

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Plánování dopravních tras vybraného podniku

Lucie Svíčková

Diplomová práce
2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lucie Svíčková**
Osobní číslo: **D16348**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Dopravní management, marketing a logistika**
Název tématu: **Plánování dopravních tras vybraného podniku**
Zadávací katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod


1. Metody plánování dopravních tras
2. Analýza současného stavu plánování tras
3. Návrhy pro zlepšení plánování dopravních tras
4. Zhodocení návrhů

Závěr


Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**
Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Kateřina Pojkarová, Ph.D.**
Katedra dopravního managementu, marketingu
a logistiky

Datum zadání diplomové práce: **30. října 2017**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2018**


doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.


doc. Ing. Jaroslava Hyršlová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 16. dubna 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 21. 5. 2018

Lucie Svíčková

Ráda bych poděkovala vedoucí práce Ing. Kateřině Pojkarové, Ph.D. za pomoc při zpracování diplomové práce a RNDr. Janě Ledvinové, CSc. za cenné rady při výpočtech v diplomové práci.

ANOTACE

V rámci diplomové práce bude zpracováno téma plánování dopravních tras ve vybraném podniku. Předmětem práce bude optimalizace dopravních tras a jejich plánování ve společnosti provozující revize hasicích přístrojů. Cílem bude návrh optimálního řešení, které by vedlo k úspoře nejen pohonných hmot.

KLÍČOVÁ SLOVA

plánování dopravních tras, Clark Wrightův algoritmus, revize hasicích přístrojů

TITLE

Transport System Planning in a Selected Company

ANNOTATION

The main objective of the paper is transport system planning in a selected company. The subject of the diploma thesis is the optimization of transport routes and their planning in a testing fire extinguisher company. The objective is to design an optimized solution that would save fuel and more.

KEYWORDS

transport system planning, Clark Wright algorithm, inspection and testing of fire extinguisher

OBSAH

ÚVOD	9
1 METODY PLÁNOVÁNÍ DOPRAVNÍCH TRAS	10
1.1 Základní pojmy	10
1.2 Metody	14
1.2.1 Stírací algoritmus	16
1.2.2 Algoritmus Clark-Wrightovy metody	17
1.2.3 Úloha čínského pošťáka	19
1.2.4 Lineární programování	21
1.2.5 Shrnutí	23
1.3 Kontroly a zkoušky hasicích přístrojů	23
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PLÁNOVÁNÍ TRAS	25
2.1 Představení společnosti	25
2.2 Současný stav problematiky	26
2.3 Příklad trasy	30
2.4 Návaznost na další problematiku	30
2.5 Analýza zákazníků	32
2.6 Analýza dodavatelů	34
2.7 Analýza konkurence	35
2.7.1 Stávající konkurence	36
2.7.2 Nová konkurence	36
2.7.3 Konkurence odběratele	36
2.7.4 Konkurence dodavatele	37
2.7.5 Konkurence substitutů	37
3 NÁVRHY PRO ZLEPŠENÍ PLÁNOVÁNÍ DOPRAVNÍCH TRAS	39
3.1 Shrnutí současné situace	39
3.2 Řešení	39
3.2.1 Řešení pro měsíc duben	40
3.2.2 Software	51
4 ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ	53
4.1 Úspora času	53
4.2 Počet ujetých kilometrů a úspora pohonných hmot	54

4.3	Výhody a nevýhody nového a starého systému	55
4.4	Software	57
4.5	Shrnutí	58
	ZÁVĚR	59
	POUŽITÁ LITERATURA.....	61
	SEZNAM TABULEK.....	63
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	64
	SEZNAM PŘÍLOH.....	65

ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá problematikou plánování dopravních tras ve vybraném podniku. Dané téma bylo vybráno z důvodu nespokojenosti se současným stavem plánování ve společnosti provádějící revize hasicích přístrojů. V současné době je v podniku situace taková, že k plánování téměř nedochází a je potřeba najít řešení v této oblasti.

Plánování dopravních tras v podniku je důležitou aktivitou, protože může ušetřit prostředky daného podniku, ale i například čas. Proces plánování je poměrně složitou záležitostí, protože pokud není zvolena správná metoda pro výpočet a nejsou vloženy správné vstupní údaje, nemusí být optimální řešení vůbec nalezeno. Naopak pokud je optimální řešení nalezeno, je důležité si uvědomit, že oblast plánování tras má návaznost i na další problematiku, a to zejména na nákup pohonných hmot, který může být optimalizací tras snížen a podnik tak může ušetřit finanční prostředky, které mohou být využity jiným způsobem.

Práce by měla obsahovat teoretické seznámení s oblastí plánování dopravních tras a s jednotlivými metodami, které mohou být při tvorbě tras využívány. Nutností je také seznámení s oblastí revizí hasicích přístrojů, aby bylo jasné, jak je potřeba trasy vytvářet. Dále je nezbytné poznat vnitřní a vnější prostředí podniku. Součástí práce by tedy mělo být představení podniku, současné situace v něm a analýzy současného stavu nejen u dodavatelů, či konkurence, ale například i nabídky podobných či stejných produktů na trhu. Důležité je, aby byla také vysvětlena návaznost na další problematiku. Hlavní částí této práce by měla být kapitola, ve které bude navrženo řešení pro plánování dopravních tras s využitím metody, která byla představena na začátku práce. Na závěr bude zhodnoceno navržené řešení, nejen z ekonomického pohledu, ale i z pohledu časové náročnosti.

Cílem této práce je najít optimální řešení, jak naplánovat trasu, aby nedocházelo ke zbytečnému plýtvání prostředky ani časem.

1 METODY PLÁNOVÁNÍ DOPRAVNÍCH TRAS

První kapitola je východiskem k pochopení jednotlivých metod, jak lze řešit plánování dopravních tras. Nejprve budou vysvětleny základní pojmy, které je nutné definovat k danému tématu. Vzhledem k tomu, že se jedná o plánování dopravních tras v podniku, který se zabývá prováděním revizí hasicích přístrojů, bude uvedena i problematika kontrol a zkoušek hasicích přístrojů.

1.1 Základní pojmy

V této kapitole budou vymezeny pojmy, které přímo souvisí s tematikou plánování dopravních tras.

Doprava

Brinke (1999, s. 7-11) vysvětluje dopravu jako jednu z nejrozlehlejších sfér ekonomiky, která je rovnocennou oblastí zemědělství a průmyslu. Dle Brinkeho (1999, s. 9) lze dopravu rozdělit takto:

„Nákladní doprava:

- *ve sféře výroby,*
- *ve sféře oběhu,*
- *ve sféře osobní spotřeby,*

Osobní doprava“

Doprava ve sféře výroby ukazuje výrobní charakter dopravy a zahrnuje tak například přepravu surovin. Doprava ve sféře oběhu dokončuje tvorbu užitných hodnot výrobku. Jedná se například o přepravu hotových výrobků ke spotřebiteli. V obou těchto způsobech je zvyšována hodnota přepravovaných výrobků. Naopak doprava ve sféře osobní spotřeby nezvyšuje hodnotu výrobků, jedná se totiž o přepravu věcí osobní potřeby – například osobní zavazadla.

Dle Daňka a Teichmanna (2005, s. 11-13) mezi nejdůležitější patří následující pojmy.

Dopravní systém

Dopravní systém je specifický případ systému, který se skládá z pevného podsystemu (dopravní síť), pohyblivého podsystemu (komplety, které se pohybují v dopravní síti) a řídicího podsystemu (například prostředky inteligentních dopravních systémů).

Dopravní síť

Pevným podsystémem je dopravní síť. Tu lze znázornit pomocí diagramů a grafů (orientovaných i neorientovaných).

Omezující podmínky

Omezující podmínky znamenají faktory, které dávají omezení v dané úloze.

Optimalizace

Optimalizací lze nazvat postup, při kterém jsou hledána optimální řešení.

Optimalizační kritéria

Hlediska, podle kterých lze posuzovat efektivitu jednotlivých řešení, jsou nazývána optimalizační kritéria. Nejčastěji jsou formulována jako účelové funkce.

Optimalizační metoda

Optimalizační metoda je algoritmus, pomocí něhož se hledá optimální řešení.

Optimální řešení

Přípustné řešení, které minimalizuje (maximalizuje) účelovou funkci, je nazýváno optimální řešení.

Přípustné řešení

Přípustné řešení je nazýváno každé řešení dané úlohy, které vyhovuje všem zadaným omezujícím podmínkám.

Přepravní náklady

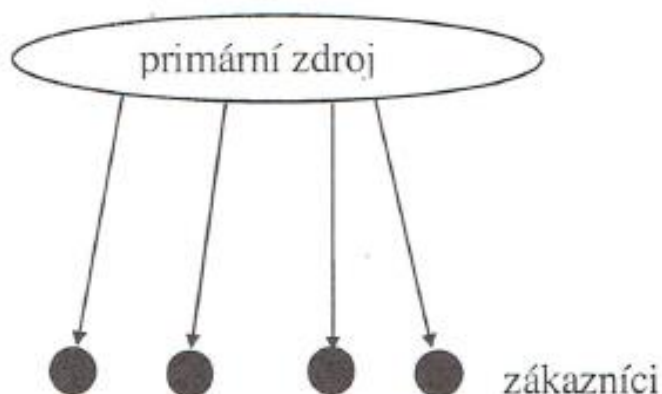
Lambert, Stock a Ellram (2000, s. 22) říkají, že hlavními faktory přepravních nákladů jsou aktivity, které jsou spojené s přepravou zboží. Tyto náklady se významně mění v závislosti na objemu dodávky, hmotnosti, druhu přepravy, přepravní vzdálenosti, místě původu nebo místě určení.

Janáček (2006, s. 33) rozděluje náklady distribučního systému na náklady fixní a variabilní. Fixní náklady vyplývají jednorázově z provedení některého rozhodnutí, variabilní závisejí na počtu některých rozhodnutí (například zvolená velikost dodávky apod.) Dále také definuje relevantní náklady. Tímto pojmem jsou definovány ty náklady, které jsou ovlivněny rozhodnutími spojenými s řešenou úlohou.

Distribuční systém

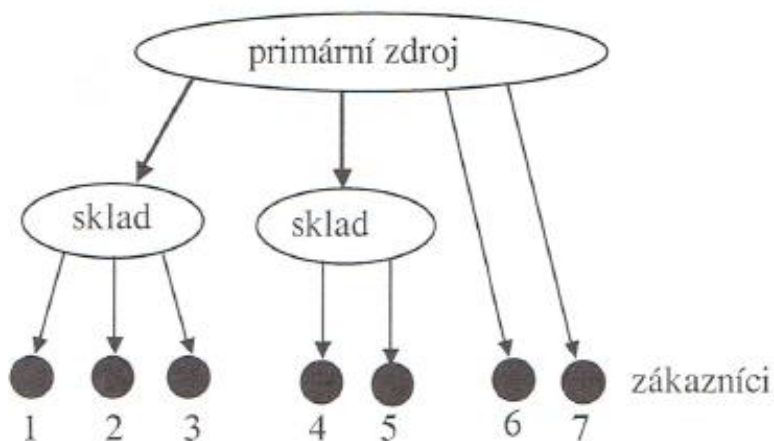
Jak uvádí Janáček (2006, s. 13-17) distribuční systém je druh dopravního systému, který zabezpečuje přepravu z jednoho nebo několika primárních zdrojů směrem k zákazníkům. Tato přeprava může být přímá, nebo s překládkou v terminálech. Většinou bývá terminálem sklad nebo mezisklad. Tyto druhy přeprav jsou znázorněny na následujících dvou obrázcích.

Distribuční systém s přímou přepravou



Obrázek 1 Distribuční systém s přímou přepravou (Janáček, 2006, s. 14)

Distribuční systém s překládkou



Obrázek 2 Distribuční systém s překládkou (Janáček, 2006, s. 14)

Dopravní cesta

Brinke (1999, s. 17) píše, že: „Dopravní cesta se obecně definuje jako pás terénu spojující dva koncové body (a bezpočet bodů mezilehlých), na němž s uskutečňuje doprava. Tato část terénu bývá obvykle tomuto účelu přizpůsobena, tzn. technicky upravena a vybavena.“ Dopravní cestou lze tedy zařadit do technické infrastruktury. Dopravní cestou jsou například železniční trati, silnice, nebo vodní cesty.

Dopravní komunikační linka

Brinke (1999, s. 18) říká, že: „Dopravní komunikační linkou se obvykle označuje dopravní (komunikační) spojení, které se uskutečňuje konkrétním dopravním prostředkem (druhem spojení) mezi dvěma či více místy, v jednom či obou směrech, pravidelně, většinou podle stanoveného časového řádu, na existující dopravní cestě (trase).“

Brinke (1999, s. 17 - 20) uvádí jako důležité termíny následující:

Komunikace

Komunikacemi se rozumí dopravní cesty včetně pevných zařízení. Pevná zařízení jsou například nádraží, zastávky atd.

Dopravní tah

Jedná se o soubor dopravních linek, které probíhají zhruba ve stejném směru a spojují dvě nebo více míst. Dopravní tah může být neúplný nebo komplexní. Neúplným se označuje tah, kde je doprava realizována různými druhy dopravy, které se vzájemně doplňují. Komplexním tahem je soubor linek, kde jsou užívány všechny existující druhy dopravy a umožňuje výběr linky i dopravního prostředku.

Dopravní body

Dopravními body se rozumí místa, která leží na dopravních cestách a jsou v nich, co se týče nákladní dopravy, prováděny nakládka, vykládka či překládka. V osobní dopravě je zde uskutečňován nástup do dopravních prostředků, výstup, nebo přestup. Obecně jsou nazývány stanice.

Dopravní uzel

Dopravním uzlem jsou nazývány takové body, ve kterých se sbíhají nejméně tři dopravní cesty.

Frekvence dopravy

Frekvence dopravy je frekvence dopravních prostředků na konkrétním úseku dopravní cesty. Nejčastěji je zjišťována pro každý druh dopravy zvlášť.

Frekvence přepravy

Frekvencí přepravy je počet osoby, který přijíždí do určité stanice, nebo z ní odjíždí (v osobní dopravě). V nákladní dopravě se jedná o množství zboží, které do jednotlivých stanic dochází, nebo z nich odchází (v nákladní dopravě).

Jak píše Daněk a Teichmann (2005, s. 74), dopravní úlohu lze definovat jako úlohu, kde je znám konečný počet zdrojů m a konečný počet spotřebitelů n , mezi kterými jsou

přepřavovány homogenní typy zásilek. U zdrojů jsou známy jejich kapacity a u spotřebitelů požadavky. Kapacity a požadavky mohou být pouze jednorázové, ale i pravidelně se opakující. Dále je známa matice sazeb, která může udávat náklady na přepravu jedné zásilky (kilometrickou vzdálenost mezi *i-tým* zdrojem a *j-tým* spotřebitelem). Úlohou je navrhnout řešení přepravy, která zajistí minimální náklady na danou přepravu.

1.2 Metody

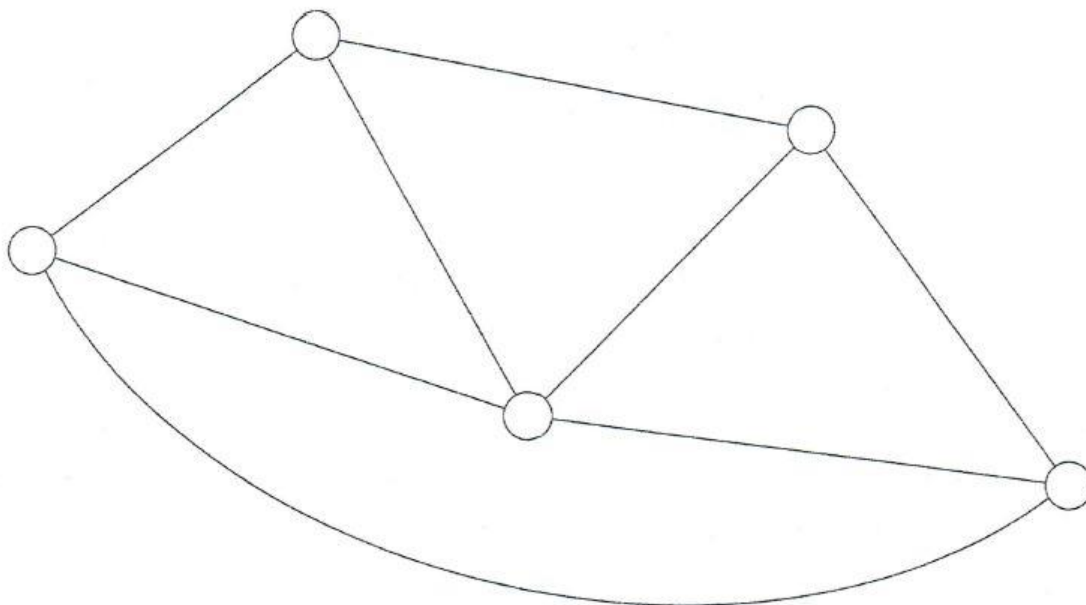
Metody, uvedené v této kapitole, jsou ty, které je možné využít k řešení dopravních úloh. Je nutné rozlišit, zda se jedná o úlohy s jedním střediskem, nebo s více středisky. Podle Daňka a Teichmanna (2005, s. 128) v dopravních úlohách je k dispozici jedno obslužné středisko, které zajišťuje rozvoz zásilek. V každé optimalizační úloze je nutné definovat omezující podmínky a optimalizační kritérium. Omezující podmínkou může být kapacita vozidla a optimalizačním kritériem, podle něhož se posuzuje kvalita získaných řešení, může být vzdálenost ujetá obslužným vozidlem. Cílem takovýchto dopravních úloh je naplánovat trasu vozidla tak, aby každý zákazník byl navštíven právě jednou a ujetá vzdálenost byla minimální.

Eulerův tah

Jak píše Daněk a Teichmann (2005, s. 15) před tím, než je vysvětlen Eulerův tah, je nutné definovat, co je neorientovaným tahem. Neorientovaným tahem v neorientované dopravní síti je střídavá posloupnost úseků a uzlů sítě, která začíná a končí v uzlu, přičemž se žádný úsek neopakuje. Eulerovým tahem v neorientované síti je tedy tah, v němž je absolvován každý úsek této sítě právě jednou. (Tato problematika je známa z rekreační matematiky jako úlohy, kdy je nakreslen obrazec jedním tahem.)

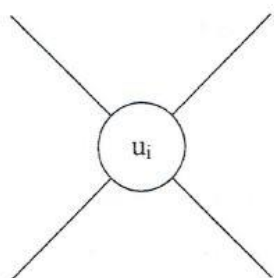
Cenek, Klima a Janáček (1994, s. 22) považují za důležité při definování eulerovského tahu vysvětlit i pojem sled, ze kterého pojem tah vychází. Sled je tedy posloupnost vrcholů, nebo v případě multigrafu posloupnost vrcholů a hran, kde každá dvojice vrcholů je spojena hranou. Pokud dojde k tomu, že se ve sledu žádná hrana neopakuje, jedná se o tah. Sled, kde je první vrchol shodný s posledním, se nazývá uzavřený sled a pokud se v uzavřeném sledu neopakují žádné hrany a sled obsahuje všechny hrany právě jednou, jedná se o eulerovský tah.

Daněk a Teichmann (2005, s. 15 – 16) uvádí, že je důležité zmínit, že ne v každé neorientované síti lze Eulerův tah sestrojít. Na následujícím obrázku 3 lze vidět příklad sítě, kde Eulerův tah není možné sestrojít.



