

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra systémového inženýrství**



**Bakalářská práce**

**Optimalizace tras v logistické firmě**

**Jan Pošík**

© 2022 ČZU v Praze



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Pošík

Systemové inženýrství

Název práce

**Optimalizace tras v logistické firmě**

Název anglicky

**Route optimization in a logistics company**

---

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce je optimalizace a zhodnocení tras používaných ve skladech firmy HOPI s.r.o. Tato firma shromažďuje zásoby a následně je přesně podle objednávky rozesílá ze svých skladů.

### Metodika

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části bude vysvětlena základní problematika logistiky, optimalizace, okružních dopravních problémů a vysvětlení důležitých pojmů.

V praktické části budou zjištěny vybranými metodami nejefektivnější trasy ve skladu HOPI s.r.o. Výsledek bude zhodnocen a porovná s aktuálními trasami.

## Doporučený rozsah práce

30-40 stran

## Klíčová slova

optimalizace tras, lineární programování, operační výzkum, logistika, trasa, aproximační metody

---

## Doporučené zdroje informací

BROŽOVÁ, H. – HOUŠKA, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA. *Základní metody operační analýzy*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta ve vydavatelství Credit, 2002. ISBN 80-213-0951-2.

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

SVOBODA, V. – LATÝN, P. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. DOPRAVNÍ FAKULTA. *Logistika*. Praha: ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02735-.

---

## Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

## Vedoucí práce

RNDr. Petr Kučera, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2021

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 11. 2021

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2022

### **Čestné prohlášení**

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

V Praze dne 11.3.2022

---

### **Poděkování**

Rád(a) bych touto cestou poděkoval RNDr. Petru Kučerovi, Ph.D. za odborné vedení práce formou konzultací, které mi pomohli při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat celé firmě HOPI, Michalu Karpačovi, Zdeňkovi Zajícovi a Ing. Václavu Šetelíkovi za poskytování všech informací o firmě HOPI, které mi pomohli se zpracováním této práce.

# Optimalizace tras v logistické firmě

## Abstrakt

Cílem bakalářské práce je optimalizace a zhodnocení tras používaných ve skladech firmy HOPI a vybrat ten nejvhodnější okruh. Pro optimalizaci tras bude použita problematika okružního dopravního problému. Pro účel této práce byla zvolena trasa na východ od hlavního skladu v Jažlovicích. Tato logistická firma shromažďuje zásoby a následně je podle objednávky rozesílá ze svých skladů.

Teoretická část rozebírá základy dopravy, logistika, jednostupňovou dopravní úlohu a také okružní dopravní problém.

V praktické části je zpracována optimalizace zvolené trasy metodou nejbližšího souseda, Vogelovy aproximační metodou a metodou výhodnostních čísel. Na konci této části jsou následně porovnány tyto trasy s původní trasou této firmy a je navržena optimální trasa.

**Klíčová slova:** optimalizace tras, lineární programování, operační výzkum, logistika, trasa, aproximační metody

# Route optimization in a logistics company

## Abstract

The goal of the bachelor theses is the optimization and evaluation of routes used by the company HOPI and to choose the best suited route. For optimization of this route will be used the problem of travelling salesman. For the purpose of this work, the route east of the main warehouse in Jazlovica was chosen. This logistics company fills the stock and then distributes it from its warehouses.

The theoretical part analyses the basics of transport, logistics, single-stage transport task and the travelling salesman problem.

The practical part deals with the optimization of the selected route with the method of the nearest neighbour, Vogel's approximation method and the savings method. At the end of this section, these routes are then compared with the original route of this company and the optimal route is proposed.

**Keywords:** route optimization, linear programming, operational research, logistics, route, approximation methods



# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>9</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>10</b>
2.1 Cíl práce .....	10
2.2 Metodika .....	10
<b>3 Teoretická východiska .....</b>	<b>11</b>
3.1 Doprava .....	11
3.1.1 Dopravní prostředek .....	11
3.1.2 Náklad .....	11
3.1.3 Základní funkce dopravy .....	11
3.1.4 Silniční doprava .....	12
3.2 Dopravní logistika .....	12
3.2.1 Definice dopravní logistiky .....	12
3.2.2 Přednosti logistických dopravních systémů.....	12
3.2.3 Cíle logistiky .....	12
3.3 Distribuční modely .....	13
3.3.1 Základní typy distribučních modelů .....	13
3.3.2 Jednostupňová dopravní úloha.....	13
3.3.2.1 Řešení dopravní úlohy .....	14
3.3.2.2 Metoda severozápadního rohu.....	15
3.3.2.3 Indexová metoda .....	15
3.3.2.4 Vogelova aproximační metoda.....	15
3.3.3 Okružní dopravní problém.....	16
3.3.3.1 Metoda výhodnostních čísel .....	16
3.3.3.2 Metoda nejbližšího souseda.....	17
3.3.3.3 Habrovo přibližná metoda .....	17
3.3.3.4 Vogelova aproximační metoda.....	17
3.3.3.5 TSPKOSA .....	18
<b>4 Praktická část .....</b>	<b>19</b>
4.1 Popis firmy .....	19
4.2 Popis problému.....	19
4.3 Výpočet optimální trasy .....	20
4.3.1 Původní trasa.....	21
4.3.2 Metoda výhodnostních čísel .....	21
4.3.3 Metoda nejbližšího souseda .....	22

4.3.4	Vogelova aproximační metoda .....	25
<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuse .....</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použitých zdrojů.....</b>	<b>34</b>

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1</b>	<b>Jednostupňový dopravní problém .....</b>	<b>14</b>
<b>Obrázek 2</b>	<b>Celá MVC .....</b>	<b>22</b>
<b>Obrázek 3</b>	<b>Celá MNS – Jažlovice.....</b>	<b>24</b>
<b>Obrázek 4</b>	<b>1. Krok VAM .....</b>	<b>26</b>
<b>Obrázek 5</b>	<b>2. krok VAM.....</b>	<b>27</b>
<b>Obrázek 6</b>	<b>3.krok VAM .....</b>	<b>28</b>
<b>Obrázek 7</b>	<b>Celá VAM .....</b>	<b>30</b>

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b>	<b>Seznam míst.....</b>	<b>20</b>
<b>Tabulka 2</b>	<b>Seznam vzdáleností.....</b>	<b>21</b>
<b>Tabulka 3</b>	<b>- 1. krok MNS.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabulka 4</b>	<b>- 2. krok MNS.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabulka 5</b>	<b>- poslední krok MNS.....</b>	<b>24</b>
<b>Tabulka 6</b>	<b>1. Krok VAM.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabulka 7</b>	<b>2. Krok VAM.....</b>	<b>27</b>
<b>Tabulka 8</b>	<b>3. Krok VAM.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabulka 9</b>	<b>10. Krok VAM.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabulka 10</b>	<b>Výsledek – vzdálenosti.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabulka 11</b>	<b>Výsledek – Kč.....</b>	<b>32</b>

# 1 Úvod

Tématem této bakalářské práce je optimalizace dopravní trasy mezi firmou HOPI a jejími zákazníky. Tato firma se zabývá logistikou a distribucí všech druhů potravin a následně je rozváží po celé České republice.

V této práci se budu zabývat rozvozem zboží po Čechách ze skladu HOPI v Jažlovicích u Říčan. Každý den z těchto skladů vyjíždí desítky nákladních vozidel po celých Čechách, proto i malé zlepšení jedné z jejich tras může výrazně snížit náklady. Optimalizace je zaměřena na počet ujetých kilometrů. Nákladní vozidlo je vždy plně naloženo před cestou a nemusí se vracet do skladu. Díky tomu lze použít Jednookruhový dopravní model.

