

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

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

Natálie Adámková

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Natálie Adámková

Ekonomika a management

Název práce

Optimalizace dopravních tras mezi firmou a jejími odběrateli.

Název anglicky

Optimization of Transportation Routes between a chosen company and its clients.

Cíle práce

Cílem práce je optimalizovat dopravní trasy mezi zvolenou firmou OFFICEO s.r.o. a jejími zákazníky pomocí vybraných optimalizačních metod pro nalezení nejkratší a nákladově nejvýhodnější trasy.

Metodika

Teoretická část se bude skládat z prostudování doporučené literatury, z popisu dané problematiky, z definice a charakteristiky vybraných metod pro optimalizaci tras.

V praktické části bude firma představena z aktuálního ekonomického hlediska. Z poskytnutých dat bude následně provedena optimalizace stávajících tras. Pomocí zvolených metod bude následně nalezena nejvýhodnější trasa. V závěru budou posouzeny výsledky a jejich užití v praxi.

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

Optimalizace dopravní trasy, okružní dopravní problém, logistika, aproximační metody, optimální trasa, optimalizace

Doporučené zdroje informací

STEHLÍK, A. – KAPOUN, J. Logistika pro manažery. Praha: Ekopress, 2008.

SVOBODA, V. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. DOPRAVNÍ FAKULTA. Dopravní logistika. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02914-.

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

ZÍSKAL, J. – HAVLÍČEK, J. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA. Ekonomicko-matematické metody II : studijní texty pro distanční studium. Praha: ČZU PEF Praha ve vyd. Credit, 2000. ISBN 80-213-0664-5.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – PEF

Vedoucí práce

RNDr. Petr Kučera, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2023

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2023

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 08. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci „Optimalizace dopravních tras mezi firmou a jejími odběrateli“ vypracovala 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 v závěru práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze, dne 15. 3. 2024

Poděkování

V první řadě bych chtěla zmínit pana Mgr. Pavla Fryntu a poděkovat mu za motivaci, bez které bych vysokou školu studovat nezačala. Dále moc děkuji panu RNDr. Petrovi Kučerovi, Ph. D. za jeho trpělivost, cenné rady a laskavý přístup. Další poděkování patří paní Aleně Holubové a panu Miloslavu Weissovi za jejich čas, laskavost a za poskytnutí informací a dat firmy OFFICEO s.r.o.

Optimalizace dopravních tras mezi firmou a jejími odběrateli

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je optimalizace dopravních tras mezi společností OFFICEO s.r.o. a jejími odběrateli. Cíl práce se zaměřuje na nalezení nejvíce vhodné dopravní trasy. V případě jejího nalezení, by trasa mohla firmě ušetřit prostředky, a to jak z pohledu časové náročnosti, tak z pohledu podnikové hospodárnosti.

Práce je rozdělena do dvou částí. Ta první – teoretická část začíná úvodem do logistiky, pokračuje vývojem a historií logistiky. Dále se věnuje tomu, jaký měla vliv pandemie COVID-19 na logistiku a představují se zde také aktuální logistické trendy. Definují se jednotlivé logistické pojmy a určité logistické systémy. Popisuje se teorie grafů spolu s distribučními úlohami jednookruhového dopravního problému.

Ve druhé části praktické práce se blíže charakterizuje společnost OFFICEO s.r.o. a pomocí vybraných metod se vypočítá trasa, která se snaží najít co nejvhodnější trasu pro řidiče, který rozváží objednané zakázky. Pro tyto výpočty jsou zvoleny metody pro jednookruhový dopravní problém.

V závěru se porovnají výsledky praktické části, které jsou zanalyzovány a zhodnoceny. Porovnají se s trasou OFFICEA, která využívá outsourcing společnosti Solver Tech.

Klíčová slova: optimalizace dopravní trasy, okružní dopravní problém, logistika, aproximační metody, optimální trasa, optimalizace, teorie grafů, matice, metoda nejbližšího souseda, Vogelova aproximační metoda, metoda výhodnostních čísel

Optimization of Transportation Routes between a chosen company and its clients

Abstract

The subject of this bachelor's thesis is the optimization of transport routes between the company OFFICEO Ltd. and its customers. The aim of the work focuses on finding the most suitable transport route. If found, this route could save resources for the company, both in terms of time demand and business economics.

The thesis is divided into two parts. The first part – the theoretical section – starts with an introduction to logistics, continues with the development and history of logistics. It also deals with the impact of the COVID-19 pandemic on logistics and introduces current logistics trends. It defines various logistics concepts and certain logistic systems. The theory of graphs along with distribution tasks of the single-circuit transportation problem are described.

In the second, practical part of the work, the company OFFICEO Ltd. is characterized in more detail, and the route is calculated using selected methods to find the most suitable route for the driver delivering the ordered goods. Methods for the single-circuit transportation problem are chosen for these calculations.

In conclusion, the results of the practical part are compared, analyzed, and evaluated. They are compared with the OFFICEA route, which utilizes outsourcing from Solver Tech company.

Keywords: optimization of transport route, traveling salesman problem, logistics, approximation methods, optimal route, optimization, graph theory, matrix, nearest neighbor method, Vogel's approximation method, priority number method

Obsah

1 Úvod.....	11
2 Cíl práce a metodika	12
2.1 Cíl práce	12
2.2 Metodika	12
3 Teoretická východiska	13
3.1 Logistika.....	13
3.1.1 Úvod do logistiky.....	13
3.1.2 Historie a vývoj.....	14
3.1.3 Vliv pandemie COVID-19.....	16
3.1.4 Logistika dnes a její aktuální trendy	20
3.1.5 Logistický systém	21
3.1.6 Logistický řetězec	21
3.1.7 Dopravní logistika.....	21
3.1.8 Logistické systémy	21
3.2 Teorie grafů.....	23
3.3 Distribuční úlohy.....	25
3.3.1 Okružní dopravní problém.....	25
3.3.2 Matematický model jednookruhového okružního dopravního problému.....	26
3.3.3 Metoda nejbližšího souseda	26
3.3.4 Vogelova aproximační metoda	27
3.3.5 Metoda výhodnostních čísel	27
4 Vlastní práce.....	28
4.1 Společnost OFFICEO s.r.o.....	28
4.1.1 Popis řešeného problému	28
4.2 Metoda nejbližšího souseda	29
4.3 Vogelova aproximační metoda	39
4.4 Metoda výhodnostních čísel.....	48
5 Výsledky a diskuse	55
5.1 Analýza a shrnutí výsledků	55
5.2 Diskuse.....	57
6 Závěr.....	58
7 Seznam použitých zdrojů	59
8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk.....	61
8.1 Seznam obrázků	61

8.2	Seznam tabulek.....	61
Přílohy	62

1 Úvod

V současné době, kdy se svět potýká s neustálým růstem cen paliv, zvyšujícím se provozem v městských oblastech a narůstajícím důrazem na ochranu životního prostředí, se stává optimalizace dopravních tras nejen ekonomickou nezbytností, ale i ekologickým imperativem. V rámci této bakalářské práce se zaměřuji na optimalizaci trasy v Praze jednoho řidiče společnosti OFFICEO s.r.o., s cílem minimalizovat náklady, ušetřit čas, snížit emise a uhlíkovou stopu, které ve velké míře přispívají ke globálnímu oteplování.

Optimalizace dopravních tras není pouze o nalezení co nejkratší cesty mezi dvěma body. Je to komplexní vědecká disciplína, která se opírá o algoritmy, data a poznatky z oblasti logistiky a operativního výzkumu. Logistika je považována za páteř moderního obchodu. První náznaky můžeme najít již ve starověkých civilizacích. Například starověký Řím vyvinul rozsáhlou síť cest a vodovodů, aby zefektivnil dopravu zboží a zásobování města, což přispělo k jeho hospodářské síle a stabilitě. U starověkých pyramid v Egyptě byly dopravní trasy nezbytné pro dokončení těchto monumentálních staveb.

V této práci se představí metody a techniky, které umožňují efektivní plánování a optimalizaci tras s ohledem na měnící se dopravní podmínky a potřeby společnosti. Cílem je nejen zlepšit logistické procesy ve společnosti OFFICEO s.r.o., ale také ukázat, jak mohou být podobné postupy uplatněny v širším měřítku pro podporu udržitelné mobility a snížení dopadů dopravy na životní prostředí.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je nalezení co nejvhodnější trasy mezi společnostmi OFFICEO s.r.o. a jejími zákazníky. Použita je náhodná trasa jednoho řidiče, která zahrnuje deset zastávek po Praze a jedno výchozí místo. Výchozím místem se rozumí sklad firmy v Hostivicích. Předmětem tohoto cíle je minimalizovat náklady, časovou náročnost a enviromentální dopady na životní prostředí. Výsledky budou analyzovány, zhodnoceny a následně porovnány s trasou společnosti.

2.2 Metodika

Práce se skládá ze dvou částí. Po prostudování literatury dané problematiky se první teoretická část skládá z definic a charakteristiky vybraných metod pro optimalizaci tras. Zabývá se logistikou jako takovou, jsou shrnuty aktuální trendy nebo jaký měla vliv na logistiku pandemie COVID-19.

V druhé praktické části je představena firma a z poskytnutých dat se optimalizuje dopravní trasa v kombinaci ručních metod a softwarové podpory. Aplikovány budou tři základní metody. Metoda nejbližšího souseda a Vogelova aproximační metoda jsou počítány ručně. Metoda výhodnostních čísel je počítána pomocí programu Microsoft Excel s doplňkem TSPKOSA. Pro ověření a kontrolu výsledků získaných pomocí prvních dvou metod jsem využila také program Microsoft Excel s doplňkem TSPKOSA, který byl navržen speciálně pro řešení úloh obchodního cestujícího. Tento software umožnil automatizovanou analýzu a porovnání tras, což přispělo k přesnosti a minimalizaci chyb.

V závěru práce budou výsledky analyzovány, zhodnoceny a porovnány.

3 Teoretická východiska

3.1 Logistika

3.1.1 Úvod do logistiky

V odborné literatuře se definic na téma logistika vyskytuje celá řada. Dokonce se některé definice od sebe navzájem odlišují, jelikož se tento obor neustále vyvíjí. První zmínky o logistice se datují už od starověku, přičemž její kořeny jsou spojovány s vojenskými operacemi.

V 9. stol. n. l. definoval byzantský císař Leontos VI. (886–912), zvaný Moudrý, logistiku: „*Úkolem logistiky je sehnat prostředky na financování vojska, toto náležitě vyzbrojit a rozčlenit, vybavit jej obrannými a útočnými prostředky, starat se včasné a dostatečně o jeho potřeby a přiměřeně připravovat každý akt vojenského tažení. Což znamená propočítat prostor i čas, odhadnout správně území s ohledem na pohyby vojska a na odpor protivníka a pomocí těchto funkcí uspořádat a řídit pohyb vlastních bojových sil, tedy jedním slovem jimi disponovat.*“ (Stehlík, Kapoun, 2008, str. 13).

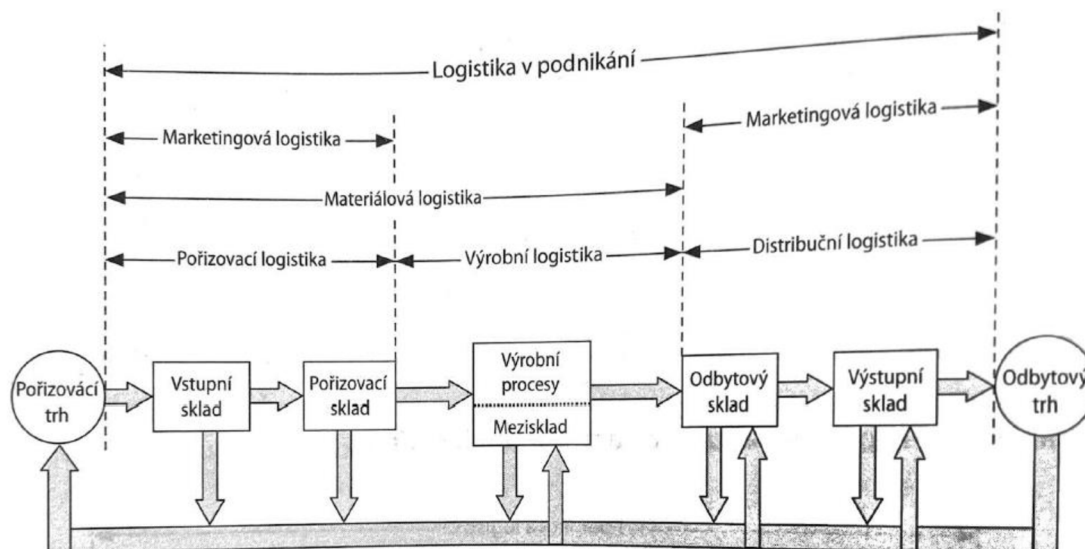
Pernica (1994) definuje logistiku jako disciplínu, která se zabývá celkovou optimalizací, koordinací a synchronizací všech činností, jejichž řetězce jsou nezbytné k pružnému a hospodárnému dosažení daného konečného (synergického) efektu.

Svatoš s kolektivem (2009) charakterizují logistiku jako komplexní, systematický přístup k optimalizaci nákladů a minimalizaci rizik. Logistika zahrnuje celý tok zboží od dopravy surovin k výrobcí až po odevzdání zboží konečnému spotřebiteli.

Tichý (2021) vysvětluje pojem logistiky tak, že ji lze chápat jako správné zboží (výrobky a služby ve správné kvalitě a ve správném množství) ve správném čase, na správném místě s příslušnými informacemi. Cílem logistiky je uspokojit požadavky trhu pomocí logistických výkonů při minimálních nákladech.

Lochmannová (2022) popisuje definici obdobně jako Jaromír Tichý, a to tak, aby bylo správné zboží ve správném množství dodáno na správné místo ve správném čase za adekvátní cenu s minimálními náklady.

Obrázek 1: Funkční členění podnikové logistiky



Zdroj: Stehlík, Kapoun (2008)

3.1.2 Historie a vývoj

„Pojem logistika jako takový bývá odvozován od řeckých slov *logistikon* nebo *logos*. Pojem *logistikon* označuje *důmysl, rozum*, pojem *logos* pak *řeč, slovo, myšlenku, větu nebo rozum*.“ (Lochmannová, 2022, str. 8)

Logistika měla své první teoretické a praktické uplatnění ve vojenském odvětví, kdy byl byzantským císařem sepsán první koncept vojenské logistiky. Byzantský císař Leontos VI., zvaný Moudrý, sepsal v 9. stol. n. l. „Souhrnný výklad vojenského umění“. Tento výklad spočíval v úkolech, jak sehnat prostředky na financování vojska, jak vojsko vyzbrojit, rozčlenit, odhadnout správné území, propočítat čas i prostor a pomocí těchto informací uspořádat a řídit pohyby vojska.

