

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta dopravní

Jana Viktorová

OPTIMALIZACE DISTRIBUČNÍCH TRAS FIRMY
FRIZA SPOL. S R. O.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta dopravní
d ě k a n**
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jana Viktorová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – MED – Management a ekonomika dopravy a telekomunikací

Název tématu (česky): **Optimalizace distribučních tras firmy
FRIZA spol. s r. o.**

Název tématu (anglicky): Optimization of distribution routes in company
FRIZA spol. s r. o.

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- představení společnosti (FRIZA spol. s r. o.)
- popis stávajícího řešení ve společnosti
- vymezení základních pojmů teorie grafů
- problém obchodního cestujícího/vícenásobného obchodního cestujícího
- možné způsoby řešení úlohy
- aplikace zvolené metody pro nalezení nejmenšího počtu tras s cílem minimalizace dopravní práce
- návrh nového řešení dopravní obsluhy
- zhodnocení řešení z pohledu optimalizace a ekonomického hlediska

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucí bakalářské práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Mocková, D.: Základy teorie dopravy. Úlohy, skripta, ČVUT v Praze, Praha, 2007
VOLEK, J; LINDA, B;: Teorie grafů - Aplikace v dopravě a veřejné správě. PARDUBICE: Univerzita Pardubice, 2012
PASTOR, O.; TUZAR, A.;: Teorie dopravních systémů. Praha: ASPI a.s., 2007

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Denisa Mocková, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **1. července 2014**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)


Datum odevzdání bakalářské práce: **24. srpna 2015**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


prof. Ing. Petr Moos, CSc.

vedoucí

Ústavu logistiky a managementu dopravy




prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek

děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



- Jana Viktorová -
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 1. července 2014

Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi poskytli potřebné informace, podklady, materiály a cenné rady, díky čemuž mohla vzniknout tato bakalářská práce.

Především mé poděkování patří své vedoucí Ing. Denise Mockové, Ph.D. za vedení bakalářské práce a cenné rady. Dále také firmě Friza spol. s r. o. za poskytnuté potřebné podklady. Poděkovat musím též Matějovi Hollmannovi, studentovi Fakulty informačních technologií na ČVUT, za vytvoření programu pro výpočet úlohy Clarka a Wrighta.

Na závěr je mou povinností poděkovat svým blízkým za podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu mého bakalářského studia.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu §60 zákona č. 121/2000Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 20.8.2015



Jana Viktorová

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

**OPTIMALIZACE DISTRIBUČNÍCH TRAS FIRMY
FRIZA SPOL. S R. O.**

Bakalářská práce

Srpen 2015

Jana Viktorová

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá optimalizací rozvozových tras pro firmu Friza spol. s r. o. V první části práce je společnost představena, a popsán její současný stav. Dále je vysvětlena terminologie teorie grafů, a vybrán vhodný algoritmus pro optimalizaci tras vybrané firmy. Za použití algoritmu Clarka a Wrighta je pak vytvořen návrh nového řešení. Součástí práce je také rozbor nákladů, které vznikají v silniční nákladní dopravě a propočet možných finančních úspor díky nově navrženým trasám.

Klíčová slova: distribuce, rozvozová trasa, obchodní cestující, metoda Clarka a Wrighta, náklady v dopravě

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of transportation science

OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION ROUTES IN COMPANY FRIZA SPOL. S R. O.

Bachelor thesis

August 2015

Jana Viktorová

Abstract

This bachelor thesis deals with the optimization of distribution routes for the company Friza spol. s r. o. In the first part, the company is introduced and described its current state. The thesis also explains the terminology of graph theory and it is chosen appropriate algorithm to optimize routes selected company. Using an algorithm Clarke and Wright is created a draft of the new solution. The work also includes an analysis of the costs and the calculation of potential cost savings, which is possible to reach thanks to a newly designed routes.

Key words: distribution, distribution route, salesman, Clark and Wright algorithm, costs in transport

Obsah

Seznam použitých zkratk	7
Úvod	8
1 Představení společnosti Friza spol. s r. o.	9
1.1 Předmět podnikání	9
1.2 Vozový park.....	10
1.2.1 Dohoda ATP	11
2 Popis stávajícího stavu ve společnosti	12
3 Vymezení základních pojmů teorie grafů	16
4 Problém obchodního cestujícího - Travelling Salesman Problem (TSP)	17
5 Okružní jízdy	18
5.1 Algoritmy pro řešení okružních jízd	18
5.1.1 Podstata metody Clarka a Wrighta	18
5.1.2 Algoritmus Clarka a Wrighta	20
6 Aplikace zvolené metody pro nalezení nejmenšího počtu tras s cílem minimalizace dopravní práce	22
6.1 Podklady pro určení omezujících podmínek	22
6.1.1 Zákon o pracovní době člena osádky nákladního automobilu.	23
6.2 Vstupní data pro výpočet algoritmu	24
7 Návrh nového řešení dopravní obsluhy	28
7.1 Řešení 1	28
7.2 Řešení 2	31
8 Zhodnocení nového řešení z pohledu optimalizace	34

9	Náklady v silniční nákladní dopravě	35
9.1	Obsah jednotlivých složek nákladů.....	35
9.2	Kalkulace nákladů v silniční dopravě.....	40
9.3	Kalkulace nákladů firmy Friza spol. s r. o. za účelem zjištění možných úspor vzniklých optimalizací tras	41
10	Zhodnocení nově navrženého řešení z ekonomického hlediska	43
	Závěr.....	45
	Použité zdroje	47
	Seznam obrázků	49
	Seznam tabulek	50
	Seznam příloh.....	51

Seznam použitých zkratk

Spol. s r. o.	Společnost s ručením omezeným
ATP	Agreement on the International Carriage of Perishable Foodstuffs and on the Special Equipment to be used for such Carriage Dohoda o mezinárodních přepravách zkazitelných potravin a specializovaných prostředcích určených pro tyto přepravy
TSP	Travelling Salesman Problem Problém obchodního cestujícího

Úvod

Pojem distribuce pochází z latinského slova dis-tribuere, což v českém překladu vyjadřuje činnost rozdělování, rozšiřování či rozložení. Pod pojmem distribuční logistika je pak možné si představit veškeré skladové a dopravní pohyby zboží k zákazníkovi a související informační a kontrolní činnosti. Jedná se vlastně o jakýsi spojovací článek mezi výrobou a zákazníkem. Cílem celého procesu distribuce je dodat správné zboží, ve správné době na správné místo, ve správném množství a kvalitě, a současně zachovat optimální poměr mezi úrovní dodacích služeb a jí odpovídající výškou nákladů. [1]

V současné době jsou distribuční firmy vystaveny obrovskému tlaku ze strany zákazníků, kteří vyžadují dodání zboží v nejkratším možném čase a samozřejmě s nejnižší cenou. Firmy jsou též nuceny neustále rozšiřovat své produktové portfolio a poskytovat zákazníkům různé doplňkové služby. Musí být tedy velmi flexibilní a umět rychle zajistit zboží pro zákazníky, a to i v okamžiku změny objednávky. Aby tomu tak mohlo být, musí firmy disponovat efektivním řízením logistických procesů, automatizovanými sklady, minimalizovat dobu vychystání zakázek, snižovat náklady na manipulaci se zbožím a maximálně využívat skladové plochy.

Firma Friza spol. s r. o. funguje na trhu jako distribuční společnost, která rozváží rychloobrátkové spotřební zboží. V letním období se jedná především o distribuci produktů od firmy Algida, avšak v portfoliu firmy jsou i další značky.

Firma spolupracuje ve své působící oblasti s přibližně 180 zákazníky, a rozvoz zboží k nim se opakuje v týdenním cyklu. Někteří zákazníci však nemají zájem o zásobování každý týden, a proto se rozvozové trasy v každém týdnu mírně liší.

Tato bakalářská práce se tedy bude zabývat jedním konkrétně vybraným týdnem v letním období roku 2015.

Cílem práce bude rozebrat rozvozové trasy, které pro vybraný týden využila firma Friza spol. s r. o., a následně navrhnout jejich optimalizované řešení. Na základě porovnání s původní situací pak také vypočítat finanční úspory, kterých by společnost mohla v případě využití nově navržených tras dosáhnout.

1 Představení společnosti FRIZA spol. s r. o.

Firma FRIZA spol. s r. o. začala působit na českém trhu již v roce 1992. Nejdříve fungovala jen v okresech Kladno, Rakovník a Beroun, ale později se začala stále více rozrůstat do západočeské oblasti. V roce 2005 dokonce rozšířila svou působnost do části severočeské oblasti.

Schéma obchodního zastoupení v České republice můžete podrobně vidět na obrázku 1.



Zdroj: [2]

Obrázek 1: Schéma obchodního zastoupení firmy Friza spol. s r.o.

1.1 Předmět podnikání

Předmětem podnikání této společnosti je distribuce mražených výrobků za pomoci 10-ti mrazírenských vozů. Firma se zaměřuje především na rozvoz zmrzlin Algida, ale ve svém portfoliu má až 500 různých druhů výrobků.

Nabízené produkty:

Zmrzliny – Algida, Carte d'OR a Míša, **Zelenina** – Ardo, Equus, Agrimex, **Ryby** – VIČIÚNAI, Frosta, **Pečivo** – La Lorraine a Melites, **Bramborové přílohy** – McCain, Farm Frites a Aviko

Díky takto široké nabídce dokáže firma na trhu fungovat nejen v letních obdobích, ale celoročně.

Společnost si také udržuje svou jedinečnost na trhu tím, že klade velký důraz na osobní kontakt se svými zákazníky, a to i v dnešní moderní době, kdy existuje možnost elektronické komunikace.

Pro firmu tedy pracuje též 10 obchodních zástupců, kteří každý týden s osobním automobilem navštěvují všechny zákazníky, a to nejen za účelem vytvoření nových objednávek, ale také zjištění jejich spokojenosti a dalších požadavků.

1.2 Vozový park

Společnost disponuje homogenním vozovým parkem. Tvoří jej 10 speciálně upravených mrazírenských vozů, pomocí nichž se výrobky rozváží k zákazníkům.

Technické parametry nákladního automobilu:

Nákladní automobil využívaný firmou FRIZA spol. s r. o. na obrázku 2.

Značka: Iveco daily

Model: 35C9/2.8

Rok výroby: 2003

Druh: užitkový

Objem nákladového prostoru: 15 m³

Výkon: 63 kW

Průměrná spotřeba: 10l/100km

Palivo: nafta

Pneumatiky: Michelin



Zdroj: [2]

Obrázek 2: Nákladní automobil firmy Friza spol. s r.o.

