

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA EKONOMICKÁ

Bakalářská práce

**Analýza dopravy při rozvozu objednávek zákazníkům u konkrétního
podniku**

**Analysis of the Transport During Order Delivery to Customers in a
Particular Company**

Robin Kříž

Plzeň 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma

„Analýza dopravy při rozvozu objednávek zákazníkům u konkrétního podniku“

vypracoval samostatně pod odborným dohledem vedoucího bakalářské práce za použití pramenů uvedených v příložené bibliografii.

Plzeň dne 25.4. 2022

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce prof. Dr. Ing. Miroslavu Plevnému za tipy a vedení bakalářské práce.

Také bych velice rád poděkoval lidem v podniku, ve kterém byla bakalářská práce zpracována, za umožnění vypracování a přístup k interním datům.

A v poslední řadě bych rád poděkoval kolegům z oboru Informační management za

Obsah

Úvod a cíl práce	9
1 Logistika	10
1.1 Cíle logistiky	10
1.2 Logistický řetězec	11
2 Distribuční systémy	12
2.1 Přímá a nepřímá distribuce.....	12
2.1.1 <i>Přímá distribuce</i>	12
2.1.2 <i>Nepřímá distribuce</i>	13
2.2 Distribuční technologie	13
2.2.1 <i>Hub & Spoke</i>	13
2.2.2 <i>Quick Response (QR)</i>	15
2.2.3 <i>Efficient consumer Response (ECR)</i>	15
3 Moderní trendy v doručování zboží	16
4 Rozvozní a okružní úlohy	18
4.1 Okružní úlohy.....	18
4.1.1 Varianta okružní úlohy	18
4.2 Úloha okružních jízd	19
4.2.1 Charakteristické požadavky zákazníků.....	19
4.2.2 Charakteristické požadavky dodavatele.....	19
4.2.3 Matematický zápis Úlohy okružních jízd	20
4.2.4 Použití okružních jízd	21
4.2.5 Základní typy rozvozních problémů členíme na:	21
4.3 Dopravní problém s časovými okny	22
4.3.1 <i>Pevně stanovené časové okno</i>	22
4.3.2 <i>Volně stanovené časové okno</i>	22

5	Teorie Grafů	23
5.1	Neorientovaný graf.....	23
5.2	Orientovaný graf.....	24
5.3	Pojmy teorie grafů	24
5.4	Hranové ohodnocení vrcholů.....	25
6	Clarkeova – Wrightova metoda (CW)
6.1	Průběh Clarkeovy-Wrightovy metody.....	27
7	Představení společnosti.....	29
7.1	Sortiment	29
7.2	Způsoby doručení	29
8	Analýza současné situace	32
8.1	Příklad jedné rozvozní trasy	32
8.2	Nové navržení trasy	34
8.3	Simulace vytvoření tras ze dne 11.1. 2022	47
8.4	Analýza trasy společnosti	48
8.5	Vlastní vytvoření tras.....	49
8.6	Výsledek	50
8.7	Porovnání výpočtu	53
8.8	Výpočty dalších tras	54
9	Výsledek zkoumání a doporučení pro další implementaci	55
	Závěr.....	57
	Seznam použitých zdrojů.....	58
	Seznam tabulek.....	60
	Seznam obrázků	61
	Seznam příloh	62
	Přílohy	63

Úvod a cíl práce

Doručování zboží je velkým tématem každého podniku, který má zákazníky, ke kterým musí zboží dostat. Tím není myšleno si nechat posílat zboží kurýrem domů, ale je tím myšleno množství způsobů, jak zboží doručit. Existují výdejní boxy, tisíce výdejních míst v různých prodejnách, které e-shopy mohou využívat. Tato expanze se začíná stále více využívat, kde e-shop raději využije již nějakou stávající prodejnu (i mimo svůj obor), než aby expandoval sám na vlastní pěst. S tímto se pojí různé pokusy o vylepšení, optimalizace, zvýšení efektivnosti doručování zboží.

Doprava zboží zákazníkům je tedy jedna z klíčových služeb každého obchodního či výrobního podniku. Jedná se tedy o nemalý náklad, o který není zájem a je na místě jakákoliv optimalizace. Čím větší je firma, tím větší jsou náklady na logistiku a dopravu.

Cílem této bakalářské práce je **zaměřit se na jeden typ dopravy podniku, analyzovat vytváření tras a případně navrhnout nové, lepší řešení a doporučení k implementaci.**

Jednotlivé kroky, které povedou ke splnění tohoto cíle budou:

- Analýza stávajícího způsobu doručení.
- Výpočet nového způsobu plánování tras.
- Vyhodnocení výhodnosti nového plánování tras.
- Doporučení pro daný podnik k následné implementaci.

Teoretická část práce bude věnována tématům spojeným se základy logistiky, logistickým řetězcem, distribucí, trendům a následně k rozvozním a okružním problémům.

V praktické části bude věnován největší prostor výpočet nově vytvořených tras a analýza vůči aktuálnímu nastavení podniku.

Samotným závěrem bude zhodnocení přínosů práce a doporučením pro daný podnik.

1 Logistika

Logistika jako taková je tu s námi od začátku fungování lidstva. Ať už se jedná o zásobování vesnic ve středověku, automobilové linky Henryho Forda na začátku 20. století nebo cyklistu, který vám dovezl nový telefon v 21. století. Všechno se týká nějaké jiné části logistiky.

Logistiku jako termín zavedl Antoine-Henri Jomini [1] v roce 1846.

Logistika se dá definovat jako složení a organizace toku zboží v požadovaném množství a kvalitě tak, aby byl dodán v požadovaném čase a za požadované náklady. Tyto atributy můžeme pojmenovat jako logistický trojimperativ.

Definicí logistiky existuje opravdu mnoho. Rushton, Croucher, Baker [3, přeloženo] definují logistiku jako:

„Logistika se zabývá přesunem zboží od zdroje dodávek z místa výroby do místa spotřeby nákladově efektivním způsobem a zároveň poskytuje přijatelný servis pro zákazníka.“
(Rushton, Croucher, Baker, 2006)

1.1 Cíle logistiky

Cíle logistiky vychází z její definice. Znamená to tedy, že v domluvené kvalitě doručit za domluvený čas a za požadované náklady.

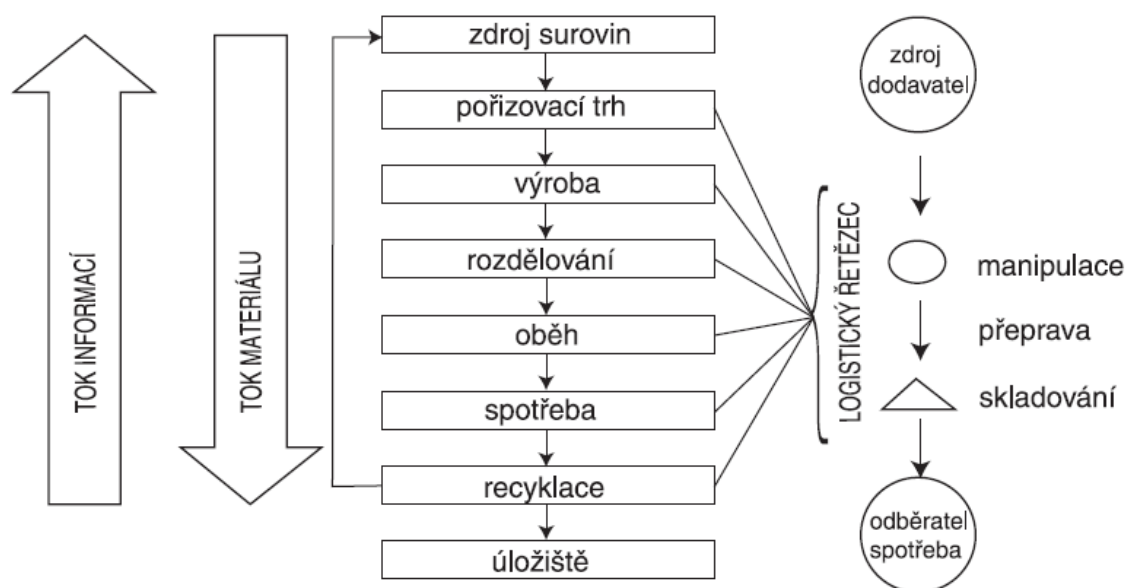
V trendech dnešního konzumerismu je vyvíjen velký tlak na rychlost doručení a maximální kvalitu za co nejméně peněz. Velcí hráči na poli e-commerce se předhánějí v tom, jak rychle dokážou objednávky a zboží doručit. Ať už se jedná o mezinárodní Amazon, či tuzemskou Alzu nebo Mall. Tyto tlaky na rychlost a kvalitu nemusí být nutně špatné.

1.2 Logistický řetězec (angl. Supply Chain)

Logistický řetězec se skládá z každého, kdo je účastníkem. Ať už přímo či nepřímo. Každý tento článek má za cíl uspokojit koncového zákazníka. Můžeme říct, že se jedná o sklady, výrobce, koncové obchody, a na konci je samotný zákazník. (Chopra, Meindl, 2007)

Logistický řetězec můžeme také zakreslit takto:

Obrázek 1 Logistický řetězec



Zdroj: Internetový zdroj 1

Cílem je maximalizovat celkovou hodnotu, která je dodána koncovému zákazníkovi.

Tato hodnota může být vyjádřena jako:

❖ **Přebytek logistického řetězce** = hodnota zákazníka – náklady logistického řetězce (Chopra, Meindl, 2007)

Dle Chopra, Meindl (2007) je logistický řetězec dynamický a obsahuje stálý tok informací, produktů a peněz. (Volně přeloženo). Logistický řetězec musíme chápat jako posloupný sled činností, kde nelze přeskakovat kroky¹. Tyto kroky vždy vedou ke společnému cíli.

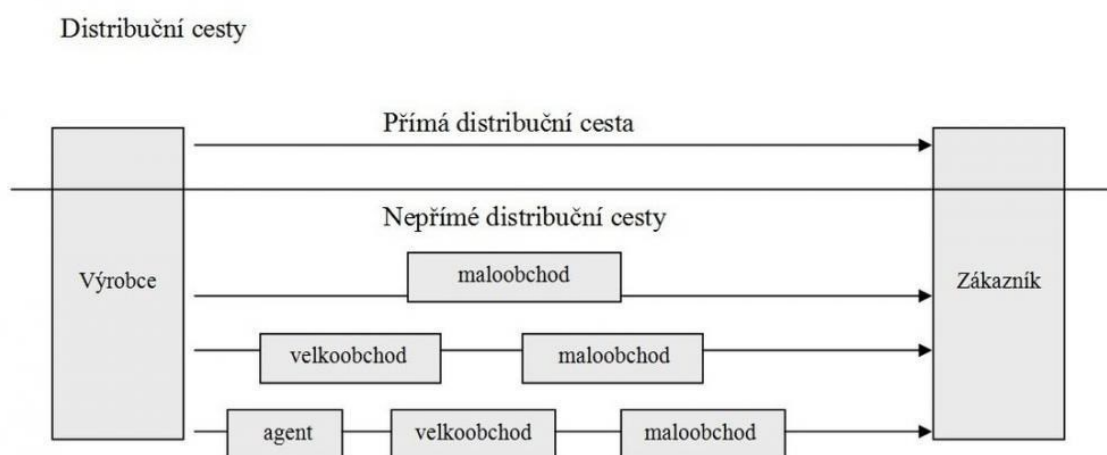
¹ Internetový zdroj 1

2 Distribuční systémy (*angl. Distribution systems*)

Distribuce znamená bezprostřední uspokojení potřeb zákazníka. (Daněk, Plevný, 2005) Distribuce se týká efektivního uskladnění zboží, expedice a následného doručení. Distribuce může být jak mezi sklady (například pro optimalizaci skladových zásob) anebo přímo směrem k externímu zákazníkovi. Vždy tu tedy vzniká nějaký vztah mezi dodavatelem a zákazníkem.

2.1 Přímá a nepřímá distribuce

Obrázek 2: Distribuční cesty



Zdroj: Internetový zdroj 2

2.1.1 Přímá distribuce

Jak z názvu vyplývá, tak se jedná o distribuci bez mezičlánků. Je to tedy přímá cesta od výrobce k zákazníkovi. Ačkoliv zde nejsou žádné články, nemusí se vždy jednat o nejrychlejší cestu k zákazníkovi. Velkou výhodou je, že celý proces má výrobce pod kontrolou. Například pokud má vlastní dopravu, dokáže udržet větší kvalitu, buduje si vlastní značku a dlouhodobě se může jednat o velmi výhodnou alternativu ke klasickému využití externí dopravy.

2.1.2 Nepřímá distribuce

U nepřímé distribuce je jeden či více mezičlánků. Často se jedná o maloobchod či velkoobchod. Zde se zmenšuje riziko pro výrobce, jelikož logistiku a často i marketing zajišťují maloobchodníci. Výrobci se zde snižuje marže na zboží, protože prodává někomu jinému, který to přeprodá ještě dál. Čím více článků zde existuje, tím menší marži bude mít, anebo případně tím dražší daný produkt bude.

Nepřímou distribuci může používat každý. Je to přístupnější možnost, jak prodávat a nabízet své produkty. Nejvíce se vyplatí nové firmě, která prozatím nemá dostatečné jméno a využije maloobchodní či velkoobchodní řetězce.

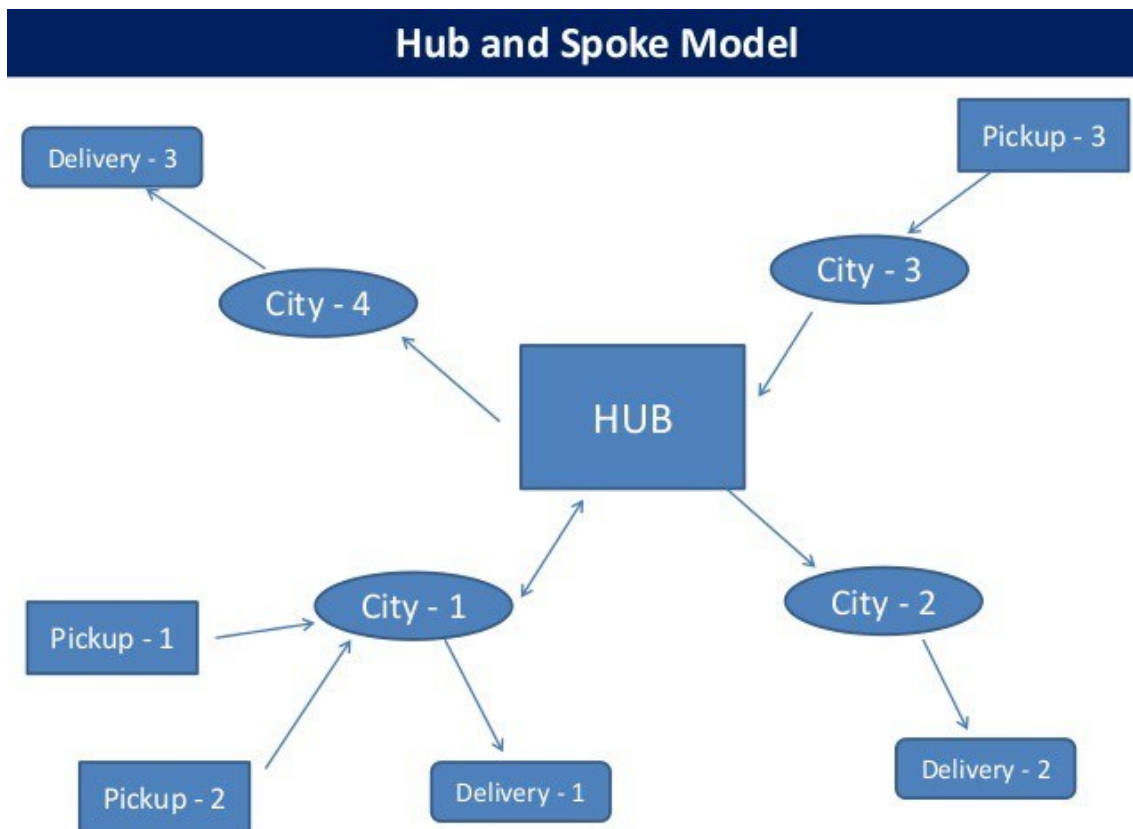
2.2 Distribuční technologie

2.2.1 Hub & Spoke

Tato technologie je velmi oblíbená u dopravních služeb. Používá ji Česká Pošta, DPD, PPL a další přepravní společnosti. Využívá skutečnosti, že doprava většího objemu zboží na větší vzdálenost je levnější a rychlejší.

