky, ELP – Mšeno nad Nisou, Arbesova MŠ

Linka 131 je školní linkou zajišťující přímé ranní spojení Jabloneckých pasek se Svobodnou základní školou (ul. Rybářská, zastávka U přehrady) a základní školou v ulici Arbesova.

**Typ:** tangenciální

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 jeden ranní spoj ve dnech školního vyučování

**132** Nová Ves nad Nisou – Jablonecké Paseky – Autobusové nádraží – Obchodní akademie – Rýnovice

Linka 132 je školní linkou zajišťující přímé ranní spojení Nové Vsi nad Nisou a oblasti kolem ulice Novoveská v jihovýchodní části Jablonce nad Nisou se základní školou na sídlišti Šumava. Dále pak pokračuje přes autobusové nádraží do Rýnovic a funguje jako posila ke školnímu spoji linky 115 a pravidelnému spoji linky 106. V tomto úseku ji využívají zejména žáci a studenti Gymnázia Dr. Antona Randy a Střední průmyslové školy technické nacházející se v průmyslové zóně. Jedná se také o jedinou současnou linku MHD obsluhující Novou Ves nad Nisou (dříve byla do této obce vedena i standardní linka, avšak dnes je její obsluha zajišťována již pouze příměstskými autobusy pokračujícími na Smržovku).

**Typ:** tranzitní

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 jeden pár ranních spojů ve dnech školního vyučování

**Přestupní vazby:** vedlejší taktový uzel (30. min)

**133** Horní Proseč – Rýnovice – Mšeno nad Nisou, Arbesova MŠ – Mšeno nad Nisou – Obchodní akademie – U Gymnázia – Žižkův vrch

Linka 133 je školní linkou zajišťující přímé ranní spojení z Horní Proseče a sídliště U Tenisu s Rýnovicemi a Mšenem nad Nisou. Ve Mšeně nad Nisou absolvuje autobus závlak do ulice Arbesova. Následně se vrací zpět na ulici Palackého do zastávky Mšeno nad Nisou, škola, odkud pokračuje na autobusové nádraží jako posila linky 101, avšak po trase linky 112 kolem divadla a základní školy v ulici Liberecká. Z autobusového nádraží pak nahrazuje již vynechaný spoj linky 108 v 7:45 na Žižkův vrch, avšak z důvodu možnosti jejího využití žáky Základní Školy Pasířská nacházející se u konečné zastávky na Žižkově vrchu vynechává obsluhu zastávek Kamenná, Masná, Skřivánčí a Ještědská.

**Typ:** tranzitní

**Provozní doba linky:** v JŘ 2023 jeden ranní spoj ve dnech školního vyučování

**Přestupní vazby:** hlavní taktový uzel (45. min)

## **2.4 Dopravce zajišťující MHD v Jablonci nad Nisou**

Dopravcem na linkách MHD Jablonec nad Nisou byla v období 1. února 2021-31. ledna 2023 společnost Umbrella Coach & Buses s.r.o., která na zajištění dopravní obslužnosti nasadila celkem 30 autobusů typů Mercedes-Benz Citaro (14 vozidel), Mercedes-Benz Citaro C2 (12 vozidel) a Mercedes-Benz Sprinter City (4 vozidla). S nástupem této společnosti byl cestujícím k dispozici plně nízkopodlažní a klimatizovaný vozidlový park s možností připojení k WiFi. Nové je též odbavovací zařízení od společnosti EMtest, které všem poskytuje dopravci město Jablonec nad Nisou. Provoz MHD je řízen pod hlavičkou městské společnosti Jablonecká dopravní a.s. Od 1. února 2023 převzala provoz MHD společnost ČSAD Slaný, která nasadila 23 nových autobusů Mercedes-Benz Conecto LF II hybrid a 4 minibusy Rošero First FCLII. Pro zajištění všech spojů se využívá 22 standardních 12metrových vozidel Mercedes a 3 nízkokapacitní vozidla Rošero. Současný dopravce má tedy pouze jediné záložní vozidlo od každého typu. Z toho důvodu slouží jako rezervní vozidlo ještě jedno vozidlo Setra S 415 LE business ve dvoudvéřovém provedení a v případě potřeby je nasazována na méně vytížené linky. [7][10]

## **2.5 Turnusy platné od 1. dubna 2023**

Jako podklad pro diplomovou práci jsou využity reálné turnusy platné od 1. dubna 2023. Vzhledem ke značně omezenému víkendovému provozu, který zajišťuje pouze 6 páteřních linek, se diplomová práce zaměřuje na provoz ve vzorový všední den (bez zásahu prázdnin či jiných mimořádností).

Provoz MHD Jablonec ve všední den se na základě podkladového materiálu skládá z celkem 530 spojů přiřazených 17 celodenním turnusům a 18 turnusům v režimu ranní/odpolední (9 ranních a 9 odpoledních směn). Na každý všední den je tedy potřeba 25 vozidel a 35 řidičů. Specifikem linek č. 103 a 126 je, že na jejich spoje musí být vždy nasazen nízkokapacitní autobus z důvodu omezeného průjezdného profilu areálem nemocnice ve směru na Horní Proseč, nevhodných sklonových poměrů ulice Kostelní ve směru do Jabloneckých Pasek a malých poloměrů zatáček v oblasti Velkého Semerinku v Janově nad Nisou. Žádné jiné linky podobná omezení nemají. Pouze jsou stanoveny ty, kde nízkokapacitní vozidlo být nasazeno může.

## 3 Teoretická východiska řešení

Problematiku sestavování oběhů vozidel a turnusů řidičů se nabízí řešit s využitím teorie grafů a matematického programování. Teorie grafů je jedním z oborů diskrétní matematiky a zároveň je součástí samostatné disciplíny operačního výzkumu. Zabývá se řešením mnoha praktických úloh reprezentovaných speciálními matematickými strukturami, tzv. grafy, které mohou být využity pro řešení celé řadě reálných dopravních problémů. Algoritmy využívané v teorii grafů mohou být buď exaktní, nebo heuristické. Při využití exaktních algoritmů máme garanci konvergence výpočtu k optimálnímu řešení. Při využití heuristických algoritmů sice garanci konvergence výpočtu k optimálnímu řešení nemáme, avšak často u rozsáhlých úloh z praxe nalezneme v rozumném čase alespoň suboptimální řešení.

Teorie grafů má totiž kromě širokého spektra využitelnosti výhodu i v tom, že díky grafické reprezentaci problému je pro řešitele snadnější pochopit procesy, které postup řešení zahrnuje.

