

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra systémového inženýrství**



**Bakalářská práce**

**Optimalizace dopravních tras pro dopravní společnost**

**Jaroslav Ždímal**

**© 2021 ČZU v Praze**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jaroslav Ždímal

Ekonomika a management  
Provoz a ekonomika

Název práce

**Optimalizace dopravních tras pro dopravní společnost**

Název anglicky

**Optimization of transport routes for transport company**

---

### **Cíle práce**

Cílem bakalářské práce je za pomoci etablovaných aproximačních metod naleznout optimální přepravní trasu pro řidiče dopravní společnosti zabývající se rozvozem zboží. Teoreticky vypočtené trasy budou vzápětí porovnány se skutečně používanou trasou, včetně zhodnocení jejich ekonomické náročnosti a efektivity.

### **Metodika**

Práce bude rozdělena na dvě části, na teoretickou a praktickou část. V teoretické části bude pomocí odborné literatury a získaných znalostí popsána problematika optimalizačních modelů okružních dopravních problémů, včetně vymezení pojmu logistika a uvedení několika metod použitých pro následné řešení v praktické části. Praktická část se bude zabývat konkrétní optimalizací okružního dopravního problému na základě reálných dat poskytnutých logistickou společností zabývající se rozvozem zboží v České republice.

**Doporučený rozsah práce**

30 – 40 stran

**Klíčová slova**

logistika, okružní dopravní problém, aproximační metody, optimalizace dopravní úlohy, optimální trasa

---

**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.

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

---

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – PEF

**Vedoucí práce**

RNDr. Petr Kučera, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra systémového inženýrství

---

Elektronicky schváleno dne 29. 10. 2020

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 5. 11. 2020

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 18. 01. 2021

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že bakalářskou práci "Optimalizace dopravních tras pro dopravní společnost" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce 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 13. března 2021

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu RNDr. Petru Kučerovi, Ph.D. a panu Lukáši Hlávkovi za vstřícnost i trpělivost, poskytnutí informací a možnost konzultací k problematice dopravních tras a jejich optimalizace.

# Optimalizace dopravních tras pro dopravní společnost

## Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je zhodnotit, zda nejmenovaná logistická společnost rozváží zásilky po nejkratší možné trase. Pro daný podnik sice není logistika primární činností v podnikání, ale i přesto pro účely této práce poskytl jednu trasu, prostřednictvím které vozí zboží svým odběratelům nebo dodavatelům. Tato bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou. V teoretické části dojde k vymezení pojmů logistika, k objasnění problematiky okružní dopravní úlohy a také k popsání třech vybraných aproximačních metod. Konkrétně se jedná o metodu nejbližšího souseda, Vogelovu aproximační metodu a metodu výhodnostních čísel. V části praktické jsou vybrané metody aplikovány na konkrétní jednookruhovou dopravní úlohu z praxe. Pomocí uvedených metod jsou stanoveny teoretické nejkratší možné trasy, které jsou následně porovnány se skutečně realizovanou trasou. V závěrečné části je zhodnoceno, že nejmenovaná dopravní společnost opravdu realizuje rozvážku zboží po nejkratší možné trase. Ani za pomoci zmíněných aproximačních metod se totiž nepodařilo najít trasu výhodnější.

## Klíčová slova:

logistika, okružní dopravní úloha, aproximační metody, metoda nejbližšího souseda, metoda výhodnostních čísel, Vogelova aproximační metoda

# Optimization of Transport routes for a Transport company

## Abstract

The aim of this bachelor work is to evaluate whether an unnamed logistic company delivers shipments along the shortest possible route. Although logistics does not represent primary business activity for the given company, nevertheless it has provided one route for the purpose of this thesis, through which it transports goods to its clients and suppliers. This bachelor work has been divided into a theoretical and practical part. In the theoretical part there are terms such as logistics, to clarify the issues of circular transport tasks and also to describe three selected approximation methods. Specifically, it is the nearest neighbour method, Vogel approximation method and a savings method. In the practical part, there are selected methods applied to a specific single-circuit transport task from the practice. Using the methods above, there are determined the shortest theoretical possible routes, which are then compared with the actually realized routes. In the final part you can find an evaluation of the unnamed company that actually provides deliveries on the shortest possible routes. Even with the help of approximation methods, it has not been possible to find more advantageous routes.

## Keywords:

logistics, travelling salesman model, approximation methods, method of nearest neighbour, Vogel approximation method, savings method

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>10</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>11</b>
2.1 Cíl práce.....	11
2.2 Metodika práce.....	11
<b>3 Teoretická část .....</b>	<b>12</b>
3.1 Logistika .....	12
3.2 Okružní dopravní problém.....	13
3.3 Aproximační metody.....	15
3.3.1 Metoda nejbližšího souseda.....	15
3.3.2 Vogelova aproximační metoda .....	17
3.3.3 Metoda výhodnostních čísel .....	18
3.3.4 Doplněk do MS Excel - TSPKOSA.....	18
<b>4 Vlastní práce .....</b>	<b>20</b>
4.1 Doručovací adresy.....	20
4.2 Metoda nejbližšího souseda .....	22
4.2.1 Celková délka trasy .....	34
4.2.2 Porovnání možných tras podle metody nejbližšího souseda .....	34
4.3 Vogelova aproximační metoda .....	36
4.3.1 Celková délka trasy .....	46
4.4 Metoda výhodnostních čísel .....	46
<b>5 Výsledky a diskuse .....</b>	<b>49</b>
5.1 Porovnání skutečné trasy s trasami vypočtenými .....	49
<b>6 Závěr .....</b>	<b>50</b>
<b>7 Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>51</b>



## Seznam obrázků

*Obrázek číslo 1 – Mapa realizovaného dopravního okruhu*

*Obrázek číslo 2 – Výstup z programu TSPKOSA*

## Seznam tabulek

*Tabulka číslo 1 – Dodací adresy realizované trasy včetně GPS souřadnic*

*Tabulka číslo 2 – Matice vzdáleností (v km)*

*Tabulka číslo 3 – Metoda nejbližšího souseda (krok 1)*

*Tabulka číslo 4 – Metoda nejbližšího souseda (krok 2)*

*Tabulka číslo 5 – Metoda nejbližšího souseda (krok 3)*

*Tabulka číslo 6 – Metoda nejbližšího souseda (krok 4)*

*Tabulka číslo 9 – Metoda nejbližšího souseda (krok 7)*

*Tabulka číslo 10 – Metoda nejbližšího souseda (krok 8)*

*Tabulka číslo 11 – Metoda nejbližšího souseda (krok 9)*

*Tabulka číslo 12 – Metoda nejbližšího souseda (krok 10)*

*Tabulka číslo 13 – Metoda nejbližšího souseda (krok 11)*

*Tabulka číslo 14 – Metoda nejbližšího souseda (porovnání výsledků)*

*Tabulka číslo 15 – Vogelova aproximační metoda (výchozí matice)*

*Tabulka číslo 16 – Vogelova aproximační metoda (krok 1)*

*Tabulka číslo 17 – Vogelova aproximační metoda (krok 2)*

*Tabulka číslo 18 – Vogelova aproximační metoda (krok 3)*

*Tabulka číslo 19 – Vogelova aproximační metoda (krok 4)*

*Tabulka číslo 20 – Vogelova aproximační metoda (krok 5)*

*Tabulka číslo 21 – Vogelova aproximační metoda (krok 6)*

*Tabulka číslo 22 – Vogelova aproximační metoda (krok 7)*

*Tabulka číslo 23 – Vogelova aproximační metoda (krok 8)*

*Tabulka číslo 24 – Vogelova aproximační metoda (krok 9)*

*Tabulka číslo 25 – Vogelova aproximační metoda (krok 10)*

*Tabulka číslo 26 – Metoda výhodnostních čísel (výchozí matice)*

# 1 Úvod

I když se v současné době nacházíme v době ekonomické krize a výhled do budoucna není zrovna příznivý, některé oblasti průmyslu zažívají nebývale velký rozmach. Dodavatelské a odběratelské vztahy budou v tržním prostředí fungovat neustále. Zvyšující se konkurence na poli dodavatelů klade na zásilkové a rozvážkové společnosti čím dál tím vyšší nároky.

Dnes není žádnou výjimkou, že po objednání balíčku očekáváme jeho doručení do druhého dne. Stejně požadavky mají i malé nebo střední podniky, pro něž je dodávka součástek nebo zboží prostřednictvím specializované logistické společnosti výhodnější, než kdyby museli realizovat dodávku vlastními prostředky. Není ovšem snadné uspokojit vysokou poptávku v co nejkratším možném čase a dosáhnout přitom zisku. Logistické společnosti proto neustále investují do nových softwarů a technologických zařízení umožňujících zlepšení tvorby dopravních tras. Vynechání nejsou ani dispečeri, na jejichž školení a dodatečné vzdělávání je kladen obrovský důraz. Musí se orientovat nejenom v problematice tvorby dopravních tras, ale také v příslušné legislativě a samozřejmě musí mít také obecný přehled o stavu tuzemských komunikací.

