

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Diplomová práce

Plánování tras kamionové dopravy

Bc. Pavlína Hraničková

© 2017 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Pavlína Hraničková

Provoz a ekonomika

Název práce

Plánování tras kamionové dopravy

Název anglicky

Planning of routes for truck transport

Cíle práce

Cílem diplomové práce je navrhnout zlepšení kamiónové přepravy pro vybranou firmu, která rozváží zboží svým odběratelům po celé České republice.

Metodika

- nastudování odborné literatury
- formulace problému
- stanovení požadavků na sestavování tras
- výběr metod pro řešení úlohy
- experimenty s modelem
- výběr nejefektivnější trasy
- ekonomické zhodnocení výsledku

Doporučený rozsah práce

60-80 stran

Klíčová slova

logistika, silniční přeprava, plánování tras, kamionová doprava, dopravní problém, Mayerova doprava, Vogelova aproximační metoda, metoda nejbližšího souseda, metoda Branch and bound,

Doporučené zdroje informací

BROŽOVÁ H., HOUŠKA M., 2003. Základní metody operační analýzy. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, ISBN 80-213-0951-2

DRAHOTSKÝ, I, ŘEZNÍČEK, B. Logistika: Procesy a jejich řízení, 1. vydání, Brno: Computer Press, 2003, 334s. ISBN 80-7226-521-0

SCHULTE CH., 1991. Logistika. Mnichov, Verlag Franz Vahlen GmbH, ISBN 80-85605-87-2

ŠUBRT, T., a kol. Ekonomicko-matematické metody, 1.vydání, Plzeň: Aleš Čeněk, 2011, 351s. ISBN 978-80-7380-345-2

TUZAR A., MAXA P., SVOBODA V., 1997. Teorie dopravy. 1.vyd., ČVUT, Praha, ISBN 80-01-01637-4

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – PEF

Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Houška, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2017

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2017

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Plánování tras kamionové dopravy" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2017

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala Ing. Milanu Houškovi, Ph.D., za konzultace a odborné připomínky, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Kamile Šťastné z firmy Bralep, s.r.o. za poskytnutí podkladů ke zpracování.

Plánování tras kamionové dopravy

Souhrn

Diplomová práce je zaměřena na plánování tras kamionové dopravy pro firmu Bralep, s.r.o. Primárním cílem této diplomové práce je najít neoptimalnější plán rozvozu za pomoci ekonomicko matematických metod a tím zároveň minimalizovat náklady vydané na dopravu. Z důvodu rostoucích nákladů na dopravu, dochází ve firmě ke sledování a optimalizaci všech nákladů na logistiku. Jelikož si firma organizuje veškerou distribuci svých výrobků směrem k odběratelům sama, jsou pro ni náklady a dopravu důležitým faktorem.

V teoretické části jsou přiblíženy základní pojmy týkající se daného tématu, jako je logistika, doprava a skladování. Dále jsou v literární rešerši vysvětlené ekonomicko matematické metody zabývající se dopravní problematikou. Z nich je vybrána nejlepší metoda, která nejlépe zefektivní dané dopravní trasy a ta byla použita v praktické části.

V případové studii je nejprve představena firma Bralep. Je zde popsáno, čím se firma zabývá a stručná historie založení firmy. Z důvodu rostoucích nákladů na dopravu, řeší firma optimalizaci svých dovozů. Je zde prezentován příklad od firmy Bralep s.r.o. Daný příklad je konstruován jako dopravní problém pro konkrétní dny. Každý den v týdnu má svůj úsek v České republice, kam se dováží. V příkladu jsou vypracovány optimální trasy dopravy výrobků k odběratelům, ty jsou nejprve za pomoci Mayerovy metody rozděleny do okruhu a poté je vybráno optimální řešení danou ekonomicko matematickou metodou. V závěru práce jsou porovnány ujeté kilometry celkem s nově vypočítanými kilometry v rámci celého týdne, kdy se zjistí, jaké trasy jsou výhodnější. Výsledky jsou zhodnoceny i po finanční stránce, kde je vyčísleno, na kolik, která trasa vyjde.

Klíčová slova

logistika, silniční přeprava, plánování tras, kamionová doprava, dopravní problém, Mayerova doprava, Vogelova aproximační metoda, metoda nejbližšího souseda, metoda Branch and bound

Planning of routes for truck transport

The Diploma thesis is aimed to route planning of Bralep,s.r.o. company lorry transport. The primary goal of the Diploma thesis is to find the most optimal delivery plan using economics mathematical methods and simultaneously minimize transport costs. The company is monitoring and optimizing all logistics costs due to increasing transport expenses. The logistics costs is very important factor because product distribution to the customers is organized solely by Bralep company.