Ve středověku se používala logistika i pro matematické výpočty pro např. optimální polohy střílen, založení táborů pro vojáky, vybavení vojáků jídlem a koní krmivem. Základy vojenské logistiky však položil až Švýcar Antoine-Henry de Jomini v roce 1838 publikací „*Précis de l'art de la guerre*“ (Náčrt vojenského umění) a je považován za zakladatele moderní logistiky. Po překladu do angličtiny byla publikace ve velké míře využívána americkým námořnictvem. V roce 1885 při otevření jisté námořní americké školy se stala standartní učebnicí pro americké důstojníky (Stehlík, Kapoun, 2008).

Lochmannová (2022) popisuje historii logistiky tak, že před první světovou válkou, kdy bylo již zapotřebí řešit nejen přesun vojsk na velké vzdálenosti, ale také plynulé

zásobování a komplikovanější přesuny zboží, se tímto způsobem logistika dostala do hospodářské sféry. V té době se také odehrál další pokrok v oblasti počítačové technologie, což usnadnilo matematické zpracování. Po druhé světové válce byly vyvinuty matematické metody jako lineární programování nebo rozvozové plány, které byly postupně přeneseny z vojenské do civilní sféry a využívají se dodnes pro zajištění materiálu, plánování výroby nebo pro přesun surovin.

V 50. letech 20. století došlo k významným podnětům pro rozvoj hospodářské logistiky. Tyto principy se začaly promítat do hospodářské sféry nejprve ve Spojených státech, zhruba od sedmdesátých let pak do západní Evropy. Tento časový úsek se vyznačuje proměnami v pojetí cirkulačních procesů, které jsou důsledkem pokroku v oblasti vědy a technologie. V tomto období se začíná uplatňovat marketing, oslovují se zákazníci a zvyšuje se objem prodeje výrobků a služeb. Poprvé dochází k používání celkových nákladů tzv. Total cost.

V 60. letech minulého století se logistika začala vyvíjet jako nezávislá disciplína lidské činnosti, přispívající ke zlepšení efektivního managementu firem a podporující jejich konkurenceschopnosti na trhu.

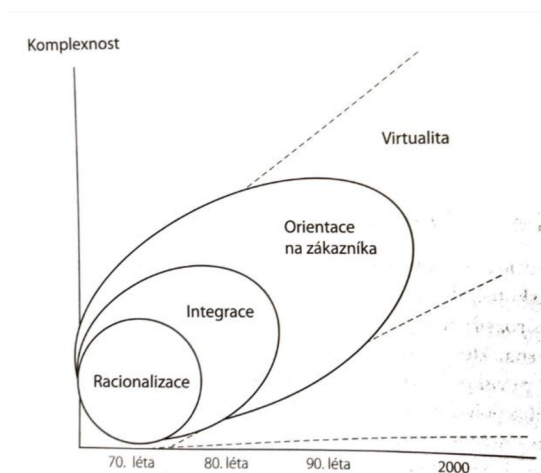
Mezi sedmdesátými a osmdesátými lety byl pohled na logistiku vnímán jako tok materiálu v čase a prostoru. Mimo fyzickou logistiku, která představuje činnosti jako je přeprava a skladování, je kladena větší váha pro získávání toků informací a klade se větší důraz na ekonomickou stránku logistiky.

Devadesátá léta jsou definována jako období integrace, kdy dílčí činnosti jako je distribuce, zásobování, skladování a výroba jsou integrovány do jednoho systému a vytváří se tím tak logistický řetězec. Přání a uspokojování potřeb se klade na první místo (Lochmannová, 2022).

„Ve 21. století se logistika stává základním prvkem strategického řízení podniku, který je nástrojem umožňujícím mu dosáhnout konkurenceschopné pozice na trhu. Základní tendencí tohoto období je snaha o optimalizaci logistických procesů v podniku s využitím značně pokročilých informačních a komunikačních technologií. Tato celková optimalizace by měla na úrovni podniku i celé společnosti přinést dosažení tzv. synergického efektu, což je efekt plynoucí ze součinnosti kdy, jestliže zúčastněné subjekty spolupracují, je výsledný efekt jednoznačně vyšší než součet efektů, jejichž by dané subjekty dosáhly při izolované realizaci činnosti.“ (Lochmannová, 2022, str. 10)

Dále Lochmannová (2022) poukazuje na neustále vyvíjející se soudobé trendy. Mluví se o skladnících 4.0, kteří se budou pomocí chytrých brýlí a v rozšířené realitě pohybovat a orientovat ve skladu. Trendů je celá řada, jedná se hlavně o technologie, digitalizaci, automatizaci a robotizaci. Moderní technologie a systémy využívá trh pro co nejefektivnější řízení v logistice. Zvyšuje se díky tomu produktivita práce a klesají požadavky na pracovní síly, kterých je stále větší nedostatek.

Obrázek 2: Vývoj logistiky



Zdroj: Stehlík, Kapoun (2008)

3.1.3 Vliv pandemie COVID-19

Pandemie COVID-19, která propukla v Číně ve městě Wu-chan v prosinci 2019, se dotkla všech oborů, ale na obor logistiky měla zásadně transformační dopad. Exponenciální nárůst v objemu objednávek přes internet a velké nároky kladené na dodavatelské řetězce výrazně zrychlily proces digitalizace skladů a distribučních center (Pokorný, 2021).

„Makroekonomické změny a posuny obchodních modelů mají dopad i na globální dodavatelské řetězce a přinášejí jak příležitosti, tak problémy. Vývoj logistických procesů je přímo nebo nepřímo způsobený změnami obchodních modelů, růstem HDP nebo chováním zákazníků.“ (Petrjánoš, 2021)

Petrjánoš (2021) v článku „Pandemie mění logistiku i obchodní modely“ uvádí následující zásadní změny v logistice po pandemii COVID-19:

Jiné růstové modely

Vývoz z Asie není po pandemii již tak dominantní. Hospodářský a populační růst bude cílit více na i na jiná města a klíčovým faktorem je infrastruktura.

Vyšší flexibilita

Pro uspokojení spotřebitelů s různými požadavky z odlišných míst v různém čase je nezbytný flexibilní dodavatelský řetězec, který se dokáže rychle adaptovat na nečekané změny.

Postupující globalizace

V důsledku růstu firem na mezinárodní úrovni se dodavatelé logistického sektoru musí přizpůsobit této strategii růstu podnikání.

Vícekanálové nákupy

Vzhledem k většímu využívání nákupních kanálů (od obchodů po e-shopy) je třeba podporovat vícekanálové strategie.

Lepší kontinuita

Zde hraje roli trend outsourcingu, forma subdodavatelství za úplaty, kdy je možné využívat alternativní dopravní metody a trasy pro urychlení uvedení na trh a minimalizaci rizika zpoždění.

Vyšší udržitelnost

Na trhu je vyšší zájem o statky a služby, které minimalizují dopady na životní prostředí.

Užší soulad s legislativou

Mezinárodní společnosti preferují obchod se zeměmi s nízkým pořizovacími náklady, které se však potýkají s úplatkářstvím a korupcí. Legislativa pro boj proti korupci a úplatkářství má stále větší vliv na dodavatelské řetězce.

Kompletní přehled

Úplný přehled dodavatelského řetězce je nezbytný pro reakci na změny zdrojů, nabídky, kapacity a poptávky.

Vyšší složitost

Jelikož narůstá menších a častějších objednávek stávají se tak dodavatelské řetězce složitějšími a dynamičtějšími.

„Tento vývoj bude mít na každodenní logistiku významný dopad. Společnosti se budou muset připravit na „nový normál“ řízení dodavatelského řetězce. Se všemi těmito změnami je důležitější než kdy jindy neztrácet přehled o nejnovějších trendech.“ (Petrjánoš, 2021)

Petrjánoš (2021) se v článku zabývá třemi technologiemi v logistice:

Robotická automatizace procesů

Technologie automatického robotického procesu RPA (Robotic Process Automation) používá automatizované softwarové roboty tzv. boty. Tyto boty pomáhají při automatizaci časově náročných úkolů např. zadávání dat, extrahování a vkládání dat do různých aplikací. Boty také mohou automaticky shromažďovat a porovnávat prodeje, výrobní kapacitu a údaje o dodávkách dodavatelů.

Internet věcí

Internet věcí v logistice IoT (Internet of Things) poskytuje logistickým firmám schopnost sledovat klíčové ukazatele výkonu a základní parametry ovlivňující jejich aktiva. Dokáže generovat okamžitá upozornění na každý aspekt, který by mohl narušit efektivní distribuci, rozpoznávat příčiny neefektivity vedoucí k možným zpožděním v dodávkách a automatizovat odstraňování chyb způsobených lidským faktorem. Tímto se snižuje potřeba lidského zásahu, minimalizují se náklady a zvyšuje se kvalita.

Blockchain

Blockchain je jedna z nejpropagovanějších technologií současnosti. Pomocí blockchainu mohou společnosti sledovat a ověřovat pohyb produktů nebo informací v dodavatelském řetězci. Touto technologií se dá tak zabránit podvodům s padělkami a pokud jde o krádeže, umožňuje určit, zda je řetězec péče o zboží v jakémkoli bodu přepravy přerušen. Blockchain také umožňuje rychlejší a efektivnější řešení problémů, protože všechna data jsou k dispozici v reálném čase.

V publikaci Petrjánoš (2021) také zmiňuje technologické i netechnologické hnací síly dnešní logistiky. Za netechnologickou hnací silou transformace logistiky je zvýšená poptávka po menším množství statků a služeb na vícero adres konečných spotřebitelů. Také poukazuje na to, že dnešní logistika by těžko fungovala bez informačních technologií, jako jsou například Systémy řízení skladu, Systémy pro řízení dodavatelského řetězce, Enterprise Resource Planning nebo Transportní řídicí systémy.

SKLAD (2022) ve studii s názvem „Trendy v české logistice“, kterou vytvořila výzkumná agentura IPSOS mezi květnem a srpnem téhož roku, se ve výzkumu zabývali trendy a vlivy na vyvíjející se trh logistiky v České republice. Do průzkumu se zapojilo 132 manažerů z oblasti logistiky a zásobování. Ti v průběhu dotazování a rozhovorů sdíleli své pohledy na aktuální či budoucí investiční strategie a vývoj logistiky. Rovněž se zaměřili na dopady vnějších vlivů jako jsou pandemie COVID-19 nebo válečný konflikt na Ukrajině.

Ve studii se dotazovaní shodovali, že pandemie COVID-19 urychlila digitalizaci skladů, která logicky vyžaduje vyšší nároky na kybernetickou ochranu. Dále se ve velké míře zabývali optimalizací dodavatelských řetězců, aby minimalizovali riziko dodávek z druhého kraje světa. Ve studii poukazují na výzvy a nedostatky tohoto období:

- Nedostatek skladové techniky, vybavení, dlouhé dodací lhůty
- Lidské zdroje a jejich nedostatek
- Nedostatek volných skladovacích prostor
- Nemožnost odhadnout vývoj
- Digitalizace a technologie

Výzkum se dále zabýval budoucími trendy v interní logistice. 95 % dotazovaných firem plánuje do 5 let alespoň částečnou automatizaci skladů. Dále zmiňují, že bude pokračovat trend zvyšování energetické nezávislosti. Firmy budou více investovat do instalace obnovitelných zdrojů energie např. fotovoltaiky, které pomohou minimalizovat náklady na energii a na provoz podniku. V závěru uvádí, že s narůstajícími cenami materiálu, energií a lidských zdrojů je tlak na optimalizaci provozu skladů vysoký.

3.1.4 Logistika dnes a její aktuální trendy

Společnost SynexLogistics (2023) v článku „Trendy v logistice 2023“ specifikuje níže uvedené trendy v logistice pro výše uvedené období:

Umělá inteligence (AI)

Analytici poukazují na výhodu použití umělé inteligence např. řízení skladů, rozvoj vícekanalového nákupu či sledování změn v chování spotřebitelů čímžlepší celý dodavatelský řetězec.

Rozšířená analytika

Analytické nástroje mají schopnost zkoumat komplexní soubory dat, od geografického rozmístění objednávek, přes informace o dopravních cestách, až po hodnocení výkonu řidičů, spokojenosti zákazníků a analýzu získané zpětné vazby.

Automatizace

Robotika se stane zásadním prvkem v logistice na celosvětové úrovni. Zvýší se množství jak pevně umístěných, tak mobilních robotů, dronů a „chytrých“ štítků tzv. Smart Labels. Očekává se, že pokročilé technologie zjednoduší využívání alternativních energetických zdrojů.

Internet věcí (IoT)

Přenos dat po síti či cloudu bez zásahu člověka. Blíže specifikováno na straně 16.

Flexibilita a nearshoring

Pandemie, geopolitická nestabilita či vysoká inflace zapříčinily, že společnosti změnilly geografii výroby a přesunuli ji na domácí trh.

Společnost ANASOFT (2024) považuje tentýž rok za průlomový okamžik, kdy umělá inteligence (AI - artificial intelligence) transformuje podniky v oblasti skladování a logistiky. Pro podniky tak začíná nová éra, kdy umělá inteligence bude základním pilířem pro výkonnější, inteligentnější a přesnější řízení skladových procesů a technik pro co nejlepší udržení efektivity skladování a logistiky.

3.1.5 **Logistický systém**

Logistický systém označuje souhrn uspořádaných množin všech technických prostředků, zařízení, nemovitostí, infrastruktury a zaměstnanců, které se podílejí na realizaci logistických prostředků. Zhodnocovací logistický systém definuje tok materiálu a zboží, od nákupu surovin po prodej zákazníkovi a dochází tak k růstu přidané hodnoty. Informační logistický systém se zaměřuje na informace o požadavcích zákazníků založené na vlastních predikcích či konkrétních objednávkách (Tichý, 2021).

3.1.6 **Logistický řetězec**

Lochmannová (2022) definuje ve své publikaci logistický řetězec jako soubor hmotných i nehmotných toků, jejichž struktura a chování jsou odvozeny od hlavního cíle, kterým je uspokojení potřeby konečného článku řetězce. Podle ní tak řetězec tvoří dějový sled jednotlivých činností, které vedou ke spokojenosti zákazníků a může pro bližší představu vypadat následovně: Nákup materiálu – výroba – uskladnění – expedice.

