

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Diplomová práce

**Optimalizace dopravních tras mezi firmou a jejími
zákazníky**

Bc. Matěj Černý

© 2023 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Matěj Černý

Kvantitativní metody v ekonomice
Systémové inženýrství

Název práce

Optimalizace dopravních tras mezi firmou a jejími zákazníky

Název anglicky

Optimization of transportation routes between a company and its clients

Cíle práce

Cílem diplomové práce je pomocí metod z oblasti distribučních úloh minimalizovat náklady při distribuci nealkoholických nápojů v nejmenované logistické firmě.

Metodika

Diplomová práce je rozdělena do dvou částí – teoretické a praktické.

V první části budou zpracovány teoretická východiska zaměřující se na oblasti logistiky a dopravy, operačního výzkumu a distribučních úloh. V jedné z kapitol bude popsáno softwarové řešení optimalizačního problému.

Praktická část bude obsahovat popis logistické firmy a řešeného problému. Následně bude definovaný problém řešen. Nejprve budou sestaveny jednotlivé okružní trasy pomocí zvolené metody pro řešení víceokružního okružního dopravního problému. Po sestavení jednotlivých okružních tras bude provedena jejich optimalizace pomocí metody obchodního cestujícího s časovými okny. K výpočtu bude využit software Open Solver. V závěru bude provedeno zhodnocení získaných výsledků.

Doporučený rozsah práce

70-80

Klíčová slova

logistika, optimalizace, distribuční úlohy, okružní dopravní problém, úloha obchodního cestujícího, časová okna

Doporučené zdroje informací

FÁBRY, J. *Matematické modelování*. Praha: Professional Publishing, 2011. ISBN 978-80-7431-066-9.

FIALA, P. *Operační výzkum : nové trendy*. Praha: Professional Publishing, 2010. ISBN 978-80-7431-036-2.

JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum : kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3.

SIXTA, J. – MAČÁT, V. *Logistika : teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3.

ŠUBRT, T. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7380-563-0.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Robert Hlavatý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Optimalizace dopravních tras mezi firmou a jejími zákazníky" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Kladně dne 31.3.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Robertovi Hlavatému, Ph.D. za jeho podnětné rady a připomínky, které mi poskytl při zpracování mé diplomové práce a také za čas, který mi věnoval.

Optimalizace dopravních tras mezi firmou a jejími zákazníky

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá optimalizací dopravních tras v logistické společnosti Cargo Care s.r.o. Hlavní činností společnosti je paletová a balíková distribuce v rámci České republiky. Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci dopravních tras při distribuci nealkoholických nápojů do restaurací, obchodů a dalších míst nacházejících se v Praze a Středočeském kraji. Teoretická část je zpracována na základě podrobné rešerše literatury týkající se témat této diplomové práce. V teoretické části jsou zpracována témata týkající se řešeného problému. Mezi tato témata patří logistika a doprava, operační výzkum a distribuční úlohy. V praktické části je nejdříve charakterizována společnost Cargo Care s.r.o. a popsán aktuálně používaný optimalizační systém. Dále je představeno současné řešení dopravních tras. Následně probíhá vytvoření okruhů pomocí Mayerovy metody a vlastní metody. Po vytvoření okruhů následuje optimalizace jednotlivých tras pomocí úlohy obchodního cestujícího s časovými okny. Řešení úlohy je realizováno pomocí řešitel OpneSolver v prostředí MS Excel. Na závěr praktické části je provedeno vyhodnocení nově navržených řešení a jsou porovnána se současným řešením společnosti Cargo Care s.r.o.

Klíčová slova: logistika, operační výzkum, optimalizace, distribuční úlohy, okružní dopravní problém, Mayerova metoda, úloha obchodního cestujícího, časová okna

Optimization of transportation routes between a company and its clients

Abstract

The diploma thesis deals with the optimization of transportation routes in the logistics company Cargo Care s.r.o. The main activity of the company is pallet and parcel distribution within the Czech Republic. The thesis focuses on the optimization of transportation routes in the distribution of soft drinks to restaurants, shops and other places located in Prague and Central Bohemia. The theoretical part is based on a detailed literature search related to the topics of this thesis. The theoretical part deals with the topics related to the problem. These topics include logistics and transport, operations research and distribution problems. In the practical part, the company Cargo Care s.r.o. is first characterized and the currently used optimization system is described. Next, the current transportation routes solution is presented. Subsequently, the creation of circuits using Mayer's method and the own method is discussed. The creation of the circuits is followed by the optimization of the individual routes using the travelling salesman problem with time windows. The solution of the problem is implemented using OpneSolver solver in MS Excel environment. At the end of the practical part, the newly proposed solutions are evaluated and compared with the current solution of Cargo Care s.r.o.

Keywords: logistics, operations research, optimization, distribution problems, vehicle routing problem, Mayer's method, travelling salesman problem, time windows

Obsah

1 Úvod.....	12
2 Cíl práce a metodika	13
2.1 Cíl práce	13
2.2 Metodika.....	13
3 Teoretická východiska	15
3.1 Logistika.....	15
3.1.1 Vývoj logistiky.....	15
3.1.2 Definice logistiky.....	16
3.1.3 Cíle logistiky	17
3.1.4 Logistické náklady	17
3.1.5 Doprava.....	18
3.1.6 Distribuce.....	20
3.1.7 Outsourcing logistiky.....	20
3.2 Operační výzkum	22
3.2.1 Historie operačního výzkumu	22
3.2.2 Definice a klasifikace operačního výzkumu	23
3.2.3 Matematické modelování	24
3.2.4 Klasifikace modelů	25
3.2.5 Celočíselné programování.....	26
3.3 Distribuční úlohy.....	27
3.3.1 Okružní dopravní problém.....	28
3.3.2 Víceokruhový okružní dopravní problém.....	29
3.3.3 Jednookruhový okružní dopravní problém	30
3.4 Řešení optimalizačních úloh pomocí softwaru	33
3.4.1 OpenSolver.....	33
3.4.2 Řešení úloh v OpenSolveru.....	34
4 Vlastní práce.....	39
4.1 Charakteristika společnosti.....	39
4.2 Optimalizační systém společnosti	39
4.3 Vstupní data.....	40
4.4 Současné rozvozné trasy	42
4.5 Optimalizace rozvozných tras	49
4.5.1 Tvorba matic	49
4.5.2 Sestavení okruhů.....	51

4.5.3	Výpočet okruhů.....	62
4.6	Vyhodnocení optimalizovaných okruhů	82
4.6.1	Výpočet finančních nákladů u jednotlivých okruhů	82
4.6.2	Porovnání ujetých kilometrů u jednotlivých řešení	85
4.6.3	Porovnání doby rozvozu u jednotlivých řešení.....	86
4.6.4	Finanční porovnání jednotlivých řešení.....	86
4.6.5	Celkové zhodnocení výsledků	87
5	Závěr.....	88
6	Seznam použitých zdrojů	90
7	Přílohy	92

Seznam obrázků

Obrázek 1:	Dělení a prioritizace cílů logistiky.....	17
Obrázek 2:	Model jako zjednodušení reality	25
Obrázek 3:	Okružní problém s úplnou a neúplnou sítí cest.....	28
Obrázek 4:	OpenSolver.....	34
Obrázek 5:	Vytvoření matematického modelu	35
Obrázek 6:	Zvýraznění matematického modelu	36
Obrázek 7:	Průběh řešení matematického modelu	37
Obrázek 8:	Řešení matematického modelu	38
Obrázek 9:	Vlastní metoda	58

Seznam tabulek

Tabulka 1:	Základní vlastnosti vybraných druhů dopravy	19
Tabulka 2:	Skladba logistických nákladů	19
Tabulka 3:	Seznam objednávek	41
Tabulka 4:	Seznam nákladních vozidel	41
Tabulka 5:	Cargo Care – 1. okružní trasa	42
Tabulka 6:	Cargo Care – 2. okružní trasa	43
Tabulka 7:	Cargo Care – 3. okružní trasa	44
Tabulka 8:	Cargo Care – 4. okružní trasa	45
Tabulka 9:	Cargo Care – 5. okružní trasa	46

Tabulka 10: Cargo Care – 6. okružní trasa	47
Tabulka 11: Cargo Care – 7. okružní trasa	48
Tabulka 12: Cargo Care – 8. okružní trasa	49
Tabulka 13: Matice vzdáleností	50
Tabulka 14: Časová matice	51
Tabulka 15: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – okruh 1	53
Tabulka 16: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – okruh 2	54
Tabulka 17: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – okruh 3	54
Tabulka 18: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – okruh 4	54
Tabulka 19: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – okruh 5	54
Tabulka 20: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 1	55
Tabulka 21: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 2	55
Tabulka 22: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 3	56
Tabulka 23: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 4	56
Tabulka 24: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 5	56
Tabulka 25: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 6	57
Tabulka 26: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 7	57
Tabulka 27: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 7	57
Tabulka 28: Vlastní metoda – okruh 1	60
Tabulka 29: Vlastní metoda – okruh 2	60
Tabulka 30: Vlastní metoda – okruh 3	60
Tabulka 31: Vlastní metoda – okruh 4	61
Tabulka 32: Vlastní metoda – okruh 5	61
Tabulka 33: Vlastní metoda – okruh 6	62
Tabulka 34: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – 1. okružní trasa	63
Tabulka 35: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – 2. okružní trasa	64
Tabulka 36: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – 3. okružní trasa	66
Tabulka 37: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – 4. okružní trasa	67
Tabulka 38: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – 5. okružní trasa	68
Tabulka 39: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 1. okružní trasa	68
Tabulka 40: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 2. okružní trasa	69

Tabulka 41: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 3. okružní trasa	70
Tabulka 42: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 4. okružní trasa	71
Tabulka 43: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 5. okružní trasa	72
Tabulka 44: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 6. okružní trasa	72
Tabulka 45: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 7. okružní trasa	74
Tabulka 46: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 8. okružní trasa	75
Tabulka 47: Vlastní metoda– 1. okružní trasa	76
Tabulka 48: Vlastní metoda– 2. okružní trasa	77
Tabulka 49: Vlastní metoda– 3. okružní trasa	78
Tabulka 50: Vlastní metoda– 4. okružní trasa	79
Tabulka 51: Vlastní metoda– 5. okružní trasa	80
Tabulka 52: Vlastní metoda– 6. okružní trasa	81
Tabulka 53: Náklady na km u jednotlivých typů nákladních vozidel	82
Tabulka 54: Finanční náklady – Cargo Care	83
Tabulka 55: Finanční náklady – Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou	83
Tabulka 56: Finanční náklady – Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou	84
Tabulka 57: Finanční náklady – Vlastní metoda	85
Tabulka 58: Porovnání ujetých kilometrů	85
Tabulka 59: Porovnání doby rozvozu	86
Tabulka 60: Finanční porovnání	87

1 Úvod

Distribuce zboží byla vždy důležitou součástí obchodu a služeb a její význam v poslední době významně vzrostl. Měním se chováním zákazníků a narušením dodavatelského řetězce v důsledku pandemie se efektivní distribuce stala důležitější než kdykoli předtím.

Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci dopravních tras při distribuci nealkoholických nápojů společností Cargo Care s.r.o. do restaurací, obchodů a dalších míst nacházejících se v Praze a Středočeském kraji. Dodávky zboží přímo do restaurací a obchodů umožňují efektivnější a spolehlivější řízení dodavatelského řetězce, což napomáhá zmírnit jeho narušení a zajistit, aby bylo potřebné zboží k dispozici ve vhodný okamžik.

Optimalizace dopravních tras je důležitým faktorem řízení logistiky a zahrnuje určení nejefektivnější trasy pro přepravu zboží ke koncovým zákazníkům. Určení optimálních tras může pomoci ke snížení nákladů na přepravu, což v tomto konkurenčním prostředí může vést k udržení konkurenceschopnosti a ke zlepšení ziskovosti společnosti. Efektivní přeprava zboží zajišťuje, aby byly distribuované produkty zákazníkům k dispozici tam, kde je potřebují, a také v okamžik kdy je nejvíce potřebují. Celkově je optimalizace dopravních tras zásadní pro zlepšení účinnosti a efektivity logistických operací. Kromě snížení nákladů může optimalizace společnosti pomoci ušetřit čas, zvýšit spolehlivost, upevnit pozici na trhu, ale také přinést konkurenční výhodu.

K dosažení optimalizace dopravních tras lze využít různé metody a technologie. Mezi známé optimalizační metody patří úloha obchodního cestujícího, kterou je možné aplikovat v různých oblastech, včetně logistiky a dopravy. Metoda spočívá v nalezení nejkratší možné trasy mezi zadanou množinou míst a návratem do výchozího místa, přičemž každé místo je navštíveno právě jednou. V této diplomové práci bude použita rozšířená úloha obchodního cestujícího o časová okna, která udávají časový interval, ve kterém jsou zákazníci připraveni na převzetí objednávky.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem této diplomové práce je optimalizace dopravních tras v logistické společnosti Cargo Care s.r.o. Optimalizace má za cíl nalézt nejvhodnější trasy v rámci distribuce nealkoholických nápojů do restaurací a obchodů, a to v předem stanovených časových intervalech jednotlivých zákazníků během kterých jsou připraveni na převzetí zboží. Při optimalizaci dopravních tras jsou zohledněny kapacitní omezení nákladních vozidel a velikosti objednávek zákazníků.

2.2 Metodika

Diplomová práce je členěna na dvě části, a to na část teoretickou a praktickou. Teoretická část bude zpracována na základě podrobné rešerše literatury týkající se témat této diplomové práce. V první části bude popsáno téma logistika a její definice, vývoj a cíle. Dále bude proveden popis dopravy a distribuce v rámci logistiky. Další část bude obsahovat popis vzniku operačního výzkumu, jeho definici a klasifikaci. Dále bude představen základní nástroj operačního výzkumu, čímž je matematické modelování, klasifikace matematických modelů a popis modelu celočíselného programování. Následně budou popsány distribuční úlohy, především okružní dopravní problém a jeho dvě modifikace, které budou použity k řešení problému v praktické části. Závěrečná kapitola teoretické části se bude zabývat řešením optimalizačních úloh pomocí softwaru, a především popisem řešitele OpenSolver, který bude v praktické části použit k optimalizaci nově navržených dopravních tras. Teoretická část se stává východiskem praktické části.

V praktické části bude nejprve představena společnost Cargo Care s.r.o. a optimalizační systém, který společnost využívá. Následně budou popsána vstupní data potřebná k řešení problému. Dále budou představeny rozvozové trasy, které v současnosti využívá společnost Cargo Care s.r.o. Po představení současného řešení bude již následovat optimalizace rozvozových tras. Nejprve budou vytvořeny matice, a to matice vzdáleností a časová matice, které budou použity při řešení. Poté budou sestaveny okružní trasy pomocí Mayerovy metody a vlastní metody. Po sestavení okružních tras bude provedena

optimalizace jednotlivých tras úlohou obchodního cestujícího s časovými okny. K řešení bude využit řešitel OpenSolver v prostředí MS Excel. Výsledná řešení budou v práci porovnána z hlediska ujeté vzdálenosti, doby rozvozu a vynaložených finančních nákladů.

3 Teoretická východiska

3.1 Logistika

3.1.1 Vývoj logistiky

Pernica (2004) uvádí, že výraz logistika je nejspíše odvozen od řeckých slov logistikon (důmysl, rozum) nebo logos (slovo, myšlenka, pojem). Řeční filozofové nazývali slovem logos tvořivou božskou sílu. Počátek významu pojmu logistika je přiřazován byzantskému císaři Leontosovi VI., který na konci 9. století n. l. vyhlásil, že je potřeba „*mužstvo zaplatit, příslušně vyzbrojit a vybavit ochrannou i municí, včas a důsledně se postarat o jeho potřeby a každou akci v polním tažení příslušně připravit*“, a tím definoval zásady vojenské logistiky.

Dle Pernici (2004) dokazatelné uplatnění logistiky zaznamenal francouzský generál Antoine-Henri Jomini v knize Náčrt vojenského umění, ve které je popsána funkce „major général de logis“, což byl důstojník, který zajišťoval ubytování (logis) pro vojsko, určoval pochodové směry při přesunech vojsk a upřesňoval je podle místních podmínek. Jominiho kniha byla později využívána americkým námořnictvem. Od této doby byla logistika chápána jako nauka o pohybu, ubytování a zásobování vojsk. Na základě úspěšného uplatnění logistiky při provádění operací spojeneckých vojsk během druhé světové války, došlo k rozšíření logistiky po válce a využití k řešení problému v hospodářské sféře. Tím došlo k vzniku hospodářské logistiky nejčastěji využívané v podnikové oblasti.

Dle Sixty a Mačáta (2005) je podstatné se z pohledu dnešní logistiky zabývat pouze vývojem logistiky v hospodářské praxi od 60. let 20. století. Od počátku tohoto období prošla logistika čtyřmi fázemi:

1. Logistika omezená na distribuci
2. Logistika zaměřená na jednotlivé funkce v podniku
3. Integrace funkcí do logistického systému
4. Optimalizace integrovaného logistického systému

Jak uvádějí Sixta a Mačát (2005) logistika byla v první fázi omezena jen na distribuci. Tato fáze se vyznačovala nedostatečnou výší zásoby a její nevyhovující strukturou a rozmístěním. Upřednostňován byl obchodní a marketingový přístup. V další fázi probíhalo větší zaměření

na minimalizaci nákladů spojených se zásobami. Začali se používat matematické optimalizační metody, matematicko-statistické metoda a metody predikce k řešení velikosti zásob. Logistika se stala součástí řízení výroby a zásobování, ale její aplikace byla prováděna u jednotlivých funkcí samostatně. Ve třetí fázi probíhá integrace logistiky, kdy jednotlivé logistické řetězce a systémy jsou propojovány do samotných dodavatelů až po koncové zákazníky. V poslední fázi probíhá optimalizace integrovaného logistického systému jako celku. Tato fáze je zatím neukončená, a to z důvodu, že se jedná o velmi složitý problém, u kterého je zapotřebí vytvořit velké množství předpokladů, především v oblasti počítačové integrace, k jeho uskutečnění.

3.1.2 Definice logistiky

Dle Pernici (2004) existuje velké množství definic, které se vztahují k pojmu logistika. Z důvodu prvního praktického uplatnění logistiky v hospodářské praxi v 60. letech 20. století na území USA, vznikla první definice logistiky v roce 1964 na půdě National Council of Physical Distribution Management, který ji definoval jako *„proces plánování, realizace a řízení účinného nákladově efektivního toku a skladování surovin, zásob ve výrobě, hotových výrobků a souvisejících informací z místa vzniku do místa spotřeby.“*

Svoboda (2006) uvádí definici logistiky dle Evropské logistická asociace, která sdružuje specialisty z oblasti logistiky, mezi jejíž členy patří i Česká logistická asociace takto:

„Logistika je organizace, plánování, řízení a uskutečňování toků zboží, počínaje vývojem a nákupem a konče výrobou a distribucí podle objednávky finálního zákazníka tak, aby byly splněny všechny požadavky trhu při minimálních nákladech a minimálních kapitálových výdajích.“

Gros (1996) definuje logistiku *„jako posloupnost činností zahrnujících řízení a vlastní realizaci pohybu a skladování materiálů, polotovarů a finálních výrobků. Jde v podstatě o sled obchodních a fyzických operací končících dopravou výrobku k odběrateli.“*

Sixta a Žižka (2009) uvádí, že je logistika řízení materiálového, informačního a finančního toku s důrazem na plnění požadavků zákazníka a současně tvorby zisku, kdy je nutné už při vývoji výrobku a jeho výrobě, výběru dodavatele, vhodné distribuci, a i při likvidaci myslet na potřeby zákazníka.

Jak uvádí zjednodušeně Drahotský a Řezníček (2003), logistika se zabývá přesunem materiálu a zboží z místa vzniku do místa spotřeby.

3.1.3 Cíle logistiky

Základním cílem logistiky dle Sixty a Žižky (2009) je optimální uspokojování potřeb zákazníků. Cíle logistiky můžeme dělit dle oblasti jejich působení a podle způsobu měření jejich výsledků. Dále je možné kategorizovat cíle logistiky dle priority cílů na prioritní a sekundární. Dělení a prioritita cílů podnikové logistiky je znázorněna v následujícím obrázku č. 1.

Obrázek 1: Dělení a prioritita cílů logistiky



Zdroj: vlastní zpracování dle Sixty a Mačáta (2005)

Prioritní cíle obsahují cíle vnější a výkonové. Vnitřní a ekonomické cíle jsou součástí sekundárních cílů logistiky. Vnější logistické cíle se zaměřují na uspokojování přání zákazníků. K minimalizaci nákladů slouží logistické cíle vnitřní. Zabezpečení požadované úrovně služeb poskytují cíle výkonové. Ekonomickým cílem logistiky je poskytnutí služeb s přiměřenými náklady.

3.1.4 Logistické náklady

Dle Sixty a Mačáta (2005) je klíčem k efektivnímu řízení podniku koncepce celkových nákladů. Podnik dosáhne nejmenších celkových nákladů, jestliže minimalizuje součet všech

logistických nákladů, při zachování stanovené úrovně zákaznického servisu. Základními nákladovými oblastmi logistiky podle Sixty a Mačáta (2005) jsou:

- Úroveň zákaznického servisu
- Převážné náklady
- Náklady na udržování zásob
- Skladovací náklady
- Množstevní náklady
- Náklady na informační systém

Tyto nákladové oblasti jsou vzájemně propojeny a pokrývají 14 hlavních logistických činností jimiž jsou zákaznický servis, podpora servisu a náhradní díly, manipulace s vráceným zbožím, doprava a přeprava, skladování, výběr místa výroby a skladů, vyřizování objednávek, logistická komunikace, prognózování poptávky, manipulace s materiálem, pořizování – nákup, řízení stavu zásob, balení a zpětná logistika.

3.1.5 Doprava

Svoboda (2006) definuje dopravu jako „*specifickou lidskou činnost, jíž se provádí cílevědomé přemístění osob a hmotných statků, které se svými (nehmotnými) efekty projevuje ve sledovaném systému.*“

Dopravu lze dělit dle několika různých hledisek. Sixta a Mačát (2005) dělí dopravu například dle:

- druhu dopravní cesty a používaných dopravních prostředků – železniční, silniční, letecká, vodní, kombinovaná, nekonvenční,
- přemísťovaného objektu – osobní, nákladní,
- vztahu dopravce a přepravce – veřejná, neveřejná, individuální,
- místa jejich provozování – vnitropodniková, mimopodniková,
- obsluhovaného území – vnitrostátní, mezinárodní,
- hromadnosti – hromadná, nehromadná,
- velikosti zásilky – celovozová, kusová,
- pravidelnosti – pravidelná, nepravidelná,
- prostředí, ve kterém je realizována – pozemní, podzemní, vodní, vzdušná, kosmická.