Princip spočívá v hromadění zásilek do jednoho velkého celku. Zásilky se konsolidují nejčastěji do velkých kamionů. Později se přeskládají v depu a odvezou se na finální destinaci. Toto může proběhnout několikrát. Například u České Pošty směřuje velký kamion z Plzně do Tachova, tam se balíky roztřídí a do menších pošt vyrazí dodávky s balíky. Tímto se dají ušetřit náklady.

Obrázek 3: Hub & Spoke



Zdroj: Internetový zdroj 3

2.2.2 Quick Response (QR)

V technologii Quick Response jde o rychlou reakci na objednávku. Jak se zboží spotřebovává anebo prodává, tak systém okamžitě reaguje na vzniklou poptávku. Tyto reakce by měly být vždy plynulé a každý článek řetězce koordinovaný.

Primárně se využívá v maloobchodních řetězcích pro zásobování přímo z výroby. Aby systém plně fungoval, je nutná digitalizace, protože systém využívá elektronický přenos dat a čárové kódy. Tím, že je systém digitalizovaný, umožňuje online sledování prodeje a informace ohledně doručení. (Daněk, Plevný, 2005)

Díky zavedení QR (Quick Response) kódů se lépe řídí zásoby, dodavatel může okamžitě reagovat a zboží je doručeno rychleji. Online systém zásob umožní lepší sledování skladových zásob tak, aby se nestalo, že zboží nebude skladem. (Daněk, Plevný, 2005)

2.2.3 Efficient consumer Response (ECR)

Varianta systému QR, která se vyvinula primárně pro výrobu a obchod se zbožím, které musí být rychle odesláno. Nejčastěji se tedy jedná výrobu, zpracování a obchod s potravinami. (Daněk, Plevný, 2005) Hlavním přínosem technologie ECR je vylepšení efektivity v logistickém řetězci tak, aby byly eliminovány činnosti, které nejsou potřeba a akorát by prodlužovaly čas na vyskladnění. Hlavním efektem je tedy minimalizace skladové zásoby, uspořádání sortimentu do různých výrobních skupin a možnosti zlepšení cenové nabídky kvůli lepší předpovědi objednávaného zboží. (Daněk, Plevný, 2005) Zavedení ECR potřebuje mít dobré zázemí v komunikaci mezi zákazníkem a dodavatelem.

3 Moderní trendy v doručování zboží

Tlaky na snížení ceny a rychlejší a spolehlivější doručení jsou aktuálním trendem. Tyto tlaky způsobují pozitivní inovace ve světě logistiky. Inovační tlaky mají i negativní následky, a to horší zacházení s kurýry a obecně horší platové podmínky zaměstnanců.

a) Doručování drony

Doručení dronem je stále v začátcích a jedná se o opravdu okrajovou záležitost. Amazon nabízí Amazon Prime Air², což je služba doručení dronem. Od objednání do doručení garantuje Amazon 30 minut. Na papíře to zní skvěle a u drobného zboží se jedná jistě o velmi zajímavou službu.

b) Výdejní místa

Velkým trendem posledních let jsou výdejní místa. Zde se využívají různé obchody jako výdejní místa pro zásilky.

c) Výdejní boxy

Výdejní boxy jsou také velmi úspěšné pro jejich levnou expanzi a ekonomické doručování, kde balík není tak drahý a dopravce dokáže obsloužit několik boxů na jedné trase. Aktuálně nejpůvodnější v mediích jsou Alza Boxy patřící e-shopu Alza.cz a Z-Boxy od Zásilkovny. Je to další část tzv. „last-mile delivery³“, tj. jak rychleji a efektivněji doručit zboží zákazníkům. Doprava je značně jednodušší, protože kurýr rozveze zboží ze skladu do několika boxech a nemusí rozvážet zásilky 70 zákazníkům. Tato technika rozvozu může přinést snížené náklady.

d) Udržitelnost

Úspěšným trendem posledních let a zřejmě i let následujících je mít logistiku a dopravu co nejvíce udržitelnou, tedy šetrnou k přírodě. Týká se to hlavně obalového materiálu, kterého je opravdu velké množství. Často se jedná o několik krabic, kartony a další odpad.

² <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011> Zde můžeme naléznou vše ohledně doručování dronů, které poskytuje Amazon.

³ Neboli doručování poslední míle. Často se jedná o dopravu z lokálního skladu k zákazníkovi.

f) Marketplace

Marketplace znamená, že obvykle velký internetový obchod nabídne svoje know-how a prostředky k tomu, aby na jeho e-shopu prodávali i ostatní obchody. Tímto obchod neplýtvá náklady na skladování (tyto náklady přesouvá na prodejce) a zároveň si tím může velmi rozšířit nabídku zboží. Například největší e-shop Amazon už má více než 50 % obrátu z Marketplace⁴. Tento trend můžeme vidět i na tuzemsku, kde Mall či Alza hojně investují do Marketplace a vidí v tom velký potenciál. Marketplace je také skvělý nástroj k obsazování nových trhů.

⁴ <https://www.statista.com/statistics/259782/third-party-seller-share-of-amazon-platform/> Jak je vidno, tak podíl z Marketplace Amazon stále posiluje a již se jednalo v posledním kvartálu roku 2021 o 56%

4 Rozvozní a okružní úlohy

Jakékoliv doručování balíků zákazníkům představuje nějaký rozvozní problém. Vždy se snažíme o optimální trasu, nejmenší náklady a co největší kvalitu doručení. Tyto problémy můžeme klasifikovat do několika kategorií.

4.1 Okružní úlohy

Okružní úlohy jsou úlohy, kde nebereme v potaz velikosti požadavků koncových zákazníků. Může se jednat o objem, hmotnost, počet kusů. (Toth, Vigo, 2001)

4.1.1 Varianta okružní úlohy

- **Úloha obchodního cestujícího**

Tato úloha je praktickou aplikací Hamiltonovského grafu. Obchodníka také zajímají pouze vrcholy (obchodní partneři) a chce je najít za co nejkratší možnou dobu. Jedná se tedy o nalezení Hamiltonovské cesty s minimální vzdáleností).

- **Matematické vyjádření úlohy**

$x_{ij} \in \{0, 1\}$; 1 znamená, že trasa proběhne od i do j . 0 znamená, že trasa mezi i a j nebude.

$$\min \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \text{ pro } i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \text{ pro } j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (3)$$

$$\sum_{i \in K} \sum_{j \in K} x_{ij} \leq |K| - 1 \text{ pro každé } K \subset \{1, \dots, m\} \quad (4)$$

V tomto případě je K neprázdná podmnožina měst 1 až m . Náklady na přepravu se c_{ij} se mohou lišit od c_{ji} (jednosměrky apod.). (Hoffman, Padberg, Rinaldi, 2013)

4.2 Úloha okružních jízd (angl. *Vehicle Routing Problem*)

Úloha rozvozních jízd je částí lineárního programování, která se využívá na různé problémy, které se týkají doručování produktů, zboží a dalších každodenních

Každý rozvozní problém má nějaké atributy. Tyto atributy popsal Toth, Vigo [6, 1-10]

4.2.1 Charakteristické požadavky zákazníků

- a) Vzdálenost
 - od depa,
 - od předešlého zákazníka,
 - k dalšímu zákazníkovi v pořadí.
- b) Poptávka
 - početní množství,
 - objem dodávky,
 - hmotnostní požadavky.
- c) Časové okno
 - volné,
 - pevně dané.
- d) Čas na vykládku
 - jak dlouho potrvá vyložit požadovanou objednávku.

4.2.2 Charakteristické požadavky dodavatele

- a) Depo
 - domovské depo vozidla,
 - možnost zakončit cestu v jiném depu.
- b) Kapacita vozidla
 - maximální váha,
 - maximální objem,
 - pokud je dobře napočítáno, tak lze i maximální počet kusů.
- c) Skladování zboží ve vozidle
 - rozdělení vnitřního skladovacího prostoru ve vozidle.

- d) Dostupné zařízení k vykládce
- rudl,
 - rampa.
- e) Ceny spojené s nákladem vozidla
- provozní náklady,
 - mzdové náklady.

4.2.3 Matematický zápis Úlohy okružních jízd

Matematický zápis popisuje Toth, Vigo [6, 10-12]

$$\min \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{i \in K}^m x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}, \quad (2)$$

$$\sum_{j \in K}^m x_{ij} = 1 \quad \forall j \in V \setminus \{0\}, \quad (3)$$

$$\sum_{i \in V}^m x_{i0} = K, \quad (4)$$

$$\sum_{j \in V}^m x_{0j} = K, \quad (5)$$

$$\sum_{i \notin S} \sum_{j \in S} x_{ij} \geq r(S) \quad \forall S \subseteq V \setminus \{0\}, S \neq \emptyset, \quad (6)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in V \quad (7)$$

První bod (1) znamená, že hledáme minimální délku uskutečněných tras. V bodech (2) a (3) máme vstupy a výstupy jednotlivých zákazníků a dodavatele. Body (4) a (5) ukládají požadavky na depo. Část (6) propojuje řešení s kapacitou vozidla a stanovují, že každá trasa $(V \mid S, S)$, kde zákazník S je křižován trasou, která nesmí být menší než $r(S)$ (minimální počet vozidel, které uspokojí zákazníka S). (7) je podmínka, kde x_{ij} musí nabývat hodnot 0 nebo 1. Tedy, že vozidlo zákazníka obslouží anebo ne.

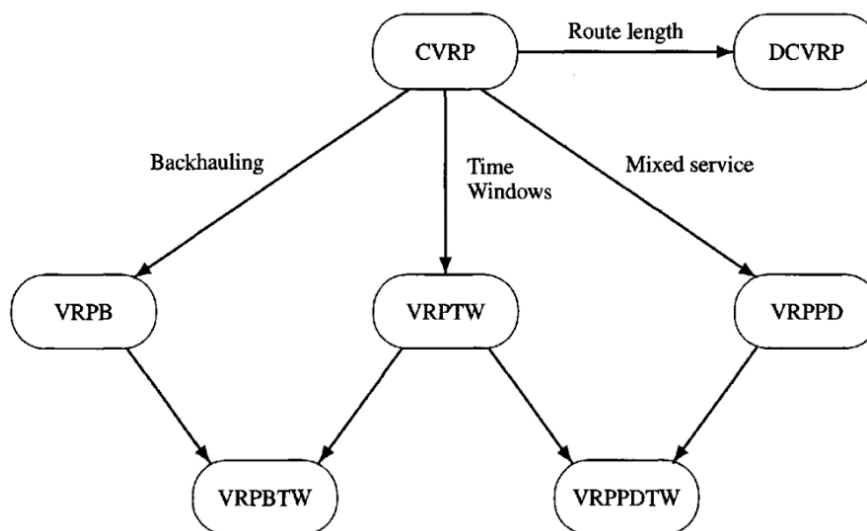
4.2.4 Použití okružních jízd

- ❖ Doručení zboží zákazníkům.
- ❖ Svoz popelnic.
- ❖ Přemísťování zboží mezi sklady.
- ❖ Doručování poštovních zásilek.
- ❖ Doručování přes časová okna.
- ❖ Plánování tras při sběru peněz.
- ❖ Efektivní plánování složení tras.
- ❖ A jistě spoustu dalších.

4.2.5 Základní typy rozvozních problémů členíme na:

- ❖ Rozvozní problém, kapacitní rozvozní problém (**VRP, CVRP**)
- ❖ Rozvozní problém s časovými okny (**VRPTW**)
- ❖ Rozvozní problém rozšířený o omezení vzdálenosti (**DCVRP**)
- ❖ Rozvozní problém se zpětnou nakládkou (**VRPB**)
- ❖ Rozvozní problém se sběrem (**VRPPD**)
- ❖ Různé kombinace prvních čtyř rozvozních problémů (Obrázek 4)
 - $VRPBTW = VRPB + VRPTW$
 - $VRPPDTW = VRPPD + VRPTW$

Obrázek 4: Vizualizace návaznosti rozvozních problémů



Zdroj: Návaznosti jednotlivých druhů rozvozních problémů [6]

4.3 Dopravní problém s časovými okny (angl. The Vehicle Routing Problem with Time Windows)

Tento dopravní problém je specifický tím, že doručujeme přes časová okna. Tyto časová okna jsou nejčastěji hodinová či dvouhodinová. U rozvozových oken musíme rozeznat několik typů:

4.3.1 Pevně stanovené časové okno

Pevně stanoveným časovým oknem myslíme to, že pokud přijede kurýr příliš brzo, tak musí čekat na zákazníka. Není tedy dovoleno doručovat mimo sloty (nemusí to být ani možné). Toto čekání neznamená vyšší náklady. Pouze se mohlo stát, že kurýr dovezl ostatní zásilky rychleji, dorazil z depa rychleji anebo měl cestu kolem.

V případě pevně stanoveného časového okna se jedná o doručování potravin, výběr peněz z maloobchodních řetězců, doručení objednávek a spoustu dalších.

4.3.2 Volně stanovené časové okno

Volně stanovené časové okno je podobné jako pevně stanovené okno. Tedy opět máme například dvouhodinové časové okno. Rozdíl je ten, že tady můžeme doručit mimo časové okno, ale za nějakou určitou penalizaci. (Toth, Vigo, 2001)

5 Teorie Grafů

Tato teorie se zabývá studiem grafů: matematické struktury, které modelují vztahy mezi objekty stejného typu. Může se například jednat o sklady, zákazníky, uzly.

Graf: je uspořádá dvojice Vrcholů **V** a množiny Hran **H**. Pro lepší představu můžeme říct, že máme 2 sklady (vrcholy) V_1 a V_2 a mezi nimi je hrana H_1 .