Někdy je ovšem daleko lepší přejít ze složitých softwarů na tvorbu optimální trasy k jednodušším aproximačním metodám, jejichž využití je snadné a velmi efektivní. Předmětem této bakalářské práce je tedy rozvážka zboží nejmenované logistické společnosti, která se v tržním prostředí zabývá primárně výrobou a distribucí chemikálií a rozvážkovou službu má jen jako doplňující činnost. Z tohoto důvodu jsem byl zástupci firmy požádán o neuvedení názvu společnosti. Jedna z denně realizovaných tras představuje dopravní okruh, a právě optimalizací této trasy se budu zabývat v této bakalářské práci.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je za pomoci vybraných aproximačních metod zhodnotit, zda nejmenovaná logistická společnost distribuuje zásilky svým odběratelům po nejkratší možné trase. Hlavním hodnotícím kritériem bude počet najetých kilometrů. Od něj se totiž odvíjí i cena dopravy s ohledem na opotřebení dopravního prostředku a mzdu řidiče. Je zde předpoklad, že s méně najetými kilometry bude rozvážka po dané okružní trase levnější.

### **2.2 Metodika práce**

V teoretické části práce budou uvedena východiska a teoretická stanoviska k problematice dopravy, okružního dopravního problému a také třech vybraných aproximačních metod. Čerpáno bude převážně z odborné literatury a také ze získaných znalostí. Praktická část pak bude zaměřena přímo na aplikaci vybraných metod na konkrétní okruh nejmenované logistické společnosti. Následovat bude porovnání se skutečně realizovanou trasou a zhodnocení, případně i doporučení, jakým způsobem lze danou rozvážku udělat efektivnější z hlediska počtu najetých kilometrů.

### 3 Teoretická část

Ještě než dojde k popsání a vyřešení konkrétního okružního dopravního problému, je potřeba zavést pojmy, bez nichž by praktická část této bakalářské práce nedávala příliš velký smysl. Nejprve dojde k vysvětlení pojmu logistika a hned v následující části bude popsána problematika okružního dopravního problému. S jeho řešením samozřejmě souvisí i konkrétní aproximační metody. V teoretické části této práce bude interpretována metoda nejbližšího souseda, Vogelova aproximační metoda a metoda výhodnostních čísel

#### 3.1 Logistika

Logistika je v dnešní době právem považovaná za motor ekonomiky. V dnešním enormně globalizovaném světě je kladen čím dál tím větší důraz na posílení vztahů mezi dodavateli a odběrateli. V minulosti bylo zvykem distribuovat zboží v místě jeho vzniku, ovšem dnes je tato idea zcela překonaná. Cílem dnešních firem je získat co největší množství zákazníků a právě k nim dopravit co možná největší množství produktů. Bez kvalitní logistiky by tento úkol nebylo možné splnit.

Podle Grose (2016) je logistika ta část řízení dodavatelského řetězce, která plánuje, realizuje a efektivně a účinně řídí dopředné i zpětné toky výrobků, služeb a příslušných informací od místa původu do místa spotřeby a skladování zboží tak, aby byly splněny požadavky konečného zákazníka. Řízení toků by nebylo možné bez dalších podpůrných činností, bez nichž jednoduše nelze dostat výrobky nebo služby k cílové skupině. K těmto činnostem se řadí doprava, správa vozového parku, skladování, manipulace s materiály, plnění objednávek, návrh logistické sítě, řízení zásob, plánování nabídky a poptávky a řízení logistických služeb.

S touto definicí se ztotožňuje také Štůsek (2007), neboť podle něj představuje logistika organizaci, plánování, řízení a realizaci toků zboží vývojem a nákupem počínaje, výrobou a distribucí podle objednávky finálního zákazníka konče tak, aby byly splněny všechny požadavky trhu při minimálních nákladech a minimálních kapitálových výdajích.

Bez kvalitně zpracované a zvládnuté logistiky tedy není možné na trhu uspět. Jedná se o nesmírně složitý a komplexní proces spojený s řízením lidských, peněžních i materiálních zdrojů. Nicméně logistika patří k celkem mladým vědním oborům, jak udává Štůsek (2007). Původ tohoto slova bývá odvozován od řeckého slovního základu *logistikon* znamenající

důmysl či rozum. Historické kořeny pojmu logistika však sahají až do 9. století, kdy se objevuje potřeba přesunu velkých armád a zajištění jejich zásobování.

Zásobování armády jídlem a dalším materiálem nebylo vůbec snadné, a právě proto se v této době začínají objevovat první prvky moderní logistiky. Na počátku 17. století došlo k rozšíření oboru logistika o čísla a snahu o stanovení nejlepších možných tras opět souvisejících s přesuny a zásobováním armády. Největšího rozmachu logistika doznala během druhé světové války, kdy bylo zejména na evropském kontinentu potřeba zajistit dlouhé zásobovací trasy od přímořských přístavů, až na frontovou linii.

Objemy přepravované techniky, vojáků, munice nebo ženiijního a zdravotnického materiálu byly natolik enormní, že bylo zapotřební komplexního plánování. Bez něj by se požadovaný materiál nikdy nedostal na místo svého určení. Špičkou v oboru logistiky byla bezpochyby americká armáda, která dokázala svým divizím zajistit zásobovací linie v délce několika stovek kilometrů přes celou západní Evropu. Principy uplatněné ve 2. světové válce se následně úspěšně přenesly do běžného občanského a podnikatelského života.

### **3.2 Okružní dopravní problém**

Jedním z nejčastěji řešených logistických problémů je okružní dopravní problém. Podle Brožové a Houšky (2008) je okružní dopravní problém úloha, jejímž cílem je nalézt nejvýhodnější 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. Ostatní autoři tuto úlohu často nazývají jako problém obchodního cestujícího. Podobnou úlohou je problém čínského listonoše.

V anglické literatuře je okružní dopravní problém nazýván jako *Travelling Salesman Problem*, jak uvádí Applegate et al (2011). Je dána množina měst se stanovenými náklady na přepravu mezi nimi a cílem okružního dopravního problému je nalézt nejlevnější cestu, jak navštívit všechna jednotlivá města a následně se vrátit do startovního místa. Pořadí navštívení jednotlivých měst je jednoduše pořadí, ve kterém jsou jednotlivá města navštívena. Toto pořadí se někdy nazývá jako okružní cesta nebo okruh.

Hynek (2008) poukazuje na popularitu problému obchodního cestujícího. Příčinou tohoto stavu je jednak jeho poměrně bohatá historie, kterou lze sledovat už od roku 1759, kdy se úlohou zabýval švýcarský matematik Leonhard Euler. Velkým impulsem pro zájem o problém se pak v druhé polovině dvacátého století stal rozvoj lineárního a celočíselného programování. Na druhé straně je třeba konstatovat, že problém obchodního cestujícího má obrovské množství praktických aplikací v logistice, plánování, výrobě VLSI obvodů, krystalografii a mnohých dalších oborech lidské činnosti, a proto zájem o hledání vhodných metod pro jeho řešení nijak nepolevuje ani v současné době.

Aby byl popis a definice okružní úlohy možný, je třeba určit konečnou množinu míst  $M = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$  a sazby (představující vzdálenosti, spotřebu času nebo náklady vyjádřené v peněžních jednotkách) pro spojení  $c_{ij} \forall i, j \in \{1, \dots, k\}$ . Při řešení je pak cílem najít takovou posloupnost míst, ve které se každé místo objeví právě jednou a součet ohodnocení jednotlivých spojení v této posloupnosti je minimální (Brožová a Houška, 2008).

Obecně se jednodušší okružní dopravní problémy řeší velmi dobře prostřednictvím grafů. Jednotlivé vrcholy představují místa, která mají být obslužena a jednotlivé hrany znázorňují sazby, tedy spojení vybraných dvou míst. Ohodnocení každé hrany se rovná ohodnocení příslušné trasy. Grafické řešení okružních dopravních problémů je ovšem možné pouze u jednodušších úloh s menším počtem uzlů. Jakmile se počet obslužených míst zvyšuje, zvyšuje se i složitost řešení, s čímž se pojí vyšší chybovost a také časová náročnost na řešení.

Jednookruhový dopravní problém, kterým se zabývá tato bakalářská práce, patří sice k těm nejjednodušším okružním úlohám, ovšem jeho přínosy do praxe jsou zcela neoddiskutovatelné. Právě díky své jednoduchosti se velmi často používá při jakémkoliv druhu přepravy realizované pouze jedním okruhem. Dalším druhem okružní dopravní úlohy je vícekruhový problém, jímž se tato práce zabývat nebude, ale pro úplnost teoretických znalostí je třeba uvedení tohoto pojmu. Právě v případě složitějších časových nebo finančních omezení často není možné přepravu realizovat po jednom okruhu, a proto musí být trasa rozdělena na dva a více okruhů v závislosti na dopadech daného omezení.

V praxi se okružní dopravní problémy objevují v různých modifikacích prakticky všude. Cílem tedy může být nalezení jednoho, nebo více okruhů, které musí splňovat různá omezení, a to jak kapacitní, tak časová nebo jiná omezení. V současné době lze prostřednictvím této

úlohy optimalizovat například činnost zásilkové služby, zásobování hnojivy, zásobování a servis strojů nacházejících se v různých podnicích, rozvoz krmiv z centrálních mísíren nebo rozvoz pracovníků na různá pracoviště. Ve všech případech je však cílem nalezení optimálního okruhu, po němž by byla daná přeprava realizována.

Brožová a Houška (2008) uvádějí, že okružní dopravní problém patří z matematického hlediska mezi takzvané NP-úplné problémy, pro které neexistuje žádný efektivní algoritmus, který by našel přesné matematické optimum. Je to způsobeno tím, že počet omezujících podmínek v matematickém modelu této úlohy roste velmi rychle (exponenciálně) s rostoucím počtem míst, a tak doba výpočtu jakoukoli metodou roste při nejlepším stejně rychle a již pro středně velké úlohy by byla nesrovnatelně větší, než například délka lidského života a možná i než doba existence vesmíru. Naštěstí existuje řada aproximačních metod, jejichž řešení lze považovat za ekonomické optimum.

