

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra systémového inženýrství**



**Diplomová práce**

**Optimalizace dopravy mezi firmou,  
zákazníkem a dodavatelem**

**Bc. Alena Šebková**

© 2018 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Alena Šebková

Projektové řízení

Název práce

**Optimalizace dopravy mezi firmou, zákazníkem a dodavatelem**

Název anglicky

**Transport optimization between the company, the customer and the supplier**

---

### Cíle práce

Hlavním cílem této práce je optimalizovat dopravu nejprve mezi firmou a zákazníkem, a poté mezi dodavatelem a zákazníkem. Cílem optimalizace je minimalizace nákladů, ale i uspokojení potřeb všech zákazníků ve stanoveném termínu a čase.

### Metodika

Práce je rozdělena na dvě části, část teoretickou a praktickou.

První ze zmiňovaných částí se zabývá problematikou distribučních úloh, jejich obecnou klasifikací a podrobnějším rozbohem jednotlivých metod, které jsou pro tuto práci klíčové. Tato část je doplněna stručným popisem jednotlivých subjektů, které se dopravního procesu účastní.

Část praktická je věnována již konkrétnímu dopravnímu problému, jeho bližší specifikaci, definování proměnných a posléze výpočtům za použití různých metod z oblasti distribučních úloh.

**Doporučený rozsah práce**

50-60

**Klíčová slova**

optimalizace, doprava, minimalizace nákladů, jednostupňová dopravní úloha, okružní dopravní problém

---

**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.  
ŠUBRT, T. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-345-2.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – PEF

**Vedoucí práce**

Ing. Robert Hlavatý, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra systémového inženýrství

---

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2017

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 1. 11. 2017

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 08. 03. 2018

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Optimalizace dopravy mezi firmou, zákazníkem a dodavatelem" jsem vypracovala 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 autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31. 3. 2018

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu diplomové práce, Ing. Robertu Hlavatému, Ph.D., za jeho obětavost a nadšení, které do této práce vnášel, za jeho odborné rady, připomínky a pomoc při dílčích výpočtech a hlavně za čas, který této práci věnoval.

Dále bych ráda poděkovala vedoucímu autorského kolektivu, doc. Ing. Tomáši Šubrtovi, Ph.D., za vypracování skript Ekonomicko-matematické metody, bez jejichž opory by tato práce vznikala mnohem obtížněji.

# Optimalizace dopravy mezi firmou, zákazníkem a dodavatelem

## Souhrn

Tato práce se věnuje optimalizaci dopravy ve společnosti ZING trading s.r.o., která se zabývá pře-prodejem papíru ofsetovým tiskárnám. Jedná se o nalezení nejvhodnější trasy obchodního zástupce firmy, který objíždí tiskárny po celé republice a nabízí zboží za účelem zvýšení prodeje a navržení nových okružních tras pro přepravce společnosti tak, aby došlo ke zlepšení a k zefektivnění dopravy.

V teoretické části jsou zmíněna témata jako logistika, doprava nebo distribuce, jakožto jeden z pilířů marketingového mixu a blíže rozepsány metody, které byly pro tuto práci klíčové. V praktické části jsou popsáni účastníci obou dopravních úloh a charakterizovány a následně vypočteny oba distribuční problémy.

První z distribučních problémů, nejvhodnější trasa pro obchodního zástupce firmy, byl řešen jako jednookruhový okružní dopravní problém s časovými okny, která znázorňují časové úseky, ve kterých je možné místa navštívit. Výpočet byl proveden pomocí softwaru Gurobi Optimizer, jehož výstupy jsou k vidění v přílohách této práce. Software postupně zpracoval tři rozdílná zadání problému, ze kterých bylo posléze vybráno takové zadání, jehož výsledky byly z ekonomického hlediska optimální.

Druhý, výše zmíněný problém, byl řešen jako okružní dopravní problém s více okruhy, které byly zapříčiněny množstvím objednaného zboží, jež převyšovalo kapacitu jednoho nákladního automobilu. Výpočet byl proveden pomocí Mayerovy metody a tabulkového procesoru MS Excel. Společnosti byly doporučeny nové rozvozní trasy, u kterých byl minimalizován počet najetých kilometrů a doba strávená na cestě.

**Klíčová slova:** optimalizace, dopravní problém, minimalizace, logistika, distribuce, jednostupňový dopravní problém, problém obchodního cestujícího, jednookruhový okružní dopravní problém, časová okna, víceokruhový okružní dopravní problém, firma, zákazník, dodavatel

# **Transport optimization between the company, the customer and the supplier**

## **Summary**

This work pursues on optimizing traffic in ZING trading s.r.o., which trades with paper and offers it to offset printers. It's about finding the most suitable route for company's sales agent who travels around the country and offers goods to increase sales and propose new routes for company carries to improve and make the traffic more efficient.

In the theoretical part, there are topics like logistics, transport or distribution as one of the pillars of the marketing mix and there are more itemized methods which were key of this work. In the practical part, there are described the participants of both transport tasks in detail and there are characterized and calculated both of distribution problems. For the calculations were used methods of operational research and software methods.

The first of the distribution problems, the most appropriate route for the company's sales agent, was solved as a one-circular traffic problem with time windows that show the time segments in which places can be visited. The calculation was made using the Gurobi Optimizer software, which outputs can be seen in the annexes of this work. The software sequenced three different problem assignments, from which the assignment was finally selected and the results were economically optimal.

The second, the above-mentioned problem, was solved as a circular traffic problem with multiple circuits that was caused by the quantity of ordered goods that exceeded the capacity of one lorry. The calculation was made using the Mayer method and the MS Excel spreadsheet. New routes were recommended for the company to minimize the mileage and time spent on the road.

**Keywords:** optimization, traffic problem, minimization, logistics, distribution, single-stage traffic problem, travelling salesman problem, one-round traffic problem, time windows, multi-circular traffic problem, company, customer, supplier

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>11</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>13</b>
2.1 Cíl práce .....	13
2.2 Metodika .....	13
<b>3 Teoretická východiska .....</b>	<b>15</b>
3.1 Logistika.....	15
3.2 Doprava .....	16
3.3 Distribuce .....	18
3.4 Distribuční úlohy.....	19
3.4.1 Jednostupňová dopravní úloha.....	20
3.4.2 Jednookruhový okružní dopravní problém .....	24
3.4.3 Jednookruhový okružní dopravní problém s časovými okny .....	30
3.4.4 Víceokruhový okružní dopravní problém.....	32
3.5 Softwarové řešení optimalizačních úloh .....	34
3.5.1 Gurobi Optimizer software .....	34
<b>4 Praktická část .....</b>	<b>38</b>
4.1 Subjekty dopravní úlohy .....	38
4.1.1 Firma .....	38
4.1.2 Zákazník.....	40
4.1.3 Dodavatel .....	42
4.2 Optimalizace dopravy mezi firmou a zákazníkem.....	42
4.2.1 Charakteristika problému.....	42
4.2.2 Výpočet.....	43
4.3 Optimalizace dopravy mezi zákazníkem a dodavatelem .....	49
4.3.1 Charakteristika problému.....	49
4.3.2 Výpočet.....	50
<b>5 Výsledky a diskuse .....</b>	<b>60</b>
5.1 Optimalizace dopravy mezi firmou a zákazníkem.....	60
5.2 Optimalizace dopravy mezi zákazníkem a dodavatelem .....	62
<b>6 Závěr.....</b>	<b>70</b>
<b>7 Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>72</b>
<b>8 Přílohy .....</b>	<b>75</b>



## Seznam obrázků

Obrázek 1: Dopravní soustava, (Svoboda, 2006) .....	17
Obrázek 2: Gurobi, účelová funkce, zdroj vlastní .....	35
Obrázek 3: Gurobi, omezující podmínky, zdroj vlastní.....	35
Obrázek 4: Gurobi, výstupní data, zdroj vlastní .....	36
Obrázek 5: Firma – zákazník, výsledek 1, okruh 1, zdroj vlastní.....	46
Obrázek 6: Firma – zákazník, výsledek 2, okruh 2, zdroj vlastní.....	47
Obrázek 7: Firma – zákazník, výsledek 3, okruh 3, zdroj vlastní.....	48
Obrázek 8: Zákazník – dodavatel, výsledek 1 – okruh 1, zdroj vlastní .....	52
Obrázek 9: Zákazník – dodavatel, výsledek 1 – okruh 2, zdroj vlastní .....	53
Obrázek 10: Zákazník – dodavatel, výsledek 2 – okruh 1, zdroj vlastní .....	55
Obrázek 11: Zákazník – dodavatel, výsledek 2 – okruh 2, zdroj vlastní .....	55
Obrázek 12: Zákazník – dodavatel, výsledek 3 – okruh 1, zdroj vlastní .....	57
Obrázek 13: Zákazník – dodavatel, výsledek 3 – okruh 2, zdroj vlastní .....	57
Obrázek 14: Zákazník – dodavatel, výsledek 4 – okruh 1, zdroj vlastní .....	59
Obrázek 15: Zákazník – dodavatel, výsledek 4 – okruh 2, zdroj vlastní .....	59
Obrázek 16: Výsledky, zákazník – firma, kantýna 1, zdroj vlastní .....	60
Obrázek 17: Výsledky, zákazník – firma, kantýna 2, zdroj vlastní .....	61
Obrázek 18: Výsledky, zákazník – firma, kantýna 3, zdroj vlastní .....	61
Obrázek 19: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 1 – okruh 1, zdroj vlastní .....	63
Obrázek 20: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 1 – okruh 2, zdroj vlastní .....	63
Obrázek 21: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 2 – okruh 1, zdroj vlastní .....	64
Obrázek 22: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 2 – okruh 2, zdroj vlastní .....	64
Obrázek 23: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 3 – okruh 1, zdroj vlastní .....	67
Obrázek 24: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 3 – okruh 2, zdroj vlastní .....	67
Obrázek 25: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 4 – okruh 1, zdroj vlastní .....	67
Obrázek 26: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 4 – okruh 2, zdroj vlastní .....	68

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Dopravní tabulka, (Jablonský, 2007).....	21
Tabulka 2: Přípustné řešení, (Jablonský, 2007) .....	26

Tabulka 3: Nepřípustné řešení, (Jablonský, 2007) .....	26
Tabulka 4: Matice sazeb, (Šubrt, 2011).....	28
Tabulka 5: Výčet tiskáren, zdroj vlastní .....	40
Tabulka 6: Tiskárny jižní Čechy, zdroj vlastní.....	43
Tabulka 7: Vzdálenosti mezi tiskárnami (km), zdroj vlastní.....	43
Tabulka 8: Vzdálenosti mezi tiskárnami (min), zdroj vlastní.....	44
Tabulka 9: Výpočet 1 – vzdálenosti (km), zdroj vlastní.....	45
Tabulka 10: Výpočet 1 – vzdálenosti (min), zdroj vlastní.....	45
Tabulka 11: Výpočet 2 – vzdálenosti (km), zdroj vlastní.....	46
Tabulka 12: Výpočet 2 – vzdálenosti (min), zdroj vlastní.....	47
Tabulka 13: Výpočet 3 – vzdálenosti (km), zdroj vlastní.....	48
Tabulka 14: Výpočet 3 – vzdálenosti (min), zdroj vlastní.....	48
Tabulka 15: Mayerova metoda, Praha, výchozí tabulka (km), zdroj vlastní .....	51
Tabulka 16: Mayerova metoda, Praha, seřazená data (km), zdroj vlastní .....	51
Tabulka 17: Mayerova metoda, Praha, seřazená data (km), požadavky, zdroj vlastní.....	51
Tabulka 18: Mayerova metoda, Praha, postup výpočtu (km), zdroj vlastní.....	52
Tabulka 19: Mayerova metoda, Praha, výchozí tabulka (min), zdroj vlastní.....	54
Tabulka 20: Mayerova metoda, Praha, seřazená data (min), požadavky, zdroj vlastní.....	54
Tabulka 21: Mayerova metoda, Brno, výchozí tabulka (km) zdroj vlastní .....	56
Tabulka 22: Mayerova metoda, Brno, seřazená data (km), požadavky, zdroj vlastní.....	56
Tabulka 23: Mayerova metoda, Brno, výchozí tabulka (min) zdroj vlastní .....	58
Tabulka 24: Mayerova metoda, Brno, seřazená data (min), požadavky, zdroj vlastní.....	58
Tabulka 25: Výsledky, zákazník – firma, místa, zdroj vlastní .....	60
Tabulka 26: Výsledky, zákazník – firma, porovnání výsledků, zdroj vlastní .....	62
Tabulka 27: Výsledky, zákazník – dodavatel, místa, zdroj vlastní.....	63
Tabulka 28: Výsledky, zákazník – dodavatel, porovnání 1a, zdroj vlastní .....	65
Tabulka 29: Výsledky, zákazník – dodavatel, porovnání 1b, zdroj vlastní .....	65
Tabulka 30: Výsledky, zákazník – dodavatel, porovnání 2a, zdroj vlastní .....	68
Tabulka 31: Výsledky, zákazník – dodavatel, porovnání 2b, zdroj vlastní .....	69

# 1 Úvod

Historie dopravy a logistiky je tak dlouhá jako historie lidstva sama. Logistické a dopravní problémy byly řešeny dávno před tím, než se na scéně objevil operační výzkum, ba dokonce počítače, internet nebo jiné moderní technologie.

První sofistikovanější přeprava zboží byla zajišťována lodní dopravou. Již v 16. století existovaly první pojišťovací společnosti, které v případě nedopravení zboží do cílové stanice proplácely pojištěné společnosti vzniklé škody.

Jako další přišla na scénu doprava železniční. Dílčí principy kolejové dopravy vznikaly již ve středověku, avšak značného vzestupu se železniční doprava dočkala na počátku 19. století. Ruku v ruce s železniční dopravou kráčely i první parou poháněná vozidla. Zvrat nastal ve druhé polovině 19. století, kdy se konstruktérům podařilo zprovoznit první spalovací motory.

Malíř, sochař, architekt, přírodovědec, hudebník, spisovatel, vynálezce a konstruktér, Leonardo da Vinci, který žil v letech 1452-1519, je považován za duchovního otce letectví. Leonardo nakreslil více než 150 návrhů létajících zařízení. Zprvu se domníval, že k letu stačí síla člověka, ke konci svého života přišel ale na to, že je k letu potřeba síla mnohem větší. Začal proto pracovat s myšlenkou pevného, nepohyblivého křídla, ale nikdy se nedostal k tomu, aby některý ze svých návrhů vyzkoušel. První vážné pokusy létat proběhly v Evropě v 18. století, kdy bratři Montgolfierové představili první horkovzdušný balon. Již v roce 1783 byly pomocí balonu přepraveny ovce, kohout a husa. Ještě tentýž rok se poprvé vznesl balon s lidskou posádkou. Od horkovzdušných balonů, přes vzducholodě, se historie dopravy přesunula až k prvnímu létajícímu stroji s benzinovým motorem a dvěma vrtulemi, který se na svět dostal díky bratřím Wrightovým.

Mezi moderní trendy, které výrazně ovlivnily dopravu a přepravní procesy a dopomohly tak k rozvoji operačního výzkumu, patří: Systémové zaměření, Syntéza informací, Společná odpovědnost a odměny, tvorba celkové hodnoty systému, Tvarování poptávky, Transformační schopnost, Flexibilní síťová integrace a Globální optimalizace.

Optimalizace dopravy mezi firmou, zákazníkem a dodavatelem byla, je a bude každodenním problémem ne jedné firmy. Od počátku průmyslové revoluce firmy uplatňovaly koncepce, které s sebou zprvu nesly moto „Vyráběj, co umíš vyrábět“. Poptávka převyšovala nabídku a pozornost byla orientována na výrobek. Postupem času se moto změnilo na „Prodej všechno, co máš“ a prodejci věnovali pozornost pouze svým potřebám. Přes výrobovou koncepci se firmy posunuly až k marketingové koncepci, která věnovala a věnuje pozornost zákazníkovi a jeho potřebám.

Spokojený zákazník je dobrý zákazník a pro firmu je velmi důležitý. Stálí zákazníci zajišťují nejen příjmy, ale i dobré jméno firmy. Firmy se tedy snaží uspokojovat potřeby zákazníků nejen prodejem zboží, ale i kvalitou poskytovaných služeb a včasnou dodávkou. Po vývoji prvních optimalizačních modelů přispěl operační výzkum k větší efektivnosti dopravních systémů a podniky s komplikovanými dopravními a logistickými problémy začaly být konkurenceschopné.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Hlavním cílem této diplomové práce je optimalizovat dopravu společnosti ZING trading s.r.o., jež nakupuje a posléze pře-prodává papír svým zákazníkům, ofsetovým tiskárnám a docílit tak zefektivnění dopravy a snížení nákladů s využitím metod operačního výzkumu.

Optimalizován je nejprve dopravní problém mezi firmou a zákazníkem. Cílem této optimalizace je nalezení vhodné trasy obchodního zástupce firmy, který během jednoho pracovního dne musí navštívit určitý počet zákazníků.

Jako další je optimalizován dopravní problém mezi zákazníkem a dodavatelem. Cílem této optimalizace je navrhnoutí nových okružních tras a zlepšení plánování kamionové dopravy. Kamiony nakládají zboží ve skladu a dále ho rozvázejí mezi zákazníky. Jedná se tedy o nejvhodnější rozvržení vykládek přepravovaného zboží.

Mezi cíle této diplomové práce nepatří pouze vyhledání nejvhodnějších tras, ale i uspokojení potřeb všech zákazníků ve stanoveném termínu a čase.

### **2.2 Metodika**

Práce je rozdělena na dvě části, část teoretickou a praktickou.

První ze zmiňovaných částí byla vypracována na základě studie odborných článků, monografií a dalších zdrojů tištěného i elektronického charakteru a přibližuje problematiku logistiky, dopravy a distribuce, jakožto jednoho ze základních pilířů marketingového mixu. Dále se tato část zabývá problematikou distribučních úloh, jejich obecnou klasifikací a podrobnějším rozbořem jednotlivých metod, které jsou pro tuto práci klíčové. Konkrétně se jedná o jednookruhový a víceokruhový okružní dopravní problém a jednookruhový okružní dopravní problém s časovými okny.

V praktické části jsou přiblíženy jednotlivé subjekty dopravní úlohy. Firma jako distributor papíru, zákazník jako potenciační odběratel a dodavatel jako přepravní společnost, jež zodpovídá za včasné uspokojení zákaznických potřeb. Dále se tato část věnuje konkrétním dopravním problémům, jejich charakteristice a posléze výpočtům. K výpočtům bylo využito metod operačního výzkumu z oblasti řešení distribučních úloh. Konkrétně se jednalo o jednookruhový okružní dopravní problém s časovými okny a o Mayerovu metodu, která slouží pro výpočet víceokruhového okružního dopravního problému. Metody operačního výzkumu byly doplněny o softwarové metody, kdy bylo pro výpočty využito softwaru Gurobi Optimizer a tabulkového procesoru MS Excel.

Diplomová práce byla vypracovávána podle následujícího postupu:

- Stanovení hlavních cílů
- Nastudování dané problematiky
- Výběr metod, které jsou pro práci klíčové
- Sběr dat potřebných k výpočtům
- Popis subjektů dopravních úloh a vztahů mezi nimi
- Výpočet dopravního problému mezi zákazníkem a firmou
- Výpočet dopravního problému mezi zákazníkem a dodavatelem
- Soupis výsledků a jejich komentářů, závěrečná doporučení

## 3 Teoretická východiska

### 3.1 Logistika

V dnešní době lze logistiku a řízení dodavatelského řetězce charakterizovat jako obchodní funkci, která se zabývá zpřístupněním zboží v čase, místě a potřebném množství. Pokud se jedná o obchodní procesy, může být řízení dopravy chápáno jako součást logistiky a logistických systémů (Speranza, 2016).

Logistika je soubor všech činností sloužících k poskytování potřebného množství prostředků s minimálními náklady tam a tehdy, kde a kdy je po nich poptávka. Logistika se zabývá všemi operacemi, které určují pohyb zboží. Vše začíná u vývoje produktu a nákupu potřebných materiálů a končí výrobou a distribucí finálním zákazníkům. Logistika uvádí do vztahů zboží, lidi, výrobní kapacity a informace. Nevytváří hmotné statky, ale umožňuje jejich výrobu, směnu, ale i spotřebu. Logistika je disciplínou, kam lze zařadit následující činnosti (Svoboda, 2006):

- Dopravu jako nositele hmotného toku
- Činnost skladových systémů včetně řízení zásob
- Manipulaci s materiály, komponenty a se zbožím v průběhu výroby i v průběhu oběhu, a to včetně manipulace při skladových operacích nebo při změně dopravního systému
- Balení, především přepravní, ale i komerční
- Zpracování a přenos informací, a to ve směru pohybu hmotných toků i ve směru proti hmotnému toku při časovém předstihu i časovém souběhu a následování
- Všechny řídicí činnosti, vedoucí k optimalizaci synergického efektu logistického systému

Cílem logistiky na všech úrovních je maximalizovat efektivnost oběhových procesů. Je nutné, aby byl vytvořen řídicí systém, který bude nejen řídit technologické procesy, ale zvládne optimalizovat celkový efekt oběhového procesu. Takový systém lze označit jako logistický a dopravní systém. Nabídku kapacity logistické dopravy ovlivňuje hlavně (Svoboda, 2006):

- Kapacita stabilních prostředků využívaných logistickou dopravou
- Kapacita dopravních prostředků
- Soulad kapacit dopravních cest, uzlů, dopravních prostředků
- Optimální technologie dopravního procesu, využívajícího danou technickou základnu

## 3.2 Doprava

Nositelem hmotných toků je doprava. Dopravu lze definovat jako jakékoli cílevědomé přemísťování osob či hmotných statků pomocí vlastních nebo zprostředkovaných sil. Přemísťování lidí uskutečňuje doprava ve dvou rovinách (Svoboda, 2006):

- Dopravou pracovních sil do nebo z pracovního procesu
- Při uspokojování osobní potřeby jednotlivců

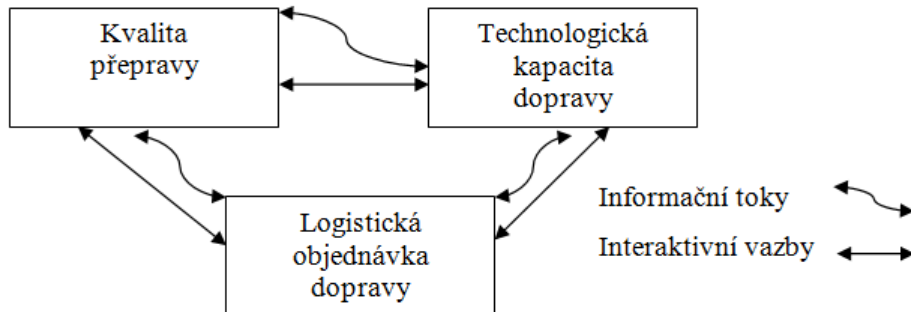
Přemísťování hmotných statků se týká všech tří fází reprodukčního procesu (Drahotský a kol., 2003):

- **Výroba hmotných statků**  
Doprava uspokojuje potřeby vyvolané technologií a specializací výroby v jednotlivých fázích výroby i mezi nimi.
- **Oběh hmotných statků**  
Doprava uspokojuje potřeby přemísťování nutné k realizaci ekonomického oběhu.
- **Spotřeba hmotných statků**  
Doprava uspokojuje potřeby přemísťování výrobků, které již vstoupily na trh.