Vzhledem k tomu, že firma rozváží mražené zboží, podléhají vlastnosti dopravního prostředku, které zboží přepravuje, přísným kritériím.

1.2.1 Dohoda ATP

Zkratka ATP představuje dohodu o mezinárodních přepravách zkazitelných potravin a specializovaných prostředcích určených pro tyto přepravy. Dohoda byla přijata v Ženevě roku 1970, a bývalé Československo k ní přistoupilo v roce 1983. Dohoda se vztahuje na silniční a železniční přepravy, které probíhají po územích alespoň dvou smluvních států, avšak mnoho zemí převzaly ATP za základ svých národních předpisů.

Tabulka 1: Přehled teplotních podmínek při přepravě zmrazených a hluboko zmrazených potravin

Zmrzlina	-20°C
Zmrazené nebo hluboko zmrazené ryby, výrobky z ryb, měkkýši, koryši a všechny jiné hluboko zmrazené potraviny	-18 °C
Všechny zmrazené potraviny (kromě másla)	-12 °C
Máslo	-10 °C

Zdroj: [4]

Tabulka 2: Přehled teplotních podmínek při přepravě chlazených potravin

Čerstvé mléko	+6 °C
Čerstvé maso a vysoká zvěřina	+7 °C
Masné výrobky, pasterizované mléko, čerstvé mléčné produkty, předvařené potraviny	+6 °C
Zvěřina (jiná, než vysoká), drůbež a králíci	+4 °C
Čerstvé vnitřnosti	+3 °C
Sekané maso	+2 °C
Čerstvé ryby, měkkýši a koryši	v tajícím ledu

Zdroj: [4]

Teplota se musí sledovat během celé přepravy. Pro její kontrolu se používají přístroje zvané termografy. Po skončení přepravy může řidič průběh teploty během celé přepravy vytisknout a předat zákazníkovi. Při porušení teplotních limitů se nesmí se zbožím manipulovat, a odběratel má právo zásilku odmítnout. [3]

2 Popis stávajícího stavu ve společnosti

Celá obsluhovaná oblast firmou FRIZA je rozdělená do několika menších podoblastí. V každé této podoblasti funguje jeden nákladní automobil, který každé ráno v 7:30 vyjíždí ze svého depa tak, aby během celého pracovního týdne stihl obsloužit všechny zákazníky v jeho dané podoblasti.

Tato bakalářská práce se bude zabývat jednou z těchto podoblastí, která zahrnuje okresy Karlovy Vary, Cheb a Sokolov.

V zimních měsících firma využívá jedno společné depo pro všechny podoblasti, a to v Dýšině u Plzně. V letním období se využívají také další depa, která jsou blíže k jednotlivým podoblastem. Tato práce se zabývá distribucí v letní sezóně, kdy vybraná podoblast využívá depo v Karlových Varech.

Tabulka 3: Přehled všech obsluhovaných obcí z depa v Karlových Varech

ID	Obec	Počet zákazníků v obci
1	Ostrov	8
2	Hroznětín	1
3	Hájek	2
4	Jáchymov	2
5	Boží Dar	1
6	Nejdek	5
7	Bernov - Nejdek	1
8	Přebuz	1
9	Horní Blatná	1
10	Pernink	1
11	Andělská Hora	1
12	Bochov	1
13	Karlovy Vary	22
14	Nová Role	1

15	Pila	1
16	Radošov	1
17	Svatošské Skály	2
18	Velichov	1
19	Horní Slavkov	2
20	Loket	2
21	Staré Sedlo	1
22	Chodov	6
23	Rotava	1
24	Kraslice	5
25	Stříbrná	1
26	Habartov	1
27	Svatava	1
28	Sokolov	7
29	Bečov nad Teplou	1
30	Útvina	1
31	Toužim	4
32	Teplá	3
33	Mariánské Lázně	9
34	Lázně Kynžvart	1
35	Drmoul	1
36	Dolní Žandov	1
37	Dřenice	1
38	Cheb	12
39	Cheb - Háje	1
40	Kynšperk nad Ohří	4
41	Cheb – Obilná	1
42	Hazlov	3
43	Hranice	3
44	Aš	5

45	Luby u Chebu	1
46	Plesná	1
47	Mokřiny u Aše	1
48	Františkovy Lázně	5
49	Nebanice	1
50	Odrava	1
51	Pomezí u Chebu	1
52	Skalka u Chebu	1
Součet		143

Zdroj: Friza spol. s r. o.

Celkem je tedy nutno obsloužit během jednoho pracovního týdne 143 zákazníků v 52 obcích.

Níže je uveden přehled v současné době využívaných tras, včetně jejich délek, jízdních dob (mimo obec), celkových jízdních dob (mimo obec + v obci) a celkových jízdních dob + vykládek. Průměrná rychlost dopravního kompletu mimo obec se uvažuje 60 km/h. Doba vykládky u jednoho zákazníka je stanovena na 7 minut. Dále se uvažuje průměrná vzdálenost mezi jednotlivými zákazníky v obci na 2,5 km. Při průměrné rychlosti v obci 30 km/h se stihne dopravní komplet přemístit k dalšímu zákazníkovi za 5 minut.

V současné době používané trasy:

Trasa pondělí: DEPO Karlovy Vary – 1 Ostrov – 2 Hroznětín - 3 Hájek – 4 Jáchymov – 5 Boží dar – 6 Nejdek – 7 Bernov - Nejdek - 8 Přebuz – 9 Horní Blatná - 10 Pernink – DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 23, délka trasy mimo obce: 127,2 km, délka trasy včetně obcí: 184,7 km, jízdní doba mimo obce: 2,12 h, celková jízdní doba: 4,04 h, celková jízdní doba + vykládky: 6,72 h.

Trasa úterý: DEPO Karlovy Vary – 11 Andělská Hora – 12 Bochov – 13 Karlovy Vary – 14 Nová Role – 15 Pila – 16 Radošov – 17 Svatošské Skály – 18 Velichov – DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 30, délka trasy mimo obce: 154,9 km, délka trasy včetně obcí: 229,9 km, jízdní doba mimo obce: 2,58 h, celková jízdní doba: 5,08 h, celková jízdní doba + vykládky: 8,58 h.

Trasa středa: DEPO Karlovy Vary – 19 Horní Slavkov – 20 Locket – 21 Staré Sedlo – 22 Chodov – 23 Rotava – 24 Kraslice – 25 Stříbrná – 26 Habartov – 27 Svatava – 28 Sokolov – DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 27, délka trasy mimo obce: 137,5 km, délka trasy včetně obcí: 205 km, jízdní doba mimo obce: 2,29 h, celková jízdní doba: 4,54 h, celková jízdní doba + vykládky: 7,69 h.

Trasa čtvrtek: DEPO Karlovy Vary – 29 Bečov nad Teplou – 30 Útvina – 31 Toužim – 32 Teplá – 33 Mariánské Lázně – 34 Lázně Kynžvart - 35 Drmoul – 36 Dolní Žandov – 37 Dřenice – 38 Cheb – 39 Cheb Háje – DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 35, délka trasy mimo obce: 175,1 km, délka trasy včetně obcí: 262,6 km, jízdní doba mimo obce: 2,92 h, celková jízdní doba: 5,84 h, celková jízdní doba + vykládky: 9,92 h.

Trasa pátek: DEPO Karlovy Vary – 40 Kynšperk nad Ohří – 41 Cheb - Obilná – 42 Hazlov – 43 Hranice – 44 Aš – 45 Luby u Chebu – 46 Plesná – 47 Mokřiny u Aše – 48 Františkovy Lázně – 49 Nebanice – 50 Odrava – 51 Pomezí u Chebu – 52 Skalka u Chebu – DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 28, délka trasy mimo obce: 267,2 km, délka trasy včetně obcí: 337,2 km, jízdní doba mimo obce: 4,45 h, celková jízdní doba: 6,78 h, celková jízdní doba + vykládky: 9,92 h.

V celkovém součtu všech dní to dává 1219,4 najetých kilometrů, 26,28 hodin strávených na silnici a 42,96 hodin celkové doby (jízdní doba + vykládky).

3 Vymezení základních pojmů teorie grafů

Sestavené trasy pro obsluhu zákazníků můžeme dle odborné terminologie nazývat grafy. Terminologie základních pojmů teorie grafů vychází z literatury [5] a [6].

Grafem rozumíme uspořádanou trojici $G = (V, H, p)$, kde V a X jsou množiny, přičemž V je konečná neprázdná množina a p je prosté zobrazení množiny X do množiny všech neuspořádaných dvojic $(u, v), u, v \in V, u \neq v$. Prvky množiny V nazýváme vrcholy grafu G , prvky množiny X hranami grafu G a zobrazení p incidencí grafu G .

Hranově ohodnoceným grafem je takový graf, který každé hraně $h \in X$ přiřazuje číslo, které je nezáporné.

V tomto případě vrcholy představují jednotlivé zákazníky + počáteční depo. Hrany pak symbolizují komunikace, které tyto vrcholy mezi sebou propojují. Každý den vyjíždí řidič s vozem z depa, objedná několik zákazníků a poté se vrací zpět, odkud vyjel.

V souvislosti s touto skutečností je nutné definovat si další pojmy:

Sled, kterým se rozumí posloupnost po sobě jdoucích vrcholů a hran, která začíná a končí ve vrcholu.

Cesta představuje sled, ve kterém se neopakuje žádný vrchol.

Pro vzdálenost dvou vrcholů $u, v \in V$ grafu G platí:

$$d(u, v) = \min_{m(u,vx) \in M} \{ \sum_{h \in m(u,v)} o(h) \}, \quad (1)$$

kde M je množina všech cest mezi vrcholy u a v .

Kružnice vyjadřuje uzavřenou cestu, tedy cestu, která začíná a končí v témže vrcholu.

Hamiltonovská kružnice je podgraf grafu, který je kružnicí a obsahuje všechny vrcholy grafu. HK můžeme rovněž definovat jako souvislý pravidelný graf druhého stupně obsahující všechny vrcholy grafu.

4 Problém obchodního cestujícího – Travelling Salesman Problem (TSP)

Problém obchodního cestujícího byl formulován v 19. století matematiky R. W. Hamiltonem a T. Kirkmanem. Hamilton se zabýval studiem kružnic na pravidelném dvanáctistěnu, a odtud pak pochází možné řešení problému obchodního cestujícího, vycházejícího z teorie Hamiltonovské kružnice (HK).