### 3.1 Teorie grafů v dopravě

Teorie grafů nachází uplatnění v nejrůznějších vědních oborech včetně dopravy. K řešení úlohy o optimalizaci oběhů vozidel je z teorie grafů možno využít metody pro řešení úlohy o obsluze dopravní obsluze vrcholů dopravní sítě nebo o barvení vrcholů grafu nebo o vyhledání minimálního toku.

#### **Aplikace úloh o plánování obsluhy vrcholů dopravní sítě:**

K úlohám o plánování obsluhy vrcholů dopravní sítě se řadí úloha obchodního cestujícího a úloha trasování vozidel.

Úloha obchodního cestujícího je typ problému, kde navrhujeme trasu jednoho vozidla, přičemž obslužná jízda začíná a končí v určitém vrcholu, všemi vrcholy se prochází právě jednou a kritériem je minimalizace celkové délky trasy. V terminologii teorie grafů hledáme tzv. minimální Hamiltonovskou kružnici (HK). HK je definována jako faktorový souvislý podgraf, přičemž součet ohodnocení hran v ní obsažených je minimální. Ke konstrukci minimální HK slouží exaktní algoritmus – Littleův algoritmus nebo heuristický algoritmus – Greedy algoritmus.

Nutným vstupem do algoritmu je distanční matice, resp. matice vzdáleností. K získání distanční matice z matice vzdáleností využíváme nejčastěji Floydův algoritmus, který umožňuje vyhledat vzdálenosti mezi všemi vrcholy.

Při aplikaci metod pro vyhledání minimální HK v úloze o návrhu oběhů vozidel budou vrcholy grafu reprezentovat jednotlivé spoje, hrany možné přejezdy mezi nimi a ohodnocení hran doby přejezdů mezi cílovou zastávkou spoje a výchozí zastávkou jiného spoje. Při pevně zadáných časových polohách spojů však mohou obě metody pro nalezení minimální HK navrhnout nepřipustné řešení, neboť principiálně nedokáží při řešení zohlednit časovou přípustnost obsluhy spojů. Při odstraňování uvedeného problému je možno postupovat tak, že se výrazně znevýhodní časové přejezdy mezi spoji, které nepřicházejí v úvahu.

Úloha o trasování vozidel je rozšířenou verzí úlohy obchodního cestujícího a umožňuje obsluhu vrcholů dopravní sítě zajišťovat více vozidly. Při jejím použití se vyskytují problémy podobného typu jako tomu bylo v úloze obchodního cestujícího a proces vedoucí k jejich odstranění je analogický. Pokud výpočetně selžou uvedené exaktní metody, je možno aplikovat také heuristické metody, jako např. Greedy algoritmus nebo Clarke-Wrightovu metodu, která umožňuje zapracovávat rozličná provozní omezení při výpočetním procesu.

Úloha o barvení vrcholů grafu řeší problém přidělování barev vrcholům grafu, přičemž sousedním vrcholům (vrcholům spojeným hranou) nesmí být přidělena stejná barva. Při její aplikaci na řešený problém se postupuje tak, že vrcholy reprezentují spoje, hrany reprezentují časové kolize mezi spoji a barvy reprezentují vozidla, která spoje obsluhují. K řešení úlohy jsou k dispozici heuristické i exaktní optimalizační přístupy.

Při aplikaci metod určených pro řešení úlohu o vyhledání minimálního toku v dopravní síti jsou spoje znázorněny orientovanými hranami dopravní sítě s intervalovým ohodnocením  $\langle 1; 1 \rangle$ , přičemž vrchol, ze kterého hrana vystupuje, reprezentuje výchozí zastávku spoje a vrchol, do kterého hrana vstupuje, reprezentuje cílovou zastávku spoje. Časově přípustné přejezdy mezi spoji jsou reprezentovány hranami vystupujícími z vrcholů reprezentujících cílové zastávky spojů a vstupujícími do vrcholů reprezentujících výchozí zastávky spojů s ohodnocením  $\langle 0; 1 \rangle$ . Každá síť, ve které jsou řešeny tokové úlohy musí mít zdroj (vrchol, ze kterého hrany pouze vystupují) a ústí (vrchol, do kterého hrany pouze vstupují). Těmto vrcholům odpovídá depo, ze kterého vozidla k obsluze spojů vyjíždějí, a do kterého se

po ukončení obsluhy zpět vracejí. Pro vlastní řešení je možno využít Ford-Fulkersonův algoritmus s modifikacemi v testu optimality a transformačním kroku, nebyl-li nalezen minimální tok.

### **3.2 Matematické modelování**

Pro nalezení optimálního řešení je možno také využít matematické modelování. Matematické modelování je v současné době nedílnou součástí různých oborů přírodních, technických, ekonomických i sociálních věd. Při jeho využívání se používají současné informační a komunikační technologie (ICT). Matematickým modelem systému rozumíme abstraktní model zkoumaného systému, který využívá matematického jazyka k popisu jeho chování. Matematický model obvykle popisuje systém za pomoci množiny vstupních a výstupních proměnných, parametrů a množiny matematických struktur, určujících stav systému, vazby a vztahy mezi proměnnými a parametry. Třemi základními skupinami objektů v matematickém modelu jsou proměnné a parametry, matematické struktury a řešení. [11]

Podmnožinu metod matematického modelování tvoří matematické programování zabývající se výběrem optimální varianty z tzv. množiny přípustných řešení. Základem matematického programování je tzv. matematický model, což je soustava rovnic a nerovnic (soustava omezujících podmínek) doplněná o tzv. účelovou funkci. K jeho řešení jsou pak využívány různé metody, přičemž vhodná metoda se volí na základě charakteru omezujících podmínek a účelové funkce. Nejvíce používanou částí matematického programování je tzv. lineární programování, ve kterém je účelová funkce lineární a všechny omezující podmínky mají charakter buď lineárních rovnic nebo nerovnic. [11]



## 4 Návrh matematického modelu

Pro řešení úlohy o obězích vozidel bylo vybráno matematické programování. Jako vstup posloužila matice přejezdů mezi jednotlivými spoji, časy odjezdů jednotlivých spojů a doba jejich obsluhy v minutách. V první fázi byla funkčnost navrženého modelu vyzkoušena pouze na menším vzorku spojů, konkrétně na té části, na kterou je možné nasadit nízkokapacitní vozidlo. Po ověření, že dosažené výsledky jsou relevantní, bylo nutné jej doplnit o podmínky zajišťující nasazení povoleného typu vozidla na každý jednotlivý spoj z každého sestaveného oběhu.

### 4.1 Obecná formulace řešeného problému

V linkové síti je zapotřebí vozidly obsloužit množinu spojů  $I$  a je dána množina typů vozidel  $K$ .