Dopravní soustava (viz. Obrázek 1) bude funkční při dokonalé funkci informačního systému a budou-li ve vzájemné proporcionalitě následující tři faktory (Svoboda, 2006):

**Obrázek 1: Dopravní soustava, (Svoboda, 2006)**



- **Logistická objednávka dopravy**

Klade nároky na technologické kapacity dopravní soustavy a určuje kvalitativní úroveň přepravy, která zpětně ovlivňuje technologickou kapacitu dopravy.

- **Technologická kapacita přepravy**

Je-li předem dána kvalita přepravy, ovlivňuje technologická kapacita logistickou objednávku. Pokud je technologická kapacita dopravy dostatečně vysoká, může při stanovené kvalitě snižovat až minimalizovat potřeby kapacit ostatních činností oběhového procesu, zejména skladování a manipulaci. Jsou-li technologická kapacita dopravy i logistická objednávka determinovány, je omezena kvalitativní úroveň přepravy.

- **Kvalita přepravy**

Pro vyšší kvalitu přepravy je nutné zabezpečovat větší rezervy technologické kapacity.

### 3.3 Distribuce

Gary Armstrong a Philip Kotler, ve své knize *Marketing*, hovoří o distribuci jako o jedné ze čtyř částí marketingového mixu. Tzv. 4P (produkt = product, cena = price, propagace = promotion, distribuce/místo = place) jsou považovány za soubor taktických marketingových nástrojů výrobní, cenové, distribuční a komunikační politiky. Tyto nástroje firmě umožňují upravit nabídku podle přání zákazníků na cílovém trhu (Kotler a kol., 2004).

Proces distribuce je chápán jako cesta produktu z místa vzniku (výroby) do místa prodeje zákazníkovi. Cílem distribuce je poskytnout kupujícím požadované produkty na dostupném místě, ve správném čase a v takovém množství, jaké potřebují. K tomu se budují *distribuční cesty* neboli *distribuční kanály* (Mendelova univerzita v Brně, b.r.).

Distribuční cesty neboli distribuční kanály lze rozdělit na (Distribuční cesty, 2008):

- **Přímé cesty**

Od výrobce ke spotřebiteli. Výhodami cest přímých je přímý kontakt se zákazníkem, zpětná vazba nebo nižší náklady v případě menšího počtu zákazníků.

- **Nepřímé cesty**

Od výrobce k distribučnímu mezičlánku a poté spotřebiteli nebo přímo spotřebiteli. Mezi výhody cest nepřímých lze zařadit například snížení objemu prací u výrobce i zákazníků, nižší potřebu investičních zdrojů nebo využití zkušeností a kontaktů distribučních mezičlánků.

K tomu, aby byla distribuce výrobku plně využívána, je zapotřebí zvolit vhodnou lokalitu, formu prodeje a zanalyzovat chování zákazníka na místě prodeje. Výběr vhodné lokality je pro firmu klíčový. Z krátkodobého časového horizontu jej totiž nelze změnit a pro hospodaření firmy může mít špatné rozhodnutí fatální následky (Omnis Olomouc, 2015).

### 3.4 Distribuční úlohy

Katedra informatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Jana Evangelisty Purkyně zveřejnila na svých internetových stránkách e-nástěnky práci Květuše Sýkorové, lektorky a tajemnice katedry informatiky, která se zabývá problematikou distribučních úloh. Mezi úlohy lineárního programování, dle K. Sýkorové, lze zařadit i distribuční úlohy neboli dopravní problémy. Tyto úlohy je možné vyjádřit pomocí lineárních modelů. Jedná se o metody iterační, tj. optimální řešení je nalezeno postupně, krok za krokem. Patří sem například úlohy jednostupňové, dvoustupňové, okružní nebo přiřazovací (Sýkorová, 2014).

Jan Štecha klasifikoval distribuční úlohy jako problém, v němž existuje  $m$  výrobců a  $n$  spotřebitelů.  $i$ -tý výrobce vyrobí celkem  $a$  jednotek zboží a  $j$ -tý spotřebitel vyžaduje  $b$  jednotek.  $C_{ij}$  určuje náklady na přepravu zboží od  $i$ -tého výrobce k  $j$ -tému spotřebiteli.  $X_{ij}$  určuje, jaké budou náklady na přepravu. Hlavním cílem přepravy zboží je minimalizace nákladů na dopravu (Štecha, 2000).

V následujících odstavcích se práce věnuje vybraným distribučním metodám a postupům, které slouží jako teoretické podklady pro výpočty dopravních problémů v praktické části této diplomové práce. Tyto metody jsou dále doplněny o softwarové možnosti řešení těchto úloh.

### 3.4.1 Jednostupňová dopravní úloha

Jednostupňová dopravní úloha je jednou z prvních a nejznámějších aplikací problémů lineárního programování. Byla vyvinuta v době druhé světové války pro účely přepravování  $m$  zdrojů do  $n$  míst. V dnešní době se ve většině případů využívá pro rozvržení rozvozu zboží či materiálu od dodavatele k odběrateli (Hlavatý a kol., 2017).

#### Cíle a předpoklady

Úkolem takové úlohy je uspořádat přepravu stejnorodého produktu tak, aby byly požadavky spotřebitelů splněny a náklady na přepravu byly minimální. Řešení problému vychází z následujících předpokladů (Šubrt, 2011):

- K přepravě produktu je používán stejný druh dopravních prostředků
- Mezi každým dodavatelem a spotřebitelem existuje právě jedna dopravní cesta
- Náklady na přepravu jsou přímo úměrné množství přepravovaného produktu

#### Parametry dopravní úlohy

Mezi základní parametry každé dopravní úlohy patří dodavatelé a jejich kapacity, odběratelé a jejich kapacity, sazby a množství přepravovaného produktu (Jablonský, 2007):

Dodavatelé:

- Existuje  $m$  dodavatelů  $D_1, D_2, \dots, D_m$
- Kapacita dodavatelů  $a_1, a_2, \dots, a_m$  (množství, které je dodavatel schopen v daném období dodat)

Odběratelé:

- Existuje  $n$  odběratelů  $O_1, O_2, \dots, O_n$
- Požadavky odběratelů  $b_1, b_2, \dots, b_n$  (množství, které odběratel v uvažovaném období požaduje)

Sazby:

- Značí se  $c_{ij}$
- Jedná se například o náklady na přepravu jedné jednotky produktu mezi zdrojem a cílovým místem nebo o vzdálenosti mezi dodavateli a odběrateli

Množství přepravovaného produktu:

- Značí se  $x_{ij}$
- Vyjadřuje objem přepravy mezi  $i$ -tým dodavatelem a  $j$ -tým spotřebitelem

### Dopravní tabulka

Výše popsané parametry dopravní úlohy lze považovat za formulaci ekonomického modelu dopravního problému a lze jej přehledně zapsat do následující tabulky (Jablonský, 2007).

Tabulka 1: Dopravní tabulka, (Jablonský, 2007)

Zdroje	Cílová místa				Kapacity zdrojů
	O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	...	O <sub>n</sub>	
D <sub>1</sub>	$c_{11}$ $x_{11}$	$c_{12}$ $x_{12}$	...	$c_{1n}$ $x_{1n}$	$a_1$
D <sub>2</sub>	$c_{21}$ $x_{21}$	$c_{22}$ $x_{22}$	...	$c_{2n}$ $x_{2n}$	$a_2$
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
D <sub>m</sub>	$c_{m1}$ $x_{m1}$	$c_{m2}$ $x_{m2}$	...	$c_{mn}$ $x_{mn}$	$a_m$
Požadavky cíl. skup.	$b_1$	$b_2$	...	$b_n$	$\sum_i a_i$ $\sum_i b_i$

Dopravní tabulka slouží k zaznamenání všech potřebných údajů a k samotnému výpočtu. Řádky tabulky jsou určeny zpravidla dodavatelům. Do posledního řádku se zaznamenávají požadavky odběratele  $b_j$ . Sloupce jsou určeny odběratelům. V posledním sloupci jsou uvedeny kapacity dodavatelů  $a_i$ . Do jednotlivých buněk tabulky se zapisují sazby  $c_{ij}$  a množství přepravovaného produktu  $x_{ij}$  - pouze pro bazické proměnné. Proměnné mají dva indexy. První číslo indexu u  $x_{ij}$  udává číslo dodavatele, druhé číslo spotřebitele. Například  $x_{23}$  říká, že druhý dodavatel dováží zboží třetímu odběrateli (Šubrt, 2011).

## Matematický model

Matematický model dopravní úlohy se skládá ze tří část (Fábry, 2011):

### - Účelová funkce

Nalezení minima lineární funkce. Vyjadřuje závislost mezi strukturou přepravy a celkovými přepravními náklady.

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \text{MIN} \quad (3.1)$$

### - Omezující podmínky

Soustava rovnic. Prvních  $m$  rovnic určuje vztah, kdy dodavatel dodá spotřebiteli přesně takové množství produktu, kolik je jeho kapacita. Dalšíh  $n$  rovnic určuje případ, kdy spotřebitel přijme právě takové množství produktu, kolik je jeho požadavek.

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.2)$$

### - Podmínky nezápornosti

Nelze přepravovat záporné množství produktu.

$$x_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

Přičemž musí platit podmínka vyváženosti dopravní úlohy  $\sum_i a_i = \sum_j b_j$ .

## **Algoritmus řešení dopravní úlohy**

Při řešení dopravní úlohy je postupováno od výchozího bazického řešení k jinému, které má vždy lepší hodnotu účelové funkce. Postupně výpočet dojde až k optimálnímu řešení. Tento postup lze rozdělit do čtyř kroků (Šubrt, 2011):

- **Vyvážení dopravní úlohy**

Tato vlastnost je podmínkou řešitelnosti úlohy.

- **Nalezení výchozího bazického řešení**

Pro nalezení výchozího bazického řešení existuje několik metod. Lze mezi ně zařadit například indexovou metodu, Vogelovu aproximační metodu nebo metodu severozápadního rohu.

- **Test optimality**

Cílem testu optimality je určení, zdali je nalezené řešení optimální nebo je možné najít jiné řešení, jehož hodnota účelové funkce bude ještě lepší. Pokud řešení není optimální, je potřeba přejít k dalšímu kroku.

- **Přechod na lepší řešení**

Výchozí bazické řešení bude upraveno přímo v dopravní tabulce pomocí Dantzigových uzavřených obvodů. Nové bazické řešení má lepší hodnotu účelové funkce.

Test optimality a přechod na lepší řešení je opakován tak dlouho, dokud není nalezeno řešení optimální.

### 3.4.2 Jednookruhový okružní dopravní problém

Navštívit 33 míst na mapě a ujet přitom co nejkratší vzdálenost, to byl problém, který mezi matematiky vyvolal veliký zájem. Jednalo se totiž o soutěž, kterou spustila společnost Procter & Gamble v rámci své reklamní kampaně v roce 1962. V roce 2011 na tuto událost vzpomněl William John Cook ve své knize *In Pursuit of the Traveling Salesman: Mathematics at the Limits of Computation* (Po stopách obchodního cestujícího: Matematika na hranicích možností; překlad V. Douchová, R. Honzík). Úkol projet 33 měst, urazit co nejkratší vzdálenost a vrátit se zpět na startovní místo je příkladem problému obchodního cestujícího, který lze označit písmeny TSP (z anglického „Travelling Salesman Problem”) (Cook, 2012).

Hrdiny na poli výzkumu TSP jsou Dantzig, Fulkerson a Johnson. I přes nástup počítačů, výpočetních programů a nových poznatků jsou tyto tři kalifornští matematici průkopníky v řešení problému obchodního cestujícího. Díky aplikaci lineárního programování vyřešili problém se 48 městy. V případě, kdy má obchodní cestující projet 48 měst, existuje podle Cooka  $10^{62}$  možných tras. Ta nejkratší možná měřila 19 863 km. Toto řešení nikdo dlouho nepřekonal. Rekord vydržel až do roku 1971, kdy Michael Held a Richard Karp vyřešili problém s 64 body náhodně rozmístěnými ve čtvercové oblasti. I číslo 64 bylo několikrát překonáno. V roce 2006 byl vyřešen problém s 85 900 body, kdy šlo o cestu laserového paprsku při výrobě počítačového čipu. Tento problém by bylo asi složité počítat ručně, a proto bylo využito počítačového programu *Concorde* (Cook, 2012).

#### Obecná formulace

Jednookruhový okružní dopravní problém patří k nejjednodušším okružním úlohám. Přeprava mezi všemi místy je realizována právě jedním okruhem (Šubrt, 2011). Okružní dopravní problém je klasifikován množinou měst a vzdáleností mezi každou dvojicí měst (sazba  $c_{ij}$  pro každou dvojici měst). Sazba  $c_{ij}$  představuje například spotřebu času nebo náklady pro spojení z místa  $i$  do místa  $j$ . Cílem této dopravní úlohy je propojit všechna stanovená místa tak, aby tvořila jakýsi okruh a délka trasy byla co nejkratší. Každé místo je navštíveno právě jednou, s výjimkou výchozího, které slouží i jako návratný bod (Jablonský, 2007).



Okružní dopravní problém je aplikovatelný všude tam, kde se jedná o pravidelný rozvoz nebo svoz jakýchkoli produktů. Jako příklad lze uvést pekárny, mlékárny, svoz domovního odpadu nebo zásobování prodejen ze skladů. Podobně jako u přiřazovací úlohy i u okružního problému se zavádějí bivalentní proměnné, které naznačují, zdali mezi danými místy bude cesta uskutečněna či nikoli. Proměnné nabývají hodnot 1 a 0. Hodnotou 1 jsou označeny ty trasy, na kterých bude přeprava uskutečněna, 0 pak značí místa, kde k přepravě nedojde (Jablonský, 2007).

### Matematický model

Matematický model se skládá ze tří částí (Šubrt, 2011):

#### - Účelová funkce

Nalezení minima lineární funkce.

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow MIN \quad (3.4)$$

#### - Omezující podmínky

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.5)$$

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1 \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 2, 3, \dots, n; \quad i \neq j \quad (3.6)$$

$$x_{ij} \in \{0; 1\} \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.7)$$

- $n$  je počet uzlů (měst) v grafu
- $c_{ij}$  představuje cenový koeficient (například vzdálenost mezi místy  $i$  a  $j$ )
- $x_{ij}$  je bivalentní proměnná nabývající hodnoty 1 nebo 0. V případě, že vozidlo jede z místa  $i$  do místa  $j$ , bude tato trasa označena 1, v opačném případě bude trasa označena 0.
- $u$  je pomocná proměnná modelu

V tabulce č. 2 je ukázka přípustného řešení okružního dopravního problému. Písmena značí místa, která je potřeba navštívit a jedničky místa, mezi kterými bude přeprava uskutečněna. Jelikož je každé místo během cesty navštíveno právě jednou, řádkové a sloupcové součty proměnných budou rovny jedné (bude tam právě jedna jednička). Cílem je nalézt jeden jediný okruh zahrnující všechna místa. Nalezení několika dílčích, vzájemně nezávislých okruhů značí nepřípustné řešení problému naznačené v tabulce č. 3 (Jablonský, 2007).

**Tabulka 2: Přípustné řešení, (Jablonský, 2007)**

	A	B	C	D	E
A			1		
B				1	
C		1			
D					1
E	1				

Cesta prochází z  $A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow A$

Jedná se o právě jeden okruh.

**Tabulka 3: Nepřípustné řešení, (Jablonský, 2007)**

	A	B	C	D	E
A		1			
B			1		
C	1				
D					1
E				1	

Cesta prochází z  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$

Druhý nezávislý okruh pak z  $D \rightarrow E \rightarrow D$

## **Optimální řešení**

Problém, který u těchto typů úloh nastává, je, že s jistotou nelze říci, že řešení, které bylo nalezeno, je optimální. Nikdo není schopen najít cestu, o které by se dalo s jistotou tvrdit, že je tou nejkratší. Není možné, aby člověk prošel a zkontroloval veškeré cesty, kterými je možné mezi danými městy projíždět a ani počítač nedokáže určit, jaká vzdálenost mezi jednotlivými body je ta nejkratší (Mazin a kol., 2017).

Okružní a rozvozní problémy patří do skupiny NP-obtížných úloh (Fábry, 2006). Počet omezujících podmínek v matematickém modelu roste exponenciálně s rostoucím počtem míst a neexistuje žádný efektivní algoritmus, který by našel přesné matematické optimum (Šubrt, 2011). V dnešní době již ale existují solvery, které lze pro tyto rozsáhlejší úlohy použít a jejichž výsledky mohou být optimální. Solvery jsou založeny na metodách branch and bound nebo brunch and cut.

Metoda brunch and bound byla vyvinuta kvůli rekurzivní metodě pro řešení problému obchodního cestujícího. Princip metody je založen na systematickém procházení všech potencionálních řešení, přičemž velké podmnožiny nevhodných kandidátů jsou vyloučeny najednou. Při výpočtu je využíván horní a dolní odhad hodnoty, která se optimalizuje, a tyto odhady se v průběhu výpočtu zpřesňují. Dalšími variantami metody brunch and bound je metoda branch and cut nebo brunch and price (Hladík, 2017).

Pro výpočet složitějších problémů lze použít i řadu aproximačních metod, jejichž řešení není optimální, ale lze je považovat za ekonomické optimum. Pro názornost budou následně uvedeny dvě z těchto metod (Šubrt, 2011):

### **Vybrané aproximační metody**

#### **- Metoda nejbližšího souseda**

Metoda nejbližšího souseda je nejjednodušší aproximační metodou pro řešení okružního dopravního problému. Je třeba zvolit výchozí místo, z kterého se řidič vydá do dalšího místa, do kterého vede nejvýhodnější spojení. Zároveň je potřeba dbát na to, aby každé z následujících míst bylo vybráno právě jednou. Po projetí všech míst se cesta vrací zpět do výchozího bodu.

Výpočet se provádí v tabulce (matici) sazeb.

**Tabulka 4: Matice sazeb, (Šubrt, 2011)**

	Praha	České Budějovice	Plzeň	Ústí nad Labem	Hradec Králové	Brno	Ostrava
Praha	-	140	94	92	112	202	362
České Budějovice	140	-	133	232	217	186	346
Plzeň	94	133	-	146	206	296	456
Ústí nad Labem	92	232	146	-	166	294	454
Hradec Králové	112	217	206	166	-	142	240
Brno	202	186	296	294	142	-	165
Ostrava	362	346	456	454	240	165	-

Jako první je třeba zvolit výchozí místo a vyškrtnout sloupec odpovídající výchozímu místu. V řádku odpovídajícím tomuto místu bude nalezena a obsazena buňka s minimální (nejvýhodnější) sazbou (spojení bude zahrnuto do okružního dopravního problému). Po obsazení buňky bude vyškrtnut sloupec, který tomuto místu odpovídá (do tohoto místa se okruh vícekrát vracet nebude). V řádku odpovídajícím tomuto místu bude z nevyškrtnutých sazeb vybrána sazba nejmenší. Tento postup je opakován do doby, než budou vyškrtnuty všechny sloupce. V posledním řádku bude obsazena buňka ve sloupci, odpovídajícím výchozímu místu (Šubrt, 2011).

Po vypočtení prvního okruhu bude zvoleno další z míst jako výchozí a trasa bude opět vypočítána. Takto se výchozím místem postupně stanou všechna místa, která se okružního problému účastní. Po vypočtení všech možných tras bude zvolena ta, která je ze všech zkoumaných nejkratší (Šubrt, 2011).

- **Vogelova aproximační metoda**

Vogelova aproximační metoda využívá rozdílů mezi dvěma nejvýhodnějšími sazbami v řádcích (řádcích a sloupcích) dopravní tabulky. Tabulka je rozšířena o jeden sloupec a jeden řádek, který slouží pro zápis takovýchto diferencí. V každé řadě je vypočtena diference mezi dvěma nejvýhodnějšími sazbami. V řadě s největší diferencí je obsazena buňka s nejvýhodnější sazbou. Obsazované buňky jsou zvýrazňovány a představují spoje, jež budou zařazeny do okružního problému. Po obsazení buňky je vyškrtnut řádek i sloupec, ve kterých se obsazovaná buňka nachází. Zároveň je potřeba vyškrtnout i buňku, která s právě obsazenou buňkou (případně ještě několika již dříve obsazenými buňkami) uzavírá okruh, který

neprochází všemi místy. Po vyškrtnutí budou přepočítány řádkové i sloupcové diference. Postup je opakován ve zmenšené tabulce až do vyčerpání všech sazeb tabulky. V případě stejné diference ve dvou různých řadách, bude přednostně obsazena buňka s nejvýhodnější sazbou. Vyskytne-li se nejvýhodnější sazba u dvou buněk v jedné řadě, je počítána druhá diference mezi dvěma nejvýhodnějšími různými sazbami (Šubrt, 2011).

### **Statický a dynamický přístup**

Jednookruhové okružní dopravní problémy lze rozdělit na problémy se statickým a dynamickým přístupem. Distribuční úlohy se statickým přístupem využívají k výpočtu standardní modely a metody operačního výzkumu. Jejich výhodou je znalost veškerých informací o zákaznících a jejich požadavcích ještě před samotným výpočtem. Naproti tomu dynamické úlohy musí reagovat na požadavky, které vznikají až po vypočtení optimálního řešení. Je třeba rozhodnout, kdy a kdo (v případě použití více vozidel) nově vzniklý požadavek obslouží. S rostoucím počtem zákazníků, jejich požadavků a omezení narůstá u dynamických úloh výpočetní čas neúměrně praktickým požadavkům na rychlou reakci firmy. Z tohoto důvodu se v těchto úlohách využívají heuristické a metaheuristické metody, které poskytují řešení, které je velice blízké optimálnímu řešení (Fiala, 2010).

Tato práce se bude dále zabývat pouze statickým přístupem, kdy veškeré informace a požadavky budou známy před samotným výpočtem.

### 3.4.3 Jednookruhový okružní dopravní problém s časovými okny

Předpokladem jednookruhového okružního dopravního problému se statickým přístupem je znalost všech požadavků zákazníků před zahájením jízdy. Každý zákazník definuje časové intervaly, časová okna, ve kterých může být realizována jeho obsluha. Cílem je určit pořadí míst, která budou navštívena tak, aby byly splněny všechny podmínky, uspokojeny požadavky zákazníků a náklady spojené s rozvozem byly minimální (Fábry, 2006).

Časové okno je definováno intervalem mezi nejdříve možným začátkem obsluhy  $e_i$  a nejpozději přípustným začátkem obsluhy  $l_i$ . Okamžik, ve kterém začne reálná obsluha, bude označen  $a_i$ . Obsluha  $i$ -tého zákazníka nesmí začít dříve, než kdy je stanoven nejdříve možný začátek jeho obsluhy. Pokud obchodní zástupce dorazí k zákazníkovi dříve, musí čekat až do okamžiku  $e_i$ . Pokud zástupce nestihne přijet do nejpozději možného termínu obsluhy zákazníka, zákazník již nemůže být obsloužen a mohou vznikat náklady spojené s nedodržením zákaznickova požadavku (Fábry, 2006).

V jednookruhovém okružním dopravním problému s časovými okny existují dvě strategie čekání vozidla u zákazníků (Fábry, 2006):

- Čekání obchodního zástupce u  $j$ -tého zákazníka, před zahájením jeho obsluhy  
Zástupce odjede od  $i$ -tého zákazníka bezprostředně po jeho obslužení. Pokud dojede k  $j$ -tému zákazníkovi před otevřením jeho časového okna, musí čekat do okamžiku  $e_j$ .
- Čekání obchodního zástupce u  $i$ -tého zákazníka, před zahájením obsluhy  $j$ -tého zákazníka  
Zástupce zůstane po obslužení  $i$ -tého zákazníka na místě a k  $j$ -tému zákazníkovi vyrazí až v takovém okamžiku, aby k němu dorazil přesně ve chvíli otevření jeho časového okna.