Při výběru druhu dopravy je dle Sixty a Mačáta (2005) nutné zvolit takový druh dopravy, který nejlépe vyhovuje k optimálnímu zajištění požadavků logistických distribučních řetězců. V následující tabulce jsou zobrazeny základní vlastnosti vybraných druhů dopravy:

Tabulka 1: Základní vlastnosti vybraných druhů dopravy

Doprava	Nákladovost	Rychlost	Pružnost	Kvalita	Frekvence
Silniční	V	V	VV	S	VV
Železniční	N	S	N	VN	N
Vodní	VN	VN	N	S	N
Letecká	VV	VV	V	V	N
Potrubiční	N	N	VV	VV	P
Vysvětlivky	P...plynulá S...střední	VV...velmi vysoká N...nízká	V...vysoká VN...velmi nízká		

Zdroj: vlastní zpracování dle Sixty a Mačáta (2005)

Jak uvádí Drahotský a Řezníček (2003), doprava má v logistice důležitou roli, kdy kromě možnosti propojení částí logistických procesů, také může pomáhat při styku mezi jednotlivými subsystémy logistického procesu. Dle Sixty a Mačáta (2005) patří doprava mezi nejvýznamnější části logistického řetězce. V následující tabulce uvádí skladbu logistických nákladů v procentech:

Tabulka 2: Skladba logistických nákladů

Činnosti	Podíl nákladů (%)
doprava	29
balení	12
administrativa	11
převzetí a odeslání	8
zpracování objednávky	6
skladování, manipulace, správa, údržba	34

Zdroj: vlastní zpracování dle Sixty a Mačáta (2005)

Z tabulky je možné vyčíst, že doprava dle Sixty a Mačáta (2005) tvoří druhou největší část logistických nákladů po skladování.

3.1.6 Distribuce

Jak uvádí Gros (1996) distribuční řetězec značí část logistického řetězce, který začíná opuštěním výrobku z podniku a končí u konečného zákazníka. „*Je tvořen souborem organizačních jednotek podnikatele a externích zprostředkovatelů jejichž prostřednictvím jsou výrobky dodávány zákazníkům.*“ Všechny aktivity, které souvisejí s tokem zboží distribučním řetězcem se označují jako distribuce.

Dle Oudové (2013) se distribuce může dělit dle počtu distribučních stupňů na přímou a nepřímou. Při přímé distribuci je využita cesta k zákazníkovi bez distribučních mezičlánků. Výhodou této distribuce je kontakt se zákazníkem a možnost získání jeho zpětné vazby. Naopak nevýhodou je limitovaná možnost propagace výrobku a vyšší náklady při malém objemu objednávek. Využití této distribuce je vhodné při velkém objemu objednávek zákazníka nebo u zboží se zvláštními podmínkami přepravy. U nepřímé distribuce je při cestě výrobku k zákazníkovi využíváno distribučních mezičlánků v podobě maloobchodů a velkoobchodů. Velkoobchod je distribučním mezičlánkem, který není stanovený přímo pro koncového zákazníka. Pro koncového zákazníka je k nákupu zboží určen maloobchod.

Jak uvádí Oudová (2013) distribuce může být dále dělena dle její struktury na vertikální a horizontální. Vertikální struktura uvádí počet různých skladových stupňů v distribučním systému. Jak uvádí Schulte (1994), „*stanovení vertikální distribuční struktury znamená rozhodování dlouhodobé povahy, přičemž určující vliv zde vykonávají navazující taktické a operativní úvahy, jakož i dělba úkolů mezi jednotlivými skladovými stupni a jejich vzájemné vztahy.*“ Dle Oudové (2013) jsou čtyři stupně skladů, a to provozní sklady, centrální sklady, regionální sklady a expediční sklady. Horizontální struktura distribuce představuje, kolik skladů náleží na jeden stupeň v distribučním systému.

3.1.7 Outsourcing logistiky

Jak uvádí Pernica (2004) outsourcing je smluvní vztah mezi externím podnikem a výrobní firmou, při kterém je na externí podnik přesunuta interní činnost a odpovědnost za interní procesy firmy. Externí podnik je v české terminologii nazýván jako poskytovatel a firma přesouvající svou činnost na poskytovatele jako zadavatel. Jirsák (2012) uvádí, že logistika patří mezi nejvíce outsourcované procesy podniku.

Dle Pernici (2004) je nutnost, co nejrychleji a nejpružněji reagovat na žádosti zákazníků hlavním strategickým důvodem pro uplatnění outsourcingu. Druhým strategickým důvodem je přístup ke službám na světové úrovni bez nutného know-how. Předpokladem pro úspěšným outsourcing je, aby měl zadavatel jednoznačné cíle a vztah s poskytovatelem.

Jak uvádí Jirsák (2012) mezi nejvýznamnější výhody outsourcingu v logistice patří:

- Soustředění se na hlavní činnost podniku
- Přístup k know-how na světové úrovni
- Sdílení rizik
- Snížení operativních nákladů
- Uvolnění kapitálových prostředků

Dle Jirsáka (2012) by měl být outsourcing řešen u větších projektů s dlouhodobou působností. Pokud tomu tak není může být outsourcing nevýhodný. Další nevýhodou outsourcing je možnost úniku dat a informací. Poslední nevýhoda outsourcingu může vzniknout při špatné volbě poskytovatele, který nemusí být vhodný pro daný projekt nebo nemusí mít stejnou úroveň motivace při dlouhodobém trvání spolupráce.

Jak uvádí Pernica (2004) zadavatel by měl být před outsourcingem připraven na vznikající problémy. Tyto problémy jsou shrnuty do sedmi klíčových faktorů:

- Faktor vztahů
- Faktor kvality
- Faktor komunikace
- Faktor smluv
- Faktor zaměření
- Faktor kontroly
- Faktor pracovníků

Faktor vztahů vzniká kvůli předpokladu, že zadavatel má vyšší status než poskytovatel, a proto je s ním i tak jednáno. Tento faktor způsobuje nižší produktivitu a motivaci pracovníků poskytovatele. U faktoru kvality je problémem hledání vzniklé chyby vždy na straně poskytovatele, což vede zaměstnance poskytovatele ke kamufláži vzniklých chyb místo jejich řešení. Faktor komunikace se může projevit při komunikaci, která je vedena přes určité osoby, např. manažery. To může vést k projevům autokratičnosti

a byrokracie, což může zapříčinit komplikované řešení problémů. Faktor smluv vzniká při uzavírání smluv, které nejsou k danému projektu komplexní a neobsahují podstatné náležitosti s odkazem na vnitropodnikovou dokumentaci. Pokud tomu tak není, může dojít ke vzniku problému, jehož vyústěním je citování smluv oběma stranami místo rozumného řešení problému. U faktoru zaměření mohou vznikat problémy, když se zadavatel při zaměření na hlavní činnost podniku snaží o vyřazení ostatních činností, které jsou naopak hlavními činnostmi poskytovatele, čímž vzniká rozpor mezi zadavatelem a poskytovatelem. Dalším je faktor kontroly, jenž vzniká na straně zadavatele, který může požadovat po pracovnících poskytovatele stejnou motivaci jako od svých zaměstnanců a když tomu tak není může dojít z jeho strany k jejich přehnané kontrole, která vyústí v konflikty mezi oběma stranami. Posledním je faktor pracovníků, který se může objevit z důvodu limitovaných nákladů kontraktu. Kvůli této situaci může poskytovatel využívat nižšího počtu zaměstnanců nebo nedostatečně zaškolených. A to může vést k vyšší chybovosti a nižší produktivitě zaměstnanců. (Pernica, 2004)

Dle Jirsáka (2012) se trh poskytovatelů logistických služeb v poslední letech změnil. Přibýlo velké množství konkurence, což zapříčinilo snížení marží poskytovatelů a přineslo větší orientaci na zlepšení kvalit poskytovaných služeb. Poskytovatel logistických služeb je možné rozdělit do několika kategorií. 2PL (second-party logistics) poskytovatelé, což jsou dopravci, kteří k poskytování logistických služeb využívají vlastní zdroje. Poté jsou 3PL (third-party logistics) poskytovatelé, kteří nabízejí komplexní logistické služby při využití jak vlastních, tak i externích zdrojů. Posledními poskytovateli jsou 4PL (fourth-party logistics), kteří fungují jako integrátoři 3PL poskytovatelů, jsou nezávislí na zdrojích a řídí celý logistický řetězec zadavatelů.

3.2 Operační výzkum

3.2.1 Historie operačního výzkumu

Lagová a Jablonský (2009) uvádějí, že nelze přesně určit okamžik vzniku operačního výzkumu jako vědní disciplíny. Vznik operačního výzkumu je spojen s nositeli Nobelovy ceny za ekonomii G.B. Dantzigem nebo L. Kantorovičem, a to v období 30. a 40. let 20. století. Dle Cooka (2012) počátky využívání operačního výzkumu souvisejí

s plánováním vojenských operací v polovině 20. století. Z této oblasti je převzato slovo „operační“ v názvu disciplíny. První zmínka o operačním výzkumu v tištěné podobě dle Fialy (2010) se objevila v prvním čísle časopisu *Operational Research Quarterly*, které bylo publikováno ve Velké Británii v roce 1950. Fábry (2011) zmiňuje, jak se po skončení války ukázalo, že postupy a metody operačního výzkumu lze uplatnit nejen pro plánování vojenských operací, ale i v jiných oblastech, zejména v ekonomické oblasti. Další vlna rozvoje operačního výzkumu nastala s rozvojem výpočetní techniky na konci 20. století. Jak uvádí Cook (2012) v současnosti najdeme pracoviště zaměřující se na operační výzkum po celém světě. Například ve Spojených státech se tato pracoviště nacházejí na významných univerzitách, mezi které patří MIT, Princeton, Berkeley, Stanford aj.

3.2.2 Definice a klasifikace operačního výzkumu

Jak uvádí Fábry (2011) neexistuje jednotná a přesná definice pro pojem operační výzkum, protože tato vědní disciplína řeší mnoho rozmanitých problémů a zahrnuje velké množství disciplín. V zahraniční literatuře nelze najít ani shodu u názvu pojmu, proto je možné v různých literaturách se setkat s názvy *operations research*, *operational research*, *management science*, *quantitative analysis* aj.

Gros a Dyntar (2015) zmiňují stručnou definici jednoho ze zakladatelů operačního výzkumu Arnolda Kaufmanna, který operační výzkum popisuje jako vědecký přístup rozhodování.

Mezinárodní společnost pro operační výzkum *The Operational Research Society* uvádí, že operační výzkum je vědecký přístup k řešení problémů v řízení složitých systémů, jenž umožňuje přijímat lepší rozhodnutí osobám s rozhodovacím oprávněním.

Gros (2003) zmiňuje definici W.L. Winstona podle kterého je operační výzkum „*vědecký přístup hledání řešení, který usiluje o to, jak navrhovat a řídit systémy obvykle za podmínek vyžadujících lokalizaci omezených zdrojů.*“

Dle Grose (2003) lze na základě definic operačního výzkumu konstatovat, že je pro tuto oblast typické:

- zaměření na podporu rozhodování při řešení problémů,
- použití vědeckého přístupu s aplikací modelové techniky,
- uplatnění systémového řešení,

- týmová organizace práce,
- respektování dynamiky a stochastické povahy procesů.

Jablonský (2007) charakterizuje operační výzkum jako vědní disciplínu, která zahrnuje dohromady více samostatných disciplín zaměřených na analýzu rozhodovacích problémů k nalezení optimálního řešení. Na základě této charakteristiky lze disciplíny operačního výzkumu klasifikovat následovně:

- Matematické programování
- Vícekriteriální rozhodování
- Teorie grafů
- Teorie zásob
- Teorie hromadné obsluhy
- Modely obnovy
- Markovské rozhodovací procesy
- Teorie her
- Simulace

Jak uvádí Jablonský (2007), výše zmíněný seznam disciplín operačního výzkumu není kompletní, ale jsou zde uvedeny disciplíny, které se řadí mezi nejběžnější a nejpoužívanější.

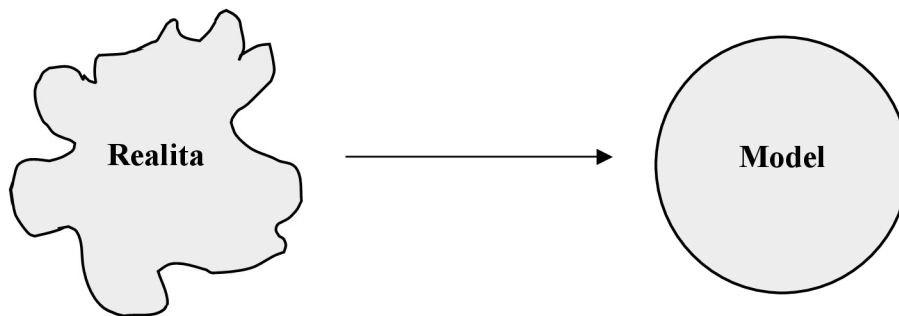
3.2.3 Matematické modelování

Jak uvádí Jablonský (2007) matematické modelování je základním nástrojem operačního výzkumu. Při analýze systému pomocí operačního výzkumu je využíván model analyzovaného systému. Model systému je pouhým zjednodušeným obrazem systému. Modelování má velké množství výhod, díky kterým se zpravidla stává jedinou možností při studiu modelovaného systému. Dle Jablonského (2007) mezi základní výhody modelového přístupu patří:

- strukturalizace systému a specifikace všech možných variant stavu systému,
- analýza chování systému ve zkráceném čase pomocí simulací na počítačích
- snadná manipulace a možnost většího počtu experimentů při změně parametrů
- nižší náklady než při experimentování s reálným systémem

Jak uvádí Fábry (2011) model je zjednodušením reality. Popsat realitu do nejmenšího detailu není možné, a proto je důležité se při analýze reálného systému zaměřit na části, které jsou pro dosažení cíle analýzy podstatné.

Obrázek 2: Model jako zjednodušení reality



Zdroj: vlastní zpracování dle Fábryho (2011)

Dle Fábryho (2011) je doporučeno při vytváření modelu držet se těchto dvou zásad:

1. Při přílišném zjednodušení reality bude model zkreslený a jeho získané výsledky budou nereálné.
2. Při co nejvěrnějším zachycení reality bude vytvořený model velmi kvalitní, ale nebude možné dosáhnout jeho výsledků.

Na základě těchto zásad Fábry (2011) zmiňuje, že při vytváření modelů je důležité najít kompromis mezi realitou a řešitelností modelu. Z těchto důvodů je důležité, aby řešitel měl při vytváření modelu cit pro detail.

Dle Pelikána (2001) může každá chyba při tvorbě matematického modelu zapříčinit neúspěch při dalším postupu řešení modelu. Proto je důležitá při tvorbě modelu praktická zkušenost řešitele a znalost podobných modelů.

3.2.4 Klasifikace modelů

Jak uvádí Gros a Dyntar (2015) modely používané v metodách operačního výzkumu lze klasifikovat dle různých charakteristik. Podle fyzické podoby rozlišujeme:

- zmenšené repliky reálných objektů,
- analogové modely,
- matematické modely.

Dále můžeme modely dělit podle očekávaného použití na:

- Popisné modely, které na základě vztahů v reálném objektu vytvářejí podklady pro hodnocení.
- Prognostické modely, které se používají pro odhad budoucího vývoje.
- Optimalizační model, které hledají nejlepší variantu řešeného problému.

Také je možné modely rozlišovat podle tvaru výstupů na:

- Deterministické modely, u kterých ke stejným vstupům lze přiřadit stejné výstupy.
- Stochastické modely, u nichž k zadaným vstupům lze přiřadit výstupy jen s určitou pravděpodobností.

Poslední zmíněnou klasifikací je rozlišení modelů podle metody hledání řešení na:

- Matematické modely, k jejichž řešení je využita matematická analýza a matematická optimalizace.
- Simulační modely, které k nalezení řešení používají generování náhodných pokusů a jejich statistické vyhodnocení.

Dle Grose a Dyntara (2015) se v metodách operačního výzkumu převážně využívají modely deterministické, stochastické, matematické, popisné, prognostické a optimalizační.

3.2.5 Celočíselné programování

Úlohy celočíselného programování dle Jablonského (2007) je možné zařadit mezi speciální úlohy lineárního programování. Tyto úlohy jsou od standardních úloh lineárního programování rozšířeny o podmínky celočíselnosti, které zaručují, že všechny nebo jen vybrané proměnné nabydou pouze celočíselných hodnot. Podmínky celočíselnosti zpravidla vyplývají z formulace ekonomického modelu řešeného problému.

Jak uvádějí Gros a Dyntar (2015) modely celočíselného programování lze rozdělit do následujících tří skupin:

- úlohy požadující celočíselnost všech proměnných modelu,
- úlohy požadující celočíselnost jen pro některé proměnné,
- úlohy binárního programování.

Jablonský (2007) klasifikuje úlohy celočíselného programování na úlohy s obecnými podmínkami celočíselnosti a na bivalentní úlohy. Úlohy s obecnými podmínkami celočíselnosti jsou následně klasifikovány na úlohy ryze celočíselné a smíšeně celočíselné.

Jablonský (2007) dále dělí metody řešení úloh celočíselného programování podle jejich charakteru do tří skupin:

- metody řezných (sečných) nadrovin,
- kombinatorické metody,
- speciální metody.

Jak uvádí Jablonský (2007) metody řezných nadrovin lze použít k řešení ryze i smíšeně celočíselných úloh, pokud jsou uvažovány obecné podmínky celočíselnosti. K řešení bivalentních úloh nejsou tyto metody vhodné. Mezi tyto metody patří například Gomoryho algoritmus. Kombinatorické metody jsou využívány pro řešení většiny typů úloh celočíselného programování. Jedná se o univerzální metody, jejichž podstata je v efektivním prohledávání řešení. Jednou z kombinatorických metod je například metoda větví a mezí. Posledním typem jsou speciální metody, které se využívají k řešení úloh se speciální strukturou, pro které není možné nalézt přesné optimální řešení, ale jen přibližné řešení úloh. Jedná se například o maďarskou metodu pro řešení přiřazovacího problému.

Gros a Dyntaxa (2015) zmiňují, že by se na první pohled mohlo zdát, že řešení úloh celočíselného programování je snazší z důvodu zmenšení oblasti přípustných řešení. Tak tomu bohužel není. Řešení úloh celočíselného programování je obtížné a dodnes je předmětem výzkumu. I přes to je v dnešní době na trhu již dostatek produktů k řešení rozsáhlých úloh tohoto typu.

3.3 Distribuční úlohy

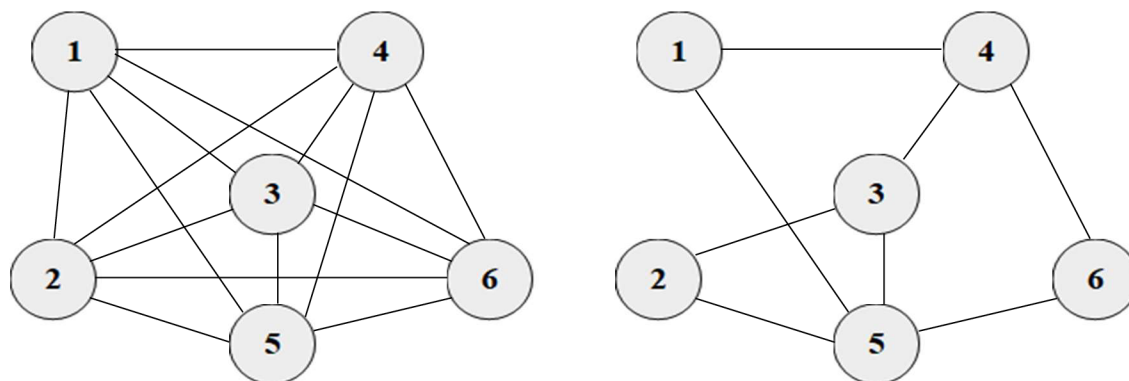
Distribuční úlohy dle Šubrt (2015) tvoří speciální skupinu úloh lineárního programování do kterých řadíme problémy jednostupňové, dvoustupňové, přiřazovací, okružní, zobecněné, trasovací a mnoho dalších typů. Všechny tyto úlohy lze vyjádřit pomocí lineárních modelů. Některé typy úloh lze řešit speciálními metodami, které bývají jednodušší než simplexová metoda. Využití těchto speciálních metod je umožněno specifickými vlastnostmi úloh.

3.3.1 Okružní dopravní problém

Dle Šubrt (2015) se v praxi setkáváme s okružními dopravními problémy velmi často. Jedná se o situaci, kdy je nutné rozvést určitý materiál či zboží od mnoha dodavatelů k jednomu či menšímu počtu odběratelů nebo opačně od jednoho či malého množství odběratelů k většímu počtu dodavatelů. V takových případech lze ušetřit v porovnání s realizováním jednotlivých tras od odběratele k dodavateli zvlášť.

Jak uvádí Brožová a Houška (2002) základními dvěma typy okružních dopravních problémů jsou okružní problémy s úplnou sítí cest a neúplnou sítí cest. Tyto typy se odlišují charakteristikou propojením sledovaných míst, kdy u okružního problému s úplnou sítí cest existuje přímé spojení mezi všemi místy řešeného problému. U okružního problému s neúplnou sítí cest neexistuje přímé spojení mezi každou dvojicí míst řešeného problému. Oba tyto typy okružních problémů jsou znázorněny v následujícím obrázku č. 3.

Obrázek 3: Okružní problém s úplnou a neúplnou sítí cest



Zdroj: vlastní zpracování dle Brožové a Houšky (2002)

Dle Brožové a Houšky (2002) se okružní dopravní problémy objevují v různých modifikacích, kdy cílem může být jeden okruh nebo i více okruhů, které musí splňovat různé požadavky či omezení např. kapacitní požadavky nebo časové omezení.

Jak uvádí Šubrt (2015) okružní dopravní problém patří mezi NP-úplné problémy. K řešení těchto problémů neexistuje žádný efektivní algoritmus schopný nalézt matematické optimum, což je dáno tím, že v matematickém modelu těchto úloh počet omezujících podmínek exponenciálně roste s počtem míst v okružní trase. K řešení se využívá řada aproximačních metod, které jsou schopny nalézt řešení, jenž se dá považovat za ekonomické optimum.

3.3.2 Víceokruhový okružní dopravní problém

Dle Šubrta (2015) nejčastějším důvodem rozdělení okružní přepravy do více okruhů jsou kapacitní omezení. Velmi často se stává, že kapacita vozidla je nedostatečná vůči požadavkům na přepravu materiálu či zboží, které je nutné rozvézt. Předpokladem je, že kapacita vozidel je menší než celkový objem požadavků. Proto je nutné naplánovat více okruhů, které budou začínat a končit v centrálním místě a kde suma požadavků všech necentrálních míst je nižší než kapacita vozidla.

Mayerova metoda

Jak uvádí Získal (2000) Mayerova metoda byla vypracována skupinou pracovníků Výzkumného ústavu dopravního pod vedením Ing. Mayera. Jedná se metodu vhodnou k řešení víceokruhové okružního dopravního problému kapacitně omezeného s úplnou sítí cest. Při řešení víceokruhového okružního dopravního problému se vychází ze symetrické matice vzdáleností udávané v kilometrech, která obsahuje všechny místa řešeného problému. Řešení probíhá ve dvou krocích, kdy nejprve probíhá výběr míst do jednotlivých okruhů s využitím určitých vozidel. A poté dochází k řešení jednotlivých okruhů pro každé vozidlo samostatně.

Dle Brožové a Houšky (2002) jsou v druhém kroku okruhy řazeny na základě intuitivního rozhodování a znalostí řešitele. K nalezení nejvhodnějšího okruhu lze využít metod pro řešení jednookruhového okružního dopravního problému.