Úkolem této úlohy je určit takovou trasu, která začíná a končí v témže vrcholu, a současně prochází všemi ostatními vrcholy právě nebo alespoň jednou. Navrhovaná trasa pak musí být minimální s požadavkem minimalizace dopravní práce.

Jinými slovy řečeno, požadujeme určit minimální Hamiltonovskou kružnici, pro kterou je součet ohodnocení hran minimální.

Metody řešení úlohy obchodního cestujícího můžeme rozdělit na skupinu:

- Exaktní metody - metoda lineárního celočíselného programování;
 - metoda hrubé síly prozkoumání všech permutací;
 - metody typu branch-and-bound;
 - metody postupného zlepšování analogické technikám lineárního programování.
- Heuristické metody - hladový algoritmus;
 - Kimova metoda.

Heuristické metody se většinou využívají v případech, kdy se pracuje s velkým množstvím vrcholů. Jejich výhodou je především rychlost, se kterou poskytují kvalitní, v praxi dobře použitelná řešení. [6]

5 Okružní jízdy

Úloha obchodního cestujícího se dá dále rozšířit o úlohu okružních jízd, resp. optimálního trasování a to v tom případě, pokud uvažujeme omezenou kapacitu dopravního kompletu a také doby, po kterou mohou komplety obsluhu vykonávat. Rozvozové (svozové) trasy se stanovují tak, aby jízdy jednotlivých kompletů netvořily navzájem prolínající se cykly. Cílem úlohy je stanovit plán rozvozu (svozu) tak, aby celkový dopravní výkon kompletů byl minimální. [5]

5.1 Algoritmy pro řešení okružních jízd

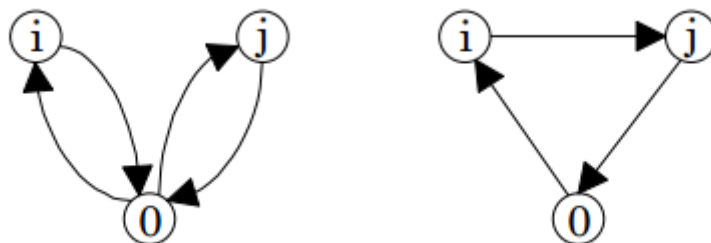
Stejně jako u řešení úlohy obchodního cestujícího, i tady můžeme rozdělit výpočetní algoritmy na exaktní a heuristické. Ačkoliv exaktní algoritmy zaručují na rozdíl od těch heuristických nalezení optimálního řešení, není vždy možné je využít. S rostoucí velikostí dopravní sítě roste také náročnost úlohy, a proto je možné exaktní algoritmy použít pouze v případě malého množství uvažovaných vrcholů. V praxi je tedy nutné využívat algoritmy heuristické, které sice mohou s jistotou zaručit nalezení pouze řešení přípustného, suboptimálního, avšak v přijatelném čase.

Algoritmus, který heuristickou metodou řeší úlohu okružních jízd, vyvinuli Clarke a Wright.

5.1.1 Podstata metody Clarka a Wrighta

Metoda Clarka a Wrighta je založena na jednoduchém principu. V první řadě uvažujeme triviální řešení úlohy. To v podstatě vyjadřuje stav, kdy je každý vrchol obslužen jedním dopravním kompletem, který se po obsluze svého vrcholu vrací zase zpět do depa. Tomu odpovídají trasy tvaru $(V_0 - V_j - V_0)$ pro všechny uzly $i = 1, \dots, n$. Je však na místě položit si otázku, zda-li by nebylo výhodnější některé trasy spojit a vytvořit tak jeden delší cyklus. V každém kroku algoritmu jsou tedy vybrány dvě trasy, které jsou pak sdružovány. Trasy se mohou sloučit pouze tehdy, jestliže nově vzniklá trasa nebude porušovat podmínky přípustnosti řešení. [6]

Princip metody Clarka a Wrighta vyjadřuje obrázek 3.



Zdroj: [7]

Obrázek 3: princip metody Clarka a Wrighta

Podmínky přípustnosti řešení

- Každý vrchol bude v rámci některé z tras obslužen právě jednou;
- Nebude překročena kapacita obsluhujícího vozidla.

Kromě těchto základních podmínek mohou být uvažovány i další podmínky přípustnosti řešení. Obecně tyto podmínky rozdělujeme na:

- Globální podmínky
 - množství jednotek, které je možné rozvést jedním dopravním kompletem v rámci jedné trasy;
 - maximální doba pobytu mimo depo (pracovní doba osádky povinné doby odpočinků, zákazy jízd v určitých dnech apod.);
 - maximální počet obsluhovaných míst v rámci jedné trasy jedním automobilem;
 - omezený disponibilní vozový park; apod.
- Lokální podmínky
 - určitý časový interval, ve kterém bude dané místo obsluženo (časová okna);
 - určité omezené parametry, které musí vozidlo mít, aby se mohlo dostat k zákazníkovi;

- omezená spotřeba pohonných hmot; apod. [8]

5.1.2 Algoritmus Clarka a Wrighta

Uvažujeme neorientovaný (orientovaný), souvislý, vrcholově a hranově ohodnocený graf. Ohodnocení hran představuje délku úseků, ohodnocení vrcholů požadavek příslušného vrcholu.

- 1. krok:** Pro danou síť sestavíme matici minimálních vzdáleností

$$D = (d_{ij})_{i,j=0}^n, \text{ kde } i, j = 0, 1, \dots, n; n = |V| \quad (2)$$

Dále bude zadáno:

v - průměrnou rychlost kompletu

t - dobu potřebnou k výstupu jednoho elementu

T - maximální dobu pobytu kompletu mimo výchozí vrchol

K - kapacitu kompletu

q – požadavek vrcholů

- 2. krok:** Vytvoříme počáteční řešení, které tvoří elementární trasy ($V_0-V_i-V_0$) pro všechny uzly $i = 1, \dots, n$

Tabulka 4: Tabulka teoretického počátečního řešení úlohy Clarka a Wrighta

Elementární trasy	Požadavek vrcholů	Délka	Doba přepravy a vykládka
$V_0-V_i-V_0$	q_1	$2d_{01}$	$\frac{2d_{01}}{v} + q_1 t$
.....
$V_0-V_n-V_0$	q_n	$2d_{0n}$	$\frac{2d_{0n}}{v} + q_n t$

Zdroj: [5]

3. krok: Ze sestavené matice minimálních vzdáleností odvodíme matici výhodnosti koeficientů dle vzorce:

$$\lambda_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - d_{ij} \quad (3)$$

pro všechna $i, j = 1, 2, \dots, n$

4. krok: V matici λ hledáme, existuje-li nějaké $\lambda_{ij} > 0$

3a) $\lambda_{ij} > 0$ existuje, pokračujeme krokem 5,

3b) $\lambda_{ij} > 0$ neexistuje, přejdeme na krok 7

5. krok: Vybereme $\max_{i,j} \{\lambda_{ij}\} > 0$. Pro možné sdružování tras je důležité splnění dvou podmínek. Sdružením tras nesmí dojít k překročení kapacity kompletu a maximální dobu pobytu kompletu mimo výchozí vrchol.

Pokud alespoň jedna podmínka není splněna, označíme vybrané λ_{ij} jako nepoužitelné a v matici λ hledáme jiné $\max_{i,j} \{\lambda_{ij}\} > 0$.

6. krok: Vybrané cykly $(V_0 - V_i - V_o)$ a $(V_0 - V_j - V_o)$ sjednotíme do jednoho $(V_0 - V_i - V_j - V_o)$. Dále pokračujeme krokem 3.

7. krok: Získané řešení je (sub)optimálním řešením dané úlohy. [5], [6]

6 Aplikace zvolené metody pro nalezení nejmenšího počtu tras s cílem minimalizace dopravní práce

Jak už bylo uvedeno v předchozí kapitole, algoritmus Clarka a Wrighta stanovuje nejmenší počet kružnic v ohodnocené síti tak, aby byli obslouženi všichni zákazníci, vykonal se minimální dopravní výkon a zároveň přitom nebyla porušena žádná z omezujících podmínek. Jinými slovy řečeno, řešení úlohy nám sdělí, kolika vozy, a jakými cestami bychom měli realizovat rozvoz.

V případě obsluhy vybrané podoblasti máme však k dispozici pouze jeden nákladní automobil. Na druhou stranu ale také víme, že rozvoz se může uskutečnit ve všechny pracovní dny v týdnu.

Pro optimalizaci rozvozových tras firmy FRIZA spol. s r. o. volím tedy algoritmus Clarka a Wrighta. Nově vzniklé trasy bude možné využít v případě, pokud jejich počet bude v rozmezí 1 až 5, přičemž každá z těchto nově vytvořených tras by byla realizována v jednom pracovním dni.

6.1 Podklady pro určení omezujících podmínek

Firma Friza spol. s r. o. má k dispozici jeden nákladní automobil Iveco daily s objemem nákladového prostoru 15 m³. Zboží určené pro zákazníky je baleno do krabic o rozměrech 40 x 40 x 20 cm (0,032 m³). Lze kalkulovat s tím, že v průměru každému zákazníkovi doveze řidič 7 takových krabic.

Jako požadavek vrcholu, bude uvažován počet zákazníků, který se nachází v dané obci. Maximální počet zákazníků, který je možné obsloužit plně naloženým dopravním kompletem, získáme pomocí následujícího vzorce:

$$K = \frac{\text{objem nákladového prostoru dopravního kompletu}}{\text{objem jedné krabice} \cdot \text{počet krabic pro jednoho zákazníka}} \quad (4)$$

Pokud ve jmenovateli vzorce uvedeného výše vypustíme hodnotu „počet krabic pro jednoho zákazníka“, získáme tím maximální počet krabic, který je možné naložit do jednoho dopravního kompletu.

Jak už bylo uvedeno v kapitole „Popis stávajícího stavu ve společnosti“, uvažuje se 7 minut na vykládku u jednoho zákazníka a 5 minut na přejezd mezi dvěma zákazníky v obci. Do výpočetního algoritmu se tedy bude zadávat hodnota t jako součet těchto dvou hodnot.

Dále je důležité respektovat pracovní dobu řidiče, která nesmí být překročena.