Obrázek 3 Příklad dopravní sítě s neexistujícím Eulerovým tahem (Daněk a Teichmann, 2005, s. 16)

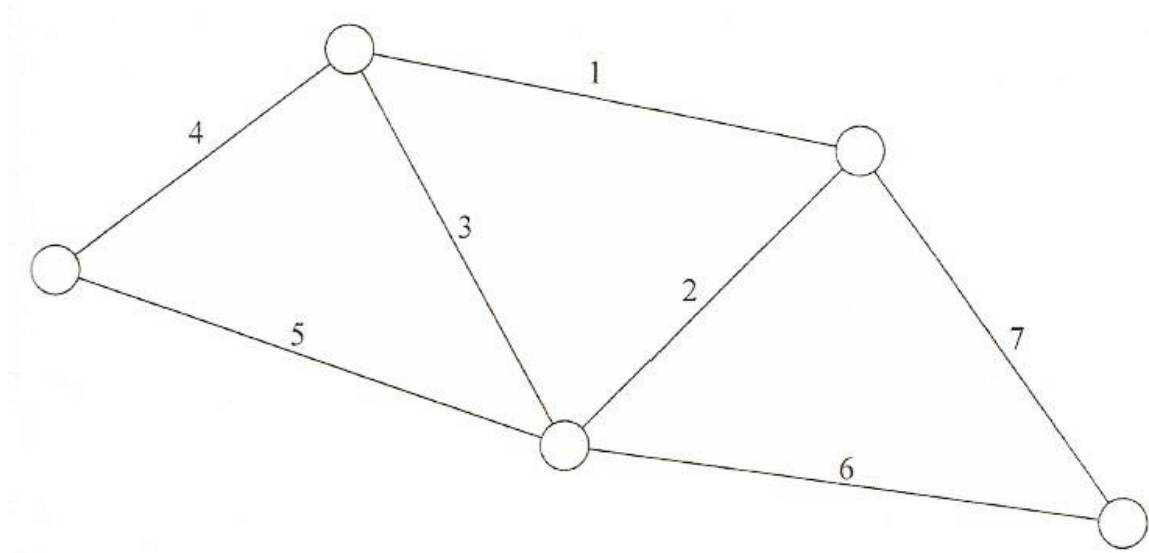
Daněk a Teichmann (2005, 16 – 17) píší, že k tomu, aby bylo možné jednoznačně definovat podmínky, které je nutné splnit k sestavení Eulerova tahu, je nezbytné definovat pojem stupeň uzlu. Stupněm uzlu v neorientované síti je číslo, které udává počet úseků, které incidují s daným uzlem. Na obrázku 4 je znázorněn uzel, který inciduje se čtyřmi úseky, jeho stupeň je tedy čtyři. Údaj o stupni uzlu u_i je zapsán matematickým zápisem $st(u_i)$ – v případě uzlu znázorněném na obrázku 4 je údaj zapsán: $st(u_i) = 4$



Obrázek 4 Příklad uzlu se stupněm 4 (Daněk a Teichmann, s. 17)

Daněk a Teichmann (2005, s. 17) uvádí: „Eulerův tah v neorientované dopravní síti reprezentované souvislým obyčejným konečným grafem existuje, jsou-li buď všechny uzly stupně sudého, nebo právě dva uzly stupně lichého.“ Pokud se jedná o Eulerův tah v neorientované dopravní síti, kde jsou všechny uzly stupně sudého, je nazýván uzavřeným

Eulerovým tahem (tah začne a skončí ve stejném uzlu), a pokud v síti, kde jsou právě dva uzly lichého stupně, je nazýván otevřeným Eulerovým tahem (tah začne a skončí v jiných uzlech). Na následujícím obrázku je znázorněna jedna z možností konstrukce Eulerova tahu, postup znázorňují číslice přiřazené jednotlivým úsekům.



Obrázek 5 Postup konstrukce Eulerova tahu (Daněk a Teichmann, 2005, s. 18)

1.2.1 Stírací algoritmus

Larry P. Ritzman, Lee J. Krajewski, William L. Berry, Stephen H. Goodman, Stanley T. Hardy a Lawrence D. Vitt (1979) uvádí, že stírací algoritmus řeší problém dodávek jednotlivým zákazníkům na různých místech s požadovaným množstvím jednoho typu produktu z jednoho terminálu tak, že celková vzdálenost ujetá při obsluze, byla minimalizována. Každé vozidlo, které vykonává obsluhu je stejně vytížené a má stejné omezení vzdálenosti. V podstatě lze říci, že algoritmus rozděluje tento problém na dva podproblémy. Prvním je přiřazení k trasám a druhým je minimalizace délky tras.

Dle Janáčka (2006, s. 195-197) vychází stírací algoritmus při tvorbě shluků z umístění střediska a jednotlivých zákazníků v rovině zadaných dvojicí souřadnic $\langle x_{1j}, x_{2j} \rangle$. Dále je nutné znát velikosti požadavků zákazníků a kapacity vozidla. Před tím, než jsou vytvářeny shluky, je nutné transformovat souřadnice každého zákazníka na polární souřadnice s počátkem ve středisku. Před startem algoritmu je nutné zákazníky uspořádat vzestupně podle úhlu φ_j ze seznamu S .

Jak píše Janáček (2006, s. 196): „*Stírací algoritmus vytváří shluky takovým způsobem, který by bylo možno v geometrické interpretaci popsat, jako by tvůrce shluků paprskem*

vycházejícím ze střediska postupně otáčel od nějakého počátečního úhlu proti směru hodinových ručiček a do shluku zařazoval zákazníky v pořadí, v jakém byli paprskem zasaženi. Proces vytváření daného shluku skončí, když paprsek zasáhne zákazníka, jehož přidáním do shluku by byla překročena kapacita K_0 .“

Jak Janáček (2006, s. 196 - 197) uvádí, postup stíracího algoritmu lze popsat těmito kroky:

Inicializace

Dle výše uvedeného postupu je utvořen uspořádaný seznam S ($i = 1$). Ze seznamu S je vybrán první zákazník j , je vložen do shluku S_i a položen součet B požadavků zákazníků ze shluku S_i roven $B = b_j$. Následuje další krok.

Zvětšení zpracovaného shluku

Pokud je seznam S prázdný, jedná se o konec algoritmu, dané shluky jsou výsledné. Pokud tomu tak není, ze seznamu S je vybrán zákazník j , je-li $b_j + B \leq K_0$, je zákazník vložen do S_i a je znovu opakován tento krok. Jestli podmínka není splněna, následuje další krok.

Inicializace dalšího kroku

Nejprve je $i = i + 1$, dále je inicializován shluk S_i , vložen zákazník j do shluku S_i a položen součet $B = b_j$. Následuje krok zvětšení zpracovaného shluku.

Janáček (2006, s. 197) však uvádí i slabá místa stíracího algoritmu, která plynou ze způsobu, jakým jsou shluky vytvářeny. Pokud požadavky odběratelů budou převyšovat hodnotu $K_0/2$, není možné očekávat moc dobré výsledky. V tomto případě lze dojít i do stavu, kdy algoritmus ukončí vytvoření shluku v případě, že součet požadavků shluku nedosáhne ani polovinu kapacity vozidla. Dalším případem může být, že v seznamu jízd jsou za sebou zákazníci, mezi kterými je velká vzdálenost. Tato situace může nastat například v horském terénu, kde jsou zákazníci v různých dolinách oddělených horskými hřebeny, které je nutné pro obsluhu složitě objíždět.

1.2.2 Algoritmus Clark-Wrightovy metody

Dle Daňka a Teichmanna (2005, s. 152 - 154) je Clark-Wrightova metoda zařazena do skupiny přibližných metod, které jsou označovány jako metody výhodnostních koeficientů, a výhodnostní koeficient je číslo, které předepsaným způsobem dává signál snížení hodnoty optimalizačního kritéria.

Jak píše Janáček (2006, s. 204 – 205), tato metoda začíná s počátečním řešením, které je tvořeno soustavou kyvadlových jízd tvaru středisko – zákazník – středisko. Algoritmus přechází k lepšímu řešení tak, že k respektování kapacitní podmínky spojí dvě jízdy v jednu. Jsou rozlišováni krajní a vnitřní zákazníci. Krajní jsou ti, kteří jsou přímým přejezdem spojeni se střediskem (jsou první, nebo poslední). Naopak vnitřní zákazníci jsou ti, kteří přímým přejezdem spojeni se střediskem nejsou. Spojení dvou jízd je provedeno mezi dvěma krajními zákazníky i a j dvou různých jízd tím způsobem, že jsou v obou jízdách zrušeny přejezdy ze střediska k těmto zákazníkům a je doplněn přejezd z i do j . Úspora na celkové délce trasy je rovna $d_{is} + d_{sj} + d_{ij}$. Tato úspora je označována jako výhodnostní koeficient v_{ij} .

Janáček (2006, s. 205) píše, že lze Clarke-Wrightův algoritmus lze popsat podrobněji takto:

Inicializace

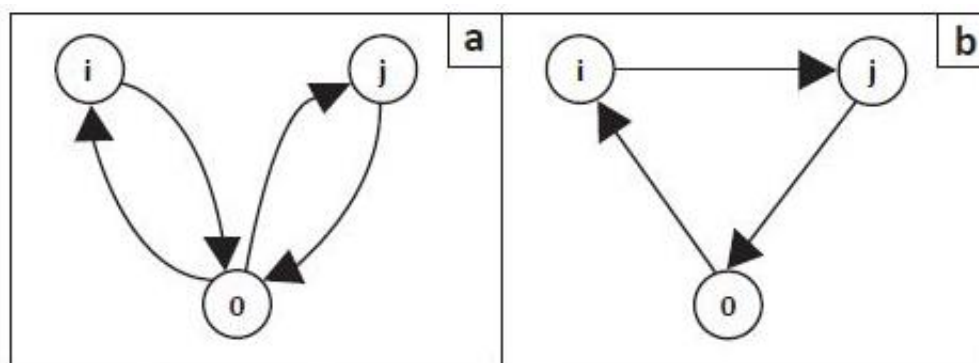
Pro všechny dvojice i, j zákazníků jsou vypočteny výhodnostní koeficienty a všechny kladné hodnoty jsou vloženy do seznamu V . Množina okružních jízd je inicializována tak, že je položena $S_k < s, k, s >$ a také je inicializováno pro každou jízdu k součet B_k požadavků jí uspokojených zákazníků $B_k = b_k$. Následuje další krok.

Přechod k dalšímu řešení

Pokud je seznam V prázdný, jedná se o konečné řešení okružních jízd. Pokud tomu tak není, je vybrán ze seznamu V největší koeficient v_{ij} a jsou určeny jízdy $S_{k(i)}$ a $S_{k(j)}$, do nichž patří krajní zákazníci i a j .

Je-li $B_{k(i)} + B_{k(j)} \leq K_0$, jsou vyjmuty jízdy $S_{k(i)}$ a $S_{k(j)}$ s krajními zákazníky i, i' a j, j' ze seznamu O , jsou spojeny spojením krajních zákazníků i a j do jedné jízdy $S_{k'}$. Poté jsou ze seznamu V vybrány výhodnostní koeficienty $v_{i'j'}$, $v_{i'j}$, $v_{ij'}$. Pokud se některý ze zákazníků i, j stal vnitřním zákazníkem nové jízdy, jsou vybrány ze seznamu V všechny výhodnostní koeficienty spojené s tímto zákazníkem. Poté je znovu opakován tento krok.

Na obrázku 6 je znázorněno spojování jízd. Struwig, Ruthven a Von Leipzig (2013) uvádí, že ve scénáři a je zobrazeno, pokud jsou zákazníci i a j obsluženi v jednotlivých cestách. Oproti tomu je ve scénáři b znázorněno spojení cesty – zákazníci budou obsluženi během jedné cesty.



Obrázek 6 Spojování jízd (Struwig, Ruthven, Von Leipzig, 2013)

Daněk a Teichmann (2005, s. 155 – 156) píší, že, vypočtené úspory mezi *i-tým* a *j-tým* přepravcem se kvůli lepší přehlednosti zapisují do tzv. matice úspor. Protože však trasa mezi dvěma uzly, která vede mimo středisko, nemusí být vždy výhodnější v porovnání s trasou vedoucí přes středisko, lehce se může stát, že hodnota v matici bude nulová nebo dokonce záporná. Tento případ nastane, pokud cesta vedoucí jak mimo středisko, tak přes středisko, jsou stejné, resp. minimální cesta vede přes středisko.

Podle Daňka a Teichmanna (2005, s. 152 - 153) existují omezení, o kterých je nutné u této metody vědět, protože Clark-Wrightova metoda není metodou univerzální. Tento algoritmus vyžaduje, aby park obslužných vozidel byl homogenní (z pohledu kapacity vozidel), typy zásilek byly také homogenní a je nutné dodržet nepřekročení kapacity obslužného vozidla.

1.2.3 Úloha čínského pošťáka

Jak uvádí Janáček (2006, s. 223 - 228) úlohu čínského pošťáka lze řešit buď na orientované síti, nebo na neorientované síti.

Úloha čínského pošťáka na orientované síti

Dle Janáčka (2006, s. 223) se jedná o úlohu, která je dána dopravní orientovanou sítí s množinou uzlů J a množinou nezáporně ohodnocených orientovaných úseků U . Řešením této úlohy je nalézt co nejlevnější trasu vozidla, které vyjíždí z daného uzlu $s \in J$, projede každý úsek alespoň jednou ve směru jeho orientace a vrátí se zpět do uzlu s . Janáček (2006, s. 223) píše, že však nelze zapomenout na větu, která zde platí: „*V orientovaném souvislém grafu existuje uzavřený eulerovský tah právě tehdy, když do každého vrcholu vchází právě tolik hran, kolik z něho vychází.*“ Jak uvádí Janáček (2006, s. 224), pokud je tato podmínka splněna, lze eulerovský tah najít dle následujícího algoritmu:

Inicializace

Pro každý uzel je inicializována proměnná p_j počtem odcházejících, dosud nepoužitých úseků. Je inicializován současný začátek z současného tahu jako uzel $z = s$. Dále je definován zpracovaný uzel sítě (současný koncový uzel tahu) jako $k = s$. Následuje další krok.

Přechod od současného uzlu k k dalšímu

Je-li $p_k > 0$, je přidán k současnému tahu jeden z nepoužitých úseků (k, j) , a je položen $p_k = p_k - 1, k = j$. Znovu je opakován tento krok.

Změna současného začátku a konce současného tahu

Jestliže pro všechny uzly j současného tahu platí $p_j = 0$, současný tah je eulerovským uzavřeným tahem. Pokud tomu tak není, je vybrán z uzlů tahu uzel i tak, aby $p_i > 0$, uzavřený tah je reorganizován tak, aby začínal i končil v uzlu i , je položen $z = i, k = i$ a následuje krok předchozí krok.

Dle Janáčka (2006, s. 224) je nutné vysvětlit, zda lze najít optimální řešení i pokud není splněn obecný případ orientované dopravní sítě, která pro každý uzel splňuje podmínku rovnosti počtu vcházejících a vycházejících úseků. I v takovém případě lze optimální řešení úlohy čínského poštáka najít. Některé úseky budou v trase použity opakovaně – obsluha daného úseku bude provedena při prvním průjezdu a další budou pouze prázdnými průchody bez obsluhy. Tyto prázdné průchody budou vytvářet cesty, které začínají v uzlech, kde více původních úseků vchází, než vychází, a končí v uzlech, kde více úseků vychází, než vchází. Každá taková cesta, aby bylo řešení optimální, musí spojovat svůj počáteční a koncový uzel nejlevnějším způsobem.

Úloha čínského poštáka na neorientované síti

Dle Janáčka (2006, s. 226) se jedná o úlohu na neorientované síti s množinou uzlů J a množinou nezáporně ohodnocených neorientovaných úseků U . Danou úlohou je tedy nalézt co nejlevnější trasu vozidla, které vyjede z pevně stanoveného uzlu a projede každý úsek jedenkrát v jednom ze dvou možných směrů a vrátí se zpět do uzlu, ze kterého vyjel. Jak píše Janáček (2006, s. 226), je nutné splnit větu: „*V neorientovaném souvislém grafu existuje uzavřený eulerovský tah právě tehdy, je-li stupeň každého vrcholu (tj. počet hran s ním incidentních) sudé číslo.*“

Jak uvádí Janáček (2006, s. 226), pokud graf neorientované dopravní sítě splňuje podmínky věty uvedené v předchozím odstavci, lze nalézt uzavřený eulerovský tah pomocí algoritmu, který se liší od algoritmu pro orientovanou síť pouze v tom, že nejsou rozlišovány přicházející a odcházející úseky, ale jsou uvažovány pouze ty, které nebyly dosud užity incidentní s uzlem j .

1.2.4 Lineární programování

Jak píše Jablonský (2007, s. 91 - 92): „V dopravním problému je definováno m -zdrojů (dodavatelů) D_1, D_2, \dots, D_m s omezenými kapacitami a_1, a_2, \dots, a_m (množství, které je dodavatel schopen v daném období dodat) a n -cílových míst (odběratelů) O_1, O_2, \dots, O_n se stanovenými požadavky b_1, b_2, \dots, b_n (množství, které odběratel v uvažovaném období požaduje).“ Dále jsou stanoveny ohodnocení každé dvojice zdroj-cílové místo. Toto ohodnocení může být například vzdálenost mezi dodavatelem a odběratelem. Takovou charakteristiku lze považovat za formulaci ekonomického modelu dopravního problému. V první tabulce je taková formulace ukázána. Cílem této úlohy je naplánovat přepravu tak, aby nebyly překročeny kapacity zdrojů.

Tabulka 1 Formulace ekonomického modelu dopravního problému

Zdroje	Cílová místa				Kapacity zdrojů
	O_1	O_2	...	O_n	
D_1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	...	c_{1n} x_{1n}	a_1
D_2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	...	c_{2n} x_{2n}	a_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
D_m	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}	...	c_{mn} x_{mn}	a_m
Požadavky cíl. míst	b_1	b_2	...	b_n	$\sum_i a_i$ $\sum_j b_j$

Zdroj: Jablonský (2007, s. 92)

Podle Ženčáka (2013, s. 30) lze problém zformulovat i jako následující úlohu lineárního programování:

$$\begin{aligned} & \text{minimalizovat } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\ & \text{za podmíněk: } \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad 1 \leq i \leq m, \\ & \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad 1 \leq j \leq n, \\ & x_{ij} \geq 0, \quad 1 \leq i \leq m, \quad 1 \leq j \leq n. \end{aligned}$$

Dle Jablonského (2007, s. 93), je nutné si uvědomit, že matematický model bude zahrnovat $m \cdot n$ proměnných x_{ij} , které vyjadřují objem přepravy mezi i -tým zdrojem a j -tým cílovým místem, a dále bude obsahovat $(m+n)$ vlastních omezení. Matematický model proto vypadá stejně, jak zobrazuje následující obrázek.

minimalizovat

$$z = c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + \dots + c_{1n}x_{1n} + \dots + c_{m1}x_{m1} + c_{m2}x_{m2} + \dots + c_{mn}x_{mn}$$

za podmíněk

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} & = a_1 \\ x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n} & = a_2 \\ & \cdot \\ & \cdot \\ & \cdot \\ x_{m1} + x_{m2} + \dots + x_{mn} & = a_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{11} & & + x_{21} & & \cdot & \cdot & \cdot & + x_{m1} & & = b_1 \\ & x_{12} & & + x_{22} & & \cdot & \cdot & & + x_{m2} & = b_2 \\ & & \cdot & & \cdot & & & & & \cdot \\ & & & \cdot & & & & & & \cdot \\ & & & & & & & & & \cdot \\ & & & & & & & & & \cdot \\ & & & & & & & & & \cdot \\ & & & & & & & & & \cdot \\ & & & & & & & & & \cdot \\ & & & & & & & & & \cdot \\ & & & & & & & & & \cdot \\ & & & & & & & & & \cdot \\ x_{1n} & & & + x_{2n} & \cdot & \cdot & \cdot & & + x_{mn} & = b_n \end{aligned}$$

$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n.$

Obrázek 7 Matematický model dopravního problému (Jablonský, 2007, s. 94)

Jablonský (2007, s. 94 - 95) vysvětluje množinu přípustných řešení. Ta, je určená soustavou $(m+n)$ lineárních rovnic, které obsahují $m \cdot n$ proměnných a podmínkami nezápornosti. Jablonský (2007) říká: „Každé základní řešení této soustavy rovnic, které vyhovuje i podmínkám nezápornosti, je tedy i základním řešením dopravního problému.“

1.2.5 Shrnutí

Metod, které lze použít při řešení dopravních úloh, existuje celá řada a je nutné při výběru metody přihlídnout ke konkrétní situaci a vybrat takovou metodu, která nejlépe vyhovuje daným okolnostem. Pro vytvoření reálného modelu při vytváření jednotlivých tras v daném dopravním problému bude použita metoda Clark Wrightova algoritmu, protože nejlépe vyhovuje použití vstupních údajů.