Postup řešení v matici vzdáleností dle Brožové a Houšky (2002):

1. Seřazení míst dle vzdáleností od centrálního místa. Doplnění o sloupec s požadavky u jednotlivých míst
2. Nejprve je zařazeno do okruhu míst s největší vzdáleností od centrálního místa
3. Označí se sloupec právě zařazeného místa a jeho požadavek a vyškrtne se řádek tohoto místa
4. Pro každé ze zbývajících míst se sečte jeho požadavek s požadavky již vybraných míst v okruhu. U míst, kde součet požadavků bude větší, než kapacita okruhu vyškrtne se ve vyznačených sloupcích vzdálenost v příslušném řádku
5. Nyní se vybere minimální vzdálenost z nevyškrtnutých míst ve sloupcích. Pokud není výběr jednoznačný, zvolí se první taková vzdálenost. Tato

vzdálenost označuje místo, které je následně přiřazeno do sestavovaného okruhu.

6. Postup je opakován od kroku 3 do té doby, než při porovnání kapacit nejsou vyškrtnuty všechny vzdálenosti
7. V okamžiku, kdy jsou vybrána všechna místa pro daný okruh, vyškrtnáme jejich sloupce a požadavky a označí se číslem sestavovaného okruhu. Ve zbytku matice pokračujeme stejným způsobem při sestavování dalších okruhů od kroku 2
8. Uspořádání míst v jednotlivých okruzích probíhá pomocí některé z metod pro řešení jednookruhového dopravního problému

3.3.3 Jednookruhový okružní dopravní problém

Dle Šubrt (2015) je cílem úlohy obchodního cestujícího propojit všechna místa okružním způsobem, což znamená, že každé místo v okruhu s výjimkou centrálního místa se v posloupnosti vyskytne právě jednou a součet všech sazeb v této posloupnosti je minimální.

Jak uvádí Šubrt (2015) v matematické formulaci úlohy obchodního cestujícího je potřeba nalézt minimum lineární funkce:

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \quad (1)$$

za podmínek

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$u_i - u_j + n x_{ij} \leq n - 1, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 2, 3, \dots, n, \quad i \neq j \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

kde je dáno n míst a sazba c_{ij} pro každou dvojici těchto míst i a j . Sazba c_{ij} představuje např. vzdálenost nebo spotřebu času mezi místy i a j . Tato část matematického modelu je podobná přiřazovací úloze. Tyto úlohy se liší tzv. Tuckerovými podmínkami, které vylučují,

aby některá z míst byla charakterizována několika samostatnými okruhy. Dále jsou do modelu zahrnuty podmínky bivalentnosti, kde proměnná x_{ij} nabývá pouze hodnot 1 a 0. Proměnná s hodnotou 1 udává, že vozidlo jede z místa i do místa j a s hodnotou 0 v opačném případě. Podmínky zajišťují navštívení každého místa právě jednou. Dále je v soustavě podmínek proměnná u_i , jenž zajišťuje, aby nedocházelo k vytváření parciálních cyklů.

Jak uvádí Fiala (2010) úlohy obchodního cestujícího lze dále dělit na statické a dynamické. U statický úloh obchodního cestujícího jsou předem stanovena místa, která mají být obsloužena, nelze je měnit a trasa je dokončena, tak jak byla naplánována. V případě dynamické úlohy obchodního cestujícího lze kdykoliv v průběhu jízdy upravovat počet zákazníka, a to buď přidáním nových nebo ubráním původních.

Dle Fialy (2010) je také možné rozšířit úlohu obchodního cestujícího o časová okna, což jsou předem nadefinované časové intervaly, v kterých je možné obsloužit dané místo.

Statická úloha obchodního cestujícího s časovými okny

Jak uvádí Fiala (2010) statická úloha obchodního cestujícího s časovými okny stejně jako statická úloh obchodního cestujícího předpokládá před zahájením jízdy znalost počtu obsluhovaných zákazníků. Kromě toho je pro každého zákazníka vymezeno časové okno pro realizaci jeho obsluhy.

Jak uvádí Fiala (2010) matematický model úlohy obchodního cestujícího s časovými okny je od klasické úlohy obchodního cestujícího rozšířen o následující podmínky:

$$e_i \leq \tau_i \leq l_i, \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

$$\tau_i + t_{ij} - M(1 - x_{ij}) \leq \tau_j, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 2, 3, \dots, n, \quad i \neq j \quad (7)$$

$$\tau_1 = 0 \quad (8)$$

$$\tau_i \geq 0, \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (9)$$

$$e_j - t_{ij} \quad (10)$$

Dle Fialy (2010) je časové okno interval udávající nejdříve možný začátek obsluhy e_i a nejpozději přípustný začátek obsluhy l_i . Proměnná τ_i udává okamžik ve kterém vozidlo navštíví místo i . Podmínka $\tau_i \geq e_i$ zajišťuje, že obsluha i -tého zákazníka není možná před začátkem termínu obsluhy. A naopak podmínka $l_i \geq \tau_i$, zajišťuje, že obsluha i -tého zákazníka není možná po nejpozději přípustném začátku obsluhy. Z těchto důvodů musí pro

všechny zákazníky platit $e_i \leq \tau_i \leq l_i$. Tyto omezení se označují jako „hard“, tj. silná omezení. Soustavy nerovností č. 7 zajišťují navštívení zákazníka uvnitř konkrétního časového okna. Nerovnosti zajišťují, že vozidlo bude u zákazníka uvnitř časového okna, kde M je vysoká konstanta. Doba mezi obsluhou zákazníka i a zákazníka j má minimálně hodnotu t_{ij} . Rovnice č. 8 zajišťuje, že doba výjezdu vozidla z výchozího místa je rovna 0. Začátek obsluhy i -tého zákazníka nabývá hodnot dle podmínky č. 9. Po skončení obsluhy zákazníka i má vozidlo navštívit zákazníka j . Kvůli dodržení časového okna zákazníka j jsou možné dvě strategie čekání vozidla u zákazníka. První strategií je čekání vozidla u zákazníka před jeho obsluhou, to znamená, že vozidlo po dokončení obsluhy zákazníka i se přesune k zákazníkovi j . Musí dodržet časové okno, ale pokud se stane, že dorazí k zákazníkovi i před jeho otevřením, bude čekat do okamžiku e_j . Druhou strategií je čekání vozidla u právě obslouženého zákazníka, kdy vozidlo po obslužení zákazníka i zůstane čekat u tohoto zákazníka a odjede teprve v momentě, aby jeho příjezd k zákazníkovi j byl v okamžiku otevření časového okna. Moment odjezdu od zákazníka znázorňuje rovnice $e_j - t_{ij}$. V rámci vlastní práce bude použita strategie s čekáním vozidla u zákazníka před jeho obsluhou, proto bude v následující části rozebrána.

Úloha s čekáním vozidla u zákazníka před jeho obsluhou

Dle Fialy (2010) je nutné do tohoto typu úlohy zařadit proměnnou W_j s následující podmínkou, která znázorňuje dobu čekání vozidla u zákazníka j :

$$W_j \geq 0 \quad (j = 2, 3, \dots, n) \quad (11)$$

Dále je dle Fialy (2010) zapotřebí přidat do modelu i údaj o délce obsluhy, který je značen S_i a jeho parametry jsou uvedené v následující nerovnici:

$$S_i \geq 0 \quad (i = 2, 3, \dots, n) \quad (12)$$

Jak uvádí Fiala (2010) proměnnou c_{ij} , který představuje vzdálenosti mezi místy i a j je nutné nahradit proměnnou t_{ij} , která nám udává dobu přejezdu mezi místy i a j . Po předchozích úpravách je nutné pozměnit účelovou funkci č. 1 do následujícího tvaru:

minimalizovat

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij} + \sum_{i=2}^n S_i + \sum_{j=2}^n W_j \quad (13)$$

Jak uvádí Fiala (2010) cílem je nalézt okruh s minimální celkovou dobou trvání. Proto je nutné nahradit soustavu nerovnic č. 7 soustavou rovnic, která zajistí přípustnost řešení vzhledem k časovému rozvrhu, kde S_1 je rovno 0:

$$\tau_i + S_i + t_{ij} - M(1 - x_{ij}) + W_j + v_{ij} = \tau_j, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 2, 3, \dots, n, \quad i \neq j \quad (14)$$

Následně je dle Fialy (2010) nutné zařadit do modelu proměnnou v_{ij} , který musí dodržovat omezení v následující rovnici:

$$0 \leq v_{ij} \leq 2M(1 - x_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 2, 3, \dots, n, \quad i \neq j \quad (15)$$

Pokud vozidlo jede od zákazníka i k zákazníkovi j , tak $x_{ij} = 1$. Pak proměnná v_{ij} musí mít hodnotu 0. Proměnná v_{ij} vykonává pomocnou funkci, která zajišťuje přípustnost řešení k časovému rozvrhu.

3.4 Řešení optimalizačních úloh pomocí softwaru

Dle Lagové a Jablonského (2009) je v dnešní době nemyslitelné řešení úloh lineárního programování bez vhodných softwarových prostředků. Uvádějí, že nabídka softwarů je široká. Od nejjednodušších softwarů, které jsou limitovány množstvím proměnných a omezujících podmínek až po profesionální, které jsou schopné řešit úlohy s desítkami tisíc proměnných a několika tisíci omezujících podmínek. Řešení menších úloh lineárního programování lze zpracovat v MS Excel, který má zpravidla každý uživatel ve svém počítači.

3.4.1 OpenSolver

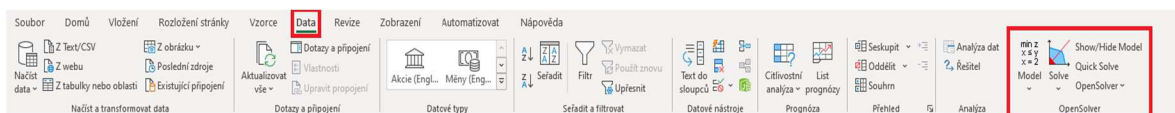
K řešení optimalizačních úloh v praktické části diplomové práce bude využit software OpenSolver. Jedná se o bezplatný doplněk pro MS Excel, který je určen k řešení úloh lineárního a celočíselného lineárního programování. Tento doplněk byl vyvinut Andrew Masonem z University of Auckland na Novém Zélandu. Spolu se studenty z Engineering Science department, University of Auckland je také správcem tohoto doplňku. OpenSolver je rozšířením doplňku Řešitel, který je součástí MS Excel, ale je na rozdíl od OpenSolveru limitován počtem proměnných řešené úlohy. OpenSolver oproti Řešiteli, který je součástí MS Excel, je schopen řešit daleko složitější optimalizační úlohy než Řešitel, a také je zvládne vyřešit v kratší době. Jedná se o open-source software, který je volně dostupný ke stažení na

webové stránce <https://opensolver.org/>. V základní verzi je doplněk OpenSolver poháněn optimalizačním řešitelem CBC¹ vytvořeným skupinou COIN-OR², jenž je vzdělávací a vědeckou neziskovou nadací založenou v roce 2004 za účelem propagace a podpory vývoje open-source softwarů v oblasti operačního výzkumu. Optimalizační řešitel CBC byl napsán v jazyce C++ k řešení úloh lineárního programování. (coin-or.org) (opensolver.org)

3.4.2 Řešení úloh v OpenSolveru

Ovladač k použití doplňku OpenSolver po instalaci do MS Excel je přidán na kartu Data.

Obrázek 4: OpenSolver



Zdroj: vlastní zpracování

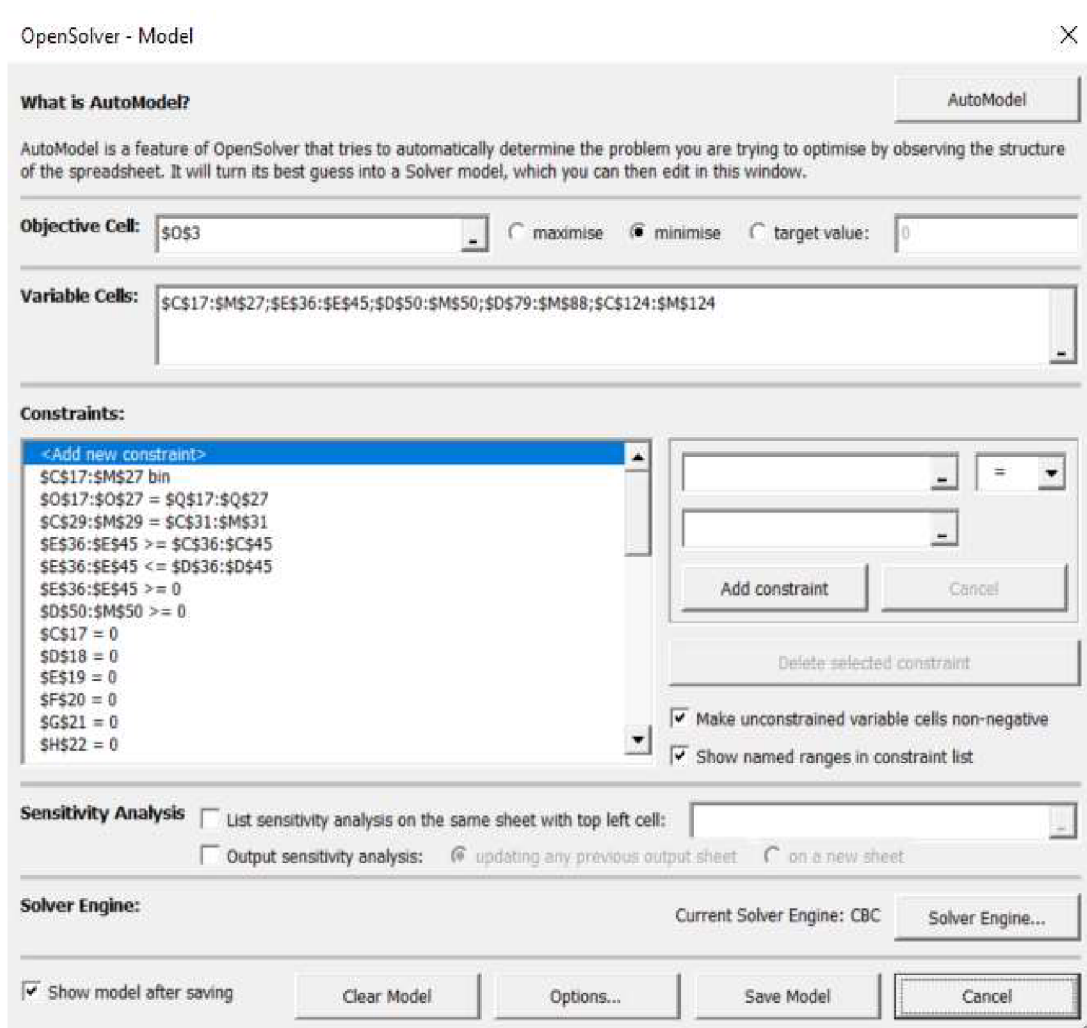
Jak uvádí Mason (2010) doplněk OpenSolver lze použít i k řešení matematického modelu, který byl sestaven pro Řešitele, ale na základě složitosti modelu nebyl Řešitel schopen model vyřešit.

Prvním krokem před řešením matematického modelu v doplňku OpenSolver je jeho sestavení na listu v MS Excel. Po sestavení matematického modelu je možné vytvořit nový model v OpenSolveru pomocí nástroje Model zobrazeném na obrázku č. 4.

¹ Coin-or branch and cut

² Computational Infrastructure for Operational Research

Obrázek 5: Vytvoření matematického modelu



Zdroj: vlastní zpracování

Z obrázku č. 5 je možné vyčíst, že doplněk OpenSolver obsahuje funkci automatické modelu, která funguje na principu rozpoznání řešeného problému na základě struktury matematického modelu na listu MS Excel a následně jeho vyřešení. V této práci nebude využita funkce automatického modelu.

K řešení problému ve vlastní práci bude použito ruční zadání modelu. Prvním krokem při ručním zadání modelu je určení buňky s účelovou funkcí. Jak je možné vidět na obrázku č. 5, v tomto případě se jedná o buňku O3. Hodnota účelové funkce může být buď maximalizována, minimalizována nebo rovna dané hodnotě. V uvedeném příkladě se bude hodnota účelové funkce minimalizovat. Dále je nutné označit všechny proměnné

matematického modelu. Posledním krokem při řešení matematického modelu je vytvoření omezujících podmínek.

Další funkcí, kterou lze využít je citlivostní analýza modelu. Doplněk OpenSolver umožňuje i změnu optimalizačního řešitele, kdy je možné nahradit optimalizačního řešitele CBC, který je základní součástí doplňku OpenSolver například řešitele Gurobi nebo CPLEX.

Obrázek 6: Zvýraznění matematického modelu

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2			S	11	17	29	34	36	43	44	54	65	68				
3		S	0	24	26	32	33	25	33	35	34	32	31		min		
4		11	24	0	15	15	16	15	16	18	17	15	14		128		
5		17	26	15	0	12	13	1	13	15	14	12	11				
6		29	32	15	12	0	4	11	4	6	5	2	2				
7		34	33	16	13	4	0	21	9	7	6	12	11				
8		36	25	15	1	11	21	0	13	15	14	12	10				
9		43	33	16	13	4	9	13	0	3	2	4	3				
10		44	35	18	15	6	7	15	3	0	5	6	5				
11		54	34	17	14	5	6	14	2	5	0	5	3				
12		65	32	15	12	2	12	12	4	6	5	0	1				
13		68	31	14	11	2	11	10	3	5	3	1	0				
14																	
15			S	11	17	29	34	36	43	44	54	65	68				
16		S	binary														
17		11	0=														
18		17		0=													
19		17			0=												
20		29				0=											
21		34					0=										
22		36						0=									
23		43							0=								
24		44								0=							
25		54									0=						
26		65										0=					
27		68											0=				
28																	
29			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
30			=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=				
31			=	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				

Zdroj: vlastní zpracování

Doplněk OpenSolver obsahuje funkci zvýraznění matematického modelu na listu MS Excel. Tato funkce slouží k lepší orientaci při práci s doplňkem a při sestavování matematického modelu. Po vytvoření matematického modelu je možné zobrazit barevné zvýraznění buněk listu, které jsou zahrnuty v modelu. Na obrázku č. 6 lze v buňce O3 vidět zvýrazněnou účelovou funkci, jejíž hodnota bude minimalizována. Dále je zde zobrazena matice, jejíž hodnoty na diagonále se musí rovnat 0 a celá matice musí splňovat podmínku binárnosti. Modře a zeleně jsou zvýrazněny podmínky rovnosti, které musí být splněny.

Po kontrole, jestli je vytvořený matematický model správný, je možné přejít k jeho řešení. Ke spuštění optimalizačního řešitele OpenSolver slouží tlačítko Solve zobrazené na obrázku č. 6, po jehož stisknutí dochází k řešení matematického modelu.

Obrázek 7: Průběh řešení matematického modelu



```
OpenSolver - Optimisation Running
Cbcb0014I Cut generator 3 (Clique) - 0 row cuts average 0.0 elements, 0 column cuts (0
active) in 0.002 seconds - new frequency is -100
Cbcb0014I Cut generator 4 (MixedIntegerRounding2) - 164 row cuts average 2.4 elements,
0 column cuts (0 active) in 0.022 seconds - new frequency is 1
Cbcb0014I Cut generator 5 (FlowCover) - 1 row cuts average 2.0 elements, 0 column cuts
(0 active) in 0.043 seconds - new frequency is -100
Cbcb0014I Cut generator 6 (TwoMirCuts) - 266 row cuts average 26.9 elements, 0 column
cuts (0 active) in 0.015 seconds - new frequency is 1
Cbcb0011I Exiting as integer gap of 2.0000024 less than 1e-10 or 5%
Cbcb0001I Search completed - best objective 98, took 1311 iterations and 0 nodes (0.59
seconds)
Cbcb0035I Maximum depth 0, 48 variables fixed on reduced cost
Cuts at root node changed objective from 73.0909 to 96
Probing was tried 52 times and created 303 cuts of which 0 were active after adding
rounds of cuts (0.058 seconds)
Gomory was tried 52 times and created 290 cuts of which 0 were active after adding
rounds of cuts (0.016 seconds)
Knapsack was tried 52 times and created 1 cuts of which 0 were active after adding
rounds of cuts (0.031 seconds)
Clique was tried 52 times and created 0 cuts of which 0 were active after adding
rounds of cuts (0.002 seconds)
MixedIntegerRounding2 was tried 52 times and created 164 cuts of which 0 were active
after adding rounds of cuts (0.022 seconds)
FlowCover was tried 52 times and created 1 cuts of which 0 were active after adding
rounds of cuts (0.043 seconds)
TwoMirCuts was tried 52 times and created 266 cuts of which 0 were active after adding
rounds of cuts (0.015 seconds)

Result - Optimal solution found (within gap tolerance)

Objective value:          98.00000000
Lower bound:             96.000
Gap:                     0.02
Enumerated nodes:        0
Total iterations:        1311
Time (CPU seconds):      0.60
Time (Wallclock seconds): 0.60

Total time (CPU seconds): 0.62   (Wallclock seconds): 0.62

Process completed successfully.
```

Elapsed Time: 0s

OK Cancel

Zdroj: vlastní zpracování

Na obrázku č. 7 je zobrazen výstup z doplňku OpenSolver, z kterého je možné vyčíst informace o průběhu řešení matematického modelu. V tomto případě je možné zpozorovat, že bylo nalezeno optimální řešení matematického modelu. Výsledná hodnota účelové funkce

tohoto matematického modelu je 98. Během řešení matematického modelu bylo provedeno 1311 iterací a řešení matematického modelu trvalo 0,62 vteřin.

Obrázek 8: Řešení matematického modelu

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2			S		11	17	29	34	36	43	44	54	65	68			
3		S		0	24	26	32	33	25	33	35	34	32	31	min		
4			11	24	0	15	15	16	15	16	18	17	15	14	226		
5			17	26	15	0	12	13	1	13	15	14	12	11			
6			29	32	15	12	0	4	11	4	6	5	2	2			
7			34	33	16	13	4	0	21	9	7	6	12	11			
8			36	25	15	1	11	21	0	13	15	14	12	10			
9			43	33	16	13	4	9	13	0	3	2	4	3			
10			44	35	18	15	6	7	15	3	0	5	6	5			
11			54	34	17	14	5	6	14	2	5	0	5	3			
12			65	32	15	12	2	12	12	4	6	5	0	1			
13			68	31	14	11	2	11	10	3	5	3	1	0			
14																	
15																	
16			S	binary	11	17	29	34	36	43	44	54	65	68			
17		S		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	=	1
18			11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	=	1
19			17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	=	1
20			29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	=	1
21			34	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	=	1
22			36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	=	1
23			43	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	=	1
24			44	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	=	1
25			54	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
26			65	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	=	1
27			68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	=	1
28																	
29				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
30				=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=			
31				= 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			

Zdroj: vlastní zpracování

Na obrázku č. 8 je zobrazené výsledné řešení matematického modelu. Z obrázku č. 8 lze vyčíst, že byly splněny podmínky rovnosti i podmínka binárnosti a výsledná hodnota účelové funkce je rovna 226.

4 Vlastní práce

Předmětem praktické části je optimalizace dopravních tras při distribuci nealkoholických nápojů do restaurací, bufetů, obchodů a čerpacích stanic nacházejících se v Praze a Středočeském kraji. Nejprve bude představena společnost, ve které bude praktická část realizována. Dále bude popsán optimalizační systém, který je využíván společností k plánování tras. Následně bude provedena definice řešeného problému, představena vstupní data, vozový park společnosti a realizované řešení problému zkoumané společnosti.

Poté již bude představeno vlastní řešení daného problému, kdy nejprve budou sestaveny matice k řešení problému. Dále postup sestavení jednotlivých okružních tras a následně výpočet jejich optimalizace. Na závěr bude provedeno porovnání výsledného řešení vlastní práce s řešením využívaným zkoumanou společností a následně provedeno finanční zhodnocení řešeného problému.