3.1.7 **Dopravní logistika**

Svoboda (2004) definuje dopravní logistiku jako postavení a funkce dopravy v logistických systémech, jinak řečeno jde o působení dopravy na logistické systémy. Dopravou rozumíme určitou lidskou činnost, která vede k cílevědomému a ekonomicky zdůvodněnému přemístování lidí a věcí za účelem uspokojení potřeb přemístění.

3.1.8 **Logistické systémy**

Stehlík a Kapoun (2008) ve své publikaci zmiňují následující systémy:

Production Planning and Control (PPC)

Zabývá se plánováním a řízením výroby. Softwary usilují o zachování elasticity a otevřenosti. Řeší počítačové zpracování tzv. klasických problémů jako jsou např. podniková databáze, účetnictví nebo materiálové plánování.

Material Requirements Planning (MRP I.)

Využívá se pro přesné plánování řízení výroby na základě kusovníků, které určovaly, z kterých polotovarů se stává konečný výrobek.

Manufacturing Resource Planning (MRP II.)

Zahrnuje veškeré aktivity spojené s výrobou, které jsou vyjádřené množstevně či hodnotově od strategické po operativní řízení, které společně tvoří tzv. integrovaný logistický informační systém.

Customer Relationship Management (CRM)

Rozšiřuje marketingové odvětví podniku na prodejní straně. Pečlivě analyzuje chování a přání zákazníků pro jejich udržení, protože je dnes známo, že získání nového zákazníka bývá pětkrát dražší než udržení si zákazníka stávajícího.

Supply Chain Management (SCM)

Tento systém tvoří plánování, řízení a kontrolování procesů v dodavatelském řetězci s cílem uspokojení potřeb spotřebitele. Zahrnuje všechny movitý majetek a zásoby, rozpracovanou i dokončenou výrobu.

Application Service Providing (ASP)

Přestavuje službu pro zákazníky v podobě aplikací na daném serveru s doplňkovými službami. Jedná se o pronájem počítačových programů, zpracování a uložení dat nebo také poradenství, podporu a upgrade.

Electronic Data Interchange (EDI)

Prostřednictvím EDI se zajišťuje rychlejší a přesnější výměna informací elektronickou cestou. Díky tomu se vylučují zbytečné chyby, které jsou způsobeny ručním zadáváním dat například v objednávkách, fakturách a reklamacích.

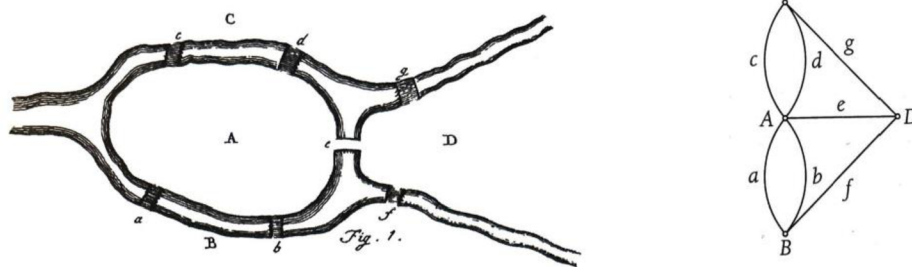
Enterprise Resource Planning (ERP)

ERP systém je určený pro plánování podnikových zdrojů, které zprostředkovává software SAP. Tento software umožňuje důkladně plánovat výrobu, plně využívat výrobní kapacity a snižovat stav zásob při dodržování naplánovaných termínů.

3.2 Teorie grafů

Základy teorii grafů položil v 18. století Leonhard Euler a je považován za jednoho z největších a nejplodnějších matematiků své doby. V článku, který publikoval 26. 8. 1735, vyřešil problém obyvatel města Královce ve Východním Prusku. Ti se rádi procházeli v okolí řeky Pregel, kde mezi městy bylo sedm mostů a snažili se přijít na to, jak přejít každý most pouze jednou. Euler schematicky načrtl města s mosty. Města pojmenoval velkými písmeny A až D a mosty malými písmeny a až g. Města představovala vrcholy a mosty hrany a tím Euler položil základy pro teorii grafů. V této teorii dospěl k závěru, že aby úloha byla řešitelná, musí mít každý vrchol sudý počet hran nebo přesně dva vrcholy liché. Z tohoto závěru vyplynulo, že každý vrchol měl lichý počet hran, a proto neexistuje řešení, aby po každém mostu při procházce šli právě jednou (Cook, 2012).

Obrázek 3: Eulerův náčrtek mostů a graf znázorňující mosty v Královci



Zdroj: (Cook, 2012)

Podle Šubrta (2015) existuje velké množství reálných možností, jak znázornit pomocí grafu situaci uzlů a hran. Graf tvoří uzly nebo také vrcholy a hrany, které jsou jako spojnice mezi nimi. Uzly neboli vrcholy mohou znázorňovat například distribuční centra. Hrany pak představují trasy mezi distribučními centry. Pro ty, kteří se příliš neorientují v matematických modelech je pak reprezentace pomocí grafů mnohem přehlednější a elegantnější.

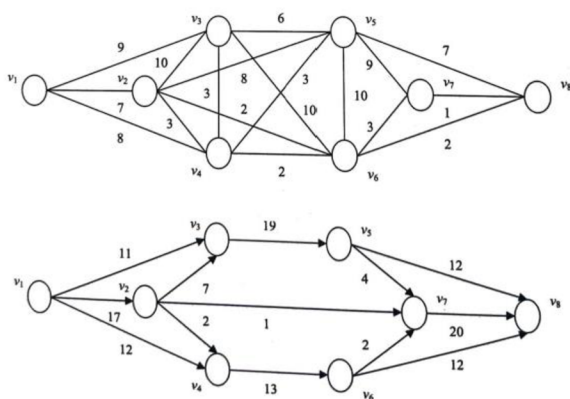
Graf je uspořádaná dvojice, která se skládá z množiny uzlů (vrcholů) a množin hran, přičemž hrany jsou dvojice uzlů (Šubrt a spol., 2015).

Podle Hendla (2022) graf modeluje uzly (vrcholy), které představují určité objekty a hrany mezi nimi určují vztahy mezi objekty. Jsou dva typy určení grafu. První z nich je určení pomocí grafického znázornění a dalším způsobem může být určení pomocí seznamu sousednosti a seznamu vrcholů. V grafu (G) jsou dány vrcholy (V) s hranicemi (E) , které se

značí $G = (V, E)$. Dva vrcholy spojuje hrana $e = (u, v)$ a je neuspořádanou dvojicí uzlů, které v grafu sousedí.

Grafy se dále dělí na orientovaný a neorientovaný, přičemž v orientovaném grafu je znám směr vztahu mezi objekty. Posledním dělením grafů jsou váhy hran, které grafy určují na ohodnocené a neohodnocené. V neohodnocených grafech mají hrany stejnou váhu a každá hrana hraje stejně důležitou roli. V ohodnocených grafech mají hrany různé váhy a každá hrana má různou důležitost (Hendl, 2022).

Obrázek 4: Neorientovaný a orientovaný ohodnocený graf



Zdroj: (Šubrt a kolektiv, 2019)

Graf lze také zobrazit pomocí matice sousednosti. Matice je vždy čtvercová. Počet řádku a sloupců určují počty uzlů v grafu. V případě neorientovaného a neohodnoceného grafu jsou v matici zastoupena pouze čísla 0 a 1 a matice je symetrická (E). Jedná-li se o ohodnocený graf, pak čísla v matici budou stejná jako váhy, které jsou přiřazené daným hranám (F). U orientovaných grafů matice nevykazuje symetrii. Při čtení této matice představují řádky uzly, z nichž šipky vycházejí a sloupce pak ukazují na uzly, které jsou cílem těchto šipek (G), (Hendl, 2022).

Obrázek 5: Maticové zobrazení grafu

$$E = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad F = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 3 \\ 2 & 0 & 1 \\ 3 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad G = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Zdroj: (Hendl, 2022, str. 186)

3.3 Distribuční úlohy

Z lineárního programování tvoří určitou část distribuční úlohy, do kterých patří problémy jednostupňové, dvoustupňové, přiřazovací, okružní, trasovací a jiné další typy úloh. Pro ulehčení jsou u jistých úloh specifické vlastnosti, které vedou ke speciálním metodám a jsou méně komplikované než simplexova metoda, která řeší obecný model lineárního programování (Šubrt, 2019).

3.3.1 Okružní dopravní problém

V publikacích je také nazýván jako problém obchodního cestujícího a je jedním z nejnámějších a neoblíbenějších kombinatorických problémů. Jeho historie sahá až k roku 1759, kdy se švýcarský matematik Leonhard Euler zabýval tímto typem úloh. Větší zájem o tyto typy úloh přinesl rozvoj lineárního programování v druhé polovině dvacátého století (Hynek, 2008).

Hynek (2008) popisuje okružní dopravní problém (ODP) tak, že jeden obchodní cestující navštíví pouze jednou každé přidělené město s tím, aby se vrátil do počátečního místa odkud vyrazil za co nejnižší vynaložené náklady, které závisí na vzdálenosti měst mezi sebou. Cílem je tedy navrhnout okružní trasu, kde celkové náklady budou minimální.

Pro tyto okružní dopravní problémy neexistují vyhovující algoritmy, které by našly přesné matematické optimum a řadí se tak z matematického pohledu mezi NP-úplné problémy. Jsou však určité aproximační metody, které můžeme považovat za ekonomické optimum (Šubrt a kolektiv, 2019).

V disertační práci Kučera (2009) shrnul rozdělení aproximačních metod následovně:

- Metody vytvářející řešení
 - Z ničeho nevychází a konstruuje se od začátku.
 - Sekvenční postup
Začne se v jednom místě, ze kterého se možnosti rozšiřují, přičemž si všímají pouze blízkého okolí.
 - Paralelní postup
Postupuje se celoplošně, pracuje se z více míst najednou a následně se pak místa spojí dohromady.
- Metody zlepšující řešení
 - Vychází se z řešení náhodně vybrané nebo získané metody, která řešení vylepšuje.

V této práci Kučera shledává, že metody se sekvenční postupem jsou jednodušší, časově méně náročné, ale mívají obecně horší řešení než metody s paralelním postupem (Kučera, 2009).

Jednookruhový dopravní problém se skládá z prvků n míst (uzlů, vrcholů) a sazby c_{ij} (váha ohodnocení spojení míst i a j). Cílem je minimalizovat náklady na okružní spojení a najít takové posloupnosti uzlů, které se v okruhu vyskytují pouze jednou (Šubrt, 2019).

3.3.2 Matematický model jednookruhového okružního dopravního problému

Do matematického modelu patří proměnné n (vrcholy, uzly), sazba c_{ij} a indexy ij , které znamenají například vzdálenost, spotřebu času nebo přímé náklady na cestu. V matematickém modelu x_{ij} specifikuje průběh nalezeného okruhu. Pokud se $x_{ij} = 1$ pak se v trase mezi i a j pokračuje. Pokud se ale $x_{ij} = 0$, tato trasa se zamítá. Další proměnná u_i vyjadřuje pořadí místa v okruhu. Postupuje se tak, že se hledá minimum lineární funkce:

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

za podmínek

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} &= 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} &= 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ u_i - u_j + nx_{ij} &\leq n - 1 \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n; i \neq j \\ x_{ij} &\in \{0; 1\} \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2)$$

Řešení modelu či hledání okružní trasy se řeší tak, že každému místu, které se projíždí, se přiřadí místo, které na okružní trase následuje. Aby se vyloučila možnost, kdy se jednotlivá místa objedou samostatnými okruhy, jsou k přiřazovací úloze dodány tzv. Tuckerovy podmínky (1). Náročnost úlohy (NP-úplnost) zapříčiňuje bivalentnost proměnných (2) (Šubrt, 2019).

3.3.3 Metoda nejbližšího souseda

Podle Cooka (2012) se metoda považuje za nejjednodušší aproximační metodu pro ODP a málokdy najde nejlepší řešení. Šubrt (2019) popisuje jednotlivé kroky následovně: V prvním kroku je potřeba si zapsat maticové sazby k jednotlivým místům, kam obchodní cestující potřebuje jet. V dalším kroku se jedná o to, že se z výchozího místa hledá následující nejbližší nebo nejvýhodnější místo tzv. sazba. Pokračuje se takto ve všech

místech, která ještě nebyla obsazena a po obsazení všech míst se vrací zpět k výchozímu místu. Další trasy se hledají stejným způsobem a mění se pouze výchozí místa. Po vypočítání všech tras se zvolí trasa s nejnižším součtem sazeb.

3.3.4 Vogelova aproximační metoda

Vogelova aproximační metoda (VAM) se používá k výpočtu rovnoměrného obsazování výhodných spojů. Řeší se pomocí výpočtu diferencí, které se spočítají rozdílem dvou nejuvhodnějších sazeb v řádcích i sloupcích tabulky a doplní se do řádku Δ_i a sloupce Δ_j . Tam, kde je nejvyšší diference, se označí nejnižší sazba. Následně se vyškrtne celý řádek i sloupec. Musí se vyškrtnout i ta hodnota, která by tento okruh předčasně uzavřela. V dalším kroku se přepočítají diference a celý proces se opakuje do doby nalezení adekvátní trasy. V případě, že se vyskytne v řadě stejná výše diference, Šubrt doporučuje přednostně obsadit buňku s výhodnější sazbou v této řadě (Šubrt, 2019).

3.3.5 Metoda výhodnostních čísel

Clark a Wright (1964) navrhli algoritmus pro metodu výhodnostních čísel, a proto se také nazývá Clarkeova – Wrightova metoda. Metoda se oproti ostatním metodám liší v tom, že se v maticích nevyužívají vzdálenosti, ale matice tzv. výhodnostních čísel. V první řadě se zvolí libovolný uzel a označí se indexem 0. Každá dvojice ostatních uzlů i a j se vypočítá přímou trasou mezi nimi (c_{ij}) s výhodnostním číslem $s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$. Trasy se seřadí sestupně dle hodnot výhodnostních čísel. Dále se v seřazeném pořadí přidávají do řešení okruhu, pokud okruh mohou tvořit. Tímto postupem se stane trasa, která prochází všemi uzly mimo toho uzlu, který je označen nulou. Uzel označený nulou se poté připojí k řešení. Tento postup se doporučuje provést pro všechny uzly a vybrat ten nejvhodnější.