6.1.1 Zákon o pracovní době člena osádky nákladního automobilu

Povolená pracovní doba řidičů nákladních automobilů vychází ze zákona č. 475/2001 Sb. o pracovní době a době odpočinku zaměstnanců s nerovnoměrně rozvrženou pracovní dobou v dopravě. [9]

Pracovní doba člena osádky nákladního automobilu zahrnuje dobu řízení vozidla, nakládka a vykládka, čištění a prohlídka vozidla, sledování nakládky a vykládky, práce, kterou se zajišťuje bezpečnost vozidla, technická údržba vozidla, administrativní práce spojené s řízením vozidla a nezbytná jednání před správními orgány související s plněním pracovních úkolů a také doba, kdy je člen osádky nákladního automobilu připraven na pracovišti k výkonu práce podle pokynů zaměstnavatele, zejména čekání na nakládku a vykládku, jejíž doba není předem známa. [10]

Zaměstnavatel je povinen pracovní dobu člena osádky rozvrhnout tak, aby celková denní doba řízení činila nejvýše 9 hodin. Tato doba může být dvakrát v týdnu prodloužena na 10 hodin. Za dobu řízení se považuje nejen doba vlastního řízení, ale také přerušení řízení na dobu kratší než 15 minut. Po uplynutí 4,5 hodiny musí být řízení přerušeno kvůli bezpečnostní přestávce v trvání minimální 45 minut. Bezpečnostní přestávku si řidič může rozdělit do několika menších v trvání nejméně 15 minut. [11]

6.2 Vstupní data pro výpočet algoritmu

Dle výše uvedených základních údajů jsou uvažována tato vstupní data:

$$v = 60 \text{ km/h}$$

$$t = 12 \text{ min}$$

$$T_1 = 9 \text{ h} \quad T_2 = 10 \text{ h}$$

$$K = 468 \text{ krabic} = 66 \text{ zákazníků}$$

Tabulka 5 uvedená na další stránce znázorňuje matici minimálních vzdáleností (distanční matici). Uvedené hodnoty byly zjišťovány z webových stránek *www.mapy.cz*, přičemž byla volena vždy časově nejrychlejší cesta mezi dvěma vrcholy. Vzhledem k tomu, že se jedná o neorientovaný graf, je matice symetrická a hodnoty pod diagonálou nejsou proto uváděny.

Tabulka 6: Počáteční řešení úlohy Clarka a Wrighta, respektive jednotlivé elementární trasy

Elementární trasy	Počet zákazníků	Délka [km]	Doba přepravy a vykládky [h]
0 - 1 - 0	8	24	2,0
0 - 2 - 0	1	20	0,5
0 - 3 - 0	2	24	0,8
0 - 4 - 0	2	38	1,0
0 - 5 - 0	1	54	1,1
0 - 6 - 0	5	34	1,6
0 - 7 - 0	1	38	0,8
0 - 8 - 0	1	56	1,1
0 - 9 - 0	1	52	1,1
0 - 10 - 0	1	46	1,0
0 - 11 - 0	1	24	0,6
0 - 12 - 0	1	40	0,9
0 - 13 - 0	22	0	4,4
0 - 14 - 0	1	22	0,6
0 - 15 - 0	1	30	0,7
0 - 16 - 0	1	24	0,6
0 - 17 - 0	2	24	0,8
0 - 18 - 0	1	28	0,7
0 - 19 - 0	2	44	1,1
0 - 20 - 0	2	28	0,9
0 - 21 - 0	1	38	0,8
0 - 22 - 0	6	20	1,5
0 - 23 - 0	1	62	1,2
0 - 24 - 0	5	72	2,2
0 - 25 - 0	1	82	1,6
0 - 26 - 0	1	64	1,3

0 - 27 - 0	1	40	0,9
0 - 28 - 0	7	42	2,1
0 - 29 - 0	1	54	1,1
0 - 30 - 0	1	72	1,4
0 - 31 - 0	4	66	1,9
0 - 32 - 0	3	88	2,1
0 - 33 - 0	9	108	3,6
0 - 34 - 0	1	94	1,8
0 - 35 - 0	1	108	2,0
0 - 36 - 0	1	82	1,6
0 - 37 - 0	1	78	1,5
0 - 38 - 0	12	86	3,8
0 - 39 - 0	1	90	1,7
0 - 40 - 0	4	66	1,9
0 - 41 - 0	1	70	1,4
0 - 42 - 0	3	108	2,4
0 - 43 - 0	3	156	3,2
0 - 44 - 0	5	130	3,2
0 - 45 - 0	1	108	2,0
0 - 46 - 0	1	124	2,3
0 - 47 - 0	1	128	2,3
0 - 48 - 0	5	96	2,6
0 - 49 - 0	1	74	1,4
0 - 50 - 0	1	70	1,4
0 - 51 - 0	1	104	1,9
0 - 52 - 0	1	96	1,8

Zdroj: Autor

7 Návrh nového řešení dopravní obsluhy

Pro výpočet algoritmu bude využit program psaný v jazyku C. Zdrojový kód programu je přiložený na CD. Pomocí něj se navrhnu 2 nová řešení, přičemž druhé řešení je možné v praxi použít pouze v případě, pokud program vyhodnotí maximálně 2 trasy, které překročí čas 9 hodin.

7.1 Řešení 1

Trasa pondělí: DEPO Karlovy Vary – 13 Karlovy Vary - DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 22, délka trasy mimo obce: 0 km, délka trasy včetně obcí: 55 km, jízdní doba mimo obce: 0 h, celková jízdní doba: 1,83 h, celková jízdní doba + vykládky: 4,4 h.

Trasa úterý: DEPO Karlovy Vary – 22 Chodov – 14 Nová Role – 6 Nejdek – 8 Přebuz – 23 Rotava - 7 Bernov - Nejdek - 10 Pernink – 9 Horní Blatná – 5 Boží Dar – 4 Jáchymov – 1 Ostrov – 3 Hájek – 16 Radošov – 18 Velichov – 2 Hroznětín – DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 33, délka trasy mimo obce: 139 km, délka trasy včetně obcí: 221,5 km, jízdní doba mimo obce: 2,32 h, celková jízdní doba: 5,07 h, celková jízdní doba + vykládky: 8,93 h.

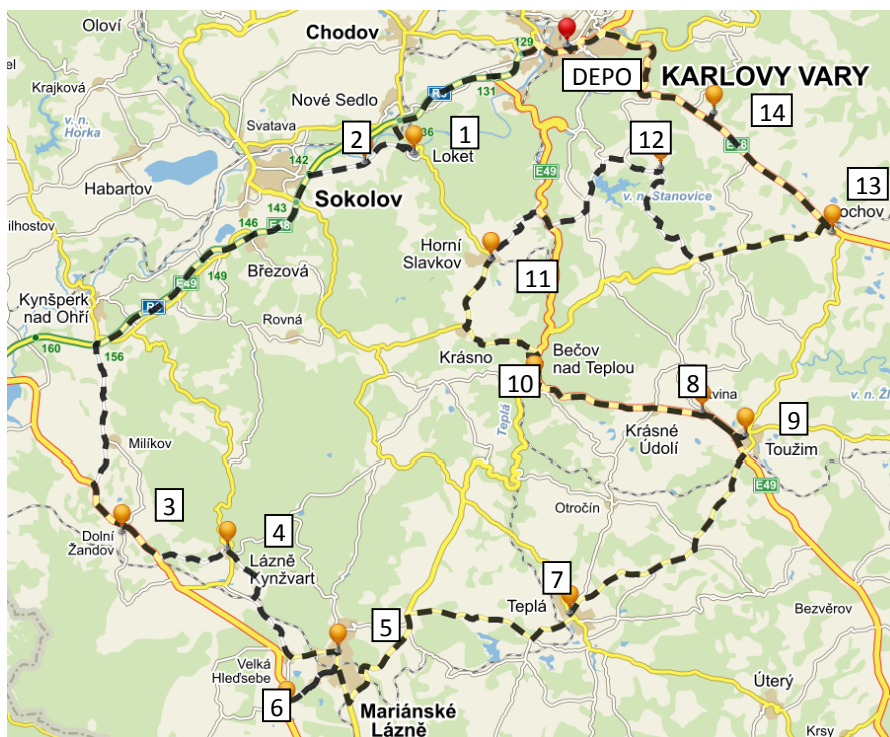


Zdroj: Autor

Obrázek 4: Řešení 1 - úterý

Trasa středa: DEPO Karlovy Vary – 20 Loket – 21 Staré Sedlo – 36 Dolní Žandov – 34 Lázně Kynžvart – 33 Mariánské Lázně – 35 Drmoul – 32 Teplá – 30 Útvina – 31 Toužim – 29 Bečov nad Teplou – 19 Horní Slavkov – 15 Pila – 12 Bochoř – 11 Andělská Hora – DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 29, délka trasy mimo obce: 177,7 km, délka trasy včetně obcí: 250,2 km, jízdní doba mimo obce: 2,96 h, celková jízdní doba: 5,38 h, celková jízdní doba + vykládky: 8,76 h.

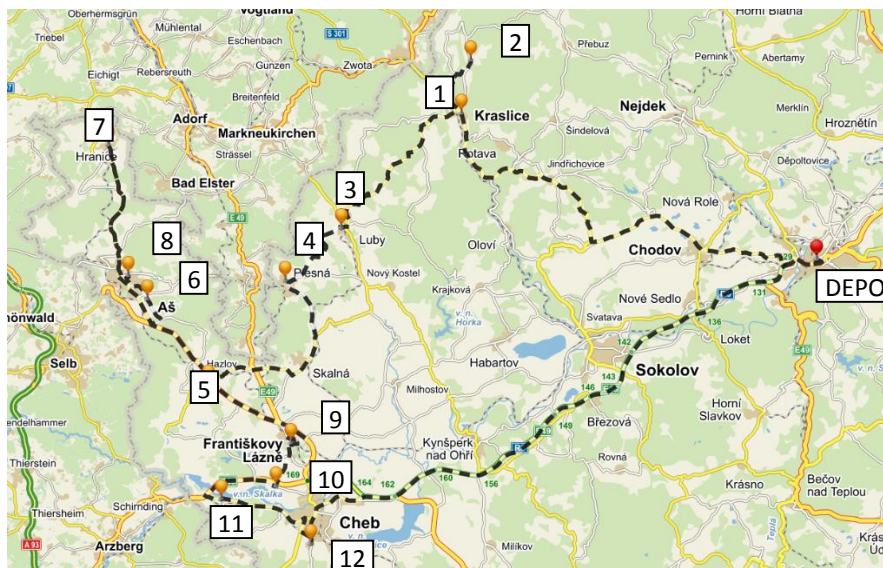


Zdroj: Autor

Obrázek 5: Řešení 1 - středa

Trasa čtvrtek: DEPO Karlovy Vary – 24 Kraslice – 25 Stříbrná – 45 Luby u Chebu – 46 Plesná - 42 Hazlov – 47 Mokřiny u Aše - 43 Hranice - 44 Aš – 48 Františkovy Lázně – 52 Skalka u Chebu – 51 Pomezí u Chebu – 39 Cheb – Háje – DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 28, délka trasy mimo obce: 201 km, délka trasy včetně obcí: 271 km, jízdní doba mimo obce: 3,35 h, celková jízdní doba: 5,68 h, celková jízdní doba + vykládky: 8,97 h.