1.3 Kontroly a zkoušky hasicích přístrojů

Podle § 2 odstavce (3) písmene a) vyhlášky č. 246/2001 Sb. O požární prevenci jsou hasicí přístroje považovány za: *“věcné prostředky požární ochrany“*. Podle této vyhlášky je nutné realizovat na těchto prostředcích pravidelné revize provozuschopnosti jedenkrát za rok, nebo v kratší době, pokud jsou pochybnosti o provozuschopnosti.

Jak uvádí Česká republika (2001), § 9 vyhlášky O požární prevenci je také nutné provádět periodické zkoušky, které jsou stanoveny pro každé druhy hasicích přístrojů:

- *„vodní a pěnové jedenkrát za 3 roky,*
- *ostatní hasicí přístroje jedenkrát za 5 let.“*

Dle ČR (2001), § 9 vyhlášky O požární prevenci: *„Osoba, která provádí kontrolu, údržbu nebo opravu, vyřadí z používání hasicí přístroj*

- *vadný, který nelze předepsaným způsobem opravit, nebo*
- *ten, u něhož nelze bezpečně zjistit výrobní číslo a rok výroby, nebo*
- *starší 20 let, s výjimkou hasicího přístroje CO₂, který se vyřazuje z používání, je-li starší 40 let.*

Ten, kdo vyřadil hasicí přístroj z používání, vystaví jeho vlastníku nebo uživateli doklad s uvedením důvodu vyřazení.“

Na každém oprávnění revizního technika je uvedena doba, po kterou je oprávněn tuto činnost vykonávat a s odkazem na vyhlášku MV ČR č. 246/2001 Sb., je zde uvedeno, že je povinen se alespoň každých pět let zúčastnit obnovovacího kurzu.

Jak je uvedeno na webové stránce RevizeKontroly.cz (2017), tak: „*Obsahem kontroly provozuschopnosti je:*

- *„vizuální prohlídka hasicího přístroje,*
- *kontrola tlaku (pro některé hasicí přístroje),*
- *kontrola stavu a průchodnosti hadice,*
- *zaplombování pojistky spouště.*

Při periodické zkoušce se provádí:

- *povrchová prohlídka,*
- *kontrola vnitřku nádoby,*
- *zkouška pevnosti a těsnosti nádoby,*
- *zkouška těsnosti spouštěcí armatury nebo ventilu,*
- *zkouška pojistného ventilu.“*

Podle vyhlášky č. 246/2001 Sb., § 9, revizi, údržbu a opravu může provádět pouze oprávněná osoba, která spouštěcí armaturu hasicího přístroje zaplombuje, opatří hasicí přístroj čitelným štítkem a v souladu s vyhláškou vystaví doklad o provedené kontrole, údržbě nebo opravě.

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PLÁNOVÁNÍ TRAS

Druhá kapitola slouží jako východisko pro návrhy řešení. Bude představen vybraný podnik a uvedena analýza současného stavu plánování dopravních tras v daném podniku, ale i analýza zákazníků a konkurence.

2.1 Představení společnosti

Dle interních dokumentů (2017), společnost byla založena v roce 1999 panem Vladimírem Svíčkou v Újezdě u Hradce Králové a její hlavní činnosti jsou:

- Kompletní revize, opravy a servis hasicích přístrojů
- Kontroly a opravy požárních vodovodů
- Prodej hasicích přístrojů všech typů (vodní, práškové, pěnové, sněhové)
- Prodej požárních hadic, proudnic a dalšího materiálu požární ochrany
- Prodej plněných lahví plynem CO₂
- Montážní práce

V rámci prodejního servisu zajišťuje firma dle požadavků zákazníků dopravu objednaných výrobků, informační a poradenské služby.

Podnik působí převážně na území Královéhradeckého kraje a okolí, někteří zákazníci jsou však i mimo toto území. Nejvzdálenější zákazník je navštěvován až v Moravské Třebové. Společnost zaměstnává jednoho zaměstnance v oboru ekonomika, účetnictví a finance, jako revizní technik působí sám pan Svíčka. Zákazníci se však nemusí bát nejistoty, pokud by například pan Svíčka onemocněl, protože spolupracuje s dalším revizním technikem, který by v takovém případě práci zastal. Podnik disponuje skladovými prostorami, dílnou a kancelářským prostorem, které stále procházejí rekonstrukcí a opravami.

Nejvýznamnějšími dodavateli a partnery jsou společnosti Albeco, spol. s r.o., Liberec a Haspr – CZ, s.r.o., Opatovice nad Labem.

Sledovaná společnost je neustále připravena se aktivně rozvíjet a rozšiřovat své obchodní zázemí, posilovat svoji pozici nejenom v Královéhradeckém kraji. Hlavním cílem do budoucna je i nadále vysoká kvalita poskytovaných služeb, proto by společnost ráda optimalizovala dopravní trasy, aby snížila náklady na zajištění obslužnosti zákazníků a finanční prostředky mohla dále investovat, například do rozšíření společnosti.

Vozový park

V současné době společnost vlastní pouze jedno vozidlo, které je využíváno k zajištění obsluhy zákazníků, a to Iveco Daily 35 C15. V tabulce 2 jsou uvedeny technické parametry vozidla z technického průkazu vozidla.

Tabulka 2 Technické parametry vozidla Iveco Daily 35 C15

výška	2,765 m
palivo	Diesel
maximální výkon	107 kW
největší hmotnost nákladu	2 600 kg
nejvyšší rychlost	140 km/h
spotřeba	10,53 l/100 km

Zdroj: autor z technického průkazu vozidla

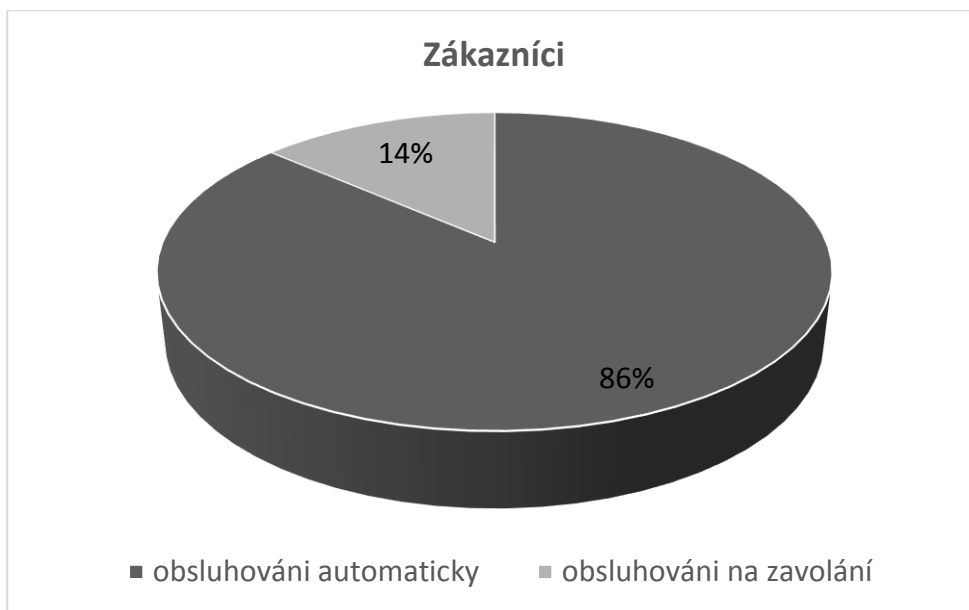
2.2 Současný stav problematiky

Jak je uvedeno v kapitole 1.3, dle vyhlášky č. 246/2001 Sb. O požární prevenci, je nutné provádět kontroly hasicích přístrojů jedenkrát za rok a kontrola musí být uskutečněna do konce měsíce, kdy byla provedena v loňském roce. V současné době ve firmě existují dvě možnosti jak vybrat, ke kterým zákazníkům bude cesta naplánována.

V prvním případě se jedná o akutní případ a zákazník kontaktuje z vlastní iniciativy společnost. V tomto případě je klienta nutné navštívit co nejdříve a je co nejrychleji vybrán další klient nebo klienti, kteří se nachází na trase k prvnímu zákazníkovi, nebo v jeho blízkém okolí a budou obslouženi současně s ním.

Ve druhém případě společnost kontaktuje zákazníka sama, seznámí ho se skutečností, že je nutné provést revizi hasicích přístrojů a domluví se s ním na konkrétním termínu návštěvy. Poté je vybrán další zákazník nebo zákazníci, kteří se nachází na trase k prvnímu zákazníkovi, nebo v jeho blízkém okolí a jsou opět telefonicky kontaktováni kvůli domluvení termínu návštěvy.

Na následujícím grafu je znázorněn poměr mezi zákazníky, kteří zavolají sami a těmi, kteří jsou obsluhováni automaticky z důvodu nadcházející revize hasicích přístrojů. V převaze jsou ti, kterým jsou služby poskytovány automaticky.



Obrázek 8 Poměr zákazníků obsluhovaných automaticky a na zavolání (autor z interních dokumentů, 2017)

V podstatě lze říci, že plánování je uskutečňováno pouze na základě uvažování pana Svíčky. Největším problémem je tedy nejspíš úplná absence jakéhokoli systému plánování tras. To se může odrážet nejen v tom, že vozidlo může být využíváno nerovnoměrně, ale i pracovní doba v týdnu může být využita neefektivně. V tomto případě nelze jakýmkoli způsobem kontrolovat efektivitu práce. Vzhledem k tomu, že trasy jsou uskutečňovány bez většího rozmyslu, nebere se tak ohled na počet ujetých kilometrů. V tabulce 3 je názorně vidět, kolik bylo ujetu kilometrů služebním vozidlem v jednotlivých měsících roku 2017, 2016 a v roce 2015. V průměru se jedná o počet kilometrů okolo 2 000 km.

Tabulka 3 Počet ujetých kilometrů v posledních třech letech

měsíc	2017	2016	2015
leden	2 305	2 268	1 859
únor	2 107	1 924	2 318
březen	2 428	2 290	2 480
duben	1 856	2 296	2 504
květen	2 396	2 395	2 513
červen	2 776	2 568	2 724
červenec	1 239	1 633	1 950
srpen	1 821	2 409	2 007
září	1 880	2 364	2 238
říjen	2 455	2 606	2 240
listopad	2 099	2 749	2 510
prosinec	1 633	2 024	2 129

Zdroj: Interní dokumenty (2017)

Vzhledem, že jsou porovnávány jednotlivé roky, je zapotřebí data očistit o důsledky kalendářních variací. To bude provedeno pomocí následujícího vzorce:

$$y_t^{(o)} = y_t * \frac{k_t^-}{k_t} \quad (1)$$

Kde: k_t^- = délka standardního měsíce ($\frac{365}{12}$)

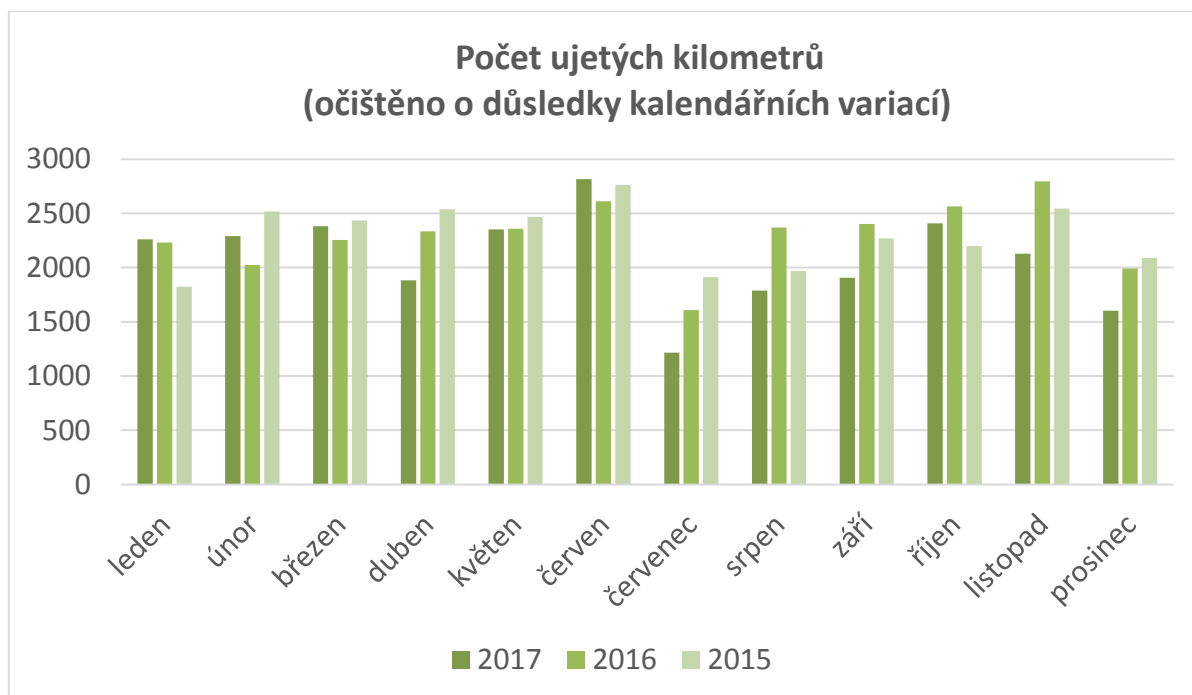
k_t = skutečný počet dnů v daném měsíci

V následující tabulce jsou znázorněny vypočtené hodnoty očištěné o důsledky kalendářních variací.

Tabulka 4 Počet ujetých kilometrů (očištěno o důsledky kalendářních variací)

měsíc	2017	2016	2015
leden	2 262	2 231	1 824
únor	2 289	2 024	2 518
březen	2 382	2 253	2 433
duben	1 882	2 334	2 539
květen	2 351	2 356	2 466
červen	2 815	2 611	2 762
červenec	1 216	1 607	1 913
srpen	1 787	2 370	1 969
září	1 906	2 403	2 269
říjen	2 409	2 564	2 198
listopad	2 128	2 795	2 545
prosinec	1 602	1 991	2 089

Zdroj: autor s využitím interních dokumentů

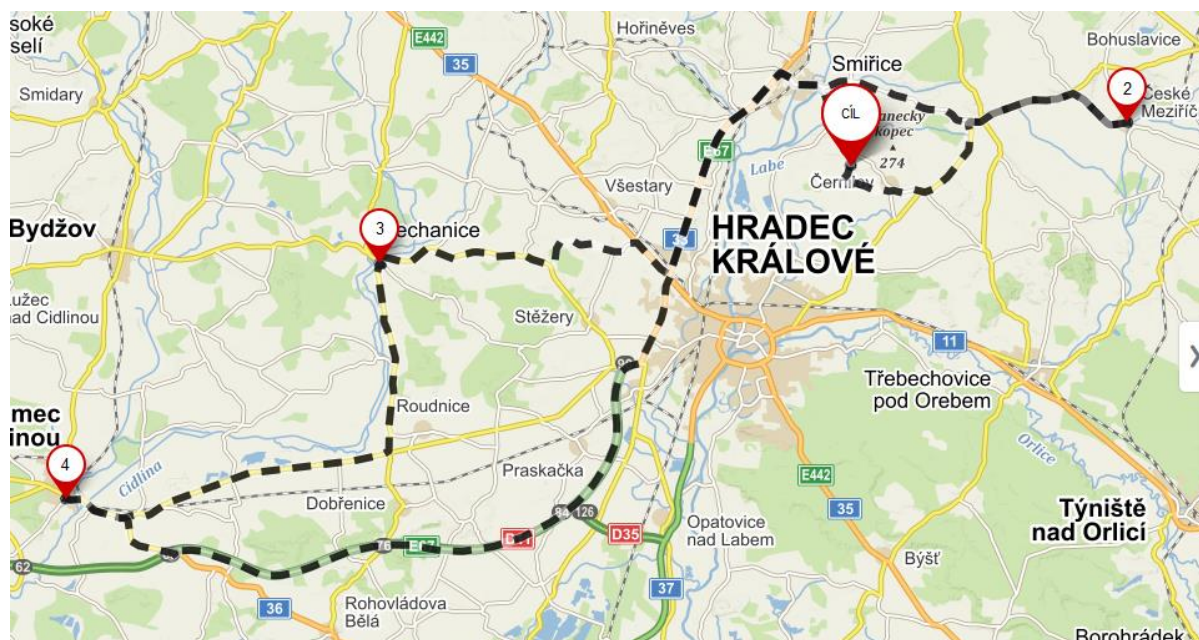


Obrázek 9 Počet ujetých kilometrů za poslední tři roky (autor z interních dokumentů, 2017)

V grafu, který je na obrázku 9, je znázorněn vývoj v počtu ujetých kilometrů od roku 2015 do roku 2017 (očištěno o důsledky kalendářních variací). Nelze však s jistotou říci, že by počet kilometrů klesal nebo stoupal, každý rok se počet mění. To může být způsobeno tím, že někteří zákazníci si nepřejí daný rok revizi hasičích přístrojů provést, nebo jsou obsluhováni noví zákazníci. Z grafu lze vyčíst, že v červenci je počet kilometrů menší ve všech třech letech oproti ostatním měsícům, to je způsobeno tím, že revizní technik čerpá svou dovolenou.

2.3 Příklad trasy

Tato trasa je ukázkovou, jak podnik skutečně jezdí obsluhovat své zákazníky. Ze střediska vyjel revizní technik do Českého Meziříčí, odtud do Nechanic a poslední zastávkou je Chlumec nad Cidlinou. Poté se technik vrací zpět do střediska. Vybraná trasa měří 122 km. Na následujícím obrázku je vyobrazena na mapě.



Obrázek 10 Ukázková trasa (autor z interních dokumentů s využitím mapy.cz)

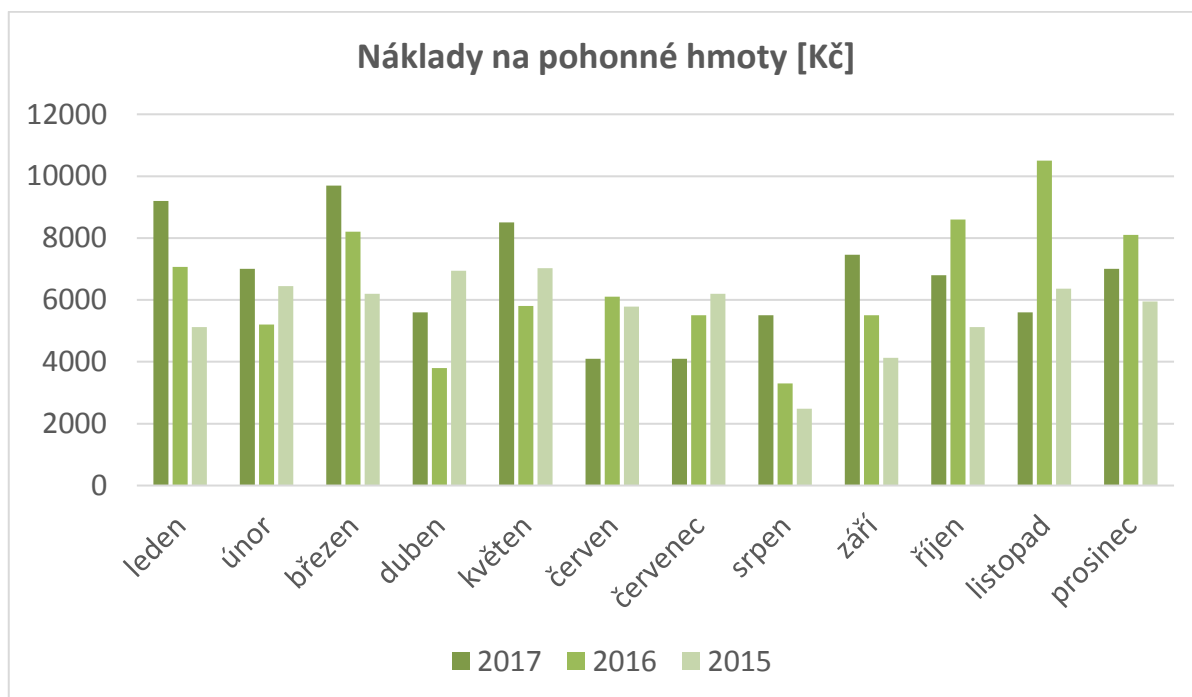
2.4 Návaznost na další problematiku

Je zřejmé, že počet ujetých kilometrů přímo souvisí s náklady vynaloženými na pohonné hmoty. V následující tabulce jsou znázorněny konkrétní náklady na pohonné hmoty v jednotlivých měsících za rok 2017. Částky nemusí být plně úměrné ujetým kilometrům, to může způsobit nákup pohonných hmot v předchozím měsíci a spotřeba až v měsíci následujícím. Z tabulky lze vyčíst, že se jedná o částky do 10 000 Kč, a pokud jsou sečteny, jedná se o částku přes 75 000 Kč, což je částka, kterou nelze zanedbat.