### **3.3 Aproximační metody**

Aproximační metody jsou z matematického hlediska asi tím nejlepším řešením, jak vyřešit jednodušší i složitější úlohy okružního dopravního problému. Mezi nejpoužívanější aproximační metody patří metoda nejbližšího souseda, Vogelova aproximační metoda a metoda výhodnostních čísel. První dvě zmiňované se řadí do výpočetně jednodušších, ovšem třetí zmiňovaná je již výpočetně poměrně složitá. Pro snížení chybovosti a lepší výsledky řešení se proto pro výpočet používá doplněk do aplikace Microsoft Excel nazývaný se TSPKOSA.

#### **3.3.1 Metoda nejbližšího souseda**

Metoda nejbližšího souseda je tou nejjednodušší metodou, kterou lze řešit metody okružního dopravního problému. Díky své matematické jednoduchosti lze během několika minut najít optimální trasu jednookruhové dopravní úlohy, a proto je tato metoda v praxi relativně oblíbená. Šubrt a kolektiv (2019) udávají, že princip této metody spočívá v tom, že si zvolíme výchozí místo, z něž se vydáme do místa, do něhož je nejvýhodnější spojení z výchozího místa, odtud pak do dalšího z těchto míst, kde jsme ještě nebyli, které má nejvýhodnější spojení z místa, kde se právě nacházíme atd.

V rámci okružního problému je samozřejmě nutné obsloužit všechna vybraná místa a po projetí všech míst je nutné navrácení do výchozího bodu trasy. Brožová a Houška (2008) však

poukazují na nevýhodu tohoto postupu, která spočívá v krátkozraké strategii, protože se zařazují nejlevnější trasy a riskuje se, že v pozdějších krocích zůstanou k dispozici jen trasy velice nevýhodné, které mohou převážit počáteční výhodu. Tato nevýhoda se projeví hlavně v úlohách s velkými rozdíly v ohodnocení tras. Proto je vhodné metodu nejbližšího souseda využívat pouze v případech, kdy vzdálenosti mezi jednotlivými místy nejsou ovlivněny velkými rozdíly.

Další nevýhodou metody nejbližšího souseda je velká pracnost u dopravních úloh s větším počtem uzlů. V rámci výpočtu je totiž nutné postupně zvolit všechna místa jako výchozí bod trasy a opakovat celý metodický postup, což může být značně pracné a časově náročné. U každého obsluženého místa je tedy získána okružní trasa a ze všech takto vypočtených okružních tras se vybere trasa nejvýhodnější z hlediska nejmenšího součtu sazeb, čili nákladů na překonání vzdálenosti mezi dvěma body.

Při aplikaci metody nejbližšího souseda na matici sazeb je nejprve třeba zvolit výchozí místo nové trasy. Z něj se hledá minimální a tím pádem nejvýhodnější spojení do jakéhokoliv dalšího místa. Po nalezení vhodné trasy se vyškrtne sloupec odpovídající výchozímu místu trasy, protože daný uzel nelze v hledané okružní trase navštívit podruhé. Ze stejného důvodu je nutné škrtnout i sloupec odpovídající aktuálnímu koncovému místu. V řádku aktuálního koncového bodu se následně opět hledá z dosud nevyškrtnutých políček nejvýhodnější sazba představující spojení do dalšího bodu trasy. Tento metodický postup je následně opakován až do doby, než jsou všechny sloupce vyškrtnuty, což znamená, že do okružní trasy již byla zařazena všechna místa, která měla být obslužena. V posledním nevyškrtnutém sloupci se nakonec vybere sazba odpovídající vzdálenosti vedoucí zpět do výchozího místa dané trasy. Tím je zajištěn kruhový charakter vypočítané trasy, tedy začátek i konec ve stejném místě.

Prakticky totožný postup je třeba aplikovat pro všechna místa, která se mají v rámci počítané trasy obslužit. Šubrt a kolektiv (2019) uvádějí, má-li úloha nesymetrickou matici sazeb, provedeme pro každé místo také hledání trasy „pozpátku“, tj. buď vyškrtaváme řádky a hledáme minimální sazby ve sloupcích, nebo původní postup aplikujeme na transponovanou matici. K dokončení a stanovení závěrů pomocí metody nejbližšího souseda je třeba porovnání všech vypočtených okružních tras a výběr takové trasy, která má v celkovém hodnocení nejmenší součet dílčích sazeb neboli vzdáleností mezi jednotlivými místy okružní trasy.



### 3.3.2 Vogelova aproximační metoda

Druhou používanou metodou pro řešení okružního dopravního problému je Vogelova aproximační metoda. Ta se kromě řešení úloh obchodního cestujícího používá také pro řešení jednostupňové dopravní úlohy. Principálně se použití Vogelovy aproximační metody nijak zvlášť neliší, ovšem i tak se zde objevují podstatné rozdíly. Šubrt a kolektiv (2019) uvádí, že Vogelova aproximační metoda využívá rozdílů mezi dvěma nejméně výhodnými sazbami v řadách dopravní tabulky. Tím zajišťuje v průběhu celého výpočtu rovnoměrné obsazování výhodných spojů. Oproti metodě nejbližšího souseda tak hrozí daleko menší riziko, že by se v pozdějších fázích tvorby trasy dostaly do okruhu příliš nevýhodné sazby spojující dvě místa.

Metodický postup Vogelovy aproximační metody není v rámci okružní úlohy složitý. Nejprve je třeba v každém řádku i sloupci vypočítat difference mezi dvěma nejméně výhodnými sazbami, nejčastěji se jedná o minimální hodnoty, protože se ve výpočtech pracuje se vzdáleností uváděnou v kilometrech. Po vypočtení všech sloupcových a řádkových diferencí je nutné najít nejvyšší diferenci a v příslušném řádku nebo sloupci označit nejméně výhodnější, tedy nejmenší sazbu. Tato sazba představuje vzdálenost mezi prvními dvěma místy realizovaného okruhu. Po zařazení dané trasy do tvořeného okruhu je nutné vyškrtnout jak dotýčný řádek, tak dotýčný sloupec, v nichž se označená nejméně výhodnější sazba nachází. Obchodní cestující jede z i do každého místa jen jednou, jak uvádí Šubrt a kolektiv (2019).

Kromě příslušného řádku a sloupce, do něhož náleží vyznačená hodnota nejméně výhodnější sazby, je třeba vyškrtnout ještě další buňku, která s právě vytvářenou trasou předčasně uzavírá okruh. Ten musí před svým uzavřením obsahovat všechna místa s požadavkem na obsluhu. Dle Brožové a Houšky (2008) je po tomto vyškrtnutí třeba přepočítat řádkové i sloupcové difference. Postup Vogelovy aproximační metody je opakován tak dlouho, dokud nejsou obsluhována všechna místa, respektive dokud nedojde k vyškrtnutí všech řádků a sloupců. Délka výsledné trasy pak představuje součet vyznačených sazeb, které by měly představovat vzdálenosti mezi jednotlivými místy včetně návratu do počátečního místa okruhu.

Vogelova aproximační metoda představuje o trochu sofistikovanější metodu na řešení okružního dopravního problému, nicméně při vyšším počtu míst je nesporně náročná na čas i pozornost. Po výběru každé dílčí vzdálenosti je totiž nutné přepočítat všechny difference nevyškrtnutých sloupců i řádků. Na druhou stranu je díky komplexnosti této metody

eliminována citlivost na rozdílné vzdálenosti mezi místy, což dovoluje sestavení ekonomicky optimálního okruhu.

### 3.3.3 Metoda výhodnostních čísel

Metoda výhodnostních čísel představuje propracovanější metodu k řešení okružních dopravních úloh. Svým výpočetním algoritmem rozhodně patří k těm náročnějším metodám, což ovšem zajišťuje vytvoření ekonomicky optimálnějšího okruhu. Díky tomu není metoda výhodnostních čísel náročná na citlivost jednotlivých dílčích sazeb, takže je mimořádně vhodná pro řešení i složitějších okružních dopravních problémů. Nahmias a Olsen (2015) uvádějí, že v důsledku nemožnosti dosáhnout matematické optimality, je řešení okružních dopravních problémů podmíněno použitím dobré výpočetní metody. Jednou z jednodušších technik nalezení dobré trasy je metoda výhodnostních čísel vynalezená Clarkem a Wrightem (1964) cit. dle Nahmias a Olsen (2015).

Na začátku aplikace této metody se vybere libovolné místo, které bude označeno indexem 0. Pro každou další dvojici uzlů  $i, j$  se pro přímou trasu spočítá výhodnostní číslo (se sazbou  $c_{ij}$ )  $s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$ . Po výpočtech všech výhodnostních čísel se trasy seřadí podle zjištěné hodnoty  $s_{ij}$  od největší po nejmenší, tedy sestupným způsobem. Podle velikosti výhodnostního čísla jsou pak spojení jednotlivých bodů zařazována do vytvářené trasy, ovšem pouze v případě, pokud mohou s dosud zařazenými vzdálenostmi vytvořit okruh. Tímto způsobem jsou do trasy zařazena všechna místa s požadavkem na obsluhu, kromě uzlu 0. Ten se k řešení připojí až jako poslední. Algoritmus metody výhodnostních čísel je vhodné provést pro všechny možné varianty uzlu 0 a z nich vybrat to nejlepší zjištěné řešení.