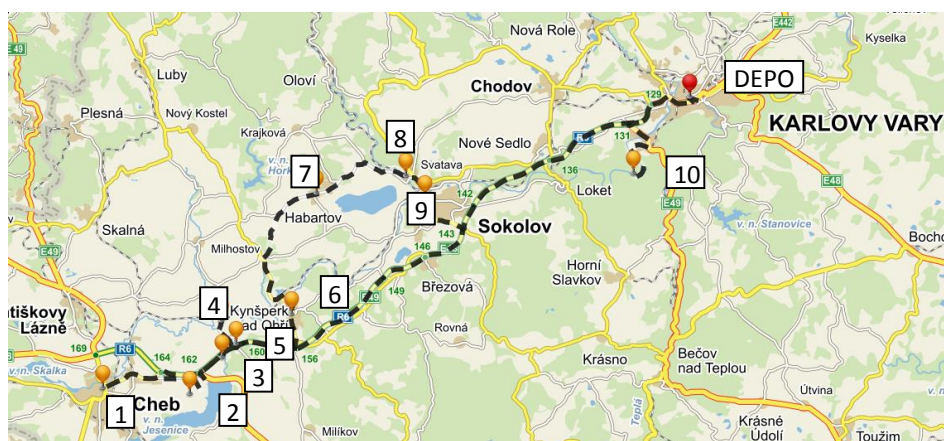


Zdroj: Autor

Obrázek 6: Řešení 1 - čtvrtek

Trasa pátek: DEPO Karlovy Vary - 38 Cheb - 37 Dřenice – 50 Odrava – 49 Nebanice – 41 Cheb – Obilná – 40 Kynšperk nad Ohří – 26 Habartov – 27 Svatava – 28 Sokolov – 17 Svatošské Skály – DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 31, délka trasy mimo obce: 119,9 km, délka trasy včetně obcí: 197,4 km, jízdní doba mimo obce: 2 h, celková jízdní doba: 4,58 h, celková jízdní doba + vykládky: 8,2 h.



Zdroj: Autor

Obrázek 7: Řešení 1 - pátek

Celková délka trasy: 995,1 km

Celková jízdní doba: 22,54 h

Celková doba (jízdní doba + doba vykládek): 39,26 h

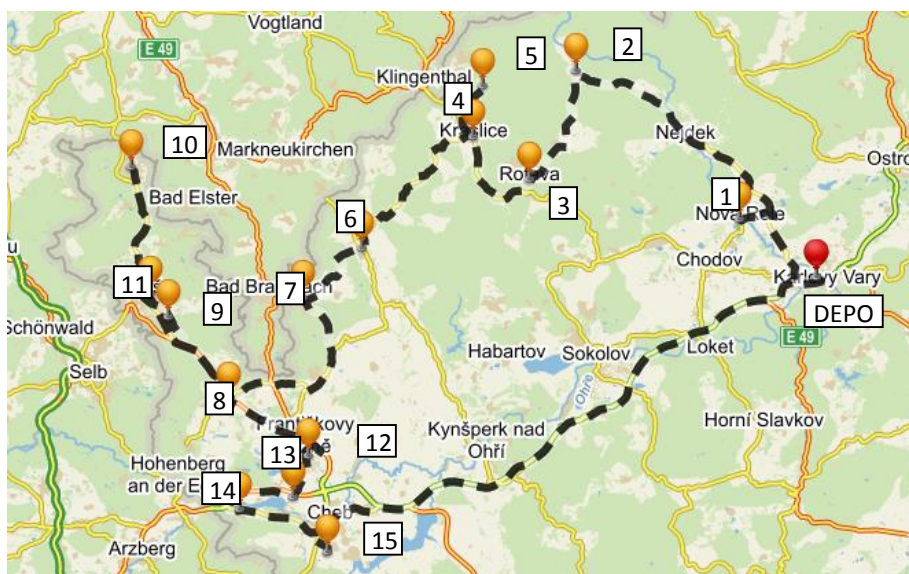
7.2 Řešení 2

Trasa pondělí: DEPO Karlovy Vary – 13 Karlovy Vary - DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 22, délka trasy mimo obce: 0 km, délka trasy včetně obcí: 55 km, jízdní doba mimo obce: 0 h, celková jízdní doba: 1,83 h, celková jízdní doba + vykládky: 4,4 h.

Trasa úterý: DEPO Karlovy Vary – Nová Role – Přebuz – Rotava – Kraslice – Stříbrná – Luby u Chebu – Plesná – Hazlov – Mokřiny u Aše – Hranice – Aš – Františkovy Lázně – Skalka u Chebu – Pomezí u Chebu – Cheb – Háje – DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 31, délka trasy mimo obce: 216,1 km, délka trasy včetně obcí: 293,6 km, jízdní doba mimo obce: 3,60 h, celková jízdní doba: 6,18 h, celková jízdní doba + vykládky: 9,83 h.

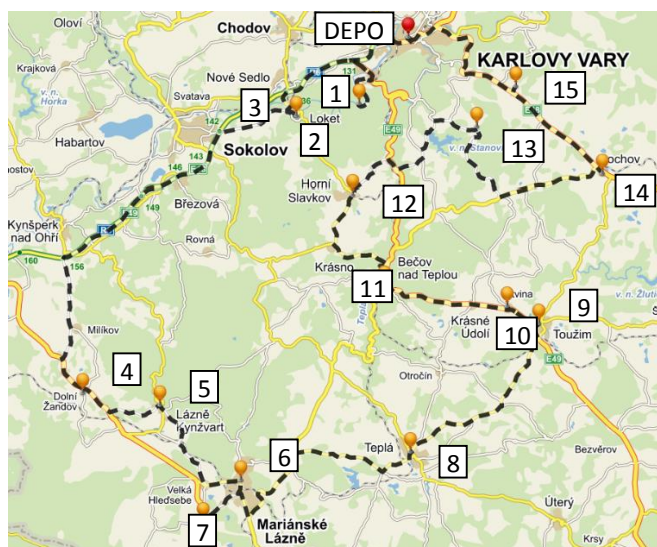


Zdroj: Autor

Obrázek 8: Řešení 2 - úterý

Trasa středa: DEPO Karlovy Vary – Svatošské Skály – Loket – Staré Sedlo – Dolní Žandov – Lázně Kynžvart – Mariánské Lázně – Drmoul – Teplá – Útvina – Toužim – Bečov nad Teplou – Horní Slavkov – Pila – Bochov – Andělská Hora – DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 31, délka trasy mimo obce: 189,7 km, délka trasy včetně obcí: 267,2 km, jízdní doba mimo obce: 3,16 h, celková jízdní doba: 5,74 h, celková jízdní doba + vykládky: 9,36 h.



Zdroj: Autor

Obrázek 9: Řešení 2 - středa

Trasa čtvrtek: DEPO Karlovy Vary – Chodov – Bernov – Nejdek – Nejdek – Pernink – Horní Blatná – Boží Dar – Jáchymov – Ostrov – Hájek – Radošov – Velichov - Hroznětín– DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 30, délka trasy mimo obce: 103,7 km, délka trasy včetně obcí: 178,7 km, jízdní doba mimo obce: 1,73 h, celková jízdní doba: 4,23 h, celková jízdní doba + vykládky: 7,74 h.

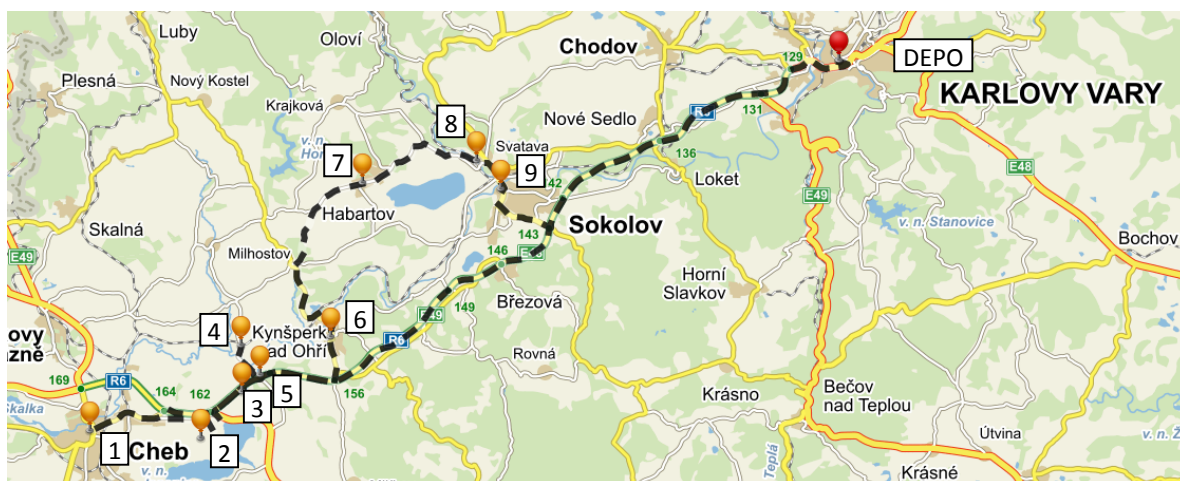


Zdroj: Autor

Obrázek 10: Řešení 2 - čtvrtek

Trasa pátek: DEPO Karlovy Vary – Cheb – Dřenice – Odrava – Nebanice – Cheb – Obilná – Kynšperk nad Ohří – Habartov – Svatava – Sokolov – DEPO Karlovy Vary

Počet obslužených zákazníků: 29, délka trasy mimo obce: 107,9 km, délka trasy včetně obcí: 180,4 km, jízdní doba mimo obce: 1,8 h, celková jízdní doba: 4,22 h, celková jízdní doba + vykládky: 7,6 h.



Zdroj: Autor

Obrázek 11: Řešení 2 - pátek

Program vyhodnotit právě 2 trasy, které překročily 9 hodin. Řešení 2 je tedy přípustné a výsledek bude možné použít.