Tabulka 5 Náklady na pohonné hmoty za rok 2017

měsíc	náklady na pohonné hmoty
leden	9 201 Kč
únor	7 000 Kč
březen	9 700 Kč
duben	5 600 Kč
květen	8 503 Kč
červen	4 101 Kč
červenec	4 101 Kč
srpen	5 500 Kč
září	7 460 Kč
říjen	6 800 Kč
listopad	5 600 Kč
prosinec	7 000 Kč

Zdroj: Interní dokumenty (2017)



Obrázek 11 Náklady na pohonné hmoty za poslední tři roky (autor z interních dokumentů)

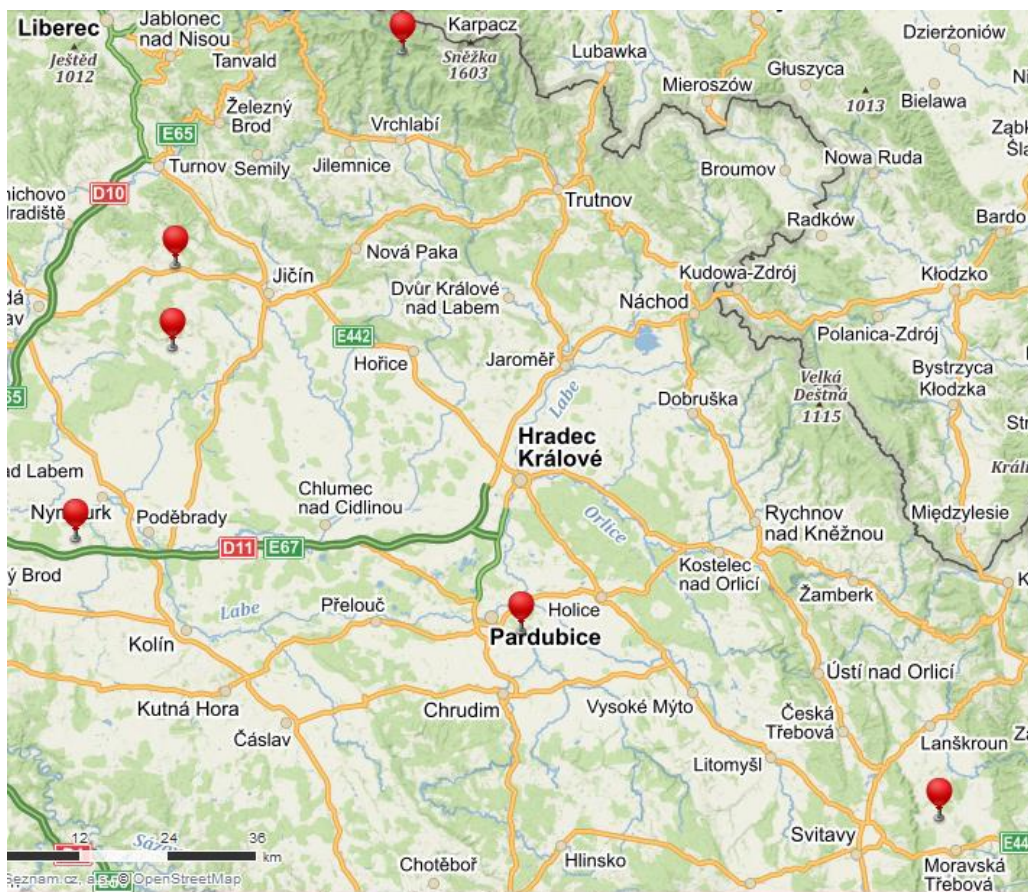
Na obrázku 11 je znázorněn vývoj nákladů na pohonné hmoty od roku 2015 do roku 2017. Lze vidět, že jsou náklady, až na výjimky, úměrné počtu ujetých kilometrů. V mnoha případech náklady za tyto tři roky vzrostly, to může být dopadem zdražování pohonných hmot obecně.

Další problém, který se přímo váže k plánování dopravních tras, je efektivní využití pracovní doby. Pokud by byly dopravní trasy optimalizovány, bylo by nejspíš možné zákazníky obsloužit rychleji a zbývající čas využít lépe než doposud. Zbylý čas by bylo možné využít například k přípravě na následující pracovní týden.

2.5 Analýza zákazníků

Tato kapitola se zaměřuje na analyzování zákazníků jak z geografického hlediska, tak z hlediska velikosti zákazníků, či jejich zaměření.

V kapitole 2.1 je uvedeno, že daná společnost operuje hlavně na území Královéhradeckého kraje. Někteří zákazníci jsou ale také mimo toto území. Z geografického hlediska jsou zákazníci rozmístěni po celých východních Čechách, nejvíce tedy v Královéhradeckém kraji, ve větších městech i menších obcích. Nejvíce jsou navštěvována města Chlumeck nad Cidlinou a Nový Bydžov, což je dáno tím, že v počátcích podnikání byli nejvíce osloveni zákazníci z těchto dvou měst. Mezi nejvzdálenější navštěvovaná místa patří obec Kunčina u Moravské Třebové, Černá za Bory u Pardubic, Sadská v okrese Nymburk, Dětenice v okrese Jičín, město Sobotka, nebo Špindlerův Mlýn okres Trutnov. Zmíněná místa jsou znázorněna na následující mapě.

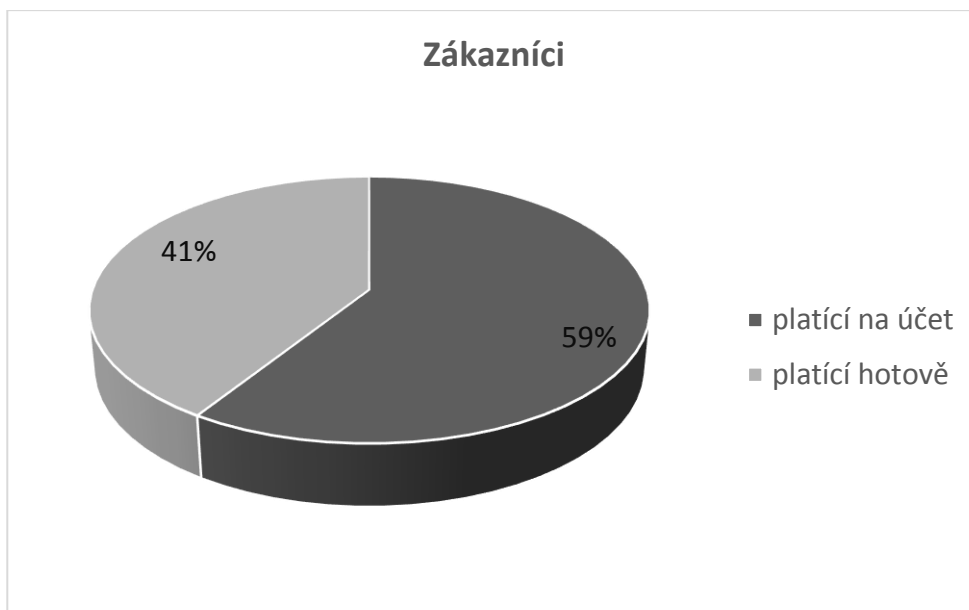


Obrázek 12 Mapa nejvzdálenějších míst (autor z interních dokumentů s využitím mapy.cz)

Pokud jsou zákazníci posuzováni z pohledu jejich velikosti, lze to učinit podle toho, kolik hasicích přístrojů vlastní. V průměru se jedná o zákazníky s třiceti hasicími přístroji, ale samozřejmě se najdou menší i větší podniky. Největší zákazník má však 317 přístrojů. Zákazníci jsou jak právnické osoby, tedy společnosti, podniky, atd. ale i fyzické osoby, které si kupují hasicí přístroje pro svou potřebu. Ve většině případů se jedná o stálé zákazníky, kteří využívají nabízených služeb pravidelně každý rok.

Co se týče struktury zákazníků z pohledu zaměření jednotlivých podniků, najdou se zákazníci snad téměř ze všech oborů. Obsluhované jsou obecní úřady různých obcí, či měst, zemědělská družstva a farmy, nejrůznější řemeslníci, průmyslové podniky, stravovací nebo textilní společnosti.

Zákazníci mohou za provedené služby platit hotově, nebo po vystavení faktury poslat peněžní prostředky na účet. Hotově platí většinou zákazníci, kteří vlastní přibližně do patnácti hasicích přístrojů. Na obrázku 13 je znázorněn graf, který zobrazuje poměr mezi těmito platbami.

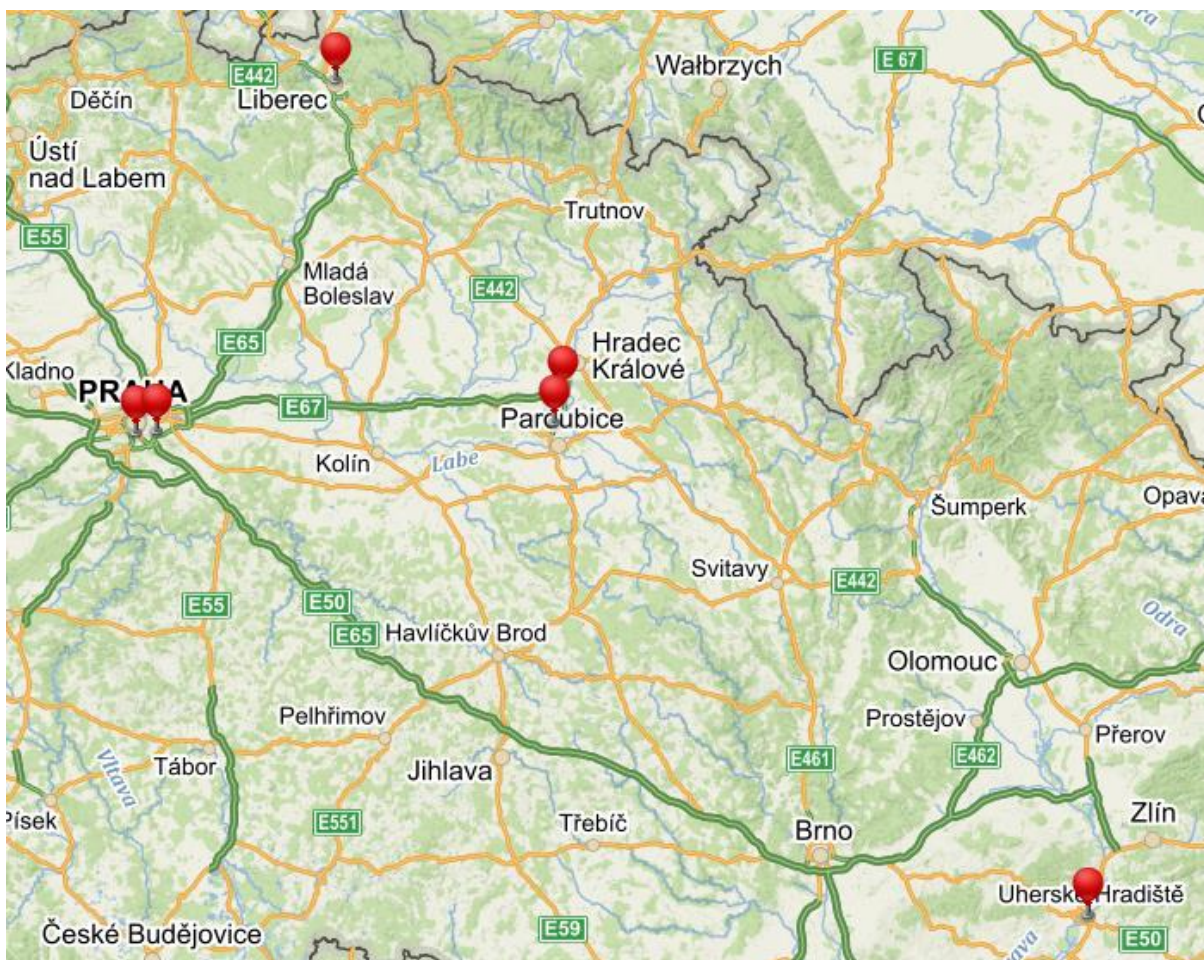


Obrázek 13 Poměr zákazníků platících na účet, nebo hotově (autor z interních dokumentů)

2.6 Analýza dodavatelů

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.1, nejvýznamnějšími dodavateli a partnery jsou společnosti Albeco, spol. s r.o., Liberec a Haspr – CZ, s.r.o., Opatovice nad Labem. Dalším dodavatelem, který je společností využíván teprve krátce, je společnost Beta Corporation s.r.o. se sídlem v Praze.

Potenciálními dodavateli, jejichž služby nejsou v současné době podnikem využívány, jsou společnost Hastex & Haspr s.r.o., která sídlí v obci Srch v Pardubickém kraji, nebo Kovoslužba hasicích přístrojů, a.s., která má sídlo společnosti v Praze. V úvahu by také připadala společnost Červinka s.r.o. se sídlem v Uherském Hradišti. Pokud jsou brány v potaz obchodní podmínky dodávek, nejlepším dodavatelem pro podnik se zdá být Albeco, spol. s r.o. Na následujícím obrázku jsou všichni dodavatelé znázorněni na mapě.



Obrázek 14 Mapa dodavatelů (autor z interních dokumentů s využitím mapy.cz)

2.7 Analýza konkurence

Obor revizí hasicích přístrojů má budoucnost. Je potřebný jak v podnikání, protože téměř každý podnikatel ve své provozovně dnes již musí mít hasicí přístroje, tak v soukromém životě, protože pokud je v dnešní době kolaudována budova, je nutné vlastnit hasicí přístroj a mít na něm provedenou revizi. Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, revizi je nutné provádět každý rok, a proto je tento obor podnikání perspektivní z hlediska časového. Tato kapitola je proto zaměřena na konkurenci v tomto oboru. Bude zkoumána jak konkurence stávající, tak ta, která do tohoto oboru může přijít, ale i potenciální hrozba konkurence ze strany dodavatelů nebo odběratelů.

Vstup a výstup v daném odvětví je volný. Dá se říci, že jediným omezením pro vstup je však získání oprávnění osoby provádějící servis přenosných a pojízdných hasicích přístrojů. Jak bylo uvedeno v kapitole 1.3 každé oprávnění revizního technika má svou platnost a každých pět let je nutné, aby technik prošel přeškolením, kterým získá oprávnění na dalších pět let.

2.7.1 Stávající konkurence

V současné době se na trhu nachází spousta společností, které se zabývají revizemi hasicích přístrojů, nebo prodejem hasicích přístrojů. Jedná se jak o malé živnostníky, tak o větší firmy, které si vzájemně konkurují. Jenom ve východních Čechách lze takovýchto firem najít okolo sedmdesáti, z toho v Královéhradeckém kraji přibližně pětatřicet. Jedná se tedy o dokonalou konkurenci, protože není žádný velký podnik, který by v tomto odvětví dominoval.

Konkurencí, která v současné době je velkou hrozbou, jsou e-shopy. Jedná se většinou o e-shopy, které jsou zaměřeny na zboží související s automobilovým průmyslem, různé autodoplňky apod. Je nutné říci, že takové obchody většinou prodávají hasicí přístroje, které již není možné znovu naplnit, nebo opravit. Z tohoto důvodu pro zákazníky takový produkt není zcela výhodný, i když cenově je velmi přitažlivý.

Do stávající konkurence je nutné také zahrnout prodejce, kteří se nezaměřují speciálně na hasební techniku, ale hasicí přístroje berou jako spotřební zboží. To jsou například některé hypermarkety, supermarkety nebo menší obchody.

Výhodou pro e-shopy a obchody se spotřební zbožím je samozřejmě možnost nabídnout zákazníkům o dost nižší cenu, než například živnostník zabývající se prodejem hasicích přístrojů. Důležité je ale to, že tyto subjekty nemůžou zajistit zákazníkům další služby spojené s prodejem hasicích přístrojů, jako je například vystavení Zápisu o kontrole hasicích přístrojů, který je nutné vlastnit k prokázání provedení revize na daném přístroji, což jakákoliv firma, která se specializuje na tuto oblast, schopna je.

2.7.2 Nová konkurence

Jak již bylo uvedeno v úvodu této kapitoly, vstup do tohoto odvětví je volný a jediným omezením vstupu je to, že každý, kdo chce provádět revize hasicích přístrojů, musí získat oprávnění k těmto úkonům. Konkurence je dokonalá a tento okruh činností není nijak regulován. Daná oblast je sice atraktivní z hlediska časového (revize je nutné provést každý rok), avšak jedná se o práci někdy uvnitř, někdy venku, mnohdy i za špatného počasí. Novou konkurenci je samozřejmě možné očekávat, avšak nejspíš ne v takovém množství, aby zásadně ovlivnila fungování stávajícího trhu.

2.7.3 Konkurence odběratele

Pokud je brán zřetel na to, z jakých oblastí jsou zákazníci společnosti pana Svíčky, lze říci, že se nejedná o podniky, které by mohli konkurovat v oblasti revizí hasicích přístrojů.

2.7.4 Konkurence dodavatele

Všichni dodavatelé již byly zmíněny v kapitole 2.5 a všichni z těchto uvedených jsou i konkurenty pana Svíčky, protože prodávají hasicí přístroje, což je také jedna z aktivit podniku. Avšak společnost Albeco, spol. s r.o., která sídlí až v Liberci, nebude pro menší zákazníky ve východních Čechách tolik atraktivní. Stejně na tom bude i podnik Červinka s.r.o. Největší konkurenční hrozbu tedy představují Hastex & Haspr s.r.o. sídlící v obci Srch a Haspr – CZ, s.r.o., Opatovice nad Labem.

2.7.5 Konkurence substitutů

Oblast substitutů oboru hasební techniky roste s rozvojem technologií. Nejrozšířenějším konkurentem hasicích přístrojů je v dnešní době hasicí sprej. Jedná se o levnější hasební prostředek, avšak má spoustu nevýhod. Za prvé po použití, které trvá jen málo sekund, ho nelze znovu naplnit a tedy znovu použít. Je náchylný na vysoké teploty i velké mrazy, to může ovlivnit jeho činnost. Dále jeho hasební účinnost je rozhodně o dost menší než u hasicího přístroje. Naopak výhodou může být malá velikost, i když není o moc menší než ty nejmenší hasicí přístroje určené do vozidel. Další výhodou může být pro uživatele srozumitelný způsob použití, někteří lidé si mohou být nejistí v tom, jak použít hasicí přístroj, i když na každém je umístěn srozumitelný návod na jeho použití.

Dalším substitutem, který konkuruje klasickému hasicímu přístroji, je automatický hasicí systém. Jak je uvedeno na stránkách prodejce Tepostop (2017), hasicí systém je systém, který nevyžaduje lidskou přítomnost, ani žádný zdroj napájení a lze ho použít i v prostorech těžko přístupných. Součástí hasicího systému je nádoba, která se podobá hasicímu přístroji, a trubička, která je pod stálým tlakem. Pokud dojde k požáru, nebo ke zvýšení teploty, trubička vlivem tlaku a zvýšení teploty praskne, stane se tak tryskou a hasivo z nádoby okamžitě začne proudit do chráněného prostoru. Dojde tak k okamžitému zásahu.