Yellow (1970) uvádí, že elementárním problémem v budování tras pomocí metody výhodnostních čísel je nalezení spojení s největší úsporou k danému místu. Aby mohly být výsledky použity k relevantnímu porovnání, nesmí existovat žádné externí bariéry, dopravní zácpy nebo časové limity dodávek, protože s těmito omezujícími podmínkami nedokáže metoda výhodnostních čísel pracovat.

### 3.3.4 Doplněk do MS Excel - TSPKOSA

Pro urychlení a zajištění správnosti výpočtů je pro aplikaci metody výhodnostních čísel na konkrétní dopravní okruh použit speciální software TSPKOSA. Jedná se o doplněk do tabulkového editoru Microsoft Excel. Program pracuje na principu sady akcí, které lze

opakovaně spouštět, takzvaných makro. Je vytvořen v programovacím jazyku Microsoft Visual Basic 6.5. Pomocí předem naprogramovaného algoritmu je program schopen najít optimální trasu z vložené matice sazeb, a to pomocí 3 aproximačních a jedné optimalizační metody. Konkrétně se jedná o metodu nejbližšího souseda, Vogelovu aproximační metodu a metodu výhodnostních čísel a optimalizační metodu větví a mezí pro okružní dopravní úlohu.

Program TSPKOSA byl použit pouze v rámci metody výhodnostních čísel, ostatní výpočty byly prováděny manuálně prostřednictvím tabulkového editoru MS Excel. TSPKOSA je primárně určený k řešení jednookružové dopravní úlohy. Výstup z tohoto programu obsahuje nejenom nalezenou optimální trasu, ale zobrazuje i další testované trasy.

## 4 Vlastní práce

V praktické části bakalářské práce se budu zabývat optimalizací konkrétního dopravního okruhu s využitím znalostí a aproximačních metod uvedených v teoretické části. V logistice hraje velkou roli každý ušetřený kilometr a každá ušetřená minuta. I když je situace na tuzemských komunikacích tristní, snaží se všichni dopravci jezdit po optimálních trasách.

Logistická společnost, jejíž jednou doručovací trasou se bude praktická část práce zabývat, provozuje svou činnost hlavně v Moravskoslezském kraji. Jejím sídlem je město Šenov. Hlavní podnikatelskou činností společnosti ovšem není rozvoz zásilek, a proto si její představitelé nepřáli být jmenováni. S velkou ochotou mi však poskytli doručovací adresy i reálnou dopravní trasu, po níž se vozidla každodenně pohybují.

### 4.1 Doručovací adresy

Doručovací adresy jsou seřazeny v pořadí, v jakém je zaměstnanec logistické společnosti navštěvuje. Jedná se o 11 míst, z nichž ke každému je pro lepší orientaci a snadnější nalezení na mapě přiřazena GPS souřadnice.

*Tabulka číslo 1 – Dodací adresy realizované trasy včetně GPS souřadnic*

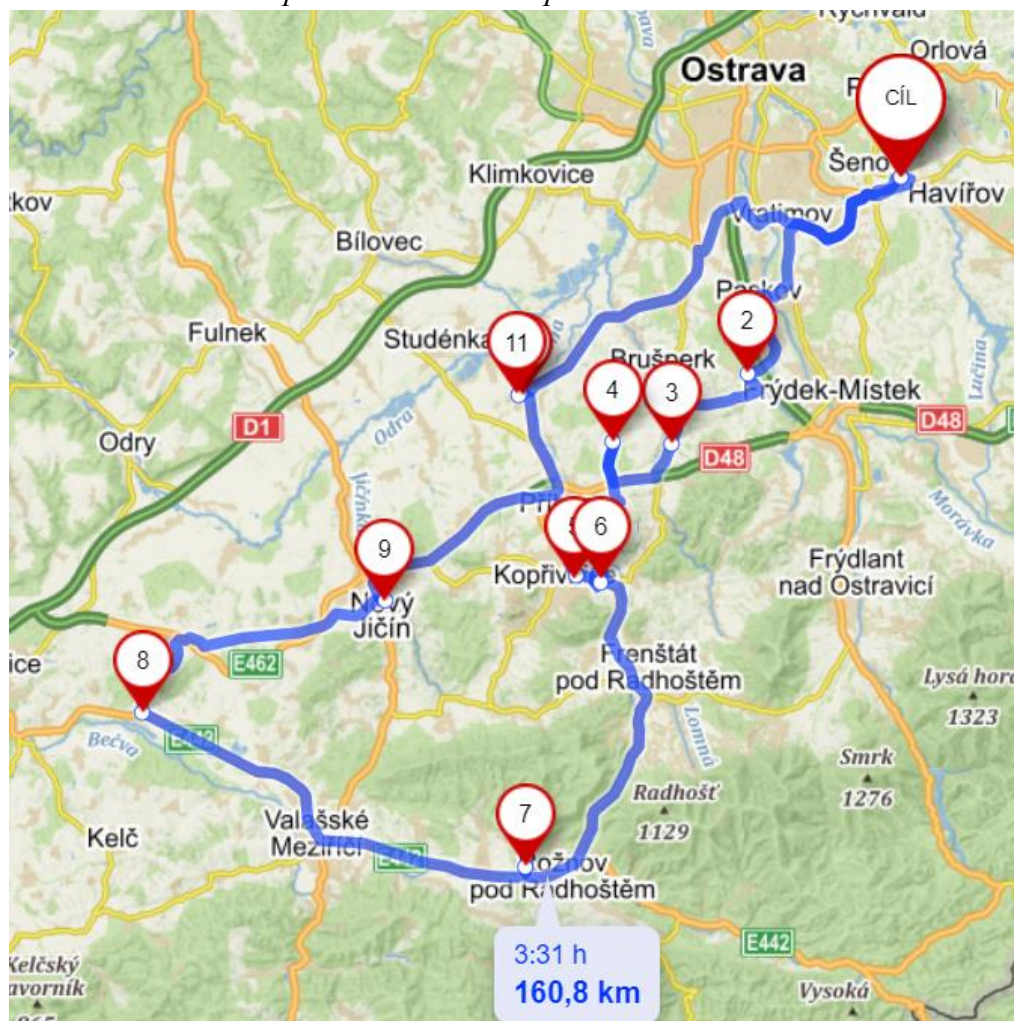
Pořadí	Adresa	GPS souřadnice	Pořadí	Adresa	GPS souřadnice
1.	Těšínská 222, Šenov	49°47'26.756"N 18°23'57.554"E	7.	Pod Lešem 2642, Rožnov pod Radhoštěm	49°27'53.708"N 18°7'15.448"E
2.	Staříč 530, Staříč	49°41'55.384"N 18°16'57.895"E	8.	Milotice nad Bečvou 96, Milotice nad Bečvou	49°32'16.405"N 17°50'31.908"E
3.	Fryčovice 673, Fryčovice	49°39'53.776"N 18°13'40.231"E	9.	Zborovská 823, Nový Jičín	49°35'26.384"N 18°1'6.254"E
4.	Kateřinice 214, Kateřinice u Příbora	49°39'56.907"N 18°11'4.681"E	10.	Průmyslová 367, Mošnov	49°41'15.915"N 18°7'7.254"E
5.	Areál Tatry 1448/5, Kopřivnice	49°36'4.643"N 18°9'24.182"E	11.	Průmyslová 368, Mošnov	49°41'18.386"N 18°6'53.751"E
6.	Průmyslový park 302, Kopřivnice	49°36'5.468"N 18°10'34.176"E	12.	Těšínská 222, Šenov	49°47'26.756"N 18°23'57.554"E

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z logistické společnosti

Aby byly smysluplné všechny následující výpočty, je nutné ověřit, zda se uvedené dodací adresy nacházejí skutečně v jednom okruhu. Pokud by tomu tak nebylo, nemělo by žádný smysl používat uvedené aproximační metody. Fakticky vzato by vůbec nešly použít, protože uvedená dopravní trasa by nepředstavovala jednookruhový dopravní problém. Pomocí dodacích adres lze naštěstí velmi rychle ověřit, zda se jedná skutečně o okružní dopravní úlohu.

K zjištění pravdivosti tvrzení o okružní dopravní trase lze použít internetovou mapovou aplikaci Mapy.cz. Jednotlivé adresy nebo GPS souřadnice stačí zadat do funkce *Plánování*. Manuální zadání všech bodů je náročné na pozornost i čas, ovšem pro ověření je tento krok zcela nezbytný. Internetová aplikace Mapy.cz umožňuje navíc volbu mezi typem zobrazované trasy. Pro tento konkrétní příklad je zvolena možnost krátké trasy bez ohledu na hustotu provozu a dopravní omezení. Cílem je totiž stanovení co nejkratšího dopravního okruhu.

Obrázek číslo 1 – Mapa realizovaného dopravního okruhu



Zdroj: Mapy.cz

Pro potřeby následujících výpočtů je třeba vyčíslit vzdálenosti mezi jednotlivými uzly, k čemuž nejlépe poslouží internetová aplikace Mapy.cz. Je třeba najít nejkratší trasu mezi všemi nakládkami a vykládkami. Výsledné hodnoty pak představují matici vzdáleností, z níž budou vycházet výpočty při použití metody nejbližšího souseda, Vogelovy aproximační metody a metody výhodnostních čísel.

*Tabulka číslo 2 – Matice vzdáleností (v km)*

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

## 4.2 Metoda nejbližšího souseda

Metoda nejbližšího souseda patří k nejjednodušším aproximačním metodám používaným k řešení okružního dopravního problému. I když nepatří mezi sofistikované způsoby výpočtu, často se pro tyto úlohy využívá. Její hlavní výhodou je jednoduchost výpočtu, avšak na druhou stranu je metoda nevhodná pro okruhy s větším počtem uzlů.