Celková délka trasy: 974,9

Celková jízdní doba: 22,2 h

Celková doba (jízdní doba + doba vykládek): 38,93 h

8 Zhodnocení nového řešení z pohledu optimalizace

Tabulka 7 znázorňuje srovnání stávajícího řešení s nově navrženým řešením 1 a řešením 2 z pohledu počtu tras, jejich celkové délky, jízdní doby a celkového času, tedy jízdních dob + vykládek.

Tabulka 7: Srovnání jednotlivých řešení z pohledu sestavení tras a potřebného času

	Stávající řešení	Řešení 1	Řešení 2
Počet tras	5	5	5
Celková délka tras	1219,4 km	995,1 km	974,9 km
Celková jízdní doba	26,28 h	22,54 h	22,2 h
Celkový čas	42,96 h	39,26 h	38,93 h

Zdroj: Autor

Z výše uvedené tabulky je vidět, že nejlépe sestavené trasy jsou dané řešením 2. Dále se tedy budu věnovat této variantě řešení.

Počet tras zůstává v nově navrženém řešení stejný. Znamená to tedy, že stejně jako v původním řešení bude dopravní komplet vyjíždět v každém pracovním dni uvažovaného týdne. Velký rozdíl však nastává v ujetých kilometrech. Díky nově sestaveným trasám může firma ušetřit 244,5 km, tedy celých 20% z původní celkové délky tras. Díky tomu se získá také úspora v celkové době jízdy, respektive celkovém čase 4,03 h.

9 Náklady v silniční nákladní dopravě

Abychom mohli vypočítat veškeré úspory, kterých by bylo možné dosáhnout s použitím optimalizovaných rozvozových tras, je nutné si ujasnit, jaké všechny náklady vznikají v silniční nákladní dopravě.

Při kalkulaci nákladů v silniční nákladní dopravě za roční období musíme brát v úvahu následující složky nákladů:

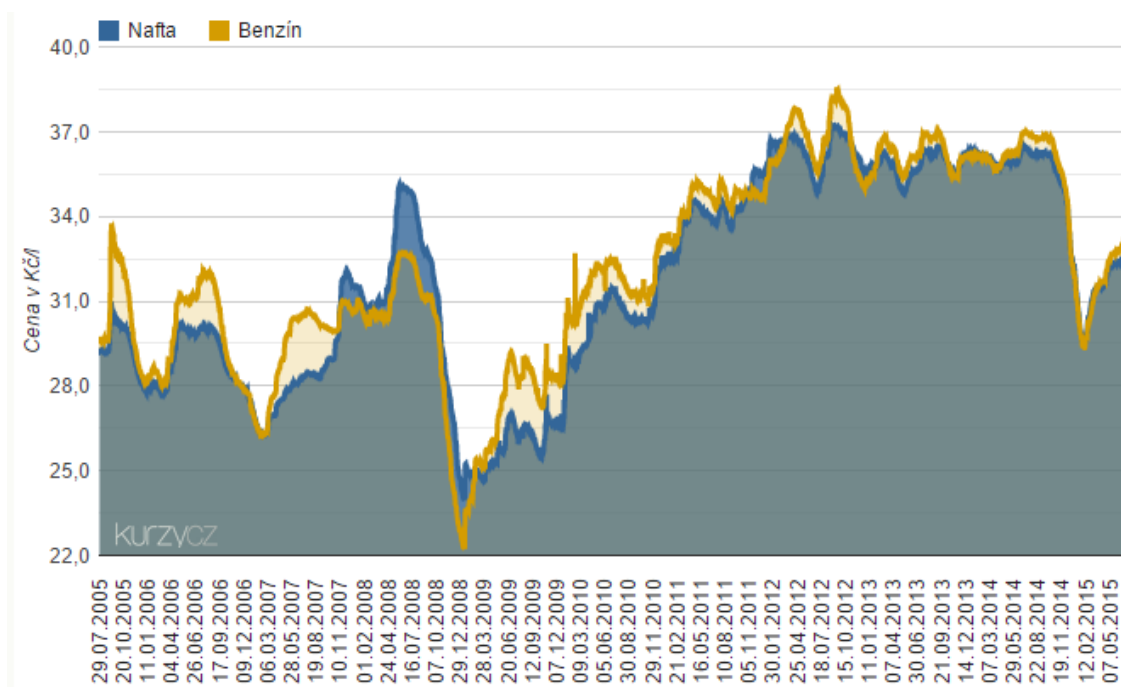
- Pohonné hmoty,
- pryžové obruče,
- mzdy + sociální a zdravotní pojištění,
- odpisy,
- opravy a údržba,
- pojištění,
- silniční daň,
- mýtné,
- provozní režie,
- správní režie. [12]

9.1 Obsah jednotlivých složek nákladů

Spotřeba pohonných hmot

Do této složky nákladů řadíme pohonné hmoty spotřebovávané v dopravním provozu. Naopak neřadíme sem pohonné hmoty, které se spotřebovávají při opravách, údržbách i či jiných úkonech.

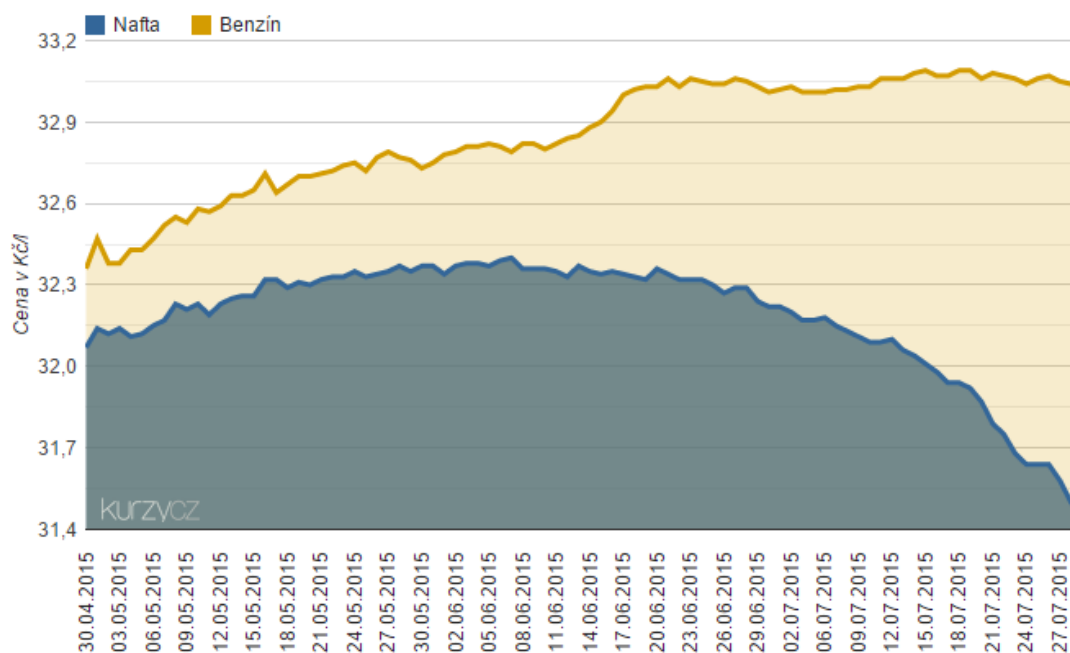
Náklady na spotřebu paliva ovlivňuje cena pohonné hmoty a také průměrná spotřeba daného vozidla.



Zdroj: [13]

Obrázek 12: Vývoj ceny benzínu Natural 95 a nafty za posledních 10 let

Z výše uvedeného grafu můžeme vidět, že dochází k velkým výkyvům cen pohonných hmot. Proto pro konkrétnější představu o aktuální ceně paliva je přidán ještě obrázek 13, který znázorňuje cenu benzínu Natural 95 a nafty pouze za poslední 3 měsíce.



Zdroj: [13]

Obrázek 13: Cena benzínu Natural 95 a nafty pouze za poslední 3 měsíce.

Ceny pohonných hmot jsou určovány výstupními cenami rafinérií, distribuční marží a daněmi (daní spotřební a daní z přidané hodnoty). Konečnou cenu však ještě ovlivňují další faktory jako kurz koruny k dolaru, poptávka a povinné množství biopaliva, které se musí povinně přimíchávat. [14]

Pryžové obruče

Náklady na pryžové obruče zahrnují spotřebu těchto obručí, plástů, duší a vložek. Výši nákladu na 1 ujetý km získáme pomocí vzorce:

$$n_{PO} [Kč] = \frac{\text{cena 1 pneumatiky [Kč]} * \text{počet pneumatik [ks]}}{\text{proběh pneumatik [km]}} \quad (5)$$

Mzdy, sociální a zdravotní pojištění

Celkové náklady na řidiče tvoří hrubé mzdy řidičů a sociální a zdravotní pojištění. Sociální a zdravotní pojištění placené zaměstnavatelem je pro rok 2015 stanovené na 25% a 9%. Částka pojistného se vypočítává z hrubé mzdy a spolu s ní pak tvoří tzv. superhrubou mzdu.

Odpisy

Odpisy vyjadřují opotřebení dopravního prostředku. V praxi se využívají odpisy účetní nebo daňové.

Opravy a údržba

Mezi opravy a údržbu vozidel řadíme náklady, které odvádíme externím servisům za opravy a náklady na pořízení náhradních dílů, které pak aplikuje firma ve vlastní režii.

Pojištění

Celkové náklady na pojištění v dopravní firmě tvoří nejčastěji povinné ručení, havarijní pojištění a pojištění odpovědnosti dopravce.

Povinné ručení - pojištění povinné pro každého vlastníka vozidla, který jej chce provozovat na pozemních komunikacích. Jedná se o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla. Díky tomuto pojištění jsou hrazeny škody, které pojištěný způsobí jiné osobě při provozování vozidla, a to nejen na majetku, ale také zdraví.

Havarijní pojištění - Havarijní pojištění poskytuje vlastníkovi, resp. držiteli vozidla, ochranu pro případ vzniku pojistné události, tj. havárie, zničení, poškození, odcizení vozidla nebo některých jeho částí, eventuálně i vandalismu. [15]

Pojištění odpovědnosti dopravce - vzhledem k odpovědnosti dopravce za přepravované zásilky je bezesporu výhodné mít tento druh pojištění, který pokrývá rizika spojená s vnitrostátní nebo mezinárodní silniční dopravou.

Silniční daň

Tato daň se vztahuje na silniční motorová vozidla používaná k podnikání nebo jiné samostatné výdělečné činnosti. Bez ohledu na to, zda jsou používána k podnikání, jsou předmětem daně vozidla, která mají největší povolenou hmotnost nad 3,5 tuny, jsou určena výlučně k přepravování nákladů, a jsou též registrovaná v České republice.