Graf $G = (V, H)$

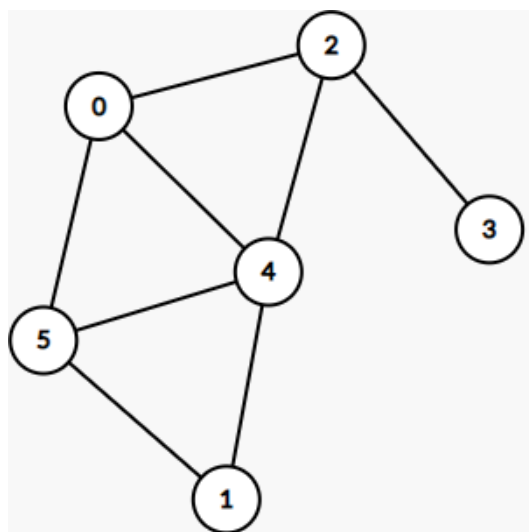
- ❖ $V = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ konečná neprázdná množina vrcholů grafu G
- ❖ $H = (h_{ij})$ je množina hran grafu G , kde $h_{ij} = (u_i, u_j)$, kde u_i, u_j náleží V

5.1 Neorientovaný graf

Tento graf nemá pevně daný směr, kam je možné přes hranu jít do sousedního vrcholu. Předpokládá se tedy, že je možné se přesouvat dle libosti.

Praktické využití neorientované grafu můžeme najít například v dopravě. Prakticky není možné, že se stane, že nebudeme moci jet zpátky na uzel. U dopravní sítě tedy budeme většinou hledat kostru grafu. (Plevný, Žižka, 2010)

Obrázek 5: Neorientovaný graf



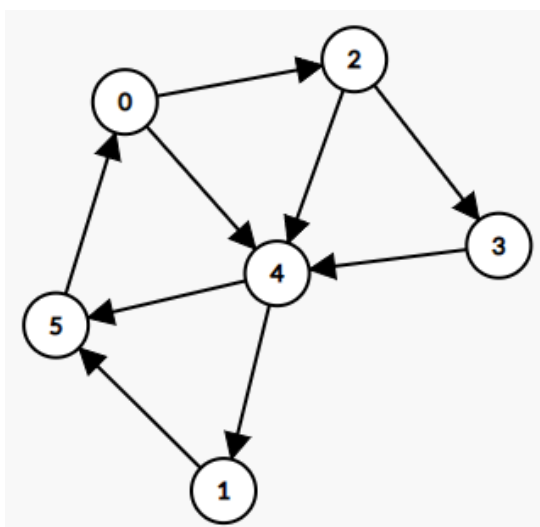
Zdroj: vlastní zpracování, 2022

5.2 Orientovaný graf

Uspořádané dvojice grafu mají mezi sebou vyznačené šipky. Například z vrcholu V_1 se lze dostat do V_5 a do V_1 se jde dostat z V_4 . Ale zpětně z V_5 do V_1 se již nedostaneme přímou cestou a museli bychom oklikou $V_5 \rightarrow V_0 \rightarrow V_4 \rightarrow V_1$.

Orientovaný graf se využívá například v různých vodovodních a elektronických systémech. Jednoduše tam, kde je potřeba mít nějaké směrování. Voda se jen tak nemůže obrátit zpátky ve stejné trubce. (Plevný, Žižka, 2010)

Obrázek 6: Orientovaný graf



Zdroj: vlastní zpracování, 2022

5.3 Pojmy teorie grafů

❖ Hamiltonovská cesta (Hamiltonovská kružnice)

Cesta, která obsahuje všechny vrcholy v grafu G , ale neobsahuje všechny hrany. Pokud zkoumáme doručování přes časové sloty, tak nás zajímají opravdu jen vrcholy a všechny hrany (ulice procházet nemusíme). (Plevný, Žižka, 2010)

Úloha čínského pošťáka

Tato úloha se zabývá nalezením nejkratší trasy, při průchodu všemi hranami grafu.

❖ Úloha obchodního cestujícího

Jedna z nejčastějších úloh. Pojednává o nalezení nejkratší cesty v grafu, při obsazení všech vrcholů grafu. (Plevný, Žižka, 2010)

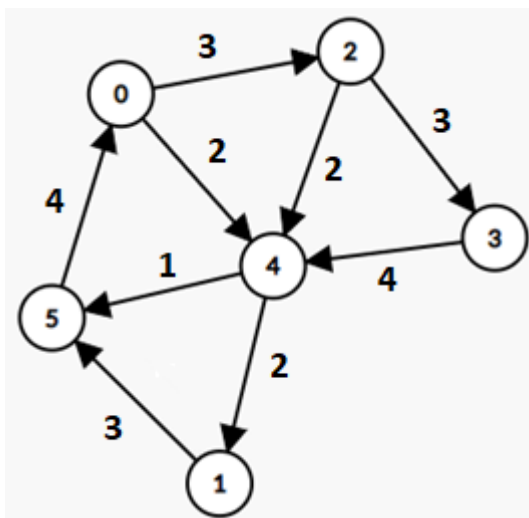
5.4 Hranové ohodnocení vrcholů

Model, kde bychom měly pouze vrcholy a hrany bez dalších, dat by nám byl pravděpodobně k ničemu. Abychom zajistili správný chod, tak potřebujeme nějaké ohodnocení těchto uzlů. K tomu nám slouží hranové ohodnocení vrcholů.

V našem příkladu můžeme sledovat

- ❖ **Vzdálenost** – naprosto zásadní informace pro celé doručování zboží. Bez této informace se nedají skládat trasy.
- ❖ **Čas** – Tady můžeme brát například časovou náročnost z bodu V_1 do V_2 . V našem případě se jedná o důležitou informaci pro tvorbu časových oken.
- ❖ **Náklady** – Náklady budou často souviset se vzdáleností (plat řidiče, pohonné hmoty). (Plevný, Žižka, 2010)

Obrázek 7: Hranově ohodnocený graf



Zdroj: vlastní zpracování, 2022

6 Clarkeova – Wrightova metoda (CW)

CW metoda je heuristická. Její výsledky tedy nemusí být optimální, ale jsou jen jakýmsi odhadem nejlepší volby. V našem případě se bude jednat o trasy, kterých nebude mnoho, takže naleznout optimální trasu nebude takový problém.

Metoda spočítá v tom, že jdeme po krocích. Nejdříve nalezneme nejhorší možnost a dále jdeme postupně, až narazíme na tu nejlepší. Jak bylo ukázáno u teorie grafů, tak i CW metodu použijeme při grafu $G = (V, H)$, kde V jsou vrcholy a H hrany. Tedy V budou adresy doručení a H cesty k nim. V_0 bude náš sklad a poté index 1 až n bude naše místo doručení. (Toth, Vigo, 2001)

Pro metodu máme 2 podmínky:

1. Každý zákazník musí být obsloužený jen jednou

Tato podmínka samozřejmě dává smysl a nedávalo by smysl jezdit k jednomu zákazníkovi několikrát. Jediná výjimka bude ta, že pokud například kurýr zapomene vyložit nějaký balík, tak se může vracet.

2. Nesmíme překročit kapacitu

Pokud se v dané trase překročí kapacita, tak hledáme trasu jinou anebo budeme muset vytvořit trasu novou tak, aby byly uspokojeny požadavky zákazníka.

Doplňující podmínky mohou být například

3. Limit na maximální trvání trasy

Pokud bychom měli například dopravní problém s časovými okny, tak můžeme nastavit limit na maximální trvání trasy, která by byla například u dvouhodinového časového okna nastavena na menší než 2 hodiny.

6.1 Průběh Clarkeovy-Wrightovy metody

1) Máme dopravní síť, graf $G = (V, H)$

Pro lepší představu si můžeme představit matici, kde vrchol V je zastávka, a hrana H je vzdálenost mezi body V_i a V_j . Autor toto ukazuje v praktické části.

2) Sestavíme matici výhodnosti s koeficienty výhodnosti (angl. Coefficient of advantage)

Při výpočtu využijeme tento vzorec. $Z_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij}$, kde $i, j = 1, n$

Tento sečte hodnoty $V_0 - V_i - V_0$ a $V_0 - V_j - V_0$ a odečte od nich jejich společnou cestu $V_0 - V_i - V_j - V_0$. **Ve výsledku nás zajímají co nejvyšší hodnoty.** U záporných by se jednalo o prodloužení trasy.

3) Vytvoříme první elementární řešení, které bude pravděpodobně nejhorší – $(V_0 - V_i - V_0)$

Toto řešení později využijeme jako podklad pro slučování tras. Příkladem může být tabulka č. 2

4) Vybíráme nejvyšší hodnotu koeficientu výhodnosti

Jakmile máme tabulku koeficientů výhodnosti, tak můžeme vybrat ten nejvyšší. Musíme si ověřit, zdali indexy V_i nebo V_j nemáme zanesené v tabulce tras. Pokud ne, tak dané trasy sloučíme do jedné tak, že si najdeme vzdálenost $V_0 - V_i$, $V_i - V_j$ a $V_j - V_0$. A vzdálenost později sečteme. Jako poslední musíme v tabulce toto pole vynulovat.

5) Navazování tras

Trasy musíme spojovat pouze tak, že při vyhledání nejvyššího koeficientu výhodnosti sledujeme, zdali můžeme alespoň jeden vrchol napojit na naši trasu. Pokud to nelze, tak toto pole také vynulujeme.

6) Vytvoření nové trasy

Pokud máme již jednu trasu a nalezneme nejvyšší koeficient výhodnosti, kde V_i a V_j nemáme zanesené ve sloučené trase, tak vytvoříme trasu novou, kterou poté napojíme na již existující.

7) Ověření kapacity

Pokud zkoumáme i kapacitu (může jít o počet balíků, počet objednávek, tak i hmotnost), tak si musíme dát po každém kroku pozor, a to ještě předtím, než danou trasu sloučíme, zdali nepřekračujeme kapacitní množství. Pokud ano, tak dané pole vynulujeme a hledáme dál. Pokud by to byly vrcholy V_i a V_j , které nemáme ve sloučené trase, tak jednoduše vytvoříme trasu novou – pokud nám to dovolí kapacitní omezení.

8) Ukončení algoritmu

Algoritmus končí, pokud máme zanesené všechny vrcholy ve sloučené trase, případně sloučených trasách. Také bychom měli mít na konci vynulovanou matici koeficientu výhodnosti. (Clarke, Wright, 1964)

7 Představení společnosti

Pro účel bakalářské práce nezveřejňuji konkrétní jméno společnosti z důvodu citlivých dat, která mohou být zneužita. Proto podnik pojmenuji jako X.

Firma je na trhu od 90. let 20. století.

7.1 Sortiment

Firma je přední prodejce ve sféře e-commerce a ve své nabídce má takřka veškerý sortiment. Část zboží má skladem na svých skladech a na část zboží má zaslavněné obchody, které nabízejí zboží na e-shopu firmy X. Jedná se o tzv. Marketplace.

Firma tímto řeší náklady spojené se skladováním zboží (tyto náklady přechází přímo na partnerský obchod) a zároveň si mnohonásobně rozšiřuje sortiment.

7.2 Způsoby doručení

Firma je velký e-shop, který působí v několika zemích a má tedy možnost mít velmi široký rozsah způsobů doručení zboží.

a) Vlastní doprava

Společnost má vlastní dopravu, kterou doručuje běžné objednávky a také XL (lednice, pračky apod.).

b) Výdejní box

Jedním z hlavních projektů firmy jsou výdejní boxy, které umožňují dostat se k zákazníkům ještě blíže. Aktuálně jich má firma okolo 2 tisíc. Tyto výdejní boxy nabízí i pro externí spolupráci s dalšími firmami.

c) Využití externího partnera pro přepravu objednávek

Jako každý e-shop, tak i tento má zaslavněné dopravce. Jedná se o českou poštu, PPL, DPD, Geis, SPS, Gebrüder Weiss a mnoho dalších.

d) *Netradiční způsoby doručení*

Na začátku koronavirové pandemie začala spolupráce s taxikáři přes společnost Liftago. Jedná se o společnost, která přes aplikaci umožňuje taxikářům (případně i dalším osobám) doručovat zboží. Rozvozy se dělají několikrát denně a tyto trasy se dají na rozvoz právě těmto dobrovolníkům. Kurýr Liftago přijede na pobočku, kde je objednávka již připravena, zde ji vyzvedne a následně doručí. Tato doprava bude zkoumána v rámci praktické části.

V tomto modelu doručování je možné zakoupit si doručení express a slow express. Express doručení znamená doručení do 1 hodiny a slow express do 3 hodin. U tohoto doručení musí být produkty přímo na pobočce. Služby fungují i mimo Prahu na většině prodejen.

e) *Pobočky*

Vyzvednutí na pobočce je velmi využívaný způsob doručení objednávky. Můžeme ho rozdělit do 2 částí:

❖ *Skladem na pobočce*

Zboží skladem na pobočce je dostupné zákazníkům ihned. V praxi to znamená, že pokud potřebujeme zboží okamžitě, tak si daný produkt objednáme a za hodinu ho už můžeme mít. Společně s touto zásobou se řeší optimalizace skladové zásoby. K 15.12. bylo na pobočkách zboží v hodnotě přes 800 milionů korun a přes 1 milion položek. Celkový počet vyzvednutých zásilek ze skladové zásoby pobočky se pohybuje okolo 40%

❖ *Doručení zboží na pobočku*

Klasické doručení na pobočku, většinou druhý den. Je možné, že část zboží bude na pobočce a část zboží se dopošle z logistických skladů, případně poboček. Tady může nastat problém, že si objednáme 10 věcí, z nichž 9 jich bude skladem na pobočce a poslední položka bude v Maďarsku. Tímto se doba doručení prodlouží o několik dnů, protože poslední kus musí procestovat trasu Budapešť – Bratislava – Praha – cílová pobočka.

Příklad typů dopravy, které společnost nabízí v Praze

Autor si přes OLAP databázi vyhledal, kolik zásilek je doručováno přes dopravce. V praktické části se autor věnuje dopravě přes službu doručování taxíkem, která je částečně zahrnuta v položce „Standard“

Obrázek 8: Jednotlivé druhy doprav podniku

Adresa regionu doručení	Hlavní město Praha	↕
Rok - Kvartál - Měsíc název - Den DUZP	Q1	↕
Název dopravy	Dopravci	↕
Popisky řádků	Počet dokladů (FV - DV)	
B2B ručně	38	
Balík do ruky	3 465	
Balík na poštu	1 655	
Balíkovna	335	
CZ	-1	
Čechy	68	
Čechy s výnosem	10	
Direct Shipment	-2	
Dropshipment	18	
Efteria	113	
Express	3 507	
Missing value	3 698	
Odpoledne	5 227	
ParcelShop	485	
Ráno	28 966	
SlowExpress	425	
Standard	31 814	
Tarra	33	
XL Basic	2 622	
XL Complete	7 417	
Celkový součet	89 893	

Zdroj: interní data (OLAP), vlastní zpracování, 2022

8 Analýza současné situace

8.1 Příklad jedné rozvozní trasy

Jedním z typů doručení, který tato společnost využívá, je doručování taxíkem. Jedná se o službu, která byla silně zpopularizována v době největšího lockdownu během pandemie koronaviru. Doručení zajišťuje společnost Liftago, která také zajišťuje aplikaci a propojení s kurýry. Trasy se vytvářejí den předem, většinou do 18:00, ale záleží na datu doručení. Trasy vytváří samotná společnost X a mým úkolem je analyzovat celou situaci ohledně doručování tímto způsobem.

Problémem v posledních měsících je kvalita doručení, stížnosti na pozdní doručení. Tyto problémy se dají řešit elegantně za použití správných tras.

Jako příklad 1. trasy uvádím doručování ze 7.1. 2022.