Za výchozí místo tohoto konkrétního okruhu je považováno město Šenov, jenž je zároveň i místem cílovým. Pomocí jednoduchých výpočtů metody nejbližšího souseda se tedy stanoví

nejkratší možný dopravní okruh vhodný pro přepravu zásilek mezi jednotlivými místy nakládek a vykládek.

Prakticky totožné výpočty je nutné provést u všech uzlů, neboť u okružního dopravního problému je jedno, které místo si zvolíme jako startovní bod. Délka výsledné trasy se však může výrazně lišit. Nejprve je třeba vyčíslit trasu s počátečním bodem v Šenově, a následně opakovat stejný metodický postup pro všechny uzly na trase. Vypočtené trasy poté stačí poupravit tak, aby řidič nejmenované logistické společnosti odjížděl a přijížděl do centrály firmy, která se nachází v Šenově.

### **Krok 1:**

Na začátku prvního kroku je třeba určit počáteční bod trasy. Tím je město Šenov. Dále je třeba podle přesně dané metodiky zvolit nejbližšího souseda tohoto uzlu podle počtu kilometrů, odtud vlastně plyne název této aproximační metody. Nejlepší možnou hodnotu představuje hodnota 19,1 kilometru. Protože je cílem řešit okružní dopravní problém spojující všechny uzly, sloupec Staříč již ve výpočtech použít nelze. Proto je nutné tento sloupec vyškrtnout. Kromě toho se musí vyškrtnout ještě buňka, která by předčasně uzavírala okruh. V tomto případě se jedná o hodnotu 19,1 km ze sloupce Šenov spojující Šenov a Staříč.

**Vytvořená trasa:** Šenov → Staříč

Tabulka číslo 3 – Metoda nejbližšího souseda (krok 1)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 2:

Ve druhém kroku řidič pokračuje ze Staříče do dalšího uzlu. Opět je nutné vybrat nejlepší hodnotu z příslušného řádku, tedy nejkratší vzdálenost mezi místem Staříč a dalším bodem trasy. Nejmenší hodnotu představuje vzdálenost 7,5 km spojující Staříč s Fryčovicemi. Do Fryčovic už se řidič znovu nemůže vrátit. Je tedy nutné vyškrtnout příslušný sloupec společně s hodnotou, která by předčasně uzavřela okruh. V tomto případě je to hodnota 26,5 km spojující Šenov s Fryčovicemi. Pokud by se řidič vydal po této trase, dorazil by do Šenova, čímž by se celý okruh uzavřel.

**Vytvořená trasa:** Šenov → Staříč → Fryčovice



Tabulka číslo 4 – Metoda nejbližšího souseda (krok 2)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 3:

Ve třetím kroku pokračuje řidič z Fryčovic do dalšího místa. Opět se vybere nejlepší hodnota z příslušného řádku, kterou je v tomto případě vzdálenost 7,1 km. Tím se řidič dostane do Kateřinice. Aby nebyla narušena povinnost objet všechny uzly, je třeba vyškrtnout nejenom celý sloupec Kateřinice, ale také hodnotu, která by dopravní okruh předčasně uzavřela. Tou je v tomto případě hodnota 30 km spojující Kateřinice a Šenov.

**Vytvořená trasa:** Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice

Tabulka číslo 5 – Metoda nejbližšího souseda (krok 3)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

#### Krok 4:

Nyní se řidič nachází v Kateřinicích, odkud se vydá na další vykládky a nakládky. Ve čtvrtém kroku se opět vybere nejkratší možná vzdálenost z aktuálního místa do nejbližšího uzlu. Z řádku Kateřinice je to hodnota 8,9 km, která ovšem řidiče zavede na 2 různá místa. Jedná se o dvě popisná čísla v jedné vesnici. Protože jsou tato dvě místa vzdálená několik metrů od sebe, je prakticky jedno, které z nich se do trasy zařadí jako první. Dalším navštíveným uzlem tedy bude Mošnov 367. Do tohoto místa už se nemůže řidič vrátit, takže je nutné vyškrtnout celý sloupec, společně s trasou uzavírající celý okruh. Tou je v tomto případě hodnota 29,6 km spojující Mošnov 367 a Šenov.

**Vytvořená trasa:** Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Mošnov 367

Tabulka číslo 6 – Metoda nejbližšího souseda (krok 4)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 5:

V pátém kroku pokračuje trasa z Mošnova 367 do nejbližšího možného místa. Tím je Mošnov 368, tedy místo vzdálené jenom několik metrů od uzlu, v němž se aktuálně nachází řidič. Z řádku Mošnov 367 se vybere hodnota 0,1 km. Do druhého popisného čísla v Mošnově už se ovšem nelze vrátit, takže je nutné celý sloupec vyškrtnout. K tomu se přidává ještě vyškrtnutí hodnoty předčasně uzavírající trasu. V tomto případě je to hodnota 29,7 km spojující místa Mošnov 368 a Šenov.

**Vytvořená trasa:** Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Mošnov 367 → Mošnov 368

Tabulka číslo 7 – Metoda nejbližšího souseda (krok 5)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 6:

V šestém kroku se řidič dostává z Mošnova do dalšího bodu své trasy. V řádku Mošnov 368 je třeba vybrat nejlepší možnou hodnotu. Nejkratší vzdálenost představuje trasa do Tatry Kopřivnice s celkovou délkou 11,7 km. Do tohoto místa nelze jet podruhé, takže je nutné celý sloupec vyškrtnout, společně s trasou, která by předčasně uzavřela celý okruh. V tomto případě se jedná o hodnotu 35,2 km spojující místo Tatra Kopřivnice a Šenov.

**Vytvořená trasa:** Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Tatra Kopřivnice

Tabulka číslo 8 – Metoda nejbližšího souseda (krok 6)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 7:

Sedmým krokem je pokračování trasy z Tatro Kopřivnice. Pro získání nejlepší hodnoty je třeba zaměřit pozornost na příslušný řádek a vybrat nejkratší možnou vzdálenost. Z řádku Tatra Kopřivnice je to hodnota 1,8 km, která řidiče přivede přímo do Kopřivnice. Protože se do tohoto místa není možné vydat znovu, je třeba sloupec Kopř vyškrtnout. Navíc je nutné škrtnout hodnotu 36,8 km vedoucí z Kopřivnice do Šenova, která by dopravní okruh předčasně uzavřela.

**Vytvořená trasa:** Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Mošnov 367 →  
Mošnov 368 → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice

Tabulka číslo 9 – Metoda nejbližšího souseda (krok 7)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moř 7	Moř 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mořnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mořnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 8:

Momentálně se řidič nachází v Kopřivnici, odkud se v osmém kroku vydá dál. Podle metodiky metody nejbližšího souseda je opět potřeba nalézt nejlepší hodnotu v řádku Kopřivnice. Nejkratší trasu představuje vzdálenost do Nového Jičína, kam se řidič dostane po ujetí 16,9 km. Ani do Nového Jičína se nelze vydat dvakrát, takže je nutné celý sloupec vyškrtnout. Škrtnout je nutné i hodnotu 44 km spojující Nový Jičín a Šenov, která by předčasně uzavřela celý okruh.

**Vytvořená trasa:** Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Mořnov 367 →  
Mořnov 368 → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín

Tabulka číslo 10 – Metoda nejbližšího souseda (krok 8)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 9:

Devátým krokem se řidič dostává pryč z Nového Jičína. Opět se v příslušném řádku hledá nejlepší hodnota, kterou je v tomto případě trasa do Milotic s délkou 17,5 km. Do Milotic se řidič nemůže dostat podruhé, takže je třeba celý sloupec vyškrtnout. Obdobně se škrtná i trasa, která by předčasně uzavřela celý okruh, což ještě není žádoucí. Proto se škrtnou hodnoty 59,5 km, která by řidiče přivedla z Milotic zpět do počátečního místa Šenov.

**Vytvořená trasa:** Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Mošnov 367 →  
Mošnov 368 → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín → Milotice

Tabulka číslo 11 – Metoda nejbližšího souseda (krok 9)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 10:

V desátém kroku není jiná možnost, než se vydat do Rožnova. To je jediné místo, které řidič v rámci dosavadního dopravního okruhu nenavštívil. Vzdálenost mezi Miloticemi a Rožnovem je 24,7 km. Stejně jako v předchozích krocích, se i nyní musí dodržet příslušná metodika. Do Rožnova nelze jet dvakrát, takže je nutné celý sloupec vyškrtnout.

**Vytvořená trasa:** Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Mošnov 367 →  
Mošnov 368 → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín → Milotice → Rožnov



Tabulka číslo 12 – Metoda nejbližšího souseda (krok 10)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 11:

Na začátku jedenáctého kroku se řidič nachází v Rožnově. Už projel všechny uzly na trase, takže mu zbývá jenom návrat do výchozího města, kterým je v tomto případě Šenov. Vzdálenost mezi Rožnovem a Šenovem je 50,8 km. Není potřeba vyškrtnout žádný sloupec ani konkrétní trasu, neboť už byly všechny zadané uzly navštíveny.

**Vytvořená trasa:** Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín → Milotice → Rožnov → Šenov

Tabulka číslo 13 – Metoda nejbližšího souseda (krok 11)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

#### 4.2.1 Celková délka trasy

Celková délka absolvované trasy je zjištěna jednoduchým sečtením žlutě označených vzdáleností. S výchozím bodem v místě Šenov činí celkové délka 166,1 km. Nyní stačí tuto vypočtenou trasu porovnat se všemi ostatními, jejíž počáteční body jsou v jiných místech.