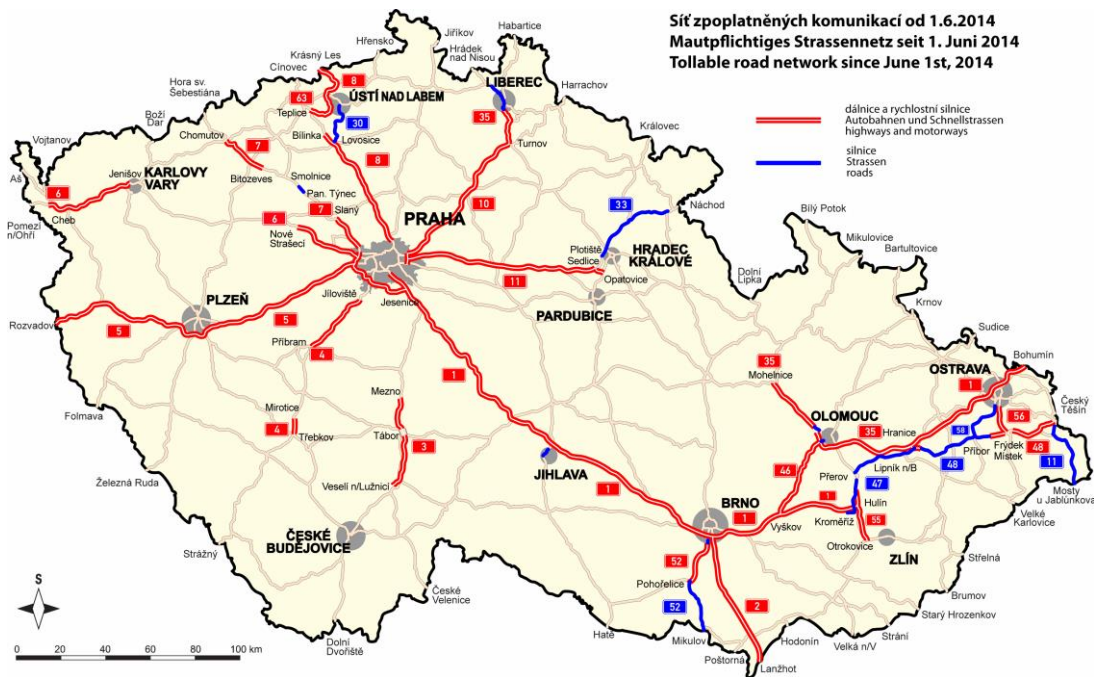
Základem daně je:

1. zdvihový objem motoru cm^3 u osobních automobilů vyjma těch na elektrický pohon,
2. součet největších povolených hmotností na nápravu a počet náprav u návěsů,
3. největší povolená hmotnost a počet náprav u ostatních vozidel.

Přesná roční sazba silniční daně se zjistí pro každé vozidlo dle údajů v technických dokladech k vozidlu. [16]

Mýtné

Úhradě mýtného za užití dálnic, rychlostních silnic a vybraných silnic I. třídy podléhají od roku 2010 veškerá vozidla s povolenou hmotností nad 3,5 tuny.



Zdroj: [17]

Obrázek 14: Sít zpoplatněných komunikací v České republice k 1. 6. 2014

Výše sazby za mýtné ovlivňuje emisní třída vozidla, počet náprav, dále zda se jedná o dálnici a rychlostní silnici nebo pouze silnici I. třídy a nakonec rozhoduje též čas, kdy danou komunikaci využíváme. Tabulka 8 přehledně zobrazuje jednotlivé sazby mýtného na 1 km zpoplatněné komunikace.

Tabulka 8: Sazby mýtného na českých silnicích

emisní třída	EURO 0-II			EURO III-IV			EURO V			tarif Euro6 EURO VI, EEV		
	2	3	4+	2	3	4+	2	3	4+	2	3	4+
dálnice a rychlostní silnice	3,34	5,70	8,24	2,82	4,81	6,97	1,83	3,13	4,52	1,67	2,85	4,12
-- pátek 15-20 h	4,24	8,10	11,76	3,58	6,87	9,94	2,33	4,46	6,46	2,12	4,05	5,88
silnice I. třídy	1,58	2,74	3,92	1,33	2,31	3,31	0,87	1,50	2,15	0,79	1,37	1,96
-- pátek 15-20 h	2,00	3,92	5,60	1,69	3,31	4,74	1,10	2,15	3,07	1,00	1,96	2,80
autobusy	1,38			1,15			1,04			0,80		

Mýtné nepodléhá DPH.

Zdroj: [18]

Automobily, které podléhají platbě mýtného, jsou povinně vybaveny elektronickým zařízením, které komunikuje s mýtným systémem. Řidič vozidla je o zaúčtování mýtného informován akustickým signálem, a to v okamžiku průjezdu mýtnou stanicí. [19]

Provozní a správní režie

Provozní a správní režie, souhrnným označením režijní náklady, představují finanční prostředky, které firma eviduje jako náklady nepřímé. Znamená to, že jejich spotřebu na kalkulační jednici nelze přesně určit. Provozní režie souvisí s řízením provozu dopravy, a pod správní režii je možno si představit administrativní činnosti firmy.

9.2 Kalkulace nákladů v silniční dopravě

Kalkulace nákladů v dopravě se provádí za účelem stanovení žádoucí výše nákladů nebo následného zjištění nákladů na určitý výkon.

Aby vůbec bylo možné kalkulaci nákladů provést, je nutné si jednotlivé složky rozdělit na fixní (nezávislé na objemu výkonu) a variabilní (závislé na objemu výkonu). Variabilní náklady pak ještě rozdělujeme na ty, které jsou závislé na ujetých km a na ty, které jsou závislé na hodinách provozu.

Náklady nezávislé na objemu výkonu – odpisy, silniční daň, provozní režie, správní režie, pojištění.

Náklady závislé na ujetých km – pohonné hmoty, pryžové obruče, opravy a údržba, mýtné.

Náklady závislé na hod. provozu – mzdy + sociální a zdravotní pojištění. [12]

Celkové náklady se pak zjišťují následujícím postupem:

1. Vypočítají se náklady na 1 hodinu provozu

$$n_{hod} = \text{náklady závislé na hod} + \left(\frac{\text{náklady nezávislé}}{\text{doba provozu}} \right) \quad (6)$$

2. Vypočítají se náklady na 1 ujetý km

$$n_{km} = \text{náklady závislé na hod} + \left(\frac{\text{náklady na hod.provozu}}{\text{průměrná rychlost}} \right) + \left(\frac{\text{náklady nezávislé}}{\text{doba provozu} * \text{průměrná rychlost}} \right) \quad (7)$$

3. Celkové náklady za určité období se pak rovnají

$$N = n_{km} * \text{počet ujetých km} + n_{hod} * \text{doba stání} \quad (8)$$

9.3 Kalkulace nákladů firmy Friza spol. s r. o. za účelem zjištění možných úspor vzniklých optimalizací tras

Jak již bylo uvedené v kapitole Kalkulace nákladů, jednotlivé složky nákladů v silniční nákladní dopravě můžeme rozdělit na skupinu nákladů fixních, skupinu nákladů závislých na množství ujetých km a skupinu nákladů závislých na hodinách provozu. Náklady fixní, tedy ty, které nijak nezávisí na objemu výkonu, se mohou při srovnávání řešení vynechat, neboť ať už řidič s automobilem najede jakékoliv množství km a zabere mu to jakýkoliv čas, tak tyto náklady se nezmění. Dále se tedy tato práce bude zabývat pouze náklady variabilními.

V tabulce 9 jsou vypočítané jednotlivé hodnoty nákladů na 1 km jízdy. Hodnoty jsou vypočítané pro složky nákladů firmy Friza spol. s r. o., jejichž výše je závislá na množství ujetých kilometrů.

Tabulka 9: Výše nákladů závislých na ujetých kilometrech

Pohonné hmoty	
Cena nafty za 1 litr	31,8 Kč
Průměrná spotřeba dopravního kompletu na 1 km	0,1 l
Náklad dopravního kompletu na 1 km jízdy	3,18 Kč
Pryžové obruče	
Cena 1 pneumatiky	6 000 Kč
Počet pneumatik	4
Průběh pneumatik	50 000 km
Náklad dopravního kompletu na 1 km jízdy	0,48 Kč

Opravy a údržba	
Průměrná částka za opravu a údržbu	15 000 Kč
Opravy a údržba jsou prováděny po ujetých	30 000 km
Náklad dopravního kompletu na 1 km jízdy	0,5 Kč
Mýto (pouze na zpoplatněných úsecích)	
Emisní třída vozidla	Euro III - IV
Počet náprav	2
Náklad dopravního kompletu na 1 km jízdy	2,82 Kč (v Pá 15 – 20 h 3,58 Kč)

Zdroj: Autor

V další fázi bychom se měli věnovat nákladům závislým na hodinách provozu, respektive mzdám a sociálnímu a zdravotnímu pojištění. V případě této úlohy to však není nutné. Časové úspory v nově navrženém řešení jsou 4 hodiny za týden. V současné době jsou však řidiči vozidel firmy Friza spol. s r. o. placeni paušální měsíční mzdou, nikoliv hodinovou sazbou. Mzda se jim tedy nijak nezmění. Je to pouze na uvážení samotné společnosti, jestli se rozhodne mzdu řidičům nějak pozměnit.

10 Zhodnocení nově navrženého řešení z ekonomického hlediska

Tato kapitola se bude zabývat srovnáním stávajícího řešení a řešením nově navrženého po finanční stránce.

V předchozí kapitole byly propočteny náklady závislé na ujetých kilometrech a zjištěny následující údaje:

Tabulka 10: Souhrnný přehled nákladů závislých na kilometrech jízdy v přepočtu na 1 km

Položka	Náklad dopravního kompletu na 1 km jízdy
Pohonné hmoty	3,18 Kč
Pryžové obruče	0,48 Kč
Opravy a údržba	0,5 Kč
Celkem	4,16 Kč

Zdroj: Autor

Dále byla pomocí algoritmu Clarka a Wrighta vypočtena možná úspora 244,5 km v celkovém součtu tras za týden.

Pokud se vynásobí úspora kilometrů s náklady na 1 kilometr jízdy, získá se celková možná úspora finančních prostředků pro jeden týden rozvozu.