Příklad trasy:

1. Václavkova 176/2, 16000 Praha 6 - Dejvice – Praha 6
2. Dejvická 189/5, 16000 Hlavní město Praha Dejvice – Praha 6
3. V. P. Čkalova 798/24, 16000 Praha 6 - Praha 6
4. U Uranie 954/18, 17000 Hlavní město Praha Holešovice
5. Dukelských hrdinů 747/19, 17000 Hlavní město Praha Holešovice
6. Lubomír Nytra, Partyzánská 188/7a, 17000 Praha 7
7. Sanderova 1616/12, 17000 Hlavní město Praha Holešovice
8. U letenského sadu 133/7, 17000 Hlavní město Praha Holešovice
9. Na Maninách 1092/20, 17000 Praha 7 - Holešovice
10. Jankovcova 1518/2, 17000 Hlavní město Praha Holešovice
11. Sanderova 1616/12, 17000 Hlavní město Praha Holešovice
12. Za elektrárnou 419/1, 17000 Hlavní město Praha Holešovice
13. Přístavní 1190/55, 17000 Praha 7 - Holešovice
14. Komunardů 1039/39, 17000 Hlavní město Praha Holešovice

Takto se vygenerovala jedna trasa o 14. zastávkách. Po lehkém ověření trasy si můžeme všimnout toho, že 7. zastávka a 11. zastávka je na stejné adrese. Takovou chybu může samozřejmě napravit řidič, ale stačí pokud by například byla druhá zakázka pro někoho jiného nebo by to byla první adresa, tak zde může vzniknout chyba, která by zbytečně prodloužila doručení zásilky.

Vizualizace trasy a údaje o trase:

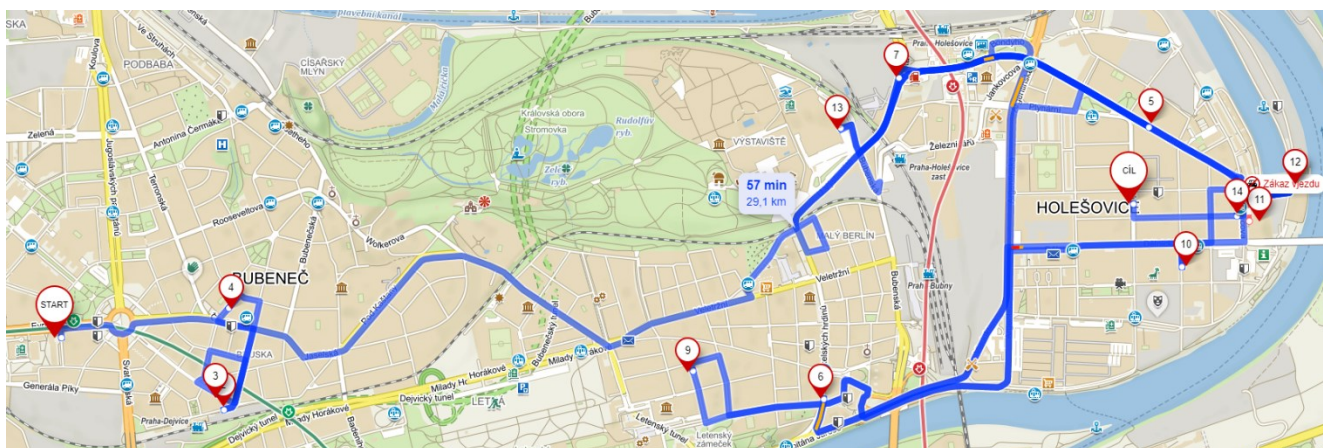
Časová náročnost: 57 minut

Vzdálenost: 29,1 km

Zdroj: Mapy.cz

Nastavení: Rychlá s provozem (je možné použít i krátkou či rychlou)

Obrázek 9: Vizualizace trasy u příkladu



Zdroj: Mapy.cz, Vlastní zpracování 2022

Už při prvním pohledu se nezdá být dostatečně efektivní. Při krátkém prozkoumání můžeme vidět úseky, které by řidič jel 2x. Ale pro jistotu je potřeba řádně propočítat přes metodu, která najde přípustné řešení.

8.2 Nové navržené trasy

Z předchozí popisu dané trasy je zřejmé, že se jedná o okružní jízdu bez kapacitního omezení. Kapacitní omezení zde není, protože taxikář dostane maximálně 15 balíků a ty vždy uveze – do těchto tras spadají pouze malé a střední balíky.

1. Václavkova 176/2, 16000 Praha 6 - Dejvice – Praha 6	Z1
2. Dejvická 189/5, 16000 Hlavní město Praha Dejvice – Praha 6	Z2
3. V. P. Čkalova 798/24, 16000 Praha 6 - Praha 6	Z3
4. U Uranie 954/18, 17000 Hlavní město Praha Holešovice	Z4
5. Dukelských hrdinů 747/19, 17000 Hlavní město Praha Holešovice	Z5
6. Partyzánská 188/7a, 17000 Praha 7	Z6
7. Sanderova 1616/12, 17000 Hlavní město Praha Holešovice	Z7
8. U letenského sadu 133/7, 17000 Hlavní město Praha Holešovice	Z8
9. Na Maninách 1092/20, 17000 Praha 7 - Holešovice	Z9
10. Jankovcova 1518/2, 17000 Hlavní město Praha Holešovice	Z10
11. Sanderova 1616/12, 17000 Hlavní město Praha Holešovice	Z11
12. Za elektrárnou 419/1, 17000 Hlavní město Praha Holešovice	Z12
13. Přístavní 1190/55, 17000 Praha 7 - Holešovice	Z13
14. Komunardů 1039/39, 17000 Hlavní město Praha Holešovice	Z14
15. Banskobystrická 2080/11	POB

Adresy jsou pojmenovány od Z1 do Z14 jako zastávka a v poslední řadě POB jako pobočka ze které se bude daná trasa realizovat. Kurýr zde totiž vyzvedává všechny zásilky.

Na tabulce níže zobrazuji počáteční tabulku.

Tabulka 1: Matice vzdálenosti

[Km]	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	POB
Z1	0	0,6	0,6	6,6	3,2	6	7	2,6	8	7,2	6,5	4,3	6,5	7	1,2
Z2	0,6	0	0,6	4,6	4	6	5,3	2,6	6	7,3	7,4	3,6	7,3	7	0,9
Z3	0,6	0,6	0	4,6	3,2	6	5,3	2,6	5,6	5,2	5,3	3,6	5,2	4,9	1,1
Z4	6,6	4,6	4,6	0	2,9	1,1	0,7	2,9	0,6	0,6	0,7	1,6	0,6	0,5	6,6
Z5	3,2	4	3,2	2,9	0	3	3,1	0,8	2,2	3	3,1	1,4	3	2,1	4
Z6	6	6	6	1,1	3	0	3,7	1,8	3,8	3,6	3,7	0,5	3,6	3,7	5,6
Z7	7	5,3	5,3	0,7	3,1	3,7	0	3,5	0,9	0,5	0	2,2	0,5	0,8	7,3
Z8	2,6	2,6	2,6	2,9	0,8	1,8	3,5	0	2,9	3,4	3,5	1,8	3,4	2,8	3,5
Z9	8	6	5,6	0,6	2,2	3,8	0,9	2,9	0	0,7	0,8	2,3	0,6	0,5	8
Z10	7,2	7,3	5,2	0,6	3	3,6	0,5	3,4	0,7	0	0,4	2,2	0,2	0,8	7,2
Z11	6,5	7,4	5,3	0,7	3,1	3,7	0	3,5	0,8	0,4	0	2,2	0,5	0,77	7,3
Z12	4,3	3,6	3,6	1,6	1,4	0,5	2,2	1,8	2,3	2,2	2,2	0	2,5	1,9	6,1
Z13	6,5	7,3	5,2	0,6	3	3,6	0,5	3,4	0,6	0,2	0,5	2,5	0	0,5	7,2
Z14	7	7	4,9	0,5	2,1	3,7	0,8	2,8	0,5	0,8	0,77	1,9	0,5	0	6,9
POB	1,2	0,9	1,1	6,6	4	5,6	7,3	3,5	8	7,2	7,3	6,1	7,2	6,9	0

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Tato matice vzdáleností je souměrná dle diagonály (vyznačeno zeleně) a stačilo by nám tedy pracovat pouze s její půlkou. Trasa od Z1 do Z2 je stejná jako od Z2 do Z1.

Tímto máme elementární řešení, které je de facto poslední řádek (POB) vynásobený 2x – jedná se o trasu: Pobočka -> Zastávka -> Pobočka. Je možné, že ve finálním výpočtu nebudeme počítat trasu zpátky na pobočku. Taxikáři, pokud doručí všechny zásilky, se už nevracejí zpátky, pokud nepřijmou novou trasu. Mohlo by se ale stát, že dovezou nějaký balík zpátky, a proto se bude hodit i výpočet s cestou zpátky.

Tabulka 2: Elementární řešení

Základní trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z1 - POB	2,4
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - POB	2,2
POB - Z4 - POB	13,2
POB - Z5 - POB	8
POB - Z6 - POB	11,2
POB - Z7 - POB	14,6
POB - Z8 - POB	7
POB - Z9 - POB	16
POB - Z10 - POB	14,4
POB - Z11 - POB	14,6
POB - Z12 - POB	12,2
POB - Z13 - POB	14,4
POB - Z14 - POB	13,8

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Část I. Vytvoření matice výhodnosti

Krok č. 1

Z tabulky č. 1 si vypočítáme matici výhodnosti.

Výpočet, pro tyto koeficienty je $Z_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij}$, kde $i, j = 1, \dots, n$

Výpočet pro zastávky Z11 a Z7 je $Z_{7,11} = 7,3 + 7,3 - 0 = 14,6$

Shodou okolností se také jedná o zastávku, kterou použijeme v kroku č.2.

Tabulka 3: Matice výhodnosti

[Km]	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14
Z1	0	1,5	1,7	1,2	2	0,8	1,5	2,1	1,2	1,2	2	3	1,9	1,1
Z2	1,5	0	1,4	2,9	0,9	0,5	2,9	1,8	2,9	0,8	0,8	3,4	0,8	0,8
Z3	1,7	1,4	0	3,1	1,9	0,7	3,1	2	3,5	3,1	3,1	3,6	3,1	3,1
Z4	1,2	2,9	3,1	0	7,7	11,1	13,2	7,2	14	13,2	13,2	11,1	13,2	13
Z5	2	0,9	1,9	7,7	0	6,6	8,2	6,7	9,8	8,2	8,2	8,7	8,2	8,8
Z6	0,8	0,5	0,7	11,1	6,6	0	9,2	7,3	9,8	9,2	9,2	11,2	9,2	8,8
Z7	1,5	2,9	3,1	13,2	8,2	9,2	0	7,3	14,4	14	14,6	11,2	14	13,4
Z8	2,1	1,8	2	7,2	6,7	7,3	7,3	0	8,6	7,3	7,3	7,8	7,3	7,6
Z9	1,2	2,9	3,5	14	9,8	9,8	14,4	8,6	0	14,5	14,5	11,8	14,6	14,4
Z10	1,2	0,8	3,1	13,2	8,2	9,2	14	7,3	14,5	0	14,1	11,1	14,2	13,3
Z11	2	0,8	3,1	13,2	8,2	9,2	14,6	7,3	14,5	14,1	0	11,2	14	13,43
Z12	3	3,4	3,6	11,1	8,7	11,2	11,2	7,8	11,8	11,1	11,2	0	13,6	-0,3
Z13	1,9	0,8	3,1	13,2	8,2	9,2	14	7,3	14,6	14,2	14	13,6	0	0
Z14	1,1	0,8	3,1	13	8,8	8,8	13,4	7,6	14,4	13,3	13,43	-0,3	0	0

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Část II. Slučování tras

Krok č. 2

Z tabulky č. 3 si nyní vybereme ten největší koeficient. Pokud vybereme záporný koeficient, tak se cena za vzdálenost prodlouží. Hledáme tedy MAX (Z_i, Z_j). Jak bylo již naznačeno v kroku č. 1, tak budeme vybírat zastávky Z11 a Z7.

Tímto tedy sloučíme trasy:

POB – Z7 – POB a POB – Z11 – POB jak bylo v tabulce č. 2.

Požadavky na kapacitu a omezení kapacity zde nemáme, kurýr dokáže pojmout všechny balíky.

Výpočet tohoto sloučení bude vycházet z tabulky č.1, kde máme uloženy veškeré vzdálenosti mezi zastávkami.

$$\text{POB} - \text{Z7} - \text{Z11} - \text{POB} = 7,3 + 0 + 7,3 = 14,6 \text{ km}$$

Výsledná tabulky po druhém kroku je upravená tabulka č.2, doplněná o spojení tras Z7 a Z11. Spojení této trasy dává i smysl – adresy jsou stejné, ale v systému firmy se bohužel napočítaly chybně.

Tabulka 4: Trasy po prvním kroku

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z1 - POB	2,4
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - POB	2,2
POB - Z4 - POB	13,2
POB - Z5 - POB	8
POB - Z6 - POB	11,2
POB - Z7 - Z11 - POB	14,6
POB - Z8 - POB	7
POB - Z9 - POB	16
POB - Z10 - POB	14,4
POB - Z12 - POB	12,2
POB - Z13 - POB	14,4
POB - Z14 - POB	13,8

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Krok č.2 ukončíme tím, že v tabulce č. 3 vynulujeme hodnoty $Z_{7,11}$ a $Z_{11,7}$

Krok č.3

V tabulce č.3 budeme vybírat další nejvyšší koeficient. Z tabulky je vidno, že $Z_{9,13}$ nabývá také hodnotou 14,6, takže si pro další sloučení vybereme ten.

Sloučíme tedy trasy POB – Z9 – POB a POB – Z13 – POB

$$\text{POB} - \text{Z9} - \text{Z13} - \text{POB} = 8 + 0,6 + 7,2 = 15,2 \text{ km}$$

Tabulka 5: Trasy po 3. kroku

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z1 - POB	2,4
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - POB	2,2
POB - Z4 - POB	13,2
POB - Z5 - POB	8
POB - Z6 - POB	11,2
POB - Z7 - Z11 - POB	14,6
POB - Z8 - POB	7
POB - Z9 - Z13 - POB	15,2
POB - Z10 - POB	14,4
POB - Z12 - POB	12,2
POB - Z14 - POB	13,8

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Krok č.4

Další nejvyšší koeficient je $Z_{9,11} = 14,5$

Zastávku č. 9 a č. 11 již máme v naší sloučené trase, takže zde budeme slučovat obě již sloučené trasy

$$\text{POB} - \text{Z7} - \text{Z11} - \text{Z9} - \text{Z13} - \text{POB} = 7,3+0+0,8+0,6+7,2= 15,9 \text{ km}$$

Tabulka 6: Trasy po 4. kroku

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z1 - POB	2,4
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - POB	2,2
POB - Z4 - POB	13,2
POB - Z5 - POB	8
POB - Z6 - POB	11,2
POB - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - POB	15,9
POB - Z8 - POB	7
POB - Z10 - POB	14,4
POB - Z12 - POB	12,2
POB - Z14 - POB	13,8

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Krok č.5

V tomto kroku pokračujeme ve výběru koeficientů. Dalším by byl opět 14,5 a to u $Z_{9,10}$ ale Z_9 máme zanesenou uprostřed sloučené trasy a nemůžeme Z_{10} propojit. Tento bod tedy přeskočíme. Další je 14,4 u $Z_{7,9}$ ale ten opět vymažeme, protože hodnoty máme v tabulce. Následuje $Z_{9,14}$ ale ten také přeskočíme, trasu nemůžeme napojit. Vybíráme proto $Z_{10,13}$ s hodnotou 14,2. Tento bod můžeme sloučit s trasou, protože Z_{10} napojíme za Z_{13} .

$$\text{POB} - Z_7 - Z_{11} - Z_9 - Z_{13} - Z_{10} - \text{POB} = 7,3+0+0,8+0,6+0,2+7,2= 16,1 \text{ km}$$

Tabulka 7: Trasy po 5. kroku

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z1 - POB	2,4
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - POB	2,2
POB - Z4 - POB	13,2
POB - Z5 - POB	8
POB - Z6 - POB	11,2
POB - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - POB	16,1
POB - Z8 - POB	7
POB - Z12 - POB	12,2
POB - Z14 - POB	13,8

Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Krok č.6.