In theoretical part of the thesis are mentioned basic topic terms as logistics, transportation and warehousing. In literary research are described economics mathematical methods connected with transportation issues. In the practical part of thesis was chosen the best of these methods which increase the efficiency of given transport route.

In the case study is firstly introduced Bralep company, the business activity and brief history of company establishment. Bralep concentrate efforts on optimizing the distribution costs due to increasing transport expenses. The given example is designed as a transport issue for concrete delivery days of Bralep, s.r.o. Every day in a week are products delivered to the exact part of Czech republic. In the given example are created optimal delivery routes to customers. These routes are first of all divided into circles using Mayer`s method, then the best solution is chosen using economics mathematical method. In conclusion of the thesis are compared total travelled kilometres per week with kilometres calculated using new method. The aim of comparison is to find out which route is more advantageous. The financial point of view shows exact costs of each delivery route.

Key words

logistics,road transport, route planning, lorry transport, transport issue, Mayer`s method, Vogel`s approximation method, The nearest neighbour method, Branch and bound method

OBSAH

1.	ÚVOD	10
2.	CÍL A METODIKA	12
2.1.	CÍL PRÁCE.....	12
2.2.	METODIKA PRÁCE	12
3.	LITERÁRNÍ REŠERŠE	14
3.1.	LOGISTIKA	14
3.1.1.	Činnosti logistiky	15
3.1.2.	Logistický řetězec	16
3.1.3.	Podstata logistického řetězce	16
3.1.4.	Dopravní logistika	17
3.2.	DOPRAVA.....	18
3.2.1.	Dopravní trh a soustava.....	18
3.2.3.	Druhy dopravy.....	19
3.3.	SILNIČNÍ DOPRAVA	20
3.3.1.	Typy nákladní automobilů.....	20
3.3.2.	Přepravní prostředky.....	21
3.3.3.	Legislativní omezení silniční dopravy	22
3.3.4.	Dohoda AETR	22
3.4.	MATEMATICKÉ METODY	23
3.4.1.	Jednostupňová dopravní metoda.....	24
3.4.2.	Okružní dopravní problém.....	24
3.4.3.	Jednookruhový okružní dopravní problém	25
3.4.4.	Víceokruhový okružní dopravní problém.....	26
3.4.5.	Přiřazovací metoda	26
3.4.6.	Metoda nejbližšího souseda.....	26
3.4.7.	Vogelova aproximační metoda	27
3.4.8.	Metoda větví a mezí.....	28
3.4.9.	Littlova metoda	29
3.4.10.	Habrova metoda	29
3.4.11.	Mayerova metoda	29
3.5.	PROGRAM TSPKOSA.....	30
3.6.	PŘEHLED SOUVISEJÍCÍCH PRACÍ.....	31
4.	PŘÍPADOVÁ STUDIE.....	34
4.1.	CHARAKTERISTIKA PODNIKU	34
4.2.	CHARAKTERISTIKA PROBLÉMU	36
4.3.	ŘEŠENÍ PROBLÉMU	37
4.3.1.	Vstupní data.....	37
4.3.2.	Rozdělení do automobilů	44
4.3.3.	Optimalizace jednotlivých okruhů.....	52
4.3.4.	Porovnání používané trasy a nově navržené.....	56
4.3.5.	Porovnání ujetých kilometrů	57
4.4.	FINANČNÍ ZHODNOCENÍ.....	58
4.4.1.	Vypočet ceny	59
4.5.	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	62
5.	ZÁVĚR.....	64
6.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	66
7.	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK A OBRÁZKŮ.....	70

7.4.	SEZNAM TABULEK	70
7.5.	SEZNAM OBRÁZKŮ	71

1. Úvod

Nákladní doprava je v dnešním světě důležitá. Téměř žádná firma se neobejde bez logistiky. Buď si ji firma zařizuje sama, nebo si najímá odborníky, kteří se na logistiku specializují. Logistika se dle definic zabývá pohybem materiálu, zboží a výrobku z místa vzniku do místa spotřeby a s tím souvisejícím informačním tokem.