Z hlediska optimální doby dávají obě strategie stejný výsledek a poskytují stejnou posloupnost navštívených míst. Řešení se liší pouze v hodnotách a interpretaci dob čekání na jednotlivých místech (Fábry, 2006).

Pro tuto práci byla zvolena varianta druhé strategie, čekání obchodního zástupce u  $i$ -tého zákazníka, před zahájením obsluhy  $j$ -tého zákazníka.

V následujících řádcích bude popsán matematický model jednookruhového okružního dopravního problému (Fábry, 2006):

### Matematický model

- **Účelová funkce**

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^n W_i + \sum_{j=2}^n S_j \rightarrow MIN \quad (3.8)$$

- **Omezující podmínky**

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.9)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.10)$$

$$e_i \leq a_i \leq l_i \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (3.11)$$

$$a_i + t_{ij} - M(1 - x_{ij}) + W_i + S_i + v_{ij} = a_j \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, n \\ j = 2, 3, \dots, n \end{array} \quad i \neq j \quad (3.12)$$

$$a_1 = 0 \quad (3.13)$$

$$a_i \geq 0 \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (3.14)$$

$$0 \leq v_{ij} \leq 2M(1 - x_{ij}) \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, n \\ j = 2, 3, \dots, n \end{array} \quad i \neq j \quad (3.15)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.16)$$

- $n$  je počet míst, která musí obchodní zástupce navštívit ( $n_1$  je pak výjezdní místo, které slouží i jako návratný bod)
- $c_{ij}$  představuje vzdálenost mezi místy  $i$  a  $j$
- $t_{ij}$  je doba přejezdu mezi místy  $i$  a  $j$

- hodnoty  $e_i$  a  $l_i$  představují nejdříve možný a nejpozději přípustný termín obsluhy zákazníka  $i$
- $M$  představuje vysokou konstantu
- $x_{ij}$  je bivalentní proměnná nabývající hodnoty 1 nebo 0. V případě, že vozidlo jede z místa  $i$  do místa  $j$ , bude tato trasa označena 1, v opačném případě bude trasa označena 0.
- $a_i$  udává okamžik, ve kterém vozidlo navštíví místo  $i$
- $W_i$  představuje dobu, kterou zástupce firmy čeká před obsluhou  $j$ -tého zákazníka
- $S_j$  představuje údaj o délce obsluhy  $j$ -tého zákazníka

### 3.4.4 Víceokruhový okružní dopravní problém

Víceokruhový okružní dopravní problém bývá někdy označován jako úloha o batohu. Neformálně lze úlohu o batohu popsat následovně: K dispozici je  $n$  předmětů, u kterých je známa jejich váha  $v_i$  a hodnota  $c_i$ . Předměty je potřeba naskládat do batohu s nosností  $V$ , která je menší než součet všech vah  $v_i$ . Je potřeba vybrat takové předměty, které se do batohu vejdou a jejich celková hodnota bude co možná největší (Vaníček, 2007).

Obdobně jako u úlohy s batohem lze i u okružního dopravního problému řešit kapacitní omezení jednotlivých automobilů. Okružní dopravní problém je pak potřeba rozdělit na více okruhů. Požadavky spotřebitelů často převyšují kapacitu vozidla, které rozváží objednaný materiál. Pro zjednodušení víceokruhového dopravního problému je zaveden předpoklad, že všechny využívané automobily jsou stejné a jejich kapacita je větší nebo rovna převáženému množství. Je tedy potřeba naplánovat několik okruhů, každý pro jedno vozidlo tak, aby každé začínalo a končilo v centrálním místě. Suma kapacit všech necentrálních míst v rámci jednoho okruhu nesmí být větší než kapacita vozidla a každé necentrální místo musí ležet právě na jednom okruhu (Šubrt, 2011).



### **Mayerova metoda**

Víceokruhový okružní dopravní problém patří k NP-těžkým úlohám (viz. kapitola 3.4.2). Z tohoto důvodu je pro výpočet využito Mayerovy metody, která spadá do metod heuristických, jež nedokáží najít optimální řešení, ale pouze ekonomické optimum.

Nejprve je potřeba seřadit všechna místa v tabulce sazeb, v řádcích i sloupcích, podle vzdálenosti od centrálního místa. Centrální místo lze z tabulky vynechat a místo něj přidat sloupec obsahující požadavky jednotlivých necentrálních míst (Šubrt, 2011).

Jako první bude v tabulce označen první sloupec (první místo v první okružní trase) a požadavek v prvním řádku. Po označení bude první řádek vyškrtnut. U ostatních míst bude sečten jejich požadavek s již označeným, a pokud bude součet převyšovat kapacitu vozidla, místo bude vyškrtnuto v prvním sloupci dopravní tabulky (Šubrt, 2011).

Z nevyškrtnutých polí v prvním sloupci bude vybrána minimální sazba (pokud je výběr nejednoznačný, vybrána bude ta hodnota, která je nejbližší v pořadí), ta označuje místo, které je jako další přiřazeno do první okružní trasy. Odpovídající sloupec a požadavek v odpovídajícím řádku bude opět označen a řádek posléze vyškrtnut (Šubrt, 2011).

Vyznačené požadavky budou sečteny a společně přičteny k ostatním zbývajícím místům. Tam, kde součet překročí kapacitu vozidla, dojde k vyškrtnutí buněk v označených sloupcích v odpovídajících řádcích. Z nevyškrtnutých prvků v označených sloupcích bude opět vybrána nejmenší sazba a tím i další místo daného okruhu dopravního problému (Šubrt, 2011).

Postup je opakován do doby, kdy při porovnávání kapacit byly vyškrtnuty všechny sazby v označených sloupcích. První okruh byl dokončen. U míst, která jsou obsažena v prvním okruhu, budou vyškrtnuty příslušné sloupce a požadavky a ve zbylé části tabulky budou vytvářeny obdobným způsobem zbylé okruhy. Místa zvolená pro daný okruh je třeba ještě seřadit. Lze využít některé z uvedených metod pro řešení jednookruhové úlohy (Šubrt, 2011).

### **3.5 Softwarové řešení optimalizačních úloh**

Řešení optimalizačních úloh může být zásadně ulehčeno při využití programových prostředků, kterých existuje celá řada a záleží jen na preferencích uživatele. Mezi profesionální systémy pro řešení optimalizačních úloh lineárního programování (LP) patří systémy DSwiny, STORM, Lindo, Lingo, DecisionPro, CPLEX nebo OSL. Ceny těchto programů mohou být vysoké, ale při správném použití by měl být jejich přínos vyšší než vynaložené náklady (Puklický, 2015).

Tyto systémy obsahují moduly, které slouží pro řešení určitého typu úloh. Kromě standardních úloh LP a celočíselných úloh LP řeší například i dopravní a přiřazovací problémy (Jablonský, 2007).

V některých případech, hlavně u jednodušších úloh, lze pro řešení problému využít tabulkový procesor MS Excel.

#### **3.5.1 Gurobi Optimizer software**

Gurobi Optimizer software je všestranný pomocník, využívaný ve více jak 1500 společnostech. Pomáhá řešit problémy z oblasti výroby, distribuce, nákupu, financování, kapitálových investic a lidských zdrojů. Software umožňuje sepsání daného problému do matematického modelu až s miliony rozhodovacích proměnných. Následně zvažuje miliardy ba dokonce biliony možných řešení, za účelem najít to nejlepší možné, čímž napomáhá firmám při každodenních rozhodováních (Gurobi Optimizer, b.r.).

Gurobi patří k placeným softwarům, o kterých se práce zmiňovala již dříve. Pro účely diplomové práce lze ale využít akademické licence, která umožňuje bezplatně pracovat s vybranými moduly, které jsou pro tuto práci dostačující.

#### **Vstupní data**

Aby mohl software daný problém vyřešit a zvážit všechna možná řešení za účelem výběru optimálního řešení, je potřeba vstupní data upravit podle matematického modelu jednookruhového okružního dopravního problému s časovými okny (viz. kapitola 3.4.3).

Na následujících obrázcích jsou k vidění příklady omezujících podmínek a účelové funkce, upravené pro potřeby softwaru, včetně použitých příkazů.

**Obrázek 2: Gurobi, účelová funkce, zdroj vlastní**

```
Minimize
147 x12 + 146 x13 + 149 x14 + 58.4 x23 + 2.8 x24 + 58.4 x32 + 60.5 x34 + 2.8 x42 + 60.5 x43
+ w1 + w2 + w3 + w4 + w5 + w6 + w7
```

**Obrázek 3: Gurobi, omezující podmínky, zdroj vlastní**

```
Subject To
x12 + x13 + x14 = 1
x21 + x23 + x24 = 1
x31 + x32 + x34 = 1
x41 + x42 + x43 = 1

x21 + x31 + x41 = 1
x12 + x32 + x42 = 1
x13 + x23 + x43 = 1
x14 + x24 + x34 = 1

a1 = 0
a2 >= 0
a2 <= 420
a3 >= 0
a3 <= 420
a4 >= 0
a4 <= 420

a1 - a2 + w1 + 1000000 x12 + v012 = 999896
a1 - a3 + w1 + 1000000 x13 + v013 = 999884
a1 - a4 + w1 + 1000000 x14 + v014 = 999872

a2 - a3 + w2 + 1000000 x23 + v23 = 999920
a2 - a4 + w2 + 1000000 x24 + v24 = 999964

a3 - a2 + w3 + 1000000 x32 + v32 = 999920
a3 - a4 + w3 + 1000000 x34 + v34 = 999915

a4 - a2 + w4 + 1000000 x42 + v42 = 999964
a4 - a3 + w4 + 1000000 x43 + v43 = 999915

End

v12 >= 0
v13 >= 0
v14 >= 0

v23 >= 0
v24 >= 0

v32 >= 0
v34 >= 0

v42 >= 0
v43 >= 0

v12 + 2000000 x12 <= 2000000
v13 + 2000000 x13 <= 2000000
v14 + 2000000 x14 <= 2000000

v23 + 2000000 x23 <= 2000000
v24 + 2000000 x24 <= 2000000

v32 + 2000000 x32 <= 2000000
v34 + 2000000 x34 <= 2000000

v42 + 2000000 x42 <= 2000000
v43 + 2000000 x43 <= 2000000

Binaries
x12 x13 x14
x21 x23 x24
x31 x32 x34
x41 x42 x43
```

## Výstupní data

Po projití dat softwarem existuje několik druhů výstupů:

- Software najde optimální řešení
- Software nenajde optimální řešení (problém je buď neřešitelný, nebo není možné dosáhnout výsledku v uspokojivém čase)

Na obrázku č. 4 je příklad výstupu programu Gurobi, kdy optimální řešení bylo nalezeno. Popis jednotlivých částí výstupu je k vidění níže.

Obrázek 4: Gurobi, výstupní data, zdroj vlastní

```
Academic license - for non-commercial use only
Gurobi Optimizer version 7.5.2 build v7.5.2rc1 (win64)
Copyright (c) 2017, Gurobi Optimization, Inc.

Read LP format model from file c:\Users\Gamer\Desktop\Restaurace_1\TSP_R1.lp
Reading time = 0.00 seconds
: 135 rows, 92 columns, 385 nonzeros
Optimize a model with 135 rows, 92 columns and 385 nonzeros
Variable types: 50 continuous, 42 integer (42 binary)
Coefficient statistics:
  Matrix range [1e+00, 2e+06]
  Objective range [1e-01, 1e+02]
  Bounds range [1e+00, 1e+00]
  RHS range [1e+00, 2e+06]
Presolve removed 49 rows and 1 columns
Presolve time: 0.01s
Presolved: 86 rows, 91 columns, 338 nonzeros
Variable types: 49 continuous, 42 integer (42 binary)

Root relaxation: objective 2.593848e+02, 25 iterations, 0.00 seconds

   Nodes          |   Current Node   |   Objective Bounds   |   Work
  Expl Unexpl |   Obj   Depth IntInf | Incumbent   BestBd   Gap | It/Node Time
-----
H    0     0   259.38484   0   10      -   259.38484   -   -   0s
    0     0      298.500000   6   298.50000 259.38484 13.1%   -   0s
    0     0   281.40000   0   6   298.50000 281.40000 5.73%   -   0s
    0     0   281.40000   0   7   298.50000 281.40000 5.73%   -   0s
    0     0   281.45000   0   5   298.50000 281.45000 5.71%   -   0s
    0     0   281.50088   0   7   298.50000 281.50088 5.69%   -   0s
    0     0      cutoff   0      298.50000 298.50000 0.00%   -   0s

Cutting planes:
  Gomory: 1
  Cover: 1
  Implied bound: 4

Explored 1 nodes (65 simplex iterations) in 0.05 seconds
Thread count was 8 (of 8 available processors)

Solution count 1: 298.5

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)
Best objective 2.985000000000e+02, best bound 2.985000000000e+02, gap 0.00000
wrote result file 'c:\Users\Gamer\Desktop\Restaurace_1\vysledek_R1.sol'
```

V hlavičce výstupu je informace o použitém softwaru. Konkrétně se jednalo o Gurobi Optimizer software, verze 7.5.2 – akademická licence pro nekomerční využití.

Další informace, která je ve výstupu k vidění, je počet řádků a sloupců ve vstupním souboru. Po přečtení celého souboru program vyhodnotil v rámci preprocessingu některé

podmínky jako redundantní a některé proměnné zafixoval. To umožní redukci celkového počtu podmínek a proměnných, které se následně účastní výpočtu pomocí modifikované metody branch and cut.

Ve sloupci hodnot označených jako Gap jsou číselné údaje v procentech, které značí rozdíl mezi dolním a horním odhadem na hodnotu optimálního řešení. Pokud je hodnota gap nulová, znamená to, že bylo optimální řešení dosaženo. Pokud se tato hodnota blíží k hodnotě 5 %, lze považovat hodnotu cílové funkce v daném okamžiku za uspokojivou (Kašpar a kol., 2017).

Ve spodní části výstupu je informace o počtu využitých jader procesoru a konečně hodnota účelové funkce, která je v tomto případě 298,5.

## **4 Praktická část**

### **4.1 Subjekty dopravní úlohy**

#### **4.1.1 Firma**

##### **Obecné informace**

ZING trading s.r.o. (dále jen ZING) je polskou společností a distributorem širokého portfolia papírů pro polygrafii (výrobní obor, který zpracovává a tiskem rozmnožuje textové a obrazové předlohy), kancelářských papírů a obalových materiálů.

První zmínky o společnosti sahají až do roku 1991, ale oficiálním datem vzniku je prosinec 2001. Přelomovým rokem pro společnost ZING byl rok 2009, kdy se firma stala jedním z členů skupiny PaperlinX, skupiny největších polských a současně světových distributorů papíru, obalových materiálů a vizuální komunikace.

S rychlým rozvojem, rozšiřující se základnou a rostoucí nabídkou začal ZING vstupovat do dalších tržních segmentů. V návaznosti na vlastnické změny v roce 2015 se ZING stal samostatnou nezávislou firmou s výhradně polským kapitálem a vrátil se zpět k původnímu názvu ZING. V průběhu roku 2017 společnost ZING trading s.r.o. (člen skupiny ZING GROUP) rozšířila svoji působnost na Slovensko, čímž významně ovlivnila evropský trh.

Na český trh vstoupila společnost prostřednictvím REM trading s.r.o., zavedenou firmou s velkou skladovou základnou, se kterou se spojila. V prvním roce spolupráce vznikaly kanceláře v Praze, Ostravě a Brně, včetně skladových prostor.

Firma ZING nyní zaměstnává přibližně 200 pracovníků působících v Polsku, České republice i na Slovensku. Kvalitní služby společnost zaručuje díky precizní outsourcované flotile nákladních automobilů, sítí centrálních skladů a překladišť po celé zemi.

### **Nabízený sortiment společnosti**

Katalog produktů je rozdělen na tři části, packaging (obaly, folie, pásy a balicí papíry), print (etiketové papíry, nízkogramážní papíry, recyklované papíry, aj.) a viscom (papíry, folie, bannerové materiály a speciální materiály).

Společnost ZING nabízí následující produkty:

- Natírané i nenatírané papíry, dřevité i bezdřevé
- Grafické kartony a obaly
- Knihařské lepenky
- Samopropisující papíry
- Samolepící folie
- Papíry s nízkou gramáží
- Papíry pro výrobu etiket
- Papíry a ozdobné obálky v různých barevných modifikacích
- Magnetický papír a syntetické papíry

Z novinek může společnost nabídnout certifikovaný karton *neo board hb* nebo *premiumbox*.

### **Firma jako součást dopravního problému**

Společnost ZING nakupuje papír přímo od výrobců a dále ho pře-prodává za velkoobchodní ceny ofsetovým tiskárnám (ofset = tisk z plochy; tisknoucí a netisknoucí místa jsou na rozdíl od ostatních principů tisku v jedné výškové úrovni).

Firemní zástupce, pracovník společnosti ZING, má přidělené zákazníky (ofsetové tiskárny), které pravidelně objíždí služebním automobilem, seznamuje je pomocí vzorníků s novinkami i stávajícím sortimentem a uzavírá případné obchodní transakce. Po uzavření transakce pracovník zboží objedná u dodavatele (skladu) a dodavatel vyšle kamion s objednaným zbožím k zákazníkovi.

#### 4.1.2 Zákazník

Zákazníci, kteří v dopravních úlohách figurují, jsou ofsetové tiskárny z jižních Čech, Libereckého a Plzeňského kraje a hlavního města Prahy. Jejich seznam je k vidění v následující tabulce.

Tabulka 5: Výčet tiskáren, zdroj vlastní

Tiskárna	Město	Kraj
KP Troja, s.r.o.	Praha	Praha
DRAGON PRESS s.r.o.	Klatovy	Plzeňský
GEOPRINT s.r.o.	Liberec	Liberecký
INPRESS a.s.	České Budějovice	Jihočeský
Akcent tiskárna Vimperk, s.r.o.	Vimperk	Jihočeský
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	České Budějovice	Jihočeský
tisknisi s.r.o.	České Budějovice	Jihočeský
RAIN tiskárna s.r.o.	Otín	Jihočeský
Tiskárna Vyšehrad, s.r.o.	Český Krumlov	Jihočeský
JKA s.r.o.	České Budějovice	Jihočeský
HERBIA společnost s ručením omezeným	České Budějovice	Jihočeský

Tiskárny potřebují papír pro velkoformátový tisk a objednávají ho v tisících kilogramech. Zákazník může objednat zboží při osobní návštěvě firemního zástupce nebo telefonicky přes obchodní oddělení firmy.

Jedna z tiskáren byla navštívena a v následujících odstavcích bude krátce představena.

##### **RAIN tiskárna s.r.o.**

RAIN tiskárna s.r.o. je jednou z ofsetových tiskáren, existující na trhu již 18 let. Tiskárna sídlí v jižních Čechách v obci Otín, poblíž Jindřichova Hradce.

RAIN tiskárna se zabývá velkoformátovým tiskem. Tiskne knihy, brožury, kalendáře, časopisy, noviny, prospekty nebo uživatelské manuály. Dále pak plakáty, samolepky, pozvánky, pohlednice a letáky. K tisku využívá stroje značky Heidelberg. Konkrétně se jedná o Heidelberg Speedmaster XL 75 ANICOLOR. Kompletní stroj stojí 30 milionů korun, ale jeho výkonnost je opravdu vysoká. Tiskárna dokáže vytisknout až 15 000 kusů za den. Vyjma vysoké výkonnosti je tiskárna velmi šetrná k životnímu prostředí, a to až



o 90 % více než ostatní ofsetové tiskárny, které po sobě zanechávají výrazně vyšší karbonovou stopu. RAIN tiskárna kromě Heidelberg Speedmaster XL 75 ANICOLOR vlastní ještě Heidelberg Linoprint C751, tiskárnu pro malonákladový tisk.

Jednatel firmy, pan Petr Růžička, zařídil exkurzy po tiskárně s odborným výkladem o všech používaných strojích a o samotném procesu tisku, od zadání objednávky zákazníka až po výsledný produkt. Fotografie z exkurze jsou k vidění v příloze.

### **Proces výroby**

V předtiskové fázi firmě vypomáhá modul Prinect Prepress Manager, který zajišťuje automatické vyřazení a kontrolu tiskových dat. Následuje ověření přesnosti barevného rozlišení nátisku pro vytištění. Nátisk je opatřen kontrolními proužky CMYK, které jsou vytištěné na jednom archu spolu s nátiskovým souborem. Celý proces ověřování je nazýván certifikovaným nátiskem. Úsporu práce a materiálu přináší jednotka CTP (computer to plate), která hmotné kopírované podklady uloží v binárním kódu.

Po předtiskové fázi nadchází fáze tisku. K tisku jsou využívány výše popsané tiskařské stroje firmy Heidelberg. Dále pak tiskárna Polly Performer 266, která je využívána na dvoubarevný tisk. Tento stroj umožňuje díky obracovacímu zařízení současný tisk po obou stranách archu. Tato funkce je hojně využívána například při tisku knih.

Poslední fází procesu je fáze dokončovací. Řezací centrum Polar 92 XT vyrovná všechny tiskoviny a následně je nařeže do požadovaného formátu. Falcovací stroj pak tiskoviny poskládá do výsledné podoby a předpřipraví je pro snášecí linky, pomocí kterých jsou tiskoviny vázány. RAIN tiskárna vlastní i další stroje, jako například vázací centrum pro kalendáře, diáře nebo eurobloky, bigovací stroj pro ohýbání silnějších materiálů, který zajistí ohyb bez nežádoucích popraskání či polámání okolí, lepicí stroj, laminovací stroj nebo stroj pro ruční balení.

### **4.1.3 Dodavatel**

Dodavatelem papíru pro tiskárny je firma ZING trading s.r.o., která pro samotnou distribuci objednávek využívá externí přepravní společnost. Sklady ZING jsou po České republice tři, v Praze, Ostravě a Brně. Ostravský sklad obstarává rozvoz papíru do skladů v Praze a Brně a dodávky zboží na Slovensko, brněnský sklad zajišťuje dodávky pro Slovensko a sklad v Praze dodávky pro Českou republiku. Sklady obdrží objednávky od obchodního oddělení společnosti ZING a připraví zboží na paletách a v rolích k odběru. Přepravce pro zboží přijede, naloží ho do kamionů a rozveze mezi zákazníky. Automobily, které rozváží papír do tiskáren, jsou 3 a 6 tunové a kromě rolí a palet papíru od firmy ZING rozvázejí i sortiment od jiných firem. Zakázky od firmy ZING jsou ale prvořadě a pouze v případě, že v kamionu zbyde místo, může být využito pro jiné dodávky. Přepravní společnost rozváží zboží tiskárnám každý druhý pracovní den a zodpovídá za dodání objednávky v den naložení. Při nedodání zboží ve stanoveném termínu poruší přepravce smlouvu se společností ZING a musí svou chybu finančně odčinit.

## **4.2 Optimalizace dopravy mezi firmou a zákazníkem**

Jako první bude optimalizován dopravní problém mezi firmou ZING trading s.r.o. a zákazníkem, kterým jsou v tomto případě ofsetové tiskárny z jižních Čech.