Po odstranění všech koeficientů, které už máme v tabulce anebo nemůžeme sloučit, se dostáváme na hodnotu $Z_{7,14} = 13,4$

$$\text{POB} - \text{Z14} - \text{Z7} - \text{Z11} - \text{Z9} - \text{Z13} - \text{Z10} - \text{POB} = 6,9+0,8+0+0,8+0,6+0,2+7,2 = 16,5 \text{ km}$$

Tabulka 8: Trasy po 6. kroku

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z1 - POB	2,4
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - POB	2,2
POB - Z4 - POB	13,2
POB - Z5 - POB	8
POB - Z6 - POB	11,2
POB - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - POB	16,5
POB - Z8 - POB	7
POB - Z12 - POB	12,2

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Krok č.7

Opět průběžně přepisujeme hodnoty u koeficientů, které mám již v naší trase.

Výběr vyhrál bod $Z_{4,10}$ který připojíme na konec naší trasy

$$\text{POB} - \text{Z14} - \text{Z7} - \text{Z11} - \text{Z9} - \text{Z13} - \text{Z10} - \text{Z4} - \text{POB} = 6,9+0,8+0+0,8+0,6+0,2+0,6+6,6 = 16,5 \text{ km}$$

Tabulka 9: Trasy po 7. kroku

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z1 - POB	2,4
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - POB	2,2
POB - Z5 - POB	8
POB - Z6 - POB	11,2
POB - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - POB	16,5
POB - Z8 - POB	7
POB - Z12 - POB	12,2

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Krok č.8

V tomto kroku přidávám pro přehlednost, jak vypadá tabulka po 8 krocích. V rámci příkladu pracujeme pouze s pravou horní polovinou, takže na levé spodní můžeme vidět originální hodnoty, které jsou na druhé straně vynulovány.

Tabulka 10: Matice výhodnosti po 7. kroku

[Km]	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14
Z1	0	1,5	1,7	1,2	2	0,8	1,5	2,1	1,2	1,2	2	3	1,9	1,1
Z2	1,5	0	1,4	2,9	0,9	0,5	2,9	1,8	2,9	0,8	0,8	3,4	0,8	0,8
Z3	1,7	1,4	0	3,1	1,9	0,7	3,1	2	3,5	3,1	3,1	3,6	3,1	3,1
Z4	1,2	2,9	3,1	0	7,7	11,1	0	7,2	0	0	0	11,1	0	0
Z5	2	0,9	1,9	7,7	0	6,6	8,2	6,7	9,8	8,2	8,2	8,7	8,2	8,8
Z6	0,8	0,5	0,7	11,1	6,6	0	9,2	7,3	9,8	9,2	9,2	11,2	9,2	8,8
Z7	1,5	2,9	3,1	13,2	8,2	9,2	0	7,3	0	0	0	11,2	0	0
Z8	2,1	1,8	2	7,2	6,7	7,3	7,3	0	8,6	7,3	7,3	7,8	7,3	7,6
Z9	1,2	2,9	3,5	14	9,8	9,8	14,4	8,6	0	0	0	11,8	0	0
Z10	1,2	0,8	3,1	13,2	8,2	9,2	14	7,3	14,5	0	0	11,1	0	0
Z11	2	0,8	3,1	13,2	8,2	9,2	14,6	7,3	14,5	14,1	0	11,2	0	0
Z12	3	3,4	3,6	11,1	8,7	11,2	11,2	7,8	11,8	11,1	11,2	0	0	-0,3
Z13	1,9	0,8	3,1	13,2	8,2	9,2	14	7,3	14,6	14,2	14	13,6	0	0
Z14	1,1	0,8	3,1	13	8,8	8,8	13,4	7,6	14,4	13,3	13,4	-0,3	0	0

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Další nejvyšší hodnota je 11,2 u uzlu $Z_{6,12}$

POB – Z6 – POB + POB – Z12 – POB

POB – Z6 – Z12 – POB = **5,6+0,5+6,1 = 12,2 km**

Tabulka 11: Trasy po 8. kroku

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z1 - POB	2,4
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - POB	2,2
POB - Z5 - POB	8
POB - Z6 - Z12 - POB	12,2
POB - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - POB	16,5
POB - Z8 - POB	7

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Krok č. 9

Dalším v pořadí bude $Z_{4,12}$ s hodnotou 11,1

Napojíme tedy menší sloučenou trasu na větší. Z12 se tedy spojí se Z4.

POB – Z6 – Z12 – POB

+

POB – Z14 – Z7 – Z11 – Z9 – Z13 – Z10 – Z4 – POB

POB – Z14 – Z7 – Z11 – Z9 – Z13 – Z10 – Z4 – Z12 – Z6 – POB =
 $6,9+0,8+0+0,8+0,6+0,2+0,6+1,6+0,5+5,6 = 17,6$

Tabulka 12: Trasy po 9. kroku

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z1 - POB	2,4
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - POB	2,2
POB - Z5 - POB	8
POB - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - Z12 - Z6 - POB	17,6
POB - Z8 - POB	7

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Krok č.10

Dalším v pořadí bude $Z_{5,14}$ s hodnotou 8,8

$$POB - Z5 - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - Z12 - Z6 - POB = 4+2,1+0,8+0+0,8+0,6+0,2+0,6+1,6+0,5+5,6 = 16,8$$

Tabulka 13: Trasy po 10. kroku

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z1 - POB	2,4
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - POB	2,2
POB - Z5 - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - Z12 - Z6 - POB	16,8
POB - Z8 - POB	7

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Krok č.10

Pokračuje výběr nejvyšší hodnoty $Z_{6,8} = 7,3$

$$POB - Z5 - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - Z12 - Z6 - Z8 - POB = 4+2,1+0,8+0+0,8+0,6+0,2+0,6+1,6+0,5+1,8+3,5 = 16,5$$

Tabulka 14: Trasy po 11. kroku

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z1 - POB	2,4
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - POB	2,2
POB - Z5 - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - Z12 - Z6 - Z8 - POB	16,5

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Krok č.11

Jedním z posledních výběrů je $Z_{1,8}$ s hodnotou 2,1

$$\text{POB} - Z5 - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - Z12 - Z6 - Z8 - \text{POB} = 4+2,1+0,8+0+0,8+0,6+0,2+0,6+1,6+0,5+1,8+2,6+1,1 = 16,7$$

Tabulka 15: Trasy po 11. kroku

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - POB	2,2
POB - Z5 - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - Z12 - Z6 - Z8 - Z1 - POB	16,8

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Krok č.12

V kroku 12 opět vybíráme nejvyšší koeficient. Jelikož už se blížíme do finále, tak se dostáváme na nízké hodnoty.

$$Z_{3,5} = 3,4$$

$$\text{POB} - Z3 - Z5 - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - Z12 - Z6 - Z8 - \text{POB} = 1,1+3,2+2,1+0,8+0+0,8+0,6+0,2+0,6+1,6+0,5+1,8+2,6+1,1 = 17$$

Tabulka 16: Trasy po 12. kroku

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z2 - POB	1,8
POB - Z3 - Z5 - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - Z12 - Z6 - Z8 - Z1 - POB	17

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Krok č.13 – poslední krok

$$Z_{1,2} = 1,5$$

Nyní nám již nezbývá zastávka, kterou vybrat. Jako poslední nám vyšla zastávka č. 2

$$\text{POB} - Z3 - Z5 - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - Z12 - Z6 - Z8 - \text{POB} = 1,1+3,2+2,1+0,8+0+0,8+0,6+0,2+0,6+1,6+0,5+1,8+2,6+0,6+0,9 = 17,4$$

Tabulka 17 Finální výsledek trasy

Trasy	Vzdálenost [km]
POB - Z3 - Z5 - Z14 - Z7 - Z11 - Z9 - Z13 - Z10 - Z4 - Z12 - Z6 - Z8 - Z1 - Z2 - POB	17,4

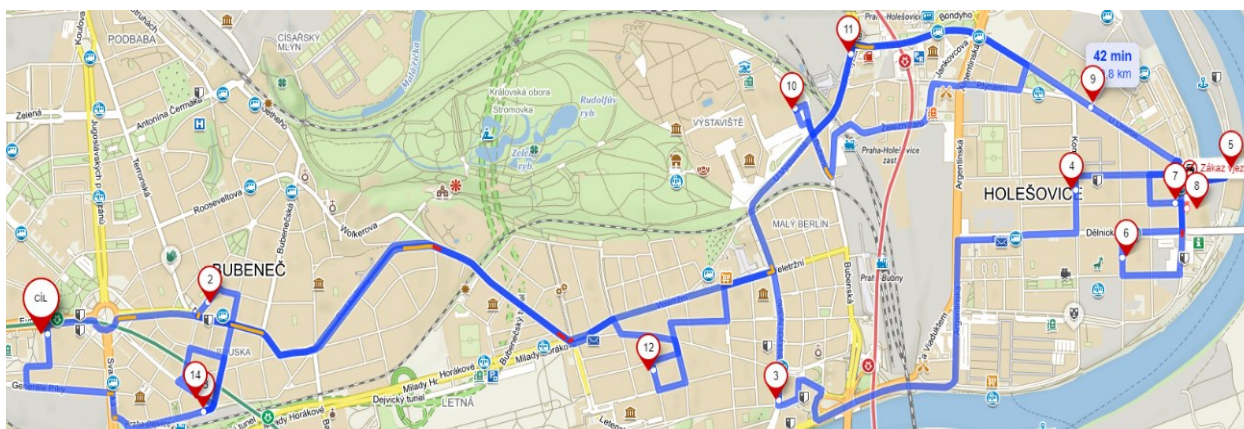
Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Po každém kroku se také vymazávají nejvyšší hodnoty v koeficientu výhodnosti. V jednotlivých krocích není toto explicitně napsáno.

Část III. – analýza finální trasy

- Časová náročnost: 42 minut (**Ušetřeno 16 minut**)
- Vzdálenost: 19,8 km (**Ušetřeno 9,3 km**)
- Zdroj: Mapy.cz
- Nastavení: Rychlá s provozem

Obrázek 10: Výsledné zobrazení trasy na mapě



Zdroj: Mapy.cz, vlastní zpracování, 2022

Z výsledku dat je zřejmé, že Clarkeova-Wrightova metoda, kterou autor použil, byla mnohem efektivnější než nastavení trasy od společnosti. Podařilo se ušetřit 16 minut a přibližně 9 kilometrů, což na takovém malém vzorku není vůbec špatné

8.3 Simulace vytvoření tras ze dne 11.1. 2022

V rámci testování nejvýhodnější trasy v předešlé kapitole se zde podíváme na běžný problém. V jeden den nebude 14 zásilek, které jsou maximum u kurýra taxikáře, ale bude jich 38. V tomto případě se bude jednat o **kapacitní okružní jízdu**

1. Pod Vinicemi 931/2, 30100 Plzeň	Z1
2. Žitná, 162, 162, 32200 Plzeň Křimice	Z2
3. Strážnická 1011/32, 32300 Plzeň	Z3
4. Kaznějovská, 1300/38, 32300 Plzeň	Z4
5. Rabštejnská 1585/45, 32300 Plzeň	Z5
6. V Rybníčkách 478, 33026 Tlučná	Z6
7. Bendova 1087/12, 30100 Plzeň	Z7
8. Lelnínová, 529/17, 30100 Plzeň	Z8
9. Radčická 2, 30100 Plzeň	Z9
10. Sladkovského 6, 32600 Plzeň	Z10
11. Brojova 2113/16, 32600 Plzeň	Z11
12. Nepomucká 757/180, 32600 Plzeň	Z12
13. Částkova 3, 32600 Plzeň	Z13
14. Nám. T.G.M. 156, 33441 Dobřany	Z14
15. Stromořadí 774, 33441 Dobřany	Z15
16. Vysoká 1297, 33441 Dobřany	Z16
17. Bolevecká 1293/12, 30100 Plzeň	Z17
18. Malesická náves 38/4, 31800 Plzeň Malešice	Z18
19. Chebská 506/2, 32200 Plzeň Křimice	Z19
20. Na Chmelnicích 1691/67, 32300 Plzeň	Z20
21. Toužimská 24, 32300 Plzeň	Z21
22. Kotíkovská 917/17, 32600 Plzeň	Z22
23. Chotíkov, 351, 33017 Chotíkov	Z23
24. Kladrubská 1123, 33027 Vejpřnice	Z24
25. Důl Dobré Štěstí 750 Dobřany, 33441 Dobřany	Z25
26. Čechova 1728/10, 30100 Plzeň	Z26
27. Prokopova 21, 30100 Plzeň	Z27

28. Náměstí Míru 2442/6, 30100 Plzeň	Z28
29. Edvarda Beneše 2438/72, 30100 Plzeň 1	Z29
30. V Šipce 8, 30100 Plzeň	Z30
31. Ovocná 122/13, 30100 Plzeň 1	Z31
32. Tylova 57a, budova13, 30100 Plzeň	Z32
33. Tylova 191/4, 32600 Plzeň	Z33
34. Skladová 649/26, 32600 Plzeň	Z34
35. Francouzská Třída 43/1912, 32600 Plzeň	Z35
36. Spojovací 306, 33202 Starý Plzenec Sedlec	Z36
37. U Šimiců 1355, 33202 Starý Plzenec	Z37
38. Tymákovská 42, 33202 Starý Plzenec Sedlec	Z38
39. Truhlářská 5, 301 00, Plzeň	POB

8.4 Analýza trasy společnosti

Před vlastní analýzou a výpočtem vhodné trasy musíme nejdříve analyzovat trasy, které společnost vytvořila.

Zdroj: Mapy.cz

Nastavení: Rychlá s provozem

Společnost X vytvořila 4 trasy:

Tabulka 18: Výpočet tras podniku

Výpočet tras podniku		
Název trasy	Počet km	Počet hodin [h]
Trasa 1	49,2	1,08
Trasa 2	68,6	1,29
Trasa 3	70,7	1,32
Trasa 4	62,7	1,39
Celkem	251,2	5,08

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

8.5 Vlastní vytvoření tras

Při vlastní simulaci byla opět využita Clarkeova-Wrightova metoda. S tím, že tentokrát simulujeme celý den, a potřebujeme omezit trasy na maximální počet objednávek na jednoho kurýra na 14. Jedná se tedy o kapacitní okružní jízdu.