Na první pohled by se mohlo zdát, že logistika je vlastně distribuce. Logistika však v sobě zahrnuje veškeré činnosti od zajištění materiálu, přes skladování, balení až po distribuci. Hodně firem si již uvědomuje, že je logistika důležitou součástí firmy a je tedy nezbytné se tomuto úseku věnovat a snažit se optimalizovat celý proces logistiky. Náklady, které vznikají v tomto úseku, jsou považovány za neproduktivní a jejich snižování patří ke strategickým cílům společnosti. Jelikož je doprava součástí logistiky, snaží se společnosti řídit dopravu ve firmě co nejvýhodněji.

Česká republika patří mezi vnitrozemské státy, kde se nejvíce využívá silniční doprava. Oproti železniční dopravě, má silniční několik výhod například nižší náklady, rychlost a flexibilita. Flexibilitou se rozumí především schopnost reagovat na nečekané změny či problémy na trase. Aby mohly být využity veškeré výše uvedené výhody je potřeba procesy logistiky optimalizovat. Právě proto se práce touto problematikou zabývá.

V teoretické části budou čtenáři seznámeni s vybranými ekonomicko matematickými metodami, které slouží k optimalizaci logistický procesů.

V praktické části bude čtenářům představena firma Bralep s.r.o., která se zaměřuje na výrobu stavební chemie. Firma má dvě pobočky v České republice, a to v Ledčicích a v Olomouci. Výroba probíhá v pobočce Ledčice a ta zásobuje prodejní sklad v Olomouci. Nedílnou součástí firmy je i oddělení logistiky, které zabezpečuje dopravu výrobků ke všem odběratelům. Firma si logistiku a celý její proces zajišťuje sama, aby byla schopna se lépe přizpůsobit změnám potřeb svých odběratelů a měla celý logistický proces pod kontrolou.

V zájmu firmy je logistický proces co nejvíce zefektivnit, nejen kvůli spokojenosti svých zákazníků, ale především z hlediska minimalizace nákladů. Každé snížení neproduktivních nákladů zvýší konkurenceschopnost firmy.

V závěru práce nebude chybět finanční vyčíslení, které prokáže smysl a efektivnost použití ekonomicko matematických metod v praxi a zároveň věřím, že práce přispěje k informovanosti menších firem o dané problematice.

2. Cíl a metodika

2.1. Cíl práce

Cílem této diplomové práce je optimalizace dopravních tras pro firmu Bralep s.r.o. za pomoci vybraných ekonomicko matematických metod vhodných pro dopravní problémy. K výpočtům bude využit výpočetní program TSPKOSA. Což je výpočetní program pro dopravní problémy v tabulkové kalkulátorů MS Office Excel. Nově vypočtené trasy budou porovnány s momentálně využívanými, a to jak po stránce kilometrové, tak i po té finanční.

2.2. Metodika práce

Práce je rozdělena na dvě části, a to na teoretickou část, kde se odborně popisují témata týkající se dané práce a dále je to část praktická, kde se řeší konkrétní problém konkrétní firmy.

Prvním krokem pro vypracování teoretické části je důkladné prostudování odborné literatury zabývající se daným tématem. V první části budou popsána témata, jako je logistika a čím se zabývá. Dále jsou to témata jako doprava, jak dopravu dělíme, jaké jsou druhy dopravy. Nejdůležitější částí literární části je podrobný popis ekonomicko matematický metod. První bude vysvětlena Mayerova metoda, která rozděluje jednotlivé rozvozy do tras. Dále jsou to optimalizační metody, jako je Metoda nejbližšího souseda, Vogelova aproximační metoda, Metoda větví a mezí. Dále je v literární rešerši představen doplněk TSPKOSA k tabulkovému kalkulátoru, který slouží k výpočtům dopravních úloh. Poslední částí je přehled souvisejících prací, kde jsou popsány práce kolegů, kteří se věnovali podobnému tématu.

V praktické části je nejprve vyobrazena firma Bralep s.r.o., je zde popsána stručná historie firmy a její hlavní činnost. Dále následuje důvod řešení problému a poté je to popis daného distribučního problému. Prvním krokem je rozdělení pomocí Mayerovy metody jednotlivých rozvozových míst do okruhů. Takto je učiněno pro všechny rozvozové dny. Poté jsou za pomoci programu TSPOSA vypočteny jednotlivé trasy, k čemuž poslouží metoda Branch and Bound neboli větví a mezí. Veškeré metody použité v praktické části jsou podrobně popsány v literární rešerši. Nadále jsou nově vypočítané trasy porovnány

s těmi běžně používanými firmou. Toto porovnání je jak z hlediska ujetých kilometrů, tak z finančního hlediska. Na konci práce je celkové shrnutí zjištěných výsledků a doporučení pro firmu.