Mít co nejvyšší zisk je jedna z nejdůležitějších položek každé firmy, proto je každá sebemenší optimalizace velmi důležitá a může mít výrazný dopad na chod celé společnosti. Ušetřený obnos lze následně využít například k rozšíření firmy.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je optimalizace dopravních tras firmy HOPI, která dodává všechny druhy potravin. Optimalizace se týká tras ve východních Čechách a Středočeském kraji. Firma má jeden ze skladů v Jazlovicích, který je výchozí i konečné místo rozvozu. Trasu je potřeba navrhnout tak, aby se přepravce zastavil na každém místě právě jednou a tím snížil čas na cestě, ujetou vzdálenost a náklady na provoz.

### **2.2 Metodika**

Teoretická část je vypracována pomocí odborné literatury, která byla čerpána hlavně ze skript České zemědělské univerzity v Praze a učebních textů Národní technické knihovny. Obecně se tu popisují informace o dopravě a logistice. Dále jsou v práci vysvětleny distribuční úlohy, kde se nejvíce rozvíjí jednostupňové dopravní úlohy a okružní dopravní problém. Některé z metod jsou následně použité k výpočtům optimalizace. V následující části je stručně popsána firma. Praktická část se zabývá výpočty jednotlivých metod okružního dopravního problému pomocí metody nejbližšího souseda, Vogelovy aproximační metody a metody výhodnostních čísel. V závěru jsou porovnány zjištěné výsledky oproti původní trase a navrženo nové optimální řešení.

## 3 Teoretická východiska

### 3.1 Doprava

Je mnoho hledisek, podle kterých se doprava může posuzovat. Doprava lze klasifikovat například podle dopravního zařízení na silniční, železniční, leteckou, cyklistickou, pěší, dopravníkovou nebo potrubní. Lze ji klasifikovat podle délky dopravní trasy na místní, regionální a dálkovou. Lze ji klasifikovat podle charakteru dopravovaných břemen na osobní a nákladní nebo třeba podle polohy místa nakládky a místa vykládky ji lze klasifikovat na vnitrostátní, mezistátní a mezikontinentální. [7]

*„Souhrn vlastností dopravní soustavy a jednotlivých druhů dopravy, založených na technickém základě a technologii dopravy, které uvedené vlastnosti charakterizují, lze označit integrujícím pojmem funkční efektivnost dopravy.“ [4, strana 84]*

#### 3.1.1 Dopravní prostředek

Dopravní prostředek je složka, která ulehčuje uskutečnění dopravy pomocí dopravních zařízení. Dopravní prostředek není neodnímatelná část nebo součást dopravního zařízení. Ale je to odnímatelná část dopravního zařízení, která může být využita samostatně. [7]

#### 3.1.2 Náklad

Náklad je tvořen břemenem nebo soustavou břemen, která se nacházejí ve vhodném pracovním adaptéru dopravního zařízení. Nákladní prostor motorového a nemotorového vozidla umožňuje dopravu břemen v závislosti na jejich vlastnostech a na požadovaném způsobu ložné operace. [7]

#### 3.1.3 Základní funkce dopravy

Nejdůležitější funkci v dodavatelském řetězci má právě doprava, čímž je myšleno doručení produktů až ke konečnému spotřebiteli. Hlavní funkcí dopravy je přesun zboží z místa A do místa B, kde se uskuteční konečná spotřeba nebo se bude využívat. V případě kvalitního a rychlého doručení nepoškozeného produktu dochází ke spokojenosti zákazníka a případné navýšení odběru. [7]

### 3.1.4 Silniční doprava

Silniční doprava je výhodná pro přepravu zboží díky její funkčnosti a hlavně rychlosti. Kvůli odpovídajícím logistickým nárokům je tento způsob dopravy u firem je nejpoužívanější. Jsou zde velká úskalí, která plynou právě z této formy dopravy. Některá z nich jsou například negativní dopad na životní prostředí nebo zvyšování silniční dopravy, což může vést k přetížení dopravní komunikace na určitém uzlu. Silniční dopravou lze převážet jakýkoli druhy výrobků, díky vysoké přizpůsobivosti dopravců. Je tedy možné vyjít vstříc všem zákazníkům. Dá se přepravovat jak od dodavatele k zákazníkovi, tak od firmy k firmě nebo od zákazníka k zákazníkovi. [3]

## 3.2 Dopravní logistika

### 3.2.1 Definice dopravní logistiky

V plánování dopravy má logistika velmi důležitou roli. Přesun zboží z místa A na místo B má mnoho složek a součástí, které ovlivňují hodnotu zboží a tím se výrazně podílejí na ceně konečného produktu. Nabídka kapacity logistické dopravy je ovlivněna řadou faktorů. Nejzásadnější z nich je například kapacita dopravních prostředků, omezený počet cest, soulad kapacit dopravních cest apod. [2]

### 3.2.2 Přednosti logistických dopravních systémů

Správné plánování dopravy zboží od dodavatele k uživateli je také důležité z jednoduchého důvodu předcházení možným ztrátám při přesunu zboží. Tato situace může nastat například v případě, že přeprava zboží je zbytečná nebo nesplňuje svůj účel (např. suroviny se nachází v blíže položených lokalitách). Další možností je dodání zboží po limitu určeného ke spotřebě, ztráty z překročení optimálních nákladů aj. Proto se dodavatelé snaží poskytovat co nejkvalitnější dopravu s omezením rozsahu skladování zboží a tím i manipulací s materiálem. [2]

### 3.2.3 Cíle logistiky

Nejdůležitějším cílem logistiky je uspokojit zákazníka a jeho potřeby. Zákazníci jsou nejdůležitějším prvkem řetězce. Zákazníci udávají informace o požadavcích na dodávky zboží a dalších služeb. Zákazníkem končí logistický řetězec, jehož úkolem je zabezpečení

pohybu zboží. Každý výrobce se snaží posilovat svoji konkurenceschopnost, a proto jsou nejdůležitějšími vlastnostmi u dodavatele dodávat nepoškozené zboží spolehlivě a v přesný čas. Optimalizací logistických řetězců se dá zvýšit konkurenceschopnost, které se dá dosáhnout i zvýšením kvality či větší flexibilitou. [2]

### 3.3 Distribuční modely

Zabývají se rozmíst'ovacími logickými problémy. Používají se k řešení základních problémů jako je přemíst'ování lidí, materiálu a informací. Často bývají znázorněny pomocí teorie grafů a řešeny kombinatorickými modely. Další část používaných modelů těchto problémů stojí na základě lineárních optimalizačních modelů. Tyto modely se dají řešit simplexovou metodou, ale nejsou příliš efektivní a při větším množství dat i nerealizovatelné. Pro efektivní řešení těmito metody je potřeba mít jednoduché a omezené trasy. Jako základ pro řešení této optimalizace bude použita typická distribuční úloha. [1]