Pro každý typ vozidla  $k \in K$  je definován jejich počet  $N_k$  ve vozidlovém parku a informace, zda má být nasazován prioritně, či nikoliv. Množina prioritně nasazovaných typů vozidel bude mít označení  $K_p$  a platí pro ni  $K_p \subseteq K$ .

Pro každý spoj  $i \in I$  jsou definovány:

- hodnota  $t_i$  reprezentující čas odjezdu z první obsluhované (výchozí) zastávky spoje,
- hodnota  $T_i$  reprezentující dobu obsluhy spoje (z výchozí zastávky na poslední obsluhovanou, tj. cílovou zastávku dle jízdního řádu – do této doby lze zařadit také manipulační doby potřebné k vykonání úkonů spojených s odjezdem spoje z výchozí zastávky a po příjezdu spoje do cílové zastávky),
- typy vozidel, které mohou spoj  $i \in I$  obsluhovat, informace o přípustných typech vozidel, které mohou obsloužit jednotlivé spoje je definována maticí  $\mathbf{U}$ , přičemž platí, že když je typ vozidla  $k \in K$  přípustný z pohledu obsluhy spoje  $i \in I$ , potom  $u_{ik} = 1$ , v opačném případě  $u_{ik} = 0$ .

Dále jsou pro každou dvojici spojů  $i \in I$  a  $j \in I$  stanoveny doby přejezdů  $\tau_{ij}$  mezi cílovou zastávkou spoje  $i \in I$  a výchozí zastávkou spoje  $j \in I$ .

Dále je definováno depo reprezentované indexem 0, ze kterého vozidla na začátku oběhu vyjíždějí, a do kterého se na konci oběhu vrací.

Úkolem je naplánovat oběhy vozidel tak, aby celkový počet vozidel použitých k obsluze množiny spojů  $I$  byl minimální, přičemž je snaha provozovatele plně využít kapacity definovaného typu vozidla.

Za účelem modelování elementárních rozhodnutí budou definovány následující proměnné:

- $x_{ijk}$ ... bivalentní proměnná reprezentující neproduktivní přejezd vozidla typu  $k \in K$  po obsluze spoje  $i \in I$  k obsluze spoje  $j \in I$  – když po ukončení optimalizačního výpočtu  $x_{ijk} = 1$ , potom vozidlo typu  $k \in K$  po obsluze spoje  $i \in I$  pokračuje k obsluze spoje  $j \in I$ , v opačném případě k obsluze spoje  $j \in I$  nepokračuje;
- $y_{i0k}$ ... bivalentní proměnná reprezentující neproduktivní přejezd vozidla typu  $k \in K$  po obsluze spoje  $i \in I$  do depa – když po ukončení optimalizačního výpočtu  $y_{i0k} = 1$ , potom se vozidlo typu  $k \in K$  po obsluze spoje  $i \in I$  vrací do depa, v opačném případě se do depa nevrací;
- $z_{0jk}$ ... bivalentní proměnná reprezentující neproduktivní přejezd vozidla typu  $k \in K$  k obsluze spoje  $j \in I$  z depa – když po ukončení optimalizačního výpočtu  $z_{0jk} = 1$ , potom vozidlo typu  $k \in K$  k obsluze spoje  $j \in I$  vyjíždí z depa, v opačném případě z depa nevyjíždí

Aby bylo preferováno nasazování typů vozidel z podmnožiny  $K_p$ , jsou do účelové funkce zavedeny dva koeficienty  $b_k$  s hodnotami  $b_k = 1$ , pro  $k \in K_p$  a  $b_k = 1\ 000$ , pro  $k \in K \setminus K_p$ .

Obecný matematický model řešené úlohy má tvar:

$$\min f(x, y, z) = \sum_{k \in K_p} z_{0jk} + \sum_{k \in K \setminus K_p} 1\ 000 \cdot z_{0jk} \quad (1)$$

za podmínek:

$$\sum_{k \in K} u_{jk} \left( z_{0jk} + \sum_{i \in I, a_{ij}=1} x_{ijk} \right) = 1 \quad j \in I \quad (2)$$

$$\sum_{k \in K} u_{ik} \left( y_{i0k} + \sum_{j \in I, a_{ij}=1} x_{ijk} \right) = 1 \quad i \in I \quad (3)$$

$$z_{0ik} + \sum_{j \in I, a_{ij}=1} x_{jik} = y_{i0k} + \sum_{j \in I, a_{ij}=1} x_{ijk} \quad i \in I, k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{j \in I} z_{0jk} \leq N_k \quad k \in K \quad (5)$$

$$\sum_{j \in I} z_{0jk} = \sum_{i \in I} y_{i0k} \quad k \in K \quad (6)$$

$$x_{ijk} \leq u_{jk} \quad \begin{array}{l} i \in I, j \in I, \\ k \in K, a_{ij} = 1 \end{array} \quad (7)$$

$$z_{0jk} \leq u_{jk} \quad j \in I, k \in K \quad (8)$$

$$x_{ijk} \in \{0; 1\} \quad \begin{array}{l} i \in I, j \in I, \\ k \in K, a_{ij} = 1 \end{array} \quad (9)$$

$$y_{i0k} \in \{0; 1\} \quad i \in I, k \in K \quad (10)$$

$$z_{0jk} \in \{0; 1\} \quad j \in I, k \in K \quad (11)$$

Funkce (1) reprezentuje optimalizační kritérium. Hodnota účelové funkce po ukončení optimalizačního výpočtu přímo nereprezentuje počet vozidel. Po jejím rozepsání do rozvinutého zápisu v desítkové soustavě (v podmínkách řešené úlohy bude mít standardní rozvinutý zápis tvar)  $l \cdot 10^5 + m \cdot 10^4 + n \cdot 10^3 + p \cdot 10^2 + r \cdot 10^1 + s \cdot 10^0$ , potom bude počet nasazených vozidel preferovaných typů činit  $prs$  a počet nasazených vozidel nepreferovaných typů  $lmn$ . Skupina omezujících podmínek (2) zajistí, že k obsluze spoje bude přistaveno vozidlo přípustného typu (přijede buď z depa, nebo po obsluze jiného spoje). Skupina omezujících podmínek (3) zajistí, že po obsluze spoje bude odstaveno vozidlo přípustného typu (odjede buď do depa, nebo k obsluze jiného spoje). Skupina omezujících podmínek (4) zajistí kontinuitu typu vozidla na spoji. Skupina omezujících podmínek (5) zajistí, že k obsluze spojů nebude z depa vypraveno více vozidel jednotlivých typů, než je jejich maximální počet, který má dopravce k dispozici. Skupina omezujících podmínek (6) zajistí, že počty vozidel jednotlivých typů vypravených z depa budou stejné jako počty vozidel do depa se vracějících. Skupiny podmínek (7) a (8) zajistí přejezdy přípustných typů vozidel mezi spoji (7) a mezi depem a prvním obsluhovaným spojem (8).