3. Literární rešerše

3.1. Logistika

Drahotský a Řezníček (2003) popisují ve své publikaci logistiku jako proces, který má na starosti pohyb zboží a materiálu z místa vzniku do místa spotřeby a s tím souvisejícím tokem. Pojem logistika se skládá i z dopravy, řízení zásob, balení, manipulaci s materiálem, skladování a distribuci. Zahrnuje v sobě také systémy a to informační, řídicí a komunikační. Za hlavní cíl se považuje zajistit správný materiál na správném místě, v odpovídající kvalitě a včas s co nejmenšími náklady.

Slovo logistika pochází z řeckého slova logos, což znamená slovo, rozum, řeč. Slovo logos se užívalo i v aritmetice a stalo se základem další vědní disciplíny jako je logismus (úvahy, počty). (Pernice 2005). V 9. století se pojem začal používat ve vojenství. Logistika zajišťovala veškeré potřeby vojska, zásobovala oddíly potravinami, municí, zbraněmi a léky. Ve dvacátém století se logistika začala zkoumat, a to především kvůli podpoře obchodních strategií a dosahováním užité hodnoty. Logistika se nejvíce rozrostla po druhé světové válce v USA, kde se již začaly používat matematické metody. Pomocí nich se měly řešit zásobovací problémy. Později našly uplatnění v podnikové logistice ať už v určování optimálního množství skladovaných výrobků nebo v rozmístění skladu atd. (Drahotský, Řezníček 2003)

Logistika je také definována jako systémová vědní disciplína, jenž reprezentuje nová připojení známých věcí, zabývajících se koordinací, řešením a synchronizací operací. Tyto operace vznikají za účelem dělby práce a jsou spojeny s výrobou a finální produkcí. (Ziskal, a další, 2010)

Logistiku můžeme definovat jako soubor činností, které slouží k poskytování potřebného množství prostředků s nejmenšími náklady tam a tehdy, kde a kdy je po nich poptávka. Zabývá se veškerými operacemi, určující pohyb zboží (alokace výroby a skladů, zásob, řízení pohybu zboží ve výrobě, balení, skladování, dodávání odběratelům) – International Institut Applied Systems Analyses (IIASA) 1986.

V 50 letech se v Americe začaly objevovat první teoretické práce. Logistika se začala objevovat na univerzitách, kde se zpracovává teorie logistických systému jako

vědní disciplína. Poté se vrací logistika do Evropy a začíná se používat i mimo podnikovou sféru. (Svoboda, Latýn 2003).

Logistika je považována za integrované plánování, formování, provádění a kontrolování hmotných a s nimi spojených informačních toků od dodavatele do podniku, uvnitř podniku a od podniku k odběrateli. (Schulte, 1991)

3.1.1. Činnosti logistiky

Pro realizaci hladkého toku produktů z místa vzniku do místa spotřeby jsou zapotřebí tzv. hlavní činnosti.

Hlavní činnosti:

- 1) zákaznický servis (Custom service),
- 2) prognózování/plánování poptávky (Demand forecasting/planning),
- 3) řízení stavu zásob (Inventory management),
- 4) logistická komunikace (Logistics communication),
- 5) manipulace s materiálem (Material handling),
- 6) vyřizování objednávek (Order Processing),
- 7) balení (Packaging),
- 8) podpora servisu a náhradní díly (Parts and service support),
- 9) stanovené místa výroby a skladování (Plant and warehouse site selection),
- 10) pořizování/nákup (Procurement),
- 11) manipulace s vráceným zbožím (Return goods handling),
- 12) zpětná logistika (Reverse logistics),
- 13) doprava a přeprava (Traffic and transportation),
- 14) skladování (Warehousing and storage) (Lambert, Stock, 2005).

3.1.2. Logistický řetězec

Logistický řetězec se skládá z jednotlivých toků jako jsou hmotné, informační a peněžní, které probíhají mezi subsystemy výroby, dopravy a zasílatelství. (Získal, a další, 2010)

Existují pasivní a aktivní prvky:

Mezi pasivní prvky patří materiál, výrobky a vše co překonává prostor a čas. Aktivními prvky jsou veškeré technické zařízení a prostředky, které zajišťují sled operací s pasivními prvky, jakými jsou doprava, skladování, balení a manipulace. Do této skupiny řadíme i zpracování informací a rozhodování. Aktivní prvky zajišťují pohyb pasivních prvků. Procesy přeměny, které probíhají v člancích logistických řetězců, se nazývají logistické funkce. (Získal, a další, 2010)

3.1.3. Podstata logistického řetězce

Logistické řetězce existují jak krátké (výrobce – dodavatel) tak zároveň i dlouhé s větším množstvím mezi článků.