Průběh metody:

Tabulka 19: Kompletní postup řešení

Průběh Clarke-Wright			
Krok	ID trasy	Trasa	[Km]
Krok 1	1	POB - Z14 - Z15 - POB	35
Krok 2	1	POB - Z16 - Z14 - Z15 - POB	35,9
Krok 3	2	POB - Z36 - Z38 - POB	27,6
Krok 4	1	POB - Z16 - Z14 - Z15 - Z25 - POB	36,4
Krok 5	2	POB - Z37 - Z36 - Z38 - POB	30,6
Krok 6	1	POB - Z16 - Z14 - Z15 - Z25 - Z8 - POB	38,8
Krok 7	3	POB - Z6 - Z24 - POB	23,7
Krok 8	2 -> 1	POB - Z37 - Z36 - Z38 - Z12 - POB	45,7
Krok 9	4 -> 3	POB - Z18 - Z23 - POB	19,9
Krok 10	3	POB - Z6 - Z24 - Z2 - POB	25,8
Krok 11	3	POB - Z6 - Z24 - Z2 - Z18 - Z23 - POB	35
Krok 12	3	POB - Z6 - Z24 - Z2 - Z18 - Z23 - Z21 POB	35,1
Krok 13	1	POB - Z12 - Z38 - Z36 - Z37 - Z16 - Z14 - Z15 - Z25 - Z8 - POB	56,9
Krok 14	5 -> 3	POB - Z5 - Z4 - POB	14,3
Krok 15	3	POB - Z6 - Z24 - Z2 - Z18 - Z23 - Z21 - Z4 - Z5 - POB	35,1
Krok 16	6 -> 3	POB - Z3 - Z20 - POB	10,1
Krok 17	1	POB - Z34 - Z12 - Z38 - Z36 - Z37 - Z16 - Z14 - Z15 - Z25 - Z8 - POB	58,8
Krok 18	7 -> 2	POB - Z29 - Z31 - POB	10,3
Krok 19	1	POB - Z34 - Z12 - Z38 - Z36 - Z37 - Z16 - Z14 - Z15 - Z25 - Z8 - Z29 - Z31 - POB	61,7
Krok 20	3	POB - Z6 - Z24 - Z2 - Z18 - Z23 - Z21 - Z4 - Z5 - Z22 - POB	35,9
Krok 21	1	POB - Z11 - Z34 - Z12 - Z38 - Z36 - Z37 - Z16 - Z14 - Z15 - Z25 - Z8 - Z29 - Z31 - POB	62,6
Krok 22	1 [Hotová trasa]	POB - Z35 - Z11 - Z34 - Z12 - Z38 - Z36 - Z37 - Z16 - Z14 - Z15 - Z25 - Z8 - Z29 - Z31 - POB	62,3
Krok 23	3	POB - Z19 - Z6 - Z24 - Z2 - Z18 - Z23 - Z21 - Z4 - Z5 - Z22 - POB	39,1
Krok 24	3 [Hotová trasa]	POB - Z19 - Z6 - Z24 - Z2 - Z18 - Z23 - Z21 - Z4 - Z5 - Z22 - Z3 - Z20 - POB	39,1
Krok 25	8 -> 9	POB - Z26 - Z28 - POB	7,3
Krok 26	9	POB - Z30 - Z33 - POB	5,8
Krok 27	9	POB - Z28 - Z26 - Z30 - Z33 - POB	8,4
Krok 28	9	POB - Z28 - Z26 - Z30 - Z33 - Z7 - POB	8,4
Krok 29	10 -> 9	POB - Z10 - Z13 - POB	5,6
Krok 30	9	POB - Z27 - Z28 - Z26 - Z30 - Z33 - Z7 - POB	8,5
Krok 31	9	POB - Z27 - Z28 - Z26 - Z30 - Z33 - Z7 - Z17 - POB	11,4
Krok 32	9	POB - Z27 - Z28 - Z26 - Z30 - Z33 - Z7 - Z17 - Z1 - POB	12,7
Krok 33	9	POB - Z32 - Z27 - Z28 - Z26 - Z30 - Z33 - Z7 - Z17 - Z1 - POB	16,8
Krok 34	9	POB - Z32 - Z27 - Z28 - Z26 - Z30 - Z33 - Z7 - Z17 - Z1 - Z9 - POB	18,8
Krok 35	9 [Hotová trasa]	POB - Z32 - Z27 - Z28 - Z26 - Z30 - Z33 - Z7 - Z17 - Z1 - Z9 - Z10 - Z13 - POB	23,1

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Autor se snažil barevně oddělit vzniklé trasy. Ty jsou také označené ve sloupci ID, tedy číselné označení. V tomto sloupci je také označeno, kam se daná trasa případně sloučila.

V průběhu metody se vytvořilo dohromady 10 tras, ze kterých zůstaly pouze 3:

Trasa 1: **14 zastávek**

Trasa 2: **12 zastávek**

Trasa 3: **12 zastávek**

8.6 Výsledek

- Po dokončení CW algoritmu autor postupně vložil jednotlivé zastávky do mapy.
- Zdroj: **Mapy.cz**

➤ Nastavení map: **Rychlá s provozem**

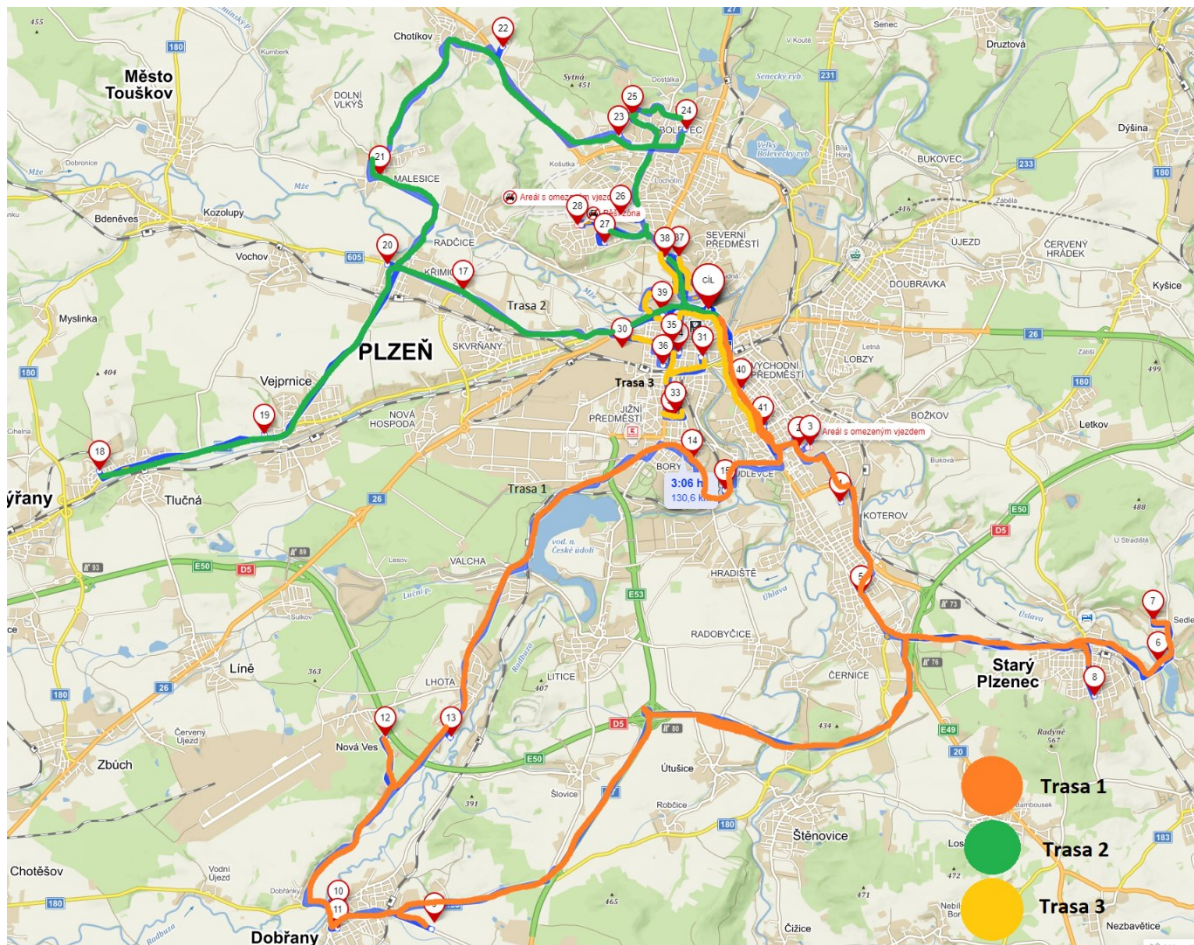
Tabulka 20: Výsledné trasy

Hotová trasa 1		
POB - Z35 - Z11 - Z34 - Z12 - Z38 - Z36 - Z37 - Z16 - Z14 - Z15 - Z25 - Z8 - Z29 - Z31 - POB		
Počet km po vložení Mapy.cz	62,5	
Délka trasy po vložení Mapy.cz [h]	1,2	
Hotová trasa 2		
POB - Z19 - Z6 - Z24 - Z2 - Z18 - Z23 - Z21 - Z4 - Z5 - Z22 - Z3 - Z20 - POB		
Počet km po vložení Mapy.cz	45,3	
Délka trasy po vložení Mapy.cz [h]	1	
Hotová Trasa 3		
POB - Z32 - Z27 - Z28 - Z26 - Z30 - Z33 - Z7 - Z17 - Z1 - Z9 - Z10 - Z13 - POB		
Počet km po vložení Mapy.cz	23,5	
Délka trasy po vložení Mapy.cz [h]	0,75	
Celkem		
Počet km	131,3	
Počet hodin:	2,95	

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Pokud se podíváme na mapu na následující stránce, vidíme zde vizualizované trasy. Trasa č. 1 je v oranžové barvě, trasa č. 2 je zelená a trasa č. 3 je ve zlaté/žluté barvě. Můžeme si také všimnout, že trasa č. 1 je orientována spíše mimo Plzeň, se zastávkami v Dobřanech a Starém Plzenci. Trasa č. 2 má zastávky spíše na okraji Plzně se zajížděnou do Nýřan a trasa č. 3 je pouze v centru města. Nestává se také, že by kurýr jezdil nesmyslně z města do města – například Dobřany – Starý Plzenec. Tento model se dá využít pro více kurýrů, případně to může zvládnout jen jeden.

Obrázek 11: Zobrazení nových tras



Zdroj: Mapy.cz, vlastní zpracování, 2022

8.7 Porovnání výpočtu

Při výpočtu tras společnosti X bylo zjištěno, že dohromady kurýři museli ujet minimálně 251 kilometrů a trvalo jim to celkem více než 5 hodin. Což je na poměry Plzně a 38 zastávek poměrně dost.

Při použití Clarkeova-Wrightova algoritmu autor našel několik tras, které měly vzdálenost 131 km a objet všechny zákazníky by netrvalo ani 3 hodiny.

Tyto výsledky hovoří jasně, tj. Že společnost X nemá správně nastavené vytváření tras a mohla by ušetřit náklady a zároveň zrychlit doručování zboží zákazníkům.

Tabulka 21: Porovnání výhodnosti

Porovnání výhodnosti			
	Společnost X	Vlastní výpočet	Rozdíl
Počet km	251,2	131	-119,8 km
Délka v h	5:08	3:35	-2,13h

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

8.8 Výpočty dalších tras

Rozvoz 23.3. Příloha A.1.2.3

Tabulka 22: Rozvoz 23.3.

Porovnání výhodnosti rozvoz 23.3.			
	Společnost X	Návrh	Rozdíl
Počet km	80,5	56,3	-24,2 km
Délka v h	1:52	1:16	-36 minut

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Rozvoz 12.1. Příloha B1.2.3

Tabulka 23: Rozvoz 12.1.

Porovnání výhodnosti rozvoz 12.1.			
	Společnost X	Návrh	Rozdíl
Počet km	50,2	38,1	-12,1 km
Délka v h	1:16	0:56	-20 minut

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

Rozvoz 16.1. Příloha C1.2.3

Tabulka 24: Rozvoz 16.1.

Porovnání výhodnosti rozvoz 16.1.			
	Společnost X	Návrh	Rozdíl
Počet km	111,1	76,6	-34,5 km
Délka v h	2:14	1:35	-39 minut

Zdroj: Vlastní zpracování, 2022

9 Výsledky a doporučení pro další implementaci

Výsledky všech nově navržených tras jednoznačně poukazují na špatné plánování tras. Trasy jsou naplánovány neoptimálně, většinou s dlouhými přejezdy, případně s častým vracením se zpátky. V rámci praktické části byl zpracován vzorový příklad na Pražské trase a později byl čas věnován lepšímu plánování tras v Plzni.

Výsledky zlepšení:

1. Ukázkový příklad krátké trasy (Praha): Ušetřeno **16 minut a 9 kilometrů**
2. Simulace rozvozu jednoho dne (Plzeň): Ušetřeny **2 hodiny a 13 minut a téměř 120 kilometrů**
3. Rozvoz 23.3.: Ušetřeno **36 minut a 24 kilometrů**
4. Rozvoz 12.1.: Ušetřeno **20 minut a 12 kilometrů**
5. Rozvoz 16.1.: Ušetřeno **39 minut a 34 kilometrů**

Z výpočtů je jasné, že čím delší je originální trasa, tím je nelezena větší úspora. Z takto malého vzorku nemusí být úspora zřetelná, ale pokud by se jednalo o například 15.12. kde takových tras určených k rozvozu bylo 200 a zastávek bylo přes 1000 (Zdroj: ERP systém podniku), tak se zde dostáváme k ušetření alespoň 20 km (vycházíme-li z výpočtů dalších tras v kapitole 8.8.) tak se jedná o úsporu 4000 km v jeden den.

Doporučení k implementaci:

- **Použití lepší metody výpočtu tras**

V praktické části jsme si ukázali mnohem lepší výpočty tras, které by znamenaly významné ušetření času doručení a zkrácení trasy. Zlepšení těchto 2 klíčových parametrů zapříčiní snížení nákladů a také zvýšení spokojenosti zákazníka, který si zboží objednal.

- **Implementace do interního ERP⁵ systému**

Pokud je doručování zboží a plánování tras pro podnik důležité a jedná se o podnik s velkým obratem, tak může zvolit variantu implementace vlastního řešení do již zavedeného systému. K dispozici je několik API⁶ : Google Maps, Mapy.cz, OpenStreetMap, MapBox a spoustu dalších. Na tyto rozhraní se jde napojit a lze stahovat data a provádět například výpočty, které byly ukázány v praktické části.

- **Outsourcing optimalizace trasy**

Firma již v době vytváření této bakalářské práce využívá externí firmu na vytváření tras. Tato možnost je vhodná, pokud by vývoj podobné aplikace zabral opravdu dlouho. Takto si může firma vybrat z nabídky a často dostane řešení, které si poté může upravit na míru. Na trhu si tak můžeme vybrat i několik českých firem: PlanTour | Digitech.cz⁷, SolverTech.cz⁸, RoadControl.cz⁹. V České republice je opravdu málo firem, kteří se zabývají optimalizací tras. V zahraničí existují například: OptimRoute.com¹⁰, MyRouteOnline.com¹¹, getfareye.com¹². Pokud je firma z České republiky, tak je samozřejmě vhodnější tuzemská firma z důvodu lepší znalosti lokálních problémů. Při zahájení expanze do zahraničí může být vhodnější řešení od zahraniční firmy.