Skupiny omezujících podmínek (9) – (11) inicializují definiční obory proměnných použitých v modelu.

## 5 Výpočetní experimenty s navrženým modelem

V linkové síti je zapotřebí vozidly obsloužit množinu spojů  $I$ , kde  $|I| = 433$  a množina typů vozidel  $K$ , kde  $|K| = 2$ , přičemž typ vozidla 1 má kapacitu 34+1 osob, typ vozidla 2 má kapacitu 101+1 osob a je preferováno nasazování vozidel typu 1. Počty vozidel jednotlivých typů, které má dopravce k dispozici jsou shrnuty v Tabulce 1.

**Tabulka 1:** Počty vozidel jednotlivých typů, které má dopravce k dispozici

Typ vozidla	Počet vozidel daného typu, která má dopravce k dispozici	Má být daný typ nasazován prioritně
1	4	Ano
2	23	Ne

*Zdroj: [autor]*



Obrázek 5: Vozidla Mercedes-Benz Conecto LFII hybrid dopravce ČSAD Slaný s.r.o.

*Zdroj: [10]*

Podklady pro jednotlivé spoje jsou uvedeny v Příloze 1. Některé ze spojů byly předem sloučeny, a to například na základě podmínky v jízdních řádech, že vozidlo po odjetí vybraného konkrétního spoje pokračuje na návazném spoji, nebo v případě horské linky v rámci obce Janov nad Nisou.

**Tabulka 2:** Ukázka podoby vstupních dat do matematického modelu

Spoj $i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...
$t_i$	41	45	11	15	15	21	25	27	29	...
$T_i$	35	28	25	21	13	45	23	39	28	...
$u_{i1}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
$u_{i2}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	...

*Zdroj: [autor]*

Matice dob přejezdů je definována jako čtvercová matice  $|I| \times |I|$ , tedy  $433 \times 433$ , nachází se v Příloze 2 a byla vytvořena na základě časových vzdáleností mezi jednotlivými konečnými zastávkami zaznamenaných v tabulce v Příloze 3. Příloha 3 byla vytvořena na základě autorovy znalosti místních poměrů ve městě Jablonec nad Nisou a za pomoci zdroje [12].

## 5.1 Výpočetní experimenty – 1. fáze

Úkolem je naplánovat oběhy vozidel tak, aby celkový počet vozidel použitých k obsluze množiny spojů  $I$  byl minimální, přičemž je snaha provozovatele plně využít kapacity vozidel typu 1.

Matematický model (1) – (11) pro návrh oběhů vozidel v podmínkách města Jablonec nad Nisou má tvar:

$$\min f(x, y, z) = \sum_{j \in I} (z_{oj1} + 1000 \cdot z_{oj2}) \quad (12)$$

za podmínek:

$$\sum_{k \in K} u_{jk} \left( z_{ojk} + \sum_{i \in I, a_{ij}=1} x_{ijk} \right) = 1 \quad j \in I \quad (13)$$

$$\sum_{k \in K} u_{ik} \left( y_{i0k} + \sum_{j \in I, a_{ij}=1} x_{ijk} \right) = 1 \quad i \in I \quad (14)$$

$$z_{0ik} + \sum_{j \in I, a_{ij}=1} x_{jik} = y_{i0k} + \sum_{j \in I, a_{ij}=1} x_{ijk} \quad i \in I, k \in K \quad (15)$$

$$\sum_{j \in I} z_{0j1} \leq N \quad (16)$$

$$\sum_{j \in I} z_{0jk} = \sum_{i \in I} y_{i0k} \quad k \in K \quad (17)$$

$$x_{ijk} \leq u_{jk} \quad \begin{array}{l} i \in I, j \in I, \\ k \in K, a_{ij} = 1 \end{array} \quad (18)$$

$$z_{0jk} \leq u_{jk} \quad j \in I, k \in K \quad (19)$$

$$x_{ijk} \in \{0; 1\} \quad \begin{array}{l} i \in I, j \in I, \\ k \in K, a_{ij} = 1 \end{array} \quad (20)$$

$$y_{i0k} \in \{0; 1\} \quad i \in I, k \in K \quad (21)$$

$$z_{0jk} \in \{0; 1\} \quad j \in I, k \in K \quad (22)$$

Funkce (12) reprezentuje optimalizační kritérium. Skupina omezujících podmínek (13) zajistí, že k obsluze spoje bude přistaveno vozidlo přípustného typu (přijede buď z depa, nebo po obsluze jiného spoje). Skupina omezujících podmínek (14) zajistí, že po obsluze spoje bude odstaveno vozidlo přípustného typu (odjede buď do depa, nebo k obsluze jiného spoje). Skupina omezujících podmínek (15) zajistí kontinuitu typu vozidla na spoji. Skupina omezujících podmínek (16) zajistí, že k obsluze spojů nebude z depa vypraveno více vozidel typu 1, než je jejich maximální počet, který má dopravce k dispozici. Skupina omezujících podmínek (17) zajistí, že počty vozidel jednotlivých typů vypravených z depa budou stejné jako počty vozidel do depa se vracějících. Skupiny podmínek (18) a (19) zajistí přejezdy přípustných typů vozidel mezi spoji (18) a mezi depem a prvním obsluhovaným spojem (19). Skupiny omezujících podmínek (20) – (22) inicializují definiční obory proměnných použitých v modelu.

Výpočetní experimenty byly realizovány v optimalizačním software Xpress-IVE. Za účelem redukce počtu proměnných byla v případě proměnných  $x_{ijk}$  použita tzv. dynamická proměnná.

Pokus o vyřešení úlohy vcelku (vytvoření oběhů ze 433 zadaných spojů s minimalizací celkového počtu použitých vozidel) skončil neúspěšně. Opakovaným vkládáním různě obsáhlých příkladů bylo zjištěno, že maximální možný počet spojů zahrnutých do úlohy se nachází v intervalu 180-200 spojů. Proto bylo přistoupeno k dekompozici úlohy na 4 dílčí úlohy, a to s přihlédnutím k režimu provozu v jednotlivých denních dobách následovně na:

- ① spoje s odjezdy do 8:29 včetně,
- ② spoje s odjezdy od 8:30 do 12:59 včetně,
- ③ spoje s odjezdy od 13:00 do 17:59 včetně,
- ④ spoje s odjezdy od 18:00.