### **4.2.1 Charakteristika problému**

Obchodní zástupci firmy ZING pravidelně objíždějí tiskárny po celé České republice, za účelem zvýšení prodeje nabízených produktů. K návštěvě zástupci využívají služební automobily, ve kterých přepravují vzorky aktuální nabídky produktů firmy ZING. Obchodní zástupci si sami domlouvají schůzky u potencionálních zákazníků a to vždy tak, aby jich během jednoho pracovního dne navštívili právě pět. V zájmu společnosti je najet co nejméně kilometrů za co nejkratší čas a šetřit tak náklady společnosti, které mohou být využity například při nákupu dalšího zboží.

Společnost ZING pro tuto diplomovou práci poskytla údaje (ukázka dat viz. Příloha 1), ze kterých je patrné, s jakými tiskárnami si obchodní zástupci domlouvají schůzky, za účelem nabídky sortimentu společnosti. Na základě konzultace s firemním zástupcem byly do

dopravního problému vybrány následující tiskárny, nacházející se v jižních Čechách. Tiskárny zobrazené v tabulce níže patří k pravidelným zákazníkům společnosti ZING, ale i takovéto zákazníky je potřeba pravidelně navštěvovat a seznamovat je s novinkami, které se na trhu objevily.

**Tabulka 6: Tiskárny jižní Čechy, zdroj vlastní**

Tiskárna	Město	Kraj
INPRESS a.s.	České Budějovice	Jihočeský
Akcent tiskárna Vimperk, s.r.o.	Vimperk	Jihočeský
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	České Budějovice	Jihočeský
tisknisi s.r.o.	České Budějovice	Jihočeský
RAIN tiskárna s.r.o.	Otín	Jihočeský

## 4.2.2 Výpočet

K výpočtu okružního dopravního problému byl použit software Gurobi Optimizer verze 7.5.2 běžící na konfiguraci:

- Procesor Intel Core i7-4700MQ CPU @ 2,40GHz
- Operační paměť 8GB
- Operační systém Windows 7 64b.

Nejprve bylo potřeba dohledat vzdálenosti mezi jednotlivými tiskárnami a výjezdním místem, které je v tomto případě v Praze. Vzdálenosti mezi místy byly nalezeny v kilometrech a minutách, a to za pomoci webového prohlížeče Google a jeho přidruženého nástroje Google maps. Vzdálenosti byly zaznamenány do tabulek níže.

**Tabulka 7: Vzdálenosti mezi tiskárnami (km), zdroj vlastní**

		A	B	C	D	E	F
Praha (výjezdní místo)	A	0	147	146	149	149	137
INPRESS a.s.	B	147	0	58,4	2,8	2,8	53,4
Akcent tiskárna Vimperk, s.r.o.	C	146	58,4	0	60,5	60,5	110
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	149	2,8	60,5	0	0,1	52,1
tisknisi s.r.o.	E	149	2,8	60,5	0,1	0	52
RAIN tiskárna s.r.o.	F	137	53,4	110	52,1	52	0

**Tabulka 8: Vzdálenosti mezi tiskárnami (min), zdroj vlastní**

		A	B	C	D	E	F
Praha (výjezdní místo)	A	0	104	116	128	128	100
INPRESS a.s.	B	104	0	50	6	6	45
Akcent tiskárna Vimperk, s.r.o.	C	116	50	0	55	55	93
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	128	6	55	0	1	47
tisknisi s.r.o.	E	128	6	55	1	0	48
RAIN tiskárna s.r.o.	F	100	45	93	47	48	0

Z důvodu dodržení pauzy na oběd byly do výpočtů zahrnuty tři kantýny. Tato gastronomická zařízení spolupracují se společností ZING a mají uzavřenou dohodu, která stanovuje, že pokud zaměstnanec navštíví dané gastronomické zařízení ve stanoveném čase a zakoupí polední menu, bude mu účtována snížená sazba za toto menu a to ve výši 70 % původní ceny uvedené v jídelním lístku. Zaměstnanec firmy ZING bude mít takovýto oběd zároveň plně uhrazen.

Dohoda se týká následujících tří gastronomických zařízení:

- Kantýna, Jungmannova 32/7, 397 01 Písek
- Jídelna a bufet u PCO, Vrbenská 197/23, 370 01 České Budějovice
- Novákovo jídelna – bufet/rychlé občerstvení, Pražská tř. 2176/65, 370 04 České Budějovice 3

Dopravní úloha byla rozdělena na tři samostatné modely. Každý z modelů obsahuje výjezdní místo v Praze, pět totožných navštívených tiskáren a jednu ze tří kantýn, kterou zástupce navštíví při obědové pauze. Všechny tři modely byly vypočítány a následně porovnány v kapitole *Výsledky a diskuse*. Výstupy programu Gurobi jsou v přílohách této práce.

Pro následující výpočty platí:

- Zástupce ve všech třech případech vyjede z Prahy v 8:00
- V každé z tiskáren stráví obchodní zástupce 30 minut
- Na obědovou pauzu má zástupce vyhrazeno 30 minut
- Časový úsek, ve kterém může zástupce navštívit tiskárnu, je u všech tiskáren stanoven od 8:00 do 15:00

- Časový úsek, ve kterém může zástupce navštívit Kantýnu Písek, je od 11:00 do 14:00
- Časový úsek, ve kterém může zástupce navštívit Jídelnu a bufet u PCO, je od 11:00 do 13:30
- Časový úsek, ve kterém může zástupce navštívit Novákovu jídelnu, je od 11:00 do 14:00
- Všechna data potřebná k výpočtům byla upravena dle matematického modelu jednookruhového okružního dopravního problému s časovými okny (viz. kapitola 3.4.3) a jsou k vidění v přílohách této práce

### Výpočet 1 – Kantýna Písek

Nejprve byla do tabulek vzdáleností doplněna kantýna Písek. Upravené tabulky jsou k vidění níže.

**Tabulka 9: Výpočet 1 – vzdálenosti (km), zdroj vlastní**

		A	B	C	D	E	F	G
Praha (výjezdní místo)	A	0	147	146	149	149	137	106
INPRESS a.s.	B	147	0	58,4	2,8	2,8	53,4	51,5
Akcent tiskárna Vimperk, s.r.o.	C	146	58,4	0	60,5	60,5	110	55,1
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	149	2,8	60,5	0	0,1	52,1	53,6
tisknisi s.r.o.	E	149	2,8	60,5	0,1	0	52	53,6
RAIN tiskárna s.r.o.	F	137	53,4	110	52,1	52	0	83,7
Kantýna Písek	G	106	51,5	55,1	53,6	53,6	83,7	0

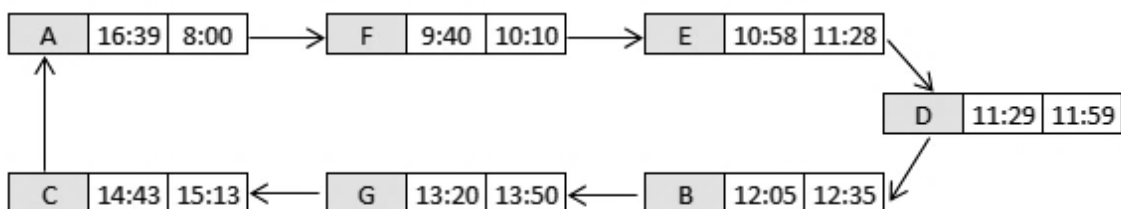
**Tabulka 10: Výpočet 1 – vzdálenosti (min), zdroj vlastní**

		A	B	C	D	E	F	G
Praha (výjezdní místo)	A	0	104	116	128	128	100	84
INPRESS a.s.	B	104	0	50	6	6	45	45
Akcent tiskárna Vimperk, s.r.o.	C	116	50	0	55	55	93	53
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	128	6	55	0	1	47	50
tisknisi s.r.o.	E	128	6	55	1	0	48	50
RAIN tiskárna s.r.o.	F	100	45	93	47	48	0	78
Kantýna Písek	G	84	45	53	50	50	78	0

## Výsledek 1 – Kantýna Písek

Okruh, který byl softwarem doporučen, je znázorněn v následujícím schématu:

Obrázek 5: Firma – zákazník, výsledek 1, okruh 1, zdroj vlastní



Výjezdním místem je místo A. Následuje místo F, E, D, B, G, C a posléze se okruh vrací zpět do výjezdního místa A. První hodnota v prostředním rámečku značí čas, kdy zástupce do místa přijel, druhá hodnota v pravém rámečku pak čas, ve kterém zástupce z místa odjel. Doba mezi výjezdem a příjezdem do Prahy je rovna 519 minutám, tj. 8 hodin 39 minut. Hodnota účelové funkce je 298,5 kilometru, ke kterým je ale potřeba připočítat ještě návratnou trasu z místa C do místa A, se kterou software nepočítal. Tato trasa činí 146 km. Počet najetých kilometrů celkem bude tedy 444,5 km.

## Výpočet 2 – Jídelna a bufet u PCO Č. Budějovice

Ve druhém výpočtu byla první kantýna nahrazena kantýnou v Českých Budějovicích. Zbylé hodnoty zůstaly stejné. Vzdálenosti jednotlivých míst druhého výpočtu jsou v tabulce č. 11 a 12.

Tabulka 11: Výpočet 2 – vzdálenosti (km), zdroj vlastní

		A	B	C	D	E	F	G
Praha (výjezdní místo)	A	0	147	146	149	149	137	148
INPRESS a.s.	B	147	0	58,4	2,8	2,8	53,4	1,5
Akcent tiskárna Vimperk, s.r.o.	C	146	58,4	0	60,5	60,5	110	59,2
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	149	2,8	60,5	0	0,1	52,1	1,3
tisknisi s.r.o.	E	149	2,8	60,5	0,1	0	52	1,3
RAIN tiskárna s.r.o.	F	137	53,4	110	52,1	52	0	54,8
Jídelna a bufet u PCO Č. Budějovice	G	148	1,5	59,2	1,3	1,3	54,8	0

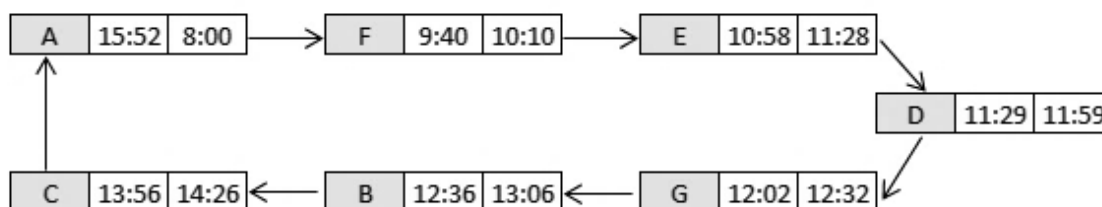
Tabulka 12: Výpočet 2 – vzdálenosti (min), zdroj vlastní

	A	B	C	D	E	F	G	
Praha (výjezdní místo)	A	0	104	116	128	128	100	106
INPRESS a.s.	B	104	0	50	6	6	45	4
Akcent tiskárna Vimperk, s.r.o.	C	116	50	0	55	55	93	52
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	128	6	55	0	1	47	3
tisknisi s.r.o.	E	128	6	55	1	0	48	3
RAIN tiskárna s.r.o.	F	100	45	93	47	48	0	47
Jídelna a bufet u PCO Č. Budějovice	G	106	4	52	3	3	47	0

### Výsledek 2 – Jídelna a bufet u PCO Č. Budějovice

Okruh, který byl softwarem doporučen, je znázorněn v následujícím schématu:

Obrázek 6: Firma – zákazník, výsledek 2, okruh 2, zdroj vlastní



Výjezdním místem je místo A. Následuje místo F, E, D, G, B, C a posléze se okruh vrací zpět do výjezdního místa A. První hodnota v prostředním rámečku značí čas, kdy zástupce do místa přijel, druhá hodnota v pravém rámečku pak čas, ve kterém zástupce z místa odjel. Celkový čas mezi výjezdem a příjezdem do Prahy je roven 472 minutám, tj. 7 hodin 52 minut. Hodnota účelové funkce je 250,3 kilometru, ke kterým je ale potřeba připočítat ještě návratnou trasu z místa C do místa A, která činí 146 km. Počet najetých kilometrů celkem bude tedy 396,3 km.

### Výpočet 3 – Novákovo jídelna Č. Budějovice

Ve třetím výpočtu byla kantýna nahrazena kantýnou Novákovo jídelna v Českých Budějovicích. Zbylé hodnoty zůstaly stejné. Vzdálenosti jednotlivých míst třetího výpočtu jsou v tabulce č. 13 a 14.

Tabulka 13: Výpočet 3 – vzdálenosti (km), zdroj vlastní

		A	B	C	D	E	F	G
Praha (výjezdní místo)	A	0	147	146	149	149	137	147
INPRESS a.s.	B	147	0	58,4	2,8	2,8	53,4	2,5
Akcent tiskárna Vimperk, s.r.o.	C	146	58,4	0	60,5	60,5	110	57,2
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	149	2,8	60,5	0	0,1	52,1	4,6
tisknisi s.r.o.	E	149	2,8	60,5	0,1	0	52	4,6
RAIN tiskárna s.r.o.	F	137	53,4	110	52,1	52	0	54,3
Novákovo jídelna Č. Budějovice	G	147	2,5	57,2	4,6	4,6	54,3	0

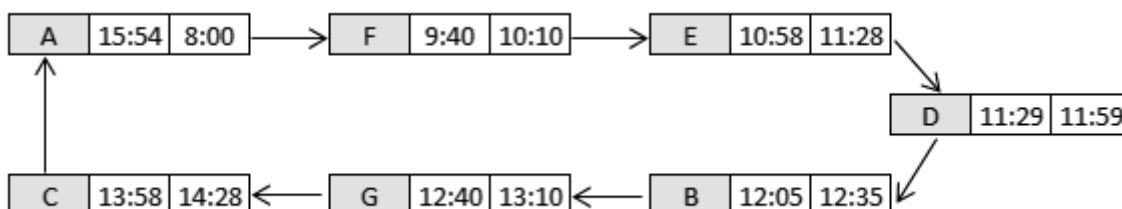
Tabulka 14: Výpočet 3 – vzdálenosti (min), zdroj vlastní

		A	B	C	D	E	F	G
Praha (výjezdní místo)	A	0	104	116	128	128	100	105
INPRESS a.s.	B	104	0	50	6	6	45	5
Akcent tiskárna Vimperk, s.r.o.	C	116	50	0	55	55	93	48
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	128	6	55	0	1	47	9
tisknisi s.r.o.	E	128	6	55	1	0	48	9
RAIN tiskárna s.r.o.	F	100	45	93	47	48	0	46
Novákovo jídelna Č. Budějovice	G	105	5	48	9	9	46	0

### Výsledek 3 – Novákovo jídelna Č. Budějovice

Okruh, který byl softwarem doporučen, je znázorněn v následujícím schématu:

Obrázek 7: Firma – zákazník, výsledek 3, okruh 3, zdroj vlastní





Výjezdním místem je místo A. Následuje místo F, E, D, B, G, C a posléze se okruh vrací zpět do výjezdního místa A. První hodnota v prostředním rámečku značí čas, kdy zástupce do místa přijel, druhá hodnota v pravém rámečku pak čas, ve kterém zástupce z místa odjel. Celkový čas mezi výjezdem a příjezdem do Prahy je roven 474 minutám, tj. 7 hodin 54 minut. Hodnota účelové funkce je 251,6 kilometru, ke kterým je ale potřeba připočítat ještě návratnou trasu z místa C do místa A, která činí 146 km. Počet najetých kilometrů celkem bude tedy 397,6 km.

### **4.3 Optimalizace dopravy mezi zákazníkem a dodavatelem**

Druhým dopravním problémem společnosti ZING je optimalizace tras mezi zákazníkem a dodavatelem.

#### **4.3.1 Charakteristika problému**

Tiskárny, které zaujala nabídka společnosti ZING, objednaly u obchodního oddělení určité množství papíru a nyní čekají na jeho doručení. Obchodní oddělení kontaktuje sklad, sklad připraví role a palety papíru k naložení. Dopravce dostane informaci o připraveném zboží a o místech, kam má být zboží dovezeno a v jakém množství. K dispozici má 3 a 6 tunové nákladní automobily.

Dopravce by měl být schopen doručit objednávku na dané místo, ve stanoveném termínu a čase. Kapacita kamionu je ale omezena a požadavky zákazníků mnohdy tuto kapacitu převyšují. Je tedy potřeba rozdělit trasu na více okruhů nebo vypravit větší počet nákladních automobilů.

Společnost ZING poskytla pro tuto diplomovou práci data (ukázka dat viz. Příloha 1), která vyčíslují, kolik kilogramů papíru jaká tiskárna objednala a kdy. Z těchto dat byly vybrány dva objednávací dny, s kterými bylo dále počítáno.

### 4.3.2 Výpočet

Pro vypočtení dopravního problému mezi dodavatelem a zákazníkem bylo využito Mayerovy metody, která je popsána v teoretické části, v kapitole 3.4.4.

Jak již bylo řečeno v kapitole o firmě a o dodavateli, sklady jsou v České republice celkem tři. Data poskytnutá společností ZING obsahují tiskárny z České republiky a tato místa obsluhuje pouze sklad v Praze. Výpočet 1 a výpočet 2, které jsou k vidění v následujících odstavcích, obsahují vzdálenosti jednotlivých tiskáren a výjezdního místa Prahy.

Společnost ZING ale v blízké době plánuje přestavbu pražského skladu, a proto bylo nezbytné práci doplnit o výpočty 3 a 4, kde jako výjezdní místo figuruje Brno, jakožto náhrada za rekonstruovaný sklad v Praze.

Pro následující výpočty platí:

- Kamion ve výpočtu 1 a 2 vyjíždí z Prahy
- Kamion ve výpočtu 3 a 4 vyjíždí z Brna
- Kamion jako první vyrazí do místa, jehož vzdálenost je od výjezdního místa nejmenší
- Pokud požadavky všech zákazníků převyšují nosnost 3 tunového nákladního automobilu, bude naplněn kamion šestitunový (počet okruhů je minimalizován)
- Vykládka zboží trvá 15 minut
- Řidič kamionu se vykládky neúčastní
- V době vykládky může řidič pauzu využít k občerstvení a odpočinku
- Řidič kamionu nesmí přejížděním z místa na místo překročit zákonem stanovenou dobu 9 hodin
- Řidič kamionu musí po 4,5 hodinách jízdy dodržet povinnou bezpečnostní přestávku v délce nejméně 45 minut. Tato přestávka může být nahrazena přestávkou o délce nejméně 15 minut, po níž následuje přestávka v délce nejméně 30 minut.

#### **Výpočet 1 – Praha (vzdálenosti v kilometrech)**

V tabulce níže jsou k vidění tiskárny a jejich vzdálenosti od hlavního města Prahy, kde se nachází sklad společnosti ZING trading s.r.o. Tyto tiskárny by měly být navštíveny dopravcem během jednoho pracovního dne.

**Tabulka 15: Mayerova metoda, Praha, výchozí tabulka (km), zdroj vlastní**

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Praha (výjezdní místo)	A	0	147	113	149	149	131	6,2	173	148	149
INPRESS a.s.	B	147	0	250	2,8	2,8	108	151	27,8	2,9	2,6
GEOPRINT s.r.o.	C	113	250	0	252	252	246	110	276	251	252
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	149	2,8	252	0	0,1	111	162	27,6	3,6	3,3
tisknisi s.r.o.	E	149	2,8	252	0,1	0	111	162	2,8	3,4	3,3
DRAGON PRESS s.r.o.	F	131	108	246	111	111	0	136	131	108	109
KP Troja, s.r.o.	G	6,2	151	110	162	162	136	0	184	151	162
Tiskárna Vyšehrad, s.r.o.	H	173	27,8	276	27,6	2,8	131	184	0	25,7	24,7
JKA s.r.o.	I	148	2,9	251	3,6	3,4	108	151	25,7	0	2,7
HERBIA společnost s ručením omezeným	J	149	2,6	252	3,3	3,3	109	162	24,7	2,7	0

Jako první krok Mayerovy metody je potřeba tyto tiskárny seřadit vzestupně podle vzdálenosti od výjezdního místa. Seřazené údaje jsou k vidění v tabulce č. 16.

**Tabulka 16: Mayerova metoda, Praha, seřazená data (km), zdroj vlastní**

		A	G	C	F	B	I	D	E	J	H
Praha (výjezdní místo)	A	0	6,2	113	131	147	148	149	149	149	173
KP Troja, s.r.o.	G	6,2	0	110	136	151	151	162	162	162	184
GEOPRINT s.r.o.	C	113	110	0	246	250	251	252	252	252	276
DRAGON PRESS s.r.o.	F	131	136	246	0	108	108	111	111	108	109
INPRESS a.s.	B	147	151	250	108	0	2,9	2,8	27,8	2,9	2,6
JKA s.r.o.	I	148	151	251	108	2,9	0	3,6	3,4	2,7	25,7
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	149	162	252	111	2,8	3,6	0	0,1	3,3	27,6
tisknisi s.r.o.	E	149	162	252	111	2,8	3,4	0,1	0	3,3	2,8
HERBIA společnost s ručením omezeným	J	149	162	252	109	2,6	2,7	3,3	3,3	0	24,7
Tiskárna Vyšehrad, s.r.o.	H	173	184	276	131	27,8	25,7	27,6	2,8	24,7	0

Výjezdní místo již není potřeba v seřazené tabulce zaznamenávat, dojde tedy k jeho odstranění a zároveň k doplnění sloupce pro požadavky tiskáren. Požadavky jsou vyčísleny v kilogramech, v tabulce č. 17.

**Tabulka 17: Mayerova metoda, Praha, seřazená data (km), požadavky, zdroj vlastní**

		G	C	F	B	I	D	E	J	H	Kg
KP Troja, s.r.o.	G	0	110	136	151	151	162	162	162	184	64,800
GEOPRINT s.r.o.	C	110	0	246	250	251	252	252	252	276	780,751
DRAGON PRESS s.r.o.	F	136	246	0	108	108	111	111	108	109	234,675
INPRESS a.s.	B	151	250	108	0	2,9	2,8	27,8	2,9	2,6	3 581,600
JKA s.r.o.	I	151	251	108	2,9	0	3,6	3,4	2,7	25,7	1 343,000
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	162	252	111	2,8	3,6	0	0,1	3,3	27,6	249,301
tisknisi s.r.o.	E	162	252	111	2,8	3,4	0,1	0	3,3	2,8	126,000
HERBIA společnost s ručením omezeným	J	162	252	109	2,6	2,7	3,3	3,3	0	24,7	500,800
Tiskárna Vyšehrad, s.r.o.	H	184	276	131	27,8	25,7	27,6	2,8	24,7	0	1 978,560

V upravené tabulce s doplněnými požadavky bude jako první označen první sloupec (první místo v první okružní trase) a jeho požadavek. V tomto případě se jedná o tiskárnu G.

Posléze bude v tabulce vyškrtnut první řádek. U ostatních míst, která zatím nebyla přidána do žádného okruhu, budou sečteny jejich požadavky s požadavkem místa G. Místa, kde tento součet překročí kapacitu automobilu, 6 tun, budou prozatím vyškrtnuta a započítána až do dalších okruhů. Z místa G se nyní přepravce vydá do místa, které nebylo z úlohy vyškrtnuto a od místa G se nachází nejbližě. Ze sloupce G bude vybrána nejnížší sazba, 110, a místo s touto sazbou bude připsáno jako další do první okružní trasy. V tabulce č. 18 je znázorněn postup výpočtu do výběru druhého místa první okružní trasy, kterým je tiskárna s označením C.