Při vytváření účinných logistických řetězců jsou podstatné tři vlastnosti:

1) Transparentnost – či průhlednost, musí být viditelná na celé délce logistického řetězce, který se zabývá dodávkovou a odbytovou situací. Transparentnost je velmi důležitá pro podniky, jenž vytvářejí články řetězců, od kterých jsou očekávány přesné a aktuální informace o stavu materiálu, dílů a hotových výrobků.

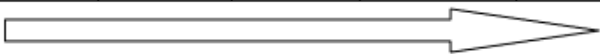
2) Konektivita – či propojitelnost u jednotlivých článků do sjednoceného řetězce. Jde o to správně podat, vyměnit a používat informace s přesahem úseku a funkcí. Rozsáhlá automatizovaná správa informací s přesahem úseku a funkcí a méně používané ruční zpracování je předpokladem pro jednodušší sjednocení rostoucího počtu procesů do dodavatelského řetězce.

3) Agilita – či aktivita partnerů, jenž chtějí rychle dosáhnout požadovaných změn, jejichž podstatou jsou získané informace. Jde především o přizpůsobení (flexibilitu) podnikových procesů, jelikož aktuální a různé informace jsou pro podniky neúčinné a nepředstavují rychlou odezvu existujícími opatrovací, výrobní a prodejní struktury.

V logistické řetězci je stále větší nutnost kladena na flexibilitu a mobilitu. Doprava je čím dál více omezena, a to především proto, že mnoho komunikací má problém s dopravními zácpami či uzávěrkami. Tento problém se netýká jen dopravy silniční, ale i všech ostatních. (Pernica 2005)

Logistická centra, zásobování a distribuce je součástí logistických řetězců. Tato centra jsou spravována poskytovateli daných služeb. Logistické řetězce se skládají z řetězců dodavatelů a distributorů. (Stehlík, Kapoun 2008)

Tabulka č. 1 - Přehled typických funkcí v logistických řetězcích

Seznam typických funkcí						
Obchodní procesy	Prodej a marketing	Technické prostředky	Logistika	Výroby	Nákup	Finance a účetnictví
Řízení vztahů pro zákazníky	Account management	Definice požadavků	Definice požadavků	Výrobní strategie	Strategie získávání zdrojů	Ziskovost zákazníků
Řízení služeb pro zákazníky	Řízení a správa účtů	Technické služby	Technické podmínky	Koordinované provedení práce	Prioritní hodnocení	Náklady na služby
Řízení poptávky	Plánování poptávky	Zpracování požadavků	Plánování sítě	Plánování kapacit	Získávání zdrojů	Analýza obchodování
Plnění požadavků	Zvláštní objednávky	Požadavky na životní prostředí	Řízení distribuce	Přímé dodávky	Vybraní dodavatelé	Distribuční kanály
Řízení výrobního procesu	Specifikace balení	Stabilita procesu	Kritéria priorit	Plánování výroby	Integrované dodávky	Výrobní náklady
Zprostředkován	Evidence objednávek	Specifikace materiálu	Příjmové operace	Integrované plánování	Evidence dodavatelů	Materiálové náklady
Vývoj a marketing výrobků	Obchodní plán	Design výrobků	Požadavky na změny výrobků	Specifikace procesů	Specifikace materiálu	Náklady na výzkum a vývoj
Dodavatelé						Zákazníci

Zdroj: (Stehlík, Kapoun 2003)

3.1.4. Dopravní logistika

Dopravní systémy mají v logistice velmi důležitou roli. Nejenže doprava propojuje jednotlivé části logistického řetězce, ale může také pomoci při řešení míst styku jednotlivých subsystémů celého logistického procesu. Pro dopravu je jednodušší, pokud

přepraví prostředek a může plnit i jiné funkce jako je třeba manipulace, balení a skladování. Hlavním cílem logistiky je zvýšit efektivnost všech systémů, a proto je nutné vytvořit řídicí systém, který by optimalizoval veškeré činnosti systému. Takový systém označujeme jako logistický, kdežto dopravní systém, který odpovídá logistickému řízení oběhových procesů nazýváme logistickou dopravou. (Drahotský, Řezníček 2003)

3.2. Doprava

Doprava je odvětví národního hospodářství, které se zabývá přepravou osob a věcí. Jedná se o pohyb dopravních prostředků po dopravních cestách. V logistice má doprava význam na přelomu 70. a 80. let, kdy nastal nárůst konkurence v různých způsobech dopravy. (Drahotský, Řezníček 2003)

3.2.1. Dopravní trh a soustava

Dopravní trh se dělí na dvě oddělené části, a to na trh osobní dopravy a na trh nákladní přepravy. Osobní doprava se věnuje přepravě osob, kdežto trh nákladní dopravy přepravuje materiál, výrobky a zboží.