Rozdělení spojů na dílčí úlohy reprezentuje rozdělení spojů na období ranní špičky, dopoledního sedla, odpolední špičky a večerního sedla. Dekompozice byla tímto způsobem provedena také proto, aby bylo možné výsledné oběhy z jednotlivých dílčích úloh vzájemně smysluplně propojit. I přesto, že je v jednotlivých dílčích úlohách pro výpočet použita exaktní metoda, není možné výsledné řešení považovat za optimální, ale pouze za suboptimální. Příčinou ztráty garance optimality je právě provedená dekompozice původní úlohy.

S navrženým modelem bylo realizováno celkem 8 výpočetních experimentů. Jejich přehled a charakteristika jsou vyvedeny v Tabulce 3. Jednotlivé výpočetní experimenty se od sebe lišily množinami spojů a disponibilními počty vozidel typu 1. Experiment s disponibilním počtem 5 vozidel typu 1 byl uskutečněn zejména z důvodu zjistit, zda by další vozidlo typu 1, které má díky své menší velikosti výrazně nižší provozní náklady, mohlo být v případě pořízení efektivně využito.

**Tabulka 3:** Přehled a charakteristika realizovaných experimentů v 1. fázi

Experiment č.	Množina spojů	Disponibilní počet vozidel typu 1
1	1-134	4
2		5
3	135-204	4
4		5
5	205-365	4
6		5
7	366-433	4
8		5

*Zdroj: [autor]*

Na ukázkou je na Obrázku 6 přiložen text programu pro výpočet oběhů ze spojů 1-134 v první fázi pro 4 vozidla typu 1:



```

model obehy_nehom_1_134
uses "mmxprs";
declarations
n=134
spoj=1..n
voz=1..2
t:array(spoj)of real
T:array(spoj)of real
tau:array(spoj,spoj)of real
a:array(spoj,spoj)of real
u:array(spoj,voz)of real
x:dynamic array(range,range,voz)of mpvar
y:array(1..n,0..0,voz)of mpvar
z:array(0..0,1..n,voz)of mpvar
end-declarations

M:=1000
u::[]
t::[]
T::[]
tau::[]
forall(i in 1..n,j in 1..n)
if(t(j)<t(i)+T(i)+tau(i,j))
then a(i,j):=0
else a(i,j):=1
end-if
forall(i in 1..n,j in 1..n,k in voz | a(i,j)=1)create(x(i,j,k))

forall(i in spoj,j in spoj,k in voz)x(i,j,k)is_binary
forall(i in 0..0,j in spoj,k in voz)z(i,j,k)is_binary
forall(i in spoj,j in 0..0,k in voz)y(i,j,k)is_binary

forall(j in spoj,k in voz)z(0,j,k)<=u(j,k)
forall(i in spoj,j in spoj,k in voz)x(i,j,k)<=u(j,k)
forall(j in 1..n)sum(k in voz)u(j,k)*(z(0,j,k)+sum(i in 1..n)x(i,j,k))=1
forall(i in 1..n)sum(k in voz)u(i,k)*(y(i,0,k)+sum(j in 1..n)x(i,j,k))=1
forall(i in spoj,k in voz)z(0,i,k)+sum(j in 1..n)x(j,i,k)=y(i,0,k)+sum(j in 1..n)x(i,j,k)
sum(j in 1..n)z(0,j,1)<=4
forall (k in voz)sum(j in 1..n)z(0,j,k)=sum(i in spoj)y(i,0,k)

uf:=sum(j in 1..n)(1*z(0,j,1)+1000*z(0,j,2))
minimize(uf)

writeln("Uf je: ",getobjval)
forall(j in 1..n,k in voz | getsol(z(0,j,k))=1)writeln("z(",0,"",j,"",k,"")=",getsol(z(0,j,k)))
forall(i in 1..n,j in 1..n,k in voz | getsol(x(i,j,k))=1)writeln("x(",i,"",j,"",k,"")=",getsol(x(i,j,k)))
forall(i in 1..n,k in voz | getsol(y(i,0,k))=1)writeln("y(",i,"",0,"",k,"")=",getsol(y(i,0,k)))
writeln
forall(j in 1..n,k in 1..1 | getsol(z(0,j,k))=1)writeln("z(",0,"",j,"",k,"")=",getsol(z(0,j,k)))
forall(i in 1..n,j in 1..n,k in 1..1 | getsol(x(i,j,k))=1)writeln("x(",i,"",j,"",k,"")=",getsol(x(i,j,k)))
forall(i in 1..n,k in 1..1 | getsol(y(i,0,k))=1)writeln("y(",i,"",0,"",k,"")=",getsol(y(i,0,k)))
writeln
writeln(getsol(sum(i in 1..n,j in 1..n,k in 1..2)(tau(i,j)*x(i,j,k))))

end-model

```

**Obrázek 6:** Ukázkový text programu pro první fázi výpočetních experimentů, *Zdroj: [autor]*

Výsledky jednotlivých experimentů prováděných v 1. fázi řešení pro 4 i 5 disponibilních vozidel typu 1 jsou shrnuty v Přílohách 4-7 následovně:

- Příloha 4 – Výpisy výsledků experimentů pro 1. dílčí úlohu a 1. fázi výpočtu
- Příloha 5 – Výpisy výsledků experimentů pro 2. dílčí úlohu a 1. fázi výpočtu
- Příloha 6 – Výpisy výsledků experimentů pro 3. dílčí úlohu a 1. fázi výpočtu
- Příloha 7 – Výpisy výsledků experimentů pro 4. dílčí úlohu a 1. fázi výpočtu

Příloha 8 obsahuje pracovní verzi spojených oběhů z jednotlivých dílčích úloh neboli jeden oběh pro každé vozidlo na celý pracovní den. Aby nedošlo k navýšení stanoveného minimálního počtu potřebných vozidel, bylo nutné během procesu tvorby oběhů z jednotlivých experimentů provést několik dílčích změn. Většinou se jednalo o výměnu 2 spojů ve 2 kolizních obězích navzájem, či přesun spojů na začátku, nebo konci jednoho oběhu na začátek, nebo konec jiného oběhu. Přiřazení pak proběhlo v několika krocích podle následujících zásad:

- 1) Oběhy vozidel z experimentů č. 1 a 2 byly seřazeny sestupně podle času příjezdu na poslední zastávku posledního spoje dílčí úlohy. V případě stejných časů příjezdů na poslední zastávky dílčí úlohy byl na vyšší pozici v seznamu zařazen ten spoj, jehož poslední zastávka byla dle Přílohy dále od zastávky Autobusové nádraží.
- 2) Oběhy vozidel z experimentů č. 3 a 4 byly seřazeny vzestupně podle času odjezdu z první zastávky prvního spoje dílčí úlohy. V případě shody byl přednostně zařazen výše ten spoj, jehož první zastávka byla dle Přílohy 3 dále od zastávky Autobusové nádraží.
- 3) Byl zvolen první oběh z experimentu č. 1 a podle typu vozidla k němu vybrán takový oběh z experimentu č. 3, na který mohlo být vozidlo nasazeno s přihlédnutím k času příjezdu na poslední zastávku spoje zařazeného do končícího oběhu, času odjezdu z první zastávky spoje zařazeného do návazného oběhu a době potřebné na přejezd vozidla mezi těmito dvěma zastávkami. Totéž bylo provedeno s prvním oběhem z experimentu č. 2, ke kterému byl vybírán vhodný oběh z experimentu č. 4.
- 4) Vozidlům, pro která nebylo možné vybrat navazující oběh, byl nařízen přejezd zpět do depa, kde budou odstavena do doby jejich dalšího případného využití k obsluze spojů v období řešení v experimentech č. 5 a 6.