4 Vlastní práce

4.1 Společnost OFFICEO s.r.o.

Společnost OFFICEO s.r.o. působí na trhu již přes 30 let. V roce 1993 dva studenti založili firmu Papirius na dodávání kancelářských potřeb. Během třináctileté historie se společnost stala významným dodavatelem kancelářského zboží nejen v České republice, ale postupně i na Slovensku, v Maďarsku a v Polsku. V roce 2007 proběhla akvizice s americkou nadnárodní korporací Office Depot. V roce 2020 se firma spojila se společností Büroprofi a v roce 2021 se přejmenovala na OFFICEO s.r.o. Těmito fúzemi si tak upevnila vedoucí pozici na trhu kancelářských potřeb v České republice.

Nabízí širokou škálu produktů a služeb. Jedná se především o kancelářské potřeby, elektroniku, software, základní zdravotnické potřeby, potraviny, hygienické a čisticí prostředky. Z tohoto portfolia lze vyvodit, že firma chce vyhovět veškerým potřebám svých zákazníků a uspokojit tak poptávku různorodého pracovního prostředí.

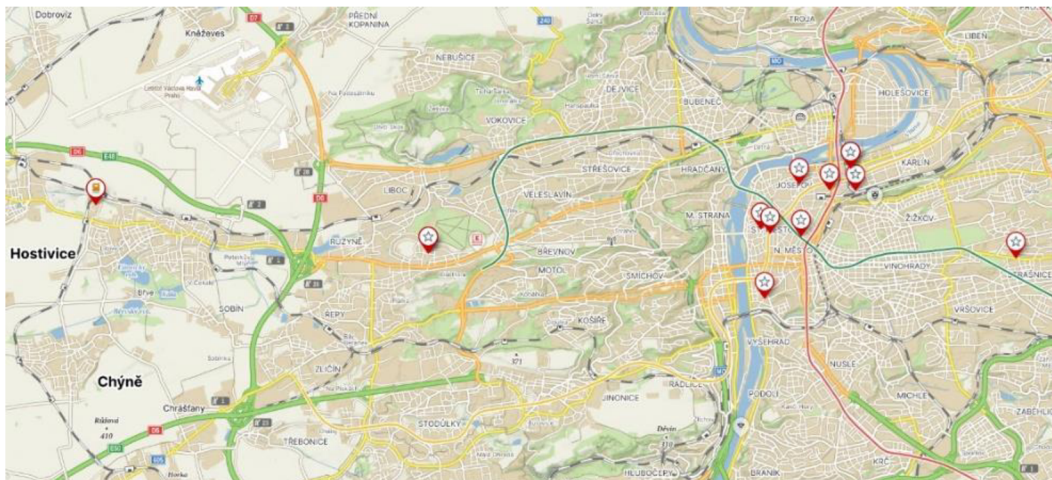
Firma spolupracuje se společností SolverTech s.r.o., která optimalizuje trasy, plánuje rozvozy, svozy a přepravuje zboží. Je to česká společnost, která software přímo vlastní. Vyvíjí se a přizpůsobuje se na míru zákazníkům. Nabízí řešení distribuce a pomáhá s logistickými analýzami. Se společností SolverTech spolupracují další firmy jako jsou například Rohlik.cz, Košík.cz, Zásilkovna, Mall.cz nebo Sconto nábytek. Jejich služby využívají i zahraniční partneři v Kanadě, Anglii, Austrálii či v Rumunsku.

4.1.1 Popis řešeného problému

Firma vlastní několik desítek aut a zaměstnává několik desítek řidičů. Jelikož by ale toto bylo velice komplikované zpracovat, zaměří se tato práce na jednoho určitého řidiče, který rozváží objednávky po Praze v určitý den. Jako výchozí místo je sklad OFFICEA, který se nachází na adrese Floriánova 2461, 253 01, Hostivice.

Z tohoto skladu se bude hledat nejlepší možné řešení trasy pro rozvoz objednávek, a to pomocí metody nejbližšího souseda, Vogelovy aproximační metody a metody výhodnostních čísel. V této práci je cílem najít trasu, která minimalizuje časovou a nákladovou náročnost rozvozu objednávek v Praze. Určovací data pro trasu jsou zobrazena v níže uvedené tabulce 1 a v obrázku č. 5. Veškeré informace o vzdálenostech jsou získané z internetových stránek www.mapy.cz.

Obrázek 6: Mapa obslužných míst



Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z: www.mapy.cz

Tabulka 1: Matice sazeb

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

4.2 Metoda nejbližšího souseda

Krok 1:

Začne se s nejjednodušší aproximační metodou nejbližšího souseda. Jako výchozí místo se vybere sklad v Hostivicích, z kterého řidič pojede a do kterého se také vrátí. Pro každé místo se musí vypočítat délka trasy pro všechna místa, která jsou uvedena v tabulce 1 a každé toto místo se musí zvolit jako výchozí. Jakmile se zjistí délky tras pro všechna místa, je třeba trasy porovnat a vybrat tu nejkratší. Tato zvolená trasa se musí dále upravit tak, aby výchozí místo bylo stále ze skladu firmy. V první řadě se z Hostivic pojede do nejbližšího místa a

tím je Rozdělovská, která je vzdálená 7,8km. Ostatní hodnoty ve sloupci pro zastávku Rozdělovskou se škrtnou, jelikož tyto hodnoty nesmí být nadále použity. Škrtná se i řádek pro zastávku mezi Rozdělovskou a Hostivicemi. Pokud by se tato buňka nevyškrtnla, okruh by se předčasně uzavřel, čímž by tato metoda nedávala smysl.

Hostivice → Rozdělovská

Tabulka 2: Metoda nejbližšího souseda: Krok 1

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 2:

Druhým krokem bude pokračování jízdy z Rozdělovské ulice. V řádku Rozdělovská je nejmenší hodnota 8,6km, a to znamená, že se pojedje do ulice Národní. Sloupec Národní se se kromě hodnoty 8,6 celý vyškrtně. Ve sloupci Hostivice se škrtně hodnota 15,7 pro řádek Národní.

Hostivice → Rozdělovská → Národní

Tabulka 3: Metoda nejbližšího souseda: Krok 2

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 3:

Řádek Národní je dalším krokem v hledání naší trasy. Nejnižší hodnotou v řádku Národní je 1,6. Tato hodnota patří do sloupce Purkyňova. Vyškrtnete se tedy celý sloupec Purkyňova mimo hodnoty 1,6 a zároveň se vyškrtnete ve sloupci Hostivice buňka pro řádek Purkyňova a tou je hodnota 16,7.

Hostivice → Rozdělovská → Národní → Purkyňova

Tabulka 4: Metoda nejbližšího souseda: Krok 3

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 4:

V dalším kroku se vychází z řádku Purkyňova a nalezená nejnižší hodnota je 1,3. Tato hodnota patří sloupci Vyšehradská, proto se celý sloupec opět vyškrtne mimo nalezenou nejnižší hodnotu. Ve sloupci Hostivice se vyškrtne hodnota, která by předčasně okruh zacyklila. Tou hodnotou je číslo 16,5.

Hostivice → Rozdělovská → Národní → Purkyňova → Vyšehradská

Tabulka 5: Metoda nejbližšího souseda: Krok 4

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo
Hostivice	16,5	22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6
Vinohradská	22,4	6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	
Purkyňova	16,7	6,1	3,5	3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1
Pernerova	18,2	5,2	3,5	3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4	2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2	9,9	3	2,7	2,4	2,2	
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9	9,2	9,2	8,6	10,9	10,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2	2,9	1,7	1,1	
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9	3,7	3,7	3,3
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7	1,2	1,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 5:

V řádku Vyšehradská se nejbližší soused nachází na Václavském náměstí. Opět se sloupec mimo nalezenou hodnotu škrtá. Škrtá se také řádek Václavské náměstí ve sloupci Hostivice.

Hostivice → Rozdělovská → Národní → Purkyňova → Vyšehradská → Václavské náměstí

Tabulka 6: Metoda nejbližšího souseda: Krok 5

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 6:

Další rozhodovací řádek je Václavské náměstí, kde se nejnižší hodnota nachází ve sloupci Pernerova. Vyškrtne se tedy celý sloupec Pernerova kromě buňky s číslem 1,9. Mezi řádkem Pernerova a sloupcem Hostivice se škrtnou hodnota 18,2.

Hostivice → Rozdělovská → Národní → Purkyňova → Vyšehradská → Václavské náměstí → Pernerova

Tabulka 7: Metoda nejbližšího souseda: Krok 6

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 7:

Z Pernerovy ulice se řidič dále vydá do místa Na Florenci, jelikož tam se nachází nejnižší hodnota. Opakuje se celý proces, kdy se škrtnou sloupce Na Florenci mimo nalezené hodnoty a buňka s číslem 17,6 ve sloupci Hostivice.

Hostivice → Rozdělovská → Národní → Purkyňova → Vyšehradská → Václavské náměstí → Pernerova → Na Florenci

Tabulka 8: Metoda nejbližšího souseda: Krok 7

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 8:

Z Florence dále řidič pojedou do Revoluční ulice, protože tam se nachází nejmenší číslo 1,1. Opět se vyškrtne sloupec mimo nalezenou hodnotu a řádek Revoluční ve sloupci Hostivice s číslem 16,7.

Hostivice → Rozdělovská → Národní → Purkyňova → Vyšehradská → Václavské náměstí → Pernerova → Na Florenci → Revoluční

Tabulka 9: Metoda nejbližšího souseda: Krok 8

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 9:

V dalším kroku se vychází z řádku Revoluční a tam je nejnižší hodnotou číslo 1,7, která patří zákazníkovi v Pobřežní ulici. Znovu se škrtná celý sloupec a buňka pro Pobřežní ulici ve sloupci Hostivice.

Hostivice → Rozdělovská → Národní → Purkyňova → Vyšehradská → Václavské náměstí → Pernerova → Na Florenci → Revoluční → Pobřežní

Tabulka 10: Metoda nejbližšího souseda: Krok 9

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 10:

V předposledním kroku řidič pojedje se zbožím z Pobřežní ulice do Vinohradské ulice, kde se nachází poslední zákazník. V této fázi se škrtná poslední volný sloupec mimo nalezené hodnoty a škrtná se i řádek Vinohradská ve sloupci Hostivice.

Hostivice → Rozdělovská → Národní → Purkyňova → Vyšehradská → Václavské náměstí → Pernerova → Na Florenci → Revoluční → Pobřežní → Vinohradská

Tabulka 11: Metoda nejbližšího souseda: Krok 10

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	6,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 11:

V posledním kroku se řidič musí dostat z místa poslední vykládky zpět do skladu v Hostivicích a tím se tak uzavírá okruh trasy. Z Vinohradské ulice do skladu v Hostivicích je trasa dlouhá 22,4km.

Hostivice → Rozdělovská → Národní → Purkyňova → Vyšehradská → Václavské náměstí → Pernerova → Na Florenci → Revoluční → Pobřežní → Vinohradská → Hostivice

Tabulka 12: Metoda nejbližšího souseda: Krok 11

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

V dalším postupu se sečtou všechny označené hodnoty, které ve výsledku dají celkovou délku trasy. Z výchozího místa ze skladu v Hostivicích činí celková délka trasy 54,9km.

V následující fázi se zjistí vzdálenosti tras pro každé výchozí místo zvlášť. Pro jednodušší porovnání je níže uvedena tabulka s jednotlivými výchozími místy a jejich součtem délky tras. Výpočty jednotlivých výchozích míst jsou k nahlédnutí v příloze 1.

Tabulka 13: Metoda nejbližšího souseda: porovnání jednotlivých výchozích míst

1.	Hostivice – Rozdělovská – Národní – Purkyňova – Vyšehradská – Václavské nám. – Pernerova – Na Florenci – Revoluční – Pobřežní – Vinohradská – Hostivice	54,9 km
2.	Vinohradská – Pernerova – Na Florenci – Revoluční – Pobřežní – Václavské nám. – Vyšehradská – Purkyňova – Národní – Rozdělovská – Hostivice – Vinohradská	54,9km
3.	Purkyňova – Vyšehradská – Václavské nám. – Pernerova – Na Florenci – Revoluční – Pobřežní – Národní – Vinohradská – Rozdělovská – Hostivice – Purkyňova	59,8km
4.	Pernerova – Na Florenci – Revoluční – Pobřežní – Václavské nám. – Vyšehradská – Purkyňova – Národní – Vinohradská – Rozdělovská – Hostivice – Pernerova	59,7km

5.	Vyšehradská – Purkyňova – Národní – Václavské nám. – Pernerova – Na Florenci – Revoluční – Pobřežní – Vinohradská – Rozdělovská – Hostivice – Vyšehradská	57km
6.	Václavské nám. – Pernerova – Na Florenci – Revoluční – Pobřežní – Národní – Purkyňova – Vyšehradská – Vinohradská – Rozdělovská – Hostivice – Václavské nám.	61,1km
7.	Rozdělovská – Hostivice – Národní – Purkyňova – Vyšehradská – Václavské nám. – Pernerova – Na Florenci – Revoluční – Pobřežní – Vinohradská – Rozdělovská	55,5km
8.	Revoluční – Na Florenci – Pernerova – Pobřežní – Václavské nám. – Vyšehradská – Purkyňova – Národní – Vinohradská – Rozdělovská – Hostivice – Revoluční	57,5km
9.	Národní – Purkyňova – Vyšehradská – Václavské nám. – Pernerova – Na Florenci – Revoluční – Pobřežní – Vinohradská – Rozdělovská – Hostivice – Národní	55,5km
10.	Pobřežní – Pernerova – Na Florenci – Revoluční – Národní – Purkyňova – Vyšehradská – Václavské nám. – Vinohradská – Rozdělovská – Hostivice – Pobřežní	57,6km
11.	Na Florenci – Pernerova – Pobřežní – Revoluční – Národní – Purkyňova – Vyšehradská – Václavské nám. – Vinohradská – Rozdělovská – Hostivice – Na Florenci	58km

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Z výsledku je patrné, že nejkratší trasy vyšly dvě, a to ze skladu v Hostivicích a z ulice Vinohradská. Dle výsledku tak vyplývá, že za nejlepší a nejefektivnější okruh - podle metody nejbližšího souseda - se považuje trasa ze skladu v Hostivicích.

4.3 Vogelova aproximační metoda

V druhé části vlastní práce bude použita Vogelova aproximační metoda pro nalezení trasy. Matice sazeb bude totožná jako v předchozí metodě nejbližšího souseda. V první fázi se bude počítat diference pro každý sloupec i řádek a každá diference se spočítá rozdílem dvou nejnižších sazeb jak z řádků, tak i sloupců. Tam, kde vyjde nejvyšší diference se označí nejnižší sazba a vyškrtne se celý řádek i sloupec najednou. Nesmí se opomenout vyškrtnutí hodnoty, která by předčasně okruh uzavřela. V další fázi se musí přepočítat diference a celý postup se opakuje do doby nalezení co nejlepší trasy. V případě, že se vyskytne diference ve shodné hodnotě, obsadí se hodnota s výhodnější sazbou v řadě.