Dopravní soustavu můžeme definovat jako soustavu prostředků a činností pro všechny druhy dopravy, jenž uspokojují potřeby trhu, a to jak kvalitativní, tak kvantitativní. Je tvořena dopravou veřejnou (železniční, silniční, letecká, vodní a MHD) a neveřejná (závodová doprava či individuální motorismus). (Drahotský, Řezníček 2003)

3.2.2. Dopravní síť

Dopravní síť lze charakterizovat jako složitý systém, který se rozkládá na velkém území a překračuje hranice jednotlivých států. Tento systém umožňuje pohyb dopravních prostředků. Dále ji můžeme definovat jako konečnou množinu uzlů a cest, jenž dané uzly spojuje. Dopravní síť můžeme zobrazit jako rovinný síťový graf definovaný množinou uzlů (U) a množinou hran (H), které jsou ohodnocené směrovou orientací, délkou hrany (d) a propustností buď sítě jako celku či jednotlivých cest v síti nebo prvků sítě (p). $S = (U, H, d, p)$ (Svoboda 2006)

3.2.3. Druhy dopravy

Dopravu dělíme podle dopravních cest a dopravních prostředků na následující oblasti:

1) Železniční doprava – Infrastruktura železnic byla téměř dokončena před 1. světovou válkou. Poté již docházelo pouze k dílčímu rozšíření nebo k technickým změnám a zásahům. Nejvýznamnější investicí je modernizace a výstavba tzv. koridorů. Koridory tvoří základní páteř celé sítě. Hlavním důvodem k výstavbě železniční sítě byl rozvoj průmyslu, růst přepravních požadavků a potřeba rozšiřovat trhy, což silniční doprava nebyla schopná zajistit. Železniční doprava poskytuje služby ve vnitrostátní a mezinárodní přepravě a v oblasti osobní i nákladní přepravy.

2) Silniční – Již na počátku 20. století měla silniční infrastruktura svoji podobu a byla dále jen rozvíjena. Silniční síť byla sice v té době již dokončena, ale v dopravní soustavě neměla významnou roli, jelikož se zatím nerozvinula automobilová doprava a jednalo se o dopravu koňskými povozy. Teprve po druhé světové válce se začal rozvíjet automobilismus a došlo k modernizaci povrchu silničních sítí. Silniční dopravci poskytují vnitrostátní i mezinárodní nákladní i osobní přepravu. Obvykle se však specializují jen na jednu oblast.

3) Vodní – V České republice má vodní doprava jen velmi malou roli, a to hlavně z důvodu omezenosti dopravní cesty a omezenosti jejího rozšíření. Dále je provoz závislý na počasí a možná místa nakládky jsou omezena. Osobní doprava je pouze rekreační. V nákladní dopravě hraje významnější roli při vývozu zboží.

4) Leteckou – Letecká doprava má v České republice spíše doplňující roli a využívá se vzhledem k rozloze státu k mezinárodní přepravě a spíše k přepravě osob. Síť letecké přepravy se skládá z letišť, leteckého vybavení a vymezení části vzdušného prostoru České republiky.

5) Nekonvenční – Jedná se například o lanovky, potrubní dopravu jako jsou ropovody, plynovody. (Synek, Kislíngerová a kol. 2010)

3.3. Silniční doprava

Největší výhodou silniční dopravy je zejména její rychlost, operativnost a úspora času. Její rychlost je založena na rozsáhlé hustotě silničních sítí, které mohou být využity většinou dopravních prostředků. Nejvíce se tento druh dopravy využívá především v přepravě mezi maloobchodem a velkoobchodem. Podíl silniční dopravy po celé světě neustále roste. (Gros, 1996).

3.3.1. Typy nákladní automobilů

Nákladní automobil je motorové vozidlo prvotně určené pro přepravu nákladu. Konstrukci nákladních vozidel můžeme srovnat s automobilem osobním jen jsou těžší a mají speciálně upravené a zesílené odpružení a podvozek.