- 5) Následně bylo postupováno analogicky i při propojení oběhů z experimentů č. 5 a 6 a oběhů z experimentů č. 3 a 4 (příp. experimentů č. 1 a 2) a při přiřazování oběhů z experimentů č. 7 a 8 k oběhům z experimentů č. 5 a 6.

## 5.2 Výpočetní experimenty – 1. fáze – vyhodnocení

Po získání výsledků z provedených výpočtů bylo bez bližšího zkoumání patrné, že výsledky jsou sice přípustné, avšak oběhy obsahují velký počet přejezdů. To dokazuje i následující Tabulka 4.

**Tabulka 4:** Přehled hodnot celkových neproduktivních přejezdů (v min) pro 1. fázi řešení

Počet disponibilních vozidel typu 1	1. dílčí úloha Spoje 1-134	2. dílčí úloha Spoje 135-204	3. dílčí úloha Spoje 205-365	4. dílčí úloha Spoje 366-433
4	589	256	624	375
5	513	256	673	375

Každý přejezd vozidla je nejen neekonomický z důvodu spotřebovaných pohonných hmot a zbytných kilometrů navíc, které vozidlo najede, ale i rizikový z hlediska vyšší šance vzniku zpoždění návazného spoje už z počáteční zastávky vlivem výskytu kongescí na trase přejezdu apod. V prvních 8 experimentech bylo zjištěno, že na obsluhu celé sítě MHD, tedy všech řešených spojů, je nutné denně vypravit 4 vozidla typu 1 a 21 vozidel typu 2 za předpokladu 4 disponibilních vozidel typu 1. Pokud by bylo k dispozici 5 vozidel typu 1, poté by to bylo optimálně 5 vypravených vozidel typu 1 a 20 vypravených vozidel typu 2 denně. Nalezené minimální počty vozidel byly zároveň jedním ze vstupů do 2. fáze výpočetních experimentů.

## 5.3 Výpočetní experimenty – 2. fáze

Matematický model pro 2. fázi řešení se bude lišit v účelové funkci. Cílem je totiž minimalizovat celkovou přejezdovou dobu místo celkového počtu vozidel. Tedy, účelová funkce (12) přejde do tvaru (23):

$$\min f(x, y, z) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in I} \sum_{k \in K} \tau_{ij} x_{ijk} \quad (23)$$

Při optimalizaci funkce (23) je však nutno dodržet počty vozidel vypočítané v 1. fázi řešení. To lze zajistit prostřednictvím omezujících podmínek, je tedy třeba doplnit omezující podmínky, které to zajistí. Minimalizace hodnoty účelové funkce (23) bude probíhat za podmínek (13) – (15) a (17) – (22) doplněných o podmínky (24) a (25).

$$\sum_{j \in I} z_{0j1} = N_1 \quad (24)$$

$$\sum_{j \in I} z_{0j2} = N_2 \quad (25)$$

kde  $N_1$  a  $N_2$  jsou počty vozidel typu 1 a 2 vypočítané v 1. fázi příslušné dílčí úlohy.

Ve druhé fázi výpočetních experimentů bylo přistoupeno ke stejné dekompozici úlohy, jako v první fázi, a to na:

- ① spoje s odjezdy do 8:29 včetně,
- ② spoje s odjezdy od 8:30 do 12:59 včetně,
- ③ spoje s odjezdy od 13:00 do 17:59 včetně,
- ④ spoje s odjezdy od 18:00.

Rozdělení spojů na dílčí úlohy reprezentuje rozdělení spojů na období ranní špičky, dopoledního sedla, odpolední špičky a večerního sedla.

S navrženým modelem bylo opět realizováno celkem 8 výpočetních experimentů. Jejich přehled a charakteristika jsou vyvedeny v Tabulce 5. Jednotlivé výpočetní experimenty se od sebe lišily množinami spojů a disponibilními počty vozidel typu 1.

**Tabulka 5:** Přehled a charakteristika realizovaných experimentů ve 2. fázi

Experiment č.	Množina spojů	Disponibilní počet vozidel typu 1
9	1-134	4
10		5
11	135-204	4
12		5
13	205-365	4
14		5
15	366-433	4
16		5