⁵ Enterprise Resource Planning (Plánování podnikových zdrojů). V tomto případě Interní Systém.

⁶ Application Programming Interface. Rozhraní, kam se lze připojit pro programování aplikací.

⁷ <https://www.digitech.cz/>

⁸ <https://solverttech.cz/>

⁹ <https://www.roadcontrol.cz/>

¹⁰ <https://optimoroute.com/>

¹¹ <https://www.myrouteonline.com/>

¹² <https://www.getfareye.com/>

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo analyzovat stávající dopravu, navrhnout nové řešení a doporučení pro další implementaci. Praktické části předcházela část teoretická, kde byly rozebrány základy logistiky, logistického řetězce až po rozvozní, okružní problémy a teorii grafů.

Navržení nového řešení spočívalo ve výpočtu tras přes konkrétní heuristickou metodu a to Clarkeova–Wrightova, která prokázala, že nynější nastavení podniku není zdaleka optimální a společnost zbytečně zvyšuje své náklady, prodlužuje čas doručení a zbytečně využívá kapacit řidičů.

V analýze pro nově navržené trasy jsme vybrali několik tras, které se rozváželi v lednu a březnu 2022. Protože se nejedná o kontinuální zásobování, ale generování nových tras pro nové objednávky, tak zde nepotřebujeme mít navazující dny (jak by bylo například u pravidelného zásobování skladů).

Jako poslední krok jsme navrhli několik řešení pro daný podnik. Jelikož byly zjištěny zásadní problémy, tak se zde bude muset změnit celý systém tvorby tras. Trasy nemusí být vždy nutně generovány špatně, ale z analýzy je jasné, že jediné, co v tomto tvoření rozvozních tras funguje je shlukování, pokud se jedná o např. stejnou obec.

Protože se jedná o větší firmu, tak zavedení speciálního SW by trvalo delší dobu. Na navržení podpůrného systému pro tvorbu tras by se autor rád podílel.

Seznam použitých zdrojů

Literatura

- [1] JOMINI, Antoine Henry. (1838). *Summary of the Art of War*. Neznámý vydavatel. ISBN 978-1601050571
- [2] DANĚK, Jan a Miroslav PLEVNÝ (2005). *Výrobní a logistické systémy*. Plzeň: Západočeská univerzita. ISBN 80-7043-416-3.
- [3] RUSHTON, A., CROUCHER, P., & BAKER, P. (2006). *The Handbook of Logistics and Distribution Management Understanding the supply chain*, Kogan Page. ISBN 978-1398602045
- [4] CHOPRA, S., & MEINDLI, P. (2007). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson Education. ISBN 978-0134731889
- [5] CLARKE, G. and WRIGHT, J.R. (1964) *Scheduling of Vehicle Routing Problem from a Central Depot to a Number of Delivery Points*. Operations research 12, stránky 568-581.
- [6] TOTH, Paolo a Daniele VIGO. *The Vehicle Routing Problem*. Bologna, Itálie: Siam, 2001. ISBN 978-0898715798.
- [7] HOFFMAN, K. L., PADBERG, M., & RINALDI, G. (2013). *Traveling salesman problem*. Encyclopedia of operations research and management science, 1, 1573-1578.
- [8] SIMCHI-LEVI, David, Xin CHEN a Juliem BRAMEL. *The Logic of Logistics: Theory, Algorithms and Application for Logistics and Supply Chain Management*. 2. USA: Springer, 2005. ISBN 0-387-22199-9.
- [9] PLEVNÝ, Miroslav a ŽIŽKA, Miroslav. *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. Vydání 2. Plzeň: Západočeská univerzita, 2010. 296 s. ISBN 978-80-7043-933-3.

Internetové zdroje

- 1) Co je logistický řetězec. *Doprava, Logistika*, [cit. 2022-04-25], dostupné z <https://www.dlprofi.cz/33/co-je-logisticky-retezec-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Ehizgoz3iHbpCo0QTKAu87Q/>
- 2) Marketingový mix ve znamení distribučních cest, *Malá Marketingová*, [cit. 2022-04-25] dostupné z: <https://www.malamarketingova.cz/marketingovy-mix-distribuce/>
- 3) Why You Must Convert Your Traditional Distribution Model to a Hub-and-Spoke Model POST GST Era? , *Flex Space*, [cit. 2022-04-25], dostupné z <https://medium.com/@flexspace/why-you-must-convert-your-traditional-distribution-model-to-a-hub-and-spoke-model-post-gst-era-96cbe1735277>

Seznam tabulek

Tabulka 1: Matice vzdálenosti	35
Tabulka 2: Elementární řešení.....	35
Tabulka 3: Matice výhodnosti.....	36
Tabulka 4: Trasy po prvním kroku.....	37
Tabulka 5: Trasy po 3. kroku	38
Tabulka 6: Trasy po 4. kroku	38
Tabulka 7: Trasy po 5. kroku	39
Tabulka 8: Trasy po 6. kroku	40
Tabulka 9: Trasy po 7. kroku	40
Tabulka 10: Matice výhodnosti po 7. kroku	41
Tabulka 11: Trasy po 8. kroku	41
Tabulka 12: Trasy po 9. kroku	42
Tabulka 13: Trasy po 10. kroku	43
Tabulka 14: Trasy po 11. kroku	43
Tabulka 15: Trasy po 11. kroku	44
Tabulka 16: Trasy po 12. kroku	44
Tabulka 17: Finální výsledek trasy	45
Tabulka 18: Výpočet tras podniku	49
Tabulka 19: Kompletní postup řešení	50
Tabulka 20: Výsledné trasy.....	51
Tabulka 21: Porovnání výhodnosti	53
Tabulka 22: Rozvoz 23.3.	54
Tabulka 23: Rozvoz 12.1.	54
Tabulka 24: Rozvoz 16.1.	54

Seznam obrázků

Obrázek 1 Logistický řetězec	11
Obrázek 2: Distribuční cesty.....	12
Obrázek 3: Hub & Spoke.....	14
Obrázek 4: Vizualizace návazností rozvozních problémů.....	21
Obrázek 5: Neorientovaný graf.....	23
Obrázek 6: Orientovaný graf	24
Obrázek 7: Hranově ohodnocený graf.....	25
Obrázek 9: Jednotlivé druhy doprav podniku.....	31
Obrázek 10: Vizualizace trasy u příkladu.....	33
Obrázek 11: Výsledné zobrazení trasy na mapě.....	46
Obrázek 12: Zobrazení nových tras	52

Seznam příloh

Příloha A.1: Průběh metody Clarke-Wright (rozvoz 26.3.).....	63
Příloha A.2: Návrh nové trasy (rozvoz 26.3.)	63
Příloha A.3: Původní trasa (rozvoz 26.3.)	64
Příloha B.1: Průběh metody Clarke-Wright (rozvoz 12.1.).....	65
Příloha B.2: Návrh nové trasy (rozvoz 12.1.)	65
Příloha B.3: Původní trasa (rozvoz 12.1.).....	66
Příloha C.1: Průběh metody Clarke-Wright (rozvoz 16.1.).....	67
Příloha C.2: Návrh nové trasy (rozvoz 16.1.).....	67
Příloha C.3: Původní trasa (rozvoz 16.1.)	68

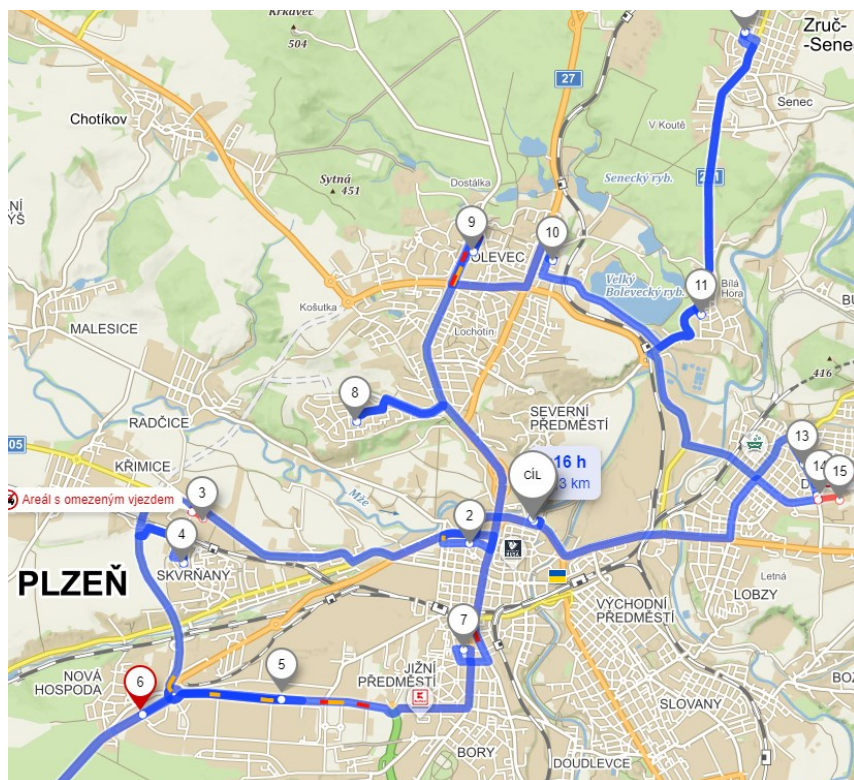
Přílohy

Příloha A.1: Průběh metody Clarke-Wright (rozvoz 26.3.)

Průběh Clarke-Wright			
Krok	ID trasy	Trasa	[Km]
1	1	POB - Z3 - Z8 - POB	18,5
2	2 -> 5	POB - Z1 - Z14 - POB	17,8
3	3	POB - Z6 - Z7 - POB	10,9
4	3 ->5	POB - Z6 - Z7 - Z5 - POB	11,4
5	4 -> 1	POB - Z9 - Z10 - POB	12,9
6	5	POB - Z11 - Z12 - POB	13,5
7	1	POB - Z3 - Z8 - Z2 - POB	16,1
8	5	POB - Z11 - Z12 - Z1 - Z14 - POB	23,5
9	1	POB - Z10 - Z9 - Z3 - Z8 - Z2 - POB	21,5
10	5	POB - Z11 - Z12 - Z1 - Z14 - Z6 - Z7 - Z5 - POB	27,5
11	5	POB - Z13 - Z11 - Z12 - Z1 - Z14 - Z6 - Z7 - Z5 - POB	30
12	1->5	POB - Z4 - Z10 - Z9 - Z3 - Z8 - Z2 - POB	21,8
13	5 [Hotová trasa]	POB - Z4 - Z10 - Z9 - Z3 - Z8 - Z2 - Z13 - Z11 - Z12 - Z1 - Z14 - Z6 - Z7 - Z5 -	49,8

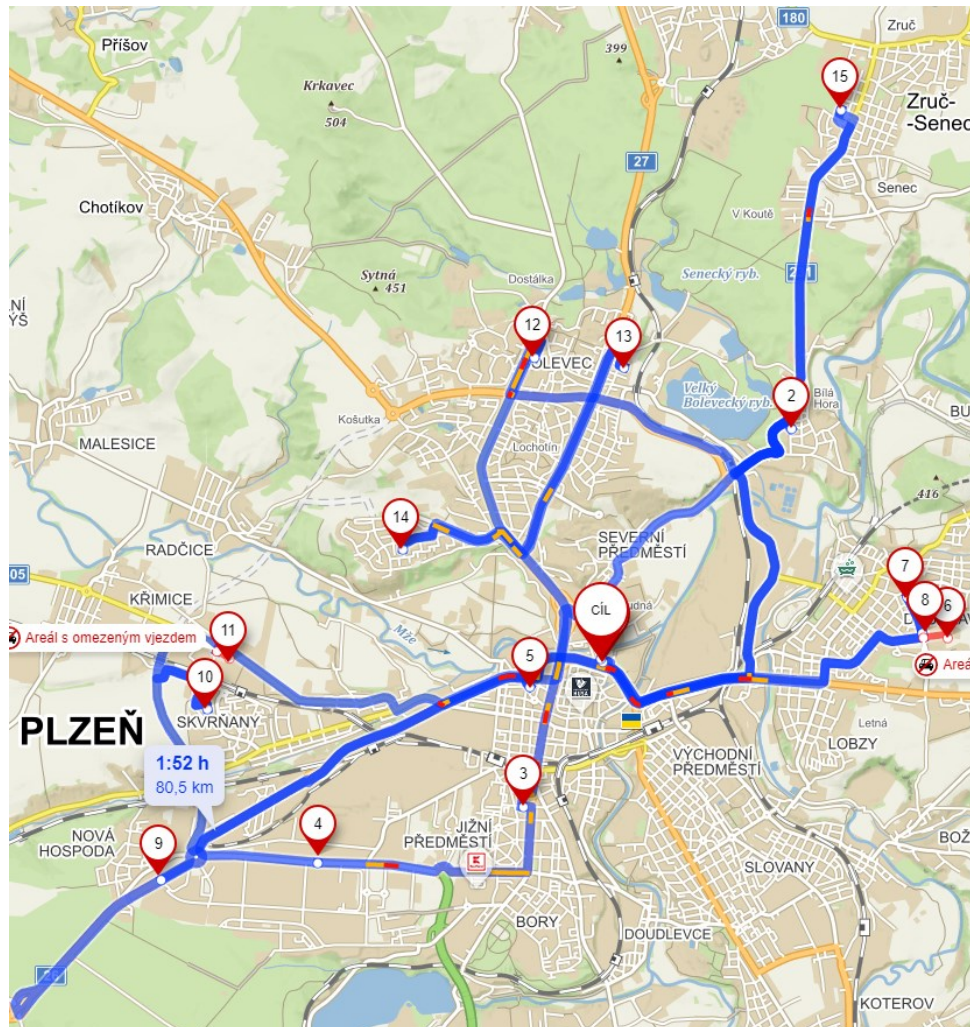
Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Příloha A.2: Návrh nové trasy (rozvoz 26.3.)



Zdroj: mapy.cz, vlastní zpracování, 2022

Příloha A.3: Původní trasa (rozvoz 26.3.)