Základní dělení nákladních vozidel

1. Lehký do 3,5t
2. Středně těžký do 7,5t
3. Těžký nad 7,5t

Podrobnější dělení nákladních automobilů

- 1) Dodávka – pick up – jedná se malé nákladní vozidlo, které má otevřenou střechu nákladového prostoru
- 2) Dodávka – slouží jak pro přepravu lidí, tak i zboží. Existují vozy s různou velikostí a od klasické dodávky až přes MiniVAN a lze s nimi rozvážet různé druhy zboží. Řadí se mezi středně těžká vozidla
- 3) Tahač – jedná se o těžké nákladní vozidlo, které má za sebou přívěs
- 4) Návěs – připojuje se za tahač a jedná se o nejpoužívanější nákladní přívěs. Celkově uveze 24 t zboží.
- 5) Mrazící přívěs – jedná se o přívěs, který je speciálně upravený pro přepravu potravin, které požadují teplotu v rozmezí -25 °C až +25°C. Zvládne uvést zhruba 22 tun.

- 6) Termo přívěs - tento typ přívěsu se používá k přepravě potravinářských výrobků, které potřebují jen chladit nikoliv mrazit. Maximálně přepravovaná váha je 22 tun.
- 7) Sklápěcí vozidlo – tento druh vozidla se využívá k převozu sypkého materiálu jako například písku. Na vozidle jsou hydraulické písty, které zvedají přední část vozu.
- 8) Valník – vozidlo má rovný povrch a je bez postranic a střechy.
- 9) Velkokapacitní souprava – jedná se o plachtový valník včetně přívěsu. Má větší plochu a objem pro přepravu oproti návěsu. Má délku až 15 metrů a lze na něj naložit až 24 tun a může dosahovat výšky až přes 3 metry. (Kurcová 2015)

Za nejrozšířenější nákladní vozidla se považují lehká silniční vozidla. Mají uplatnění ve všech oborech hospodářství, a to především jako zásobovací, rozvozová či servisní vozidla. Tento druh je konstrukčně odvozen od osobních aut se snahou rozšířit co nejvíce nákladní plochu. (Mačat, Sixta 2005).

3.3.2. Přepravní prostředky

Pro přepravu výrobků a zboží se využívají různé technické druhy prostředků, jenž usnadňují celý proces přepravy a zároveň se využívá vhodná ochrana, která zajistí bezpečnost výrobků a zboží proti poškození během manipulace. Přepravní prostředky mají několik výhod, a to především již zmiňovaná ochrana při manipulaci či stabilita, snadná údržba, stopovatelnost. Dalším kritériem je i snadná likvidace i manipulace.

Jako přepravní jednotku si můžete představit například kontejner, paletu, přepravní skříň či podobnou jednotku. V současné době existuje mnoho přepravních prostředků a jednotek. Nejznámější a nejpoužívanější jsou palety pro jejíž výrobu se používají různé materiály jako například dřevo, kov či plast. Palety jsou snadno skladovatelné a jejich hlavní předností je stohovatelnost, což šetří místo při skladování či přepravě. Standardizované palety jsou speciálně upravené pro jednoduchou manipulaci a to tak, že jsou přizpůsobeny vidlicím na vysokozdvíhacích vozících. (Svoboda, 2006).

Pro kombinovanou dopravu jsou nejvhodnější přepravní kontejnery, jenž jsou přepravním prostředkem, který má tvar kvádra. Existuje několik druhů kontejneru. Jsou rozděleny dle výšky. Dále existují kontejnery zcela uzavřené nebo naopak otevřené a tyto kontejnery se využívají u velmi těžkého zboží, které je potřeba nakládat vrchem. Dále jsou

zde kontejnery speciálně upravené na přepravu potravin. Výhodou kontejnerů je odolná kovová konstrukce a uzamykatelnost. (Eisler 2008)

3.3.3. Legislativní omezení silniční dopravy

Tato diplomová práce se věnuje problematice silniční dopravy. Pro řidiče v silniční dopravě existují určitá omezení. Řidiči většinu své pracovní doby tráví za volantem automobilu, a to se pak projevuje zvýšenou únavou. Doba řízení tedy nesmí překročit zákonem stanovenou dobu. Tato pracovní doba se řídí dohodou AETR (Evropská dohoda o práci osádek vozidel v mezinárodní silniční dopravě). Jedná se o mezinárodní dohodu, která vznikla v Ženevě roku 1970 a přesně vymezuje podmínky pro profesionální řidiče. (Sysel, 2013)