4.1 Charakteristika společnosti

Cargo Care s.r.o. je rodinná společnost poskytující dopravní a logistické služby od roku 2011. Její sídlo se nachází v areálu bývalého dolu Max v Libušíně. Dále také provozují logistický S v Hostivicích u dálnice D6. Společnost zaměstnává přes 60 zaměstnanců.

Hlavní činností společnosti je paletová a balíková distribuce v rámci České republiky. Dále se společnost zabývá mezinárodní distribucí zásilek převážně do oblasti Beneluxu a na Slovensko. Mimo distribuce zboží společnost nabízí také služby skladování. V rámci služeb skladování zajišťují služby s přidanou hodnotou. Mezi tyto služby patří například kompletace, polepování nebo přebalování zásilek.

4.2 Optimalizační systém společnosti

Optimalizační systém využívaný společností Cargo Care s.r.o. nebude po domluvě se zástupci společnosti jmenován z důvodu zachování anonymity. Tento systém pro optimalizaci tras a plánování logistiky je používán především společnostmi v České republice a na Slovensku. Systém je podporou dispečerům při vytváření každodenních rozvozních plánů. Systém při propočtu tras zohledňuje objednávky zadané ve volitelných

přepravních jednotkách (palety, přepravky apod.), časy doručení v časových oknech, dostupná vozidla společnosti, dopravní dostupnost a omezení společnosti.

4.3 Vstupní data

Společnost Cargo Care s.r.o. vytváří 3 rozvozní plány týdně pro rozvoz zboží s nasmlouvanou nejmenovanou společností, která je předmětem diplomové práce. Z tohoto důvodu byl pro účely diplomové práce vybrán k optimalizaci jen jeden vzorový den, který se počtem obslužených zákazníků nejvíce blíží obvyklému dni společnosti.

Z dat poskytnutých společností byl vytvořen seznam objednávek do tabulky uveden v příloze č. 1. Tabulka obsahuje adresu zákazníka, časové okno pro převzetí zboží, velikost objednávky v kilogramech a dobu obsluhy zákazníka v minutách. Ke každému místu bylo doplněno identifikační číslo místa a GPS souřadnice, které byly získány pomocí mapového portálu mapy.cz. Výjimkou je první místo v tabulce, které náleží skladu společnosti, které slouží jako výchozí i cílové místo vozidel. U skladu je uvedena pouze adresa a GPS souřadnice.

V tabulce jsou zaznamenány informace o 79 zákaznících, kteří se nacházejí v Praze nebo Středočeském kraji. Všech 79 zákazníků musí být obsluženo během jednoho dne. Celková velikost objednávek činí 21 223 kilogramů. Část seznamu objednávek je zobrazen v následující tabulce č. 1.

Tabulka 3: Seznam objednávek

Seznam objednávek					
ID	GPS souřadnice	Adresa	Časové okno	Velikost objednávky	Doba obsluhy
S	50.1595344N, 14.0549611E	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	-
1	50.0441225N, 14.3302214E	Archeologická 2636/3, 155 00 Praha 13	17:00 - 23:59	73	11
2	50.0505669N, 14.3313239E	Armády 245, 155 00 Praha 13	14:00 - 17:00	154	11
3	49.6078183N, 14.1758469E	Bohostice 98, 262 31 Bohostice	08:00 - 15:00	384	15
4	50.0475278N, 14.3297222E	Bronzová, 155 00 Praha 13	10:30 - 16:00	328	15
5	50.0509303N, 14.3621167E	Butovická 592/35, 158 00 Praha 5	15:00 - 20:30	185	11
6	49.8331597N, 13.9210483E	Cihlářská 1384/9, 268 01 Hořovice	08:00 - 18:00	110	11
7	50.0739111N, 14.3154964E	Čistovická 353, 163 00 Praha	11:00 - 17:00	192	11
8	50.0364178N, 14.3606289E	Do Klukovic 305, 152 00 Praha	12:00 - 18:00	164	11
9	49.6948611N, 14.0067778E	Evropská ul. (směr Příbram), 262 01 Příbram	08:00 - 20:00	279	11
10	49.9375194N, 14.5532278E	Hlavní 813, 251 68 Sulice – Hlubočinka	09:00 - 18:00	308	15

Zdroj: vlastní zpracování

K rozvozu nealkoholických nápojů po Praze a Středočeském kraji využívá společnost Cargo Care s.r.o. 4 typy nákladních vozidel. Jednotlivé typy nákladních vozidel, jejich kapacita a počet je uveden v následující tabulce.

Tabulka 4: Seznam nákladních vozidel

Vozidlo	Kapacita (kg)	Množství (ks)
Mercedes Atego 1222L	6 000	3
Iveco Daily 72C18	3 000	2
Iveco Daily 60C17	2 200	1
Iveco Daily 35S12 Maxi	1 300	2

Zdroj: vlastní zpracování

4.4 Současné rozvozné trasy

V této části práce budou představeny rozvozné trasy využívané společností Cargo Care s.r.o., které byly sestaveny na základě vstupních dat optimalizačním systémem společnosti.

K rozvozu nealkoholických nápojů po Praze a Středočeském kraji společnost Cargo Care s.r.o. využívá všechna nákladní vozidla, která jsou určena pro tento druh rozvozu. Proto zde bude představeno 8 tras, které jsou realizovány v řešeném vzorovém dnu.

První realizovaná trasa má pouze jednoho zákazníka, který se nachází na Praze 5. Z důvodu velikosti objednávky, která činí 3 366 kg je k přepravě použito nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L, které má celkovou kapacitu 6 000 kg, tedy je využito pouze 56 % kapacity vozidla. Rozvoz je realizován 105 minut a celková trasa má 87 km.

Tabulka 5: Cargo Care – 1. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	06:30	-	3 366
33	Nádražní 53, 150 00 Praha 5	06:00 - 20:00	07:05	07:40	43,5	3 366
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	08:15	-	43,5	-

Zdroj: vlastní zpracování

Jak je možné vidět v tabulce č. 6 druhá trasa obsahuje 16 zákazníků, které se nacházejí především v Mníšku pod Brdy, Kamýku nad Vltavou, Dobříši a jejím okolí. Velikost objednávky pro všechny zákazníky činí 3 605 kg. Tudíž k jejich obsluze musí být použito nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L s celkovou kapacitou 6 000 kg a využitím kapacity z 60 %. Ujetá vzdálenost druhé trasy je 234,4 km. K dokončení rozvozu potřebuje řidič 543 minut.

Tabulka 6: Cargo Care – 2. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	08:30	-	3 605
21	Karlštejn 130, 267 18	08:00 - 10:00	09:27	09:38	50,2	192
71	Voznice 29, 263 01	06:00 - 10:30	10:16	10:27	27,2	161
64	U Kodetky 1810, 263 01 Dobříš	07:00 - 13:00	10:32	10:47	4,1	360
31	Na Vlašce 1947, 263 01 Dobříš	11:00 - 18:00	10:55	11:06	2,4	307
60	Svaté Pole 13, 263 01 Dobříš	09:00 - 13:00	11:19	11:30	5,9	204
27	Mírové nám. 37, 263 01 Dobříš	11:00 - 15:00	11:37	11:48	3,7	122
35	nám. Svobody 2, 263 01 Dobříš	10:00 - 16:00	11:49	12:00	0,5	192
26	Mírové nám. 230, 263 01 Dobříš	11:00 - 20:00	12:02	12:58	0,8	192
50	Rosovice 302, 263 01	10:00 - 20:00	13:10	13:21	5,4	286
20	Kamýk nad Vltavou 32, 262 63	14:00 - 20:00	13:57	14:08	20,9	349
19	Kamýk nad Vltavou 28, 262 63	10:00 - 20:00	14:08	14:19	1,1	214
18	Kamýk nad Vltavou 213, 262 63	08:00 - 20:00	14:19	14:30	1,6	143
30	Na Severním sídlišti I 1071, 264 01 Sedlčany	13:30 - 17:30	14:51	15:02	15,5	163
55	Skalecká 124, 252 10 Mníšek pod Brdy	14:00 - 18:00	15:49	16:00	32,7	178
53	sjezd z D4, 252 10 Mníšek pod Brdy	08:00 - 20:00	16:03	16:14	0,7	212
25	Líšnice 201, 252 10	08:00 - 20:00	16:25	16:40	5,6	330
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	17:33	-	56,1	-

Zdroj: vlastní zpracování

Třetí okruh se skládá z 19 obslužných míst nacházejících se v Praze a blízkém okolí. Rozpis trasy je znázorněn v následující tabulce č. 7. Celková velikost objednávky činí 3 964 kg, proto je k rozvozu využito nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L s celkovou kapacitou 6 000 kg. Kapacita nákladního vozidla je využita z 66 %. Délka třetího okruhu je 188,3 km a řidič na dokončení rozvozu má 560 minut.

Tabulka 7: Cargo Care – 3. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	09:45	-	3 964
13	Janovského 919/36, 170 00 Praha 7	10:00 - 16:00	10:35	10:46	35,3	224
22	Kořenského 753, 150 00 Praha 5	11:00 - 22:00	10:55	11:06	5,2	192
47	Preslova 1268, 150 00 Praha 5	11:00 - 19:00	11:06	11:17	0,4	192
48	Radlická 2070, 150 00 Praha 5	11:00 - 17:00	11:22	11:33	2,3	134
39	Peroutkova 1212, 150 00 Praha 5	10:00 - 23:00	11:38	11:49	1,2	256
32	Nádražní 24, 150 00 Praha 5	11:00 - 17:00	11:56	12:07	3,1	235
57	Slivenecká 92/7, 152 00 Praha 5	10:00 - 15:00	12:16	12:27	3,6	122
15	Jižní spojka (směr Praha 9), 140 00 Praha 4	08:00 - 20:00	12:36	12:47	7,2	244
63	U Kina 44, 143 00 Praha 12	10:00 - 17:00	13:00	13:11	6,0	325
58	Sofijské nám. 3401/5, 143 00 Praha 12	11:00 - 18:00	13:16	13:27	1,3	195
49	Rakovského 3136/2, 143 00 Praha 12	08:00 - 14:00	13:32	13:43	1,6	138
69	Ve Lhotce 1045/9, 142 00 Praha 4	14:00 - 20:00	13:57	14:12	4,4	384
77	Zelenkova 530/3, 140 00 Praha 12	12:00 - 18:00	14:23	14:34	3,9	205
59	Sportovců 209, Dolní Jirčany, 252 44 Psáry	15:00 - 21:00	14:55	15:06	13,2	173
10	Hlavní 813, 251 68 Sulice-Hlubočinka	09:00 - 18:00	15:14	15:29	2,7	308
8	Do Klukovic 305, 152 00 Praha 5	12:00 - 18:00	15:57	16:08	25,4	164
7	Čistovická 353, 163 00 Praha 17	11:00 - 17:00	16:30	16:41	17,8	192
74	Výstaviště 415, 170 00 Praha 7	12:00 - 19:00	17:03	17:14	12,5	134
67	V Kruhu 220/2, 160 00 Praha 6	13:00 - 19:00	17:33	18:29	10,6	147
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	19:05	-	30,6	-

Zdroj: vlastní zpracování

Čtvrtá rozvozní trasa s celkovou délkou 261,9 km obsahuje 13 zákazníků. Zákazníci na této trase se nachází v Příbrami a blízkém okolí. K zákazníkům na této trase se rozváží zboží o hmotnosti 2 869 kg. Rozvoz bude prováděn nákladním vozidlem Iveco Daily 72C18 se stanovenou kapacitou 3 000 kg, tím pádem je kapacita vozidla naplněna z 96 %. Řidič stanovenou trasu absolvuje za 468 minut.

Tabulka 8: Cargo Care – 4. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	10:15	-	2 869
3	Bohostice 98, 262 31	08:00 - 15:00	11:50	12:05	101,8	384
75	Zahradnická 74, 261 01 Příbram	08:00 - 14:00	12:34	12:45	23,6	212
9	Evropská ul. (směr Příbram), 262 01 Příbram	08:00 - 20:00	12:48	12:59	2,8	279
38	Orlov 79, 261 01 Příbram	13:00 - 19:00	13:10	13:21	5,8	152
46	Politických vězňů 301, 261 01 Příbram	09:00 - 14:00	13:35	13:50	4,4	426
76	Zdabořská 61, 261 01 Příbram	14:00 - 19:00	13:55	14:06	1,9	192
12	Jana Drdy 528, 261 02 Příbram	08:00 - 20:00	14:09	14:20	1,1	138
73	Vysoká Pec 64, 262 41 Bohutín	10:00 - 20:00	14:34	14:45	2,3	192
72	Vranovice 35, 262 42	13:00 - 16:00	14:54	15:05	7,1	166
61	Šemberova 65, 261 01 Příbram	10:00 - 18:00	15:09	15:20	10,0	192
78	Žižkova 326, 261 01 Příbram	14:00 - 20:00	15:28	15:43	3,5	298
37	Obecnice 126, 262 21	11:00 - 18:00	15:58	16:09	7,3	128
6	Cihlářská 1384/9, 268 01 Hořovice	08:00 - 18:00	16:50	17:01	22,4	110
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	18:03	-	67,9	-

Zdroj: vlastní zpracování

Zákazníci, kteří jsou zařazeni do pátého okruhu se nacházejí v Berouně a jeho okolí. Počet zákazníků u tohoto okruhu činí deset a je k nim dopravováno zboží o hmotnosti

2 737 kg v nákladním vozidle Iveco Daily 72C18 s celkovou nosností 3 000 kg. Nosnost vozidla je zatěžována z 91 %. Řidič má na dokončení okruhu o délce 85,5 km 255 minut.

Tabulka 9: Cargo Care – 5. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	08:15	-	2 737
36	Nižbor 206, 267 05	08:00 - 15:00	08:55	09:07	25,6	215
17	K Nádraží 379, 267 05 Nižbor	08:00 - 14:00	09:08	09:19	0,3	192
68	V Plzeňské bráně 1, 266 01 Beroun	08:00 - 20:00	09:31	09:42	9,7	142
65	U Stadionu 486, 266 01 Beroun	13:00 - 19:00	09:46	09:57	0,5	273
43	Plzeňská 441, 266 01 Beroun	09:00 - 14:00	10:03	10:23	1,3	640
44	Plzeňská 475, 266 01 Králův Dvůr	14:00 - 19:00	10:27	10:42	1,7	461
54	sjezd z D5, 266 01 Beroun	08:00 - 20:00	10:47	11:02	2,5	301
34	nájezd na dálnici D5 1621, 266 01 Beroun	10:00 - 20:00	11:03	11:14	8,4	193
29	Na Příkopě 1/6, 266 01 Beroun	13:00 - 16:00	11:19	11:30	1,8	153
11	Chyňava 398, 266 01	10:00 - 18:00	11:49	12:00	12,6	167
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	12:30	-	21,1	-

Zdroj: vlastní zpracování

Šestá trasa v pořadí o délce 108,7 km se skládá z 8 zákazníků. Tito zákazníci se nachází převážně na Praze 4 a 5, a je k nim rozváženo zboží s celkovou hmotností 2 197 kg. Na základě hmotnosti zboží je určeno k rozvozu nákladní vozidlo Iveco Daily 60C17 s kapacitou 2 200 kg. U této trasy je kapacita vozidla využita téměř ze 100 %. K absolvování této trasy řidič potřebuje 229 minut.

Tabulka 10: Cargo Care – 6. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	07:00	-	2 197
66	U Vojtěšky 11, 162 00 Praha 6	06:00 - 12:00	07:31	07:46	28,8	467
41	Plzeňská - směr do centra, 150 00 Praha 5	08:00 - 20:00	07:55	08:06	3,5	183
42	Plzeňská - směr z centra, 150 00 Praha 5	08:00 - 20:00	08:07	08:18	1,9	296
45	Plzeňská 8, 150 00 Praha 5	08:00 - 14:00	08:25	08:36	3,8	268
24	Lhotecká 169, 143 00 Praha 12	08:00 - 20:00	08:50	09:01	8,7	174
23	Kunratická spojka 1169/1, 140 00 Praha 4	08:00 - 16:00	09:14	09:25	6,2	166
14	Jižní Spojka (směr, Praha 4), 140 02 Praha	08:00 - 20:00	09:37	09:52	10,7	446
16	K Barrandovu 1133/6, 152 00 Praha 5	08:00 - 20:00	10:02	10:13	5,9	197
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	10:49	-	39,2	-

Zdroj: vlastní zpracování

V následující tabulce č. 11 je znázorněno 5 zákazníků nacházejících se na západě Prahy, kteří jsou součástí rozvozové trasy č. 7. Tato trasa o délce 71,7 km bude absolvována řidičem v nákladním vozidle Iveco Daily 35S12 Maxi s kapacitou 1 300 kg. Jelikož celková hmotnost rozváženého zboží činí 1 245 kg, tak je nákladní vozidlo naplněno z 96 %. Na dokončení této trasy je potřeba 166 minut.

Tabulka 11: Cargo Care – 7. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	09:15	-	1 245
62	U Cihelny 187, 252 19 Chrášťany	08:00 - 14:00	09:46	09:57	29,3	180
51	Řevnická 121/1, 155 21 Zličín	09:00 - 16:00	10:04	10:15	4,6	169
4	Bronzová, 155 00 Praha 13	10:30 - 16:00	10:31	10:46	6,0	328
28	Mukařovského 1985, 155 00 Praha 13	10:00 - 20:00	10:53	11:04	1,0	256
79	Žufanova 1714/28, 163 00 Praha 17	09:30 - 17:00	11:16	11:31	4,5	312
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	12:01	-	26,3	-

Zdroj: vlastní zpracování

Poslední okruh o délce 101,9 km obsahuje 7 zákazníků, kteří sídlí na Praze 4, 5 a 13. K těmto zákazníkům jsou rozváženy objednávky s celkovou hmotností 1 240 kg nákladním vozidlem Iveco Daily 35S12 Maxi s kapacitou 1 300 kg. Nákladní vozidlo je naplněno z 95 %. K dokončení okruhu je vyžadováno 232 minut.

Tabulka 12: Cargo Care – 8. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	14:00	-	1 240
56	Slivenecká 151/50, 152 00 Praha 5	14:30 - 19:30	14:44	14:59	39,4	320
40	Pikovická 869, 147 00 Praha 4	14:00 - 17:00	15:08	15:19	3,9	223
5	Butovická 592/35, 158 00 Praha 5	15:00 - 20:30	15:34	15:45	8,5	185
70	Vltavská 787/8, 150 00 Praha 5	14:00 - 20:00	15:56	16:07	4,9	192
2	Armády 245, 155 00 Praha 13	14:00 - 17:00	16:24	16:35	7,7	154
52	Siemensova 2716, 155 00 Praha 13	14:00 - 18:00	16:42	16:53	2,3	93
1	Archeologická 2636/3, 155 00 Praha 13	17:00 - 23:59	17:02	17:13	2,5	73
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	17:52	-	32,7	-

Zdroj: vlastní zpracování

4.5 Optimalizace rozvozových tras

Před možnou optimalizací rozvozových tras u společnosti Cargo Care s.r.o. je nejprve potřeba vytvořit matici vzdáleností a časovou matici.

4.5.1 Tvorba matic

Matice vzdáleností obsahuje vzdálenost udávané v kilometrech mezi každou dvojicí adres obsažených v seznamu objednávek. K vyhledání jednotlivých nejkratších vzdáleností mezi dvojicí míst je využit webový portál mapy.cz. Matice obsahuje celkem 80 míst, tedy 79 zákazníků a skladu společnosti Cargo Care s.r.o., který je počátečním bodem každé trasy. Matice vzdáleností je symetrická, což znamená, že vzdálenost mezi zákazníkem č. 1 a zákazníkem č. 2 je stejná jako vzdálenost od zákazníka č. 2 k zákazníkovi č. 1. Výsledná matice vzdáleností má rozsah 80 x 80 a je uvedena v příloze č. 2. Část matice je zobrazena v následující tabulce č. 13.

Tabulka 13: Matice vzdáleností

	S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...
S	0	32,7	33,3	101,8	33,6	34,3	67,9	25,9	38,8	86,6	...
1	32,7	0	2,2	78,0	0,3	3,0	45,9	5,1	10,2	60,7	...
2	33,3	2,2	0	80,4	2,1	2,5	45,7	4,9	11,1	63,0	...
3	101,8	78,0	80,4	0	77,6	74,3	42,7	80,1	72,3	24,6	...
4	33,6	0,3	2,1	77,6	0	2,9	46,2	5,4	10,5	61,0	...
5	34,3	3,0	2,5	74,3	2,9	0	47,4	6,6	10,2	60,4	...
6	67,9	45,9	45,7	42,7	46,2	47,4	0	46,2	52,4	22,3	...
7	25,9	5,1	4,9	80,1	5,4	6,6	46,2	0	17,8	66,3	...
8	38,8	10,2	11,1	72,3	10,5	10,2	52,4	17,8	0	58,6	...
9	86,6	60,7	63,0	24,6	61,0	60,4	22,3	66,3	58,6	0	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0

Zdroj: vlastní zpracování

Kromě matice vzdáleností je k řešení problému potřeba vytvořit i časovou matici. Časová matice udává dobu jízdy v minutách mezi každou dvojicí adres obsažených v seznamu objednávek. K vyhledání nejkratší doby jízdy mezi dvojicí míst je stejně jako u matice vzdáleností použit webový portál mapy.cz. Výsledná časová matice je také symetrická a má rozsah 80 x 80. Matice je uvedena v příloze a níže je zobrazena část časové matice.

Tabulka 14: Časová matice

	S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...
S	0	30	28	89	29	32	48	21	31	67	...
1	30	0	4	58	2	6	33	9	17	42	...
2	28	4	0	58	5	6	32	8	17	42	...
3	89	58	58	0	56	56	45	56	53	24	...
4	29	2	5	56	0	5	34	10	15	43	...
5	32	6	6	56	5	0	34	10	14	43	...
6	48	33	32	45	34	34	0	32	37	23	...
7	21	9	8	56	10	10	32	0	17	43	...
8	31	17	17	53	15	14	37	17	0	40	...
9	67	42	42	24	43	43	23	43	40	0	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0

Zdroj: vlastní zpracování

4.5.2 Sestavení okruhů

Po vytvoření matic je již možné přejít k rozdělení zákazníků do jednotlivých okruhů. Sestavení jednotlivých okruhů bude provedeno pomocí Mayerovy metody a vlastní metody. Mayerova metoda bude použita dvěma různými způsoby. Nejprve Mayerova metoda s využitím nákladního vozidla s největší kapacitou po nákladní vozidlo s nejmenší kapacitou. Poté použití Mayerovy metody opačným způsobem, kdy nejprve budou sestavovány okruhy s využitím nákladních vozidel s nejmenší kapacitou po nákladní vozidla s největší kapacitou. Posledním použitým způsobem k rozdělení zákazníků do jednotlivých okruhů bude vlastní metoda založená na práci s mapou, se vstupními daty a intuici.

Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou

Při sestavování prvního okruhu pomocí Mayerovy metody je potřeba nejprve nalézt v matici vzdáleností zákazníka, který se nachází nejdále od skladu společnosti Cargo Care s.r.o. Nejvzdálenější zákazník má ID č. 30 a nachází se v Sedlčanech 106,1 km od skladu společnosti Cargo Care s.r.o. Velikost dopravované objednávky činí 163 kg, tím pádem dostupná kapacita nákladního vozidla Mercedes Atego 1222L s kapacitou 6 000 kg je po zařazení místa č. 30 5 837 kg. Nyní nalezneme dalšího zákazníka, který je umístěn nejbližší od místa č. 30, a tím je místo č. 18 nacházející se v Kamýku nad Vltavou vzdáleném

15,5 km od místa č. 30. K tomuto zákazníkovi bude distribuováno zboží o hmotnosti 143 kg. Dalšími navštívenými místy budou místa č. 20 (349 kg) a č. 19 (214 kg), které se také nacházejí v Kamýku nad Vltavou. Po zahrnutí míst nacházejících se v Kamýku nad Vltavou kapacita vozidla činí 5 131 kg. Nejbližší nenavštívené místo od Kamýku nad Vltavou je vzdálené 14,6 km a je jím místo č. 3 nacházející se v Bohosticích. K zákazníkovi v Bohosticích bude doručováno zboží s celkovou hmotností 384 kg. Následující zákazník, který bude zahrnut do okruhu se nachází v Příbrami a je označen č. 78. Z Bohostic je vzdálený 20,8 km a je k němu rozváženo 298 kg vážící zboží. Nyní bude do okruhu zahrnuto pět zákazníků, kteří se shodně jako zákazník č. 78 vyskytují v Příbrami. Tím prvním je zákazník č. 75 vzdálený 1,2 km se zásilkou o hmotnosti 212 kg. Dalším bude zákazník č. 46, který je vzdálen od předchozího zákazníka 2 km a k němu dovážené zboží váží 426 kg. Následuje zákazník č. 61 s objednávkou o velikosti 192 kg, který se nachází 1,4 km od předchozího zákazníka. Následně je přidán do okruhu zákazník č. 12 ke kterému je distribuováno zboží o hmotnosti 138 kg a poté je zahrnuto do okruhu místo č. 76, které je vzdálené od č. 12 1,1 km. K tomuto zákazníkovi je doručována objednávky vážící 192 kg. Po přidání 6 zákazníků, kteří se vyskytují v Příbrami je zbylá kapacita nákladního vozidla 3 289 kg. Nejbližší nenavštívený zákazník od zákazníka č. 76 je vzdálený 3,2 km a je jím zákazník č. 73 vyskytující se v obci Bohutín. K tomuto zákazníkovi bude dopravováno zboží o hmotnosti 192 kg. Z Bohutína je to nejbližší k zákazníkovi č. 72, který se nalézá ve Vranovicích vzdálených od Bohutína 7,1 km. Velikost objednávky zákazníka č. 72 činí 166 kg. Zbývající kapacita nákladního vozidla po zahrnutí do okruhu zákazníků z Bohutína a Vranovic je 2 931 kg. Po navštívení těchto zákazníků je nejbližším nenavštíveným místem zákazník č. 38 (152 kg), který se nachází v 12,2 km vzdálené Příbrami. Od tohoto zákazníka je to nejbližší k zákazníkovi č. 9 (279 kg), který se také nachází v Příbrami, a to 5,8 km od předchozího zákazníka. Zbývající kapacita vozidla je 2 500 kg. Dalším zákazníkem zahrnutým do okruhu je zákazník č. 37 nalézající se v 6,2 km vzdálené Obecnici. Tento zákazník má objednáno zboží o hmotnosti 128 kg. Nejméně vzdálené místo z Obecnice se nachází v 14,5 km vzdálených Rosovicích, kde k zákazníkovi č. 50 je rozváženo zboží vážící 286 kg. Po přidání předchozích míst do okruhu zůstává k naplnění nákladního vozidla objednávky o velikosti 2 086 kg. Nejbližší z Rosovic je zákazník č. 26, který se vyskytuje v Dobříši vzdálené 5,4 km. Velikost objednávky tohoto zákazníka činí 192 kg. Jen 0,3 km

od zákazníka č. 26 je vzdálen zákazník č. 27 ke kterému má být doručeno zboží o hmotnosti 122 kg. Pouze 0,5 km je vzdálen zákazník č. 35 se zásilkou vážící 192 kg. Nejbliže do zákazníka č. 35 se nachází zákazník č. 64 s objednávkou o váze 360 kg, který je vzdálen 1,9 km. Následující místo č. 31 se nachází 2,4 km od předchozího zákazníka. K jeho doručení je připraveno zboží vážící 307 kg. Dalším nejbližším místem je 5,9 km vzdálený zákazník č. 60 ke kterému je rozváženo 204 kg vážící zboží. Všech pět předchozích zákazníků se nachází v Dobříši a po jejich zahrnutí do okruhu je zbylá kapacita vozidla 709 kg. Z Dobříše je nejbliže vzdálené místo č. 71 nacházející se v 11 km vzdálené Voznici. Do Voznice bude doručeno zboží, které váží 161 kg a po jeho zahrnutí do okruhu zbývá v nákladním vozidla prostor pro zboží o hmotnosti 548 kg. Nejbliže od Voznice se vyskytuje zákazník č. 53 v 8,2 km vzdáleném Mníšku pod Brdy. K tomuto zákazníkovi bude doručena zásilka, která váží 212 kg. Nyní je zbývající kapacita nákladního vozidla 336 kg. Pouze 0,7 km od zákazníka č. 53 se nachází také v Mníšku pod Brdy zákazník č. 55 s objednávkou o velikosti 158 kg. S zařazením předchozího zákazníka do okruhu klesla kapacita nákladního vozidla na 178 kg.

Přidáním nejbližšího místa od zákazníka č. 55, kterým je místo č. 25 nacházející se v Líšnici s velikostí objednávky 330 kg, by byla překročena kapacita vozidla 6 000 kg. Proto je tento okruh uzavřen. Celkem bude v prvním okruhu rozváženo zboží o hmotnosti 5 842 kg k 26 zákazníkům.

Tabulka 15: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – okruh 1

Seznam míst zařazených do okruhu 1	Velikost objednávky
3-9-12-18-19-20-26-27-30-31-35-37-38-46-50-53-55-60-61-64-71-72-73-75-76-78	5 842

Zdroj: vlastní zpracování

Při sestavování dalších okruhů pomocí Mayerovy metody bude vždy nejprve zařazeno do okruhu nejvzdálenější místo od distribučního skladu, a poté je vždy přidáváno do okruhu nejbližší nenavštívené místo, dokud není naplněna kapacita nákladního vozidla.

Druhý okruh tvoří 25 míst nacházejících se v Berouně a Praze. Jejich objednávky o velikosti 5 924 kg bude rozvážena nákladním vozidlem Mercedes Atego 1222L s kapacitou 6 000 kg.

Tabulka 16: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – okruh 2

Seznam míst zařazených do okruhu 2	Velikost objednávky
6-7-8-11-13-16-17-29-34-36-41-42-43-44-51-54-56-57-62-65-66-67-68-74-79	5 924

Zdroj: vlastní zpracování

V sestaveném třetím okruhu je 14 zákazníků, kteří se nalézají v Praze. K těmto zákazníkům je doručováno zboží o hmotnosti 5 954 kg a toto zboží bude naloženo do nákladního vozidla Mercedes Atego 1222L s nosností 6 000 kg.

Tabulka 17: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – okruh 3

Seznam míst zařazených do okruhu 3	Velikost objednávky
1-2-4-5-22-28-32-33-39-45-47-48-52-70	5 954

Zdroj: vlastní zpracování

Do čtvrtého okruhu je zařazeno 11 zákazníků z okolí Českého krasu a Prahy. Při celkové velikosti objednávek 2 856 kg bude k rozvozu použito nákladní vozidlo Iveco Daily 72C18 s kapacitou 3 000 kg.

Tabulka 18: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – okruh 4

Seznam míst zařazených do okruhu 4	Velikost objednávky
14-15-21-24-25-40-49-58-63-69-77	2 856

Zdroj: vlastní zpracování

Poslední okruh Mayerovy metody od vozidla s největší kapacitou tvoří zbylý 3 zákazníci z Prahy a okolí. K těmto zákazníkům bude doručováno zboží o váze 647 kg, proto k jeho doručení je možné využít nákladní vozidla Iveco Daily 35S12 Maxi s nosností 1 300 kg.

Tabulka 19: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – okruh 5

Seznam míst zařazených do okruhu 5	Velikost objednávky
10-23-59	647

Zdroj: vlastní zpracování

Při sestavování okruhů pomocí Mayerovy metody od vozidla s největší kapacitou bylo vytvořeno 5 okruhů.

Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou

Při sestavování okruhů pomocí Mayerovy metody od vozidla s nejmenší kapacitou bude postup podobný s předchozí způsobem rozřazení, jen se budou nejprve naplňovat vozidla s nejmenší kapacitou.

Prvním okruh sestavený Mayerovou metodou od vozidla s nejmenší kapacitou obsahuje 5 míst, které se nachází v okrese Příbram. Tito zákazníci mají objednáno zboží o váze 1 253 kg a k jeho doručení bude využito nákladní vozidla Iveco Daily 35S12 Maxi s nosností 1 300 kg.

Tabulka 20: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 1

Seznam míst zařazených do okruhu 1	Velikost objednávky
3-18-19-20-30	1 253

Zdroj: vlastní zpracování

V sestaveném druhém okruhu je 7 zákazníků, kteří se nalézají v Příbrami a jejím okolí. K těmto zákazníkům je doručováno zboží o hmotnosti 1 244 kg a toto zboží bude naloženo do nákladního vozidla Iveco Daily 35S12 Maxi s nosností 1 300 kg.

Tabulka 21: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 2

Seznam míst zařazených do okruhu 2	Velikost objednávky
12-38-61-72-73-75-76	1 244

Zdroj: vlastní zpracování

Třetí okruh obsahuje 9 zákazníků, kteří jsou z okresu Příbram. K těmto zákazníkům bude distribuováno zboží o celkové hmotnosti 2 127 kg, které je možné naložit do nákladního vozidla Iveco Daily 60C17 s nosností 2 200 kg.

Tabulka 22: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 3

Seznam míst zařazených do okruhu 3	Velikost objednávky
9-26-27-35-37-46-50-60-78	2 127

Zdroj: vlastní zpracování

Dalším postupem v Mayerově metodě je vytvořen čtvrtý okruh se 14 zákazníky a velikostí objednávky 2 949 kg. Na základě velikosti objednávky bude k rozvozu využito nákladní vozidlo Iveco Daily 72C18 s nosností 3 000 kg. Zákazníci v tomto okruhu se nachází v Praze a v okolí Mníšku pod Brdy.

Tabulka 23: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 4

Seznam míst zařazených do okruhu 4	Velikost objednávky
1-4-6-21-25-28-31-51-52-53-55-62-64-71	2 949

Zdroj: vlastní zpracování

Vytvořený pátý okruh má 12 zákazníků, kteří jsou z Prahy a okolí. S celkovou velikostí objednávek 2 973 kg bude k rozvozu použito nákladní vozidlo Iveco Daily 72C18 s kapacitou 3 000 kg.

Tabulka 24: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 5

Seznam míst zařazených do okruhu 5	Velikost objednávky
10-14-15-16-23-24-40-49-58-59-63-69	2 973

Zdroj: vlastní zpracování

S největším počtem 21 zákazníků je sestaven šestý okruh. V tomto okruhu jsou zákazníci z Prahy, ke kterým je distribuováno zboží o váze 4 574 kg. K distribuci bude využito nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L s nosností 6 000 kg.

Tabulka 25: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 6

Seznam míst zařazených do okruhu 6	Velikost objednávky
2-5-7-8-13-22-32-39-41-42-45-47-48-56-57-66-67-70-74-77-79	4 574

Zdroj: vlastní zpracování

Do sedmého okruhu je zařazeno 10 zákazníků nacházejících se v Berouně a jeho okolí. K těmto zákazníkům bude rozváženo zboží s velikostí 2 737 kg. K tomuto rozvozu bude využito nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L s celkovou kapacitou 6 000 kg.

Tabulka 26: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 7

Seznam míst zařazených do okruhu 7	Velikost objednávky
11-17-29-34-36-43-44-54-65-68	2 737

Zdroj: vlastní zpracování

Po sestavení sedmého okruhu chybí zařadit posledního zákazníka. Tento zákazník má největší objednávku, a to objednávku o hmotnosti 3 366 kg. Z důvodu velikosti objednávky nemohl být zařazen do předchozího okruhu, jelikož by došlo k překročení vozidla o 103 kg. Proto je nutné vytvořit poslední okruh se zbylým zákazníkem č. 33. Tento zákazník se nachází v Praze 5 a bude k němu doručováno zboží v nákladním vozidle Mercedes Atego 1222L s nosností 6 000 kg.

Tabulka 27: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – okruh 8

Seznam míst zařazených do okruhu 8	Velikost objednávky
33	3 366

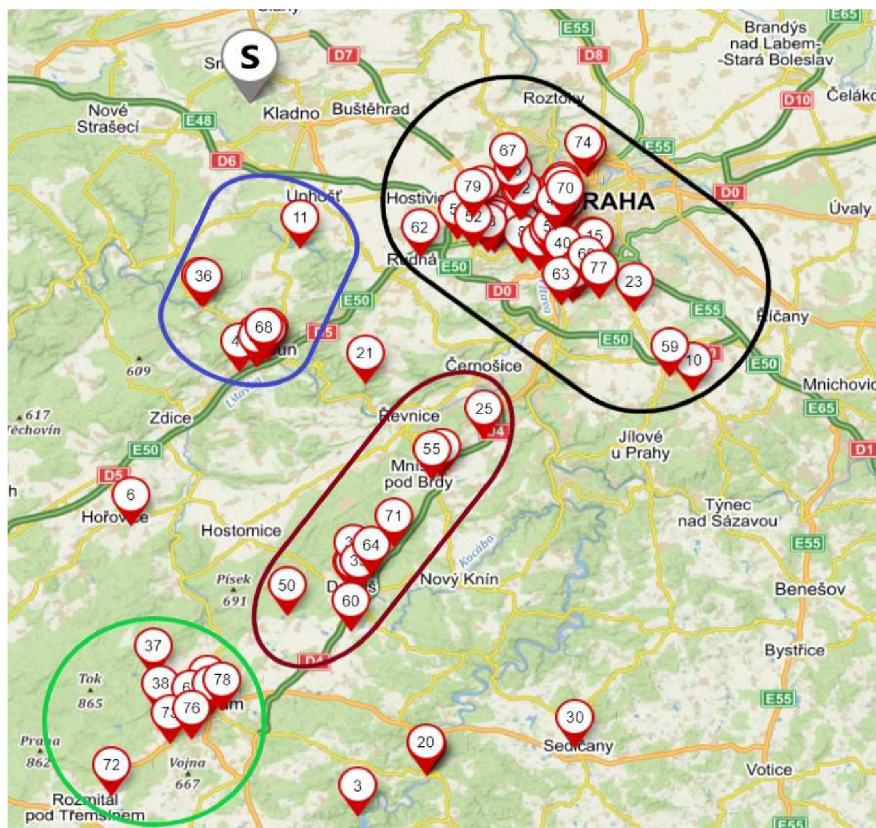
Zdroj: vlastní zpracování

Vlastní metoda

Při sestavování okruhů pomocí vlastní metody je využívána především práce s mapou, dále přehled o vstupních datech a intuitivní rozhodování. Prvním krokem v této metodě je vyznačení všech zákazníků a skladu v mapě. K tomu je použit webový portál mapy.cz. Po vyznačení všech míst, které jsou zahrnuty v řešení problému, dochází k rozdělení míst

do 4 oblastí na základě blízké vzdálenosti. Vyznačené 4 oblasti jsou zobrazeny v níže uvedeném obrázku č. 9.

Obrázek 9: Vlastní metoda



Zdroj: vlastní zpracování z mapy.cz

Tyto 4 oblasti jsou pojmenovány na základě měst, ve kterých se vyskytuje největší počet zákazníků. Černou barvou je vyznačena oblast Praha, modrou barvou je vyznačena oblast Beroun, vínovou barvou je vyznačena oblast Dobruška a zelenou barvou je vyznačena oblast Příbram. Jak je možné vyčíst z obrázku, tak všechna místa nebyla zahrnuta do 4 výše zmíněných oblastí. Tato místa byla vynechána na základě nejistoty, kam je zařadit pouze podle znázornění v mapě a budou rozřazena na základě informací ze vstupních dat.

Nejprve bude zařazen do jedné z oblastí zákazník č. 21 nacházející se na Karlštejně. U tohoto zákazníka jsou dvě možnosti jeho zařazení, a to buď do oblasti Beroun nebo Dobruška. Na základě časového okna, které je mezi 8:00 a 10:00 a umístění Karlštejnu až za oblastí Beroun je zákazník č. 21 přiřazen do oblasti Dobruška. Pokud by byl zařazen do oblasti Beroun, tak by se při cestě k tomuto zákazníkovi zvýšila v tomto okruhu ujetá vzdálenost, jelikož se nachází dále od skladu než ostatní místa v této oblasti. Zároveň se dá předpokládat z důvodu

brzkého časového okna, že by mohlo dojít k obslužení tohoto místa při cestě do oblasti Dobříš. Z těchto důvodů je zákazník č. 21 přiřazen do oblasti Dobříš.

Dalším místem, které bude přiřazeno je místo č. 6 nacházející se v Hořovicích. Tento zákazník je z podobných důvodů jako u předešlého zákazníka zařazen do oblasti Příbram. Pokud by byl přiřazen do oblasti Beroun došlo by jako u zákazníka č. 21 k navýšení ujeté vzdálenosti v tomto okruhu. Vzhledem k časovému oknu od 8:00 až do 18:00 by mělo dojít k bezproblémovému obslužení tohoto místa v rámci oblasti Příbram.

Dále je nutné zařadit do některé z oblastí zákazníka č. 3, který se nachází v Bohoticích. Z pouhého pohledu na mapu nelze určit do které oblasti má toto místo blíže. Proto je k určení oblasti použita matice vzdáleností, z které lze zjistit, že nejbližším místem k zákazníkovi č. 3 z vytvořených oblastí je místo č. 78 nacházející se v Příbrami. Z tohoto důvodu je tento zákazník přiřazen do oblasti Příbram.

Dalšími zákazníky, které je potřeba zahrnout do jedné z oblastí, jsou zákazníci č. 18, 19 a 20 vyskytující se v Kamýku nad Vltavou. K jejich přiřazení bude také použita matice vzdáleností. Na základě údajů z matice vzdáleností mají zákazníci z Kamýku nad Vltavou vzdálenostně nejbliže k zákazníkovi č. 60, který spadá do oblasti Dobříš. Z tohoto důvodu budou tito zákazníci do této oblasti zařazeni.

Posledním nepřijíženým místem je zákazník č. 30 ze Sedlčan. Zákazník č. 30 je vzdálen 106,1 km od skladu, čímž se jedná o nejvzdálenějšího zákazníka. Tento zákazník se nachází daleko od všech oblastí. V úvahu připadá přiřazení buď do oblasti Příbram nebo do Dobříš. Na základě přiřazení zákazníků z Kamýku nad Vltavou do oblasti Dobříš, kteří jsou nejbliže k tomuto zákazníkovi, a také vzhledem k časovému oknu, které začíná v 13:30 a končí až v 17:30, se zdá nejlepším řešením přiřadit toto místo do oblasti Dobříš.

Po zařazení posledního místa do oblastí vznikly 3 konečné okruhy. Prvním je okruh v oblasti Berouna. Tento okruh obsahuje 10 zákazníků s celkovou velikostí objednávek 2 737 kg. Na základě této skutečnosti bude k obslužení těchto míst využito nákladní vozidlo Iveco Daily 72C18 s celkovou kapacitou 3 000 kg. Seznam míst je zobrazen v následující tabulce č. 28.

Tabulka 28: Vlastní metoda – okruh 1

Seznam míst zařazených do okruhu 1	Velikost objednávky
11-17-29-34-36-43-44-54-65-68	2 737

Zdroj: vlastní zpracování

Druhým sestavený okruh se nachází v oblasti Dobříš. Obsahuje celkem 16 zákazníků ke kterým bude rozváženo zboží o hmotnosti 3 605 kg. Na základě velikosti objednávek bude k rozvozu použito nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L s celkovou kapacitou 6 000 kg. Seznam všech zákazníků, kteří jsou přiřazeni do tohoto okruhu je zobrazen v tabulce č. 29 níže.

Tabulka 29: Vlastní metoda – okruh 2

Seznam míst zařazených do okruhu 2	Velikost objednávky
18-19-20-21-25-26-27-30-31-35-50-53-55-60-64-71	3 605

Zdroj: vlastní zpracování

Třetí okruh obsahuje 13 zákazníků, kteří byli zařazeni do oblasti Příbram. K těmto zákazníkům bude distribuováno zboží o celkové hmotnosti 2 869 kg, které je možné naložit do nákladního vozidla Iveco Daily 72C18 s nosností 3 000 kg.

Tabulka 30: Vlastní metoda – okruh 3

Seznam míst zařazených do okruhu 3	Velikost objednávky
3-6-9-12-37-38-46-61-72-73-75-76-78	2 869

Zdroj: vlastní zpracování

V největší oblasti Praha je zařazeno 40 zákazníků s celkovou velikostí objednávek 12 012 kg. Z důvodu velikosti objednávek není možné obsloužit tuto oblast jedním nákladním vozidlem, a proto bude nutné oblast rozdělit minimálně do 2 okruhů.

Prvním krokem k sestavení okruhů je rozčlenění zákazníků na základě časových oken. Ze všech zákazníků nacházejících se v této oblasti jsou vybráni zákazníci, ke kterým je možné rozvážet zboží až v odpoledních hodinách. Tím dojde k vytvoření odpoledního okruhu. Jsou v něm zahrnuti zákazníci, jejichž časové okno začíná po 14 hodině. Celkový

počet zákazníků se začátkem časového okna po 14 hodině je 9 a celková velikost objednávek činí 1 797 kg. Jedním z míst, které je součástí tohoto okruhu, je místo č. 59 nacházející se v Psárech jihovýchodně za Prahou. Jak je možné vidět na obrázku č. 9 v blízkosti tohoto zákazníka se nachází zákazník č. 10. Časové okno u tohoto zákazníka začíná v 9:00 a končí v 18:00, tím pádem nezapadá do odpoledního okruhu. Ale vzhledem k umístění zákazníka v blízkosti zákazníka č. 59 a koncem časového okna až v 18:00 bude nejlepším řešením zařazení zákazníka č. 10 do tohoto okruhu. Tím je vytvořen čtvrtý okruh s 10 zákazníky a velikostí objednávky 2 105 kg. Na základě velikosti objednávky bude k rozvozu využito nákladní vozidla Iveco Daily 60C17 s nosností 2 200 kg.

Tabulka 31: Vlastní metoda – okruh 4

Seznam míst zařazených do okruhu 4	Velikost objednávky
1-2-5-10-40-52-56-59-69-70	2 105

Zdroj: vlastní zpracování

K přiřazení do okruhů zbývá v oblasti Praha 30 zákazníků s celkovou velikostí objednávek 9 907 kg. Další okruh bude vytvořen poblíž místa č. 33, které se nachází na Praze 5 a s velikostí objednávky 3 366 kg se jedná o největší zásilku k jednotlivému zákazníkovi v celém seznamu objednávek. Jelikož má tato objednávka více než 3 000 kg bude tento okruh obslužen nákladním vozidlem Mercedes Atego 1222L s nosností 6 000 kg. Nejlepším řešením na základě seznamu objednávek je přiřazení do okruhu k zákazníkovi č. 33 všechny zákazníky, kteří se také nachází na Praze 5. Tím vznikne okruh s 12 zákazníky a celkovou velikostí objednávek 5 605 kg. Seznam zákazníků v pátém okruhu je znázorněn v tabulce č. 32.