#### 4.2.2 Porovnání možných tras podle metody nejbližšího souseda

Metodu nejbližšího souseda je nutné aplikovat i na všechny ostatní body zmíněné trasy. Každé místo je použito jako výchozí bod a následně je opakován celý metodický postup. Z výsledku je sestavena tabulka, kde je dobře vidět, jaká trasa je nejvýhodnější z hlediska počtu najetých kilometrů.

Tabulka číslo 14 – Metoda nejbližšího souseda (porovnání výsledků)

1.	<b>Šenov</b> → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín → Milotice → Rožnov → Šenov	<b>166,1 km</b>
2.	<b>Staříč</b> → Fryčovice → Kateřinice → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín → Milotice → Rožnov → Šenov → Staříč	<b>166,1 km</b>
3.	<b>Fryčovice</b> → Kateřinice → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín → Milotice → Rožnov → Staříč → Šenov → Fryčovice	<b>172 km</b>
4.	<b>Kateřinice</b> → Fryčovice → Staříč → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín → Milotice → Rožnov → Šenov → Kateřinice	<b>185,5 km</b>
5.	<b>Tatra Kopřivnice</b> → Kopřivnice → Kateřinice → Fryčovice → Staříč → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Nový Jičín → Milotice → Rožnov → Šenov → Tatra Kopřivnice	<b>193,1 km</b>
6.	<b>Kopřivnice</b> → Tatra Kopřivnice → Kateřinice → Fryčovice → Staříč → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Nový Jičín → Milotice → Rožnov → Šenov → Kopřivnice	<b>192,8 km</b>
7.	<b>Rožnov</b> → Kopřivnice → Tatra Kopřivnice → Kateřinice → Fryčovice → Staříč → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Nový Jičín → Milotice → Šenov → Rožnov	<b>214,5 km</b>
8.	<b>Milotice</b> → Nový Jičín → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Kateřinice → Fryčovice → Staříč → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Šenov → Rožnov → Milotice	<b>182,9 km</b>
9.	<b>Nový Jičín</b> → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Kateřinice → Fryčovice → Staříč → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Šenov → Rožnov → Milotice → Nový Jičín	<b>182,9 km</b>
10.	<b>Mošnov 367</b> → Mošnov 368 → Kateřinice → Fryčovice → Staříč → Šenov → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín → Milotice → Rožnov → Mošnov 367	<b>173,4 km</b>
11.	<b>Mošnov 368</b> → Mošnov 367 → Kateřinice → Fryčovice → Staříč → Šenov → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín → Milotice → Rožnov → Mošnov 368	<b>173,5 km</b>

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

Nejlepší trasou podle metody nejbližšího souseda je trasa s celkovou délkou 166,1 km. Tohoto výsledku ovšem dosáhly okruhy se dvěma výchozími body. První i druhý okruh jsou prakticky totožné, neboť se liší pouze svým počátečním místem, jinak mají stejnou návaznost jednotlivých míst. Optimální je tedy využít trasu s počátečním místem v Šenově nebo ve Staříči.

### 4.3 Vogelova aproximační metoda

Druhou aplikovanou metodou v této bakalářské práci bude Vogelova aproximační metoda. Ta vychází ze stejné matice sazeb jako metoda předchozí. Hlavním rozdílem oproti metodě nejbližšího souseda je výpočet diferencí pro každý sloupec i řádek výchozí matice sazeb. Tato diference se spočítá jako rozdíl dvou nejnižších sazeb v příslušném řádku a následně ve sloupci. Do optimální trasy okružního dopravního problému se pak zařadí takový uzel, jehož sloupcová či řádková diference je největší.

Důraz se klade pouze na velikost diference, což znamená, že vybraná vzdálenost nemusí být v příslušném řádku nebo sloupci tou nejlepší. V případě dvou stejně velkých diferencí se vybírá hodnota, která je pro tvorbu optimální trasy výhodnější. To znamená, že z daného uzlu lze dále pokračovat po okruhu.

Tabulka číslo 15 – Vogelova aproximační metoda (výchozí matice)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 1:

V prvním kroku je nutné spočítat difference pro všechny řádky a všechny sloupce. Z těchto vypočtených hodnot se vybere nejvyšší číslo. V tomto případě se jedná o hodnotu 9, která náleží k řádku i sloupci Kopřivnice. Při pohledu do řádku vyjadřujícím možné trasy z tohoto města je dobře vidět, že nejbližším místem je Tatra Kopřivnice. Do Tatro Kopřivnice však nelze jet dvakrát, a tudíž je nutné tento sloupec vyškrtnout, stejně jako řádek Kopřivnice. K tomu je nutné škrtnout i vzdálenost 1,8 km spojující místa Tatra Kopřivnice a Kopřivnice, která by předčasně uzavřela okruh.

### Vytvořená trasa: Kopřivnice → Tatra Kopřivnice

Tabulka číslo 16 – Vogelova aproximační metoda (krok 1)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8	Δ
Šenov	<del> </del>	19,1	26,5	30	<del>35,2</del>	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7	7,4
Staříč	19,1	<del> </del>	7,5	12,5	<del>20,2</del>	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5	5
Fryčovice	26,5	7,5	<del> </del>	7,1	<del>12,8</del>	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14	0,4
Kateřinice	30	12,5	7,1	<del> </del>	<del>9,9</del>	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9	1,8
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9	<del> </del>	<del>1,8</del>	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7	8,1
Kopřivnice	<del>36,8</del>	<del>20,1</del>	<del>12,7</del>	<del>10,8</del>	1,8	<del> </del>	<del>23,7</del>	<del>34,6</del>	<del>16,9</del>	<del>12,8</del>	<del>12,9</del>	9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	<del>23,8</del>	23,7	<del> </del>	24,7	25,2	33,6	33,7	0,1
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	<del>31,6</del>	34,6	24,7	<del> </del>	17,5	34,7	34,7	7,2
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	<del>15,5</del>	16,9	25,2	17,5	<del> </del>	19,1	19,2	1,4
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	<del>11,6</del>	12,8	33,6	34,7	19,1	<del> </del>	0,1	8,8
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	<del>11,7</del>	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	<del> </del>	8,8
Δ	7,4	5	0,4	1,8	8,1	9	0,1	7,2	1,4	8,8	8,8	<del> </del>

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 2:

Ve druhém kroku je opět nutné přepočítat sloupcové i řádkové difference. Z nich se vybere nejvyšší hodnota, což je v tomto případě hodnota 8,8. Ta náleží předposlednímu řádku

tabulky. Z tohoto řádku vybereme vzdálenost 0,1 km spojující Mošnov 367 s Mošnovem 368. Metodika této metody jasně určuje, že žádné místo nesmí řidič navštívit dvakrát, a proto je nutné řádek Mošnov 367 vyškrtnout, stejně jako sloupec Mošnov 368. Obdobně je nutné škrtnout i hodnotu předčasně uzavírající okruh. V tomto případě je to hodnota 0,1 km spojující Mošnov 368 a Mošnov 367.

**Vytvořená trasa:** Kopřivnice → Tatra Kopřivnice, Mošnov 367 → Mošnov 368

Tabulka číslo 17 – Vogelova aproximační metoda (krok 2)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8	Δ
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7	7,4
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5	5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14	0,4
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9	1,8
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7	1,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9	
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7	1
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7	7,2
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2	0,6
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1	8,8
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1		8,8
Δ	7,4	5	0,4	1,8		1,9	0,9	7,2	2	8,8	8,8	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 3:

Na začátku třetího kroku se znovu přepočítají sloupcové i řádkové difference. Nejvyšší hodnotu představuje číslo 7,4 z prvního řádku. Je třeba najít nejkratší vzdálenost z města Šenov do dalšího místa na trase. Tím je město Staříč se vzdáleností 19,1 km. Z Šenova už řidič vyjízdet nemůže, takže je nutné celý řádek škrtnout. Stejně tak sloupec Staříč, kam

podruhé nepojede. Obdobně se škrtná hodnota 19,1 km spojující Staříč a Šenov, která by předčasně uzavřela okruh.

**Vytvořená trasa:** Kopřivnice → Tatra Kopřivnice, Mošnov 367 → Mošnov 368, Šenov → Staříč

Tabulka číslo 18 – Vogelova aproximační metoda (krok 3)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8	Δ
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7	7,4
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5	5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14	0,4
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9	1,8
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7	1,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9	
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7	1
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7	7,2
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2	0,6
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1	
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1		4
Δ	7,4	5	0,4	1,8		1,9	0,9	7,2	2	2,7		

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

#### Krok 4:

Čtvrtý krok pokračuje ve výpočtu diferencí u příslušných řádků a sloupců. Poté je vybrána diference 7,2 z řádku Milotice. Z tohoto řádku je zvolena vzdálenost 17,5 km, po jejímž absolvování se řidič dostane do Nového Jičína. S ohledem na metodiku se do Milotic nemůže vrátit, takže je nutné tento řádek škrtnout. Stejně tak sloupec Nový Jičín a hodnotu 17,5 km spojující Nový Jičín s Miloticemi, která by předčasně uzavřela okruh.