**Tabulka 18: Mayerova metoda, Praha, postup výpočtu (km), zdroj vlastní**

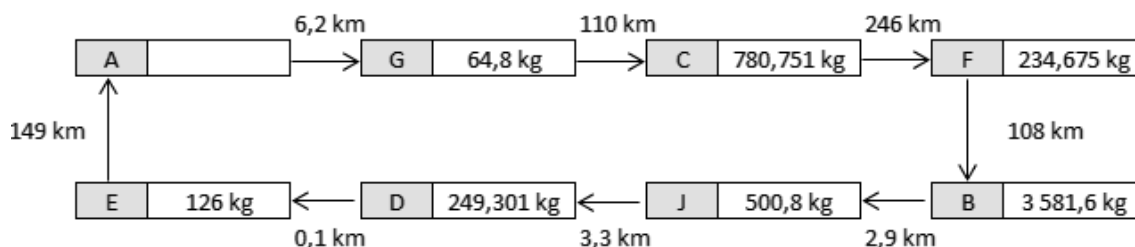
		G	C	F	B	I	D	E	J	H	Kg
KP Troja, s.r.o.	G	0	110	136	151	151	162	162	162	184	64,800
GEOPRINT s.r.o.	C	110	0	246	250	251	252	252	252	276	780,751
DRAGON PRESS s.r.o.	F	136	246	0	108	108	111	111	108	109	234,675
INPRESS a.s.	B	151	250	108	0	2,9	2,8	27,8	2,9	2,6	3 581,600
JKA s.r.o.	I	151	251	108	2,9	0	3,6	3,4	2,7	25,7	1 343,000
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	162	252	111	2,8	3,6	0	0,1	3,3	27,6	249,301
tisknisi s.r.o.	E	162	252	111	2,8	3,4	0,1	0	3,3	2,8	126,000
HERBIA společnost s ručením omezeným	J	162	252	109	2,6	2,7	3,3	3,3	0	24,7	500,800
Tiskárna Vyšehrad, s.r.o.	H	184	276	131	27,8	25,7	27,6	2,8	24,7	0	1 978,560

Stejným způsobem budou vybírána další místa a to do doby, dokud nebude naplněna kapacita jednoho nákladního automobilu, která činí 6 tun nebo do doby, dokud z tabulky nebudou vyškrtnuty všechny řádky a sloupce.

### Výsledek 1 – Praha (vzdálenosti v kilometrech)

První okruh okružního dopravního problému bude vypadat následovně:

**Obrázek 8: Zákazník – dodavatel, výsledek 1 – okruh 1, zdroj vlastní**



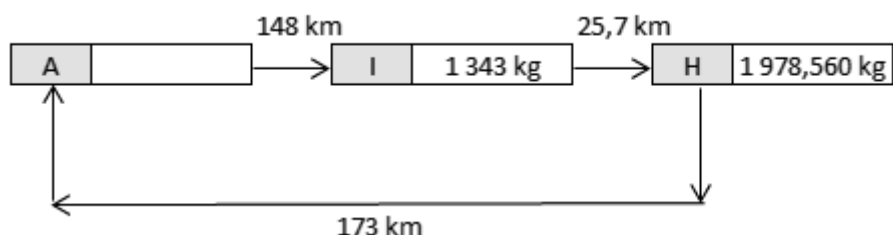
Z výjezdního místa A okruh pokračuje do místa G, C, F, B, J, D, E a poté se vrací zpět do výjezdního místa A. V buňce vedle označení, o jakou tiskárnu se jedná, se nachází

požadavek dané tiskárny v kilogramech. Nad jednotlivými šipkami, které znázorňují přejezdy mezi jednotlivými místy, jsou naznačeny počty kilometrů, které musí nákladní automobil ujet.

Po sečtení všech požadavků těchto tiskáren bude na této trase přepraveno přibližně 5 538 kilogramů papíru. Tuto trasu tedy obstará šestitunový nákladní automobil. Celkový počet najetých kilometrů prvního automobilu bude 625,5.

Po sestavení prvního okruhu zbyla v tabulce ještě dvě místa, která byla z prvního okruhu vyškrtnuta, z důvodu převýšení kapacity nákladního automobilu. Je tedy potřeba sestavit ještě druhý okruh, obdobným způsobem jako ten první. Druhý okruh bude tvořen následujícími místy:

**Obrázek 9: Zákazník – dodavatel, výsledek 1 – okruh 2, zdroj vlastní**



Z výjezdního místa A okruh pokračuje do místa I, H a poté se vrací zpět do výjezdního místa A. Obrázek je opět doplněn o délky tras mezi tiskárnami a požadavky jednotlivých zákazníků.

Po sečtení všech požadavků tiskáren z druhého okruhu bude na této trase přepraveno přibližně 3 322 kilogramů papírů a celkový počet najetých kilometrů druhého automobilu bude 346,7 km.

Přepravce má k dispozici 3 a 6 tunové nákladní automobily. Jelikož přepravované množství převyšuje kapacitu třítunového automobilu, je potřeba využít opět šestitunové nákladní auto.

## Výpočet 2 – Praha (vzdálenosti v minutách)

Obdobným způsobem jako výpočet 1 bude proveden i výpočet 2. Rozdíl je pouze v jednotkách. Zatímco v prvním případě figurují ve výpočtu najeté kilometry, ve druhém případě budou ve výchozí tabulce vzdálenosti jednotlivých míst v minutách (viz. Tabulka č. 19). Zároveň je do problému potřeba zahrnout svačtinové a obědové pauzy řidiče nákladního automobilu a doby, které řidič čeká na místě, než je náklad vyložen. Jelikož se řidič na vykládce nijak nepodílí, může tento čas využít k občerstvení a odpočinku. Každá taková pauza mezi vykládkou a odjezdem k dalšímu zákazníkovi trvá 15 minut. Součet těchto pauz bude připočten k délce trvání celého okruhu. Zároveň platí, že řidič nákladního automobilu musí po 4,5 hodinách jízdy dodržet povinnou bezpečnostní přestávku v délce nejméně 45 minut. Tato přestávka může být nahrazena přestávkou o délce nejméně 15 minut, po níž následuje přestávka v délce nejméně 30 minut.

**Tabulka 19: Mayerova metoda, Praha, výchozí tabulka (min), zdroj vlastní**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Praha (výjezdní místo)	A	0	104	80	128	128	97	20	134	107	110
INPRESS a.s.	B	104	0	161	6	6	101	112	31	6	8
GEOPRINT s.r.o.	C	80	161	0	164	164	155	73	188	167	164
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	128	6	164	0	1	106	116	33	9	7
tisknisi s.r.o.	E	128	6	164	1	0	106	121	34	8	9
DRAGON PRESS s.r.o.	F	97	101	155	106	106	0	95	125	101	104
KP Troja, s.r.o.	G	20	112	73	116	121	95	0	139	119	114
Tiskárna Vyšehrad, s.r.o.	H	134	31	188	33	34	125	139	0	29	27
JKA s.r.o.	I	107	6	167	9	8	101	119	29	0	7
HERBIA společnost s ručením omezeným	J	110	8	164	7	9	104	114	27	7	0

Požadavky zákazníků zůstaly nezměněny a jsou k vidění v následující tabulce. Výjezdní místo bylo z tabulky odstraněno a zbylá místa seřazena podle vzdálenosti od výjezdního místa.

**Tabulka 20: Mayerova metoda, Praha, seřazená data (min), požadavky, zdroj vlastní**

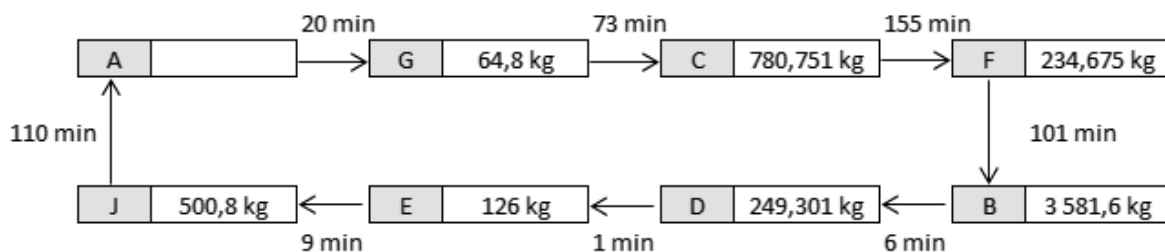
	G	C	F	B	I	J	D	E	H	Kg	
KP Troja, s.r.o.	G	0	73	95	112	119	114	116	121	139	64,800
GEOPRINT s.r.o.	C	73	0	155	161	167	164	164	164	188	780,751
DRAGON PRESS s.r.o.	F	95	155	0	101	101	104	106	106	125	234,675
INPRESS a.s.	B	112	161	101	0	6	8	6	6	31	3 581,600
JKA s.r.o.	I	119	167	101	6	0	7	9	8	29	1 343,000
HERBIA společnost s ručením omezeným	J	114	164	104	8	7	0	7	9	27	500,800
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	116	164	106	6	9	7	0	1	33	249,301
tisknisi s.r.o.	E	121	164	106	6	8	9	1	0	34	126,000
Tiskárna Vyšehrad, s.r.o.	H	139	188	125	31	29	27	33	34	0	1 978,560

Výpočet byl proveden obdobným způsobem jako u výpočtu 1 a jeho výsledky jsou k vidění v následujících odstavcích.

## Výsledek 2 – Praha (vzdálenosti v minutách)

První okruh okružního dopravního problému bude vypadat následovně:

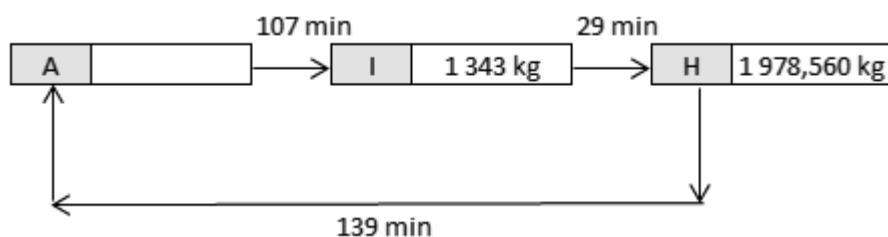
Obrázek 10: Zákazník – dodavatel, výsledek 2 – okruh 1, zdroj vlastní



Od prvního výpočtu se okruh liší pouze pořadím navštívených tiskáren. Převrácené množství papírů zůstane tedy stejné, 5 538 kilogramů, a tuto trasu obstará šestitunový nákladní automobil. Čas, který kamion stráví přejížděním z místa na místo, je 475 minut. Po připočtení pauz mezi vykládkou a odjezdem k dalšímu zákazníkovi bude doba trvání prvního okruhu 580 minut. Tato doba musí být ještě navýšena o dalších 15 minut, které představují část bezpečnostní přestávky, kterou je řidič povinen vykonat. Celková doba trvání prvního okruhu po připočtení všech pauz činí 595 minut, tj. 9 hodin a 55 minut.

Po sestavení prvního okruhu v tabulce zbyla ještě dvě místa, která byla z prvního okruhu vyškrtnuta. Je tedy potřeba sestavit ještě druhý okruh, obdobným způsobem jako ten první.

Obrázek 11: Zákazník – dodavatel, výsledek 2 – okruh 2, zdroj vlastní



Druhý okruh je totožný jako druhý okruh u prvního výpočtu, a proto bude pro druhý okruh využito šestitunového nákladního automobilu, který přepraví přibližně 3 322 kilogramů papíru. Čas, který kamion stráví přejížděním z místa na místo, je 275 minut. Po připočtení pauz mezi vykládkou a odjezdem k dalšímu zákazníkovi bude doba trvání druhého okruhu 305 minut, tj. 5 hodin 5 minut. I tento okruh převyšuje délku trvání 4,5 hodiny, tudíž je potřeba připočítat dalších 15 minut, jako součást povinné bezpečnostní přestávky

nákladního automobilu. Celková doba trvání druhého okruhu po připočtení všech pauz činí 5 hodin 20 minut.

### Výpočet 3 – Brno (vzdálenosti v kilometrech)

Společnost ZING trading s.r.o. má k dispozici celkem tři sklady, v Praze, Brně a Ostravě. Do Ostravy přijíždí papír z Polska, odkud je posléze rozvážen mezi sklady v Praze a v Brně. Z Prahy jsou realizovány dodávky papíru zákazníkům po České republice, z Brna pak papír putuje na Slovensko. Pražský sklad čeká v blízké době rekonstrukce a bude po dobu přestavby nahrazen skladem v Brně. Je tedy potřeba výpočty doplnit o okružní problémy s výjezdním místem v Brně. Následující tabulka obsahuje vzdálenosti všech tiskáren mezi sebou a vzdálenosti od výjezdního místa Brna.

**Tabulka 21: Mayerova metoda, Brno, výchozí tabulka (km) zdroj vlastní**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Brno (výjezdní místo)	A	0	215	311	218	218	337	212	237	217	218
INPRESS a.s.	B	215	0	250	2,8	2,8	108	151	27,8	2,9	2,6
GEOPRINT s.r.o.	C	311	250	0	252	252	246	110	276	251	252
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	218	2,8	252	0	0,1	111	162	27,6	3,6	3,3
tiskniší s.r.o.	E	218	2,8	252	0,1	0	111	162	2,8	3,4	3,3
DRAGON PRESS s.r.o.	F	337	108	246	111	111	0	136	131	108	109
KP Troja, s.r.o.	G	212	151	110	162	162	136	0	184	151	162
Tiskárna Vyšehrad, s.r.o.	H	237	27,8	276	27,6	2,8	131	184	0	25,7	24,7
JKA s.r.o.	I	217	2,9	251	3,6	3,4	108	151	25,7	0	2,7
HERBIA společnost s ručením omezeným	J	218	2,6	252	3,3	3,3	109	162	24,7	2,7	0

Místa byla opět seřazena podle vzdálenosti od výjezdního místa a výjezdní místo bylo nahrazeno požadavky ofsetových tiskáren (viz. Tabulka č. 22).

**Tabulka 22: Mayerova metoda, Brno, seřazená data (km), požadavky, zdroj vlastní**

	G	B	I	D	E	J	H	C	F	Kg	
KP Troja, s.r.o.	G	0	151	151	162	162	184	110	136	64,800	
INPRESS a.s.	B	151	0	2,9	2,8	2,8	27,8	250	108	3 581,600	
JKA s.r.o.	I	151	2,9	0	3,6	3,4	25,7	251	108	1 343,000	
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	162	2,8	3,6	0	0,1	3,3	27,6	252	111	249,301
tiskniší s.r.o.	E	162	2,8	3,4	0,1	0	3,3	2,8	252	111	126,000
HERBIA společnost s ručením omezeným	J	162	2,6	2,7	3,3	3,3	0	24,7	252	109	500,800
Tiskárna Vyšehrad, s.r.o.	H	184	27,8	25,7	27,6	2,8	24,7	0	276	131	1 978,560
GEOPRINT s.r.o.	C	110	250	251	252	252	276	0	246	780,751	
DRAGON PRESS s.r.o.	F	136	108	108	111	111	109	131	246	0	234,675

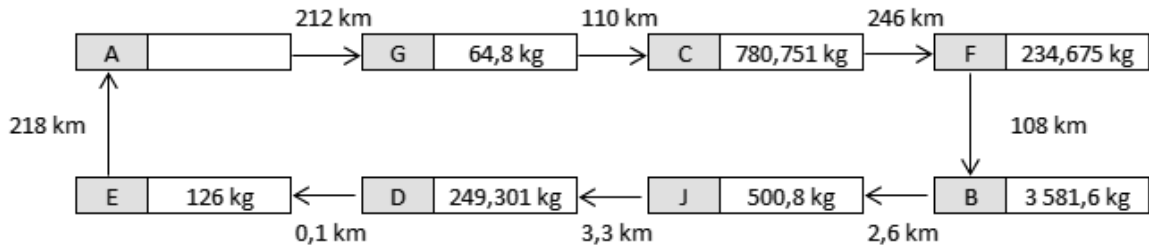
Postup výpočtu je totožný s výpočtem 1 a 2 a jeho výsledek je k vidění v kapitole *Výsledek 3 – Brno (vzdálenosti v kilometrech)*.



### Výsledek 3 – Brno (vzdálenosti v kilometrech)

První okruh okružního dopravního problému s výjezdním místem v Brně bude vypadat následovně:

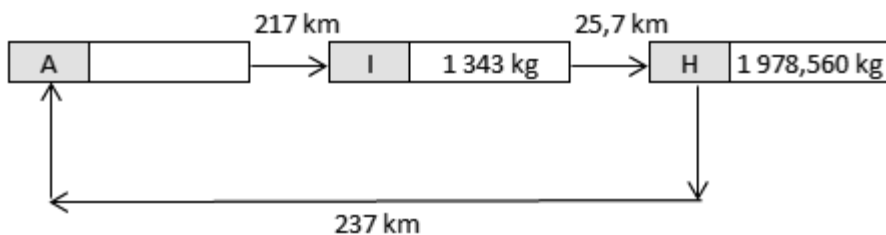
Obrázek 12: Zákazník – dodavatel, výsledek 3 – okruh 1, zdroj vlastní



Z výjezdního místa A okruh pokračuje do místa G, C, F, B, J, D, E a poté se vrací zpět do výjezdního místa A. V buňce vedle označení, o jakou tiskárnu se jedná, se nachází požadavek dané tiskárny v kilogramech. Nad jednotlivými šipkami, které znázorňují přejezdy mezi jednotlivými místy, jsou naznačeny počty kilometrů, které musí nákladní automobil ujet.

Po sestavení prvního okruhu v tabulce zbyla ještě dvě místa, která byla z prvního okruhu vyškrtnuta. Je tedy potřeba sestavit ještě druhý okruh, obdobným způsobem jako ten první. Druhý okruh bude tvořen následujícími místy:

Obrázek 13: Zákazník – dodavatel, výsledek 3 – okruh 2, zdroj vlastní



Jedná se o naprosto totožné okruhy se stejnými požadavky, jako v případě okružního problému s výjezdním místem v Praze. Rozdíl je pouze v počtu najetých kilometrů. Celkový počet najetých kilometrů s výjezdním místem Brno je 900 km pro první okruh a 479,7 km pro okruh druhý.

#### Výpočet 4 – Brno (vzdálenosti v minutách)

Stejně jako u pražského skladu, i v případě Brna byl okružní problém řešen v kilometrech i v minutách. Výchozí tabulka se vzdálenostmi míst v minutách je k vidění níže.

Tabulka 23: Mayerova metoda, Brno, výchozí tabulka (min) zdroj vlastní

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Brno (výjezdní místo)	A	0	157	193	161	161	191	149	185	159	161
INPRESS a.s.	B	157	0	161	6	6	101	112	31	6	8
GEOPRINT s.r.o.	C	193	161	0	164	164	155	73	188	167	164
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	161	6	164	0	1	106	116	33	9	7
tiskniši s.r.o.	E	161	6	164	1	0	106	121	34	8	9
DRAGON PRESS s.r.o.	F	191	101	155	106	106	0	95	125	101	104
KP Troja, s.r.o.	G	149	112	73	116	121	95	0	139	119	114
Tiskárna Vyšehrad, s.r.o.	H	185	31	188	33	34	125	139	0	29	27
JKA s.r.o.	I	159	6	167	9	8	101	119	29	0	7
HERBIA společnost s ručením omezeným	J	161	8	164	7	9	104	114	27	7	0

V tabulce č. 24 jsou k vidění již seřazená data a požadavky tiskáren, které nahradily výjezdní místo.

Tabulka 24: Mayerova metoda, Brno, seřazená data (min), požadavky, zdroj vlastní

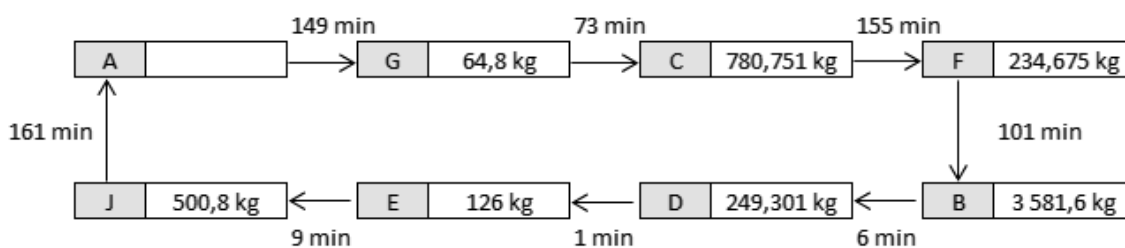
		G	B	I	D	E	J	H	F	C	Kg
KP Troja, s.r.o.	G	0	112	119	116	121	114	139	95	73	64,800
INPRESS a.s.	B	112	0	6	6	6	8	31	101	161	3 581,600
JKA s.r.o.	I	119	6	0	9	8	7	29	101	167	1 343,000
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D	116	6	9	0	1	7	33	106	164	249,301
tiskniši s.r.o.	E	121	6	8	1	0	9	34	196	164	126,000
HERBIA společnost s ručením omezeným	J	114	8	7	7	9	0	27	104	164	500,800
Tiskárna Vyšehrad, s.r.o.	H	139	31	29	33	34	27	0	125	188	1 978,560
DRAGON PRESS s.r.o.	F	95	101	101	106	196	104	125	0	155	234,675
GEOPRINT s.r.o.	C	73	161	167	164	164	164	188	155	0	780,751

Postup výpočtu je totožný s výpočtem 1, 2 a 3 a jeho výsledek je k vidění v kapitole *Výsledek 4 – Brno (vzdálenosti v minutách)*.

#### Výsledek 4 – Brno (vzdálenosti v minutách)

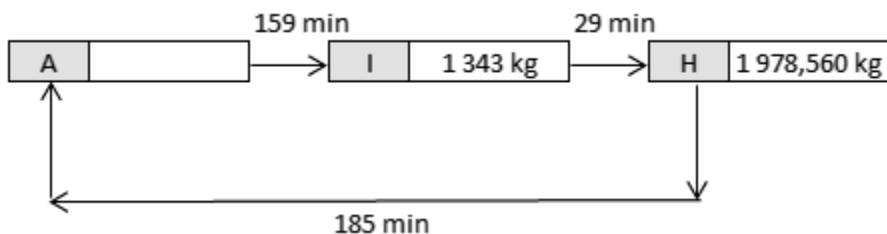
První okruh okružního dopravního problému s výjezdním místem v Brně bude vypadat následovně:

**Obrázek 14: Zákazník – dodavatel, výsledek 4 – okruh 1, zdroj vlastní**



Po sestavení prvního okruhu v tabulce zbyla ještě dvě místa, která byla z prvního okruhu vyškrtnutá. Je tedy potřeba sestavit ještě druhý okruh, obdobným způsobem jako ten první. Druhý okruh bude tvořen následujícími místy:

**Obrázek 15: Zákazník – dodavatel, výsledek 4 – okruh 2, zdroj vlastní**



Jedná se o naprosto totožné okruhy se stejnými požadavky, jako v případě okružního problému s výjezdním místem v Praze. Rozdíl je pouze v době strávené na cestě. Čistý čas strávený na prvním okruhu přeježděním z místa na místo je 655 minut. Tento čas překračuje povolenou dobu 9 hodin, které může řidič nákladního automobilu strávit na cestě. Je tedy potřeba, aby v době rekonstrukce skladu v Praze společnost ZING rozvážela zboží zákazníkům každý den, čímž by docílila zkrácení doby strávené na cestě. Další možností, jak zkrátit dobu trvání cesty, je rozdělit okruh na více částí a vyslat na cestu větší počet nákladních automobilů. Pokud by žádná omezení pro dobu strávenou na cestě neexistovala, byly by k této době přičteny veškeré pauzy, které byly popsány již u výpočtu 2. Po přičtení všech pauz bude celkový čas roven 775 minut, tj. 12 hodin 55 minut.