Tabulka 32: Vlastní metoda – okruh 5

Seznam míst zařazených do okruhu 5	Velikost objednávky
8-16-22-32-33-39-41-42-45-47-48-57	5 605

Zdroj: vlastní zpracování

V oblasti Praha zbývá k rozřazení 18 zákazníků s celkovou velikostí objednávek 4 302 kg. Na základě velikosti objednávek je možné těchto 18 zákazníků obslužit zbylým

nákladním vozidlem Mercedes Atego 1222L s kapacitou 6 000 kg. Seznam všech 18 zákazníků v šestém okruhu je zobrazen v tabulce č. 33.

Tabulka 33: Vlastní metoda – okruh 6

Seznam míst zařazených do okruhu 6	Velikost objednávky
4-7-13-14-15-23-24-28-49-51-58-62-63-66-67-74-77-79	4 302

Zdroj: vlastní zpracování

4.5.3 Výpočet okruhů

Po sestavení jednotlivých okruhů lze již přejít k jejich optimalizaci. Optimalizace jednotlivých okruhů bude provedena pomocí statické úlohy obchodního cestujícího s časovými okny, který byla detailně popsána v teoretické části. K řešení úloh obchodního cestujícího s časovými okny bude použit software OpenSolver. V softwaru OpenSolver bude stanovena doba výpočtu jednoho okruhu na 5 minut z důvodu omezení doby výpočtu. Nejprve budou optimalizovány okružní trasy, které byly sestaveny pomocí Mayerovy metody od vozidla s největší kapacitou. Následně budou optimalizovány okruhy sestavené pomocí Mayerovy metody od vozidla s nejmenší kapacitou a na závěr budou optimalizovány okružní trasy, které byly vytvořeny vlastní metodou.

Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou

K výpočtu prvního okruhu byl zapotřebí celý stanovený limit 5 minut a bylo nalezeno pouze přípustné řešení o délce 513,5 km, které se skládá z 26 zákazníků. Tito zákazníci se převážně nachází v okrese Příbram. K těmto zákazníkům je rozváženo zboží o hmotnosti 5 842 kg v nákladním voze Mercedes Atego 1222L s kapacitou 6 000 kg, což značí, že kapacita vozu je využita z 97 %. K absolvování této trasy řidič potřebuje 794 minut z toho 1 minutu bude čekat před obslužením zákazníka č. 3.

Tabulka 34: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – 1. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	06:30	-	5 842
3	Bohostice 98, 262 31	08:00 - 15:00	08:00	08:15	101,8	384
9	Evropská ul. (směr Příbram), 262 01 Příbram	08:00 - 20:00	08:39	08:50	24,6	279
75	Zahradnická 74, 261 01 Příbram	08:00 - 14:00	08:54	09:05	2,8	212
53	sjezd z D4, 252 10 Mníšek pod Brdy	08:00 - 20:00	09:26	09:37	30,5	212
71	Voznice 29, 263 01	06:00 - 10:30	09:43	09:54	8,2	161
61	Šemberova 65, 261 01 Příbram	10:00 - 18:00	10:12	10:23	27,3	192
73	Vysoká Pec 64, 262 41 Bohutín	10:00 - 20:00	10:26	10:37	2,9	192
60	Svaté Pole 13, 263 01 Dobříš	09:00 - 13:00	10:55	11:06	21,3	204
31	Na Vlašce 1947, 263 01 Dobříš	11:00 - 18:00	11:15	11:26	5,9:	307
64	U Kodetky 1810, 263 01 Dobříš	07:00 - 13:00	11:30	11:45	2,4	360
26	Mírové nám. 230, 263 01 Dobříš	11:00 - 20:00	11:51	12:02	2,6	192
27	Mírové nám. 37, 263 01 Dobříš	11:00 - 15:00	12:04	12:15	0,3	122
35	nám. Svobody 2, 263 01 Dobříš	10:00 - 16:00	12:16	12:27	0,5	192
37	Obecnice 126, 262 21	11:00 - 18:00	12:50	13:01	20,6	128
46	Politických vězňů 301, 261 01 Příbram	09:00 - 14:00	13:10	13:25	7,3	426
12	Jana Drdy 528, 261 02 Příbram	08:00 - 20:00	13:28	13:39	1,6	138
72	Vranovice 35, 262 42	13:00 - 16:00	13:49	14:00	9,4	166
76	Zdabořská 61, 261 01 Příbram	14:00 - 19:00	14:11	14:22	10,3	192
30	Na Severním sídlišti I 1071, 264 01 Sedlčany	13:30 - 17:30	14:56	15:07	35,4	163
55	Skalecká 124, 252 10 Mníšek pod Brdy	14:00 - 18:00	15:44	15:55	32,7	178
50	Rosovice 302, 263 01	10:00 - 20:00	16:16	16:27	22,4	286

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
78	Žižkova 326, 261 01 Příbram	14:00 - 20:00	16:46	17:01	11,5	298
38	Orlov 79, 261 01 Příbram	13:00 - 19:00	17:09	17:20	5,5	152
18	Kamýk nad Vltavou 213, 262 63	08:00 - 20:00	17:46	17:57	25,9	143
19	Kamýk nad Vltavou 28, 262 63	10:00 - 20:00	17:57	18:08	1,6	214
20	Kamýk nad Vltavou 32, 262 63	14:00 - 20:00	18:09	18:20	1,1	349
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	19:44	-	97,1	-

Zdroj: vlastní zpracování

U druhého okruhu bylo nalezeno optimální řešení během 35 vteřin. Řešením je okruh o celkové délce 255,4 km. Součástí tohoto okruhu je 25 zákazníků nacházejících se v okrese Beroun a v západní části Prahy. Celková velikost objednávek 25 zákazníků činí 5 954 kg. K rozvozu těchto objednávek využije řidič nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L s nosností 6 000 kg. Nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L je v tomto případě využito téměř ze 100 %. Celý rozvoz lze provést během 486 minut.

Tabulka 35: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – 2. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	07:15	-	5 954
66	U Vojtěšky 11, 162 00 Praha 6	06:00 - 12:00	07:41	07:52	28,8	467
68	V Plzeňské bráně 1, 266 01 Beroun	07:00 - 14:00	07:54	08:05	29,9	142
44	Plzeňská 475, 266 01 Králův Dvůr	08:00 - 12:00	08:10	08:25	3,5	461
43	Plzeňská 441, 266 01 Beroun	08:00 - 12:00	08:28	08:48	1,7	640
54	sjezd z D5, 266 01 Beroun	08:00 - 20:00	08:50	09:05	0,7	301
6	Cihlářská 1384/9, 268 01 Hořovice	08:00 - 18:00	09:22	09:33	21,8	110
34	nájezd na dálnici D5 1621, 266 01 Beroun	08:00 - 20:00	09:50	10:01	22,2	193
29	Na Příkopě 1/6, 266 01 Beroun	09:00 - 17:00	10:05	10:16	1,8	153

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
65	U Stadionu 486, 266 01 Beroun	07:00 - 13:00	10:18	10:29	0,8	273
17	K Nádraží 379, 267 05 Nižbor	09:00 - 18:00	10:41	10:52	9,3	192
36	Nižbor 206, 267 05	09:00 - 11:00	10:53	11:05	0,3	215
11	Chyňava 398, 266 01	11:00 - 22:00	11:06	11:17	12,7	167
51	Řevnická 121/1, 155 21 Zličín	09:00 - 16:00	11:39	11:50	16,7	169
62	U Cihelny 187, 252 19 Chrástřany	08:00 - 14:00	11:58	12:09	4,6	180
74	Výstaviště 415, 170 00 Praha 7	12:00 - 19:00	12:12	12:23	19,6	134
13	Janovského 919/36, 170 00 Praha 7	10:00 - 16:00	12:29	12:40	1,6	224
79	Žufanova 1714/28, 163 00 Praha 17	09:30 - 17:00	12:42	12:57	10,7	312
7	Čistovická 353, 163 00 Praha 17	11:00 - 17:00	12:59	13:10	1,0	192
67	V Kruhu 220/2, 160 00 Praha 6	13:00 - 19:00	13:21	13:32	6,2	147
42	Plzeňská - směr z centra, 150 00 Praha 5	08:00 - 20:00	13:44	13:55	7,1	296
41	Plzeňská - směr do centra, 150 00 Praha 5	08:00 - 20:00	13:56	14:07	1,9	183
57	Slivenecká 92/7, 152 00 Praha 5	10:00 - 15:00	14:19	14:30	8,1	122
56	Slivenecká 151/50, 152 00 Praha 5	14:30 - 19:30	14:31	14:46	0,7	320
8	Do Klukovic 305, 152 00 Praha 5	12:00 - 18:00	14:52	15:03	2,4	164
16	K Barrandovu 1133/6, 152 00 Praha 5	08:00 - 20:00	15:07	15:18	2,1	197
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	15:48	-	39,2	-

Zdroj: vlastní zpracování

Při výpočtu třetího okruhu bylo zapotřebí 5 minut a bylo nalezeno pouze přípustné řešení. Toto řešení okruhu obsahuje 14 zákazníků, kteří se nachází na Praze 5 a 13. Celková ujetá vzdálenost v tomto okruhu činí 120,1 km a řidič k jeho dokončení potřebuje 359 minut. Z 359 minut absolvuje 18 minut čekáním před obsluhou zákazníka č. 52 a čekáním 45 minut před obsluhou zákazníka č. 1. K zákazníkům je přepravováno zboží o celkové hmotnosti

5 924 kg nákladním vozidlem Mercedes Atego 1222L s kapacitou 6 000 kg. Kapacita nákladního vozidla je využita z 99 %.

Tabulka 36: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – 3. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	11:15	-	5 924
33	Nádražní 53, 150 00 Praha 5	06:00 - 12:00	11:50	12:25	43,5	3366
39	Peroutkova 1212, 150 00 Praha 5	10:00 - 23:00	12:31	12:42	4,2	256
47	Preslova 1268, 150 00 Praha 5	11:00 - 19:00	12:48	12:59	2,9	192
45	Plzeňská 8, 150 00 Praha 5	08:00 - 14:00	13:04	13:15	1,8	268
28	Mukařovského 1985, 155 00 Praha 13	10:00 - 20:00	13:28	13:39	8,3	256
52	Siemensova 2716, 155 00 Praha 13	14:00 - 18:00	14:00	14:11	1,8	93
4	Bronzová, 155 00 Praha 13	10:30 - 16:00	14:16	14:31	2,8	328
32	Nádražní 24, 150 00 Praha 5	11:00 - 17:00	14:45	14:56	8,4	235
70	Vltavská 787/8, 150 00 Praha 5	14:00 - 20:00	14:59	15:10	1,4	192
22	Kořenského 753, 150 00 Praha 5	11:00 - 22:00	15:11	15:22	0,9	192
48	Radlická 2070, 150 00 Praha 5	11:00 - 17:00	15:27	15:38	2,5	134
5	Butovická 592/35, 158 00 Praha 5	15:00 - 20:30	15:43	15:54	4,2	185
2	Armády 245, 155 00 Praha 13	14:00 - 17:00	16:00	16:11	2,5	154
1	Archeologická 2636/3, 155 00 Praha 13	17:00 - 23:59	17:00	17:11	2,2	73
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	17:41	-	32,7	-

Zdroj: vlastní zpracování

Při výpočtu čtvrtého okruhu byl také zapotřebí celý stanovený limit 5 minut a opět bylo nalezeno pouze přípustné řešení. Čtvrtá okružní trasu tvoří 11 zákazníků, kteří se nalézají v Praze a v okolí Českého krasu. Řidič při absolvování této trasy ujede 157,9 km a dokončení trasy trvá 355 minut. Z celkové doby 355 minut stráví 8 minut čekáním před obsluhou zákazníka č. 77 a 47 minut čekáním před obsluhou zákazníka č. 69. Celková

hmotnost přepravovaného zboží je 2 856 kg a je k jeho přepravě využito nákladní vozidlo Iveco Daily 72C18 s kapacitou 3 000 kg. Kapacita vozidla je využita z 95 %.

Tabulka 37: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – 4. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	09:15	-	2 856
21	Karlštejn 130, 267 18	08:00 - 10:00	09:58	10:10	50,2	192
25	Líšnice 201, 252 10	08:00 - 20:00	10:34	10:49	18,8	330
14	Jižní Spojka (směr, Praha 4), 140 02 Praha	08:00 - 20:00	11:11	11:26	21,9	446
15	Jižní spojka (směr Praha 9), 140 00 Praha 4	08:00 - 20:00	11:33	11:44	7,5	244
77	Zelenkova 530/3, 140 00 Praha 12	12:00 - 18:00	12:00	12:11	4,8	205
49	Rakovského 3136/2, 143 00 Praha 12	08:00 - 14:00	12:15	12:26	2,6	138
63	U Kina 44, 143 00 Praha 12	10:00 - 17:00	12:30	12:41	2,4	325
58	Sofijské nám. 3401/5, 143 00 Praha 12	11:00 - 18:00	12:44	12:55	1,3	195
24	Lhotecká 169, 143 00 Praha 12	08:00 - 20:00	12:59	13:10	1,9	174
69	Ve Lhotce 1045/9, 142 00 Praha 4	14:00 - 20:00	14:00	14:15	1,2	384
40	Pikovická 869, 147 00 Praha 4	14:00 - 17:00	14:21	14:32	3,4	223
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	15:10	-	41,9	-

Zdroj: vlastní zpracování

U pátého okruhu došlo k nalezení optimálního řešení během 1 vteřiny. Optimální řešení u okruhu se 3 zákazníky lze řidičem obsloužit za 137 minut. Celková trasa měří 127,9 km. Velikost objednávek těchto 3 zákazníků je 647 kg. K rozvozu objednávky o této hmotnosti lze využít nákladní vozidlo Iveco Daily 35S12 Maxi s kapacitou 1 300 kg. Toto nákladní vozidlo bude naplněno z 50 %.

Tabulka 38: Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou – 5. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	14:30	-	647
10	Hlavní 813, 251 68 Sulice-Hlubočinka	09:00 - 18:00	15:10	15:25	54,2	308
23	Kunratická spojka 1169/1, 140 00 Praha 4	08:00 - 16:00	15:35	15:46	10,6	166
59	Sportovců 209, Dolní Jirčany, 252 44 Psáry	15:00 - 21:00	15:56	16:07	9,8	173
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	16:47	-	53,3	-

Zdroj: vlastní zpracování

Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou

K nalezení optimálního řešení prvního okruhu vytvořeného Mayerovou metodou od vozidla s nejmenší kapacitou byla potřeba necelá 1 vteřina. Tento okruh obsahuje 5 zákazníků nacházejících se v okrese Příbram. Celková vzdálenost prvního okruhu je 241,8 km. Na dokončení rozvozu potřebuje řidič 232 minut a využije k tomu nákladní vozidlo Iveco Daily 35S12 Maxi s kapacitou 1 300 kg, jelikož hmotnost všech objednávek je 1 253 kg. Kapacita vozidla je naplněna z 96 %.

Tabulka 39: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 1. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	12:30	-	1 253
3	Bohostice 98, 262 31	08:00 - 15:00	13:38	13:53	101,8	384
20	Kamýk nad Vltavou 32, 262 63	14:00 - 20:00	14:09	14:20	15,3	349
18	Kamýk nad Vltavou 213, 262 63	08:00 - 20:00	14:21	14:32	1,3	143
19	Kamýk nad Vltavou 28, 262 63	10:00 - 20:00	14:32	14:43	1,6	214
30	Na Severním sídlišti I 1071, 264 01 Sedlčany	13:30 - 17:30	15:00	15:11	15,7	163
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	16:22	-	106,1	-

Zdroj: vlastní zpracování

Do druhé okružní trasy je zařazeno 7 zákazníků z Příbrami a okolí. K výpočtu optimálního řešení této okružní trasy je potřeba 1 vteřina. Řidič při rozvozu zboží o velikosti 1 244 kg s nákladním vozidlem Iveco Daily 35S12 Maxi s nosností 1 300 kg ujede 206,8 km. Nákladní vozidlo je při rozvozu naplněno z 96 %. K dokončení rozvozu řidič potřebuje 229 minut.

Tabulka 40: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 2. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	12:45	-	1 244
75	Zahradnická 74, 261 01 Příbram	08:00 - 14:00	13:43	13:54	87,9	212
76	Zdabořská 61, 261 01 Příbram	14:00 - 19:00	14:00	14:11	3,1	192
61	Šemberova 65, 261 01 Příbram	10:00 - 18:00	14:14	14:25	1,9	192
12	Jana Drdy 528, 261 02 Příbram	08:00 - 20:00	14:27	14:38	1,5	138
73	Vysoká Pec 64, 262 41 Bohutín	10:00 - 20:00	14:41	14:52	2,3	192
72	Vranovice 35, 262 42	13:00 - 16:00	14:58	15:09	7,1	166
38	Orlov 79, 261 01 Příbram	13:00 - 19:00	15:23	15:34	12,2	152
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	16:34	-	90,8	-

Zdroj: vlastní zpracování

Jako u předchozích dvou tras i u třetí okružní trasy je optimální řešení nalezeno do 1 vteřiny. V této trasy je obslouženo 9 zákazníků z okresu Příbram. Při obsloužení všech zákazníků, kteří jsou součástí této trasy, řidič urazí 194,3 km. Na dokončení této trasy si musí vyhradit 285 minut. K obsloužení této trasy řidič využije nákladní vozidlo Iveco Daily 60C17 s celkovou kapacitou 2 200 kg, jelikož velikost objednávek 9 zákazníků činí 2 127 kg. Nákladní vozidla je využito z 97 %.

Tabulka 41: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 3. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	10:45	-	2 127
26	Mírové nám. 230, 263 01 Dobříš	11:00 - 20:00	11:47	11:58	70,1	192
35	nám. Svobody 2, 263 01 Dobříš	10:00 - 16:00	12:01	12:12	0,8	192
27	Mírové nám. 37, 263 01 Dobříš	11:00 - 15:00	12:13	12:24	0,5	122
60	Svaté Pole 13, 263 01 Dobříš	09:00 - 13:00	12:28	12:39	3,7	204
50	Rosovice 302, 263 01	10:00 - 20:00	12:45	12:56	5,7	286
37	Obecnice 126, 262 21	11:00 - 18:00	13:12	13:23	14,5	128
9	Evropská ul. (směr Příbram), 262 01 Příbram	08:00 - 20:00	13:30	13:41	6,2	279
46	Politických vězňů 301, 261 01 Příbram	09:00 - 14:00	13:45	14:00	4,0	426
78	Žižkova 326, 261 01 Příbram	14:00 - 20:00	14:05	14:20	2,9	298
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	15:30	-	85,9	-

Zdroj: vlastní zpracování

Při optimalizaci čtvrtého okruhu bylo nalezeno pouze přípustné řešení, jehož doba výpočtu byla 5 minut. Součástí tohoto okruhu je 14 zákazníků z okolí Mníšku pod Brdy či Prahy. K těmto zákazníkům je doručováno zboží o hmotnosti 2 949 kg, proto k doručení řidič použije nákladní vozidlo Iveco Daily 72C18 s celkovou nosností 3 000 kg. Celková nosnost nákladního vozidla bude využita z 98 %. Při doručení zboží řidič urazí 390,6 km a potřebuje k tomu 519 minut. Z celkové doby obsluhy trasy stráví 10 minut čekáním před obslužením posledního zákazníka č. 1.

Tabulka 42: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 4. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	09:00	-	2 949
21	Karlštejn 130, 267 18	08:00 - 10:00	09:43	09:55	50,2	192
71	Voznice 29, 263 01	06:00 - 10:30	10:22	10:33	27,2	161
28	Mukařovského 1985, 155 00 Praha 13	10:00 - 20:00	11:00	11:11	39,9	256
64	U Kodetky 1810, 263 01 Dobříš	07:00 - 13:00	11:40	11:55	42,1	360
31	Na Vlašce 1947, 263 01 Dobříš	11:00 - 18:00	12:00	12:11	2,4	307
6	Cihlářská 1384/9, 268 01 Hořovice	08:00 - 18:00	12:39	12:50	25,5	110
51	Řevnická 121/1, 155 21 Zličín	09:00 - 16:00	13:20	13:31	42,7	169
62	U Cihelny 187, 252 19 Chrášťany	08:00 - 14:00	13:39	13:50	4,6	180
53	sjezd z D4, 252 10 Mníšek pod Brdy	08:00 - 20:00	14:25	14:36	32,6	212
55	Skalecká 124, 252 10 Mníšek pod Brdy	14:00 - 18:00	14:39	14:50	0,7	178
4	Bronzová, 155 00 Praha 13	10:30 - 16:00	15:17	15:32	31,6	328
25	Lišnice 201, 252 10	08:00 - 20:00	15:57	16:12	25,3	330
52	Siemensova 2716, 155 00 Praha 13	14:00 - 18:00	16:35	16:46	30,6	93
1	Archeologická 2636/3, 155 00 Praha 13	17:00 - 23:59	17:00	17:11	2,5	73
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	17:41	-	32,7	-

Zdroj: vlastní zpracování

Do pátého okruhu bylo pomocí Mayerovy metody zařazeno 12 zákazníků z Prahy a jejího okolí. Optimální řešení tohoto okruhu bylo nalezeno za necelé 3 vteřiny. Výslednou trasu tohoto okruhu lze absolvovat za 265 minut. Celková trasa tohoto okruhu měří 141,5 km. Při rozvozu této trasy je využito nákladní vozidlo Iveco Daily 72C18 s celkovou kapacitou 3 000 kg. Při rozvozu je kapacita nákladního vozidla naplněna téměř ze 100 %, jelikož je k zákazníkům rozváženo zboží o celkové hmotnosti 2 973 kg.

Tabulka 43: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 5. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	12:00	-	2 973
16	K Barrandovu 1133/6, 152 00 Praha 5	08:00 - 20:00	12:30	12:41	39,2	197
14	Jižní Spojka (směr, Praha 4), 140 02 Praha	08:00 - 20:00	12:47	13:02	5,9	446
63	U Kina 44, 143 00 Praha 12	10:00 - 17:00	13:09	13:20	5,8	325
58	Sofijské nám. 3401/5, 143 00 Praha 12	11:00 - 18:00	13:23	13:34	1,3	195
49	Rakovského 3136/2, 143 00 Praha 12	08:00 - 14:00	13:37	13:48	1,6	138
15	Jižní spojka (směr Praha 9), 140 00 Praha 4	08:00 - 20:00	13:49	14:00	5,8	244
40	Pikovická 869, 147 00 Praha 4	14:00 - 17:00	14:05	14:16	4,5	223
69	Ve Lhotce 1045/9, 142 00 Praha 4	14:00 - 20:00	14:23	14:38	3,4	384
24	Lhotecká 169, 143 00 Praha 12	08:00 - 20:00	14:41	14:52	1,2	174
23	Kunratická spojka 1169/1, 140 00 Praha 4	08:00 - 16:00	14:53	15:04	6,2	166
10	Hlavní 813, 251 68 Sulice-Hlubočinka	09:00 - 18:00	15:14	15:29	10,6	308
59	Sportovců 209, Dolní Jirčany, 252 44 Psáry	15:00 - 21:00	15:34	15:45	2,7	173
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	16:25	-	53,3	-

Zdroj: vlastní zpracování

Při optimalizaci šestého okruhu bylo během stanovených 5 minut nalezeno pouze přípustné řešení. Řešením je absolvování okruhu s 21 zákazníky z Prahy za 421 minut. K těmto zákazníkům bude dovezeno zboží vážící 4 574 kg. Pro absolvování okruhu bude použito nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L s nosností 6 000 kg. Nosnost tohoto vozidla bude zatíženo pouze z 76 %. Celková délka šestého okruhu činí 182,3 km.