#### 3.3.1 Základní typy distribučních modelů

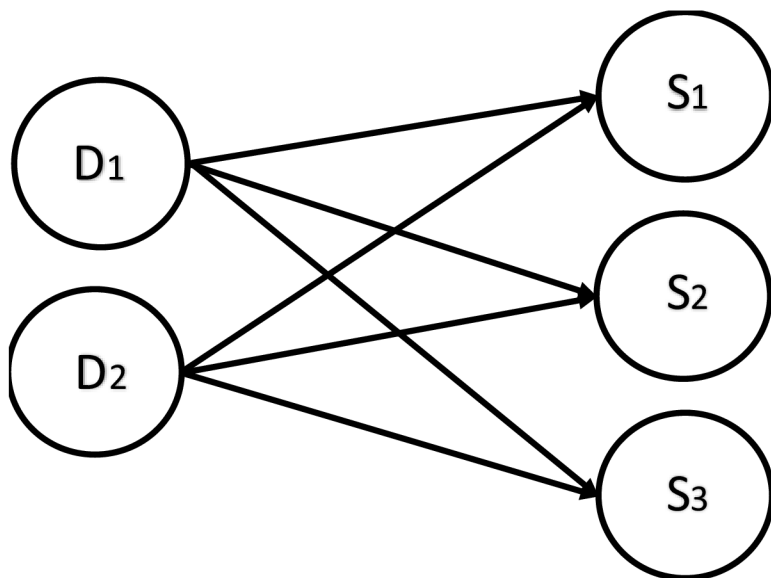
Speciálním typem lineárních optimalizačních modelů jsou distribuční modely. Mezi často používané typy patří například:

- dopravní modely, které mají za úkol objevit optimální způsob přepravy,
- zobecněný distribuční model, který s využitím vhodných koeficientů přepočítává rozdělované objemy, kde se evidují a liší spotřebitelé a zdroje,
- přiřazovací problém, u kterého se ke každému spotřebiteli přiřadí právě jeden zdroj,
- okružní problém, který tematicky souvisí, ale řeší se jinak. [1]

#### 3.3.2 Jednostupňová dopravní úloha

Nejjednodušším z distribučních modelů je právě jednostupňová dopravní úloha. Dvoustupňová dopravní metoda s mezisklady je složitějším distribučním modelem. Model jednostupňové dopravní úlohy má za úkol najít plán přepravy mezi dodavateli a spotřebiteli s co nejmenšími celkovými přepravními náklady, vyčerpáním kapacit dodavatelů a uspokojením požadavků spotřebitelů.

Obrázek 1 Jednostupňový dopravní problém



[1, strana 129]

Obrázek zobrazuje jednostupňovou dopravní úlohu pomocí grafu, kde jsou jako vrcholy zobrazení dodavatelé a spotřebitelé. Části matematické formulace jednostupňového dopravního modelu jsou následující.

Kriteriální funkce vyjadřuje náklady na přepravu

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} X_{ij} \rightarrow \text{MIN}$$

Podmínky dodavatelů vyjadřují, že nelze přečerpávat jejich kapacitu

$$\sum_{j=1}^n c_{ij} X_{ij} \leq a_i, i = 1, \dots, m.$$

Podmínky spotřebitelů vyjadřují, že je nutno nevíše uspokojit jejich požadavky

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq b_j, j = 1, \dots, n.$$

A nelze převážet záporné množství, tedy  $x_{ij} \geq 0, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n.$  [1]

### 3.3.2.1 Řešení dopravní úlohy

Řešení dopravní úlohy se počítá podobně jako u simplexového algoritmu provedením 3 kroků:

- 1) nalezení výchozího bazického přípustného řešení jako je například
  - a) metoda severozápadního rohu,



- b) indexová metoda,
  - c) Vogelova aproximační metoda apod.,
- 2) následně je prováděn test optimality,
  - 3) přechod k lepšímu řešení. [1]

### 3.3.2.2 Metoda severozápadního rohu

Metoda severozápadního rohu je nejjednodušší metodou umožňující konstrukci bazického nezáporného řešení. Získané výsledky jsou často daleko vzdálené od optimálního řešení. Výpočet je zcela mechanický a sazby jednotlivých tras se neberou v úvahu.

1. krok – Vybereme neobsazené pole  $x_{ij}$  v levém horním rohu tabulky.
2. krok – K vybranému poli přiřadíme maximální možnou hodnotu převáženého zboží:  $x_{ij} = \min(a_i, b_j)$ ,  
upravíme kapacity:  $a_i = a_i - x_{ij}$ ,  
a nakonec upravíme požadavky:  $b_j = b_j - x_{ij}$ .
3. krok – Z tabulky vyřadíme dodavatele nebo spotřebitele s vyčerpanou kapacitou a tím se zmenší dopravní tabulka.
4. krok – Vrátime se zpátky k prvnímu kroku.

Cyklus končí tehdy, když jsou vyčerpány všechny požadavky a nelze vybrat další pole. [1]

### 3.3.2.3 Indexová metoda

Indexová metoda je podobná metodě severozápadního rohu, ale je o něco přesnější, protože beru v úvahu sazby tras. Postup výpočtu se liší pouze v prvním kroku, kdy hledáme neobsazené pole s nejnižší sazbou, tj.

$$x_{ij}: c_i = \min\{c_{ij} | a_i > 0, b_j > 0, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n\}. [1]$$

### 3.3.2.4 Vogelova aproximační metoda

Jednou z nejpoužívanějších metod je Vogelova aproximační metoda, která poskytuje řešení blízka optimálnímu řešení. Výsledek této metody se často využívá místo optimálního řešení. U této metody není rozhodující absolutní výše sazby, ale její relativní výhodnost vzhledem k možnému zvýšení.

1. Výpočet relativní výhodnosti tras, tzn. vypočítání rozdílu mezi nejvýhodnější a druhou nejvýhodnější sazbou v řádku i sloupci.
2. Zjistí se největší rozdíl a jeho odpovídající dodavatel nebo spotřebitel, následně se ve vybraném řádku nebo sloupci vybere hodnota s nejvýhodnější sazbou, v dalších úvahách se vybraný řádek i sloupec vypustí.
3. Vyškrtnutí opačných cest.
4. Celý proces se opakuje. [1]

### 3.3.3 Okružní dopravní problém

*„Okružní dopravní problém je úloha, jejímž cílem je nalézt nevýhodnější způsob dopravy nikoli izolovaným spojením dvojic míst (dodavatel-odběratel), nýbrž spojením okružním, tedy sestavením posloupnosti všech míst tak, aby se v ní každé z nich vyskytlo právě jednou s výjimkou počátečního, které se objeví opět na jejím konci, a aby součet sazeb pro jednotlivá spojení v této posloupnosti byl minimální.“ [1, strana 156]*

Typ tohoto problému je taktéž zmiňován pod pojmem „problém obchodního cestujícího“ nebo nepodobný problém, který se nazývá „problém čínského listonoše“, který má za úkol projít co nejméně cest, neboli křižovatkou, kde již byl. [1]

#### 3.3.3.1 Metoda výhodnostních čísel

Hlavní rozdíl oproti jiným metodám se dá vidět v používání matice výhodnostních čísel ve výpočtu. Je to jeden z nejpoužívanějších algoritmů pro výpočet ODP.