Čas strávený na druhém okruhu je 373 minut. Tato doba nepřesahuje 9 hodin, tudíž je možné připočítat všechny povinné i nepovinné pauzy. Po připočtení všech pauz je celková doba strávená na druhém okruhu 418 minut, tj. 6 hodin 58 minut.

## 5 Výsledky a diskuse

### 5.1 Optimalizace dopravy mezi firmou a zákazníkem

Jako první byl optimalizován problém mezi firmou a zákazníkem. Jednalo se o navštěvování potenciálních zákazníků (ofsetových tiskáren) obchodním zástupcem společnosti ZING, za účelem představení aktuální nabídky produktů a zvýšení prodeje. Místa, která v úloze figurovala, jsou v tabulce č. 25. K výpočtu byl využit software Gurobi Optimizer, verze 7.5.2. a jeho výstupy jsou k vidění v přílohách této práce. Do výpočtu byly zahrnuty doby strávené obsluhou zákazníků a časová okna, ve kterých bylo možné jednotlivá místa navštívit.

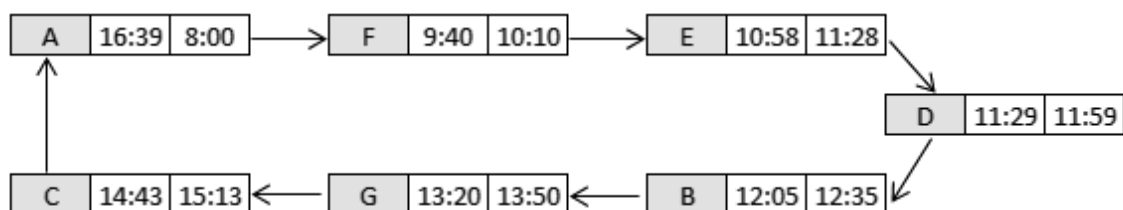
Tabulka 25: Výsledky, zákazník – firma, místa, zdroj vlastní

Místo	Označení
Praha (výjezdní místo)	A
INPRESS a.s.	B
Akcent tiskárna Vimperk, s.r.o.	C
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D
tiskni s.r.o.	E
RAIN tiskárna s.r.o.	F
Kantýna 1, 2, 3	G

Z důvodu dodržení obědové pauzy obchodního zástupce byl výpočet rozdělen na tři samostatné modely. Každý z modelů obsahoval 5 totožných tiskáren (B-F), 1 výjezdní místo v Praze (A) a 1 z 3 gastronomických zařízení (G), která může zaměstnanec firmy ZING navštívit.

#### Výsledek 1 – Kantýna Písek

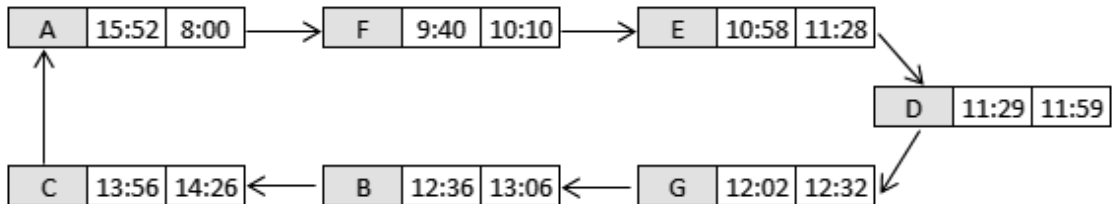
Obrázek 16: Výsledky, zákazník – firma, kantýna 1, zdroj vlastní



Výstup ze softwaru Gurobi Optimizer je k vidění v Příloze 15. Hodnota účelové funkce je 298,5 kilometru. Je potřeba připočítat ještě vzdálenost mezi místy C a A, se kterou program nepočítal. Celkový počet najetých kilometrů je roven 444,5 km. Doba mezi výjezdem a příjezdem do Prahy je rovna 519 minutám, tj. 8 hodin 39 minut.

### Výsledek 2 - Jídelna a bufet u PCO Č. Budějovice

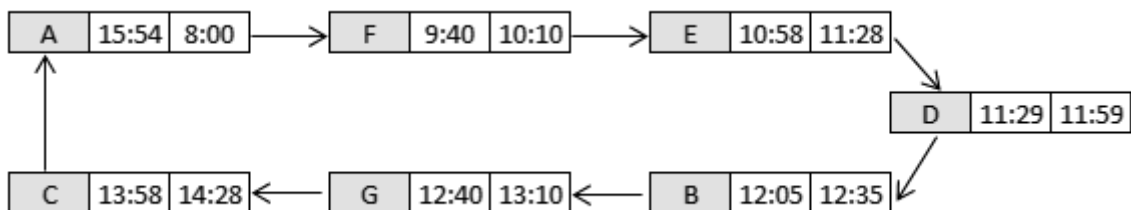
Obrázek 17: Výsledky, zákazník – firma, kantýna 2, zdroj vlastní



Výstup ze softwaru Gurobi Optimizer je k vidění v Příloze 16. Hodnota účelové funkce je 250,3 kilometru. Je potřeba připočítat ještě vzdálenost mezi místy C a A, se kterou program nepočítal. Celkový počet najetých kilometrů je roven 396,3 km. Doba mezi výjezdem a příjezdem do Prahy je rovna 472 minutám, tj. 7 hodin 52 minut.

### Výsledek 3 – Novákovo jídelna Č. Budějovice

Obrázek 18: Výsledky, zákazník – firma, kantýna 3, zdroj vlastní



Výstup ze softwaru Gurobi Optimizer je k vidění v Příloze 17. Hodnota účelové funkce je 251,6 kilometru. Je potřeba připočítat ještě vzdálenost mezi místy C a A, se kterou program nepočítal. Celkový počet najetých kilometrů je roven 397,6 km. Doba mezi výjezdem a příjezdem do Prahy je rovna 474 minutám, tj. 7 hodin 54 minut.

Porovnání jednotlivých výpočtů a jejich výsledků je k vidění v tabulce 26.

**Tabulka 26: Výsledky, zákazník – firma, porovnání výsledků, zdroj vlastní**

Výpočet	Vzdálenost (km)	Čas (min)
1	444,5	519
2	396,3	472
3	397,6	474

Jako nejlepší varianta byla vybrána varianta č. 2, okruh s obědovou pauzou v Jídelně a bufetu u PCO Č. Budějovice. Počet najetých kilometrů a čas strávený na cestě je zde menší, než u dalších dvou možností.

Alternativní možností je varianta č. 3, okruh s obědovou pauzou v Novákově jídelně v Českých Budějovicích. Od nejlepší varianty se tato možnost liší pouze o 2 minuty a 1,3 km. Pokud by obchodní zástupce z nějakého důvodu preferoval kantýnu č. 3 před kantýnou č. 2, je toto alternativní řešení využitelné. Nedošlo by k téměř žádnému zdržení a náklady na pohonné hmoty by se zvýšily jen minimálně.

## **5.2 Optimalizace dopravy mezi zákazníkem a dodavatelem**

Jako druhý byl optimalizován dopravní problém mezi zákazníkem a dodavatelem. Jednalo se o tiskárny, které uskutečnily poptávku po produktech společnosti ZING a nyní čekají na dodání zboží. Zboží je naloženo ve skladu v Praze a rozvezeno mezi zákazníky pomocí 3 a 6 tunových nákladních automobilů. Požadavky zákazníků převyšují kapacitu jednoho nákladního automobilu, tudíž je potřeba trasu rozdělit na více okruhů. K výpočtu byla využita Mayerova metoda, popsána v kapitole 3.4.4. Do výpočtů byla zahrnuta bezpečnostní pravidla pro nákladní automobily a jednotlivé pauzy mezi vykládkami. Z důvodu brzké rekonstrukce pražského skladu byl výpočet rozšířen o případy, kdy nákladní automobily vyjíždějí z výjezdního místa Brno.

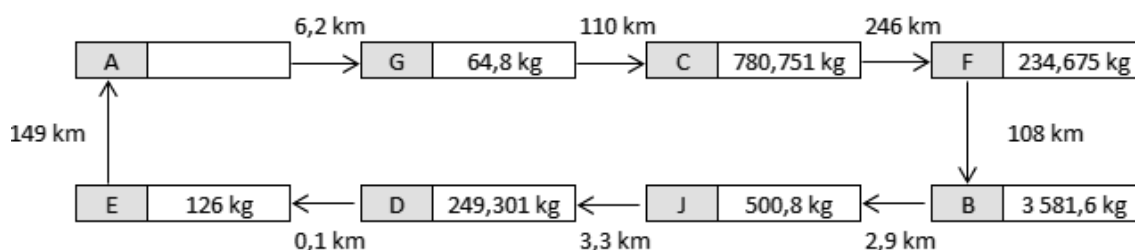
Místa, která figurovala ve výpočtech tohoto dopravního problému, jsou k vidění v tabulce č. 27.

Tabulka 27: Výsledky, zákazník – dodavatel, místa, zdroj vlastní

Místo	Označení
Praha/Brno (výjezdní místo)	A
INPRESS a.s.	B
GEOPRINT s.r.o.	C
dot. DesignStudio, spol. s r.o.	D
tiskni s.r.o.	E
DRAGON PRESS s.r.o.	F
KP Troja, s.r.o.	G
Tiskárna Vyšehrad, s.r.o.	H
JKA s.r.o.	I
HERBIA společnost s ručením omezeným	J

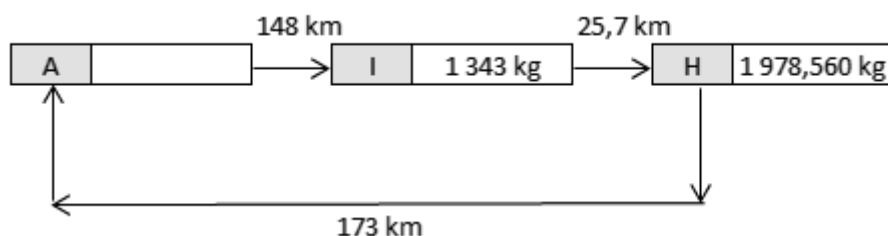
### Výsledek 1 – Praha (vzdálenosti v kilometrech)

Obrázek 19: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 1 – okruh 1, zdroj vlastní



Po sečtení všech požadavků bude na této trase přepraveno přibližně 5 538 kilogramů papíru. Trasu obstará šestitunový nákladní automobil. Celkový počet najetých kilometrů prvního automobilu bude 625,5 km.

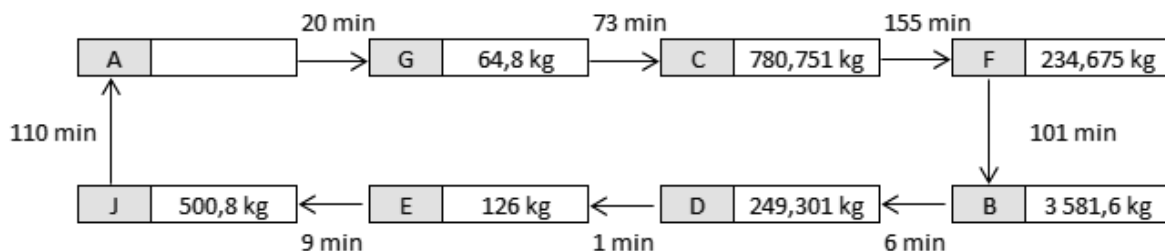
Obrázek 20: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 1 – okruh 2, zdroj vlastní



Po sečtení všech požadavků tiskáren z druhého okruhu bude na této trase přepraveno přibližně 3 322 kilogramů papírů a celkový počet najetých kilometrů druhého automobilu bude 346,7. Trasu obstará šestitunový nákladní automobil.

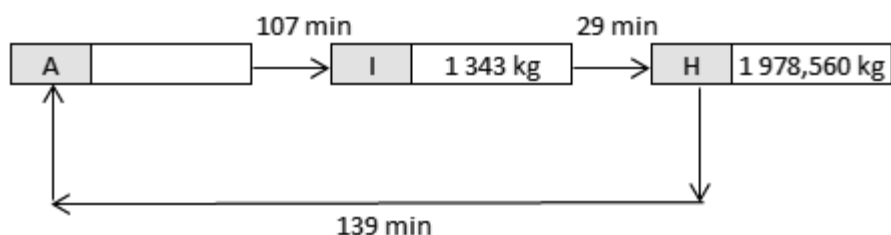
## Výsledek 2 – Praha (vzdálenosti v minutách)

Obrázek 21: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 2 – okruh 1, zdroj vlastní



Po sečtení všech požadavků bude na této trase přepraveno přibližně 5 538 kilogramů papíru. Trasu obstará šestitunový nákladní automobil. Čas, který stráví řidič přejížděním z místa na místo, je 275 minut. Tento čas nepřekračuje limit pro řidiče nákladních automobilů, který je stanoven na 9 hodin. Celková doba trvání cesty včetně pauz bude 595 minut, tj. 9 hodin a 55 minut.

Obrázek 22: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 2 – okruh 2, zdroj vlastní



Po sečtení všech požadavků tiskáren z druhého okruhu bude na této trase přepraveno přibližně 3 322 kilogramů papírů a celková doba trvání druhého okruhu po připočtení všech pauz činí 320 minut, tj. 5 hodin 20 minut. Trasu obstará šestitunový nákladní automobil.



## Porovnání výsledků s výjezdním místem v Praze

Výpočty s výjezdním místem v Praze byly provedeny celkem dva. V jednom případě byl minimalizován počet najetých kilometrů, ve druhém doba strávená na cestě. Oba výsledky jsou k vidění v tabulce 28.

Tabulka 28: Výsledky, zákazník – dodavatel, porovnání 1a, zdroj vlastní

Výpočet	Počet okruhů	Okruh 1 (kg)	Okruh 2 (kg)	Okruh 1 (km)	Okruh 2 (km)
1	2	5 538	3 322	625,50	346,70
Výpočet	Počet okruhů	Okruh 1 (kg)	Okruh 2 (kg)	Okruh 1 (min)	Okruh 2 (min)
2	2	5 538	3 322	595	320

Tabulka 29: Výsledky, zákazník – dodavatel, porovnání 1b, zdroj vlastní

Výpočet	Okruh 1	Okruh 2
1	A-G-C-F-B-J-D-E-A	A-I-H-A
Výpočet	Okruh 1	Okruh 2
2	A-G-C-F-B-D-E-J-A	A-I-H-A

Nalezené okruhy u výpočtu 1 a 2 se významně neliší (viz. Tabulka č. 29). Okruh 1 i 2 u výpočtu 1 obsahuje stejná místa jako výpočet 2. Rozdíl je pouze v pořadí tiskáren prvního okruhu.

Lze tedy říci, že ekonomickým optimem dopravního problému s výjezdním místem v Praze budou trasy prvního výpočtu (možno vybrat i trasy druhého výpočtu), kde projetí prvního z okruhů bude trvat 595 minut a cesta bude dlouhá 625,5 kilometru a projetí druhého okruhu bude trvat 320 minut a cesta bude dlouhá 346,7 kilometru. Jelikož oba výpočty obsahují stejná místa v jednotlivých okruzích, i přepravované množství papíru zůstane stejné.

Přepravce má k dispozici 3 a 6 tunové nákladní automobily a kapacita automobilů není zcela naplněna, dopravce může zvážit několik variant řešení problému:

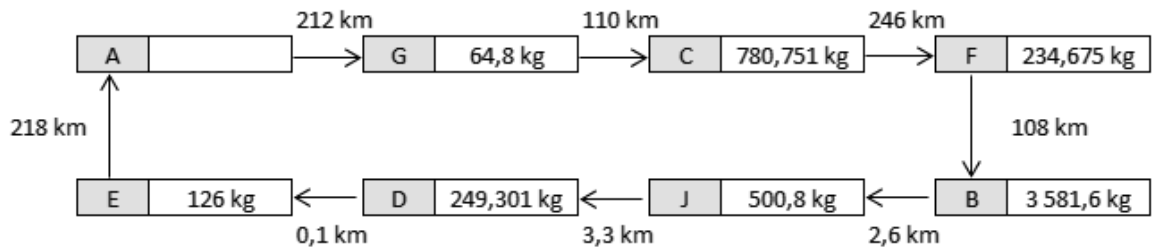
- Poslat dva šestitunové automobily pouze s papírem a nechat zbylé místo neobsazené. Tato varianta je asi nejjednodušší.

- Poslat dva šestitunové automobily a zbylé místo využít pro přepravu produktů jiných společností. Budou-li se v blízkosti tiskáren nacházet další zákazníci, pro které firma zboží přepravuje, je určitě nejlepší variantou doplnit vozy do plné nosnosti a ušetřit tak náklady na další cesty.
- Doplnit první automobil tak, aby byl zcela naplněn papírem a poslat ho s částí objednávky i do tiskáren z druhého okruhu a na druhý okruh vyslat pouze třítunový automobil. Pokud by náklady na provoz šestitunového automobilu významně převyšovaly náklady na provoz třítunového automobilu, byla by tato varianta určitě vhodná.
- Za zvážení stojí i varianta vypravení většího počtu třítunových automobilů a šestitunové nákladní automobily z přepravy vynechat nebo naopak, použít nákladní automobily s větší nosností a rozvážet pouze jedním automobilem. Problém by ale mohl nastat při dodržování zákonem stanovené maximální doby jízdy řidiče nákladního automobilu.
- Neposlední možností je zvýšení intenzity přepravy z rozvážení zboží zákazníkům každý druhý pracovní den na rozvážení zboží zákazníkům každý pracovní den. V tomto případě by bylo přepravované množství rozloženo i mezi zbylé dny a počet nákladních automobilů na jeden den by takto mohl být snížen.

Záleží pouze na přepravní společnosti a společnosti ZING, jakou z variant zvolí. Všechny ze zmiňovaných možností by znamenaly další analýzy a výpočty, které nebyly předmětem této práce.

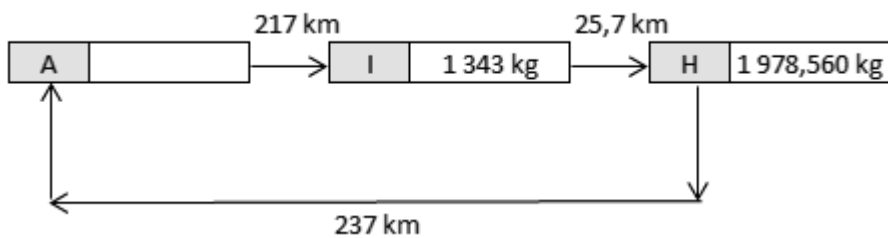
### Výsledek 3 – Brno (vzdálenosti v kilometrech)

Obrázek 23: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 3 – okruh 1, zdroj vlastní



Po sečtení všech požadavků bude na této trase přepraveno přibližně 5 538 kilogramů papíru. Trasu obstará šestitunový nákladní automobil. Celkový počet najetých kilometrů prvního automobilu bude 900 km.

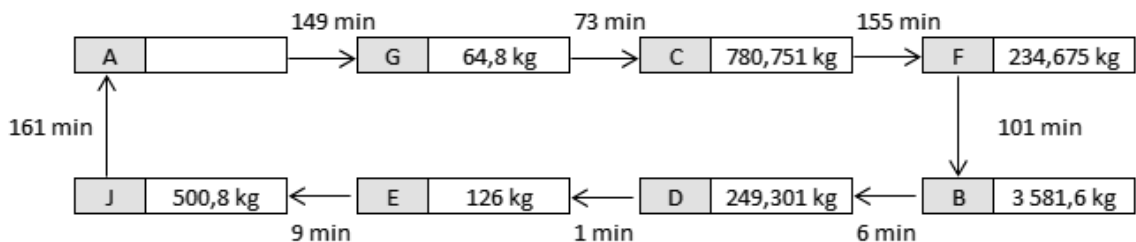
Obrázek 24: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 3 – okruh 2, zdroj vlastní



Po sečtení všech požadavků tiskáren z druhého okruhu bude na této trase přepraveno přibližně 3 322 kilogramů papírů a celkový počet najetých kilometrů druhého automobilu bude 479,7 km. Trasu obstará šestitunový nákladní automobil.

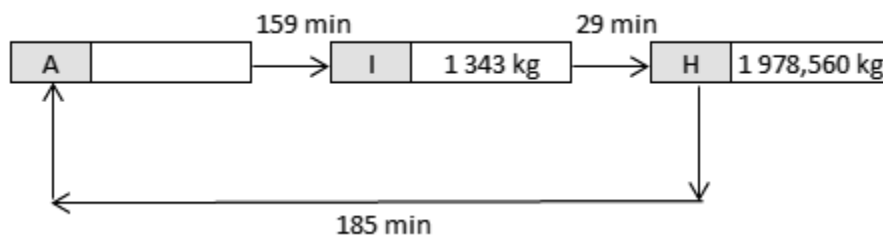
### Výsledek 4 – Brno (vzdálenosti v minutách)

Obrázek 25: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 4 – okruh 1, zdroj vlastní



Po sečtení všech požadavků bude na této trase přepraveno přibližně 5 538 kilogramů papíru. Trasu obstará šestitunový nákladní automobil. Čas, který stráví řidič přejížděním z místa na místo, je 655 minut. Tento čas překročil limit pro řidiče nákladních automobilů, který je stanoven na 9 hodin. V případě, že by tento limit neexistoval, byla by celková doba trvání cesty včetně pauz rovna 775 minutám, tj. 12 hodin 55 minut.

**Obrázek 26: Výsledky, zákazník – dodavatel, výsledek 4 – okruh 2, zdroj vlastní**



Po sečtení všech požadavků tiskáren z druhého okruhu bude na této trase přepraveno přibližně 3 322 kilogramů papírů a celková doba trvání cesty včetně pauz bude 418 minut, tj. 6 hodin a 58 minut. Trasu obstará šestitunový nákladní automobil.

### Porovnání výsledků s výjezdním místem v Brně

Jelikož je v blízké době naplánovaná rekonstrukce pražského skladu, bylo zapotřebí výpočty doplnit i o výpočty s výjezdním místem v Brně, jakožto náhradním skladem za rekonstruovaný sklad v Praze.

Výpočty s výjezdním místem v Brně byly provedeny obdobně, jako u výpočtu s výjezdním místem v Praze. V jednom případě byl minimalizován počet najetých kilometrů, ve druhém doba strávená na cestě. Oba výsledky jsou k vidění v tabulce 30.

**Tabulka 30: Výsledky, zákazník – dodavatel, porovnání 2a, zdroj vlastní**

Výpočet	Počet okruhů	Okruh 1 (kg)	Okruh 2 (kg)	Okruh 1 (km)	Okruh 2 (km)
3	2	5 538	3 322	900,00	479,70
Výpočet	Počet okruhů	Okruh 1 (kg)	Okruh 2 (kg)	Okruh 1 (min)	Okruh 2 (min)
4	2	5 538	3 322	775	418

**Tabulka 31: Výsledky, zákazník – dodavatel, porovnání 2b, zdroj vlastní**

<b>Výpočet</b>	<b>Okruh 1</b>	<b>Okruh 2</b>
3	A-G-C-F-B-J-D-E-A	A-I-H-A
<b>Výpočet</b>	<b>Okruh 1</b>	<b>Okruh 2</b>
4	A-G-C-F-B-D-E-J-A	A-I-H-A

Nalezené okruhy u výpočtu 3 a 4 se významně neliší (viz. Tabulka 31). Okruh 1 i 2 u výpočtu 3 obsahuje stejná místa jako výpočet 4. Rozdíl je pouze v pořadí tiskáren prvního okruhu.