Tabulka 14: Výchozí tabulka VAM s diferencemi

	Hos	Vín	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo	Δ_i
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6	7,9
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	0,1
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1	0,3
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	0,2
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	0,7
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2	0,1
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6	0,8
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1	0,6
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3	0,5
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2	0,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2		0,3
Δ_j	7,9	0,1	0,3	0,2	0,7	0,1	0,8	0,6	0,5	0,2	0,3	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 1:

V tabulce 14 jsou dopočítané diference, které jsou zaznamenány v novém sloupci Δ_i a řádku Δ_j . Nejvyšší hodnota diference činí 7,9 z výchozího místa, což je sklad v Hostivicích OFFICEA. Následně se vybere hodnota s nejnižší sazbou a tou je Rozdělovská ve výši 7,8km. V dalším kroku se škrtá řádek i sloupec od nalezené hodnoty a také se škrtá hodnota, kterou by se předčasně uzavřel okruh.

Hostivice → Rozdělovská

Tabulka 15: Vogelova aproximační metoda: Krok 1

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo	Δ_i
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6	7,9
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	0,1
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1	0,3
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	0,2
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	0,7
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2	0,1
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6	0,8
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1	0,6
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3	0,5
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2	0,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2		0,3
Δ_j	7,9	0,1	0,3	0,2	0,7	0,1	0,8	0,6	0,5	0,2	0,3	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 2:

Ve druhém kroku se přepočítají diference a celý postup se opakuje. Nejvyšší nalezená diference je číslo 0,8 a nejvýhodnější sazba je 15,7km Národní. Vyškrtne se opět řádek i sloupec a hodnota, která by předčasně uzavřela okruh se nyní nevyškrtává, jelikož to už bylo provedeno v kroku 1.

Národní → Hostivice → Rozdělovská

Tabulka 16: Vogelova aproximační metoda: Krok 2

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo	Δ_i
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6	-
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	0,1
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1	0,3
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	0,2
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	0,7
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2	0,1
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6	0,1
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1	0,6
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3	0,5
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2	0,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2		0,3
Δ_j	0,8	0,1	0,3	0,2	0,7	0,1	-	0,6	0,5	0,2	0,3	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 3:

Po přepočítání diferencí je nejvyšší hodnota difference 1 a nejnižší sazba ve sloupci je 1,3. Z toho vyplývá že se pojedje z Vyšehradské do Purkyňovy ulice a zároveň se vyškrtne sazba mezi Purkyňovou a Vyšehradskou ulicí z důvodu toho, aby se trasa nezacyklila.

Národní → Hostivice → Rozdělovská

Vyšehradská → Purkyňova

Tabulka 17: Vogelova aproximační metoda: Krok 3

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo	Δ_i
Hostivice	22,4	22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6	-
Vinohradská	22,4	6,1	6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	0,1
Purkyňova	16,7	6,1	3,5	3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1	0,3
Pernerova	18,2	5,2	3,5	3,4	3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	0,2
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4	2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	0,7	0,7
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2	9,9	3	2,7	2,4	2,2	0,1	0,1
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9	9,2	9,2	8,6	10,9	10,6	0,1
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2	2,9	2,9	1,7	1,1	0,6
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9	3,7	3,3	-	-
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7	1,2	1,2	0,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	0,3	0,3
Δ_j	-	0,1	1	0,2	0,7	0,1	-	0,6	0,5	0,2	0,3	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 4:

Ve čtvrtém kroku po přepočítání diferencí je nalezena difference 1,4 a nejnižší sazba 2km. To znamená, že se pojedje z Václavského náměstí do Vyšehradské ulice. Hodnota, která by zapříčinila předčasné uzavření okruhu se neškrtá, jelikož byla přeškrtnuta ve třetím kroku.

Národní → Hostivice → Rozdělovská

Václavské nám. → Vyšehradská → Purkyňova

Tabulka 18: Vogelova aproximační metoda: Krok 4

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo	Δ_i
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6	-
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	0,1
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1	0,7
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	0,2
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	-
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2	0,1
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6	0,2
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1	0,6
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3	-
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2	0,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2		0,3
Δ_j	-	0,1	-	0,2	1,4	0,3	-	0,6	1,1	0,2	0,3	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 5:

Po výpočtu nových diferencí byla nalezena nejvyšší diference s číslem 1,3 a nejhodnější sazba pro tuto trasu je 1,6km. Pojede se tudíž z Purkyňovy ulice do Národní ulice. Škrtnutí kvůli zacyklení cesty se nekoná, jelikož buňka škrtnutá již byla.

Václavské nám. → Vyšehradská → Purkyňova → Národní → Hostivice → Rozdělovská

Tabulka 19: Vogelova aproximační metoda: Krok 5

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo	Δ_i
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6	-
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	0,1
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1	0,7
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	0,2
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	-
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2	-
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6	0,6
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1	0,6
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3	-
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2	0,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2		0,3
Δ_j	-	0,1	-	0,2	-	0,3	-	0,6	1,3	0,2	0,3	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 6:

Přepočítáním diferencí se došlo k výsledku trasy z Rozdělovské do Revoluční, a to způsobem, že se našla nejvyšší diference ve sloupci 0,7a následně nejnižší buňka s hodnotou 9,2 mezi Rozdělovskou a Revoluční ulicí. V řádku Revoluční již byla škrtnuta hodnota, která by předčasně uzavřela okruh.

Václavské nám. → Vyšehradská → Purkyňova → Národní → Hostivice → Rozdělovská → Revoluční

Tabulka 20: Vogelova aproximační metoda: Krok 6

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo	Δi
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6	-
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	0,1
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1	-
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	0,2
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	-
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2	-
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6	0,7
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1	0,6
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3	-
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2	0,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2		0,3
Δj	-	0,1	-	0,2	-	0,3	-	0,6	-	0,2	0,3	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 7:

V sedmém kroku se opět přepočítají diference. Nejvyšší diference se nachází ve sloupci ve výši 0,6. Nejnižší buňka v tomto řádku je 1,1 a tím pádem se pojedje z Revoluční do ulice Na Florenci.

Václavské nám. → Vyšehradská → Purkyňova → Národní → Hostovice → Rozdělovská → Revoluční → Na Florenci

Tabulka 21: Vogelova aproximační metoda: Krok 7

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo	Δ_i
Hostovice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6	-
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	0,1
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1	-
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	0,2
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	-
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2	-
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6	-
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1	0,6
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3	-
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2	0,2
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2		0,4
Δ_j	-	0,1	-	0,2	-	0,3	-	-	-	0,2	0,3	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 8:

V dalším kroku po přepočítání diferencí se najde opět diference nejvyšší a tou je 1,4 ve sloupci Δ_i a nejnižší hodnota řádku je 1km. Řidič tedy pojedje z Pobřežní do Pernerovy ulice. Následně se musí vyškrtnout hodnota, která by zacyklila okruh.

Václavské nám. → Vyšehradská → Purkyňova → Národní → Hostovice → Rozdělovská → Revoluční → Na Florenci

Pobřežní → Pernerova

Tabulka 22: Vogelova aproximační metoda: Krok 8

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo	Δ_i
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6	-
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	0,1
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1	-
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	0,9
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	-
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2	-
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6	-
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1	-
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3	-
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2	1,4
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2		0,4
Δ_j	-	0,1	-	0,2	-	0,3	-	-	-	0,2	-	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 9:

V tomto kroku se opět přepočítají diference. Tou aktuálně nejvyšší diferencí je číslo 4,5. Ve sloupci je nalezena nejvýhodnější hodnota 1,2km a znamená trasu z ulice Na Florenci do ulice Pobřežní.

Václavské nám. → Vyšehradská → Purkyňova → Národní → Hostivice → Rozdělovská → Revoluční → Na Florenci → Pobřežní → Pernerova

Tabulka 23: Vogelova aproximační metoda: Krok 9

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo	Δ_i
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6	-
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	0,3
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1	-
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	3,3
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	-
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2	-
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6	-
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1	-
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3	-
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2	-
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2		1
Δ_j	-	0,1	-	-	-	0,3	-	-	-	4,5	-	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 10:

Po opětovném přepočítání diferencí je nalezeno číslo 5,4 a číslo je shodné s nejnižší nalezenou buňkou v tomto řádku. Pojede se tedy z Vinohradské ulice na Václavské náměstí.

Vinohradská → Václavské nám. → Vyšehradská → Purkyňova → Národní → Hostivice → Rozdělovská → Revoluční → Na Florenci → Pobřežní → Pernerova

Tabulka 24: Vogelova aproximační metoda: Krok 10

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo	Δ_i
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6	-
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	5,4
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1	-
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	5,2
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	-
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2	-
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6	-
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1	-
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3	-
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2	-
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2		-
Δ_j	-	5,2	-	-	-	5,4	-	-	-	-	-	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Krok 11:

Posledním krokem je nalezena trasa z Pernerovy ulice do Vinohradské ulice. Tato trasa byla nalezena poslední možnou volbou v maticové tabulce.

Pernerova → Vinohradská → Václavské nám. → Vyšehradská → Purkyňova → Národní → Hostivice → Rozdělovská → Revoluční → Na Florenci → Pobřežní

Tabulka 25: Vogelova aproximační metoda: Krok 11

	Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo	Δ_i
Hostivice		22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6	-
Vinohradská	22,4		6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3	-
Purkyňova	16,7	6,1		3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1	-
Pernerova	18,2	5,2	3,5		3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8	5,2
Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4		2	8,8	4,1	2,1	4	3,9	-
Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2		9,9	3	2,7	2,4	2,2	-
Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9		9,2	8,6	10,9	10,6	-
Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2		2,9	1,7	1,1	-
Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9		3,7	3,3	-
Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7		1,2	-
Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2		-
Δ_j	-	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty dostupné z www.mapy.cz

Následujícím krokem bude nutné zjistit celkovou délku trasy. Po sečtení všech zvýrazněných polí je celková trasa dlouhá 51,5km. Po úpravě trasy tak, aby výchozí místo byly Hostivice, bude cesta řidiče vypadat následovně:

Hostivice → **Rozdělovská** → **Revoluční** → **Na Florenci** → **Pobřežní** → **Pernerova** → **Vinohradská** → **Václavské nám.** → **Vyšehradská** → **Purkyňova** → **Národní** → **Hostivice**

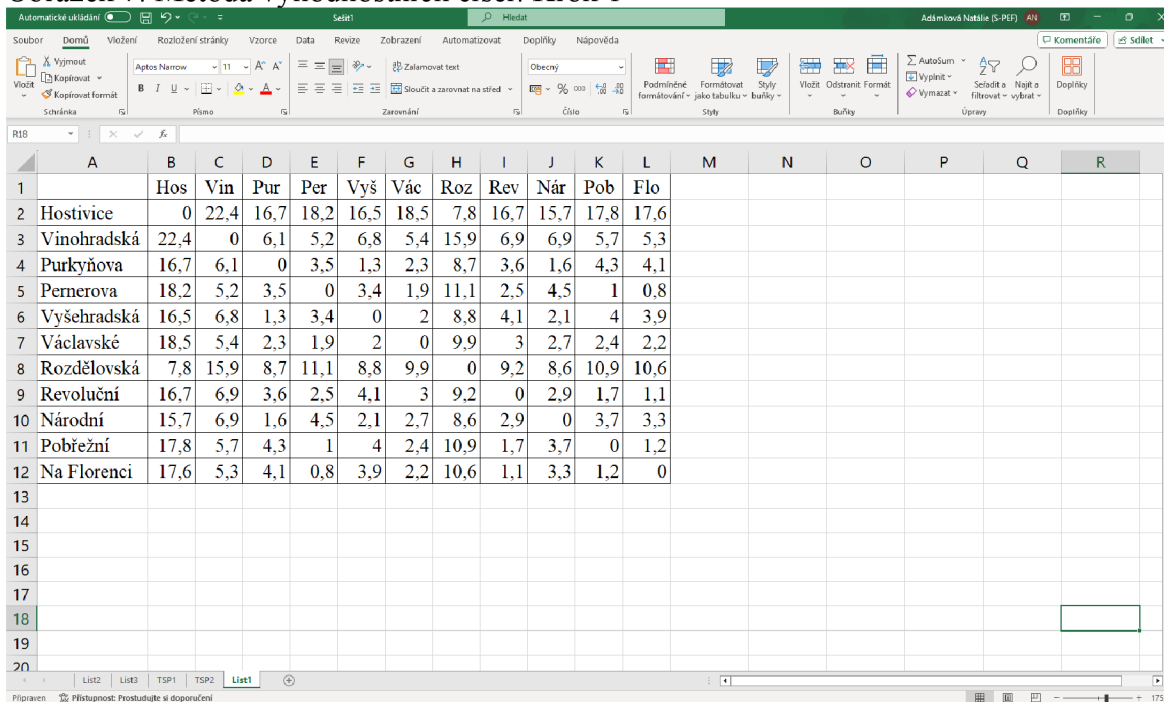
4.4 Metoda výhodnostních čísel

V této metodě se zvolí libovolný uzel a označí se indexem 0. Každá dvojice ostatních uzlů i a j se vypočítá přímou trasou mezi nimi (c_{ij}) s výhodnostním číslem $s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$. Trasy se dále seřadí od největšího k nejmenšímu dle hodnot výhodnostních čísel. V seřazeném pořadí se přidávají do řešení okruhu, pokud okruh mohou takto tvořit. Tímto postupem se zobrazí trasa, která prochází všemi uzly mimo toho uzlu, který je označen nulou, ten se následně připojí k řešení. Doporučuje se toto provést pro všechny uzly a vybrat nejvhodnější řešení. Tato metoda se bude počítat v této práci pomocí programu Microsoftu Excel s doplňkem TSPKOSA. Následující postup je uveden níže:

Krok 1:

V prvním kroku je zapotřebí přepsat si do programu Microsoft Excel číselnou matici, která je totožná s maticí v předchozích dvou metodách.