**Vytvořená trasa:** Kopřivnice → Tatra Kopřivnice, Mošnov 367 → Mošnov 368, Šenov → Staříč, Milotice → Nový Jičín

Tabulka číslo 19 – Vogelova aproximační metoda (krok 4)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8	Δ
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7	
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5	5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14	5,6
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9	1,8
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7	1,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9	
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7	1
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7	7,2
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2	0,6
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1	
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1		4
Δ	3,2		0,4	1,8		1,9	0,9	7,2	2	2,7		

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 5:

V pátém kroku se zvolí diference 6,9 z řádku Rožnov. Z tohoto místa se řidič vydá do Milotic, neboť jsou vzdáleny pouhých 24,7 km. Řádek Rožnov a sloupec Milotice již znovu použít nelze, a tudíž je nutné jejich vyškrtnutí. Protože se nesmí okružní trasa uzavřít dříve než po navštívení veškerých uzlů, škrtná se i hodnota 25,2 km spojující Nový Jičín a Rožnov.

**Vytvořená trasa:** Kopřivnice → Tatra Kopřivnice, Mošnov 367 → Mošnov 368, Šenov → Staříč, Rožnov → Milotice → Nový Jičín



Tabulka číslo 20 – Vogelova aproximační metoda (krok 5)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8	Δ
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7	
Starič	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5	5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14	5,6
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9	1,8
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7	1,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9	
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7	1
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7	
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2	1,8
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1	
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1		4
Δ	3,2		0,4	1,8		1,9	1,4	6,9		2,7		

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 6:

Na začátku šestého kroku se znovu přepočítají diference zbylých řádků i sloupců. Nejvyšší hodnotu představuje číslo 6,6. Z příslušného sloupce se vybere nejmenší vzdálenost, která odpovídá trase Tatra Kopřivnice – Rožnov s hodnotou 23,8 km. Z místa Tatra Kopřivnice už řidič vyjždět nebude, ani se nebude vracet do Rožnova. Tím pádem je nutné daný sloupec i řádek škrtnout. Tvořená trasa se nemůže předčasně uzavřít, a proto se škrtná také hodnota 16,9 km spojující Nový Jičín a Kopřivnici.

**Vytvořená trasa:** Kopřivnice → Tatra Kopřivnice → Rožnov → Milotice → Nový Jičín, Mošnov 367 → Mošnov 368, Šenov → Starič

Tabulka číslo 21 – Vogelova aproximační metoda (krok 6)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8	Δ
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7	
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5	5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14	5,6
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9	1,8
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7	1,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9	
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7	
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7	
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2	1,8
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1	
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1		4
Δ	3,2		0,4	1,8		1,9	6,6			2,7		

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 7:

V sedmém kroku se přepočítají diference zbylých řádků a sloupců. Opět se vybere nejvyšší hodnota, což je v tomto případě číslo 5,6. Z daného řádku se zvolí nejkratší vzdálenost z místa Fryčovice do dalšího bodu nakládky či vykládky. Tou je vzdálenost 7,1 km, po jejímž absolvování se řidič dostane do Kateřinice. Daný sloupec a řádek již nelze znovu využít, takže je nutné jejich vyškrtnutí. Škrtnout se musí i hodnota předčasně uzavírající okruh, což je hodnota 7,1 km, která spojuje Kateřinice a Fryčovice.

**Vytvořená trasa:** Kopřivnice → Tatra Kopřivnice → Rožnov → Milotice → Nový Jičín, Mošnov 367 → Mošnov 368, Šenov → Staříč, Fryčovice → Kateřinice

Tabulka číslo 22 – Vogelova aproximační metoda (krok 7)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8	Δ
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7	
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5	5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14	5,6
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9	1,8
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7	
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9	
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7	
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7	
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2	0,4
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1	
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1		4
Δ	3,2		0,4	1,8		1,9				5		

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 8:

V započatém osmém kroku se dle dané metodiky přepočítají veškeré zbylé diference a opět se z nich vybere největší hodnota. Tou je tentokrát hodnota 9,9 nacházející se u řádku Staříč. Právě z tohoto místa povede další cesta řidiče, konkrétně do Fryčovic vzdálených 7,5 km. Řádek Staříč a sloupec Fryčovice již znovu použit nelze, takže je nutné jejich vyškrtnutí. Škrtnout je třeba i trasu Kateřinice - Šenov v hodnotě 30 km, která by předčasně uzavřela okruh.

**Vytvořená trasa:** Kopřivnice → Tatra Kopřivnice → Rožnov → Milotice → Nový Jičín, Mošnov 367 → Mošnov 368, Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice

Tabulka číslo 23 – Vogelova aproximační metoda (krok 8)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8	Δ
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7	
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5	9,9
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14	
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9	1,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7	
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9	
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7	
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7	
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2	1,7
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1	
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1		1,1
Δ	0,3		6,5			2,1				8,5		

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 9:

Devátý krok začíná přepočtem diferencí, z nichž se vybere hodnota 24,9. Ta přísluší řádce Nový Jičín, odkud se řidič po ujetí 19,1 km dostane do Mošnova 367. Daný sloupec ani řádek již nelze použít, takže se musí oba vyškrtnout. Obdobně je třeba zbavit se hodnoty 12,9 km spojující Mošnov 368 a Kopřivnici, po jejímž absolvování by se předčasně uzavřela okružní trasa.

**Vytvořená trasa:** Kopřivnice → Tatra Kopřivnice → Rožnov → Milotice → Nový Jičín → Mošnov 367 → Mošnov 368, Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice

Tabulka číslo 24 – Vogelova aproximační metoda (krok 9)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8	Δ
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7	
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5	
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14	
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9	1,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7	
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9	
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7	
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7	
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2	24,9
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1	
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1		16,8
Δ	14,3					2,1				10,2		

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

### Krok 10:

V posledním kroku již není potřeba počítat difference, neboť zbyly dvě nedokončené trasy. Jsou nezbytné pro uzavření celého okruhu, a tudíž nehraje roli, která z nich je obslužena jako první. Nejprve je zařazena vzdálenost 10,8 km z Kateřinic do Kopřivnice. Pro dokončení celého okruhu je nutný návrat řidiče z Mošnova 368 zpět do Šenova, čímž se celá trasa uzavře. Toho řidič docílí po absolvování 29,7 km.

**Vytvořená trasa:** Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Kopřivnice → Tatra Kopřivnice → Rožnov → Milotice → Nový Jičín → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Šenov

Tabulka číslo 25 – Vogelova aproximační metoda (krok 10)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8	Δ
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7	
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5	
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14	
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9	
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7	
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9	
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7	
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7	
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2	
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1	
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1		
Δ												

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz

#### 4.3.1 Celková délka trasy

Optimální trasa podle Vogelovy aproximační metody je vytvořena, tudíž nezbyvá nic jiného, než spočítat její celkovou délku. Po sečtení všech dílčích vzdáleností je celková délka trasy rovna 161,2 km.

**Výsledná vypočtená trasa je tedy následující:** Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Kopřivnice → Tatra Kopřivnice → Rožnov → Milotice → Nový Jičín → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Šenov

#### 4.4 Metoda výhodnostních čísel

Poslední aplikovanou metodou bude metoda výhodnostních čísel. Její aplikace probíhá prostřednictvím doplňku TSPKOSA do aplikace Microsoft Excel, což značně zjednodušuje výpočet. Tato metoda je vzhledem ke své komplexnosti docela komplikovaná, a proto by bylo neproduktivní počítat ji bez použití zmíněného doplňku. Metoda výhodnostních čísel vychází

ze stejné matice sazeb, jako předchozí dvě metody. Na rozdíl od nich ale nevyužívá nejkratší možné vzdálenosti ani diference vypočtené pro jednotlivé řádky a sloupce. Naopak se pro každou dvojici uzlů vypočte výhodnostní číslo, podle něhož se trasy seřadí od největší po nejmenší. Následně jsou v tomto pořadí řazeny do okruhu.

Tabulka číslo 26 – Metoda výhodnostních čísel (výchozí matice)

	Šen	Sta	Fry	Kat	Tatra	Kopř	Rož	Mil	N. Jič	Moš 7	Moš 8
Šenov		19,1	26,5	30	35,2	36,8	50,8	59,5	44	29,6	29,7
Staříč	19,1		7,5	12,5	20,2	20,1	37,7	43,6	28,1	17,4	17,5
Fryčovice	26,5	7,5		7,1	12,8	12,7	30,4	36,3	20,8	13,9	14
Kateřinice	30	12,5	7,1		9,9	10,8	31,4	34,2	18,7	8,9	8,9
Tatra Kopřivnice	35,2	20,2	12,8	9,9		1,8	23,8	31,6	15,5	11,6	11,7
Kopřivnice	36,8	20,1	12,7	10,8	1,8		23,7	34,6	16,9	12,8	12,9
Rožnov	50,8	37,7	30,4	31,4	23,8	23,7		24,7	25,2	33,6	33,7
Milotice	59,5	43,6	36,3	34,2	31,6	34,6	24,7		17,5	34,7	34,7
Nový Jičín	44	28,1	20,8	18,7	15,5	16,9	25,2	17,5		19,1	19,2
Mošnov 367	29,6	17,4	13,9	8,9	11,6	12,8	33,6	34,7	19,1		0,1
Mošnov 368	29,7	17,5	14	8,9	11,7	12,9	33,7	34,7	19,2	0,1	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty z Mapy.cz.

Po zadání všech nutných údajů do doplňku TSPKOSA je vygenerován kompletní report vypočítané trasy prostřednictvím metody výhodnostních čísel. Nejkratší možná trasa byla stanovena s délkou 166 kilometrů.

**Konkrétně se jedná o trasu:** Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Mošnov 368 → Mošnov 367 → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín → Milotice → Rožnov → Šenov.