Obrázek 15 Automatický hasicí systém (Tepostop, 2017)

Substitut, který je v této oblasti poměrně nový a v České republice se zatím tolik nevyužívá, je hasicí koule. Jak uvádí D. S. D. METAL plus s.r.o. (2017), je tato koule pomocí držáku umístěna na místo, kde se předpokládá vznik požáru, nebo na místo, kde ji bude možné rychle použít. Pokud se ke kouli dostanou plameny, sama se aktivuje a požár rychle uhasí. V jiném případě se koule vhodí do ohně, a tím dojde k aktivaci. Tím, že se koule aktivuje, dojde také ke zvukovému efektu, který upozorní, že se něco děje. Názorná ukázka je na obrázku 16.



Obrázek 16 Hasicí koule (D. S. D. METAL plus s.r.o., 2017)

3 NÁVRHY PRO ZLEPŠENÍ PLÁNOVÁNÍ DOPRAVNÍCH TRAS

V této kapitole bude ve vazbě na předchozí část navrhnut postup, jak problém plánování dopravních tras u podniku provádějící revize hasicích přístrojů řešit.

3.1 Shrnutí současné situace

V kapitolách 2.2 až 2.7 byla zmapována současná situace v oblasti revizí hasicích přístrojů, a to v konkrétním podniku, i na daném trhu. Bylo zjištěno, že v podniku v současné době nedochází téměř k žádnému plánování dopravních tras při provádění revizí hasicích přístrojů, a celý plánovací proces je v rukách pana Svíčky. Ten činí finální rozhodnutí, kdy se pojedje k jakému zákazníkovi (samozřejmě po předchozí domluvě s daným zákazníkem).

Vzhledem k tomu, že společnost působí na území východních Čech, byla provedena též analýza českého trhu a to hlavně v oblasti konkurence. Největší konkurencí, co se týče prodeje hasicích přístrojů, jsou e-shopy, které jsou v současné době velmi oblíbené u zákazníků, i když co se týče nákupu hasicích přístrojů, to pro ně není zrovna nejvýhodnější řešení. Nutné je však zahrnout do významné konkurence i současné dodavatele podniku. Dalšími konkurenty v této oblasti mohou být substituční výrobky hasicích přístrojů (viz. kapitola 2. 6. 5).

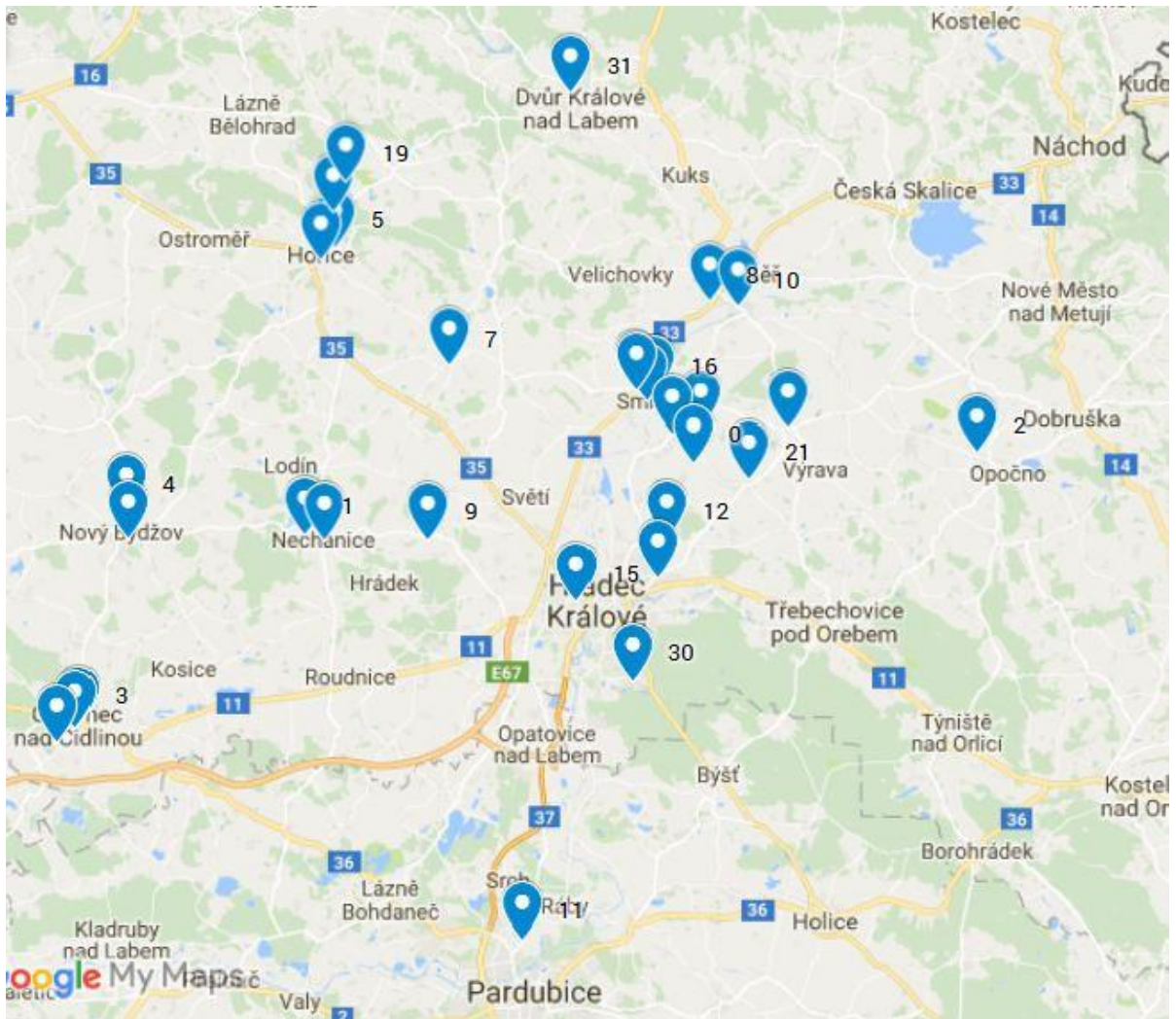
V kapitole 2.3 jsou uvedeny návaznosti problému plánování dopravních tras na další problematiku. Jedná se hlavně o oblast pohonných hmot, které jsou spotřebovávány v důsledku jízd za zákazníky. V této oblasti lze optimalizací ušetřit a ušetřené finanční prostředky použít například do modernizace podniku. Další téma, které se přímo váže na plánování dopravních tras, je úspora času, ke které dojde při spojení některých jízd k zákazníkům. Tento čas by šel také využít efektivněji než doposud.

3.2 Řešení

Společnost každý měsíc objíždí stejné zákazníky jako v roce předchozím a každý zákazník musí být obsloužen tentýž měsíc jako loňský rok. Lze tedy říci, že princip plánování bude moci být stejný v každém měsíci, budou se měnit pouze konkrétní zákazníci. Proto bude vybrán modelový měsíc, na kterém bude postup předveden. Pro výpočet byla zvolena Clark-Wrightova metoda, která se jeví podle vstupních údajů jako nejlepší.

3.2.1 Řešení pro měsíc duben

Měsíc duben byl vybrán, protože tento měsíc jsou obsluhováni jak zákazníci s větším počtem hasicích přístrojů (nad 100 kusů), tak zákazníci, kteří vlastní velmi malé množství (například 2 hasicí přístroje) a jsou rozmístěni po téměř celých východních Čechách (viz. Obrázek 17).



Obrázek 17 Zákazníci v měsíci dubnu (autor z interních dokumentů s využitím google.cz/maps/)

Kritérium

Pro vytvoření dopravních tras musí být stanovena pracovní doba. Týdenní pracovní doba činí 40 hodin. V tomto podniku ale není nutné, aby každý den byla pracovní doba stejná. Ideální pracovní doba byla vymezena na 9 hodin denně, včetně půlhodinové pauzy na oběd, tudíž 8,5 hodin čisté práce. Revizní technik většinou vyjíždí v 7 h ráno, vrací se v 16 h. Z toho vyplývá, že ne každý den musí pracovat 9 hodin, některé pracovní dny mohou být kratší

a některé naopak delší, pokud je to nutné. Dohromady však musí být splněna hranice 40 hodin týdně.

Dále je nutné stanovit, jak dlouhá doba je nutná na obsluhu klientů. Tato doba bude určena dle počtu hasicích přístrojů u daného zákazníka. Na provedení revize jednoho hasicího přístroje je potřeba průměrně 8 minut. Je to čas, za který je možné splnit všechny úkony zkoušky provozuschopnosti, které uvádí kapitola 1.3 a zahrnuje také přesuny revizního technika mezi jednotlivými přístroji u daného zákazníka. U některých zákazníků tyto přesuny jsou téměř nulové, protože si hasicí přístroje přinese na jedno místo, například do dílny, u jiných je nutné hasicí přístroje obejít jednotlivě. V tabulce 5 jsou znázorněni jednotliví zákazníci v měsíci dubnu a počty hasicích přístrojů, které vlastní.

Tabulka 6 Počty hasicích přístrojů u zákazníků

zákazník	počet HP	zákazník	počet HP	zákazník	počet HP	zákazník	počet HP
1	171	10	16	19	5	27	2
2	167	11	11	20	4	28	2
3	126	12	9	21	4	29	2
4	73	13	7	22	4	30	2
5	60	14	7	23	3	31	3
6	53	15	5	24	3		
7	22	16	5	25	3		
8	19	17	5	26	2		
29	17	18	5	27	2		

Zdroj: autor z interních dokumentů

Dalším krokem vedoucím k sestavení jednotlivých dopravních tras, je vytvoření distanční matice, která znázorňuje vzdálenosti mezi zákazníky a střediskem (většinou v kilometrech), ze kterého jsou obsluhováni. Z tohoto střediska revizní technik vyjíždí a na konci pracovního dne se do něj vrací zpět. V tomto konkrétním řešení je tento bod znázorněn číslem 0. Dále jsou v distanční matici i vzdálenosti mezi jednotlivými zákazníky mezi sebou. V řešení problému u této konkrétní společnosti byla použita distanční matice

časová, ve které jsou uvedeny časy (v minutách), jak dlouho trvá jízda mezi jednotlivými zákazníky i střediskem. Časy lze použít i ve výpočtu z předchozího odstavce. Distanční matice je uvedena v příloze A, distanční matice časová je zobrazena v příloze B.

Pokud potřebná doba na obsluhu celého jednoho zákazníka přesáhne pracovní dobu jednoho dne, je nutné zákazníka navštívit vícekrát. Může se stát, že obsluhu bude trvat například 10 hodin. Tuto dobu je tedy nutné rozdělit. V jednom pracovním dnu musí být započtena nejen doba na vykonání práce u konkrétního klienta, ale i doba, kterou stráví revizní technik na cestě k zákazníkovi a zpět. Nebude tedy pracovat rovných 8,5 hodiny, ale méně, protože musí být zohledněno cestování. Zbytek hodin, které jsou nutné k práci, je možné zařadit do jízd, které budou podniknuty k ostatním zákazníkům.

Postup lze předvést na prvním zákazníkovi, který vlastní 171 hasicích přístrojů. Pokud je tento počet vynásoben osmi minutami, které jsou potřebné na práci a vydělen šedesáti, je získán výsledný počet hodin, které jsou nutné k vykonání práce u tohoto zákazníka (22,8 hodin). Nyní je nutné vypočítat jak dlouhý čas je potřebný na vykonání práce za jeden den.

$$\text{Výpočet bude následující: Počet hodin za 1 den} = 8,5 - \left(\frac{35}{60}\right) * 2 = 7,3333$$

Kde:

8,5 hodin = pracovní doba

$$\left(\frac{35}{60}\right) * 2 = \text{doba jízdy ze střediska k zákazníkovi a zpět (hodnotu 35 minut lze nalézt}$$

v distanční matici časové)

Posledním krokem v tomto výpočtu je zjistit, jak dlouhou dobu lze spojit s jízdami k ostatním zákazníkům. V tomto konkrétním případě bude výpočet vypadat následovně:

$$22,8 - (3 * 7,3333) = 0,8$$

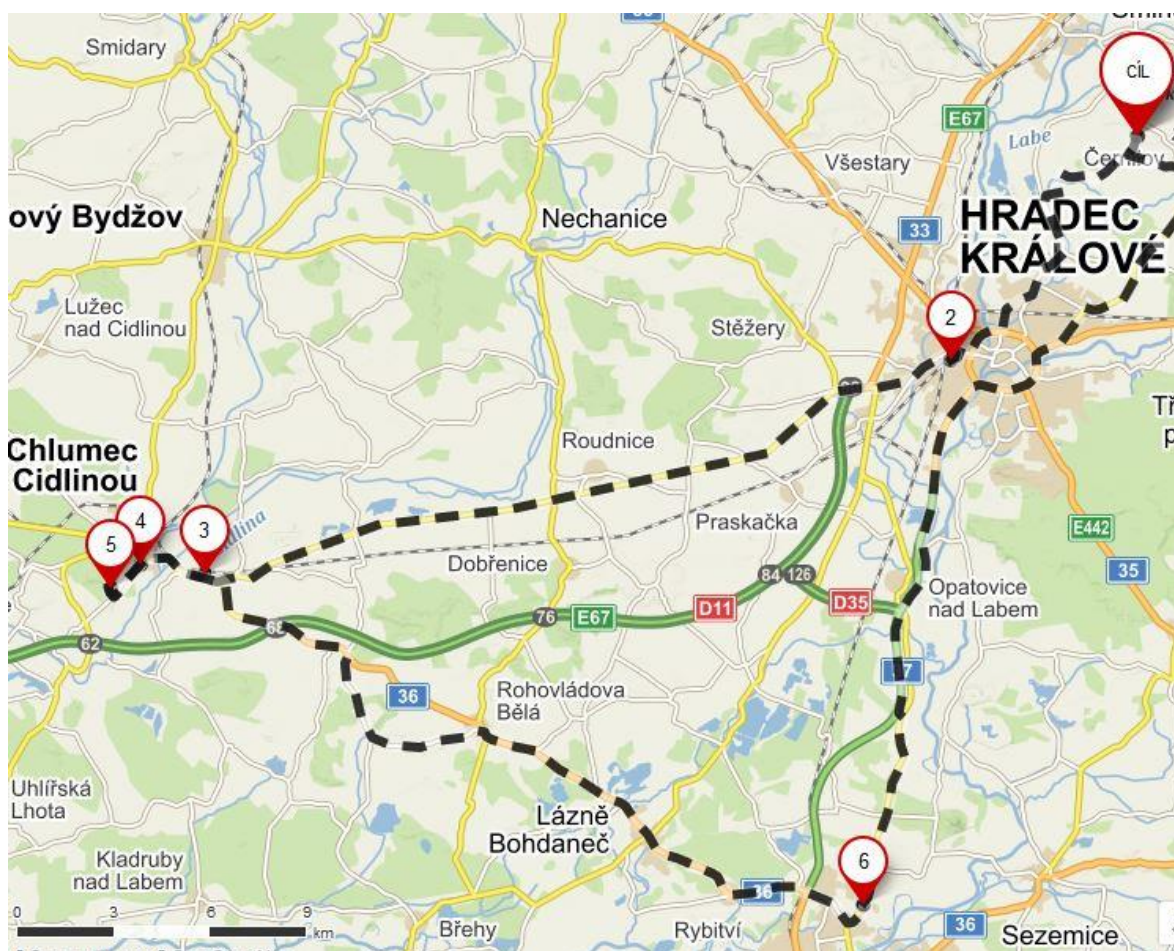
Zbýlých 0,8 hodiny lze tedy využít ke spojení s jízdami k ostatním zákazníkům.

Z distanční matice (kilometrové, nebo časové) je potřebné vytvořit matici výhodnostních koeficientů. Tyto koeficienty vyčíslují výhodu, která se získá spojením dvou zákazníků do jedné jízdy. Čím vyšší koeficient, tím větší výhoda, proto jsou hledány zpočátku ty nejvyšší výhodnostní koeficienty. Matice výhodnostních koeficientů pro měsíc duben je uvedena v příloze C. Vzhledem k tomu, že je osově souměrná, stejně jako distanční matice, nemusí být vyplněna celá.

Posledním krokem k vytvoření dopravních tras je vyhledávání nejvyšších výhodnostních koeficientů a tím budou postupně slučovány zákazníci do jednotlivých jízd. Tento krok je opakován, dokud nejsou všichni zákazníci zařazeni do jízd, které budou prováděny. Na následujících obrázcích jsou znázorněny jednotlivé jízdy. Start a cíl se nachází ve stejném bodě a to v místě střediska, odkud jsou jednotlivé jízdy realizovány. Jednotlivé trasy jsou číselně označeny, podle toho, jak bylo postupováno ve výpočtu a jak postupně byly vytvářeny. V dubnu byly vytvořeny tyto trasy:

Středisko-15-3-28-29-11-středisko

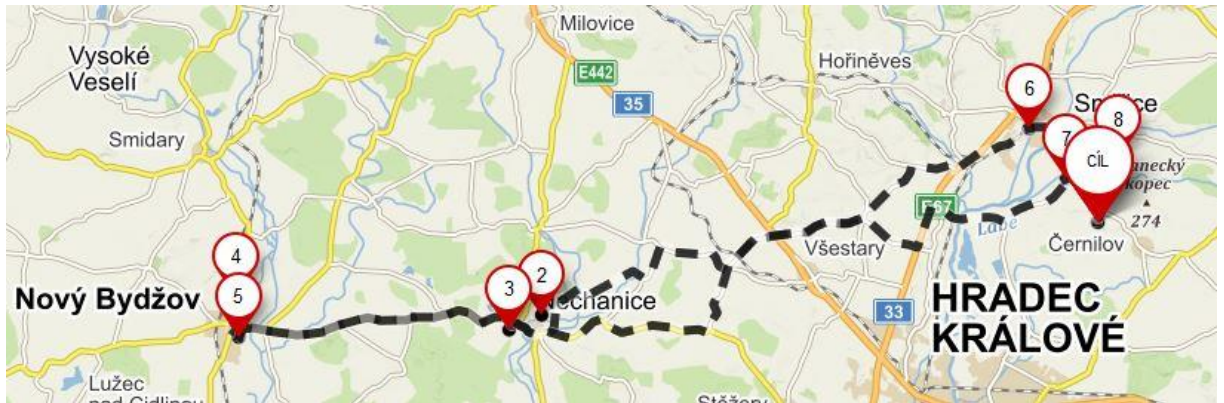
Tato trasa bude trvat 7,75 hodin a bude realizována ve třetím týdnu v měsíci. Daná trasa zajistí obsluhu zákazníků v Hradci Králové, Pardubicích a v Chlumu nad Cidlinou a bude měřit 100 km.



Obrázek 18 Trasa č. 1 (autor s využitím mapy.cz)

Středisko-13-1-4-25-22-26-24-středisko

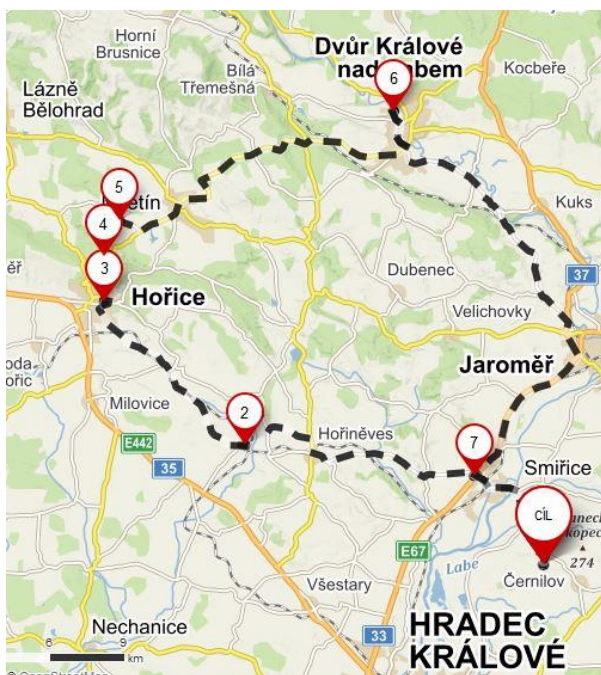
Druhá trasa trvá 8,167 hodin, dlouhá je 79,4 km a provede se ve čtvrtém týdnu měsíce dubna. Daná trasa se soustřeďuje na obsluhu zákazníků v okolí střediska a poté v Nechanicích a Novém Bydžově.