*Zdroj: [autor]*

Na ukázkou je na Obrázku 7 přiložen text programu pro výpočet oběhů ze spojů 1-134 ve druhé fázi pro 5 vozidel typu 1:

```

model obehy_nehom_1_134
uses "mxxprs";

declarations
n=134
spoj=1..n
voz=1..2
t:array(spoj)of real
T:array(spoj)of real
tau:array(spoj,spoj)of real
a:array(spoj,spoj)of real
u:array(spoj,voz)of real
x:dynamic array(range,range,voz)of mpvar
y:array(1..n,0..0,voz)of mpvar
z:array(0..0,1..n,voz)of mpvar
end-declarations

M:=1000
u::[]
t::[]
T::[]
tau::[]

forall(i in 1..n,j in 1..n)
if(t(j)<t(i)+T(i)+tau(i,j))
then a(i,j):=0
else a(i,j):=1
end-if
forall(i in 1..n,j in 1..n,k in voz|a(i,j)=1)create(x(i,j,k))

forall(i in spoj,j in spoj,k in voz)x(i,j,k)is_binary
forall(i in 0..0,j in spoj,k in voz)z(i,j,k)is_binary
forall(i in spoj,j in 0..0,k in voz)y(i,j,k)is_binary

forall(j in 1..n)sum(k in voz)u(j,k)*(z(0,j,k)+sum(i in 1..n)x(i,j,k))=1
forall(i in 1..n)sum(k in voz)u(i,k)*(y(i,0,k)+sum(j in 1..n)x(i,j,k))=1
forall(i in spoj,k in voz)z(0,i,k)+sum(j in 1..n)x(j,i,k)=y(i,0,k)+sum(j in 1..n)x(i,j,k)
forall(k in voz)sum(j in 1..n)z(0,j,k)=sum(i in spoj)y(i,0,k)
forall(j in spoj,k in voz)z(0,j,k)<=u(j,k)
forall(i in spoj,j in spoj,k in voz)x(i,j,k)<=u(j,k)

sum(j in 1..n)z(0,j,1)=5
sum(j in 1..n)z(0,j,2)=20

uf:=sum(i in 1..n,j in 1..n,k in 1..2)(tau(i,j)*x(i,j,k))
minimize(uf)

writeln("Uf je: ",getobjval)
forall(j in 1..n,k in voz|getsol(z(0,j,k))=1)writeln("z(0,"",j,"",k,"")=",getsol(z(0,j,k)))
forall(i in 1..n,j in 1..n,k in voz|getsol(x(i,j,k))=1)writeln("x("",i,"",j,"",k,"")=",getsol(x(i,j,k)))
forall(i in 1..n,k in voz|getsol(y(i,0,k))=1)writeln("y("",i,"",0,"",k,"")=",getsol(y(i,0,k)))
writeln
forall(j in 1..n,k in 1..1|getsol(z(0,j,k))=1)writeln("z(0,"",j,"",k,"")=",getsol(z(0,j,k)))
forall(i in 1..n,j in 1..n,k in 1..1|getsol(x(i,j,k))=1)writeln("x("",i,"",j,"",k,"")=",getsol(x(i,j,k)))
forall(i in 1..n,k in 1..1|getsol(y(i,0,k))=1)writeln("y("",i,"",0,"",k,"")=",getsol(y(i,0,k)))
writeln
forall(i in 1..n,j in 1..n,k in 1..2|getsol(tau(i,j)*x(i,j,k))>0)writeln("x("",i,"",j,"",k,"")=",getsol(tau(i,j)*x(i,j,k)))

end-model

```

**Obrázek 7:** Ukázkový text programu pro první fázi výpočetních experimentů, *Zdroj: [autor]*

Výsledky jednotlivých experimentů prováděných ve 2. fázi řešení pro 4 i 5 disponibilních vozidel typu 1 jsou shrnuty v Přílohách 9-12 následovně:

- Příloha 9 – Výpisy výsledků experimentů pro 1. dílčí úlohu a 2. fáze výpočtu
- Příloha 10 – Výpisy výsledků experimentů pro 2. dílčí úlohu a 2. fáze výpočtu
- Příloha 11 – Výpisy výsledků experimentů pro 3. dílčí úlohu a 2. fáze výpočtu
- Příloha 12 – Výpisy výsledků experimentů pro 4. dílčí úlohu a 2. fáze výpočtu

Příloha 13 obsahuje konečnou verzi spojených oběhů z jednotlivých dílčích úloh neboli jeden oběh pro každé vozidlo na celý pracovní den. Vzhledem k zásadně nižšímu počtu přejezdů mezi jednotlivými spoji nenastala situace, že by bylo během kompletace oběhů potřeba oběhy vzniklé v rámci daných 8 dílčích úloh jakkoliv upravovat. Přiřazení proběhlo v souladu s účelovou funkcí využitou ve 2. fázi výpočtu, a tedy primárně byly spojovány ty oběhy, jejichž spojením nevznikl žádný neproduktivní přejezd mezi oběhy dílčích úloh.

#### **5.4 Výpočetní experimenty – 2. fáze – vyhodnocení**

Po získání výsledků z provedených výpočtů bylo možné konstatovat, že vzniklé oběhy odpovídají běžným zvyklostem mnohem lépe než oběhy vzniklé v první fázi výpočtu. Variantně by bylo zajímavé využít tyto oběhy jako vstup dalších výpočetních experimentů, například minimalizujících například denní dobu provozu jednotlivých vozidel a tím zároveň i délku směn jejich řidičů.

#### **5.5 Ověření dodržení nařízení vlády č. 589/2006 Sb.**

Aby bylo možno akceptovat výsledné oběhy vozidel vzniklé na základě výpočetních experimentů s matematickým modelem, bylo nutné prověřit, zda všechny oběhy splňují náležitosti související s Nařízením vlády č. 589/2006 Sb, Nařízením vlády, kterým se stanoví odchylná úprava pracovní doby a doby odpočinku zaměstnanců v dopravě. Pro toto ověření byly vybrány oběhy z 2. fáze výpočetních experimentů, a to pro variantu odpovídající složení vozidlového parku současného dopravce, tedy se 4 disponibilními vozidly typu 1. U žádného z řešených oběhů nenastal problém s nedodržením povinnosti čerpání bezpečnostní přestávky, a to zejména díky faktu, že v provozu MHD je možné tuto přestávku čerpat po 10 minutách.

## 6 Závěr

Na základě zjištěných skutečností lze vyhodnotit, že současný stav oběhů vozidel v rámci provozu MHD Jablonec nad Nisou můžeme považovat za velice efektivní, a to zejména z důvodu, že se výsledky využitého optimalizačního přístupu se zásadním způsobem neodlišovaly od současného stavu, což se hodnot optimalizačních kritérií týče.

Diskuse by se ale mohla vést o možnostech posílení flotily nízkokapacitních autobusů. Z výsledků diplomové práce totiž plyne, že by mohlo být denně v provozu na přidělených obězích až 5 vozidel typu 1, avšak nyní to jsou pouze 4. Pokud by flotila tohoto typu vozidla čítala o 1 ks více, v běžný pracovní den by nebylo nutné vypravovat 1 větší vozidlo s mnohem vyššími pořizovacími i provozními náklady.

Dle autorovy znalosti místních podmínek provozu by také připadalo v úvahu na základě přepravních průzkumů vytipovat další linky nebo přímo konkrétní spoje, na které by nasazení vozidel typu 1 s kapacitou 34+1 osob bylo vhodnější a možná finanční úspora plynoucí ze změny typu vozidla by poté mohla být ještě významnější.