Lze tedy říci, že ekonomickým optimem dopravního problému s výjezdním místem v Brně budou trasy třetího výpočtu (možno vybrat i trasy čtvrtého výpočtu), kde projetí prvního z okruhů bude trvat 775 minut a cesta bude dlouhá 900 kilometrů a projetí druhého okruhu bude trvat 418 minut a cesta bude dlouhá 479,7 kilometru. Jelikož oba výpočty obsahují stejná místa v jednotlivých okruzích, i přepravované množství papíru zůstane stejné.

V porovnání s výpočty 1 a 2 se jedná o stejné okruhy. Rozdíl je pouze v počtu najetých kilometrů a době strávené na cestě. Tento rozdíl je dán větší vzdáleností Brna od jednotlivých zákazníků.

Významným faktorem u okruhů s výjezdním místem v Brně je časový limit u nákladních automobilů pro čas strávený přejezděním z místa na místo, který je stanoven na 9 hodin. Jelikož je Brno od ostatních míst více vzdáleno, dochází k tomu, že v případě prvního okruhu výpočtu 3 je tento limit překročen. V tuto chvíli nemůže být trasa realizována pouze jedním nákladním automobilem.

Jak již bylo popsáno výš, dopravce má několik možností, jak rozložit přepravované zboží mezi více aut či více okruhů. Důležité je ale brát zřetel na časový limit 9 hodin, který je zákonem stanovený.

## 6 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo optimalizovat dopravní problém společnosti ZING trading s.r.o., jež nakupuje a posléze pře-prodává papír svým zákazníkům. Jednalo se o zefektivnění dopravy a snížení nákladů s využitím metod operačního výzkumu a softwarových metod.

Optimalizován byl nejprve dopravní problém mezi firmou a zákazníkem. Cílem této optimalizace bylo nalezení vhodné trasy obchodního zástupce firmy, který během jednoho pracovního dne musí navštívit pět svých zákazníků, za účelem zvýšení prodeje produktů firmy. Důraz byl kladen na dodržení polední pauzy obchodního zástupce v jednom ze tří nasmlouvaných gastronomických zařízení. Dopravní problém byl rozdělen na tři samostatné modely, kde každý tento model obsahoval jedno ze tří gastronomických zařízení. Všechny modely byly vypočítány pomocí softwaru Gurobi Optimizer, verze 7.5.2. a na základě výpočtů byl firmě doporučen okruh, na kterém by byly navštíveny všechny vybrané tiskárny a druhé ze zmiňovaných gastronomických zařízení. Tento okruh byl co se najetých kilometrů i času stráveného na cestě týče, ten nejvhodnější.

Jako další byl optimalizován dopravní problém mezi zákazníkem a dodavatelem. Cílem této optimalizace bylo navrhnout nové okružní trasy u vybraných tiskáren a zlepšit tak plánování kamionové dopravy. Stěžejním byl pro společnost výpočet tras plánovaných s výjezdem ze skladu v Praze, odkud jsou realizovány dodávky zboží po České republice. Výpočet byl rozdělen na dva modely. Jako první byl minimalizován počet najetých kilometrů, jako druhá pak doba, kterou kamion stráví na cestě. Oba výpočty dospěly k téměř stejným výsledkům. Oba výsledky obsahují dva okruhy, kde první z nich se liší pouze pořadím navštívených míst. Přepravované množství papíru je v obou případech stejné a k přepravě bude využito stejných nákladních automobilů. Výsledky lze propojit v jeden a ten považovat za ekonomické optimum.

Z důvodu plánované rekonstrukce pražského skladu byl od společnosti ZING zadán požadavek na doplnění výpočtu o model s výjezdním místem v Brně. Výpočet byl opět rozdělen na dva modely s cílem minimalizovat počet najetých kilometrů a posléze dobu strávenou na cestě. Nalezené okruhy obou výpočtů jsou totožné s výsledky, kde jako výjezdní místo figuruje hlavní město Praha. Přepravované množství papíru je stejné, a tak

jedinými rozdíly, které v této úloze jsou, je větší počet najetých kilometrů, který je způsoben větší vzdáleností Brna od ostatních míst a s tím souvisí i delší doba strávena na cestě. Tato doba ale překračuje limit 9 hodin, který je dle zákona stanoven pro řidiče nákladních automobilů. Z důvodu dodržení limit je potřeba rozvoz zboží rozložit mezi více nákladních automobilů nebo přepravu po dobu rekonstrukce pražského skladu realizovat každý pracovní den, čímž by došlo ke zmenšení počtu navštívených zákazníků během jednoho dne a tím i k poklesu doby strávené na cestě.

## 7 Seznam použitých zdrojů

COOK, William, 2012. *Po stopách obchodního cestujícího: matematika na hranicích možností*. 1. vyd. v českém jazyce. Praha: Argo. Zip (Argo: Dokořán). ISBN 978-80-7363-412-4.

Distribuční cesty: charakteristika, 2008. *Management, Marketing: Vše co student potřebuje vědět* [online]. [cit. 2017-08-22]. Dostupné z: <http://management-marketing.studentske.eu/2008/06/distribun-cesty-charakteristika.html>

DRAHOTSKÝ, Ivo a Bohumil ŘEZNÍČEK, 2003. *Logistika: procesy a jejich řízení praktická příručka*. Vyd. 1. Praha: Computer press. ISBN 80-7226-521-0.

FÁBRY, J., 2006. *Dynamické okružní a rozvozní úlohy: disertační práce*. VŠE-FIS, Praha.

FÁBRY, Jan, 2011. *Matematické modelování*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-7431-066-9.

FIALA, Petr, 2010. *Operační výzkum: nové trendy*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-7431-036-2.

Gurobi Optimizer: State of the Art Mathematical Programming Solver, b.r. *Gurobi Optimization: An easier way to make better decisions* [online]. [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://www.gurobi.com/products/gurobi-optimizer>

HLADÍK, Jan, 2017. *Celočíselné Programování: text k přednášce*. Praha, 90 s. Dostupné také z: [https://kam.mff.cuni.cz/~hladik/CP/text\\_cp.pdf](https://kam.mff.cuni.cz/~hladik/CP/text_cp.pdf). Text k přednášce. Univerzita Karlova v Praze.

HLAVATÝ, Robert a Helena BROŽOVÁ, 2017. *Mathematical Methods in Economics 2017: Robust optimization approach in transportation problem* [online]. 1-6 [cit. 2018-03-30]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/319670419\\_Robust\\_optimization\\_approach\\_in\\_transportation\\_problem](https://www.researchgate.net/publication/319670419_Robust_optimization_approach_in_transportation_problem)

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



KAŠPAR, Jan, Robert HLAVATÝ, Karel KUŽELKA a Róbert MARUŠÁK, 2017. The Impact of Assumed Uncertainty on Long-Term Decisions in Forest Spatial Harvest Scheduling as a Part of Sustainable Development. *Forests* [online]. (8), 1-14 [cit. 2018-03-28]. DOI: 10.3390/f8090335. Dostupné z:

file:///C:/Users/Gamer/Desktop/FINAL%20verze%20ze%20str%C3%A1nek%20FOREST S.pdf

KOTLER, Philip a Gary ARMSTRONG, 2004. *Marketing*. 6. vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-0513-2.

MAZIN, M. A., K. A. G. MOHD, I. H. READ, A. M. SALAMA, A. I. DHEYAA, K. J. HUMAM a H. A. AHMED, 2017. Solving vehicle routing problem by using improved K-nearest neighbor algorithm for best solution. *Journal of Computational Science* [online]. (21), 232-240 [cit. 2018-03-28]. ISSN 1877-7503. Dostupné z:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187775031730426X>

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ, , b.r. Marketingový mix: Distribuce.

*Elektronické studijní materiály* [online]. Brno [cit. 2017-08-22]. Dostupné z:

[https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz\\_cast.pl?cast=62223](https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=62223)

OMNIS OLOMOUC, a.s, 2015. Marketingový mix: Distribuce. *Marketing mix* [online]. Olomouc [cit. 2017-08-22]. Dostupné z: <http://www.marketing-mix.cz/marketing-mix/159-marketingovy-mix-distribuce-a.html>

PUKLICKÝ, Jan, 2015. *Metody operačního výzkumu jako podpora manažerského rozhodování*. Pardubice, 63 s. Dostupné také z: <http://docplayer.cz/41847015-Univerzita-pardubice-fakulta-ekonomicko-spravni.html>. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Doc. RNDr. Bohdan Linda, CSc.

SPERANZA, M., 2016. Trends in transportation and logistics. *European Journal of Operational Research* [online]. 830-836 [cit. 2018-02-08]. ISSN 0377-2217. Dostupné z: [https://ac.els-cdn.com/S0377221716306713/1-s2.0-S0377221716306713-main.pdf?\\_tid=706bf2b0-0cda-11e8-8c85-00000aacb362&acdnat=1518099476\\_42c8d69127d876d8bcf670d5142f6f7f](https://ac.els-cdn.com/S0377221716306713/1-s2.0-S0377221716306713-main.pdf?_tid=706bf2b0-0cda-11e8-8c85-00000aacb362&acdnat=1518099476_42c8d69127d876d8bcf670d5142f6f7f)

SVOBODA, Vladimír, 2006. *Doprava jako součást logistických systémů*. Vyd. 1. Praha: Radix. ISBN 80-86031-68-3.

SÝKOROVÁ, Mgr., 2014. Dopravní problémy. *Katedra informatiky: Přírodovědecká fakulta UJEP - enastenka* [online]. Ústí nad Labem [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: [https://ki.ujep.cz/enastenka/S%C3%BDkorov%C3%A1%20Kv%C4%9Btu%C5%A1e%20Mgr/OPT%20\(P404\)/OPT\\_08.pdf](https://ki.ujep.cz/enastenka/S%C3%BDkorov%C3%A1%20Kv%C4%9Btu%C5%A1e%20Mgr/OPT%20(P404)/OPT_08.pdf)

ŠTECHA, Jan, 2000. *Optimální rozhodování a řízení*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-01-02083-5.

ŠUBRT, Tomáš, 2011. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-345-2.

VANÍČEK, Jiří, 2007. *Teoretické základy informatiky*. 1. vyd. Praha: Kernberg. Informatika studium (Kernberg). ISBN 978-80-903962-4-1.

## 8 Přílohy

Příloha 1: Ukázka dat poskytnutých společností ZING trading s.r.o., zdroj vlastní

Příloha 2: Exkurze do tiskárny, sídlo RAIN tiskárny s.r.o. v Otíně, zdroj vlastní

Příloha 3: Exkurze do tiskárny, tiskařský stroj 1, zdroj vlastní

Příloha 4: Exkurze do tiskárny, tiskařský stroj 2, zdroj vlastní

Příloha 5: Exkurze do tiskárny, palety papírů k potisku, zdroj vlastní

Příloha 6: Exkurze do tiskárny, paleta papíru od společnosti ZING, zdroj vlastní

Příloha 7: RAIN tiskárna, propagační předmět 1

Příloha 8: RAIN tiskárna, propagační předmět 2

Příloha 9: RAIN tiskárna, ukázka tisku

Příloha 10: Výpočet 1, vstupní data, část první, zdroj vlastní

Příloha 11: Výpočet 1, vstupní data, část druhá, zdroj vlastní

Příloha 12: Výpočet 2, vstupní data, část první, zdroj vlastní

Příloha 13: Výpočet 2, vstupní data, část druhá, zdroj vlastní

Příloha 14: Výpočet 3, vstupní data, část první, zdroj vlastní

Příloha 15: Výpočet 3, vstupní data, část druhá, zdroj vlastní

Příloha 16: Výpočet 1, výstupní data, report Gurobi, zdroj vlastní

Příloha 17: Výpočet 2, výstupní data, report Gurobi, zdroj vlastní

Příloha 18: Výpočet 3, výstupní data, report Gurobi, zdroj vlastní

**Příloha 1: Ukázka dat poskytnutých společností ZING trading s.r.o., zdroj vlastní**

Odběratel	Množství	Alt. MJ	Množství v Alt. MJ
INPRESS a.s.	137 000,000 kg		6 221,600
GEOPRINT s.r.o.	18 000,000 kg		780,751
DRAGON PRES	7 200,000 kg		234,675
tisknisi s.r.o.	2 500,000 kg		126,000
dot. DesignStu	125,000 kg		6,300
	164 825,000		7 369,326

**Příloha 2: Exkurze do tiskárny, sídlo RAIN tiskárny s.r.o. v Otíně, zdroj vlastní**



**Příloha 3: Exkurze do tiskárny, tiskařský stroj 1, zdroj vlastní**



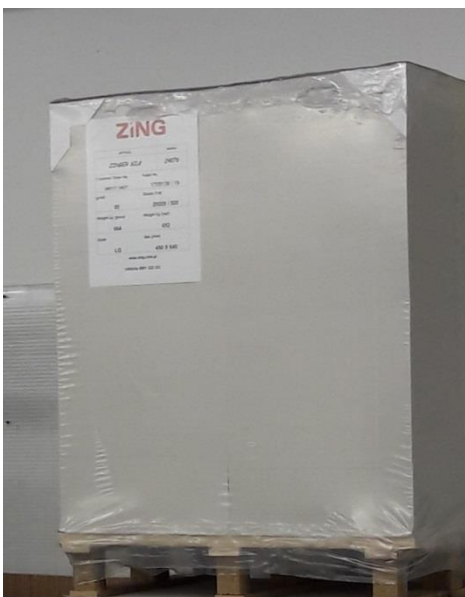
**Příloha 4: Exkurze do tiskárny, tiskařský stroj 2, zdroj vlastní**



**Příloha 5: Exkurze do tiskárny, palety papírů k potisku, zdroj vlastní**



**Příloha 6: Exkurze do tiskárny, paleta papíru od společnosti ZING, zdroj vlastní**



## Příloha 7: RAIN tiskárna, propagační předmět 1

knihy

brožury

noviny

kalendáře

bloky

letáky

plakáty...

Jindřichův Hradec, Otín 251  
 +420 384 362 512  
 rain@rain-tiskarna.cz  
 Rain tiskárna  
 www.rain-tiskarna.cz

**Rain tiskárna**

OTÍN 251, 377 01 JINDŘICHŮV HRADEC  
tel: 384 362 512, e-mail: rain@rain-tiskarna.cz

**FORMÁTY PAPIŘU**

**A0** 841 × 1189 mm    **A1** 594 × 841 mm  
**A2** 420 × 594 mm    **A3** 297 × 420 mm  
**A4** 210 × 297 mm    **A5** 148 × 210 mm  
**A6** 105 × 148 mm

**TLOUŠTKY LINEK**

	linka 0,2b 0,071 mm
	linka 0,3b 0,106 mm
	linka 0,5b 0,176 mm
	linka 0,8b 0,282 mm
	linka 1b 0,353 mm
	linka 1,5b 0,529 mm
	linka 2b 0,706 mm
	linka 3b 1,058 mm
	linka 4b 1,411 mm
	linka 5b 1,764 mm
	linka 6b 2,117 mm
	linka 7b 2,469 mm
	linka 8b 2,822 mm
	linka 9b 3,175 mm
	linka 10b 3,528 mm

**BARVY**

RGB (monitor, displej...)

PANTONE (ofsetový tisk)

CMYK (ofsetový; digitální tisk)

[www.rain-tiskarna.cz](http://www.rain-tiskarna.cz)

## Příloha 8: RAIN tiskárna, propagační předmět 2

VELIKOSTI PÍSMO	KLÁVESOVÉ ZKRATKY	TYPY PÍSMO	TYPOGRAFIE
6b ABCDabcd123 7b ABCDabcd123 8b ABCDabcd123 9b ABCDabcd123 10b ABCDabcd123 11b ABCDabcd123 12b ABCDabcd123 14b ABCDabcd123 16b ABCDabcd123 18b ABCDabcd123	ampersand & alt + 038 copyright © alt + 0169 registered ® alt + 0174 trade mark ™ alt + 0153 stupeň ° alt + 0176 krát × alt + 0215 promile ‰ alt + 0137 uvozovky " " alt + 0132 / 0147 euro € alt + 0128	pomlčka – alt + 0150 výpustka ⋯ alt + 0133 TM alt + 0153 ‰ alt + 0137 € alt + 0128	<b>ABGQSZabgqs123@&amp;ABGQSZabgqs123@&amp; ABGQSZabgqs123@&amp;ABGQSZabgqs123@&amp;</b> <i>Futura</i> <b>ABGQSZabgqs123@&amp;ABGQSZabgqs123@&amp; ABGQSZabgqs123@&amp;ABGQSZabgqs123@&amp;</b> <i>Helvetica</i> <b>ABGQSZabgqs123@&amp;ABGQSZabgqs123@&amp; ABGQSZabgqs123@&amp;ABGQSZabgqs123@&amp;</b> <i>Garamond</i> <b>ABGQSZabgqs123@&amp;ABGQSZabgqs123@&amp; ABGQSZabgqs123@&amp;ABGQSZabgqs123@&amp;</b> <i>Splendid</i> <b>ABGQSZabgqs123@&amp;ABGQSZabgqs123@&amp; ABGQSZabgqs123@&amp;ABGQSZabgqs123@&amp;</b> <i>ABGQSZabgqs123@&amp;</i>

## Příloha 9: RAIN tiskárna, ukázka tisku

**Rozvrh hodin**

	1	2	3	4	5	6	7	8
Po								
Ut								
St								
Št								
Pi								

WWW.CENTROPEN.SK  
WWW.AKO-SPRAVNE-PISAT.SK

centropen®

**Příloha 10: Výpočet 1, vstupní data, část první, zdroj vlastní**

Minimize

$$147 x_{012} + 146 x_{013} + 149 x_{014} + 149 x_{015} + 137 x_{016} + 106 x_{017} + 58.4 x_{23} + 2.8 x_{24} + 2.8 x_{25} + 53.4 x_{26} + 51.5 x_{27} + 58.4 x_{32} + 60.5 x_{34} + 60.5 x_{35} + 110 x_{36} + 55.1 x_{37} + 2.8 x_{42} + 60.5 x_{43} + 0.1 x_{45} + 52.1 x_{46} + 53.6 x_{47} + 2.8 x_{52} + 60.5 x_{53} + 0.1 x_{54} + 52 x_{56} + 53.6 x_{57} + 53.4 x_{62} + 110 x_{63} + 52.1 x_{64} + 52 x_{65} + 83.7 x_{67} + 51.5 x_{72} + 55.1 x_{73} + 53.6 x_{74} + 53.6 x_{75} + 83.7 x_{76} + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7$$

Subject To

$$\begin{aligned} x_{012} + x_{013} + x_{014} + x_{015} + x_{016} + x_{017} &= 1 \\ x_{21} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} &= 1 \\ x_{31} + x_{32} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} &= 1 \\ x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{45} + x_{46} + x_{47} &= 1 \\ x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{56} + x_{57} &= 1 \\ x_{61} + x_{62} + x_{63} + x_{64} + x_{65} + x_{67} &= 1 \\ x_{71} + x_{72} + x_{73} + x_{74} + x_{75} + x_{76} &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} + x_{61} + x_{71} &= 1 \\ x_{012} + x_{32} + x_{42} + x_{52} + x_{62} + x_{72} &= 1 \\ x_{013} + x_{23} + x_{43} + x_{53} + x_{63} + x_{73} &= 1 \\ x_{014} + x_{24} + x_{34} + x_{54} + x_{64} + x_{74} &= 1 \\ x_{015} + x_{25} + x_{35} + x_{45} + x_{65} + x_{75} &= 1 \\ x_{016} + x_{26} + x_{36} + x_{46} + x_{56} + x_{76} &= 1 \\ x_{017} + x_{27} + x_{37} + x_{47} + x_{57} + x_{67} &= 1 \end{aligned}$$

a1 = 0	a2 >= 0	a4 >= 0	a6 >= 0
	a2 <= 420	a4 <= 420	a6 <= 420
	a3 >= 0	a5 >= 0	a7 >= 180
	a3 <= 420	a5 <= 420	a7 <= 360

a1 - a2 + W1 + 1000000 x012 + v012 = 999896	a4 - a5 + W4 + 1000000 x45 + v45 = 999969
a1 - a3 + W1 + 1000000 x013 + v013 = 999884	a4 - a6 + W4 + 1000000 x46 + v46 = 999923
a1 - a4 + W1 + 1000000 x014 + v014 = 999872	a4 - a7 + W4 + 1000000 x47 + v47 = 999920
a1 - a5 + W1 + 1000000 x015 + v015 = 999872	a5 - a2 + W5 + 1000000 x52 + v52 = 999964
a1 - a6 + W1 + 1000000 x016 + v016 = 999900	a5 - a3 + W5 + 1000000 x53 + v53 = 999915
a1 - a7 + W1 + 1000000 x017 + v017 = 999886	a5 - a4 + W5 + 1000000 x54 + v54 = 999969
a2 - a3 + W2 + 1000000 x23 + v23 = 999920	a5 - a6 + W5 + 1000000 x56 + v56 = 999922
a2 - a4 + W2 + 1000000 x24 + v24 = 999964	a5 - a7 + W5 + 1000000 x57 + v57 = 999920
a2 - a5 + W2 + 1000000 x25 + v25 = 999964	a6 - a2 + W6 + 1000000 x62 + v62 = 999925
a2 - a6 + W2 + 1000000 x26 + v26 = 999925	a6 - a3 + W6 + 1000000 x63 + v63 = 999877
a2 - a7 + W2 + 1000000 x27 + v27 = 999925	a6 - a4 + W6 + 1000000 x64 + v64 = 999923
a3 - a2 + W3 + 1000000 x32 + v32 = 999920	a6 - a5 + W6 + 1000000 x65 + v65 = 999922
a3 - a4 + W3 + 1000000 x34 + v34 = 999915	a6 - a7 + W6 + 1000000 x67 + v67 = 999892
a3 - a5 + W3 + 1000000 x35 + v35 = 999915	a7 - a2 + W7 + 1000000 x72 + v72 = 999925
a3 - a6 + W3 + 1000000 x36 + v36 = 999877	a7 - a3 + W7 + 1000000 x73 + v73 = 999917
a3 - a7 + W3 + 1000000 x37 + v37 = 999917	a7 - a4 + W7 + 1000000 x74 + v74 = 999920
a4 - a2 + W4 + 1000000 x42 + v42 = 999964	a7 - a5 + W7 + 1000000 x75 + v75 = 999920
a4 - a3 + W4 + 1000000 x43 + v43 = 999915	