Obrázek 19 Trasa č. 2 (autor s využitím mapy.cz)

Středisko-7-5-18-19-31-23-středisko

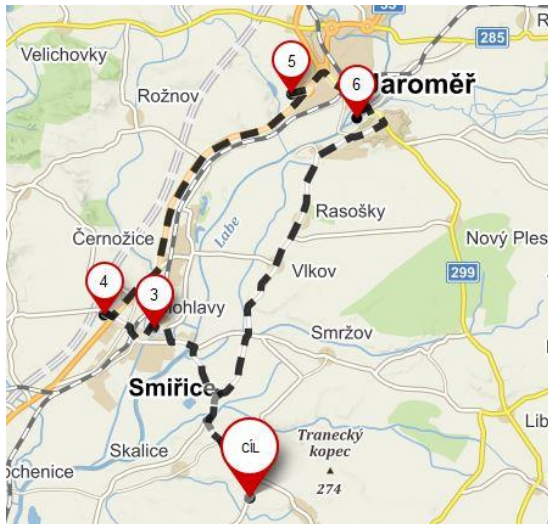
Daná trasa bude uskutečněna ve čtvrtém týdnu a bude trvat 7,63 hodin. Třetí trasa tvoří okruh ze střediska přes Smiřice, Hořice, Dvůr Králové nad Labem a přes Jaroměř zpět do střediska. Tento okruh měří 76,9 km.



Obrázek 20 Trasa č. 3 (autor s využitím mapy.cz)

Středisko-17-16-20-8-10-středisko

Tato trasa trvá 7,183 hodin a bude vykonána ve čtvrtém týdnu vybraného měsíce. Délka čtvrté trasy je 28,7 km a jedná se o trasu, která se orientuje od střediska na stranu k městu Jaroměř.



Obrázek 21 Trasa č. 4 (autor s využitím mapy.cz)

Středisko-21-14-30-9-12-středisko

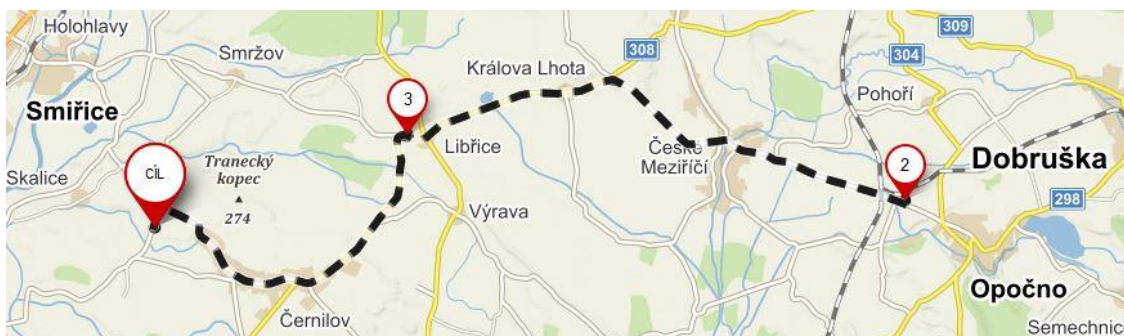
Pátá trasa bude vykonána ve třetím týdnu a bude na ni zapotřebí 6,73 hodin. Její délka je 59,9 km. Trasa č. 5 bude realizována v okolí Hradce Králové.



Obrázek 22 Trasa č. 5 (autor s využitím mapy.cz)

Středisko-2-27-středisko

8,13 hodin je nutné k vykonání šesté trasy a bude realizována ve druhém týdnu měsíce dubna. Tato trasa obsluhuje dva zákazníky, jednoho v Libřicích a druhého v Dobrušce. Dlouhá je 36,3 km.

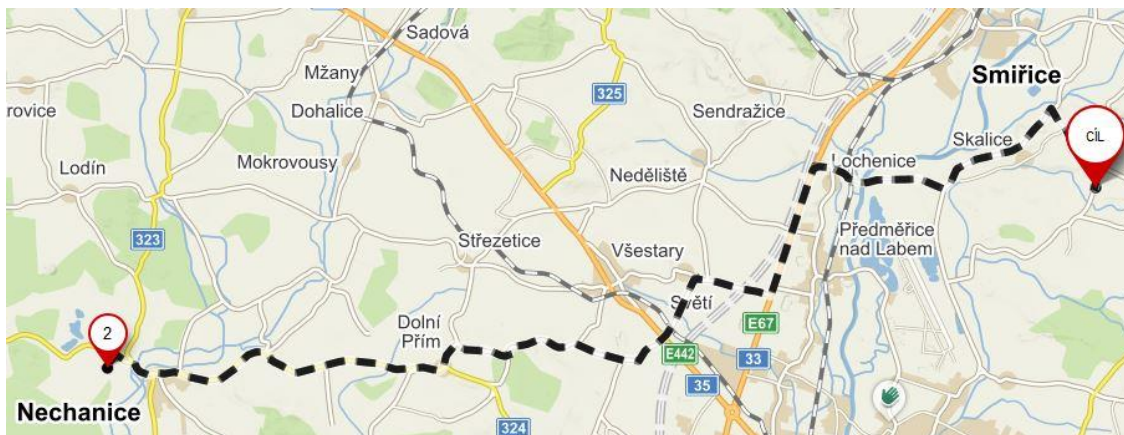


Obrázek 23 Trasa č. 6 (autor s využitím mapy.cz)

Je nutné provést i ty jízdy k zákazníkům, kteří vlastní velký počet hasicích přístrojů a tudíž je potřeba je navštívit vícekrát. Na začátku této kapitoly je uveden postup jak je vypočtena doba, za kterou je možné obsloužit zákazníka a pokud je tato doba delší než pracovní doba, musí být zákazník navštíven více než jednou. Na následujících obrázcích jsou tyto jízdy graficky znázorněny.

Středisko-1-středisko

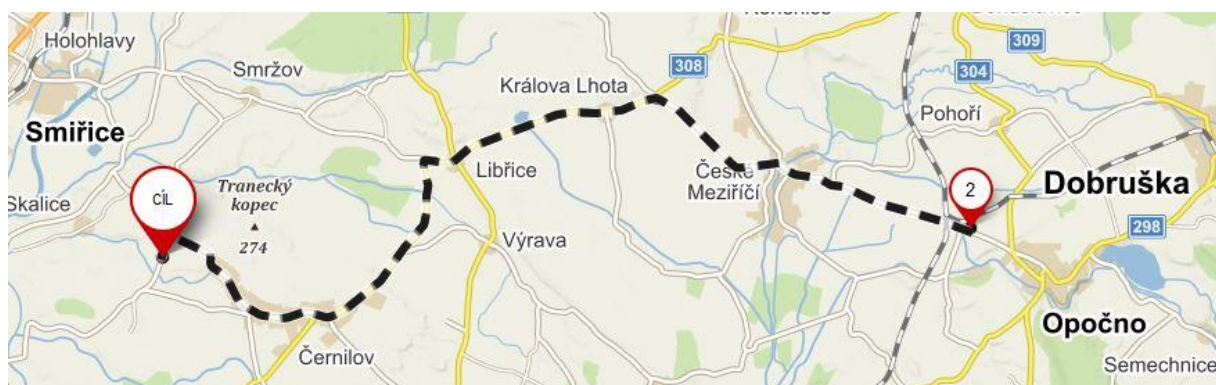
Trasa k prvnímu zákazníkovi, který sídlí v Nechanicích, bude trvat 8,5 hodiny a bude vykonána třikrát (všechny v prvním týdnu), poté je zařazena do druhé trasy, aby bylo dokončeno provedení revize hasicích přístrojů. Tato trasa měří 51 km.



Obrázek 24 Trasa č. 7 (autor s využitím mapy.cz)

Středisko-2-středisko

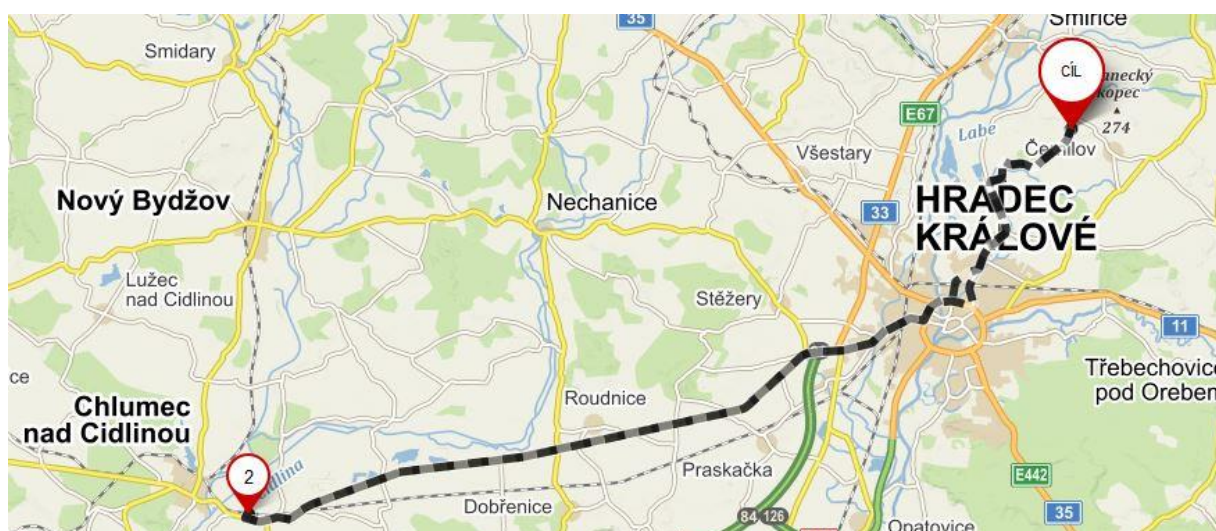
Druhý zákazník je obslužen provedením trasy do Dobrušky, která bude trvat 8,5 hodiny a bude vykonána třikrát. Všechny tři jízdy jsou uskutečněny ve druhé týdnu a poté je dokončení obslužení tohoto zákazníka zařazeno do trasy č. 6. Její délka je 36,2 km.



Obrázek 25 Trasa č. 8 (autor s využitím mapy.cz)

Středisko-3-středisko

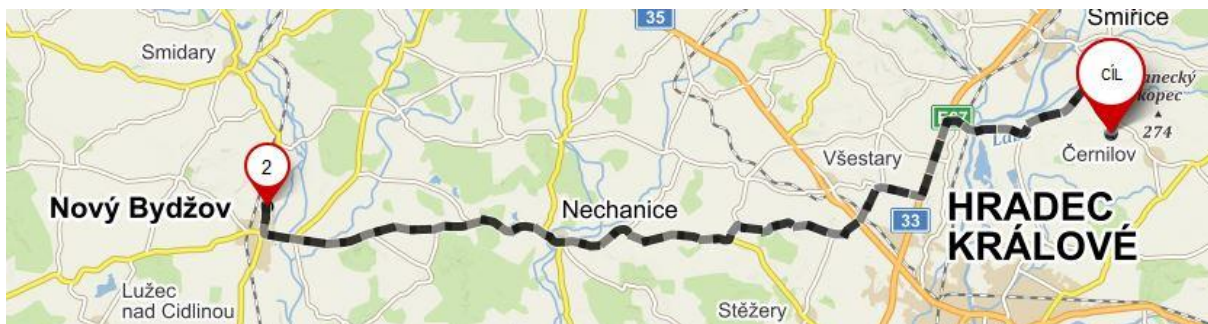
Devátá trasa je realizována na základě obslužení třetího zákazníka v Chlumu nad Cidlinou, trvá 8,5 hodiny a je dlouhá 73,8 km. Stejně jako trasa č. 7 a 8 je uskutečněna třikrát, všechny tři jízdy budou provedeny ve třetím týdnu. Zbylé hodiny revize jsou zařazeny do trasy č. 1.



Obrázek 26 Trasa č. 9 (autor s využitím mapy.cz)

Středisko-4-středisko

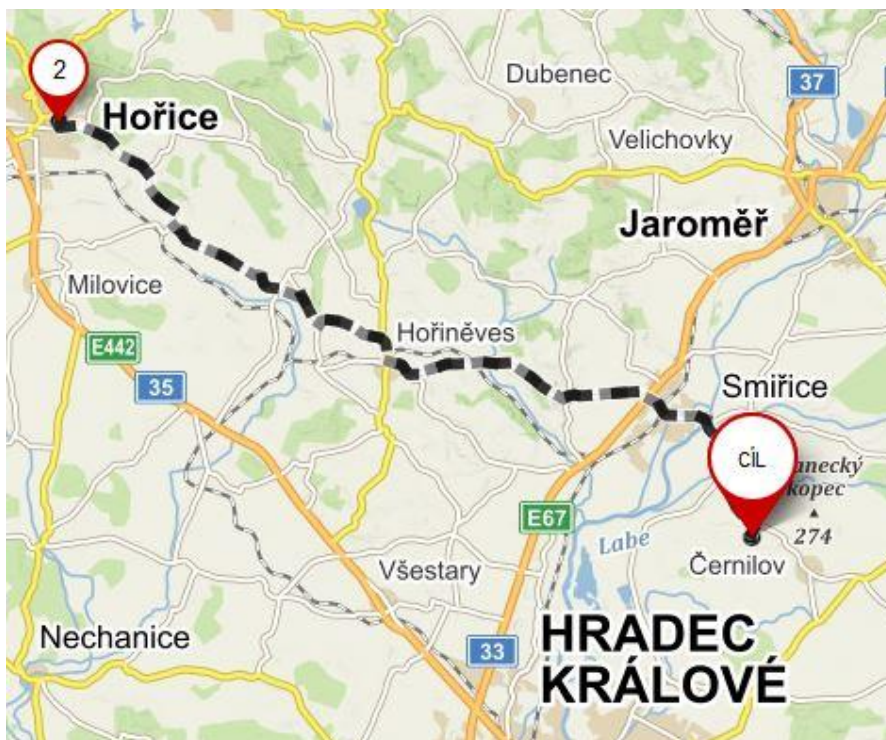
Tato trasa slouží k obsluze čtvrtého zákazníka v Novém Bydžově, uskuteční se ve čtvrtém týdnu, trvá 8,5 hodiny a je uskutečněna pouze jednou, nedokončená revize je dokončena ve druhé trase. Délka trasy je 72,2 km.



Obrázek 27 Trasa č. 10 (autor s využitím mapy.cz)

Středisko-5-středisko

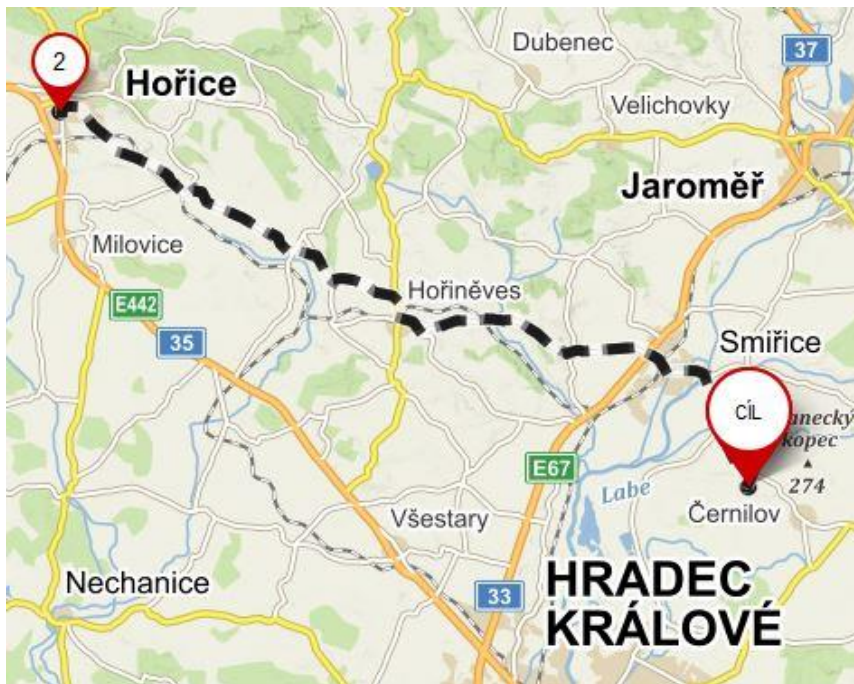
Jedenáctá trasa bude provedena k obslužení pátého zákazníka, který sídlí v Hořicích a bude trvat 8,5 hodiny. Provedena je ve čtvrtém týdnu měsíce dubna. Zbylé hodiny jsou zařazeny do trasy č. 3. Tato trasa je dlouhá 51,2 km.



Obrázek 28 Trasa č. 11 (autor s využitím mapy.cz)

Středisko-6-středisko

Tato trasa trvá 8,33 hodin a je realizována v prvním týdnu měsíce. Díky dvanácté trase bude obsloužen zákazník v Hořicích. Délka trasy je 51,4 km.



Obrázek 29 Trasa č. 12 (autor s využitím mapy.cz)

Musí být určeno, které trasy budou realizovány ve kterém týdnu, aby bylo splněno kritérium odpracovaných hodin za týden. Kritérium je blíže určeno na začátku této kapitoly. Kritérium je 40 hodin, dle zákoníku práce. Přehled je uveden v tabulce 7.

Tabulka 7 Přidělení tras do jednotlivých týdnů v dubnu

1. týden	Trasa č. 7	33,8333 hodin
	Trasa č. 12	
2. týden	Trasa č. 8	33,6333 hodin
	Trasa č. 6	
3. týden	Trasa č. 1	39,9833 hodin
	Trasa č. 5	
	Trasa č. 9	
4. týden	Trasa č. 2	39,9833 hodin
	Trasa č. 3	
	Trasa č. 4	
	Trasa č. 10	
	Trasa č. 11	

Zdroj: autor

Měsíc duben má 30 dní, 4 týdny a tedy v průměru 8 víkendových dní. Pokud bude počítáno s pěti pracovními dny v každém týdnu, může být v měsíci dubnu využito k práci 20 dní. Pracovní plán, který je uveden v předchozí tabulce, je na 18 dní. V prvním a druhém týdnu bude využito čtyř dní a ve třetím a čtvrtém týdnu pěti dní. V tabulce 6 jsou také uvedeny počty hodin v jednotlivých týdnech. Lze tedy vypočítat, kolik zbývá do čtyřiceti hodin, popřípadě kolik v prvním a druhém týdnu může být odpracováno pátý den.

Je ale samozřejmé, že stejně tak jak tomu bývalo ve starém systému plánování dopravních tras, že technik kontaktoval zákazníka a domluvil s ním konkrétní termín revize hasicích přístrojů, tak v novém systému plánování je nutné zákazníka také kontaktovat a seznámit ho se skutečností, že nastal čas provést revizi. Ve druhém případě je však možné zákazníka kontaktovat dostatečně dopředu, aby termín vyhovoval oběma.

3.2.2 Software

Řešení v předchozí kapitole bylo provedeno pouze pro měsíc duben, proto pokud by se podnik rozhodl realizovat tento postup, bylo by vhodné navrhnout software, který by prováděl dané kroky a došel by sám k výslednému řešení u každého měsíce po celý rok.

Software by měl být v první řadě schopen respektovat zadaná kritéria (například v tomto případě je výpočet omezen pracovní dobou). V jiném případě by se mohlo jednat o počet přepravovaných kusů k zákazníkům, limit by tedy byl maximální počet kusů, který lze naložit na použitý dopravní prostředek.