Postup výpočtu:

1. Sestavíme matici výhodnostních čísel  $S = \{s_{ij}\}$ . Kde platí, že  $S_{ij} = d_{i1} + d_{1j} - d_{ij}$ , pro  $i, j = 2, 3, \dots, n, i \neq j$ . Prvky  $d_{ij}$  jsou z původní matice vzdáleností.
2. Následně seřadíme od největšího po nejmenší všechna výhodnostní čísla.
3. Dle posloupnosti čísel z minulého kroku budeme spojovat uzly  $i$  a  $j$  tak, aby se cyklus nevytvořil dříve, než jsou všechny trasy v cyklu. [6]

### 3.3.3.2 Metoda nejbližšího souseda

Metoda nejbližšího souseda je jedna z jednodušších aproximačních metod. Její nevýhodou je, že ze začátku vybere velmi výhodné trasy a ke konci velmi nevýhodné. To znamená, že se často najdou trasy, které však nejsou v konkrétní moment nejkratší. Výpočet této metody probíhá v následujících krocích:

1. Nalezneme počáteční bod, ke kterému se vrátíme na konci. V tomto řádku najdeme nejvýhodnější buňku a přidáme jej do okružní trasy.
2. Vyřadíme sloupec odpovídající koncovému místu.
3. V řádku odpovídajícím tomuto místo vybereme z dosud nevyřazených hodnot tu nejvýhodnější.
4. Postup provádíme do té doby, než nejsou všechny sloupce vyřazeny.
5. V posledním řádku vybereme trasu ve sloupci odpovídajícímu výchozímu místu. [1]

### 3.3.3.3 Habrovo přibližná metoda

Princip této metody je ve výběru nejvýhodnějších míst a jejich následné zařazení do okruhu. Místa se hledají v rámci celého vybraného souboru. Tato metoda je založena na Habrových frekvencích, které poskytují globální přehled souboru. [1]

Tyto frekvence porovnávají hrany dvou uzlů se všemi ostatními hranami. Frekvence těchto hran z místa  $i$  do místa  $j$  je roven  $F_{ij} = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n (c_{ij} + c_{kl} - c_{il} - c_{kj})$ . [11]

1. Ze všech nejvýhodnějších spojení se zařadí nejdříve to místo  $(i, j)$ , které má nejvýhodnější frekvenci  $(f_{ij})$ .
2. Následně se hledá frekvence  $(f_{jk})$ , která se napojuje na předcházející a zařadí se do okruhu.
3. Tyto operace provádíme dokola  $f_{kl}, f_{lm}, \dots$ , dokud se celý okruh neuzavře. [1]

### 3.3.3.4 Vogelova aproximační metoda

Tato metoda se v okružním dopravním problému liší od jednostupňové dopravní úlohy v posledním kroku. V tomto kroku se celý okruh uzavře vytvořením trasy z posledního bodu do počátečního bodu.

Postup poté vypadá následovně:

1. Výpočet relativní výhodnosti tras, tzn. vypočítání rozdílu mezi nejvýhodnější a druhou nejvýhodnější sazbou v řádku i sloupci.

2. Zjistí se největší rozdíl a jeho odpovídající dodavatel nebo spotřebitel, následně se ve vybraném řádku nebo sloupci vybere hodnota s nejméně výhodnou sazbou, v dalších úvahách se vybraný řádek i sloupec vypustí.
3. Vyškrtnutí hodnot, které by předem uzavřeli okruh.
4. Celý proces se opakuje.
5. Jako poslední trasa zvolí z konečného bodu do počátečního. [1]

#### 3.3.3.5 TSPKOSA

Tento program mi pomohl s výpočtem a umožnil kontrolu mnou vypočtených výsledků. TSPKOSA slouží jako doplněk k softwaru MS Excel. Je to program pro výpočet tří metod: metoda nejbližšího souseda, Vogelova aproximační metoda a metoda výhodnostních čísel. [8]

## 4 Praktická část

### 4.1 Popis firmy

Obchodní společnost HOPI byla založena v roce 1992 Františkem Piškaninem. Tato rodinná firma se začala rychle rozrůstat. Rozrostla se do Karlových Varů, Prahu a Moravu až na Slovensko, Maďarsko, Polsko a Rumunsko. Následně se podnik transformoval do HOPI Holding a.s., kde se v rámci HOPI FOODS rozrostl od potravinářské společnosti Hollandia anebo třeba farmy Otročin či Bemagro. Firma HOPI už 30 let zajišťuje dopravní servis pro dopravu ve všech teplotních režimech. HOPI vlastní přes 200 vozidel s chladírenskou nástavbou a je možné doplněné vozidly spolehlivých smluvních dopravců.

Mezi největší zákazníky patří firmy jako Makro, P&G, Nestlé nebo třeba Lagardere a Olma, který jsou schopni dovést materiál všeho druhu a ekologicky. Mezi používané režimy přepravy je chlazená přeprava, suchá přeprava, mražená přeprava nebo kombinovaná přeprava. Všechny tyto možnosti přepravy můžou být doručeny vozidly různých velikostí. Od nejmenších vozidel, které rozvázejí kartóny až po velká nákladní vozidla s kapacitou až 36 palet. [10]

### 4.2 Popis problému

K výpočtu optimální trasy bylo zvolena Vogelova aproximační metoda, metoda nejbližšího souseda a metoda výhodnostních čísel. Tyto metody budou porovnány mezi sebou a mezi aktuálně používanou trasou. Při nalezení výhodnější trasy bude navržena nová optimální trasa pro rozvoz zboží.

Zvolena byla jedna z delších a frekventovanějších tras, protože je na podobných trasách nejlépe poznat efektivnost nebo naopak neefektivnost navržených metod. Trasy jsou optimalizovány pouze z hlediska vzdálenosti, což bude znamenat, že je velmi pravděpodobné najít výhodnější trasu než trasu používanou firmou HOPI.

V dále uvedené tabulce byla seřazena místa doručení podle původní trasy. V tabulce nejsou uvedeny konkrétní adresy, ale pouze města doručení kvůli nezveřejňování citlivých dat.

*Tabulka 1 Seznam míst*

	<b>Adresa</b>
1	HOPI Jažlovice, 251 01, Zděbradská 74, 251 01 Říčany
2	Šestajovice, 250 92
3	Nehvizdy, 250 81
4	Sadská, 289 12
5	Mlékovice, 281 44 Toušice
6	Medlešice, 538 31 Chrudim
7	Bílé Předměstí, 530 03 Pardubice I
8	Rosice, 533 51 Pardubice VII
9	Hrobice, 533 52
10	Hradec Králové

Zdroj: vlastní zpracování

### 4.3 Výpočet optimální trasy

Pro učení optimální trasy bude využita Vogelova aproximační metoda, metoda nejbližšího souseda a metoda výhodnostních čísel. Výpočty budou zkontrolovány programem TSPKOSA.

Před prováděním optimalizačních metod je potřeba si vytvořit tabulku hodnot, ze kterých bude při zjišťování optimálních tras vycházeno. Tato tabulka byla vytvořena s pomocí [maps.google.com](https://maps.google.com), kde byly zadány trasy tam a zpět z určitého místa. Vzdálenost trasy do místa určení se často liší od vzdálenosti cesty zpět kvůli různým obstrukcím, opravám cest, jednosměrných cest a podobně. Některé cesty jsou téměř stejně dlouhé, některé jsou ale delší i o několik kilometrů.

Nákladní vůz jezdící tuto trasu Scania G 450, má průměrnou spotřebu 28,8 litru na 100 km.