V tabulce 11 je ještě propočtena výše mýtného při původním složení tras a v tabulce 12 při řešení novém.

Tabulka 11: Výše mýtného při původním složení tras

Stávající řešení			
Využitá trasa na placeném úseku	Délka [km]	Sazba [Kč]	Výše mýtného [Kč]
Sokolov - K. Vary	12,8	2,82	36
Cheb Háje - K. Vary	33	2,82	93
K. Vary - Kynšperk - Cheb Obilná	28,7	2,82	81
Skalka u Chebu – K. Vary	37,6	3,58	135
Celkem			345

Zdroj: Autor

Tabulka 12: Výše mýtného při novém složení tras

Nové řešení			
Využitá trasa na placeném úseku	Délka [km]	Sazba [Kč]	Výše mýtného [Kč]
Cheb Háje – K. Vary	33	2,82	93
Svatošské skály - Loket	4,7	2,82	13
Staré Sedlo – Dolní Žandov	14,4	2,82	41
K. Vary - Cheb	33	2,82	93
Cheb obilná – Kynšperk	3,5	2,82	10
Sokolov – K. Vary	12,8	2,82	36
Celkem			286

Zdroj: Autor

Firma Friza spol. s r. o. by tedy mohla za pomoci optimalizovaných rozvozových tras ušetřit 777,51 Kč na pohonných hmotách, 117,36 Kč na pryžových obručích, 122,25 Kč na opravách a údržbě a 59 Kč na mýtném. Pokud se sečtou všechny tyto položky, dostane se celková možná úspora, která vychází na 1076,12 Kč za uvažovaný týden.

Závěr

Bakalářská práce se zabývala rozvozovými trasami firmy Friza spol. s r. o. pro jeden konkrétní týden v letním období roku 2015. Cílem této práce bylo provést jejich optimalizaci a vypočítat možné finanční úspory.

Nejdříve byla provedena analýza současného stavu, při které bylo zjištěno, že je v daném týdnu zapotřebí obsloužit 143 zákazníků v 52 obcích. Pro takové rozložení zákazníků sestavila firma Friza spol. s r. o. 5 tras, přičemž řidič s dopravním kompletem najel 1219,4 km, na silnici strávil celkem 26,28 hodin a s připočtením doby vykládek vycházela celková doba na 42,96 hodin za uvažovaný týden.

V další části práce pak byla rozebrána základní terminologie teorie grafů a zmíněny možné způsoby, pomocí nichž by bylo možné provést optimalizaci rozvozových tras.

Pro vytvoření nového řešení pro firmu Friza spol. s r. o. byl zvolen algoritmus Clarka a Wrighta. Pomocí něj byly sestaveny 2 nové návrhy řešení, přičemž bylo vybráno řešení s největší úsporou najetých kilometrů. Zjistilo se, že díky novým trasám by bylo možné ušetřit 244,5 km, respektive najet s dopravním kompletem o celých 20% méně z původního složení tras. Díky tomu by se také ušetřily 4,03 hodiny času.

Následně pak byly propočteny možné finanční úspory, kterých by bylo možné dosáhnout, při takové úspoře najetých kilometrů. Nejdříve byly vypočítány náklady na jeden ujetý kilometr, a to pro nákladové položky, které jsou závislé na počtu ujetých kilometrů. Následně se pak tyto náklady vynásobily počtem kilometrů, které by mohly být díky novému řešení ušetřeny. Součástí bylo také propočtení výše úspory mýtného. Výše sazby za 1 km se však násobil pouze počtem kilometrů ujetých na úsecích, které podléhají jeho platbě.

Byla zjištěna možná finanční úspora 777,51 Kč na pohonných hmotách, 117,36 Kč na pryžových obručích, 122,25 Kč na opravách a údržbě a 59 Kč na mýtném. V celkovém součtu těchto hodnot vychází, že firma by mohla díky nově navrženému řešení rozvozových tras pro vybraný týden rozvozu ušetřit 1076,12 Kč.

Jak už bylo několikrát zmíněno, tato práce se zabývala pouze jedním vybraným týdnem v letním období roku 2015. Každý týden se však složení zákazníků mírně liší, a tím pádem i samotné rozvozové trasy. Z tohoto důvodu je k této práci přiloženo

CD, na kterém je zaznamenán zdrojový kód programu algoritmu Clarka a Wrighta. Při změně vstupních údajů je pak možné vytvořit optimalizované trasy pro kterýkoliv týden v roce.

Použité zdroje

- [1] Distribuční logistika. *Logistika*. [online]. [cit. 2015-08-02].
Dostupné z: <http://logistika-cz.studentske.cz/2009/05/distribucni-logistika.html>
- [2] Obchodní zastoupení. *Friza*. [online]. [cit. 2015-06-25].
Dostupné z: <http://www.friza.cz/?action=zastoupeni>
- [3] Přeprava zkazitelných potravin (ATP). *Ministerstvo dopravy*. [online]. [cit. 2015-07-02].
Dostupné z:
http://www.mdcr.cz/cs/Silnicni_doprava/Nakladni_doprava/atp/atp.htm
- [4] Přeprava zkazitelných potravin Přeprava zvláštních nákladů. *oppa-smad*. [online]. [cit. 2015-07-02].
Dostupné z: http://oppa-smad.tf.czu.cz/?q=system/files/TSND_08.ppt.
- [5] Ing. Denisa Mocková, Ph.D..*Základy teorie dopravy*. České vysoké učení technické v Praze: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2007.
ISBN 978-80-01-03791-1.
- [6] doc. Ing. Josef Volek, CSc..doc. RNDr. Bohdan Linda, CSc..*Teorie grafů – aplikace v dopravě a veřejné správě*. Univerzita Pardubice: Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s., 2012.
ISBN 978-80-7395-225-9.
- [7] Clark and Wright. *Andres Collart*. [online]. [cit. 2015-07-04].
Dostupné z: <http://andrescollart.com/tag/clark-and-wright/>
- [8] Tuzar, A.; Maxa, P.; Svoboda, V. *Teorie dopravy*. DF ČVUT Praha: , 1997.
- [9] ZÁKON č. 475/2001 Sb.. Ministerstvo práce a sociálních věcí. [online]. [cit. 2015-07-17].
Dostupné z: http://www.mpsv.cz/ppropo.php?ID=z475_2001o
- [10] Pracovní doba řidičů nákladních vozidel a autobusů. *autoweb*. [online]. [cit. 2015-07-17].

- Dostupné z: <http://www.autoweb.cz/pracovni-doba-ridicu-nakladnich-vozidel-a-autobusu/>
- [11] Zákon o pracovní době zaměstnanců v dopravě . business.center.cz. [online]. [cit. 2015-07-17].
Dostupné z:
<http://business.center.cz/business/pravo/zakony/pddoprava/cast2.aspx>
- [12] Kalkulace v dopravě. Ústav ekonomiky a managementu dopravy a telekomunikací. [online]. [cit. 2015-07-19].
Dostupné z: http://k613.fd.cvut.cz/storage/predmety-soubory/14_kalkulace_v_doprave.ppt.
- [13] Vývoj ceny benzínu, nafty, aktuální cena a podrobný graf. kurzy.cz. [online]. [cit. 2015-07-17].
Dostupné z: <http://www.kurzy.cz/komodity/benzin-nafta-cena/>
- [14] Nohu z plynu, pohonné hmoty levnější nebudou. finance.cz. [online]. [cit. 2015-07-17].
Dostupné z: <http://www.finance.cz/zpravy/finance/263000-nohu-z-plynu-pohonne-hmoty-levnejsi-nebudou/>
- [15] Havarijní pojištění. česmad bohemia. [online]. [cit. 2015-07-19].
Dostupné z: <http://www.vseprodopravce.cz/havarijni-pojisteni>
- [16] Daň silniční. business.info.cz. [online]. [cit. 2015-07-19].
Dostupné z:
<http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/dan-silnicni-3537.html#ds05>
- [17] Mapa zpoplatnění. mytocz. [online]. [cit. 2015-07-19].
Dostupné z: <http://www.mytocz.eu/cs/mytny-system/mapa-zpoplatneni/>
- [18] Sazby mýtného. mytocz. [online]. [cit. 2015-07-19].
Dostupné z: <http://www.mytocz.eu/cs/mytny-system/mapa-zpoplatneni/>
- [19] Mýtný systém. Mýto.cz. [online]. [cit. 2015-08-05].
Dostupné z: <http://www.mytocz.eu/cs/novy-uzivatel/mytny-system-1/index.html>

Seznam obrázků

Obrázek 1	Schéma obchodního zastoupení firmy Friza spol. s r.o.
Obrázek 2	Nákladní automobil firmy Friza spol. s r.o.
Obrázek 3	Princip metody Clarka a Wrighta
Obrázek 4	Řešení 1 – úterý
Obrázek 5	Řešení 1 – středa
Obrázek 6	Řešení 1 – čtvrtek
Obrázek 7	Řešení 1 – pátek
Obrázek 8	Řešení 2 – úterý
Obrázek 9	Řešení 2 – středa
Obrázek 10	Řešení 2 – čtvrtek
Obrázek 11	Řešení 2 – pátek
Obrázek 12	Vývoj ceny benzínu Natural 95 a nafty za posledních 10 let
Obrázek 13	Cena benzínu Natural 95 a nafty za poslední 3 měsíce
Obrázek 14	Síť zpoplatněných komunikací v České republice k 1. 6. 2014

Seznam tabulek

Tabulka 1	Přehled teplotních podmínek při přepravě zmrazených a hluboko zmrazených potravin
Tabulka 2	Přehled teplotních podmínek při přepravě chlazených potravin
Tabulka 3	Přehled všech obsluhovaných obcí z depa v Karlových Varech
Tabulka 4	Tabulka teoretického počátečního řešení úlohy Clarka a Wrighta
Tabulka 5	Matice minimálních vzdáleností (distanční matice)
Tabulka 6	Počáteční řešení úlohy Clarka a Wrighta, respektive jednotlivé elementární trasy
Tabulka 7	Srovnání jednotlivých řešení z pohledu sestavení tras a potřebného času
Tabulka 8	Sazby mýtného na českých silnicích
Tabulka 9	Výše nákladů závislých na ujetých kilometrech
Tabulka 10	Souhrnný přehled nákladů závislých na kilometrech jízdy v přepočtu na 1 km
Tabulka 11	Výše mýtného při původním složení tras
Tabulka 12	Výše mýtného při novém složení tras

Seznam příloh na CD

Příloha 1 zdrojový kód programu algoritmu Clarka a Wrighta