## Příloha 11: Výpočet 1, vstupní data, část druhá, zdroj vlastní

$$a7 - a6 + W7 + 1000000 x76 + v76 = 999892$$

v012 >= 0	v25 >= 0	v42 >= 0	v56 >= 0	v72 >= 0
v013 >= 0	v26 >= 0	v43 >= 0	v57 >= 0	v73 >= 0
v014 >= 0	v27 >= 0	v45 >= 0		v74 >= 0
v015 >= 0		v46 >= 0	v62 >= 0	v75 >= 0
v016 >= 0	v32 >= 0	v47 >= 0	v63 >= 0	v76 >= 0
v017 >= 0	v34 >= 0		v64 >= 0	
	v35 >= 0	v52 >= 0	v65 >= 0	
v23 >= 0	v36 >= 0	v53 >= 0	v67 >= 0	
v24 >= 0	v37 >= 0	v54 >= 0		

v012 + 2000000 x012 <= 2000000  
v013 + 2000000 x013 <= 2000000  
v014 + 2000000 x014 <= 2000000  
v015 + 2000000 x015 <= 2000000  
v016 + 2000000 x016 <= 2000000  
v017 + 2000000 x017 <= 2000000

v23 + 2000000 x23 <= 2000000  
v24 + 2000000 x24 <= 2000000  
v25 + 2000000 x25 <= 2000000  
v26 + 2000000 x26 <= 2000000  
v27 + 2000000 x27 <= 2000000

v32 + 2000000 x32 <= 2000000  
v34 + 2000000 x34 <= 2000000  
v35 + 2000000 x35 <= 2000000  
v36 + 2000000 x36 <= 2000000  
v37 + 2000000 x37 <= 2000000

v42 + 2000000 x42 <= 2000000  
v43 + 2000000 x43 <= 2000000  
v45 + 2000000 x45 <= 2000000

v46 + 2000000 x46 <= 2000000  
v47 + 2000000 x47 <= 2000000

v52 + 2000000 x52 <= 2000000  
v53 + 2000000 x53 <= 2000000  
v54 + 2000000 x54 <= 2000000  
v56 + 2000000 x56 <= 2000000  
v57 + 2000000 x57 <= 2000000

v62 + 2000000 x62 <= 2000000  
v63 + 2000000 x63 <= 2000000  
v64 + 2000000 x64 <= 2000000  
v65 + 2000000 x65 <= 2000000  
v67 + 2000000 x67 <= 2000000

v72 + 2000000 x72 <= 2000000  
v73 + 2000000 x73 <= 2000000  
v74 + 2000000 x74 <= 2000000  
v75 + 2000000 x75 <= 2000000  
v76 + 2000000 x76 <= 2000000

Binaries

x012 x013 x014 x015 x016 x017  
x21 x23 x24 x25 x26 x27  
x31 x32 x34 x35 x36 x37  
x41 x42 x43 x45 x46 x47  
x51 x52 x53 x54 x56 x57  
x61 x62 x63 x64 x65 x67  
x71 x72 x73 x74 x75 x76

End

**Příloha 12: Výpočet 2, vstupní data, část první, zdroj vlastní**

Minimize

147 x012 + 146 x013 + 149 x014 + 149 x015 + 137 x016 + 148 x017 + 58.4 x23 + 2.8 x24 + 2.8 x25 + 53.4 x26 + 1.5 x27 + 58.4 x32 + 60.5 x34 + 60.5 x35 + 110 x36 + 59.2 x37 + 2.8 x42 + 60.5 x43 + 0,1 x45 + 52.1 x46 + 1.3 x47 + 2.8 x52 + 60.5 x53 + 0.1 x54 + 52 x56 + 1.3 x57 + 53.4 x62 + 110 x63 + 52.1 x64 + 52 x65 + 54.8 x67 + 1.5 x72 + 59.2 x73 + 1.3 x74 + 1.3 x75 + 54.8 x76 + W1 + W2 + W3 + W4 + W5 + W6 + W7

Subject To

x012 + x013 + x014 + x015 + x016 + x017 = 1  
x21 + x23 + x24 + x25 + x26 + x27 = 1  
x31 + x32 + x34 + x35 + x36 + x37 = 1  
x41 + x42 + x43 + x45 + x46 + x47 = 1  
x51 + x52 + x53 + x54 + x56 + x57 = 1  
x61 + x62 + x63 + x64 + x65 + x67 = 1  
x71 + x72 + x73 + x74 + x75 + x76 = 1

x21 + x31 + x41 + x51 + x61 + x71 = 1  
x012 + x32 + x42 + x52 + x62 + x72 = 1  
x013 + x23 + x43 + x53 + x63 + x73 = 1  
x014 + x24 + x34 + x54 + x64 + x74 = 1  
x015 + x25 + x35 + x45 + x65 + x75 = 1  
x016 + x26 + x36 + x46 + x56 + x76 = 1  
x017 + x27 + x37 + x47 + x57 + x67 = 1

a1 = 0                      a2 >= 0                      a4 >= 0                      a6 >= 0  
                                    a2 <= 420                      a4 <= 420                      a6 <= 420  
                                    a3 >= 0                      a5 >= 0                      a7 >= 180  
                                    a3 <= 420                      a5 <= 420                      a7 <= 330

a1 - a2 + W1 + 1000000 x012 + v012 = 999896      a4 - a2 + W4 + 1000000 x42 + v42 = 999964  
a1 - a3 + W1 + 1000000 x013 + v013 = 999884      a4 - a3 + W4 + 1000000 x43 + v43 = 999915  
a1 - a4 + W1 + 1000000 x014 + v014 = 999872      a4 - a5 + W4 + 1000000 x45 + v45 = 999969  
a1 - a5 + W1 + 1000000 x015 + v015 = 999872      a4 - a6 + W4 + 1000000 x46 + v46 = 999923  
a1 - a6 + W1 + 1000000 x016 + v016 = 999900      a4 - a7 + W4 + 1000000 x47 + v47 = 999967  
a1 - a7 + W1 + 1000000 x017 + v017 = 999864

a5 - a2 + W5 + 1000000 x52 + v52 = 999964  
a5 - a3 + W5 + 1000000 x53 + v53 = 999915  
a5 - a4 + W5 + 1000000 x54 + v54 = 999969  
a5 - a6 + W5 + 1000000 x56 + v56 = 999922  
a5 - a7 + W5 + 1000000 x57 + v57 = 999967

a6 - a2 + W6 + 1000000 x62 + v62 = 999925  
a6 - a3 + W6 + 1000000 x63 + v63 = 999877  
a6 - a4 + W6 + 1000000 x64 + v64 = 999923  
a6 - a5 + W6 + 1000000 x65 + v65 = 999922  
a6 - a7 + W6 + 1000000 x67 + v67 = 999923  
a7 - a2 + W7 + 1000000 x72 + v72 = 999966

### Příloha 13: Výpočet 2, vstupní data, část druhá, zdroj vlastní

$$\begin{aligned} a7 - a3 + W7 + 1000000 x73 + v73 &= 999918 & a7 - a5 + W7 + 1000000 x75 + v75 &= 999967 \\ a7 - a4 + W7 + 1000000 x74 + v74 &= 999967 & a7 - a6 + W7 + 1000000 x76 + v76 &= 999923 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v012 &\geq 0 & v25 &\geq 0 & v42 &\geq 0 & v56 &\geq 0 & v72 &\geq 0 \\ v013 &\geq 0 & v26 &\geq 0 & v43 &\geq 0 & v57 &\geq 0 & v73 &\geq 0 \\ v014 &\geq 0 & v27 &\geq 0 & v45 &\geq 0 & & & v74 &\geq 0 \\ v015 &\geq 0 & & & v46 &\geq 0 & v62 &\geq 0 & v75 &\geq 0 \\ v016 &\geq 0 & v32 &\geq 0 & v47 &\geq 0 & v63 &\geq 0 & v76 &\geq 0 \\ v017 &\geq 0 & v34 &\geq 0 & & & v64 &\geq 0 & & \\ & & v35 &\geq 0 & v52 &\geq 0 & v65 &\geq 0 & & \\ v23 &\geq 0 & v36 &\geq 0 & v53 &\geq 0 & v67 &\geq 0 & & \\ v24 &\geq 0 & v37 &\geq 0 & v54 &\geq 0 & & & & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v012 + 2000000 x012 &\leq 2000000 & v45 + 2000000 x45 &\leq 2000000 \\ v013 + 2000000 x013 &\leq 2000000 & v46 + 2000000 x46 &\leq 2000000 \\ v014 + 2000000 x014 &\leq 2000000 & v47 + 2000000 x47 &\leq 2000000 \\ v015 + 2000000 x015 &\leq 2000000 & & \\ v016 + 2000000 x016 &\leq 2000000 & v52 + 2000000 x52 &\leq 2000000 \\ v017 + 2000000 x017 &\leq 2000000 & v53 + 2000000 x53 &\leq 2000000 \\ & & v54 + 2000000 x54 &\leq 2000000 \\ v23 + 2000000 x23 &\leq 2000000 & v56 + 2000000 x56 &\leq 2000000 \\ v24 + 2000000 x24 &\leq 2000000 & v57 + 2000000 x57 &\leq 2000000 \\ v25 + 2000000 x25 &\leq 2000000 & & \\ v26 + 2000000 x26 &\leq 2000000 & v62 + 2000000 x62 &\leq 2000000 \\ v27 + 2000000 x27 &\leq 2000000 & v63 + 2000000 x63 &\leq 2000000 \\ & & v64 + 2000000 x64 &\leq 2000000 \\ v32 + 2000000 x32 &\leq 2000000 & v65 + 2000000 x65 &\leq 2000000 \\ v34 + 2000000 x34 &\leq 2000000 & v67 + 2000000 x67 &\leq 2000000 \\ v35 + 2000000 x35 &\leq 2000000 & & \\ v36 + 2000000 x36 &\leq 2000000 & v72 + 2000000 x72 &\leq 2000000 \\ v37 + 2000000 x37 &\leq 2000000 & v73 + 2000000 x73 &\leq 2000000 \\ & & v74 + 2000000 x74 &\leq 2000000 \\ v42 + 2000000 x42 &\leq 2000000 & v75 + 2000000 x75 &\leq 2000000 \\ v43 + 2000000 x43 &\leq 2000000 & v76 + 2000000 x76 &\leq 2000000 \end{aligned}$$

Binaries

x012 x013 x014 x015 x016 x017  
x21 x23 x24 x25 x26 x27  
x31 x32 x34 x35 x36 x37  
x41 x42 x43 x45 x46 x47  
x51 x52 x53 x54 x56 x57  
x61 x62 x63 x64 x65 x67  
x71 x72 x73 x74 x75 x76

End

**Příloha 14: Výpočet 3, vstupní data, část první, zdroj vlastní**

Minimize

$$147 x_{012} + 146 x_{013} + 149 x_{014} + 149 x_{015} + 137 x_{016} + 147 x_{017} + 58.4 x_{23} + 2.8 x_{24} + 2.8 x_{25} + 53.4 x_{26} + 2.5 x_{27} + 58.4 x_{32} + 60.5 x_{34} + 60.5 x_{35} + 110 x_{36} + 57.2 x_{37} + 2.8 x_{42} + 60.5 x_{43} + 0,1 x_{45} + 52.1 x_{46} + 4.6 x_{47} + 2.8 x_{52} + 60.5 x_{53} + 0.1 x_{54} + 52 x_{56} + 4.6 x_{57} + 53.4 x_{62} + 110 x_{63} + 52.1 x_{64} + 52 x_{65} + 54,3 x_{67} + 2.5 x_{72} + 57.2 x_{73} + 4.6 x_{74} + 4.6 x_{75} + 54.3 x_{76} + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7$$

Subject To

$$\begin{aligned} x_{012} + x_{013} + x_{014} + x_{015} + x_{016} + x_{017} &= 1 \\ x_{21} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} &= 1 \\ x_{31} + x_{32} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} &= 1 \\ x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{45} + x_{46} + x_{47} &= 1 \\ x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{56} + x_{57} &= 1 \\ x_{61} + x_{62} + x_{63} + x_{64} + x_{65} + x_{67} &= 1 \\ x_{71} + x_{72} + x_{73} + x_{74} + x_{75} + x_{76} &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} + x_{61} + x_{71} &= 1 \\ x_{012} + x_{32} + x_{42} + x_{52} + x_{62} + x_{72} &= 1 \\ x_{013} + x_{23} + x_{43} + x_{53} + x_{63} + x_{73} &= 1 \\ x_{014} + x_{24} + x_{34} + x_{54} + x_{64} + x_{74} &= 1 \\ x_{015} + x_{25} + x_{35} + x_{45} + x_{65} + x_{75} &= 1 \\ x_{016} + x_{26} + x_{36} + x_{46} + x_{56} + x_{76} &= 1 \\ x_{017} + x_{27} + x_{37} + x_{47} + x_{57} + x_{67} &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_1 &= 0 & a_2 &\geq 0 & a_4 &\geq 0 & a_6 &\geq 0 \\ & & a_2 &\leq 420 & a_4 &\leq 420 & a_6 &\leq 420 \\ & & a_3 &\geq 0 & a_5 &\geq 0 & a_7 &\geq 180 \\ & & a_3 &\leq 420 & a_5 &\leq 420 & a_7 &\leq 360 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_1 - a_2 + W_1 + 1000000 x_{012} + v_{012} &= 999896 & a_4 - a_2 + W_4 + 1000000 x_{42} + v_{42} &= 999964 \\ a_1 - a_3 + W_1 + 1000000 x_{013} + v_{013} &= 999884 & a_4 - a_3 + W_4 + 1000000 x_{43} + v_{43} &= 999915 \\ a_1 - a_4 + W_1 + 1000000 x_{014} + v_{014} &= 999872 & a_4 - a_5 + W_4 + 1000000 x_{45} + v_{45} &= 999969 \\ a_1 - a_5 + W_1 + 1000000 x_{015} + v_{015} &= 999872 & a_4 - a_6 + W_4 + 1000000 x_{46} + v_{46} &= 999923 \\ a_1 - a_6 + W_1 + 1000000 x_{016} + v_{016} &= 999900 & a_4 - a_7 + W_4 + 1000000 x_{47} + v_{47} &= 999961 \\ a_1 - a_7 + W_1 + 1000000 x_{017} + v_{017} &= 999865 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_5 - a_2 + W_5 + 1000000 x_{52} + v_{52} &= 999964 \\ a_5 - a_3 + W_5 + 1000000 x_{53} + v_{53} &= 999915 \\ a_5 - a_4 + W_5 + 1000000 x_{54} + v_{54} &= 999969 \\ a_5 - a_6 + W_5 + 1000000 x_{56} + v_{56} &= 999922 \\ a_5 - a_7 + W_5 + 1000000 x_{57} + v_{57} &= 999961 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_6 - a_2 + W_6 + 1000000 x_{62} + v_{62} &= 999925 \\ a_6 - a_3 + W_6 + 1000000 x_{63} + v_{63} &= 999877 \\ a_6 - a_4 + W_6 + 1000000 x_{64} + v_{64} &= 999923 \\ a_6 - a_5 + W_6 + 1000000 x_{65} + v_{65} &= 999922 \\ a_6 - a_7 + W_6 + 1000000 x_{67} + v_{67} &= 999924 \\ a_7 - a_2 + W_7 + 1000000 x_{72} + v_{72} &= 999965 \end{aligned}$$

### Příloha 15: Výpočet 3, vstupní data, část druhá, zdroj vlastní

$$\begin{aligned} a7 - a3 + W7 + 1000000 x73 + v73 &= 999922 & a7 - a5 + W7 + 1000000 x75 + v75 &= 999961 \\ a7 - a4 + W7 + 1000000 x74 + v74 &= 999961 & a7 - a6 + W7 + 1000000 x76 + v76 &= 999924 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lllll} v012 \geq 0 & v25 \geq 0 & v42 \geq 0 & v56 \geq 0 & v72 \geq 0 \\ v013 \geq 0 & v26 \geq 0 & v43 \geq 0 & v57 \geq 0 & v73 \geq 0 \\ v014 \geq 0 & v27 \geq 0 & v45 \geq 0 & & v74 \geq 0 \\ v015 \geq 0 & & v46 \geq 0 & v62 \geq 0 & v75 \geq 0 \\ v016 \geq 0 & v32 \geq 0 & v47 \geq 0 & v63 \geq 0 & v76 \geq 0 \\ v017 \geq 0 & v34 \geq 0 & & v64 \geq 0 & \\ & v35 \geq 0 & v52 \geq 0 & v65 \geq 0 & \\ v23 \geq 0 & v36 \geq 0 & v53 \geq 0 & v67 \geq 0 & \\ v24 \geq 0 & v37 \geq 0 & v54 \geq 0 & & \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} v012 + 2000000 x012 \leq 2000000 & v45 + 2000000 x45 \leq 2000000 \\ v013 + 2000000 x013 \leq 2000000 & v46 + 2000000 x46 \leq 2000000 \\ v014 + 2000000 x014 \leq 2000000 & v47 + 2000000 x47 \leq 2000000 \\ v015 + 2000000 x015 \leq 2000000 & \\ v016 + 2000000 x016 \leq 2000000 & v52 + 2000000 x52 \leq 2000000 \\ v017 + 2000000 x017 \leq 2000000 & v53 + 2000000 x53 \leq 2000000 \\ & v54 + 2000000 x54 \leq 2000000 \\ v23 + 2000000 x23 \leq 2000000 & v56 + 2000000 x56 \leq 2000000 \\ v24 + 2000000 x24 \leq 2000000 & v57 + 2000000 x57 \leq 2000000 \\ v25 + 2000000 x25 \leq 2000000 & \\ v26 + 2000000 x26 \leq 2000000 & v62 + 2000000 x62 \leq 2000000 \\ v27 + 2000000 x27 \leq 2000000 & v63 + 2000000 x63 \leq 2000000 \\ & v64 + 2000000 x64 \leq 2000000 \\ v32 + 2000000 x32 \leq 2000000 & v65 + 2000000 x65 \leq 2000000 \\ v34 + 2000000 x34 \leq 2000000 & v67 + 2000000 x67 \leq 2000000 \\ v35 + 2000000 x35 \leq 2000000 & \\ v36 + 2000000 x36 \leq 2000000 & v72 + 2000000 x72 \leq 2000000 \\ v37 + 2000000 x37 \leq 2000000 & v73 + 2000000 x73 \leq 2000000 \\ & v74 + 2000000 x74 \leq 2000000 \\ v42 + 2000000 x42 \leq 2000000 & v75 + 2000000 x75 \leq 2000000 \\ v43 + 2000000 x43 \leq 2000000 & v76 + 2000000 x76 \leq 2000000 \end{array}$$

Binaries

x012 x013 x014 x015 x016 x017  
x21 x23 x24 x25 x26 x27  
x31 x32 x34 x35 x36 x37  
x41 x42 x43 x45 x46 x47  
x51 x52 x53 x54 x56 x57  
x61 x62 x63 x64 x65 x67  
x71 x72 x73 x74 x75 x76

End

**Příloha 16: Výpočet 1, výstupní data, report Gurobi, zdroj vlastní**

Academic license - for non-commercial use only

Gurobi Optimizer version 7.5.2 build v7.5.2rc1 (win64)  
Copyright (c) 2017, Gurobi Optimization, Inc.

Read LP format model from file c:\Users\Gamer\Desktop\Restaurace\_1\TSP\_R1.lp  
Reading time = 0.00 seconds

: 135 rows, 92 columns, 385 nonzeros  
Optimize a model with 135 rows, 92 columns and 385 nonzeros  
Variable types: 50 continuous, 42 integer (42 binary)

Coefficient statistics:

Matrix range [1e+00, 2e+06]  
Objective range [1e-01, 1e+02]  
Bounds range [1e+00, 1e+00]  
RHS range [1e+00, 2e+06]

Presolve removed 49 rows and 1 columns

Presolve time: 0.01s

Presolved: 86 rows, 91 columns, 338 nonzeros

Variable types: 49 continuous, 42 integer (42 binary)

Root relaxation: objective 2.593848e+02, 25 iterations, 0.00 seconds

	Nodes		Current Node			Objective Bounds			work	
	Expl	Unexpl	Obj	Depth	IntInf	Incumbent	BestBd	Gap	It/Node	Time
	0	0	259.38484	0	10	-	259.38484	-	-	0s
H	0	0				298.500000	259.38484	13.1%	-	0s
	0	0	281.40000	0	6	298.50000	281.40000	5.73%	-	0s
	0	0	281.40000	0	7	298.50000	281.40000	5.73%	-	0s
	0	0	281.45000	0	5	298.50000	281.45000	5.71%	-	0s
	0	0	281.50088	0	7	298.50000	281.50088	5.69%	-	0s
	0	0	cutoff	0		298.50000	298.50000	0.00%	-	0s

Cutting planes:

Gomory: 1

Cover: 1

Implied bound: 4

Explored 1 nodes (65 simplex iterations) in 0.05 seconds

Thread count was 8 (of 8 available processors)

Solution count 1: 298.5

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 2.985000000000e+02, best bound 2.985000000000e+02, gap 0.0000%

wrote result file 'c:\Users\Gamer\Desktop\Restaurace\_1\vysledek\_R1.sol'

## Příloha 17: Výpočet 2, výstupní data, report Gurobi, zdroj vlastní

Academic license - for non-commercial use only

Gurobi Optimizer version 7.5.2 build v7.5.2rc1 (win64)  
Copyright (c) 2017, Gurobi optimization, Inc.

Read LP format model from file c:\Users\Gamer\Desktop\Restaurace\_2\TSP\_R2.lp

Reading time = 0.00 seconds

: 135 rows, 92 columns, 385 nonzeros

Optimize a model with 135 rows, 92 columns and 385 nonzeros

Variable types: 50 continuous, 42 integer (42 binary)

Coefficient statistics:

Matrix range [1e+00, 2e+06]

Objective range [1e-01, 1e+02]

Bounds range [1e+00, 1e+00]

RHS range [1e+00, 2e+06]

Presolve removed 49 rows and 1 columns

Presolve time: 0.00s

Presolved: 86 rows, 91 columns, 339 nonzeros

Variable types: 49 continuous, 42 integer (42 binary)

Root relaxation: objective 2.501000e+02, 19 iterations, 0.00 seconds

Nodes		Current Node				Objective Bounds			work	
Expl	unexpl	obj	Depth	IntInf	Incumbent	BestBd	Gap	It/Node	Time	
	0	0	250.10001	0	6	-	250.10001	-	-	0s
H	0	0				250.3000000	250.10001	0.08%	-	0s
	0	0	250.10001	0	6	250.30000	250.10001	0.08%	-	0s

Explored 1 nodes (23 simplex iterations) in 0.01 seconds

Thread count was 8 (of 8 available processors)

Solution count 1: 250.3

optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 2.503000000000e+02, best bound 2.503000000000e+02, gap 0.0000%

wrote result file 'c:\Users\Gamer\Desktop\Restaurace\_2\vysledek\_R2.sol'

## Příloha 18: Výpočet 3, výstupní data, report Gurobi, zdroj vlastní

Academic license - for non-commercial use only

Gurobi optimizer version 7.5.2 build v7.5.2rc1 (win64)  
Copyright (c) 2017, Gurobi Optimization, Inc.

Read LP format model from file c:\Users\Gamer\Desktop\Restaurace\_3\TSP\_R3.lp  
Reading time = 0.00 seconds

: 135 rows, 92 columns, 385 nonzeros  
optimize a model with 135 rows, 92 columns and 385 nonzeros  
Variable types: 50 continuous, 42 integer (42 binary)

Coefficient statistics:

Matrix range [1e+00, 2e+06]  
Objective range [1e-01, 1e+02]  
Bounds range [1e+00, 1e+00]  
RHS range [1e+00, 2e+06]

Presolve removed 49 rows and 1 columns

Presolve time: 0.00s

Presolved: 86 rows, 91 columns, 335 nonzeros

Variable types: 49 continuous, 42 integer (42 binary)

Root relaxation: objective 2.502001e+02, 18 iterations, 0.00 seconds

Nodes		Current Node				Objective Bounds			Work	
Expl	Unexpl	Obj	Depth	IntInf	Incumbent	BestBd	Gap	It/Node	Time	
H	0	0	250.20009	0	4	-	250.20009	-	-	0s
	0	0				251.6000000	250.20009	0.56%	-	0s
	0	0	250.20009	0	4	251.60000	250.20009	0.56%	-	0s

Explored 1 nodes (19 simplex iterations) in 0.01 seconds

Thread count was 8 (of 8 available processors)

Solution count 1: 251.6

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 2.516000000000e+02, best bound 2.516000000000e+02, gap 0.0000%

Wrote result file 'c:\Users\Gamer\Desktop\Restaurace\_3\vysledek\_R3.sol'