Obrázek 7: Metoda výhodnostních čísel: Krok 1



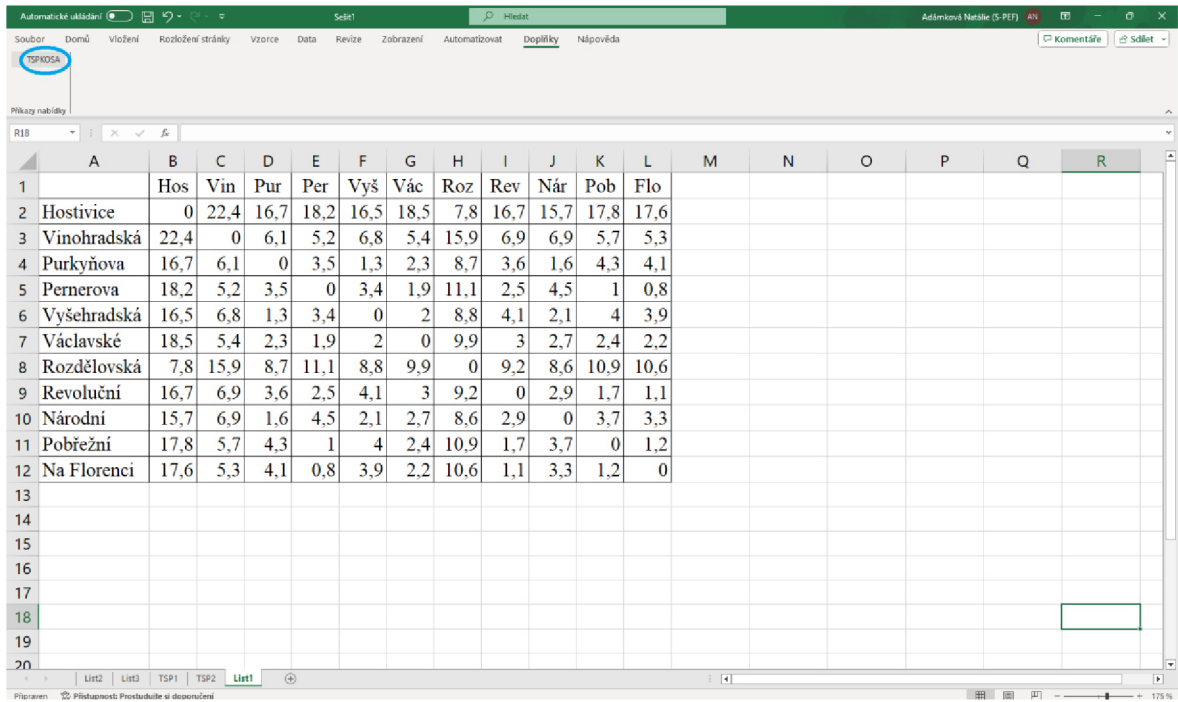
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1		Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo						
2	Hostovice	0	22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6						
3	Vinohradská	22,4	0	6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3						
4	Purkyňova	16,7	6,1	0	3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1						
5	Pernerova	18,2	5,2	3,5	0	3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8						
6	Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4	0	2	8,8	4,1	2,1	4	3,9						
7	Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2	0	9,9	3	2,7	2,4	2,2						
8	Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9	0	9,2	8,6	10,9	10,6						
9	Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2	0	2,9	1,7	1,1						
10	Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9	0	3,7	3,3						
11	Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7	0	1,2						
12	Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	0						
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		

Zdroj: Microsoft Excel

Krok 2:

V dalším kroku se v záložce doplňky spustí doplněk TSPKOSA.

Obrázek 8: Metoda výhodnostních čísel: Krok 2



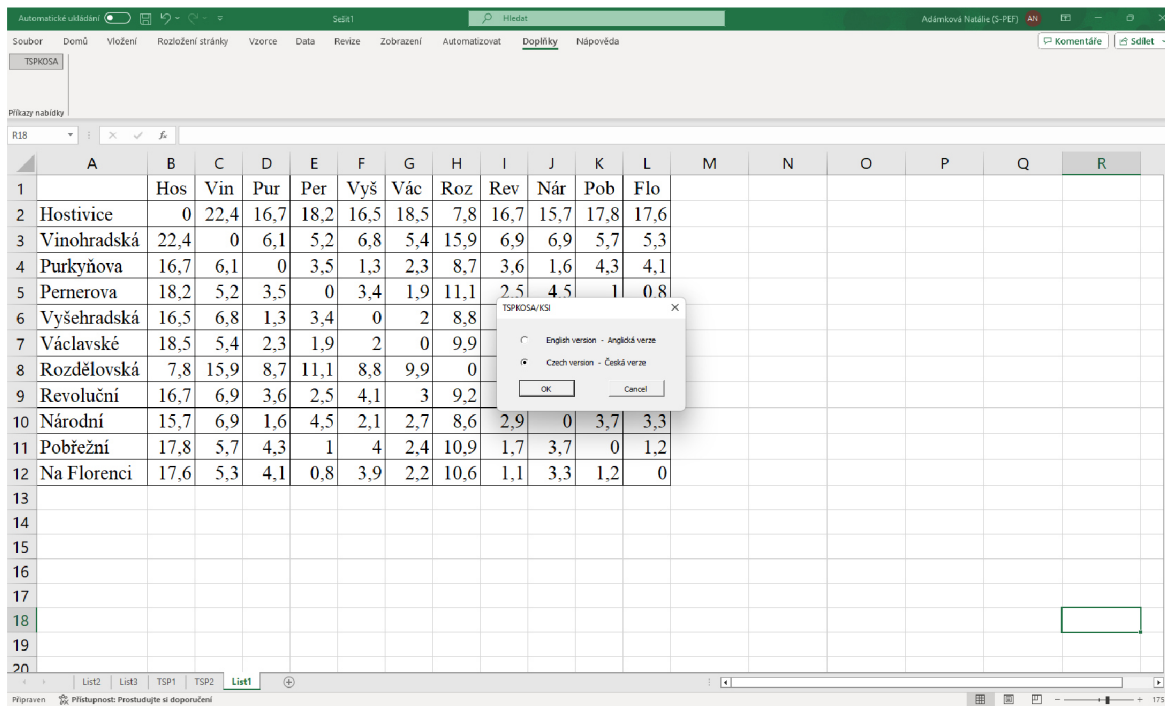
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1		Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo						
2	Hostivice	0	22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6						
3	Vinohradská	22,4	0	6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3						
4	Purkyňova	16,7	6,1	0	3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1						
5	Pernerova	18,2	5,2	3,5	0	3,4	1,9	11,1	2,5	4,5	1	0,8						
6	Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4	0	2	8,8	4,1	2,1	4	3,9						
7	Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2	0	9,9	3	2,7	2,4	2,2						
8	Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9	0	9,2	8,6	10,9	10,6						
9	Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9,2	0	2,9	1,7	1,1						
10	Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8,6	2,9	0	3,7	3,3						
11	Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10,9	1,7	3,7	0	1,2						
12	Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	0						
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		

Zdroj: Microsoft Excel

Krok 3:

Po spuštění doplňku se zvolí jazyk, v jakém se bude pokračovat. Volí se jazyk český.

Obrázek 9: Metoda výhodnostních čísel: Krok 3

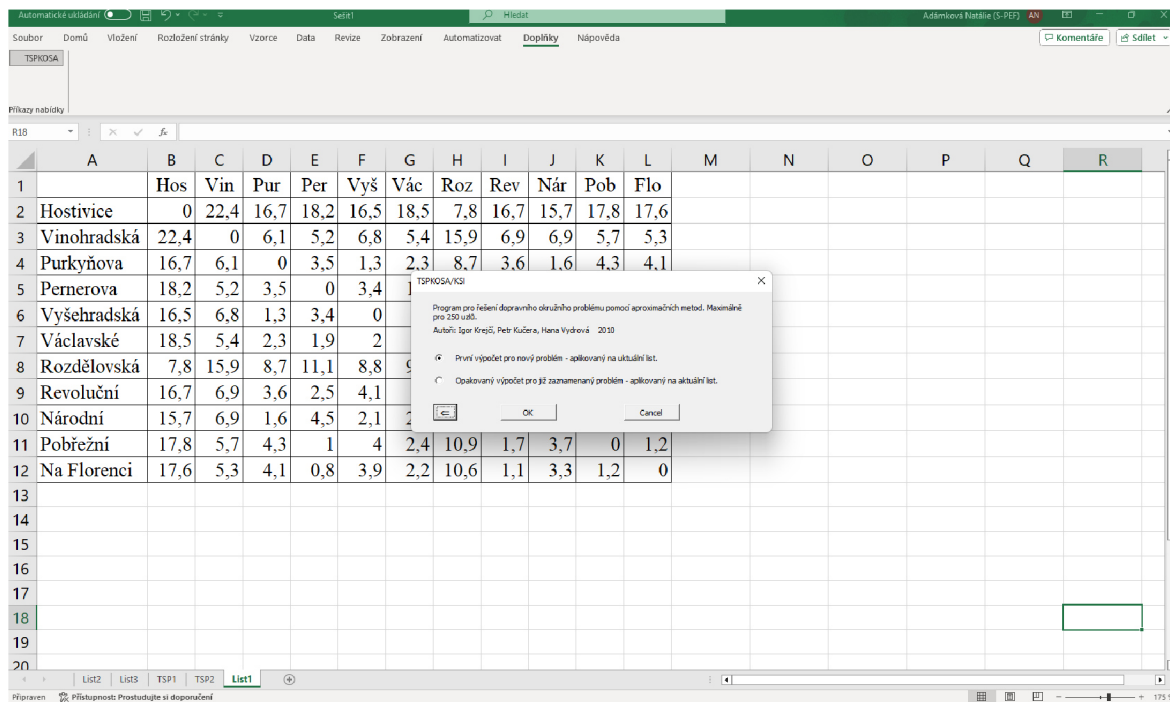


Zdroj: Microsoft Excel, TSPKOSA

Krok 4:

Ve čtvrtém kroku se doplněk ptá, zda se bude pracovat s prvním výpočtem nebo s výpočtem opakovaným. V tomto případě se volí výpočet nový.

Obrázek 10: Metoda výhodnostních čísel: Krok 4



Zdroj: Microsoft Excel, TSPKOSA

Krok 5:

V dalším kroku se program dotazuje na název modelu, matici sazeb a názvy uzlů. Následně se volí metoda, se kterou se bude počítat a zda se bude testovat trojúhelníkovým pravidlem. Vytvářený model se nazve. V matici sazeb se označí ta část, kde jsou zapsané vzdálenosti. Jedná se tedy o buňky B2 – L12. Názvy uzlů se označí ty buňky, kde jsou názvy ulic, do kterých řidič pojedje. Označí se tedy buňky B1 – L1. Dále se zvolí metoda výhodnostních čísel a odškrtně se trojúhelníkové pravidlo.

Obrázek 11: Metoda výhodnostních čísel: Krok 5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1		Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vác	Roz	Rev	Nár	Pob	Flo							
2	Hostivice	0	22,4	16,7	18,2	16,5	18,5	7,8	16,7	15,7	17,8	17,6							
3	Vinohradská	22,4	0	6,1	5,2	6,8	5,4	15,9	6,9	6,9	5,7	5,3							
4	Purkyňova	16,7	6,1	0	3,5	1,3	2,3	8,7	3,6	1,6	4,3	4,1							
5	Pernerova	18,2	5,2	3,5	0	3,4	1,9	11											
6	Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4	0	2	8											
7	Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2	0	9											
8	Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9,9												
9	Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	3	9											
10	Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2,7	8											
11	Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2,4	10											
12	Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2,2	10,6	1,1	3,3	1,2	0							
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			

Zdroj: Microsoft Excel, TSPKOSA

Krok 6:

Výsledkem je souhrn všech možných tras metodou výhodnostních čísel. Po spuštění reportu se vygenerovala přehledná tabulka s výsledky, která je k nahlédnutí na stránce 53.

Tímto způsobem se také vygenerovaly výsledky pro metodu nejbližšího souseda a Vogelovu aproximační metodu. Výsledky programu vyšly shodně jako výsledky ručně vypracované. Toto je k nahlédnutí v příloze 2.

Obrázek 12: Metoda výhodnostních čísel: Krok 6

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a transportation problem. The data is as follows:

	A	B	C	D	E	F	G
1		Hos	Vin	Pur	Per	Vyš	Vá
2	Hostovice	0	22,4	16,7	18,2	16,5	18
3	Vinohradská	22,4	0	6,1	5,2	6,8	5
4	Purkyňova	16,7	6,1	0	3,5	1,3	2
5	Pernerova	18,2	5,2	3,5	0	3,4	1
6	Vyšehradská	16,5	6,8	1,3	3,4	0	
7	Václavské	18,5	5,4	2,3	1,9	2	
8	Rozdělovská	7,8	15,9	8,7	11,1	8,8	9
9	Revoluční	16,7	6,9	3,6	2,5	4,1	
10	Národní	15,7	6,9	1,6	4,5	2,1	2
11	Pobřežní	17,8	5,7	4,3	1	4	2
12	Na Florenci	17,6	5,3	4,1	0,8	3,9	2

The dialog box titled 'TSPKOSA/VSI' shows the following information:

- Doba výpočtu: 00:00:60
- Maximální chyba srovnání veličin s plovoucí desetinnou čárkou: 0,01
- Počet testovaných cyklů (z testovaných zvolenou metodou): 1
- Z_min = 51,5
- (Vyb) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pur) - (Pob) - (Roz) - (Roa) - (Nár) - (Nár) - (Pur) - (Vyb)
- Počet nalezených shodných okruhů: 12
- Děsť testované cykly:
- Z = 51,9: (Pob) - (Nár) - (Pur) - (Vyb) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pur) - (Pob) - (Roa) - (Roa) - (Pob)
- Z = 54: (Vin) - (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Per) - (Vác) - (Nár) - (Roa) - (Pob) - (Vyb) - (Pur) - (Vin)
- Z = 51,9: (Pob) - (Nár) - (Roa) - (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Pob) - (Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyb) - (Pob)
- Z = 51,9: (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyb) - (Pur) - (Nár) - (Roa) - (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Pob) - (Per)
- Z = 53,4: (Vác) - (Vyb) - (Pur) - (Roa) - (Pob) - (Nár) - (Vin) - (Pur) - (Pob) - (Pob) - (Per) - (Vác)
- Z = 51,9: (Rev) - (Pob) - (Pob) - (Nár) - (Pur) - (Vyb) - (Vác) - (Pur) - (Nár) - (Roa) - (Roa) - (Rev)
- Z = 51,6: (Nár) - (Pur) - (Vyb) - (Vác) - (Vin) - (Pob) - (Pur) - (Pob) - (Roa) - (Roa) - (Roa) - (Nár)
- Z = 52,3: (Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyb) - (Pur) - (Roa) - (Pob) - (Nár) - (Rev) - (Pob) - (Pob)
- Z = 52,3: (Pob) - (Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyb) - (Pur) - (Roa) - (Pob) - (Nár) - (Rev) - (Pob)
- Z = 51,9: (Pob) - (Roa) - (Rev) - (Pob) - (Pob) - (Vin) - (Vác) - (Vyb) - (Pur) - (Nár) - (Pob) - (Pob)
- Z = 54,2: (Vin) - (Pur) - (Vyb) - (Pob) - (Roa) - (Nár) - (Vác) - (Pur) - (Pob) - (Pob) - (Per) - (Vin)
- Z = 54,2: (Vin) - (Rev) - (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Vác) - (Nár) - (Roa) - (Pob) - (Pob) - (Pur) - (Vin)
- Z = 53,4: (Vin) - (Pob) - (Per) - (Pob) - (Pob) - (Nár) - (Roa) - (Pob) - (Vyb) - (Pur) - (Vác) - (Vin)
- Z = 52,3: (Pob) - (Nár) - (Roa) - (Pob) - (Pob) - (Pob) - (Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyb) - (Pob)
- Z = 51,9: (Pur) - (Vyb) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pob) - (Pob) - (Roa) - (Pob) - (Nár) - (Pur) - (Pob)
- Z = 52,3: (Pob) - (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Vin) - (Pur) - (Nár) - (Roa) - (Roa) - (Vyb) - (Vác) - (Per)
- Z = 53: (Per) - (Vác) - (Vyb) - (Roa) - (Nár) - (Pur) - (Vin) - (Vác) - (Rev) - (Pob) - (Pob) - (Per)
- Z = 51,9: (Vyb) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pob) - (Pob) - (Nár) - (Roa) - (Pob) - (Pob) - (Pur) - (Vyb)
- Z = 51,9: (Vyb) - (Pur) - (Nár) - (Roa) - (Pob) - (Pob) - (Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyb) - (Pob)
- Z = 54: (Vác) - (Nár) - (Roa) - (Roa) - (Pur) - (Vyb) - (Vin) - (Pur) - (Pob) - (Pob) - (Per) - (Vác)
- Z = 52,6: (Vác) - (Vyb) - (Pur) - (Rev) - (Pob) - (Vin) - (Vyb) - (Pur) - (Roa) - (Pob) - (Nár) - (Vác)
- Z = 54,2: (Vác) - (Per) - (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Vin) - (Vyb) - (Pur) - (Roa) - (Pob) - (Nár) - (Vác)
- Z = 52,6: (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Vin) - (Pob) - (Vác) - (Vyb) - (Pur) - (Nár) - (Roa) - (Pob) - (Pob)
- Z = 52: (Nár) - (Pur) - (Vyb) - (Vác) - (Vin) - (Pob) - (Per) - (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Roa) - (Nár)
- Z = 52: (Nár) - (Roa) - (Pob) - (Pob) - (Pob) - (Pob) - (Vin) - (Vác) - (Vyb) - (Pur) - (Nár) - (Pob)
- Z = 52,8: (Pob) - (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Pob) - (Vyb) - (Pur) - (Nár) - (Vác) - (Vin) - (Rev) - (Pob)
- Z = 52,8: (Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Nár) - (Pur) - (Vyb) - (Roa) - (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Pob)
- Z = 52,9: (Pob) - (Per) - (Rev) - (Roa) - (Vyb) - (Pur) - (Nár) - (Vác) - (Vin) - (Pob) - (Rev) - (Pob)
- Z = 52,9: (Pob) - (Per) - (Rev) - (Vin) - (Vác) - (Nár) - (Pur) - (Vyb) - (Roa) - (Pob) - (Rev) - (Pob)
- Z = 52,4: (Pob) - (Per) - (Pob) - (Vin) - (Vác) - (Vyb) - (Pur) - (Roa) - (Pob) - (Nár) - (Rev) - (Pob)
- Z = 54: (Vin) - (Pur) - (Vyb) - (Pob) - (Roa) - (Nár) - (Vác) - (Pur) - (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Vin)
- Z = 53,3: (Vin) - (Per) - (Pob) - (Roa) - (Rev) - (Nár) - (Roa) - (Nár) - (Pur) - (Vyb) - (Vác) - (Vin)
- Z = 52,3: (Pur) - (Vyb) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pob) - (Pob) - (Nár) - (Roa) - (Nár) - (Pur)
- Z = 51,9: (Pob) - (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Roa) - (Pob) - (Pur) - (Vyb) - (Vác) - (Vin) - (Pob)
- Z = 53: (Per) - (Pob) - (Rev) - (Pob) - (Vin) - (Pur) - (Nár) - (Roa) - (Vyb) - (Vác) - (Pur) - (Per)

Zdroj: Microsoft Excel, TSPKOSA

Obrázek 13: Výsledky tras metodou výhodnostních čísel

OFFICEO s.r.o.
 Metoda výhodnostních čísel - paralelně
 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 = 51,5

(Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pob) - (Flo) - (Rev) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Pur) - (Vyš)
 Počet nalezených shodných okruhů: 12

Další testované cykly:

Z =	51,9	(Hos) - (Nár) - (Pur) - (Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Flo) - (Pob) - (Rev) - (Roz) - (Hos)
Z =	54	(Vin) - (Flo) - (Rev) - (Pob) - (Per) - (Vác) - (Nár) - (Roz) - (Hos) - (Vyš) - (Pur) - (Vin)
Z =	51,9	(Pur) - (Nár) - (Roz) - (Hos) - (Rev) - (Flo) - (Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyš) - (Pur)
Z =	51,9	(Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Nár) - (Roz) - (Hos) - (Rev) - (Flo) - (Pob) - (Per)
Z =	53,4	(Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Vin) - (Flo) - (Rev) - (Pob) - (Per) - (Vác)
Z =	52,6	(Roz) - (Hos) - (Nár) - (Pur) - (Vyš) - (Vác) - (Pob) - (Per) - (Vin) - (Flo) - (Rev) - (Roz)
Z =	51,9	(Rev) - (Flo) - (Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Nár) - (Roz) - (Hos) - (Rev)
Z =	51,6	(Nár) - (Pur) - (Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Pob) - (Per) - (Flo) - (Rev) - (Roz) - (Hos) - (Nár)
Z =	52,3	(Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Rev) - (Flo) - (Pob)
Z =	52,3	(Flo) - (Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Rev) - (Flo)
Z =	51,9	(Hos) - (Roz) - (Rev) - (Pob) - (Flo) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Nár) - (Hos)
Z =	54,2	(Vin) - (Pur) - (Vyš) - (Hos) - (Roz) - (Nár) - (Vác) - (Flo) - (Rev) - (Pob) - (Per) - (Vin)
Z =	54,2	(Vin) - (Per) - (Pob) - (Rev) - (Flo) - (Vác) - (Nár) - (Roz) - (Hos) - (Vyš) - (Pur) - (Vin)
Z =	53,4	(Vin) - (Pob) - (Per) - (Flo) - (Rev) - (Nár) - (Roz) - (Hos) - (Vyš) - (Pur) - (Vác) - (Vin)
Z =	52,3	(Pur) - (Nár) - (Roz) - (Hos) - (Rev) - (Pob) - (Flo) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyš) - (Pur)
Z =	51,9	(Pur) - (Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Flo) - (Pob) - (Rev) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Pur)
Z =	53,2	(Per) - (Flo) - (Rev) - (Pob) - (Vin) - (Pur) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Vyš) - (Vác) - (Per)
Z =	53	(Per) - (Vác) - (Vyš) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Pur) - (Vin) - (Flo) - (Rev) - (Pob) - (Per)
Z =	51,9	(Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pob) - (Flo) - (Rev) - (Hos) - (Roz) - (Nár) - (Pur) - (Vyš)
Z =	51,9	(Vyš) - (Pur) - (Nár) - (Roz) - (Hos) - (Rev) - (Flo) - (Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyš)
Z =	54	(Vác) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Pur) - (Vyš) - (Vin) - (Flo) - (Rev) - (Pob) - (Per) - (Vác)
Z =	53,4	(Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Pob) - (Rev) - (Flo) - (Per) - (Vin) - (Vác)
Z =	54,2	(Vác) - (Per) - (Flo) - (Rev) - (Pob) - (Vin) - (Vyš) - (Pur) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Vác)
Z =	52,6	(Roz) - (Rev) - (Flo) - (Vin) - (Per) - (Pob) - (Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Nár) - (Hos) - (Roz)
Z =	52	(Nár) - (Pur) - (Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Pob) - (Per) - (Flo) - (Rev) - (Hos) - (Roz) - (Nár)
Z =	52	(Nár) - (Roz) - (Hos) - (Rev) - (Flo) - (Per) - (Pob) - (Vin) - (Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Nár)
Z =	52,8	(Pob) - (Flo) - (Rev) - (Hos) - (Roz) - (Vyš) - (Pur) - (Nár) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pob)
Z =	52,8	(Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Nár) - (Pur) - (Vyš) - (Roz) - (Hos) - (Rev) - (Flo) - (Pob)
Z =	52,9	(Flo) - (Rev) - (Hos) - (Roz) - (Vyš) - (Pur) - (Nár) - (Vác) - (Vin) - (Pob) - (Per) - (Flo)
Z =	52,8	(Flo) - (Pob) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Nár) - (Pur) - (Vyš) - (Roz) - (Hos) - (Rev) - (Flo)
Z =	52,4	(Flo) - (Per) - (Pob) - (Vin) - (Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Rev) - (Flo)
Z =	54	(Vin) - (Pur) - (Vyš) - (Hos) - (Roz) - (Nár) - (Vác) - (Per) - (Pob) - (Rev) - (Flo) - (Vin)
Z =	53,3	(Vin) - (Per) - (Pob) - (Flo) - (Rev) - (Nár) - (Roz) - (Hos) - (Vyš) - (Pur) - (Vác) - (Vin)
Z =	51,9	(Pur) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Rev) - (Pob) - (Flo) - (Per) - (Vin) - (Vác) - (Vyš) - (Pur)
Z =	52,3	(Pur) - (Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Flo) - (Pob) - (Rev) - (Hos) - (Roz) - (Nár) - (Pur)
Z =	51,9	(Per) - (Pob) - (Flo) - (Rev) - (Hos) - (Roz) - (Nár) - (Pur) - (Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Per)
Z =	53	(Per) - (Pob) - (Rev) - (Flo) - (Vin) - (Pur) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Vyš) - (Vác) - (Per)
Z =	53,2	(Per) - (Vin) - (Pur) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Vyš) - (Vác) - (Flo) - (Rev) - (Pob) - (Per)
Z =	53,2	(Per) - (Pob) - (Rev) - (Flo) - (Vác) - (Vyš) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Pur) - (Vin) - (Per)
Z =	53,6	(Vác) - (Pob) - (Rev) - (Flo) - (Per) - (Vin) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Pur) - (Vyš) - (Vác)
Z =	53,6	(Vác) - (Per) - (Flo) - (Rev) - (Pob) - (Vin) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Pur) - (Vyš) - (Vác)
Z =	54	(Vác) - (Per) - (Pob) - (Rev) - (Flo) - (Vin) - (Vyš) - (Pur) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Vác)
Z =	53,6	(Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Vin) - (Pob) - (Rev) - (Flo) - (Per) - (Vác)
Z =	53,6	(Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Vin) - (Per) - (Flo) - (Rev) - (Pob) - (Vác)
Z =	51,9	(Rev) - (Hos) - (Roz) - (Nár) - (Pur) - (Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pob) - (Flo) - (Rev)
Z =	51,6	(Nár) - (Hos) - (Roz) - (Rev) - (Flo) - (Per) - (Pob) - (Vin) - (Vác) - (Vyš) - (Pur) - (Nár)
Z =	52,3	(Pob) - (Flo) - (Rev) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Pur) - (Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pob)
Z =	52,4	(Flo) - (Rev) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Pur) - (Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Pob) - (Per) - (Flo)
Z =	52,8	(Flo) - (Rev) - (Hos) - (Roz) - (Vyš) - (Pur) - (Nár) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pob) - (Flo)
Z =	52,9	(Flo) - (Per) - (Pob) - (Vin) - (Vác) - (Nár) - (Pur) - (Vyš) - (Roz) - (Hos) - (Rev) - (Flo)
Z =	53,3	(Vin) - (Vác) - (Pur) - (Vyš) - (Hos) - (Roz) - (Nár) - (Rev) - (Flo) - (Pob) - (Per) - (Vin)
Z =	51,9	(Pur) - (Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pob) - (Flo) - (Rev) - (Hos) - (Roz) - (Nár) - (Pur)
Z =	53,2	(Per) - (Vác) - (Vyš) - (Roz) - (Hos) - (Nár) - (Pur) - (Vin) - (Pob) - (Rev) - (Flo) - (Per)
Z =	53,4	(Vác) - (Per) - (Pob) - (Rev) - (Flo) - (Vin) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Pur) - (Vyš) - (Vác)
Z =	54,2	(Vác) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Pur) - (Vyš) - (Vin) - (Pob) - (Rev) - (Flo) - (Per) - (Vác)
Z =	53,4	(Vác) - (Vin) - (Per) - (Flo) - (Rev) - (Pob) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Pur) - (Vyš) - (Vác)
Z =	52,3	(Flo) - (Rev) - (Nár) - (Hos) - (Roz) - (Pur) - (Vyš) - (Vác) - (Vin) - (Per) - (Pob) - (Flo)
Z =	53,4	(Vin) - (Vác) - (Pur) - (Vyš) - (Hos) - (Roz) - (Nár) - (Rev) - (Flo) - (Pob) - (Per) - (Vin)

Zdroj: Microsoft Excel, TSPKOSA

5 Výsledky a diskuse

5.1 Analýza a shrnutí výsledků

V níže uvedené tabulce jsou shrnuty výsledky tras, které byly optimalizovány. Z výsledků je patrné, že pro nalezení přibližně nejvhodnější trasy se osvědčila Vogelova aproximační metoda i metoda výhodnostních čísel. Tyto metody jsou oproti metodě nejbližšího souseda výhodnější o 3,4km. Výsledky metody VAM a výhodnostních čísel se v tomto případě shodují. Porovnání tras ukázalo, že optimalizovaná trasa je o 5,7 km kratší než stávající trasa OFFICEA. Rozdíl je dostatečně výrazný, aby naznačoval potenciální zlepšení v celkové efektivitě a snížení nákladů.