Kompletní výstup z doplňku TSPKOSA je na následujícím obrázku. Je dobře vidět, že program našel jednu variantu trasy o délce 166 kilometrů. Zajímavostí je, že program mimo

ekonomicky optimálního okruhu našel trasu o 0,1 kilometru delší, a to hned ve dvou variantách. Může za to blízká vzdálenost uzlu Mošnov 367 a Mošnov 368.

### Obrázek číslo 2 – Výstup z programu TSPKOSA

TSP	
Metoda nejbližšího souseda - sekvenčně	
Doba výpočtu: 00:00:00	
Maximální chyba srovnání veličin s plovoucí desetinnou čárkou: 0,01	
Počet minimálních cyklů (z testovaných zvolenou metodou): 1	
Z_min = 166	
(Šenov) - (Staříč) - (Fryčovice) - (Kateřinice) - (Mošnov 368) - (Mošnov 367) - (Tatra Kopřivnice) - (Kopřivnice) - (Nový Jičín) - (Milotice) - (Rožnov) - (Šenov)	
Počet nalezených shodných okruhů: 2	
Další testované cykly:	
Z =	171,9 (Fryčovice) - (Kateřinice) - (Mošnov 368) - (Mošnov 367) - (Tatra Kopřivnice) - (Kopřivnice) - (Nový Jičín) - (Milotice) - (Rožnov) - (Staříč) - (Šenov) - (Fryčovice)
Z =	185,5 (Kateřinice) - (Fryčovice) - (Staříč) - (Mošnov 367) - (Mošnov 368) - (Tatra Kopřivnice) - (Kopřivnice) - (Nový Jičín) - (Milotice) - (Rožnov) - (Šenov) - (Kateřinice)
Z =	192,1 (Tatra Kopřivnice) - (Kopřivnice) - (Kateřinice) - (Fryčovice) - (Staříč) - (Mošnov 367) - (Mošnov 368) - (Nový Jičín) - (Milotice) - (Rožnov) - (Šenov) - (Tatra Kopřivnice)
Z =	192,8 (Kopřivnice) - (Tatra Kopřivnice) - (Kateřinice) - (Fryčovice) - (Staříč) - (Mošnov 367) - (Mošnov 368) - (Nový Jičín) - (Milotice) - (Rožnov) - (Šenov) - (Kopřivnice)
Z =	214,5 (Rožnov) - (Kopřivnice) - (Tatra Kopřivnice) - (Kateřinice) - (Fryčovice) - (Staříč) - (Mošnov 367) - (Mošnov 368) - (Nový Jičín) - (Milotice) - (Šenov) - (Rožnov)
Z =	182,9 (Milotice) - (Nový Jičín) - (Tatra Kopřivnice) - (Kopřivnice) - (Kateřinice) - (Fryčovice) - (Staříč) - (Mošnov 367) - (Mošnov 368) - (Šenov) - (Rožnov) - (Milotice)
Z =	182,9 (Nový Jičín) - (Tatra Kopřivnice) - (Kopřivnice) - (Kateřinice) - (Fryčovice) - (Staříč) - (Mošnov 367) - (Mošnov 368) - (Šenov) - (Rožnov) - (Milotice) - (Nový Jičín)
Z =	172,4 (Mošnov 367) - (Mošnov 368) - (Kateřinice) - (Fryčovice) - (Staříč) - (Šenov) - (Tatra Kopřivnice) - (Kopřivnice) - (Nový Jičín) - (Milotice) - (Rožnov) - (Mošnov 367)
Z =	172,5 (Mošnov 368) - (Mošnov 367) - (Kateřinice) - (Fryčovice) - (Staříč) - (Šenov) - (Tatra Kopřivnice) - (Kopřivnice) - (Nový Jičín) - (Milotice) - (Rožnov) - (Mošnov 368)
Z =	166,1 (Šenov) - (Staříč) - (Fryčovice) - (Kateřinice) - (Mošnov 367) - (Mošnov 368) - (Tatra Kopřivnice) - (Kopřivnice) - (Nový Jičín) - (Milotice) - (Rožnov) - (Šenov)
Z =	166,1 (Staříč) - (Fryčovice) - (Kateřinice) - (Mošnov 367) - (Mošnov 368) - (Tatra Kopřivnice) - (Kopřivnice) - (Nový Jičín) - (Milotice) - (Rožnov) - (Šenov) - (Staříč)
Z =	172 (Fryčovice) - (Kateřinice) - (Mošnov 367) - (Mošnov 368) - (Tatra Kopřivnice) - (Kopřivnice) - (Nový Jičín) - (Milotice) - (Rožnov) - (Staříč) - (Šenov) - (Fryčovice)

Zdroj: Vlastní zpracování, výstup z programu TSPKOSA



## 5 Výsledky a diskuse

Pro výpočet byly použity tři nejpoužívanější metody pro řešení okružního dopravního problému. Konkrétně se jednalo o metodu nejbližšího souseda, o Vogelovu aproximační metodu a o metodu výhodnostních čísel. Nyní dojde k porovnání skutečně realizované trasy s těmi vypočtenými, odkud bude dobře vidět, zda nejmenovaná logistická společnost využívá optimální trasu.

### 5.1 Porovnání skutečné trasy s trasami vypočtenými

Skutečně realizovaná trasa byla vypočítána prostřednictvím webové aplikace Mapy.cz a disponuje délkou **160,8 kilometru**. Konkrétně jde o trasu, kterou řidič projíždí v následující posloupnosti Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Rožnov → Milotice → Nový Jičín → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Šenov.

Za pomoci metody nejbližšího souseda byla stanovena trasa s celkovou délkou **166,1 kilometru**. Jedná se o trasu realizovanou v tomto pořadí Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín → Milotice → Rožnov → Šenov.

Vogelova aproximační metoda stanovila nejkratší možnou délku trasy na hodnotu **161,2 kilometru**. Řidič by v tomto případě trasu projížděl v pořadí Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Kopřivnice → Tatra Kopřivnice → Rožnov → Milotice → Nový Jičín → Mošnov 367 → Mošnov 368 → Šenov.

Poslední aplikovanou metodou byla metoda výhodnostních čísel. Po její aplikaci byla stanovena nejkratší možná vzdálenost trasy **166 kilometrů**. Konkrétně se jedná o trasu v posloupnosti Šenov → Staříč → Fryčovice → Kateřinice → Mošnov 368 → Mošnov 367 → Tatra Kopřivnice → Kopřivnice → Nový Jičín → Milotice → Rožnov → Šenov.

## 6 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zhodnocení, zda nejmenovaná logistická společnost distribuuje zásilky svým odběratelům po nejkratší možné trase. Po vyhodnocení hlavního hodnotícího parametru, kterým byl počet najetých kilometrů, lze říci, že tato logistická společnost skutečně realizuje nejkratší možnou trasu. Ani po aplikaci třech vybraných aproximačních metod se bohužel nepodařilo najít lepší hodnotu.

Z provedených výpočtů a analýz lze usuzovat, že nejmenovaná dopravní společnost skutečně svému řemeslu rozumí. Její dispečeri totiž navrhuji řidičům nejkratší možné trasy, což se pozitivně projevuje na počtu najetých kilometrů, s čímž jednoznačně souvisí i menší náklady na dopravu. Dopravní prostředek je méně opotřebován a mzdový náklad na řidiče není tak vysoký, tedy pokud je jeho mzda vztažena na počet najetých kilometrů. Současným trendem je však odměňování ve formě základního fixního platu, k němuž se později připočítávají prémie a osobní ohodnocení.

I když se nepodařilo najít lepší hodnotu realizovaného dopravního okruhu, neznamená to, že by logistické a rozvážkové společnosti měly tvorbu tras podceňovat. Určitě se vyplatí věnovat trochu času plánování, protože ve výsledku se hodí každý ušetřený kilometr, a to jak z hlediska časového, tak z hlediska nákladů ve formě opotřebení vozidla a úspore pohonných hmot.

Zhodnocení dopravní trasy jako cíl této bakalářské práce je tedy splněn s tvrzením, že nejmenovaná logistická společnost realizuje nejkratší možný okruh a pomocí vybraných aproximačních metod se nepodařilo najít žádnou výhodnější trasu.

## 7 Seznam použitých zdrojů

APPLEGATE, David L., Robert E. BIXBY, Vašek CHVÁTAL a William J. COOK. *The Traveling Salesman Problem: A Computational Study*. Ilustrované vydání. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2011. ISBN 9781400841103.

BROŽOVÁ, Helena a Milan HOUŠKA. *Základní metody operační analýzy*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2008. ISBN 978-80-213-0951-7.

CLARKE, G. a J. W. WRIGHT. Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. *Operations Research* [online]. INFORMS, 1964, **12**(4), 568-581 [cit. 18.1.2021]. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/167703>

GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

HYNEK, Josef. *Genetické algoritmy a genetické programování*. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 9788024726953.

NAHMIAS, Steven a Tava Lennon OLSEN. *Production and Operations Analysis: Seventh Edition. 7. vydání*. Illinois: Waveland Press, 2015. ISBN 9781478628248.

ŠTŮSEK, Jaromír. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. Praha: C. H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-534-6.

ŠUBRT, Tomáš a kolektiv. *Ekonomicko-matematické metody*. 3. upravené a rozšířené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2019. ISBN 978-80-7380-762-7.

YELLOW, P. C. A Computational Modification to the Savings Method of Vehicle Scheduling. *Operational Research Quarterly* [online]. 1970, **21**(2), 281-283 [cit. 18.1.2021]. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/3008161>