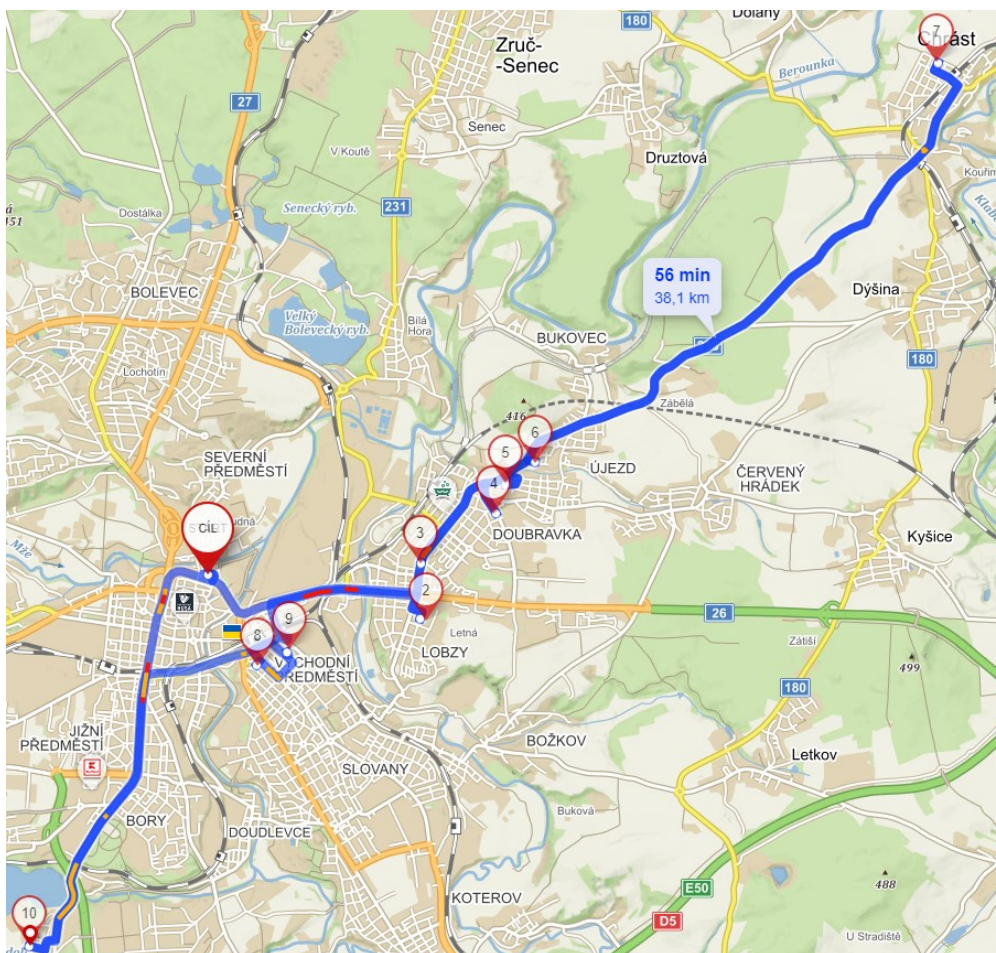
Zdroj: mapy.cz, vlastní zpracování, 2022

Příloha B.1: Průběh metody Clarke-Wright (rozvoz 12.1.)

Průběh Clarke-Wright			
Krok	ID trasy	Trasa	[Km]
1	1	POB - Z2 - Z9 - POB	23,9
2	1	POB - Z4 - Z2 - Z9 - POB	25,2
3	1	POB - Z1 - Z4 - Z2 - Z9 - POB	25,6
4	1	POB - Z5 - Z1 - Z4 - Z2 - Z9 - POB	25,3
5	2	POB - Z6 - Z7 - POB	9,5
6	1	POB - Z3 - Z5 - Z1 - Z4 - Z2 - Z9 - POB	26
7	2 -> 1	POB - Z8 - Z6 - Z7 - POB	9,8
8	1 [Hotová trasa]	POB - Z3 - Z5 - Z1 - Z4 - Z2 - Z9 - Z8 - Z6 - Z7 - POB	33,2

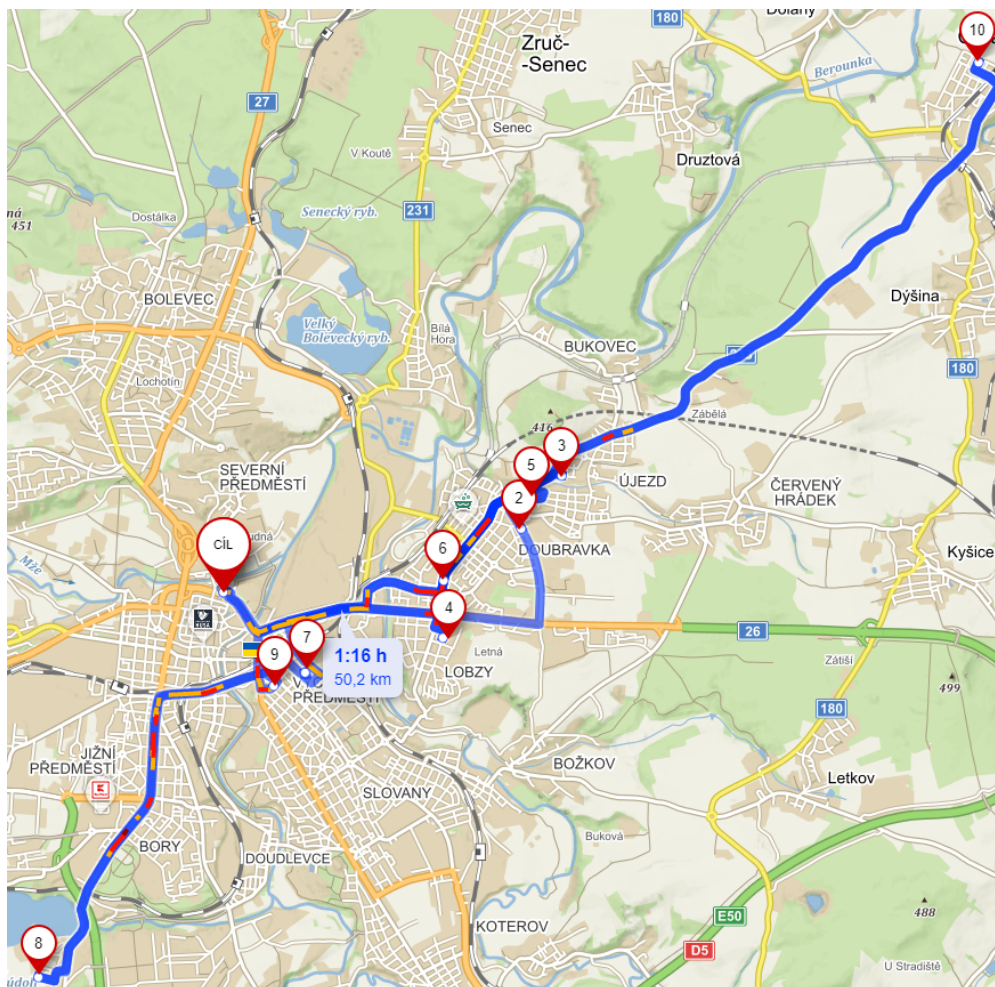
Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Příloha B.2: Návrh nové trasy (rozvoz 12.1.)



Zdroj: mapy.cz, vlastní zpracování, 2022

Příloha B.3: Původní trasa (rozvoz 12.1.)



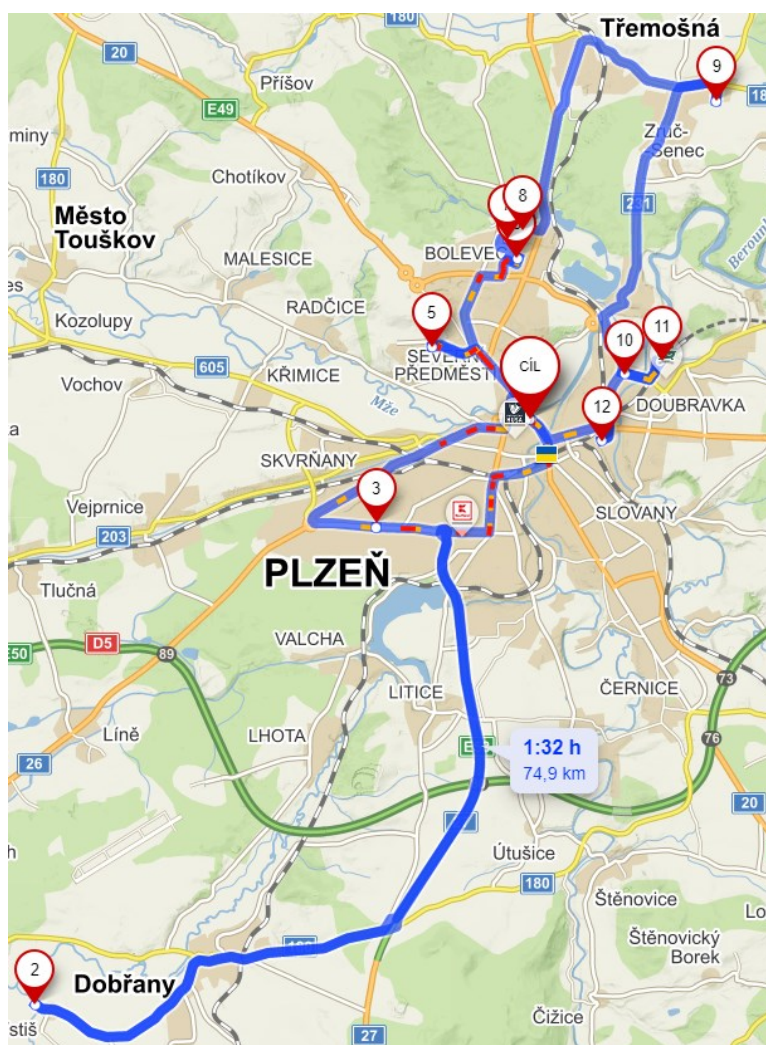
Zdroj: mapy.cz, vlastní zpracování, 2022

Příloha C.1: Průběh metody Clarke-Wright (rozvoz 16.1.)

Krok	ID trasy	Trasa	[Km]
1	1	POB - Z9 - Z10 - POB	12,3
2	1	POB - Z7 - Z9 - Z10 - POB	12,7
3	2->1	POB - Z1 - Z12 - POB	45,9
4	1	POB - Z7 - Z9 - Z10 - Z11 - POB	25
5	3->1	POB - Z2 - Z5 - POB	8,15
6	1	POB - Z7 - Z9 - Z10 - Z11 - Z2 - Z5 - POB	27,05
7	1	POB - Z8 - Z7 - Z9 - Z10 - Z11 - Z2 - Z5 - POB	29,65
8	1	POB - Z3 - Z8 - Z7 - Z9 - Z10 - Z11 - Z2 - Z5 - POB	29,25
9	1	POB - Z3 - Z8 - Z7 - Z9 - Z10 - Z11 - Z2 - Z5 - Z4 - POB	31,55
10	1 [Hotová trasa]	POB - Z12 - Z1 - Z3 - Z8 - Z7 - Z9 - Z10 - Z11 - Z2 - Z5 - Z4 - POB	69,55

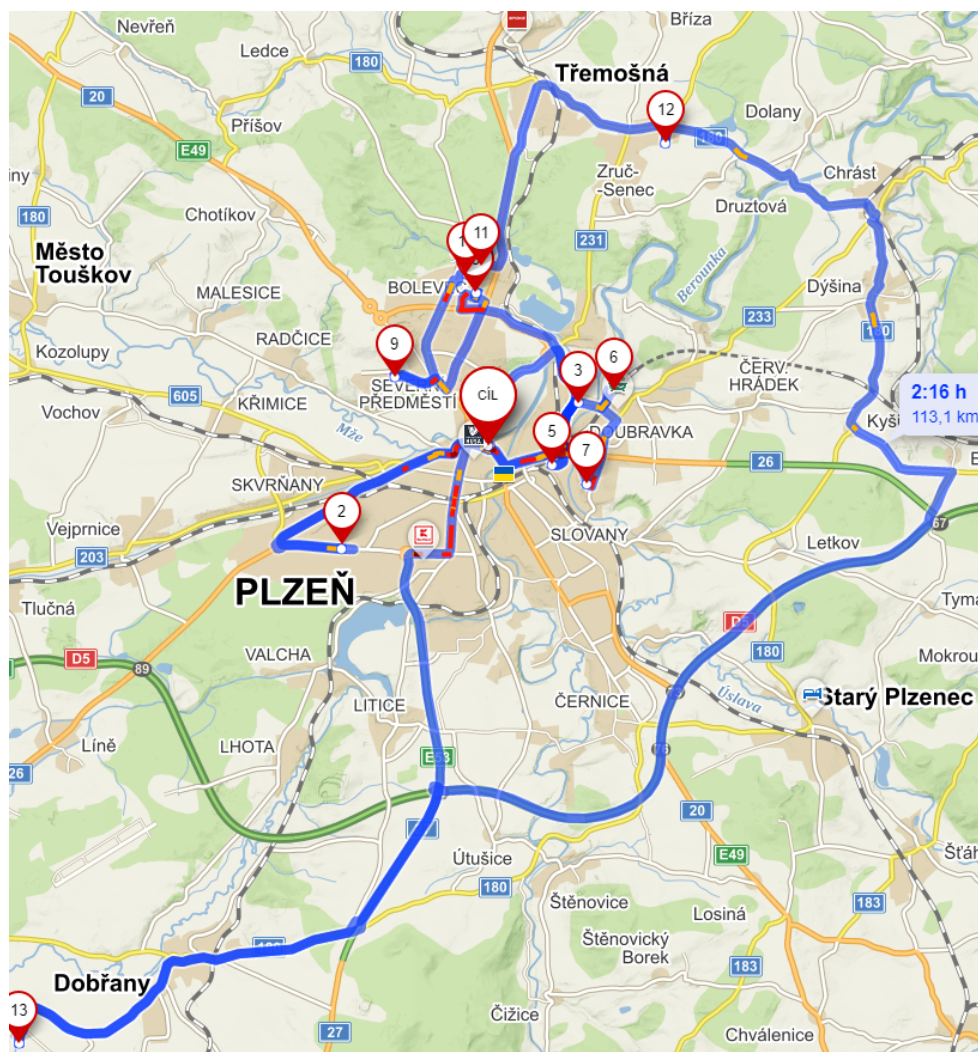
Zdroj: vlastní zpracování, 2022

Příloha C.2: Návrh nové trasy (rozvoz 16.1.)



Zdroj: mapy.cz, vlastní zpracování, 2022

Příloha C.3: Původní trasa (rozvoz 16.1.)



Zdroj: mapy.cz, vlastní zpracování, 2022

Abstrakt

Kříž, R. (2022). *Analýza dopravy při rozvozu objednávek zákazníkům u konkrétního podniku* (Bakalářská práce), Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, Česko.

Klíčová slova

plánování tras, Clarkeova – Wrightova metoda, logistika, distribuce, teorie grafů, okružní úloha, problém obchodního cestujícího

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou podnikové dopravy za účelem nalezení vhodnějšího řešení výpočtu rozvozních tras. Snahou tohoto řešení je odhalit chyby v současném řešení a doporučit navržení nového řešení, které by ušetřilo náklady. Cílem teoretické části je seznámení se základy logistiky, logistického řetězce až po rozvozní problémy. Po teorii následuje praktická část, kde se již věnuje analýze a výpočtu nových tras. Je popsán průběh Clarke – Wrightova algoritmu na jedné trase s přidáním výsledků několika dalších. V závěru práce je rozebráno navrhuující řešení a výsledek zkoumání.

Abstract

Kříž, R. (2022). *Analysis of the Transport During Order Delivery to Customers in a Particular Company* (Bachelor thesis), University of West Bohemia, Faculty of Economics, Czech Republic.

Keywords

route planning, Clark-Wright's method, logistics, distribution, graph theory, vehicle routing problem, traveling salesman problem

This bachelor thesis deals with the analysis of company transport in order to find a more suitable solution for the calculation of delivery routes. It seeks to identify the flaws in the current solution and recommend a new solution that would save costs. The aim of the theoretical part is to introduce the basics of logistics, logistics chain to distribution problems. The theory is followed by the practical part where the analysis and calculation of new routes is already addressed. The progress of the Clark - Wright algorithm on one route is described with the addition of the results of several others. The thesis concludes with a discussion of the proposing solution and the result of the investigation.