## Použité zdroje

- [1] Hrubá, K. *Režim práce a odpočinku u řidičů v silniční dopravě* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/rezim-prace-odpocinku-u-ridicu-v-silnicni-doprave>
- [2] Dandová, E. *Přestávky u řidičů linkové autobusové dopravy do 50 km* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/prestavky-u-ridicu-linkove-autobusove-dopravy-do-50-km>
- [3] Vysokajová, M. *Pracovní doba a doba odpočinku zaměstnanců v dopravě* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.pamprofi.cz/33/pracovni-doba-a-doba-odpocinku-zamestnancu-v-doprave-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EjIouMSrGu6hGtAs4UC1fR4/>
- [4] Jouza, L. *Kolektivní smlouvy – významný zdroj benefitů a práv zaměstnanců* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: [https://advokatnidenik.cz/2022/04/10/kolektivni-smlouvy-vyznamny-zdroj-benefitu-a-prav-zamestnancu/?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR0Os8tNzltRFEFexh4li9ekGFLb btHsL29rf13I16M18ixAewCu\\_eHE7PU\\_aem\\_Aa1T0FWr81NZo3QScd3VV0chosl0 3d0RF4SfWly6WARPumDdZYra0liqwOtpAXiMZOoIlvGmhdsinioTJRf-HPdY](https://advokatnidenik.cz/2022/04/10/kolektivni-smlouvy-vyznamny-zdroj-benefitu-a-prav-zamestnancu/?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR0Os8tNzltRFEFexh4li9ekGFLb btHsL29rf13I16M18ixAewCu_eHE7PU_aem_Aa1T0FWr81NZo3QScd3VV0chosl0 3d0RF4SfWly6WARPumDdZYra0liqwOtpAXiMZOoIlvGmhdsinioTJRf-HPdY)
- [5] Wikipedia.org. *Městská hromadná doprava v Jablonci nad Nisou* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9Bstsk%C3%A1\\_autobusov%C3%A1\\_doprava\\_v\\_Jablonci\\_nad\\_Nisou](https://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9Bstsk%C3%A1_autobusov%C3%A1_doprava_v_Jablonci_nad_Nisou)
- [6] Wikipedia.org. *Tramvajová doprava v Jablonci nad Nisou* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Tramvajov%C3%A1\\_doprava\\_v\\_Jablonci\\_nad\\_Nisou](https://cs.wikipedia.org/wiki/Tramvajov%C3%A1_doprava_v_Jablonci_nad_Nisou)
- [7] Tým Umbrella Coach & Buses. *Napsali o nás: Umbrella je novým provozovatelem MHD v Jablonci* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://umbrellabuses.com/blog/napsali-o-nas-umbrella-je-novym-provozovatelem-mhd-v-jablonci>

- [8] Jablonecká dopravní [online]. [cit. 2024-05-14].  
Dostupné z: <https://www.jabloneckadopravni.cz/>
- [9] Drdla, P. *Technologie, řízení a linkotvorba v MHD* [online]. [cit. 2024-05-14].  
Dostupné z: <http://www.drdla.wz.cz/skripta/2.pdf>
- [10] Mazánek, Z. *Jablonec nad Nisou má opět nového dopravce MHD* [online].  
[cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.cs-dopravak.cz/jablonec-nad-nisou-ma-opet-noveho-dopravce-mhd/>
- [11] Hřebíček, J., Škrdla, M. *Úvod do matematického modelování* [online].  
[cit. 2024-05-14]. Dostupné z:  
[https://is.muni.cz/el/1431/podzim2007/Bi3101/um/skripta.pdf?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR3UtBQv4e3UAv3Nuby5r7\\_gS6z2i0gjXizVCfEf1XcahaIgU-oIclODvIM\\_aem\\_Aa3lmgS-CO787RTFgmSUSHO0ykqZlrRuinvltaSckb2cqCx1a3tWlJzgcUf9bboc11Kn6RdDNeufhWnfhfYRDdG](https://is.muni.cz/el/1431/podzim2007/Bi3101/um/skripta.pdf?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR3UtBQv4e3UAv3Nuby5r7_gS6z2i0gjXizVCfEf1XcahaIgU-oIclODvIM_aem_Aa3lmgS-CO787RTFgmSUSHO0ykqZlrRuinvltaSckb2cqCx1a3tWlJzgcUf9bboc11Kn6RdDNeufhWnfhfYRDdG)
- [12] Seznam.cz. *Mapy.cz* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [13] Tran, H. seznam-autobusu.cz [online]. Dostupné z: <https://seznam-autobusu.cz/dokumentacka/317483?searchParameters%5Bcity%5D=Bed%C5%99ichov&searchPresenter=Busy%3APhotoList&listUrl=https%3A%2F%2Fseznam-autobusu.cz%2Ffotky%3Fmesto%3DBed%25C5%2599ichov%26strana%3D3#photo>

## Seznam zkratk

DSOJ	Dopravní sdružení obcí Jablonecka
ZP	Zákoník práce
NOZ	Nový občanský zákoník
DPML	Dopravní podnik města Liberce a.s.
DPMLJ	Dopravní podnik měst Liberce a Jablonce nad Nisou a.s.
MHD	Městská hromadná doprava
IZS	Integrovaný záchranný systém
IDOL	Integrovaný dopravní systém Libereckého kraje
KORID LK	Koordinátor veřejné dopravy Libereckého kraje
ICT	Informační a komunikační technologie

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma sítě linek MHD Jablonec nad Nisou .....	17
Obrázek 2: Setkání vozidel jablonecké a liberecké MHD na Bedřichově .....	19
Obrázek 3: Minibus Mercedes-Benz Sprinter obsluhující zastávku Nemocnice, hl. vchod .....	20
Obrázek 4: Vedení trasy linek 106, 107 a 116 .....	22
Obrázek 5: Vozidla Mercedes-Benz Conecto LFII hybrid dopravce ČSAD Slaný s.r.o. ....	36
Obrázek 6: Ukázkový text programu pro první fázi výpočetních experimentů .....	41
Obrázek 7: Ukázkový text programu pro první fázi výpočetních experimentů .....	46

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Počty vozidel jednotlivých typů, které má dopravce k dispozici.....	36
Tabulka 2: Ukázka podoby vstupních dat do matematického modelu.....	37
Tabulka 3: Přehled a charakteristika realizovaných experimentů v 1. fázi.....	40
Tabulka 4: Přehled hodnot celkových neproduktivních přejezdů (v min) pro 1. fázi řešení .....	43
Tabulka 5: Přehled a charakteristika realizovaných experimentů ve 2. fázi .....	45

## Přílohy na CD

Příloha 1 – Spoje

Příloha 2 – Matice přejezdů

Příloha 3 – Tabulka přejezdů mezi konečnými zastávkami sítě MHD

Příloha 4 – Experiment 1 a 2 – výsledky

Příloha 5 – Experiment 3 a 4 – výsledky

Příloha 6 – Experiment 5 a 6 – výsledky

Příloha 7 – Experiment 7 a 8 – výsledky

Příloha 8 – Výpočetní experimenty – 1. fáze – přiřazení

Příloha 9 – Experiment 9 a 10 – výsledky

Příloha 10 – Experiment 11 a 12 – výsledky

Příloha 11 – Experiment 13 a 14 – výsledky

Příloha 12 – Experiment 15 a 16 – výsledky

Příloha 13 – Výpočetní experimenty – 2. fáze – přiřazení

Příloha 14 – Oběhy vozidel