Tabulka 44: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 6. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	11:00	-	4 574

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
7	Čistovická 353, 163 00 Praha 17	11:00 - 17:00	11:21	11:32	25,9	192
66	U Vojtěšky 11, 162 00 Praha 6	06:00 - 12:00	11:38	11:49	3,2	467
45	Plzeňská 8, 150 00 Praha 5	08:00 - 14:00	11:59	12:10	6,1	268
48	Radlická 2070, 150 00 Praha 5	11:00 - 17:00	12:14	12:25	1,7	134
8	Do Klukovic 305, 152 00 Praha 5	12:00 - 18:00	12:26	12:37	7,0	164
57	Slivenecká 92/7, 152 00 Praha 5	10:00 - 15:00	12:43	12:54	3,1	122
42	Plzeňská - směr z centra, 150 00 Praha 5	08:00 - 20:00	13:06	13:17	8,0	296
41	Plzeňská - směr do centra, 150 00 Praha 5	08:00 - 20:00	13:18	13:29	1,9	183
32	Nádražní 24, 150 00 Praha 5	11:00 - 17:00	13:30	13:41	5,8	235
77	Zelenkova 530/3, 140 00 Praha 12	12:00 - 18:00	13:55	14:06	10,3	205
70	Vltavská 787/8, 150 00 Praha 5	14:00 - 20:00	14:23	14:34	12,1	192
47	Preslova 1268, 150 00 Praha 5	11:00 - 19:00	14:35	14:46	0,7	192
22	Kořenského 753, 150 00 Praha 5	11:00 - 22:00	14:47	14:58	0,4	192
56	Slivenecká 151/50, 152 00 Praha 5	14:30 - 19:30	15:06	15:21	6,0	320
2	Armády 245, 155 00 Praha 13	14:00 - 17:00	15:23	15:34	11	154
74	Výstaviště 415, 170 00 Praha 7	12:00 - 19:00	15:36	15:47	14,9	134
13	Janovského 919/36, 170 00 Praha 7	10:00 - 16:00	15:53	16:04	1,6	224
79	Žufanova 1714/28, 163 00 Praha 17	09:30 - 17:00	16:06	16:21	10,7	312
39	Peroutkova 1212, 150 00 Praha 5	10:00 - 23:00	16:36	16:47	8,2	256
5	Butovická 592/35, 158 00 Praha 5	15:00 - 20:30	16:52	17:03	3,0	185
67	V Kruhu 220/2, 160 00 Praha 6	13:00 - 19:00	17:19	17:30	10,1	147
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	18:01	-	30,6	-

Zdroj: vlastní zpracování

Do sedmé okružní trasy je zařazeno 10 zákazníků z Berouna a jeho okolí. K výpočtu optimálního řešení této okružní trasy je potřeba 1 vteřina. Řidič při rozvozu zboží o velikosti 2 737 kg s nákladním vozidlem Mercedes Atego 1222L s nosností 6 000 kg urazí 85,6 km. Nákladní vozidlo je při rozvozu naplněno pouze z 46 %. K dokončení rozvozu řidič potřebuje 226 minut.

Tabulka 45: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 7. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	08:45	-	2 737
17	K Nádraží 379, 267 05 Nižbor	09:00 - 18:00	09:11	09:22	25,9	192
36	Nižbor 206, 267 05	09:00 - 11:00	09:23	09:35	0,3	215
68	V Plzeňské bráně 1, 266 01 Beroun	07:00 - 14:00	09:45	09:56	9,5	142
65	U Stadionu 486, 266 01 Beroun	07:00 - 13:00	09:57	10:08	0,5	273
44	Plzeňská 475, 266 01 Králův Dvůr	08:00 - 12:00	10:14	10:29	3,1	461
43	Plzeňská 441, 266 01 Beroun	08:00 - 12:00	10:32	10:52	1,7	640
54	sjezd z D5, 266 01 Beroun	08:00 - 20:00	10:54	11:09	0,7	301
34	nájezd na dálnici D5 1621, 266 01 Beroun	08:00 - 20:00	11:15	11:26	8,4	193
29	Na Příkopě 1/6, 266 01 Beroun	09:00 - 17:00	11:30	11:41	1,8	153
11	Chyňava 398, 266 01	11:00 - 22:00	11:56	12:07	12,6	167
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	12:31	-	21,1	-

Zdroj: vlastní zpracování

Poslední okruh sestavený pomocí Mayerovy metody od vozidla s nejmenší kapacitou obsahuje pouze jednoho zákazníka, tudíž nebude nutné jej řešit pomocí úlohy obchodního cestujícího. V tomto okruhu je obsloužen zákazník na Praze 5 s objednávkou o váze 3 366 kg. Řidič k obsloužení tohoto zákazníka použije nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L s nosností 6 000 kg, tudíž vozidlo bude naplněno pouze z 56 %. Tento okruh měří 87 km a řidič k jeho dokončení potřebuje 105 minut.

Tabulka 46: Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou – 8. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	07:00	-	-
33	Nádražní 53, 150 00 Praha 5	06:00 - 20:00	07:35	08:10	43,5	3 366
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	08:45	-	43,5	-

Zdroj: vlastní zpracování

Vlastní metoda

Do prvního okruhu bylo pomocí vlastní metody zařazeno 10 zákazníků z Berouna a jeho okolí. Optimální řešení tohoto okruhu bylo nalezeno za necelou vteřinu. Výslednou trasu tohoto okruhu lze absolvovat za 226 minut. Celková trasa tohoto okruhu měří 85,6 km. Při rozvozu této trasy je využito nákladní vozidlo Iveco Daily 72C18 s celkovou kapacitou 3 000 kg. Při rozvozu je kapacita nákladního vozidla naplněna z 91 %, jelikož je k zákazníkům rozváženo zboží o celkové hmotnosti 2 737 kg.

Tabulka 47: Vlastní metoda– 1. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	08:45	-	2 737
17	K Nádraží 379, 267 05 Nižbor	09:00 - 18:00	09:11	09:22	25,9	192
36	Nižbor 206, 267 05	09:00 - 11:00	09:23	09:35	0,3	215
68	V Plzeňské bráně 1, 266 01 Beroun	07:00 - 14:00	09:45	09:56	9,5	142
65	U Stadionu 486, 266 01 Beroun	07:00 - 13:00	09:57	10:08	0,5	273
44	Plzeňská 475, 266 01 Králův Dvůr	08:00 - 12:00	10:14	10:29	3,1	461
43	Plzeňská 441, 266 01 Beroun	08:00 - 12:00	10:32	10:52	1,7	640
54	sjezd z D5, 266 01 Beroun	08:00 - 20:00	10:54	11:09	0,7	301
34	nájezd na dálnici D5 1621, 266 01 Beroun	08:00 - 20:00	11:15	11:26	8,4	193
29	Na Příkopě 1/6, 266 01 Beroun	09:00 - 17:00	11:30	11:41	1,8	153
11	Chyňava 398, 266 01	11:00 - 22:00	11:56	12:07	12,6	167
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	12:31	-	21,1	-

Zdroj: vlastní zpracování

Při optimalizaci druhé okružní trasy bylo během stanovených 5 minut nalezeno pouze přípustné řešení. Do této okružní trasy je zařazeno 16 zákazníků z Dobříše a jejího okolí. Řidič při rozvozu zboží o velikosti 3 605 kg s nákladním vozidlem Mercedes Atego 1222L s nosností 6 000 kg urazí 258,2 km. Nákladní vozidlo je při rozvozu naplněno pouze ze 60 %. K dokončení této trasy řidič potřebuje 464 minut. Před obslužením zákazníka č. 30 bude muset řidič čekat 17 minut.

Tabulka 48: Vlastní metoda– 2. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	08:30	-	3 605
21	Karlštejn 130, 267 18	08:00 - 10:00	09:14	09:26	50,2	192
25	Lišnice 201, 252 10	08:00 - 20:00	09:51	10:06	18,8	330
71	Voznice 29, 263 01	06:00 - 10:30	10:15	10:26	13,4	161
53	sjezd z D4, 252 10 Mníšek pod Brdy	08:00 - 20:00	10:32	10:43	8,2	212
64	U Kodetky 1810, 263 01 Dobříš	07:00 - 13:00	10:50	11:05	10,5	360
35	nám. Svobody 2, 263 01 Dobříš	10:00 - 16:00	11:10	11:21	1,9	192
27	Mírové nám. 37, 263 01 Dobříš	11:00 - 15:00	11:22	11:33	0,5	122
26	Mírové nám. 230, 263 01 Dobříš	11:00 - 20:00	11:35	11:46	0,3	192
31	Na Vlašce 1947, 263 01 Dobříš	11:00 - 18:00	11:51	12:02	2,6	307
50	Rosovice 302, 263 01	10:00 - 20:00	12:15	12:26	7,8	286
60	Svaté Pole 13, 263 01 Dobříš	09:00 - 13:00	12:35	12:46	5,7	204
30	Na Severním sídlišti I 1071, 264 01 Sedlčany	13:30 - 17:30	13:30	13:41	26,2	163
18	Kamýk nad Vltavou 213, 262 63	08:00 - 20:00	13:59	14:10	15,5	143
19	Kamýk nad Vltavou 28, 262 63	10:00 - 20:00	14:11	14:22	1,6	214
20	Kamýk nad Vltavou 32, 262 63	14:00 - 20:00	14:22	14:33	1,1	349
55	Skalecká 124, 252 10 Mníšek pod Brdy	14:00 - 18:00	15:03	15:14	35,8	178
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	16:14	-	58,1	-

Zdroj: vlastní zpracování

Podobně jak u předchozí trasy i u třetího okruhu bylo nalezeno pouze přípustné řešení. V tomto okruhu je 13 zákazníků z Příbrami a jejího okolí. Výslednou trasu tohoto okruhu lze absolvovat za 390 minut. Celková trasa tohoto okruhu měří 266,6 km. K zákazníkům v tomto je doručováno zboží o hmotnosti 2 869 kg, proto k doručení řidič použije nákladní

vozidlo Iveco Daily 72C18 s celkovou nosností 3 000 kg. Celková nosnost nákladního vozidla bude využita z 96 %.

Tabulka 49: Vlastní metoda– 3. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	10:45	-	2 869
6	Cihlářská 1384/9, 268 01 Hořovice	08:00 - 18:00	11:33	11:44	67,9	110
9	Evropská ul. (směr Příbram), 262 01 Příbram	08:00 - 20:00	12:07	12:18	22,3	279
61	Šemberova 65, 261 01 Příbram	10:00 - 18:00	12:21	12:32	3,8	192
12	Jana Drdy 528, 261 02 Příbram	08:00 - 20:00	12:35	12:46	1,5	138
73	Vysoká Pec 64, 262 41 Bohutín	10:00 - 20:00	12:49	13:00	2,3	192
72	Vranovice 35, 262 42	13:00 - 16:00	13:07	13:18	7,1	166
46	Politických vězňů 301, 261 01 Příbram	09:00 - 14:00	13:29	13:44	10,4	426
75	Zahradnická 74, 261 01 Příbram	08:00 - 14:00	13:48	13:59	2,0	212
78	Žižkova 326, 261 01 Příbram	14:00 - 20:00	14:01	14:16	1,2	298
3	Bohostice 98, 262 31	08:00 - 15:00	14:38	14:53	20,8	384
76	Zdabořská 61, 261 01 Příbram	14:00 - 19:00	15:16	15:27	22,6	192
38	Orlov 79, 261 01 Příbram	13:00 - 19:00	15:35	15:46	4,9	152
37	Obecnice 126, 262 21	11:00 - 18:00	15:55	16:06	7,3	128
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	17:15	-	92,5	-

Zdroj: vlastní zpracování

U čtvrtého okruhu bylo nalezeno optimální řešení během 5 vteřin. Součástí tohoto okruhu je 10 zákazníků nacházejících se v Praze a okolí. Řešením je okruh o celkové délce 131,6 km. Celková velikost objednávek 10 zákazníků činí 2 105 kg. K rozvozu těchto objednávek využije řidič nákladní vozidlo Iveco Daily 60C17 s nosností 2 200 kg. Nákladní vozidlo je v tomto případě využito z 96 %. Celý rozvoz lze provést během 280 minut.

Tabulka 50: Vlastní metoda– 4. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	14:15	-	2 105
52	Siemensova 2716, 155 00 Praha 13	14:00 - 18:00	14:41	14:52	30,6	93
2	Armády 245, 155 00 Praha 13	14:00 - 17:00	14:56	15:07	2,3	154
5	Butovická 592/35, 158 00 Praha 5	15:00 - 20:30	15:13	15:24	2,5	185
70	Vltavská 787/8, 150 00 Praha 5	14:00 - 20:00	15:35	15:46	4,9	192
56	Slivenecká 151/50, 152 00 Praha 5	14:30 - 19:30	15:59	16:14	5,8	320
40	Pikovická 869, 147 00 Praha 4	14:00 - 17:00	16:21	16:32	3,9	223
69	Ve Lhotce 1045/9, 142 00 Praha 4	14:00 - 20:00	16:39	16:54	3,4	384
59	Sportovců 209, Dolní Jirčany, 252 44 Psáry	15:00 - 21:00	17:19	17:30	15,3	173
10	Hlavní 813, 251 68 Sulice-Hlubočinka	09:00 - 18:00	17:35	17:50	2,7	308
1	Archeologická 2636/3, 155 00 Praha 13	17:00 - 23:59	18:14	18:25	27,5	73
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	18:55	-	32,7	-

Zdroj: vlastní zpracování

Při optimalizaci páteho okruhu bylo nalezeno za 3 vteřiny optimální řešení. Součástí tohoto okruhu je 12 zákazníků z Prahy 5. K těmto zákazníkům je doručováno zboží o hmotnosti 5 605 kg, proto k doručení řidič použije nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L s celkovou nosností 6 000 kg. Celková nosnost nákladního vozidla bude využita z 93 %. Při doručení zboží řidič urazí 95,6 km a potřebuje k tomu 257 minut.

Tabulka 51: Vlastní metoda– 5. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	10:00	-	5 605
41	Plzeňská - směr do centra, 150 00 Praha 5	08:00 - 20:00	10:27	10:38	30,6	183
42	Plzeňská - směr z centra, 150 00 Praha 5	08:00 - 20:00	10:39	10:50	1,9	296
45	Plzeňská 8, 150 00 Praha 5	08:00 - 14:00	10:27	10:38	3,8	268
48	Radlická 2070, 150 00 Praha 5	11:00 - 17:00	10:39	10:50	1,7	134
39	Peroutkova 1212, 150 00 Praha 5	10:00 - 23:00	10:56	11:07	1,2	256
33	Nádražní 53, 150 00 Praha 5	06:00 - 12:00	11:11	11:22	4,2	3366
47	Preslova 1268, 150 00 Praha 5	11:00 - 19:00	11:25	11:36	2,4	192
22	Kořenského 753, 150 00 Praha 5	11:00 - 22:00	11:42	12:17	0,4	192
32	Nádražní 24, 150 00 Praha 5	11:00 - 17:00	12:21	12:32	2,0	235
57	Slivenecká 92/7, 152 00 Praha 5	10:00 - 15:00	12:33	12:44	3,6	122
16	K Barrandovu 1133/6, 152 00 Praha 5	08:00 - 20:00	12:48	12:59	2,9	197
8	Do Klukovic 305, 152 00 Praha 5	12:00 - 18:00	13:04	13:15	2,1	164
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	13:46	-	38,8	-

Zdroj: vlastní zpracování

U posledního okruhu sestaveného vlastní metodou došlo k nalezení optimálního řešení během 56 vteřin. Optimální řešení u okruhu s 18 zákazníky lze řidičem obsloužit za 395 minut. Tito zákazníci se nachází v západní části Prahy. Celková vzdálenost, kterou řidič urazí je 138,6 km. Velikost objednávek 18 zákazníků je 4 302 kg. K rozvozu objednávky o této hmotnosti je nutné použít nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L s kapacitou 6 000 kg. Toto nákladní vozidlo bude naplněno ze 72 %.

Tabulka 52: Vlastní metoda– 6. okružní trasa

ID	Adresa	Časové okno	Příjezd	Odjezd	Vzdálenost	Velikost objednávky
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	-	10:00	-	4 302
51	Řevnická 121/1, 155 21 Zličín	09:00 - 16:00	10:24	10:35	28,6	169
62	U Cihelny 187, 252 19 Chrástřany	08:00 - 14:00	10:43	10:54	4,6	180
28	Mukařovského 1985, 155 00 Praha 13	10:00 - 20:00	11:04	11:15	7,8	256
4	Bronzová, 155 00 Praha 13	10:30 - 16:00	11:17	11:32	1,0	328
66	U Vojtěšky 11, 162 00 Praha 6	06:00 - 12:00	11:44	11:55	7,2	467
14	Jižní Spojka (směr, Praha 4), 140 02 Praha	08:00 - 20:00	12:10	12:25	13,2	446
63	U Kina 44, 143 00 Praha 12	10:00 - 17:00	12:32	12:43	5,8	325
58	Sofijské nám. 3401/5, 143 00 Praha 12	11:00 - 18:00	12:46	12:57	1,3	195
24	Lhotecká 169, 143 00 Praha 12	08:00 - 20:00	13:01	13:12	1,9	174
49	Rakovského 3136/2, 143 00 Praha 12	08:00 - 14:00	13:17	13:28	2,5	138
77	Zelenkova 530/3, 140 00 Praha 12	12:00 - 18:00	13:32	13:43	2,6	205
23	Kunratická spojka 1169/1, 140 00 Praha 4	08:00 - 16:00	13:49	14:00	3,7	166
15	Jižní spojka (směr Praha 9), 140 00 Praha 4	08:00 - 20:00	14:09	14:20	5,6	244
74	Výstaviště 415, 170 00 Praha 7	12:00 - 19:00	14:41	14:52	10,2	134
13	Janovského 919/36, 170 00 Praha 7	10:00 - 16:00	14:58	15:09	1,6	224
67	V Kruhu 220/2, 160 00 Praha 6	13:00 - 19:00	15:24	15:35	7,6	147
79	Žufanova 1714/28, 163 00 Praha 17	09:30 - 17:00	15:46	16:01	6,5	312
7	Čistovická 353, 163 00 Praha 17	11:00 - 17:00	16:03	16:14	1,0	192
S	Důl Max, 273 06 Libušín	-	16:35	-	25,9	-

Zdroj: vlastní zpracování

4.6 Vyhodnocení optimalizovaných okruhů

V následující tabulce č. 53 jsou uvedeny náklady na ujetý kilometr u jednotlivých typů nákladních vozidel. Tyto údaje byly poskytnuty společností Cargo Care s.r.o., kdy v nákladech na ujetý kilometr je zahrnuta cena pohonných hmot, náklady na mýtné a náklady související s provozem nákladního vozidla.

Tabulka 53: Náklady na km u jednotlivých typů nákladních vozidel

Nákladní vozidlo	Kapacita (kg)	Náklady na km (Kč)
Mercedes Atego 1222L	6 000	17,7
Iveco Daily 72C18	3 000	11,4
Iveco Daily 60C17	2 200	8,5
Iveco Daily 35S12	1 300	6,7

Zdroj: vlastní zpracování

4.6.1 Výpočet finančních nákladů u jednotlivých okruhů

Při výpočtu finančních nákladů u jednotlivých okružních tras se vychází z předešlé tabulky č. 54.

Celkové finanční náklady u současných rozvozových tras společnosti Cargo Care s.r.o. činí 15 069,2 Kč. Nejvíce nákladnou trasou je okruh č. 2 se vzdáleností 234,4 km obslouženo nákladním vozidlem Mercedes Atego 1222L.

Tabulka 54: Finanční náklady – Cargo Care

Cargo Care s.r.o.				
Okruh	Vozidlo	Vzdálenost	Doba rozvozu	Náklady
1. okruh	6 000	87,0	105	1539,9
2. okruh	6 000	234,4	543	4148,9
3. okruh	6 000	188,3	560	3332,9
4. okruh	3 000	261,9	468	2985,7
5. okruh	3 000	85,5	255	974,7
6. okruh	2 200	108,7	229	924,0
7. okruh	1 300	71,7	166	480,4
8. okruh	1 300	101,9	232	682,7

Zdroj: vlastní zpracování

Celkové finanční náklady u optimalizovaných rozvozových tras, které byly vytvořeny pomocí Mayerovy metody od vozidla s největší kapacitou činí 18 392,4 Kč. U této varianty tvoří největší nákladovou položku okruh č. 1, který měří 513,5 km a řidič při absolvování tohoto okruhu využívá nákladní vozidlo Mercedes Atego 1222L. Náklady této trasy tvoří 49 % nákladů ze všech okruhů.

Tabulka 55: Finanční náklady – Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou

Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou				
Okruh	Vozidlo	Vzdálenost	Doba rozvozu	Náklady
1. okruh	6 000	513,5	794	9089,0
2. okruh	6 000	255,4	486	4520,6
3. okruh	6 000	120,1	359	2125,8
4. okruh	3 000	157,9	355	1800,1
5. okruh	1 300	127,9	137	856,9

Zdroj: vlastní zpracování

U optimalizované trasy sestavené pomocí Mayerovy metody od vozidla s nejmenší kapacitou činí finanční náklady 17 004,9 Kč. Nejdražším okruhem při použití Mayerovy metody je okružní trasa č. 4. Kdy finanční náklady u trasy dlouhé 390,6 km jsou 4 452,8 Kč. Tato trasa je absolvována v nákladním vozidle Iveco Daily 72C18.

Tabulka 56: Finanční náklady – Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou

Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou				
Okruh	Vozidlo	Vzdálenost	Doba rozvozu	Náklady
1. okruh	1 300	241,8	232	1620,1
2. okruh	1 300	206,8	229	1385,6
3. okruh	2 200	194,3	285	1651,6
4. okruh	3 000	390,6	519	4452,8
5. okruh	3 000	141,5	265	1613,1
6. okruh	6 000	182,3	421	3226,7
7. okruh	6 000	85,6	226	1515,1
8. okruh	6 000	87,0	105	1539,9

Zdroj: vlastní zpracování

Finanční náklady u okružních tras vytvořených vlastní metodou činí 13 849,0 Kč. V tomto řešení představuje okruh č. 2 nejvíce nákladnou položku s hodnotou 4 570,1 Kč. Řidič tento okruh obsluhuje v nákladním vozidle Mercedes Atego 1222L.