Prvním krokem ve výpočtu by bylo sestavení distanční matice, na základě zadaných adres jednotlivých zákazníků, popřípadě distanční matice časové. Z distanční matice je poté možné sestavit matici výhodnostních koeficientů, která již slouží k postupnému sestavování dopravních tras. Tento krok by software mohl sestavovat automaticky, není nezbytně nutné, aby ho zobrazoval.

Před sestavením konkrétních tras je nutné vědět, jak dlouho u každého zákazníka revizní technik bude a jak dlouho trvá každý přejezd od jednoho zákazníka ke druhému. Z těchto podkladů by software měl být schopen srovnat jednotlivé jízdy za sebou a zkompletovat je do konkrétních tras. Konečným výsledkem tedy budou dopravní trasy, které budou srovnány do jednotlivých týdnů v každém měsíci, popřípadě je zobrazí na mapě.

Takovéto softwary pro optimalizaci rozvozu zboží již existují a bylo by možné, aby si podnik potřebný výpočet zaplatil, pokud nechce platit vývoj svého nového softwaru, který by prováděl vlastně stejné kroky jako jiný existující.

Jak uvádí Solvertech (2018) software se jmenuje Tasha a jedná se o systém optimalizace rozvozu zboží. Tento systém počítá s tím, že nejkratší trasa nemusí být vždy nejlepší a bere v úvahu i vlastnosti vozidla, nebo například časová okna zákazníků. Dále analyzuje efektivitu jednotlivých linek. Je možné vyzkoušet si tento systém na 1 měsíc. Na začátku každého měsíce by bylo provedeno plánování pro daný měsíc, a pokud by se za rok zákazníci nezměnili, následující rok by nemuselo být plánování placeno, protože by společnost měla k dispozici plán z minulého roku.

Tento software bere v úvahu kritérium kapacity vozidla, ale i pracovní dobu řidiče. Bylo by tedy možné přizpůsobit situaci revizím hasicích přístrojů, protože u revizního technika je hlavním kritériem pracovní doba stejně tak jako je důležitá pro řidiče rozvozového vozidla. Naopak kapacita vozidla pro revizního technika není až tolik důležitá, ale v potaz ji samozřejmě musí brát také a to z důvodu naplnění vozidla potřebným množstvím hasicích přístrojů.

Obavy před zavedením systému

Zákazníci, kteří takový systém nevyužívají, před zavedením mohou mít jisté obavy. Jak uvádí Solvertech (2015) jedná se buď o obavu z toho, že je podnik příliš jedinečný, že systém nebude schopen reagovat pružně na změny, nebo že v praxi je tolik omezujících podmínek, že do systému nepůjdou zahrnout.

Solvertech (2015) píše, že spousta společností před zavedením systému má obavy z toho, že daný podnik je až příliš jedinečný na to, aby plánování prováděl počítač. V oblasti plánování tras je tolik specifický a s tolika výjimkami a podmínkami, že tvorbu tras nemůže ani počítač zvládnout. To může být samozřejmě z části pravda. To, co je od systému očekáváno, ví pouze zadavatel a je jen na něm, aby poskytl správná data, se kterými bude počítač schopen pracovat. Kvalita vstupních dat je proto to nejdůležitější při zadávání požadavku.

V reálné situaci existuje spousta omezujících podmínek pro rozvoz zboží. Ve spoustě případů se však jedná pouze o přání a ne o omezení, které je nutné dodržet. Například se může jednat o čas rozvozu, nebo přidělení jednotlivých řidičů ke konkrétnímu zákazníkovi. Otázkou pro zadavatele však je, za jakou cenu chce takové podmínky udržet. Tento vybraný systém pracuje s mnoha vstupními podmínkami, takže je možné řešit i takové situace, záleží na zákazníkovi, který chce daný software využívat.

Další obavou, která může nastat u zákazníka, je strach, že systém není schopen pružně reagovat. Opak je pravdou. Vzhledem k tomu, že je software vyvíjen přímo společností Solvertech, žádný požadavek zákazníka není neřešitelný.

Konkrétní podnik, pro který je problém plánování dopravních tras řešen v této práci, by jako jedinou obavu z výše uvedených mohl mít, že systém není schopen pružně reagovat, například pokud by se změnila vstupní data.

4 ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

V poslední kapitole bude zhodnocen plán dopravních tras, který byl navrhnut v předchozí kapitole. Bude zmíněn jak pohled uspořeného času, tak zmenšení nákladů na pohonné hmoty, protože budou sníženy ujeté kilometry. Posouzeny budou i výhody a nevýhody nově navrženého systému plánování dopravních tras oproti tomu doposud používanému.

4.1 Úspora času

Jak bylo uvedeno na konci kapitoly 3.2.1, v měsíci dubnu je průměrně 20 pracovních dní a v každém týdnu 40 pracovních hodin, které udává zákoník práce. V předešlých letech pracovní doba revizního technika využívala všech dvaceti dní. Vytvořený pracovní plán, kde jsou zařazeny jednotlivé dopravní trasy do konkrétních týdnů v měsíci dubnu, je vytvořen na 18 dní. V prvním a druhém týdnu je připraven plán na čtyři dny a ve třetím a čtvrtém týdnu na pět dní. To znamená, že dva pracovní dny jsou k dispozici. Mohou být využity na akutní případy, například pokud zákazník hasicí přístroje použije a je nutné mu dodat jiné. Pokud by taková situace nenastala, bylo by možné tento čas využít například k přípravě na další pracovní týden. To je samozřejmě bráno jako výhoda oproti stávajícímu plánování dopravních tras. V následující tabulce je zobrazen počet hodin, na které je připraven plán práce, v každém týdnu. Celkem se jedná o 147,433 hodin.

Tabulka 8 Plán na měsíc duben

Týden v dubnu	Trasy	Počet hodin	Počet kilometrů
1. týden	Trasa č. 7	33,8333 hodin	204,4
	Trasa č. 12		
2. týden	Trasa č. 8	33,6333 hodin	144,9
	Trasa č. 6		
3. týden	Trasa č. 1	39,9833 hodin	381,7
	Trasa č. 5		
	Trasa č. 9		
4. týden	Trasa č. 2	39,9833 hodin	305,4
	Trasa č. 3		
	Trasa č. 4		
	Trasa č. 10		
	Trasa č. 11		
celkem		147,433 hodin	1036

Zdroj: autor

4.2 Počet ujetých kilometrů a úspora pohonných hmot

Počet ujetých kilometrů v měsíci dubnu má za poslední tři roky klesající tendenci. V roce 2015 bylo ujeté 2504 km, v roce 2016 bylo odjeto 2296 km a 1856 km v roce 2017. Každý rok, byly navštíveni stejní zákazníci. Z předchozí tabulky lze vyčíst, že plán na měsíc duben je vypočten na 1036 km. Tím pádem se jedná o úsporu asi 800 km. Je však potřeba počítat s tím, že bude nezbytné používaným vozidlem obsloužit akutní případy po dobu dvou dnů, které byly v kapitole 4.1 uvedeny jako dny, pro které není připraven plán. V tabulce 9 je toto srovnání znázorněno.

S tímto tématem úzce souvisí i úspora pohonných hmot spotřebovaných při uskutečňovaných jízdách k zákazníkům. Pokud je počítáno s průměrnou spotřebou 10,5 l/100 km a pohonné hmoty průměrně stojí 33 Kč, náklady na pohonné hmoty pro měsíc

duben v případě sestaveného plánu návštěv zákazníků bude 3590 Kč, úspora na 800 km bude 2 772 Kč. Tabulka 9 názorně zobrazuje tuto skutečnost. Z této tabulky lze také vyčíst, že v roce 2017 byly náklady na pohonné hmoty vyšší než v roce 2016 i když v roce 2017 bylo ujeté méně kilometrů. Jak je uvedeno v kapitole 2.4, částky nemusí být plně úměrné ujetým kilometrům, to může způsobit nákup pohonných hmot v předchozím měsíci a spotřeba až v měsíci následujícím. Pokud by každý měsíc byla úspora alespoň 2 000 Kč, za celý rok by podnik ušetřil 24 000 Kč.

Tabulka 9 Porovnání ujetých km a nákladů na pohonné hmoty

	2015	2016	2017	plán
Počet ujetých kilometrů	2504 km	2296 km	1856 km	1036 km
Náklady na pohonné hmoty	6942 Kč	3800 Kč	5600 Kč	3590 Kč

Zdroj: autor

4.3 Výhody a nevýhody nového a starého systému

Starý systém

Největší nevýhodou je, že plánování téměř neprobíhá, tudíž není možné se dopředu připravit na práci ke konkrétnímu zákazníkovi. Každá příprava probíhá tak, že revizní technik podle zápisu o kontrole hasicích přístrojů z minulého roku připraví potřebné množství hasicích přístrojů, aby je měl k dispozici v případě, že by bylo nutné hasicí přístroj vyměnit. V takovém případě je nutné mít s sebou stejný typ přístroje se stejným rokem výroby. Počty těchto hasicích přístrojů určuje technik sám podle své zkušenosti. Tato příprava by mohla probíhat na začátku týdne pro celý týden, nebo ve dnech, kdy není stanoven plán, a ne jako tomu je teď den předem, protože by bylo jasné, kam se daný týden pojedí a jaké přístroje je nutné mít s sebou ve vozidle připravené. Další nevýhodou, na kterou je nutné poukázat je fakt, že revizní technik v systému starého plánování tras ujede více kilometrů, než pokud je plánování tras optimalizováno. Na to navazuje téma nákladů na pohonné hmoty, tedy čím více ujetých kilometrů za rok, tím větší náklady na pohonné hmoty. Slabá stránka starého systému je také možnost kontaktovat zákazníka dostatečně dopředu. Vzhledem k tomu, že nedochází k plánování a rozhodnutí, který zákazník bude navštíven, probíhá spontánně, je pravděpodobné, že revizní technik se zákazníkem bude hledat těžko termín, který bude vyhovovat oběma.

Naopak výhodou je nejspíš to, že jelikož není stanoven pevný plán revizí u jednotlivých zákazníků, technik si může práci přizpůsobit sobě samému, pokud například potřebuje navštívit úřad, či lékaře, může si pracovní plán přizpůsobit.

Nový systém

Nevýhodou nového systému by mohlo být to, že pokud je nastaven plán, je nutné ho dodržovat a pokud by z jakéhokoliv důvodu došlo k nedodržení vytvořeného plánu, mohlo by se stát, že nebudou obslouženi ti zákazníci, kteří daný měsíc obsloužení mají být.

Nový systém zahrnuje ale mnoho výhod. Hlavní výhodou je, že dodržáním vytvořeného plánu revizní technik ujede méně kilometrů a vznikne tedy úspora nejen v oblasti nákupu pohonných hmot, ale dojde i k menšímu opotřebení vozidla. Dále vznikne úspora času, protože daní zákazníci budou obslouženi dříve a nevyužitý čas bude moci být zužitkován efektivněji. Další výhodou, kterou je potřeba zmínit, je možnost s velkým časovým odstupem kontaktovat zákazníka a oznámit mu skutečnost, že nastal čas provést revizi hasicích přístrojů a domluvit s ním schůzku.

Tabulka 10 porovnává výhody a nevýhody jednotlivých systémů.

Tabulka 10 Porovnání systémů

	starý systém	nový systém
nevýhody	vysoký počet ujetých kilometrů	nedodržením plánu nebudou obslouženi všichni zákazníci, kteří mají být
	vysoké náklady na pohonné hmoty	
	obsluha zákazníků zabírá hodně času	
	kontaktování zákazníka s malým časovým odstupem	
výhody	technik si může přizpůsobit čas	málo ujetých kilometrů
		nízké náklady na pohonné hmoty
		úspora času
		možnost kontaktovat zákazníka dostatečně dopředu

Zdroj: autor

4.4 Software

V kapitole 3.2.2 byl navržen software, který by mohl být využit pro plánování dopravních tras ve vybraném podniku provádějícím revize hasicích přístrojů. V této kapitole je navrženo, co by software měl umět za výkony, a poté je navrhnut i již existující systém. Je nabízen společností Solvertech a jmenuje se Tasha. Na svých stránkách Solvertech (2018) má kalkulačku cen, kde je možné si vypočítat, kolik by bylo nutné investovat do tohoto systému. Vzhledem k situaci, jak funguje vybraná společnost, stačilo by plánování dopravních tras jednou měsíčně a vozidlo, kterým jsou obsluhováni zákazníci, má k dispozici podnik pouze jedno. Po zadání těchto vstupních údajů byla kalkulačkou vypočtena cena 600 Kč za měsíc. Pokud by tento systém byl využíván po celý rok, musel by podnik investovat 7 200 Kč. V kapitole 4.2 je vypočtena úspora na nákup pohonných hmot, která je za měsíc duben 2 772 Kč. I kdyby podnik investoval do využití systému Tasha, měl by měsíčně stále uspořené prostředky (2 172 Kč). Je tedy na úvaze podniku, zda bude chtít investovat do systému plánování dopravních tras.

4.5 Shrnutí

Ve čtvrté kapitole byl zhodnocen návrh řešení z předchozí kapitoly a bylo zjištěno, že pro vybraný podnik by optimalizace znamenala úsporu, co se týče ujetých kilometrů, ale i v související oblasti nákupu pohonných hmot. Jedná se o částku 2 772 Kč za měsíc duben, pokud by každý měsíc byla úspora alespoň 2 000 Kč, podnik by uspořil za rok 24 000 Kč, což je nezanedbatelná částka.

Kdyby podnik využil tohoto systému, mohlo by být využito efektivněji i ušetřeného času. Z kapitoly 4.1 plyne, že úspora času oproti starému systému plánování jsou 2 dny. Vybraná společnost by mohla, pokud by měla zájem, využít již existujícího systému, který plánuje dle zadaných vstupních údajů dopravní trasy sám. I kdyby byl využit tento systém, podnik by měl finanční úsporu.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce řeší oblast optimalizace dopravních tras v podniku, který se zabývá prováděním revizí hasicích přístrojů a působí převážně na území Královéhradeckého kraje a jeho okolí. Dané téma, bylo řešeno na základě nespokojenosti ve vybrané společnosti.

Oblast plánování dopravních tras je v podniku důležitou aktivitou. Ne vždy ale může být aktivním pomocníkem při řešení úspor, protože pokud nejsou použity správně vstupní údaje, plánování dopravních tras může být podniku spíše ke škodě, protože do něho investuje čas i finanční prostředky.

Na začátku práce jsou vysvětleny nejprve pojmy, které souvisí s daným tématem a poté teoretické postupy metod, které mohou být využity k řešení dané problematiky. Metod, které lze použít v této oblasti, je hned několik, avšak ne všechny jsou vhodné. Je nutné zohlednit okolnosti v konkrétním případě a poté vybrat tu, která bude nejlépe vyhovovat. Na konci první kapitoly byla pozornost věnována principům provádění revizí hasicích přístrojů, což je obor, jímž se vybraný podnik zabývá.

Dále je představena společnost a popsáno jak probíhá plánování dopravních tras v tomto podniku. Provedena byla také analýza dodavatelů, konkurence a substitutů, aby byla současná situace výstižně shrnuta. V podniku aktuálně nefunguje proces plánování dopravních tras. Tento problém se odráží nejen v plýtvání finančních prostředků, ale i v časové tísní, která podnik trápí. Vzhledem k tomu, že každý měsíc by probíhalo plánování stejným způsobem, byl vybrán jako modelový měsíc duben.

Předposlední kapitola slouží k představení návrhu řešení pro vybraný měsíc, ale i zobecnění a navržení softwaru, který by byl vhodný pro plánování tohoto typu. K výpočtu byla zvolena Clark Wrightova metoda, protože nejlépe vyhovuje vstupním údajům. Pomocí této metody bylo navrženo dvanáct tras, které byly rozděleny do jednotlivých týdnů v měsíci. V závěru třetí kapitoly byly popsány vlastnosti, které by měl mít software, aby byl vhodný pro plánování dopravních tras v této situaci. Bylo zjištěno, že takový systém je již na trhu dostupný. Tento software bere v úvahu jak pracovní dobu řidiče (v tomto případě revizního technika), tak kapacitu vozidla, kterým je obsluha vykonávána.

V poslední kapitole je návrh zhodnocen a to jak po časové stránce, tak po finanční. Finanční úspora na 800 km, o které je naplánovaná obsluha zákazníků kratší, je 2 772 Kč, což zohledněno na celý rok, je částka, kterou nelze zanedbat. Pokud se jedná o zhodnocení navrhovaného softwaru, využití již existujícího softwaru se stejnými podmínkami, které jsou

zapotřebí v situaci podniku poskytujícího revize hasicích přístrojů, by stál 600 Kč měsíčně, což je částka, která je pro vybraný podnik přijatelná.

Lze říci, že v této diplomové práci bylo navrženo přijatelné řešení, které by vedlo k úsporám pro danou situaci, a nyní je pouze na rozhodnutí podniku, zda tohoto návrhu využije, nebo ne.

POUŽITÁ LITERATURA

BRINKE, Josef, 1999. *Úvod do geografie dopravy*. Praha: Karolinum. ISBN 80-7184-923-5.

CENEK, Petr, Valent KLIMA a Jaroslav JANÁČEK. *Optimalizace dopravních a spojových procesů*. Žilina, 1994. ISBN 80-7100-197-X.

ČESKÁ REPUBLIKA, 2001. *Vyhláška č. 246/2001 Sb.: Vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)*. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-246>

DANĚK, Jan, Dušan TEICHMANN, 2005. *Optimalizace dopravních procesů*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava. ISBN 80-248-0996-6.

D.S.D. METAL plus s.r.o., 2017. Hasičská výzbrojna: Automatický hasicí systém - Hasicí koule Elide Fire. *D.S.D. METAL plus s.r.o.* [online]. [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <https://www.hasickavyzbrojna.cz/automaticky-hasici-system-hasici-koule-elide-fire-akce-do-vyprodani-zasob/d-194694/>

HASIČSKÁ VÝZBROJNA, 2017 Automatický hasicí systém - Hasicí koule Elide Fire. *Hasičská výzbrojna* [online]. [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <https://www.hasickavyzbrojna.cz/automaticky-hasici-system-hasici-koule-elide-fire-akce-do-vyprodani-zasob/d-194694/>

JABLONSKÝ, Josef, 2007. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-86946-44-3.

JANÁČEK, Jaroslav, 2006. *Optimalizace na dopravních sítích*. 2. prepracované vydanie. Žilina. ISBN 80-8070-586-0.

LAMBERT, Douglas, James STOCK a Lisa ELLRAM, 2000. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Praha: Computer Press. ISBN 80-7226-221-1

LARRY P. RITZMAN, LEE J. KRAJEWSKI, WILLIAM L. BERRY, STEPHEN H. GOODMAN, STANLEY T. HARDY a LAWRENCE D. VITT, 1979. *Disaggregation Problems in manufacturing and service organizations*. Dordrecht: Springer Netherlands. ISBN 9789401576369.