Tabulka 26: Výsledky optimalizace tras v kilometrech

metoda	okruh	km
Metoda nejbližšího souseda	Hostivice → Rozdělovská → Národní → Purkyňova → Vyšehradská → Václavské nám. → Pernerova → Na Florenci → Revoluční → Pobřežní → Vinohradská → Hostivice	54,9
Vogelova aproximační metoda	Hostivice → Rozdělovská → Revoluční → Na Florenci → Pobřežní → Pernerova → Vinohradská → Václavské nám. → Vyšehradská → Purkyňova → Národní → Hostivice	51,5
Metoda výhodnostních čísel	Hostivice → Národní → Purkyňova → Vyšehradská → Václavské nám. → Vinohradská → Pernerova → Pobřežní → Na Florenci → Revoluční → Rozdělovská → Hostivice	51,5
OFFICEO s.r.o.	Hostivice → Rozdělovská → Vyšehradská → Národní → Purkyňova → Václavské nám. → Pernerova → Na Florenci → Pobřežní → Revoluční → Vinohradská → Hostivice	57,2

Zdroj: Vlastní zpracování

Doručování zboží zákazníkům probíhá každý všední den od pondělí do pátku od 8:00 do 16:00 hod. Níže uvedená tabulka vykazuje časovou náročnost pro každou jednotlivou trasu. V analyzování výsledků optimalizace tras byla v úvahu brána průměrná rychlost 50km/h mimo dopravní špičku a 30km/h v době špičky. Dále byla v potaz brána desetiminutová zastávka řidiče na každém výdejním místě. Aby výpočty adekvátně odpovídaly, počítalo se s polovinou cesty v dopravní špičce a s polovinou trasy mimo

dopravní špičku. V obrázku č. 15 je vidět, že optimalizovaná trasa je časově méně náročná o 15 minut a ročně se tak ušetří 60hodin.

Tabulka 27: Výsledky optimalizace tras v hodinách

metoda	okruh	hod.
Metoda nejbližšího souseda	1/2 rozdělené celkové trasy: $54,9 / 2 = 27,45$ km Cesta při dopravní špičce: $27,45\text{km} / 30\text{km/h} = 0,915$ hod. Cesta mimo dopr. špičku: $27,45 / 50\text{km/h} = 0,549$ hod. Celkový čas bez zastávek: $0,915\text{h} + 0,549\text{h} = 1,464$ hod. Čas na vykládky: 10 zastávek * 10minut = 100min Celkový čas: $(1,464 * 60) + 100 = 187,84 / 60 = 3:13$hod.	3:13
Vogelova aproximační metoda	1/2 rozdělené celkové trasy: $51,5 / 2 = 25,75$ km Cesta při dopravní špičce: $25,75\text{km} / 30\text{km/h} = 0,858$ hod. Cesta mimo dopr. špičku: $25,75 / 50\text{km/h} = 0,515$ hod. Celkový čas bez zastávek: $0,858\text{h} + 0,515\text{h} = 1,373$ hod. Čas na vykládky: 10 zastávek * 10minut = 100min Celkový čas: $(1,373 * 60) + 100 = 182,38 / 60 = 3:04$hod.	3:04
Metoda výhodnostních čísel	1/2 rozdělené celkové trasy: $51,5 / 2 = 25,75$ km Cesta při dopravní špičce: $25,75\text{km} / 30\text{km/h} = 0,858$ hod. Cesta mimo dopr. špičku: $25,75 / 50\text{km/h} = 0,515$ hod. Celkový čas bez zastávek: $0,858\text{h} + 0,515\text{h} = 1,373$ hod. Čas na vykládky: 10 zastávek * 10minut = 100min Celkový čas: $(1,373 * 60) + 100 = 182,38 / 60 = 3:04$hod.	3:04
OFFICEO s.r.o.	1/2 rozdělené celkové trasy: $57,2 / 2 = 28,6$ km Cesta při dopravní špičce: $28,6\text{km} / 30\text{km/h} = 0,953$ hod. Cesta mimo dopr. špičku: $28,6 / 50\text{km/h} = 0,572$ hod. Celkový čas bez zastávek: $0,953\text{h} + 0,572\text{h} = 1,525$ hod. Čas na vykládky: 10 zastávek * 10minut = 100min Celkový čas: $(1,525 * 60) + 100 = 191,5 / 60 = 3:19$hod.	3:19

Zdroj: Vlastní zpracování

V níže uvedené tabulce jsou výsledky jednotlivých tras zobrazeny v přepočtu na náklady vyjádřené v korunách. Firma užívá vozidlo Mercedes Sprinter se spotřebou 10,5 litru na 100km. Průměrná cena za litr nafty v roce 2024 je 38,70 Kč.

Tabulka 28: Výsledky optimalizace tras v nákladech

metoda	okruh	Kč
Metoda nejbližšího souseda	$(54,9\text{km} / 100\text{ km}) * (10,5\text{l}) * 38,70 = 223,09$	223,-
Vogelova aproximační metoda	$(51,5\text{km} / 100\text{km}) * (10,5\text{l}) * 38,70 = 209,27$	209,-
Metoda výhodnostních čísel	$(51,5\text{km} / 100\text{km}) * (10,5\text{l}) * 38,70 = 209,27$	209,-
OFFICEO s.r.o.	$(57,2\text{ km} / 100\text{km}) * (10,5\text{l}) * 38,70 = 232,43$	232,-

Zdroj: Vlastní zpracování

Pokud by firma zvolila optimalizovanou trasu, mohla by tím ušetřit každý den 23Kč. Roční úspora by tak mohla činit 5.980,- Kč.

5.2 Diskuse

V rámci provedené analýzy při aplikování metod bylo zjištěno, že se v praxi mohou délky tras mezi dvěma konkrétními místy lišit. Tato situace může nastat kvůli jednosměrným ulicím, běžným dopravním zácpám, uzavírkám či pracím na silnicích. Po prostudování literatury byly pro výpočet metod aplikovány symetrické matice vzdáleností. Nicméně je důležité si uvědomit, že toto může vést k nepřesným odhadům reálných délek tras, což ovlivňuje celkový čas na cestu a časy pro doručování zákazníkům.

6 Závěr

Tato bakalářská práce se věnovala optimalizaci dopravní trasy mezi firmou OFFICEO s.r.o. a jejími odběrateli.

První teoretická část se věnovala logistice, teorii grafů a následně byla popsána metoda nejbližšího souseda, Vogelova aproximační metoda a metoda výhodnostních čísel. Tyto metody byly následně aplikovány v druhé, praktické části.

V praktické části se představila společnost z ekonomického hlediska a byl popsán řešený problém. Byly zvoleny tři aproximační metody – metoda nejbližšího souseda, Vogelova aproximační metoda a metoda výhodnostních čísel, přičemž dvě z nich vedly k výraznému zkrácení trasy a snížení celkových nákladů oproti trase, kterou firma využívá.

Nejefektivnější trasa, která byla zjištěna pomocí Vogelovy aproximační metody a metody výhodnostních čísel, vedla ke snížení celkové délky trasy na 51,5 km a k poklesu nákladů na palivo na 209 Kč. Ve srovnání se stávající trasou firmy dlouhou 57,2 km s náklady 232 Kč výsledek představuje denní úsporu na pohonných hmotách ve výši 23,-Kč a patnácti minutovou časovou úlevu pro řidiče. Za rok by mohla firma ušetřit na nákladech zhruba 5.980, - Kč a mimo jiné by časová úspora dosáhla přibližných 60 hodin ročně, z čehož by mohlo vyplývat významné zlepšení efektivity logistického úseku společnosti.

Cíl této bakalářské práce byl dosažen. Pomocí zvolených aproximačních metod se dospělo k pozitivním závěrům. Byla spočítána poměrně vysoká časová úspora a výsledky také vykazují ušetření na nákladech pohonných hmot, což přispívá ke snižování emisí a uhlíkové stopy, čímž dochází k přímému dopadu na hospodárnost firmy a podporu pro udržitelnou mobilitu.

Aproximační metody a logistika jako taková mají velký význam nejen pro firmy, ale i pro celou společnost. Umožňují firmám šetřit čas a peníze tím, že najdou efektivnější cesty pro rozvoz zboží. Toto nejen pomáhá firmám fungovat efektivněji, ale díky tomu mohou i přispět k ochraně životního prostředí, protože méně jízdy znamená méně znečištění. V dnešní době, kdy je důležité chránit naše životní prostředí a zlepšovat kvalitu života, mohou být aproximační metody podstatným prvkem pro lepší a zodpovědnější budoucnost nás všech.

7 Seznam použitých zdrojů

CLARK, G., WRIGHT, J.W., 1964. Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points, *Oper. Res.*, 12, s.568-58.

COOK, William J., 2012. *Po stopách obchodního cestujícího – Matematika na hranicích možností*. Vimperk: Dokořán. ISBN 978-80-7363-412-4.

HENDL, Jan, Jakub SIEGL a Martin MOLDAN, 2022. *Základy matematiky, logiky a statistiky pro sociologii a ostatní společenské vědy v příkladech*. 3. vydání. Praha: Karolinum. ISBN 978-80246-5400-3.

HYNEK, Josef, 2008. *Genetické algoritmy a genetické programování*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-2695-3.

KUČERA, Petr, 2009. *Metodologie řešení okružního dopravního problému*. Praha. Disertační práce. Zemědělská univerzita v Praze.

LOCHMANNOVÁ, Alena, 2022. *Logistika – Základy logistiky*. 3. vydání. Prostějov: Computer Media. ISBN 978-80-7402-449-8.

PELIKÁN, Jan, 1993. *Praktikum z operačního výzkumu*. Praha: VŠE. ISBN 80-7079-135-7.

PERNICA, Petr, 1994. *Logistika: Pasivní prvky: Určeno pro stud. všech fak. VŠE Praha*. Praha: Vysoká škola ekonomická. ISBN 978-80-247-2708-0.

STEHLÍK, Antonín a Josef KAPOUN, 2008. *Logistika pro manažery*. Praha: Ekopress. ISBN 978-80-86929-37-8.

SVATOŠ, Miroslav, 2009. *Zahraniční obchod: teorie a praxe*. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-2708-0.

SVOBODA, Vladimír, 2004. *Dopravní logistika*. Praha: ČVUT. ISBN 80-01-02914-X.

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

TICHÝ, Jaromír, 2021. *Logistické systémy*. Edice EDUCOpres. Praha: VŠFS. ISBN 978-80-7408-225-2.

Elektronické odkazy:

ANASOFT, 2024. *Top 7 trendů v logistice a skladování na rok 2024: Jak AI transformuje skladovou logistiku*. Vše o průmyslu [online] [cit. 2024-01-09]. Dostupné z:

<https://www.vseoprmyslu.cz/inspirace/trendy/top-7-trendu-v-logistice-a-skladovani-na-rok-2024-jak-ai-transformuje-skladovou-logistiku.html>

IPSOS, SKLAD, 2022. *Trendy v české logistice*. [online] [cit. 2022-10]. Dostupné z:

<https://www.sklad.cz/trendy2022/>

PETRJÁNOŠ, Vít, 2021. *Pandemie mění logistiku i obchodní modely*. CFOworld [online]

[cit. 2021-08-16]. Dostupné z: <https://www.cfoworld.cz/clanky/pandemie-meni-logistiku-i-obchodni-modely/>

POKORNÝ, Martin, 2021. *Nic nebude jako dřív. Koronavirus způsobil revoluci v*

logistice. TechFocus.cz [online] [cit. 2021-05-17]. Dostupné z:

<https://techfocus.cz/gadgets/3207-nic-nebude-jako-driv-koronavirus-zpusobil-revoluci-v-logistice.html>

SYNEX LOGISTICS, 2023. *Trendy v logistice 2023*. Synex Logistics [online] [cit. 2023-

05-08]. Dostupné z: <https://synexlogistics.com/cz-cs/chlanky/trendy-v-logistice-2023/>

8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Funkční členění podnikové logistiky	14
Obrázek 2: Vývoj logistiky	16
Obrázek 3: Eulerův náčrtek mostů a graf znázorňující mosty v Královci	23
Obrázek 4: Neorientovaný a orientovaný ohodnocený graf	24
Obrázek 5: Maticové zobrazení grafu	24
Obrázek 6: Mapa obslužných míst	29
Obrázek 7: Metoda výhodnostních čísel: Krok 1	48
Obrázek 8: Metoda výhodnostních čísel: Krok 2	49
Obrázek 9: Metoda výhodnostních čísel: Krok 3	50
Obrázek 10: Metoda výhodnostních čísel: Krok 4	51
Obrázek 11: Metoda výhodnostních čísel: Krok 5	52
Obrázek 12: Metoda výhodnostních čísel: Krok 6	53
Obrázek 13: Výsledky tras metodou výhodnostních čísel	54

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1: Matice sazeb	29
Tabulka 2: Metoda nejbližšího souseda: Krok 1	30
Tabulka 3: Metoda nejbližšího souseda: Krok 2	31
Tabulka 4: Metoda nejbližšího souseda: Krok 3	31
Tabulka 5: Metoda nejbližšího souseda: Krok 4	32
Tabulka 6: Metoda nejbližšího souseda: Krok 5	33
Tabulka 7: Metoda nejbližšího souseda: Krok 6	33
Tabulka 8: Metoda nejbližšího souseda: Krok 7	34
Tabulka 9: Metoda nejbližšího souseda: Krok 8	35
Tabulka 10: Metoda nejbližšího souseda: Krok 9	35
Tabulka 11: Metoda nejbližšího souseda: Krok 10	36
Tabulka 12: Metoda nejbližšího souseda: Krok 11	37
Tabulka 13: Metoda nejbližšího souseda: porovnání jednotlivých výchozích míst	37
Tabulka 14: Výchozí tabulka VAM s diferencemi	39

Tabulka 15: Vogelova aproximační metoda: Krok 1	40
Tabulka 16: Vogelova aproximační metoda: Krok 2	40
Tabulka 17: Vogelova aproximační metoda: Krok 3	41
Tabulka 18: Vogelova aproximační metoda: Krok 4	42
Tabulka 19: Vogelova aproximační metoda: Krok 5	42
Tabulka 20: Vogelova aproximační metoda: Krok 6	43
Tabulka 21: Vogelova aproximační metoda: Krok 7	44
Tabulka 22: Vogelova aproximační metoda: Krok 8	45
Tabulka 23: Vogelova aproximační metoda: Krok 9	45
Tabulka 24: Vogelova aproximační metoda: Krok 10	46
Tabulka 25: Vogelova aproximační metoda: Krok 11	47
Tabulka 26: Výsledky optimalizace tras v kilometrech	55
Tabulka 27: Výsledky optimalizace tras v hodinách	56
Tabulka 28: Výsledky optimalizace tras v nákladech	57

Přílohy

Příloha 1	I
Příloha 2	V