*Tabulka 2 Seznam vzdáleností*

	Jaž	Šes	Nehy	Sad	Mlé	Med	Bíl	Ros	Hro	HK
Jaž		19,2	24,7	36,4	33,2	101	99,5	110	101	105
Šes	19,1		5,2	26,3	37,2	105	102	96,7	87,9	91,5
Neh	24,5	5,3		19,2	33,7	96,4	97,3	91,2	83,2	86,8
Sad	38,2	25,2	19,1		22,9	77,2	84,8	79,5	70,8	74,1
Mlé	35,5	37,2	33,7	22,9		65	63,6	60,9	72,7	76,3
Med	105	101	100	77,3	64,9		8,2	9,7	14,5	30,4
Bíl	113	98,9	97,6	71,4	63,6	8,1		5,4	9,4	23,5
Ros	111	97,3	96	80,5	60,9	11,2	5,4		10,9	23,1
Hro	102	88,2	86,9	71,4	74	14,6	9,5	9,2		13,2
HK	105	90,8	89,6	74	76,6	30,4	22,7	22	14,1	

Zdroj: vlastní zpracování a [9]

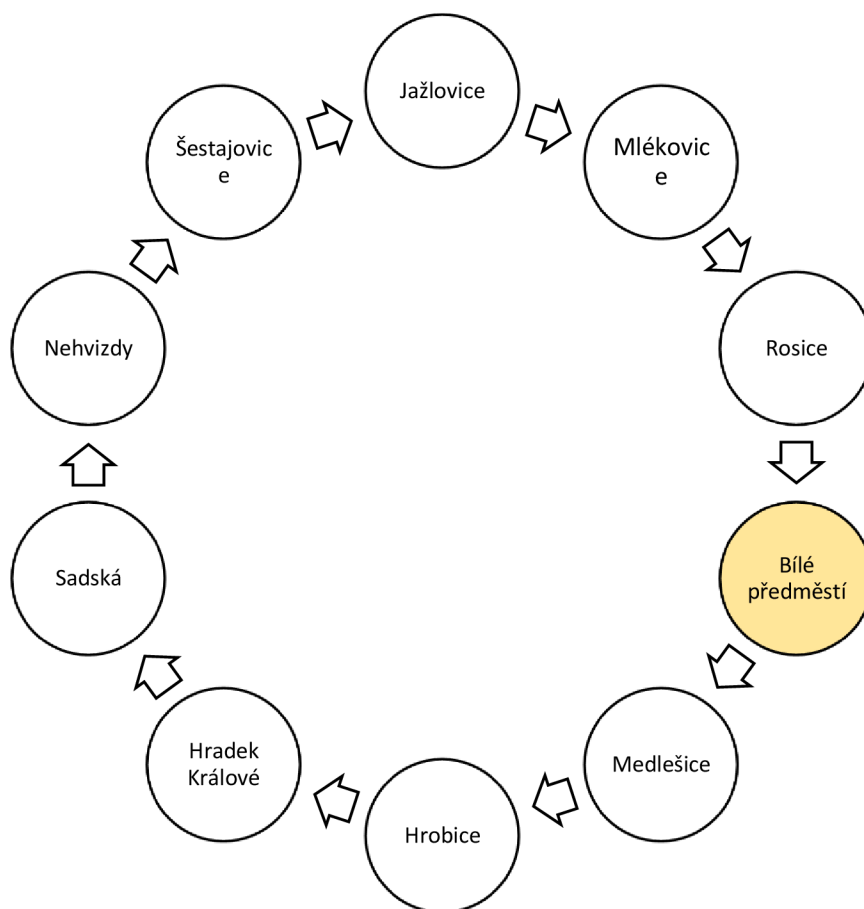
#### 4.3.1 Původní trasa

Trasa aktuálně využívaná firmou HOPI je následující Jažlovice – Šestajovice – Nehvizdy – Sadská – Mlékovice – Medlešice – Pardubice Bílé Předměstí – Pardubice Rosice – Hrobice – Hradec Králové. Tato trasa má délku 274,2 km.

#### 4.3.2 Metoda výhodnostních čísel

Tato metoda byla vypočtena programem TSPKOSA. Pro tuto metodu je optimální trasa se vzdáleností 252,8 km. Trasa této metody je Pardubice Bílé předměstí - Medlešice - Chrudim - Hrobice - Hradec Králové - Sadská - Nehvizdy - Šestajovice - Jažlovice - Mlékovice - Pardubice Rosice - Pardubice Bílé předměstí.

Obrázek 2 Celá MVČ



Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.3.3 Metoda nejbližšího souseda

Pro výpočet metodou nejbližšího souseda byl zvolen počátek v Sadské, protože toto místo odpovídá optimální cestě dle programu TSPKOSA.

##### 1. Krok

V prvním kroku byla vybrána cesta ze Sadské do Nehvizd s nejnižší hodnotou 19,1 km a byla vyřazena cesta zpět. Města, která jsou aktuálně vybraná, jsou označena tmavší oranžovou. Vybrané cesty jsou označeny žlutou. Využití řádky, sloupce a vyřazené cesty jsou označeny světle zelenou.



*Tabulka 3 - 1. krok MNS*

	Jaž	Šes	Neh	Sad	Mlé	Med	Bíl	Ros	Hro	HK
Jaž	X	19,2	24,7	36,4	33,2	101	99,5	110	101	105
Šes	19,1	X	5,2	26,3	37,2	105	102	96,7	87,9	91,5
Neh	24,5	5,3	X	19,2	33,7	96,4	97,3	91,2	83,2	86,8
Sad	38,2	25,2	19,1	X	22,9	77,2	84,8	79,5	70,8	74,1
Mlé	35,5	37,2	33,7	22,9	X	65	63,6	60,9	72,7	76,3
Med	105	101	100	77,3	64,9	X	8,2	9,7	14,5	30,4
Bíl	113	98,9	97,6	71,4	63,6	8,1	X	5,4	9,4	23,5
Ros	111	97,3	96	80,5	60,9	11,2	5,4	X	10,9	23,1
Hro	102	88,2	86,9	71,4	74	14,6	9,5	9,2	X	13,2
HK	105	90,8	89,6	74	76,6	30,4	22,7	22	14,1	X

Zdroj: vlastní zpracování

## 2. Krok

V dalším kroku byla vybrána cesta z Nehvizd do Šestajovic se vzdáleností 5,3 km.

Byla vyřazena trasa Šestajovice – Sadská.

*Tabulka 4 - 2. krok MNS*

	Jaž	Šes	Neh	Sad	Mlé	Med	Bíl	Ros	Hro	HK
Jaž	X	19,2	24,7	36,4	33,2	101	99,5	110	101	105
Šes	19,1	X	5,2	26,3	37,2	105	102	96,7	87,9	91,5
Neh	24,5	5,3	X	19,2	33,7	96,4	97,3	91,2	83,2	86,8
Sad	38,2	25,2	19,1	X	22,9	77,2	84,8	79,5	70,8	74,1
Mlé	35,5	37,2	33,7	22,9	X	65	63,6	60,9	72,7	76,3
Med	105	101	100	77,3	64,9	X	8,2	9,7	14,5	30,4
Bíl	113	98,9	97,6	71,4	63,6	8,1	X	5,4	9,4	23,5
Ros	111	97,3	96	80,5	60,9	11,2	5,4	X	10,9	23,1
Hro	102	88,2	86,9	71,4	74	14,6	9,5	9,2	X	13,2
HK	105	90,8	89,6	74	76,6	30,4	22,7	22	14,1	X