Tabulka 57: Finanční náklady – Vlastní metoda

Vlastní metoda				
Okruh	Vozidlo	Vzdálenost	Doba rozvozu	Náklady
1. okruh	3 000	85,6	226	975,8
2. okruh	6 000	258,2	464	4570,1
3. okruh	3 000	266,6	390	3039,2
4. okruh	2 200	131,6	280	1118,6
5. okruh	6 000	95,6	257	1692,1
6. okruh	6 000	138,6	395	2453,2

Zdroj: vlastní zpracování

4.6.2 Porovnání ujetých kilometrů u jednotlivých řešení

V následující tabulce č. 58 jsou porovnány ujeté kilometry u jednotlivých řešení. Jelikož každé řešení má jiný počet okruhů a většina okruhů se od sebe velmi liší, nelze porovnávat jednotlivé trasy. Z pohledu ujetých kilometrů vychází nejlépe řešení, u kterého byly okruhy sestaveny vlastní metodou. Celková ujetá vzdálenost u tohoto řešení činí 976,2 km. Oproti trasám využívaných společností Cargo Care se snížila ujetá vzdálenost o 163,2 km. O dalších 35,5 km ujetých kilometrů je horší řešení s vytvořením okruhů pomocí Mayerovy metody od vozidla s největší kapacitou. Nejhůře z pohledu ujetých kilometrů vyšlo řešení pomocí Mayerovy metody od vozidla s nejmenší kapacitou, kdy v tomto řešení řidiči všech okruhů urazí o 553,7 km více než při řešení pomocí vlastní metody.

Tabulka 58: Porovnání ujetých kilometrů

	Cargo Care s.r.o.	Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou	Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou	Vlastní metoda
Ujeté km	1 139,4	1 174,9	1 529,9	976,2
Pořadí	2.	3.	4.	1.

Zdroj: vlastní zpracování

4.6.3 Porovnání doby rozvozu u jednotlivých řešení

Tabulka 59: Porovnání doby rozvozu

	Cargo Care s.r.o.	Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou	Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou	Vlastní metoda
Doba rozvozu	2 558	2 131	2 282	2 012
Pořadí	4.	2.	3.	1.

Zdroj: vlastní zpracování

V uvedené tabulce č. 59 je porovnána celková doba rozvozu u jednotlivých řešení. Z této tabulky lze vyčíst, že stejně jako tomu bylo u ujetých kilometrů i v tomto porovnání nejlépe vychází řešení pomocí vlastní metody. V případě tohoto řešení stráví všichni řidiči při absolvování rozvozů 2 012 minut. Druhou nejlepší variantou je Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou, kde řidiči za volantem a u vykládání zboží stráví 2 131 minut. O 151 minut více stráví řidiči u řešení pomocí Mayerovy metody od vozidla s nejmenší kapacitou. V tomto srovnání vychází nejhůře řešení společnosti Cargo Care s.r.o., kdy celková doba rozvoz činí 2 558 minut, což je o 546 minut více než u řešení vlastní metodou.

4.6.4 Finanční porovnání jednotlivých řešení

Posledním a nejdůležitějším srovnáním je porovnání finančních nákladů jednotlivých řešení. Jak je z příložené tabulky č. 60 patrné i v tomto porovnání vychází nejlépe řešení pomocí vlastní metody, kde celkové finanční náklady na rozvoz činí 13 849 Kč. Druhou nejlepší variantou je současné řešení společnosti Cargo Care s.r.o., kde finanční náklady činí 15 069,2 Kč, což je o 1 220,2 Kč více než u vlastní metody. Další v pořadí je Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou s celkovými náklady 17 004,9 Kč. Nejvyšší náklady má řešení u vytvořených tras pomocí Mayerovy metody od vozidla s největší kapacitou. Celkové finanční náklady při využití tohoto řešení činí 18 392,4 Kč, a to je o 4 543,4 Kč více než u řešení vlastní metodou.

Tabulka 60: Finanční porovnání

	Cargo Care s.r.o.	Mayerova metoda od vozidla s největší kapacitou	Mayerova metoda od vozidla s nejmenší kapacitou	Vlastní metoda
Finanční náklady	15 069,2	18 392,4	17 004,9	13 849,0
Pořadí	2.	4.	3.	1.

Zdroj: vlastní zpracování

4.6.5 Celkové zhodnocení výsledků

Dle srovnání z různých hledisek vychází nejméně výhodně okruhy vytvořené Mayerovou metodou, a to v obou způsobech. Obě řešení jsou lepší oproti řešení využívaném společností Cargo Care s.r.o. pouze při porovnání doby rozvozu jednotlivých okruhů. Kdy při využití řešení pomocí Mayerovy metoda od vozidla s nejmenší kapacitou by řidiči strávili při obsluze zákazníků o 276 minut méně než u současného řešení rozvozu. U použití řešení Mayerovy metody od vozidla s největší kapacitou by si zkrátili obsluhu o dalších 151 minut.

Na základě porovnání z různých hledisek nejlépe vychází řešení s vytvořením okruhů pomocí vlastní metody. Současné rozvozové trasy mají celkovou vzdálenost 1 139,4 km. Při použití řešení pomocí vlastní metody celková ujetá vzdálenost činí 976,2 km, celková ujetá vzdálenost by se tedy oproti trasám společnosti Cargo Care s.r.o. snížila o 163,2 km. V případě porovnání řešení z pohledu doby rozvozu stráví všichni řidiči při absolvování okruhů vytvořených vlastní metodou 2 012 minut, což je 546 minut méně než u současných okruhů. Nejdůležitějším je porovnání z pohledu vynaložených finančních nákladů na rozvoz. Při tomto porovnání vychází nově navrhované řešení na základě vytvoření okruhů pomocí vlastní metody o 1 220,2 Kč lépe, kde celkové finanční náklady činí 13 849 Kč.

Při realizaci 3 obdobných rozvozních plánů týdně lze předpokládat snížení nákladů spojených s rozvozem nealkoholických nápojů o 3 660,6 Kč. Měsíčně by bylo možné snížit náklady o 14 642,4. Pro společnost Cargo Care s.r.o. by to znamenalo snížení nákladů o 8 % měsíčně.

5 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo optimalizovat dopravní trasy ve společnosti Cargo Care s.r.o., jenž se zabývá distribucí nealkoholických nápojů v předem stanovených časových intervalech do restaurací a obchodů v Praze a Středočeském kraji. Při optimalizaci musely být zohledněny kapacitní omezení nákladních vozidel a velikosti objednávek zákazníků. Při optimalizaci byl kladen důraz na minimalizaci nákladů, které jsou vázány na ujetou vzdálenost mezi jednotlivými zákazníky.

V teoretické části byla zpracována témata týkající se řešeného problému. Mezi tato témata patřila logistika a doprava, operační výzkum a distribuční úlohy.

Praktická část již byla zaměřena na řešení optimalizačního problému. Kdy byla nejprve charakterizována společnost Cargo Care s.r.o., která byla předmětem optimalizace a dále byl popsán optimalizační systém využívaný společností. Poté byla popsána vstupní data potřebná k řešení problému a představeny současně využívané rozvozové trasy.

Po představení současně využívaného řešení následovala optimalizace dopravních tras. Prvním krokem bylo sestavení matice vzdáleností a časové matice, které sloužily k řešení použitých metod. Následně proběhlo vytvoření okružních tras, a to pomocí Mayerovy metody, která byla řešena dvěma různými způsoby, a také vlastní metodou. Nejprve proběhlo sestavení okruhů pomocí Mayerovy metody s využitím nákladního vozidla s největší kapacitou po nákladní vozidlo s nejmenší kapacitou. Pomocí této metody bylo sestaveno řešení rozdělené do 5 okruhů. Druhým řešením bylo vytvoření okruhů pomocí Mayerovy metody s využitím nákladního vozidla s nejmenší kapacitou po nákladní vozidlo s největší kapacitou. Tímto způsobem byly zákazníci rozděleni do 8 okruhů. Poslední způsob rozdělení zákazníků do okruhů byl proveden pomocí vlastní metody založené na práci s mapou, se vstupními daty a intuicí. Vlastní metoda rozdělila zákazníky do 6 okruhů.

Po vytvoření okruhů proběhla optimalizace jednotlivých okružních tras pomocí úlohy obchodního cestujícího s časovými okny. Tato metoda byla řešena v prostředí MS Excel pomocí řešitele OpenSolver. Na závěr praktické části bylo provedeno vyhodnocení nově navržených řešení, které bylo porovnáno se současným řešením společnosti.

Pomocí optimalizace dopravních tras bylo zjištěno, že oba způsoby řešení okružních tras pomocí Mayerovy metody z hlediska ujetých kilometrů i finančních nákladů jsou méně

výhodné než současné řešení společnosti Cargo Care s.r.o. Obě řešení pomocí Mayerovy metody jsou oproti řešení společnosti Cargo Care s.r.o. výhodnější pouze z hlediska časové náročnosti dokončení okružních tras. Nejvýhodněji vychází řešení, kdy jsou okruhy vytvořeny pomocí vlastní metody, a to ze všech zkoumaných hledisek. Z pohledu ujetých kilometrů by si při použití tohoto řešení řidiči společnosti Cargo Care s.r.o. zkrátili cestu o 163,2 km. V porovnání celkové doby rozvozu by strávili řidiči obsluhou zákazníků při použití navrhovaného řešení o 546 minut méně. Z výpočtu nejdůležitějšího ukazatele, kterým jsou finanční náklady vyplývá, že by společnost při použití tohoto řešení snížila náklady spojené s rozvozem nealkoholických nápojů o 1 220,2 Kč za 1 rozvozní den.

Z výsledného řešení lze vyvodit, že současné řešení společnosti není optimální a je možné nalézt vhodnější řešení. Výsledné řešení bylo předáno zástupcům společnosti Cargo Care s.r.o., kteří z něj vyvodí závěry v procesu tvorby rozvozních plánů.

6 Seznam použitých zdrojů

BROŽOVÁ, Helena a Milan HOUŠKA. Základní metody operační analýzy. Praha: Credit, 2002. ISBN 978-80-213-0951-7.

COIN-OR [Online]. [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: <https://www.coin-or.org/>

COOK, William. Po stopách obchodního cestujícího: matematika na hranicích možností. Praha: Argo, 2012. Zip (Argo: Dokořán). ISBN 978-80-7363-412-4.

DRAHOTSKÝ, Ivo a Bohumil ŘEZNÍČEK. *Logistika-procesy a jejich řízení*. Brno: Computer Press, 2003. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 80-7226-521-0.

FÁBRY, Jan. Matematické modelování. Praha: Professional Publishing, 2011. ISBN 978-80-7431-066-9.

FIALA, Petr. Operační výzkum: nové trendy. Praha: Professional Publishing, 2010. ISBN 978-80-7431-036-2.

GROS, Ivan. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Praha: Grada, 2003. Expert (Grada). ISBN 80-247-0421-8.

GROS, Ivan. Logistika. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1996. ISBN 80-7080-262-6.

GROS, Ivan a Jakub DYNTAR. Matematické modely pro manažerské rozhodování. 2., upr. a rozš. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-910-5.

JIRSÁK, Petr, Michal MERVART a Marek VINŠ. Logistika pro ekonomy-vstupní logistika. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2012. ISBN 978-80-7357-958-6.

JABLONSKÝ, Josef. Operační výzkum: kvantitativní metody pro ekonomické rozhodování. 3. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3.

LAGOVÁ, Milada a Josef JABLONSKÝ. Lineární modely. Vyd. 2., přeprac. Praha: Oeconomica, 2009. ISBN 978-80-245-1511-3.

Mapy.cz [Online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>

- MASON, Andrew, 2010. OpenSolver: Open Source Optimisation for Excel [online]. [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/266484155_OpenSolver_Open_Source_Optimisation_for_Excel
- OUDOVÁ, Alena. Logistika: základy logistiky. Kralice na Hané: Computer Media, 2013. ISBN 978-80-7402-149-7.
- OpenSolver [Online]. [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: <https://opensolver.org/>
- PELIKÁN, Jan. Diskrétní modely v operačním výzkumu. Brno: Professional Publishing, 2001. ISBN 80-86419-17-7.
- PERNICA, Petr. Logistika pro 21. století: (Supply chain management). Praha: Radix, 2005. ISBN 80-86031-59-4.
- SCHULTE, Christof. *Logistika*. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-85605-87-2.
- SIXTA, Josef a Miroslav ŽIŽKA. Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů. Brno: Computer Press, 2009. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 978-80-251-2563-2.
- SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. Logistika: teorie a praxe. Brno: CP Books, 2005. Business books (CP Books). ISBN 80-251-0573-3.
- SVOBODA, Vladimír. Doprava jako součást logistických systémů. Vyd. 1. Praha: Radix, 2006. ISBN 80-860-3168-3.
- ŠUBRT, Tomáš. Ekonomicko-matematické metody. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2015. ISBN 978-80-7380-563-0.
- ZÍSKAL, Jan. Ekonomicko matematické metody: studijní texty pro distanční studium. Vyd. 2. Praha: Credit, 2000. ISBN 80-213-0664-5.

7 Přílohy

Příloha č. 1: Seznam objednávek

Příloha č. 2: Matice vzdáleností

Příloha č. 3: Časová matice

Příloha č. 1: Seznam objednávek

Seznam objednávek					
ID	GPS souřadnice	Adresa	Časové okno	Velikost objednávky	Doba obsluhy
S	50.1595344N, 14.0549611E	Důl Max, 273 06 Libušín	-	21 223	-
1	50.0441225N, 14.3302214E	Archeologická 2636/3, 155 00 Praha 13-Stodůlky	17:00 - 23:59	73	11
2	50.0505669N, 14.3313239E	Armády 245, 155 00 Praha 13	14:00 - 17:00	154	11
3	49.6078183N, 14.1758469E	Bohostice 98, 262 31 Bohostice	08:00 - 15:00	384	15
4	50.0475278N, 14.3297222E	Bronzová, 155 00 Praha 13	10:30 - 16:00	328	15
5	50.0509303N, 14.3621167E	Butovická 592/35, 158 00 Praha 5 – Jinonice	15:00 - 20:30	185	11
6	49.8331597N, 13.9210483E	Cihlářská 1384/9, 268 01 Hořovice	08:00 - 18:00	110	11
7	50.0739111N, 14.3154964E	Čistovická 353, 163 00 Praha 17 – Řepy	11:00 - 17:00	192	11
8	50.0364178N, 14.3606289E	Do Klukovic 305, 152 00 Praha 5 – Barrandov	12:00 - 18:00	164	11
9	49.6948611N, 14.0067778E	Evropská ul. Směr Příbram, 262 01 Příbram	08:00 - 20:00	279	11
10	49.9375194N, 14.5532278E	Hlavní 813, 251 68 Sulice – Hlubočinka	09:00 - 18:00	308	15
11	50.0476156N, 14.1114389E	Chyňava 398, 266 01 Chyňava	11:00 - 22:00	167	11
12	49.6753922N, 13.9840631E	Jana Drdy 528, 261 02 Příbram	08:00 - 20:00	138	11
13	50.1026958N, 14.4338306E	Janovského 919/36, 170 00 Praha 7 – Holešovice	10:00 - 16:00	224	11
14	50.0337500N, 14.4402222E	Jižní Spojka (směr, Praha 4), 140 02 Praha	08:00 - 20:00	446	15
15	50.0334167N, 14.4419444E	Jižní spojka (směr Praha 9), 140 00 Praha 4	08:00 - 20:00	244	11
16	50.0306606N, 14.3802744E	K Barrandovu 1133/6, 152 00 Praha 5 – Hlubočepy	08:00 - 20:00	197	11
17	50.0030367N, 13.9993489E	K Nádraží 379, 267 05 Nižbor	09:00 - 18:00	192	11
18	49.6396522N, 14.2536561E	Kamýk nad Vltavou 213, 262 63 Kamýk nad Vltavou	08:00 - 20:00	143	11
19	49.6406986N, 14.2531461E	Kamýk nad Vltavou 28, 262 63 Kamýk nad Vltavou	10:00 - 20:00	214	11
20	49.6414211N, 14.2525619E	Kamýk nad Vltavou 32, 262 63 Kamýk nad Vltavou	14:00 - 20:00	349	11
21	49.9433053N, 14.1844700E	Karlštejn 130, 267 18 Karlštejn	08:00 - 10:00	192	12
22	50.0760797N, 14.4061167E	Kořenského 753, 150 00 Praha 5 – Smíchov	11:00 - 22:00	192	11

ID	GPS souřadnice	Adresa	Časové okno	Velikost objednávky	Doba obsluhy
23	49.9986033N, 14.4865308E	Kunratická spojka 1169/1, 140 00 Praha 4	08:00 - 16:00	166	11
24	50.0144167N, 14.4250556E	Lhotecká 169, 143 00 Praha 12 – Modřany	08:00 - 20:00	174	11
25	49.9001894N, 14.3182881E	Lišnice 201, 252 10 Lišnice	08:00 - 20:00	330	15
26	49.7815361N, 14.1696619E	Mírové nám. 230, 263 01 Dobříš	11:00 - 20:00	192	11
27	49.7812044N, 14.1715567E	Mírové nám. 37, 263 01 Dobříš	11:00 - 15:00	122	11
28	50.0448689N, 14.3219217E	Mukařovského 1985, 155 00 Praha 13 – Stodůlky	10:00 - 20:00	256	11
29	49.9635883N, 14.0763458E	Na Příkopě 1/6, 266 01 Beroun	09:00 - 17:00	153	11
30	49.6606161N, 14.4201878E	Na Severním sídlišti I 1071, 264 01 Sedlčany	13:30 - 17:30	163	11
31	49.7965853N, 14.1711917E	Na Vlašce 1947, 263 01 Dobříš	11:00 - 18:00	307	11
32	50.0603103N, 14.4096100E	Nádražní 24, 150 00 Praha 5 – Smíchov	11:00 - 17:00	235	11
33	50.0635556N, 14.4068333E	Nádražní 53, 150 00 Praha 5 – Smíchov	06:00 - 12:00	3366	35
34	49.9565278N, 14.0624167E	nájezd na dálnici D5 1621, 266 01 Beroun	08:00 - 20:00	193	11
35	49.7821458N, 14.1770278E	nám. Svobody 2, 263 01 Dobříš	10:00 - 16:00	192	11
36	50.0026622N, 14.0028817E	Nižbor 206, 267 05 Nižbor	09:00 - 11:00	215	12
37	49.7165139N, 13.9461442E	Obecnice 126, 262 21 Obecnice	11:00 - 18:00	128	11
38	49.6871450N, 13.9545847E	Orlov 79, 261 01 Příbram	13:00 - 19:00	152	11
39	50.0650861N, 14.3882036E	Peroutkova 1212, 150 00 Praha 5 – Smíchov	10:00 - 23:00	256	11
40	50.0278117N, 14.4063428E	Pikovická 869, 147 00 Praha 4 – Braník	14:00 - 17:00	223	11
41	50.0690278N, 14.3584722E	Plzeňská – směr do centra, 150 00 Praha 5	08:00 - 20:00	183	11
42	50.0699722N, 14.3604167E	Plzeňská – směr z centra, 150 00 Praha 5	08:00 - 20:00	296	11
43	49.9586725N, 14.0613494E	Plzeňská 441, 266 01 Beroun	08:00 - 12:00	640	20
44	49.9520211N, 14.0434206E	Plzeňská 475, 266 01 Králův Dvůr	08:00 - 12:00	461	15
45	50.0726111N, 14.4025833E	Plzeňská 8, 150 00 Praha 5 – Smíchov	08:00 - 14:00	268	11
46	49.6792572N, 13.9974581E	Politických vězňů 301, 261 01 Příbram	09:00 - 14:00	426	15
47	50.0745083N, 14.4061797E	Preslova 1268, 150 00 Praha 5 – Smíchov	11:00 - 19:00	192	11

ID	GPS souřadnice	Adresa	Časové okno	Velikost objednávky	Doba obsluhy
48	50.0613303N, 14.3978669E	Radlická 2070, 150 00 Praha 5	11:00 - 17:00	134	11
49	50.0094758N, 14.4237708E	Rakovského 3136/2, 143 00 Praha 12	08:00 - 14:00	138	11
50	49.7634897N, 14.0965747E	Rosovice 302, 263 01 Rosovice	10:00 - 20:00	286	11
51	50.0543217N, 14.2886322E	Řevnická 121/1, 155 21 Zličín	09:00 - 16:00	169	11
52	50.0481019N, 14.3062908E	Siemensova 2716, 155 00 Praha 13 – Stodůlky	14:00 - 18:00	93	11
53	49.8707058N, 14.2705206E	Pražská 947, 252 10 Mníšek pod Brdy	08:00 - 20:00	212	11
54	49.9560833N, 14.0633056E	sjezd z D5, 266 01 Beroun	08:00 - 20:00	301	15
55	49.8686372N, 14.2592589E	Skalecká 124, 252 10 Mníšek pod Brdy	14:00 - 18:00	178	11
56	50.0381197N, 14.3900922E	Slivenecká 151/50, 152 00 Praha 5 – Hlubočepy	14:30 - 19:30	320	15
57	50.0408372N, 14.3938967E	Slivenecká 92/7, 152 00 Praha 5 – Hlubočepy	10:00 - 15:00	122	11
58	50.0061117N, 14.4180700E	Sofijské nám. 3401/5, 143 00 Praha 12 – Modřany	11:00 - 18:00	195	11
59	49.9484069N, 14.5267897E	Sportovců 209, Dolní Jirčany, 252 44 Psáry	15:00 - 21:00	173	11
60	49.7514267N, 14.1683228E	Svaté Pole 13, 263 01 Dobříš	09:00 - 13:00	204	11
61	49.6838358N, 13.9886997E	Šemberova 65, 261 01 Příbram	10:00 - 18:00	192	11
62	50.0400928N, 14.2460192E	U Cihelny 187, 252 19 Chrást	08:00 - 14:00	180	11
63	50.0036472N, 14.4048056E	U Kina 44, 143 00 Praha 12 – Modřany	10:00 - 17:00	325	11
64	49.7947522N, 14.1913417E	U Kodetky 1810, 263 01 Dobříš	07:00 - 13:00	360	15
65	49.9613075N, 14.0747439E	U Stadionu 486, 266 01 Beroun	07:00 - 13:00	273	11
66	50.0846033N, 14.3504928E	U Vojtěšky 11, 162 00 Praha 6 – Břevnov	06:00 - 12:00	467	11
67	50.0989842N, 14.3452786E	V Kruhu 220/2, 160 00 Praha 6	13:00 - 19:00	147	11
68	49.9631731N, 14.0706028E	V Plzeňské bráně 1, 266 01 Beroun	07:00 - 14:00	142	11
69	50.0195833N, 14.4333056E	Ve Lhotce 1045/9, 142 00 Praha 4	14:00 - 20:00	384	15
70	50.0700547N, 14.4094831E	Vltavská 787/8, 150 00 Praha 5 – Smíchov	14:00 - 20:00	192	11
71	49.8172203N, 14.2164697E	Voznice 29, 263 01 Voznice	06:00 - 10:30	161	11
72	49.6238550N, 13.8996553E	Vranovice 35, 262 42 Vranovice	13:00 - 16:00	166	11

ID	GPS souřadnice	Adresa	Časové okno	Velikost objednávky	Doba obsluhy
73	49.6644964N, 13.9651889E	Vysoká Pec 64, 262 41 Bohutín	10:00 - 20:00	192	11
74	50.1054267N, 14.4294306E	Výstaviště 415, 170 00 Praha 7 – Bubeneč	12:00 - 19:00	134	11
75	49.6872497N, 14.0110303E	Zahradnická 74, 261 01 Příbram	08:00 - 14:00	212	11
76	49.6680364N, 13.9893739E	Zdabořská 61, 261 01 Příbram	14:00 - 19:00	192	11
77	50.0088289N, 14.4471314E	Zelenkova 530/3, 140 00 Praha 12	12:00 - 18:00	205	11
78	49.6900253N, 14.0238744E	Žižkova 326, 261 01 Příbram	14:00 - 20:00	298	15
79	50.0714425N, 14.3052456E	Žufanova 1714/28, 163 00 Praha 17 – Řepy	09:30 - 17:00	312	15