REVIZEKONTROLY.CZ, 2017. *Kontroly a zkoušky hasicích přístrojů*. *Revizekontroly.cz* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://www.revizekontroly.cz/odborne-clanky/pozarni-bezpecnost/kontroly-a-zkousky-hasicich-pristroj>

SOLVERTECH, 2018. *Jsem Tasha. SOLVERTECH: Efektivní plánování dopravy* [online]. [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: <https://solverttech.cz/>

SOLVERTECH, 2015. *Nejčastější obavy před zavedením systému pro plánování dopravy. SOLVERTECH: Efektivní plánování dopravy* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://solverttech.cz/nejcastejsi-obavy-pred-zavedenim-systemu-planovani-dopravy/>

STRUWIG, Claudia, George RUTHVEN a Konrad VON LEIPZIG, 2013. The application of design criteria for locating a hub configured supply chain for a restaurant cluster in the Stellenbosch area. *Journal of Transport and Supply Chain Management* [online]. [cit. 2018-01-21]. Dostupné z: <http://www.jtscm.co.za/index.php/jtscm/article/view/90/89>

TEPOSTOP, 2017. *Hasicí systémy* [online]. [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: <http://tepostop.cz/cs/fire-extinguishing-systems/automatic-extinguishing-system-firestop/>

ŽENČÁK, Pavel, 2013. *Lineární programování*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3414-8.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Formulace ekonomického modelu dopravního problému	21
Tabulka 2 Technické parametry vozidla Iveco Daily 35 C15	26
Tabulka 3 Počet ujetých kilometrů v posledních třech letech	28
Tabulka 4 Počet ujetých kilometrů (očištěno o důsledky kalendářních variací)	29
Tabulka 5 Náklady na pohonné hmoty za rok 2017	31
Tabulka 6 Počty hasicích přístrojů u zákazníků	41
Tabulka 7 Přidělení tras do jednotlivých týdnů v dubnu	50
Tabulka 8 Plán na měsíc duben	54
Tabulka 9 Porovnání ujetých km a nákladů na pohonné hmoty	55
Tabulka 10 Porovnání systémů	57

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Distribuční systém s přímou přepravou	12
Obrázek 2 Distribuční systém s překládkou	12
Obrázek 3 Příklad dopravní sítě s neexistujícím Eulerovým tahem.....	15
Obrázek 4 Příklad uzlu se stupněm 4	15
Obrázek 5 Postup konstrukce Eulerova tahu	16
Obrázek 6 Spojování jízd	19
Obrázek 7 Matematický model dopravního problému	22
Obrázek 8 Poměr zákazníků obsluhovaných automaticky a na zavolání.....	27
Obrázek 9 Počet ujetých kilometrů za poslední tři roky	29
Obrázek 10 Ukázková trasa.....	30
Obrázek 11 Náklady na pohonné hmoty za poslední tři roky	31
Obrázek 12 Mapa nejvzdálenějších míst.....	33
Obrázek 13 Poměr zákazníků platících na účet, nebo hotově	34
Obrázek 14 Mapa dodavatelů.....	35
Obrázek 15 Automatický hasicí systém	37
Obrázek 16 Hasicí koule	38
Obrázek 17 Zákazníci v měsíci dubnu	40
Obrázek 18 Trasa č. 1	43
Obrázek 19 Trasa č. 2	44
Obrázek 20 Trasa č. 3	44
Obrázek 21 Trasa č. 4	45
Obrázek 22 Trasa č. 5	45
Obrázek 23 Trasa č. 6.....	46
Obrázek 24 Trasa č. 7	46
Obrázek 25 Trasa č. 8	47
Obrázek 26 Trasa č. 9.....	47
Obrázek 27 Trasa č. 10	48
Obrázek 28 Trasa č. 11	48
Obrázek 29 Trasa č. 12.....	49

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Distanční matice

Příloha B Distanční matice časová

Příloha C Matice výhodnostních koeficientů

Příloha A Distanční matice

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	0
1	0	40,2	20,6	10,8	16,3	15,2	13	28,1	6,9	29,5	28,6	23,1	2,2	21,6	16,6	22,8	22,8	18,2	20,2	21,6	26,4	21,6	21,5	26,4	9,8	23,3	29,8	20,5	22,3	23,1	32,4	25,5
2	40,2	0	52	38,3	38,7	38,8	32,3	17,7	33,7	15,7	41	20,2	38,3	22,4	26,6	17,9	17,9	41,8	41	19	14,4	18,6	18,9	15,3	49,8	17,9	10,5	54	56	28,3	31,1	18,1
3	20,6	52	0	13,4	32,7	31,6	32,5	42,5	25,4	43,6	25,8	32,3	20,6	30,7	25,7	36,9	36,9	34,5	36,6	35,7	37,6	35,7	35,6	38,9	12,5	36,6	41,2	2,5	4,2	32,2	52	36,9
4	10,8	38,3	13,4	0	19,7	18,6	21,2	38,7	17,6	40,1	37,2	33,7	12,8	32,2	27,3	33,4	33,4	21,6	23,6	32,2	39,1	32,2	32,1	37	1,6	33,9	40,4	11,5	13,3	33,7	39	36,1
5	16,3	38,7	32,7	19,7	0	1,2	9,3	25,5	21,2	26	42,7	26,9	16,7	28,7	25,7	21,3	21,3	2,7	4,8	19,7	29	21,1	19,9	24,9	21,1	24,1	28,3	31,8	33,5	31,5	19,8	25,6
6	15,2	38,8	31,6	18,6	1,2	0	9,2	26,2	20,1	26,7	41,7	29,1	15,6	27,6	24,6	21,3	21,3	3	5	19,8	29	21,1	19,9	24,9	20	24,1	28,3	30,7	32,4	30,4	20,4	25,7
7	13	32,3	32,5	21,2	9,3	9,2	0	20,1	12,4	21,9	33,9	21,4	12,3	19,9	16,9	14,8	14,8	11,5	13,5	13,3	22,5	14,6	13,4	18,4	21,7	17,6	21,8	32,4	34,1	22,7	19,7	19,2
8	28,1	17,7	42,5	38,7	25,5	26,2	20,1	0	21,5	2,1	37,2	17,2	26,1	21,5	20,2	7,4	7,4	25,9	25	6,8	13,6	7,8	6,7	9,4	37,6	10	9,5	44,3	46	26	15,1	11,7
9	6,9	33,7	25,4	17,6	21,2	20,1	12,4	21,5	0	23	25	16,5	5,8	15	10,1	16,2	16,2	22,2	24,3	15,1	21,9	15	14,9	19,8	16,5	16,7	23,2	27,2	28,9	16,5	30,4	18,9
10	29,5	15,7	43,6	40,1	26	26,7	21,9	2,1	23	0	38,7	15,8	27,6	19,6	21,7	8,3	8,3	26,3	25,4	8,3	11,6	9,3	8,2	8	39,1	8,6	7,5	45,8	47,5	25,4	15,5	10,3
11	28,6	41	25,8	37,2	42,7	41,7	33,9	37,2	25	38,7	0	24,6	28,6	22,2	18,2	32,1	32,1	44	46	31	29,1	30,9	30,8	32,2	36,1	29,9	32,7	27,9	29,6	18,8	52	29,1
12	23,1	20,2	32,3	33,7	26,9	29,1	21,4	17,2	16,5	15,8	24,6	0	21,5	20,5	5,4	6,7	6,7	10,5	30,7	29,7	11,6	11,1	11,4	9,8	32,1	7,4	9,7	34	35,7	10,1	30,6	7
13	2,2	38,3	20,6	12,8	16,7	15,6	12,3	26,1	5,8	27,6	28,6	21,5	0	20,5	15,5	20,8	20,8	17,7	19,7	19,7	27,4	19,6	19,5	24,4	11,7	21,5	27,8	22,4	24,1	22	31,7	23,7
14	21,6	22,4	30,7	32,2	28,7	27,6	19,9	21,5	15	19,6	22,2	20,5	20,5	0	5,6	14,3	14,3	29,6	31,7	15,3	8,4	14,9	15,2	12,6	31,1	11,8	12	32,9	34,6	7,4	35	10,2
15	16,6	26,6	25,7	27,3	25,7	24,6	16,9	20,2	10,1	21,7	18,2	5,4	15,5	5,6	0	14,9	14,9	26,8	28,8	13,7	12,6	13,7	13,6	14,9	26,3	12,5	16,2	28	29,7	6,8	35	11,8
16	22,8	17,9	36,9	33,4	21,3	21,3	14,8	7,4	16,2	8,3	32,1	6,7	20,8	14,3	14,9	0	0,1	23,1	23,1	1,5	8,2	1	1,3	4,1	32,3	3,3	7,5	38,9	40,6	18,4	21,9	4,9
17	22,8	17,9	36,9	33,4	21,3	21,3	14,8	7,4	16,2	8,3	32,1	6,7	20,8	14,3	14,9	0,1	0	23,2	23,2	1,6	8,3	1,1	1,4	4,2	32,4	3,4	7,6	39	40,7	18,5	22	4,9
18	18,2	41,8	34,5	21,6	2,7	3	11,5	25,9	22,2	26,3	44	10,5	17,7	29,6	26,8	23,1	23,2	0	2,1	21,6	30,9	23	21,7	26,8	22,6	25,9	30,1	33,3	35	33,1	17,4	27,6
19	20,2	41	36,6	23,6	4,8	5	13,5	25	24,3	25,4	46	30,7	19,7	31,7	28,8	23,1	23,2	2,1	0	21,7	30,9	23	21,8	26,8	24,6	26	32,8	35,3	37,1	35,1	16,6	27,6
20	21,6	19	35,7	32,2	19,7	19,8	13,3	6,8	15,1	8,3	31	29,7	19,7	15,3	13,7	1,5	1,6	21,6	21,7	0	9,2	1,4	0,1	5,2	31,2	4,3	8,5	37,8	39,5	19,6	21,3	5,9
21	26,4	14,4	37,6	39,1	29	29	22,5	13,6	21,9	11,6	29,1	11,6	27,4	8,4	12,6	8,2	8,3	30,9	30,9	9,2	0	8,8	9,1	6,5	38	5,7	4	39,8	41,5	14,3	27	4,1
22	21,6	18,6	35,7	32,2	21,1	21,1	14,6	7,8	15	9,3	30,9	11,1	19,6	14,9	13,7	1	1,1	23	23	1,4	8,8	0	0,9	4,3	31,8	3,5	7,7	38,5	40,2	18,6	21,9	5,5
23	21,5	18,9	35,6	32,1	19,9	19,9	13,4	6,7	14,9	8,2	30,8	11,4	19,5	15,2	13,6	1,3	1,4	21,7	21,8	0,1	9,1	0,9	0	5	31,1	4,2	8,4	37,7	39,4	19,5	21,2	5,8
24	26,4	15,3	38,9	37	24,9	24,9	18,4	9,4	19,8	8	32,2	9,8	24,4	12,6	14,9	4,1	4,2	26,8	26,8	5,2	6,5	4,3	5	0	36	2,6	4,8	41	42,8	17,7	22,8	3,2
25	9,8	49,8	12,5	1,6	21,1	20	21,7	37,6	16,5	39,1	36,1	32,1	11,7	31,1	26,3	32,3	32,4	22,6	24,6	31,2	38	31,8	31,1	36	0	32,9	39,3	10,6	12,3	32,7	39,5	35,1
26	23,3	17,9	36,6	33,9	24,1	24,1	17,6	10	16,7	8,6	29,9	7,4	21,5	11,8	12,5	3,3	3,4	25,9	26	4,3	5,7	3,5	4,2	2,6	32,9	0	7,4	38,7	40,4	15,4	23,4	2,4
27	29,8	10,5	41,2	40,4	28,3	28,3	21,8	9,5	23,2	7,5	32,7	9,7	27,8	12	16,2	7,5	7,6	30,1	32,8	8,5	4	7,7	8,4	4,8	39,3	7,4	0	43,4	45,1	17,8	22,9	7,7
28	20,5	54	2,5	11,5	31,8	30,7	32,4	44,3	27,2	45,8	27,9	34	22,4	32,9	28	38,9	39	33,3	35,3	37,8	39,8	38,5	37,7	41	10,6	38,7	43,4	0	1,7	34,3	50	39
29	22,3	56	4,2	13,3	33,5	32,4	34,1	46	28,9	47,5	29,6	35,7	24,1	34,6	29,7	40,6	40,7	35	37,1	39,5	41,5	40,2	39,4	42,8	12,3	40,4	45,1	1,7	0	36	52	40,7
30	23,1	28,3	32,2	33,7	31,5	30,4	22,7	26	16,5	25,4	18,8	10,1	22	7,4	6,8	18,4	18,5	33,1	35,1	19,6	14,3	18,6	19,5	17,7	32,7	15,4	17,8	34,3	36	0	40,7	15,2
31	32,4	31,1	52	39	19,8	20,4	19,7	15,1	30,4	15,5	52	30,6	31,7	35	35	21,9	22	17,4	16,6	21,3	27	21,9	21,2	22,8	39,5	23,4	22,9	50	52	40,7	0	25
0	25,5	18,1	36,9	36,1	25,6	25,7	19,2	11,7	18,9	10,3	29,1	7	23,7	10,2	11,8	4,9	4,9	27,6	27,6	5,9	4,1	5,5	5,8	3,2	35,1	2,4	7,7	39	40,7	15,2	25	0

Zdroj: autor z interních dokumentů (2018)

Příloha B Distanční matice časová

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	0
1	0	55	24	13	19	17	18	35	9	37	39	33	3	29	23	31	31	20	23	31	36	31	28	36	12	32	40	25	28	33	46	35
2	55	0	64	53	55	55	45	47	51	27	53	31	35	31	35	26	26	54	54	27	20	27	27	22	66	26	15	67	70	38	46	26
3	24	64	0	16	38	36	40	42	29	44	28	41	23	38	31	38	38	39	42	36	46	39	36	44	15	41	49	3	7	40	60	48
4	13	53	16	0	24	22	30	48	22	49	47	46	16	42	36	43	43	25	29	41	50	44	41	48	3	44	53	14	18	45	46	48
5	19	55	38	24	0	3	14	34	24	34	45	43	20	31	28	31	31	5	8	28	43	31	29	36	24	35	41	37	40	35	26	38
6	17	55	36	22	3	0	14	35	21	35	42	32	17	28	26	31	31	4	7	28	43	31	29	36	22	35	41	34	38	32	25	38
7	18	45	40	30	14	14	0	25	16	28	37	26	19	23	20	21	21	17	20	19	33	21	19	26	29	25	31	41	45	27	28	28
8	35	47	42	48	34	35	25	0	26	4	38	25	33	28	22	10	10	32	32	7	17	9	7	16	46	14	13	44	48	29	23	17
9	9	51	29	22	24	21	16	26	0	28	29	25	7	21	15	23	23	25	28	20	29	23	20	27	21	23	32	33	37	24	41	27
10	37	27	44	49	34	35	28	4	28	0	40	24	35	25	24	13	13	32	32	9	14	11	9	12	48	13	9	46	50	32	23	16
11	39	53	28	47	45	42	37	38	29	40	0	27	39	23	19	35	35	46	49	32	31	35	32	37	46	33	34	31	34	27	62	34
12	33	31	41	46	43	32	26	25	25	24	27	0	32	27	10	14	14	17	36	46	18	18	18	15	45	12	13	45	48	17	48	11
13	3	35	23	16	20	17	19	33	7	35	39	32	0	27	21	29	29	21	24	26	35	29	26	34	15	31	38	27	31	31	46	34
14	29	31	38	42	31	28	23	28	21	25	23	27	27	0	9	21	21	32	35	23	12	23	22	19	41	17	16	41	44	12	48	16
15	23	35	31	36	28	26	20	22	15	24	19	10	21	9	0	18	18	29	32	16	17	19	16	22	35	19	21	34	37	11	45	20
16	31	26	38	43	31	31	21	10	23	13	35	14	29	21	18	0	1	34	34	3	13	3	3	7	43	5	11	41	44	28	32	8
17	31	26	38	43	31	31	21	10	23	13	35	14	29	21	18	1	0	35	35	4	14	4	4	8	44	6	12	42	45	29	33	8
18	20	54	39	25	5	4	17	32	25	32	46	17	21	32	29	34	35	0	3	31	45	34	31	39	25	37	43	37	40	35	21	40
19	23	54	42	29	8	7	20	32	28	32	49	36	24	35	32	34	35	3	0	31	45	34	31	39	28	37	41	40	43	38	21	40
20	31	27	36	41	28	28	19	7	20	9	32	46	26	23	16	3	4	31	31	0	14	3	1	8	40	6	13	38	41	22	28	9
21	36	20	46	50	43	43	33	17	29	14	31	18	35	12	17	13	14	45	45	14	0	15	14	11	49	9	5	49	52	20	37	8
22	31	27	39	44	31	31	21	9	23	11	35	18	29	23	19	3	4	34	34	3	15	0	1	7	41	5	11	39	43	28	29	9
23	28	27	36	41	29	29	19	7	20	9	32	18	26	22	16	3	4	31	31	1	14	1	0	8	40	6	12	38	41	22	28	9
24	36	22	44	48	36	36	26	16	27	12	37	15	34	19	22	7	8	39	39	8	11	7	8	0	47	4	8	47	50	27	36	5
25	12	66	15	3	24	22	29	46	21	48	46	45	15	41	35	43	44	25	28	40	49	41	40	47	0	43	52	13	17	44	46	47
26	32	26	41	44	35	35	25	14	23	13	33	12	31	17	19	5	6	37	37	6	9	5	6	4	43	0	12	43	47	23	36	4
27	40	15	49	53	41	41	31	13	32	9	34	13	38	16	21	11	12	43	41	13	5	11	12	8	52	12	0	52	56	24	32	11
28	25	67	3	14	37	34	41	44	33	46	31	45	27	41	34	41	42	37	40	38	49	39	38	47	13	43	52	0	3	43	58	59
29	28	70	7	18	40	38	45	48	37	50	34	48	31	44	37	44	45	40	43	41	52	43	41	50	17	47	56	3	0	36	62	54
30	33	38	40	45	35	32	27	29	24	32	27	17	31	12	11	28	29	35	38	22	20	28	22	27	44	23	24	43	36	0	52	23
31	46	46	60	46	26	25	28	23	41	23	62	48	46	48	45	32	33	21	21	28	37	29	28	36	46	36	32	58	62	52	0	40
0	35	26	48	48	38	38	28	17	27	16	34	11	34	16	20	8	8	40	40	9	8	9	9	5	47	4	11	59	54	23	40	0

Zdroj: autor z interních dokumentů (2018)

Příloha C Matice výhodnostních koeficientů

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	0	
1	0	6	59	70	54	56	45	17	53	14	30	13	66	22	32	12	12	55	52	13	7	13	16	4	70	7	6	69	61	25	29		
2		0	10	21	9	9	9	-4	2	15	7	6	25	11	11	8	8	12	12	8	14	8	8	9	7	4	22	18	10	11	20		
3			0	80	48	50	36	23	46	20	54	18	59	26	37	18	18	49	46	21	10	18	21	9	80	11	10	104	95	31	28		
4				0	62	64	46	17	53	15	35	13	66	22	32	13	13	63	59	16	6	13	16	5	92	8	6	93	84	26	42		
5					0	73	52	21	41	20	27	6	52	23	30	15	15	73	70	19	3	16	18	7	61	7	8	60	52	26	52		
6						0	52	20	44	19	30	17	55	26	32	15	15	74	71	19	3	16	18	7	63	7	8	63	54	29	53		
7							0	20	39	16	25	13	43	21	28	15	15	51	48	18	3	16	18	7	46	7	8	46	37	24	40		
8								0	18	29	13	3	18	5	15	15	15	25	25	19	8	17	19	6	18	7	15	32	23	11	34		
9									0	15	32	13	54	22	32	12	12	42	39	16	6	13	16	5	53	8	6	53	44	26	26		
10										0	10	3	15	7	12	11	11	24	24	16	10	14	16	9	15	7	18	29	20	7	33		
11											0	18	29	27	35	7	7	28	25	11	11	8	11	2	35	5	11	62	54	30	12		
12												0	13	0	21	5	5	34	15	-26	1	2	2	1	13	3	9	25	17	17	3		
13													0	23	33	13	13	53	50	17	7	14	17	5	66	7	7	66	57	26	28		
14														0	27	3	3	24	21	2	12	2	3	2	22	3	11	34	26	27	8		
15															0	10	10	31	28	13	11	10	13	3	32	5	10	45	37	32	15		
16																0	15	14	14	14	3	14	14	6	12	7	8	26	18	3	16		
17																	0	13	13	13	2	13	13	5	11	6	7	25	17	2	15		
18																		0	77	18	3	15	18	6	62	7	8	62	54	28	59		
19																			0	18	3	15	18	6	59	7	10	59	51	25	59		
20																				0	3	15	17	6	16	7	7	30	22	10	21		
21																					0	2	3	2	6	3	14	18	10	11	11		
22																						0	17	7	15	8	9	29	20	4	20		
23																							0	6	16	7	8	30	22	10	21		
24																								0	5	5	8	17	9	1	9		
25																									0	8	6	93	84	26	41		
26																										0	3	20	11	4	8		
27																												0	18	9	10	19	
28																													0	110	39	41	
29																														0	41	32	
30																															0	11	
31																																0	
0																																	0

Zdroj: autor z interních dokumentů (2018)