Zdroj: vlastní zpracování

## 10. (Poslední) Krok

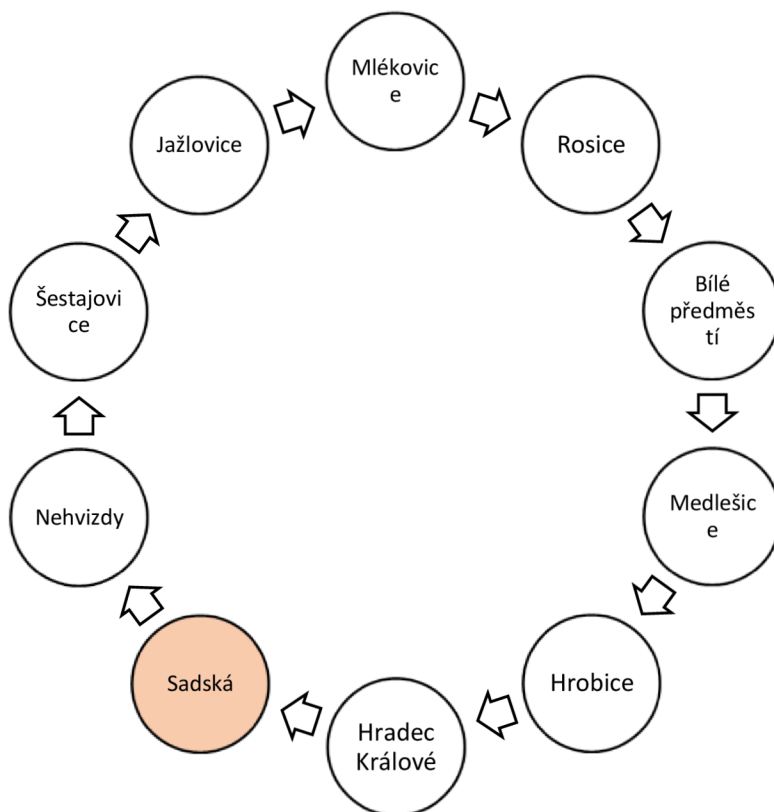
V posledním kroku byla vybrána cesta uzavírající okruh. Tato cesta byla z Hradce Králové do Sadské se vzdáleností 74 km. Vzdálenost trasy metodou nejbližšího souseda s počátečním bodě v Sadské je 252,8 km.

Tabulka 5 - poslední krok MNS

	Jaž	Šes	Neh	Sad	Mlé	Med	Bíl	Ros	Hro	HK
Jaž	X	19,2	24,7	36,4	33,2	101	99,5	110	101	105
Šes	19,1	X	5,2	26,3	37,2	105	102	96,7	87,9	91,5
Neh	24,5	5,3	X	19,2	33,7	96,4	97,3	91,2	83,2	86,8
Sad	38,2	25,2	19,1	X	22,9	77,2	84,8	79,5	70,8	74,1
Mlé	35,5	37,2	33,7	22,9	X	65	63,6	60,9	72,7	76,3
Med	105	101	100	77,3	64,9	X	8,2	9,7	14,5	30,4
Bíl	113	98,9	97,6	71,4	63,6	8,1	X	5,4	9,4	23,5
Ros	111	97,3	96	80,5	60,9	11,2	5,4	X	10,9	23,1
Hro	102	88,2	86,9	71,4	74	14,6	9,5	9,2	X	13,2
HK	105	90,8	89,6	74	76,6	30,4	22,7	22	14,1	X

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 3 Celá MNS – Jažlovice



Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.3.4 Vogelova aproximační metoda

Jako první metoda, která se bude provádět v této bakalářské práci je Vogelova aproximační metoda. Pro výpočet této metody byli vytvořili 3 pomocné řádky a sloupce. V prvním sloupci je nejmenší hodnota řádku, ve druhém sloupci je druhá nejmenší hodnota řádku, a nakonec ve třetím sloupci je rozdíl mezi první a druhou výše zmíněnou hodnotou. To samé platí pro 3 řádky pod tabulkou.

##### 1. Krok

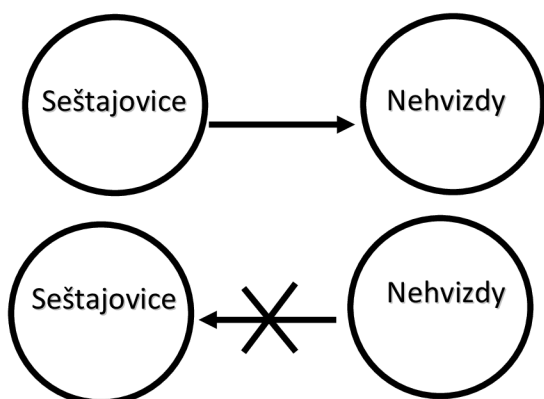
Z řádku a sloupce nazvaného DIF bylo vybráno číslo s nejvyšší hodnotou a z příslušného řádku nebo sloupce v tabulce vybereme nejmenší hodnotu. V prvním kroku byla vybrána nejvyšší hodnota 14. Tato hodnota se zde vyskytuje 3krát, což znamená, že je zde několik možných okruhů. Ve druhém kroku ve sloupci Nehvizdy se vybralo nejmenší číslo 5,1. První cesta tedy bude z Šestajovic do Nehvizd. V dalším kroku se zabrání možnému předčasnému ukončení trasy. V tomhle případě to bude trasa opačná té, co byla nalezena, a to z Nehvizd do Šestajovic.

*Tabulka 6 1. Krok VAM*

	Jaž	Šes	Nehy	Sad	Mlé	Med	Bíl	Ros	Hro	HK	MIN	SMALL	DIF
Jaž	X	19,2	24,7	36,4	33,2	101	99,5	110	101	105	19,2	24,7	5,5
Šes	19	X	5,1	26,2	37,2	105	102	96,7	88	91,5	5,1	19	14
Nehy	24,5	5,3	X	19,2	33,7	96,4	97,3	91,2	83	86,8	5,3	19,2	14
Sad	38,2	25,2	19,1	X	22,9	77,2	84,8	79,5	71	74,1	19,1	22,9	3,8
Mlé	35,5	37,2	33,7	22,9	X	65	63,6	60,9	73	76,3	22,9	33,7	11
Med	105	101	100	77,3	64,9	X	8,2	9,7	15	30,4	8,2	9,7	1,5
Bíl	113	98,9	97,6	71,4	63,6	8,1	X	5,4	9,4	23,5	5,4	8,1	2,7
Ros	111	97,3	96	80,5	60,9	11,2	5,4	X	11	23,1	5,4	10,9	5,5
Hro	102	88,2	86,9	71,4	74	14,6	9,5	9,2	X	13,2	9,2	9,5	0,3
HK	105	90,8	89,6	74	76,6	30,4	22,7	22	14	X	14,1	22	7,9
MIN	19	5,3	5,1	19,2	22,9	8,1	5,4	5,4	9,4	13,2			
SMALL	24,5	19,2	19,1	22,9	33,2	11,2	8,2	9,2	11	23,1			
DIF	5,5	13,9	14	3,7	10,3	3,1	2,8	3,8	1,5	9,9			

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 4 1. Krok VAM



Zdroj: vlastní zpracování

## 2. Krok

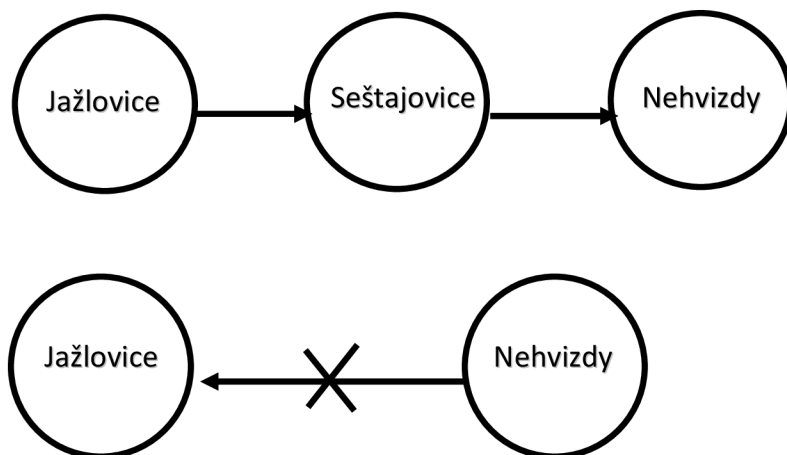
Tento postup bude následně prováděn pro zbytek tabulky. Pro správnost výsledků je potřeba vždy před hledáním další cesty vyřadit celý řádek, sloupec a předčasné ukončení trasy z tabulky. V druhé tabulce byla vybrána jako nejvyšší hodnota DIF 14 a z tohoto řádku byla vybrána nejnižší hodnota 19,2. Tímto výběrem byla trasa rozšířena Jazlovice – Šestajovic – Nehvizdy. Následně byla vyřazena cesta, která by předčasně ukončila trasu, a to je z Nehvizd do Jazlovic.

Tabulka 7 2. Krok VAM

	Jaž	Šes	Nehy	Sad	Mlé	Med	Bíl	Ros	Hro	HK	MIN	SMALL	DIF
Jaž	X	19,2		36,4	33,2	101	99,5	110	101	105	19,2	33,2	14
Šes		X	5,1								x	x	x
Nehy	24,5		X	19,2	33,7	96,4	97,3	91,2	83	86,8	19,2	24,5	5,3
Sad	38,2	25,2		X	22,9	77,2	84,8	79,5	71	74,1	22,9	25,2	2,3
Mlé	35,5	37,2		22,9	X	65	63,6	60,9	73	76,3	22,9	35,5	13
Med	105	101		77,3	64,9	X	8,2	9,7	15	30,4	8,2	9,7	1,5
Bíl	113	98,9		71,4	63,6	8,1	X	5,4	9,4	23,5	5,4	8,1	2,7
Ros	111	97,3		80,5	60,9	11,2	5,4	X	11	23,1	5,4	10,9	5,5
Hro	102	88,2		71,4	74	14,6	9,5	9,2	X	13,2	9,2	9,5	0,3
HK	105	90,8		74	76,6	30,4	22,7	22	14	X	14,1	22	7,9
MIN	24,5	19,2	x	19,2	22,9	8,1	5,4	5,4	9,4	13,2			
SMALL	35,5	25,2	x	22,9	33,2	11,2	8,2	9,2	11	23,1			
DIF	11	6	x	3,7	10,3	3,1	2,8	3,8	1,5	9,9			

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 5 2. krok VAM



Zdroj: vlastní zpracování

### 3. Krok

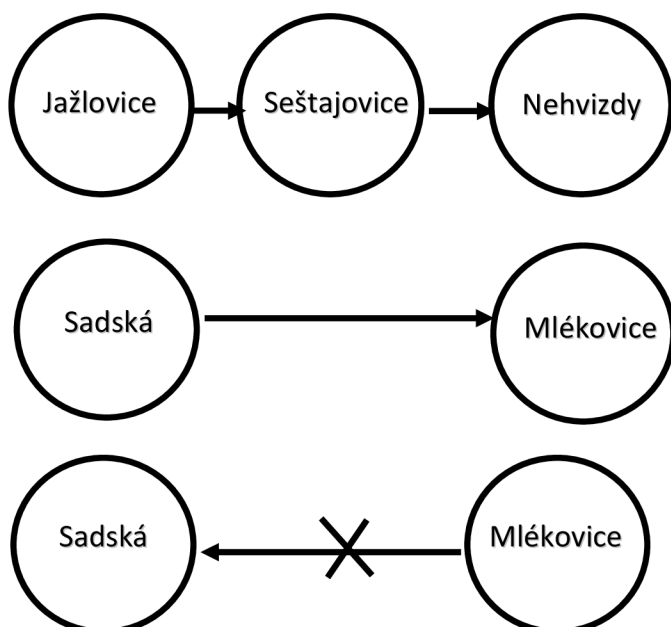
Jako další hodnota byla vybrána DIF s číslem 15,3 s nejnižší hodnotou v řádku 22,9. Tím byla vytvořena nová trasa ze Saské do Mlékovic. Poté byla vyřazena cesta, která by předčasně ukončila trasu, a to je cesta z Mlékovic do Sadské.

Tabulka 8 3. Krok VAM

	Jaž	Šes	Nehy	Sad	Mlé	Med	Bíl	Ros	Hro	HK	MIN	SMALL	DIF
Jaž	X	19,2									x	x	x
Šes		X	5,1								x	x	x
Nehy			X	19,2	33,7	96,4	97,3	91,2	83	86,8	19,2	33,7	15
Sad	38,2			X	22,9	77,2	84,8	79,5	71	74,1	22,9	38,2	15
Mlé	35,5			22,9	X	65	63,6	60,9	73	76,3	22,9	35,5	13
Med	105			77,3	64,9	X	8,2	9,7	15	30,4	8,2	9,7	1,5
Bíl	113			71,4	63,6	8,1	X	5,4	9,4	23,5	5,4	8,1	2,7
Ros	111			80,5	60,9	11,2	5,4	X	11	23,1	5,4	10,9	5,5
Hro	102			71,4	74	14,6	9,5	9,2	X	13,2	9,2	9,5	0,3
HK	105			74	76,6	30,4	22,7	22	14	X	14,1	22	7,9
MIN	35,5	x	x	19,2	22,9	8,1	5,4	5,4	9,4	13,2			
SMALL	38,2	x	x	22,9	33,7	11,2	8,2	9,2	11	23,1			
DIF	2,7	x	x	3,7	10,8	3,1	2,8	3,8	1,5	9,9			

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 6 3.krok VAM



Zdroj: vlastní zpracování

### 10. (Poslední) Krok

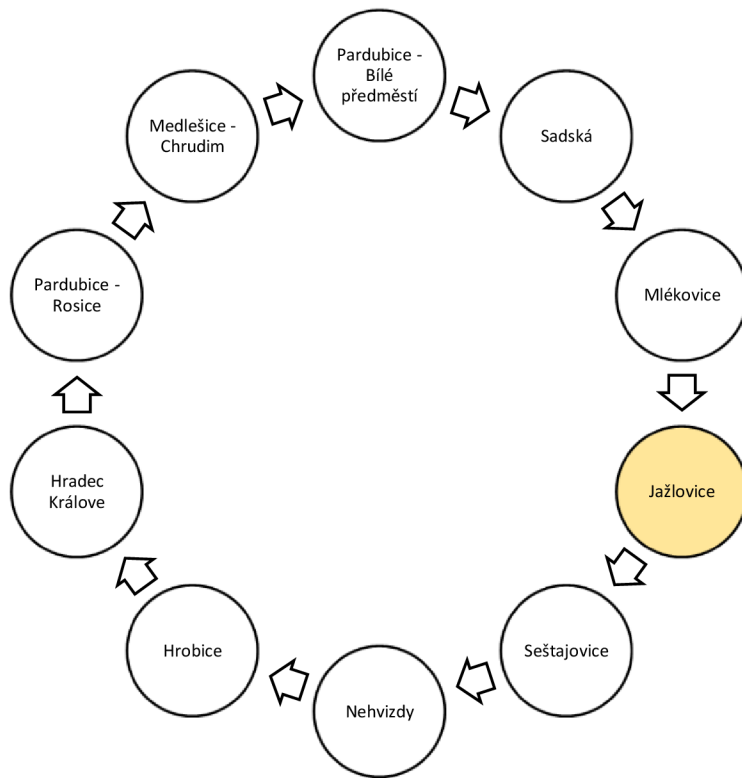
V poslední tabulce zůstávají poslední 2 hodnoty, a to jsou cesty z Medlešice – Chrudim do Pardubice – Bílé předměstí a cesta z Hradce Králové do Pardubice – Rosice. S těmito 2 cestami byla dodělána Vogelova aproximační metoda. Výsledkem je cesta Jažlovice - Šestajovice - Nehvizdy - Hrobice - Hradec Králové - Pardubice Rosice - Medlešice Chrudim - Pardubice Bílé předměstí - Jažlovice. Tato trasa je dlouhá 291,9 km.

**Tabulka 9 10. Krok VAM**

	Jaž	Šes	Nehy	Sad	Mlé	Med	Bíl	Ros	Hro	HK	MIN	SMALL	DIF
Jaž	X	19,2									x	x	x
Šes		X	5,1								x	x	x
Nehy			X						83		x	x	x
Sad				X	22,9						x	x	x
Mlé	35,5				X						x	x	x
Med						X	8,2				x	x	x
Bíl				71,4			X				x	x	x
Ros						11,2		X			x	x	x
Hro									X	13,2	x	x	x
HK								22		X	x	x	x
MIN	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
SMALL	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
DIF	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 7 Celá VAM



Zdroj: vlastní zpracování



## 5 Výsledky a diskuse

V této práci byly získané různé výsledky za použité různých aproximačních metod. Nejlepší trasa měla vzdálenost 252,8 km, která byla dosažena metodou výhodnostních čísel a metodou nejbližšího souseda. Trasa, která byla pomocí těchto metod nalezena je Pardubice Bílé předměstí - Medlešice Chrudim - Hrobice - Hradec Králové - Sadská - Nehvizdy - Šestajovice - Jažlovice - Mlékovice - Pardubice Rosice - Pardubice Bílé předměstí. Tato trasa je kratší o 21,4 km oproti původní trase.

Trasa nalezená výpočtem Vogelovou aproximační metodou ve směru Pardubice Bílé předměstí - Sadská - Mlékovice - Jažlovice - Šestajovice - Nehvizdy - Hrobice - Hradec Králové - Pardubice Rosice - Medlešice Chrudim - Pardubice Bílé předměstí byla o 17,7 km delší než původní trasa.

Metodou nejbližšího souseda byla nalezená trasa shodná s trasou z metody výhodnostních čísel. Výsledek těchto metod tedy může být navržen jako výsledek.

*Tabulka 10 Výsledek – vzdálenosti*

Metoda	Vzdálenost	Rozdíl od původní
	km	
Původní cesta	274,2	-
Vogelova aproximační metoda	291,9	17,7
Metoda nejbližšího souseda	252,8	-21,4
Metoda výhodnostních čísel	252,8	-21,4

Zdroj: vlastní zpracování

Pro přesnější porovnání výsledků je potřeba zjistit, kolik by dodavatel potenciálně ušetřil. V prosinci roku 2021 byla průměrná cena nafty 36,17 Kč. V poslední době cena nafty rychle. Cena vzrostla až na 49,31 Kč v průměru. Nákladní vůz této firmy má průměrnou spotřebu 28,8 l/100 km. Jeden ujetý kilometr tímto nákladním vozem by vyšel na 10,41 Kč v prosinci minulého roku a 14,2 Kč k 10.3.2022.

Náklady na trasu, která je aktuálně využívána jsou 2856,33 Kč. Náklady na mnou vypočtenou trasu Vogelovou aproximační metodou jsou 3040,71 Kč. Náklady pro metody nejbližšího souseda a výhodnostních čísel jsou 2633,41 Kč.

*Tabulka 11 Výsledek – Kč*

Metoda	Cena	Rozdíl cen	Rozdíl cen k 10.3.20022
	Kč		
Původní cesta	2856,33	-	-
Vogelova aproximační metoda	3040,71	184,38	251,36
Metoda nejbližšího souseda	2633,41	-222,92	-303,91
Metoda výhodnostních čísel	2633,41	-222,92	-303,91

Zdroj: vlastní zpracování

Optimální trasa je tedy metodou nejbližšího souseda a metodou výhodnostních čísel. Trasa je ve směru Pardubice Bílé předměstí - Medlešice Chrudim - Hrobice - Hradec Králové - Sadská - Nehvizdy - Šestajovice - Jazlovice - Mlékovice - Pardubice Rosice - Pardubice Bílé předměstí.

## 6 Závěr

V této práci na téma Optimalizace tras v logistické firmě se řeší problematika dopravního okružního problému pro společnost HOPI. Tato firma se zabývá dopravou chlazených a suchých potravin po celé České republice, Slovensku, Maďarsku, Polsku a Rumunsku. Hlavním úkolem této práce bylo optimalizovat jednu z často používaných tras na východ od skladu v Jažlovicích.

V první části této práce byly vysvětleny pojmy jako je logistika, doprava, jednostupňová dopravní úloha a okružní dopravní problém. Okružní dopravní problém je v této práci nejdůležitější částí a s ním spojené metody.

V druhé části se byla použita data poskytnuta firmou HOPI, která byla použita v tabulce pro výpočet třech použitých metod. Tento dopravní okružní problém byl řešen metodou nejbližšího souseda, metodou výhodnostních čísel a Vogelovou aproximační metodou. Původní trasa měla vzdálenost 274,2 km. Vogelova aproximační metoda navrhla trasu o 17,7 km delší. Metoda nejbližšího souseda a metoda výhodnostních čísel navrhla optimální trasu, která je kratší o 21,4 km. Tato zmíněná trasa je pro firmu HOPI s.ro. výhodnější než aktuálně používaná trasa, bohužel nebylo možné zahrnout v této práci všechny kritéria, která mohla zkreslit výsledek.

Při použití metody výhodnostních čísel a metody nejbližšího souseda se průměrně na jedné cestě ušetří v rozmezí od 222,92 Kč po 303,91 Kč. Vzhledem k měsíční frekvenci této trasy se může ročně ušetřit mezi 2600 a 3544,64 Kč. Tato částka se nezdá vysoká, ale vzhledem k velikosti firmy jako je HOPI s.r.o. se každá malá optimalizace promítá na desítky až stovky vozidel. Při optimalizaci všech tras se může ušetřit až stovky tisíc korun ročně.

## 7 Seznam použitých zdrojů

1. BROŽOVÁ, Helena a Milan HOUŠKA. Základní metody operační analýzy. Praha:Credit, 2002. ISBN 80-213-0951-2.
2. SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. Logistika: teorie a praxe. Brno: CP Books, 2005. Praxe manažera. ISBN 80-251-0573-3.
3. ŠTŮSEK, Jaromír. Logistický management. Praha: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2005. ISBN 80-213-1259-9.
4. SVOBODA Vladimír. Logistika. Praha: Vydavatelství ČVUT 2003 ISBN 80-01-0735-X
5. ŠUBRT, Tomáš. Ekonomicko matematické metody II: aplikace a cvičení. Vyd. 2. Praha: ČZU PEF Praha ve vydavatelství Credit, 2001. ISBN 80-213-0721-8.
6. PELIKÁN Jan. Diskrétní modely. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1999. ISBN 80- 7079-179-9.

### Elektronické zdroje:

7. CELJAK, Ivo. Dopravní zařízení I. [online]. [cit. 2022-02-20] České Budějovice 2017 Dostupné z: <http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2017/02/Skripta-Dopravn%C3%AD-za%C5%99%C3%ADzen%C3%AD-I.pdf>
8. KREJČÍ Igor, KUČERA, Petr a Hana VYDROVÁ. Program TSPKOSA. Vytvořeno s podporou Fondu rozvoje vysokých škol, projekt 2678/2010.
9. Google.com [online]. [cit. 2022-02-19]. Mapy. Dostupné z: Google.com
10. HOPI Holding a.s. O nás [online]. [cit. 2022-03-05] Dostupné z: <https://www.hopi.cz/o-nas/vice-o-hopi>
11. KUČERA P. Metodologie řešení okružního dopravního problému [online]. [cit. 2022-03-10] Dostupné z: <https://www.pef.czu.cz/dl/46232>