3.3.4. Dohoda AETR

Shrnutí dohody v nejdůležitějších bodech:

1. Celková týdenní doba řízení – na jeden týden je stanovená maximální doba za volantem a to 56 h. Nejvíce se smí prodloužit na 60 hodin, ale s tím že průměrná pracovní týdenní doba za 4 měsíce není vyšší než 48 hodin.
2. Nejvyšší doba řízení po sobě následujících dvou týdnech – je stanovena na 90 hodin.
3. Zařazení týdenní doby odpočinku – odpočinek musí začínat maximálně po 6 dnech, kdy denní doba řízení je nejdéle 9 h. Doba řízení se dvakrát do týdne smí protáhnout až na 10 hodin. Řízení je zapotřebí po max. 4,5 hodinách přerušit, a to minimálně na 45 minut.
4. Doba odpočinku – denní doba odpočinku je stanovena na 11 hodin. Tuto dobu lze rozdělit na dvě části. První část by měla mít minimálně 3 hodiny a druhá minimálně 9 hodin. Mezi dvěma týdenními dobami odpočinku se může použít zkrácená doba odpočinku, ale pouze 3krát. Zkrácená doba odpočinku je kratší než normální doba odpočinku, ale nesmí být kratší než 9 souvislých hodin.

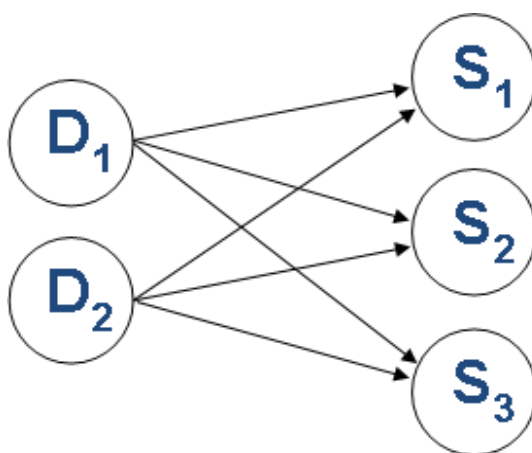
5. Týdenní doba (zkrácena) – po dvou sobě navazujících týdnech musí mít řidič bud dvě řádné doby odpočinku či jednu řádnou a jednu zkrácenou. Dvě zkrácené doby odpočinku mít nesmí.
6. Týdenní odpočinek – doba odpočinku je stanovena na 45 hodin a může nahradit i jednu denní dobu odpočinku. Zkrácená doba odpočinku nesmí být kratší než 24 hodin. Není podstatné, kde řidič své volno tráví.
7. Týdenní odpočinek ve vozidle, který má lůžko – zkrácený odpočinek je zde povolený.
8. Přerušení doby řízení – po 4,5 hodinách řízení si musí řidič udělat pauzu a to na 45 minut. Ovšem tuto pauzu může rozdělit, ale jen na dvakrát. První část by měla mít 15 minut a druhá půl hodiny.
9. Přerušení odpočinku – řidič může přerušit odpočinek při jízdě ve vlaku či na trajektu. Odpočinek může být přerušen pouze dvakrát, a to za podmínek, že vozidlo má lůžko. A toto přerušení smí trvat jen hodinu, a to ke sjetí z trajektu či vlaku a dojetí na parkoviště.
10. Zapisování činnosti – do pracovní činnosti se započítává i cesta z domova do společnosti. Dále je to čas strávený ve firmě např. čištění vozidla, opravy a servis.
11. Rozlišování činností – při vypracování výkazu je důležité rozlišit co zařadit do pracovní doby např. pohotovost se do pracovní doby neřadí.
12. Kontrola řidiče – každý řidič musí dokládat záznamový kotouče či kartu řidiče. Karta má digitální záznam a musí se zároveň s ní doložit i karta vozu. Záznamový kotouč musí mít nejméně 21 koleček a musí být zaznamenáno volno, nemoc či dovolená. (Macháček 2017)

3.4. Matematické metody

Mezi úlohy lineárního programování patří i distribuční úlohy. Jsou to problémy jednostupňové, dvoustupňové, přiřazovací, okružní a trasovací. Jsou řešeny pomocí lineárního programování, některé je možné řešit specifickými metodami, které jsou jednodušší než simplexová metoda. (Šubrt a kol. 2011)

3.4.1. Jednostupňová dopravní metoda

Jednostupňová dopravní metoda řeší problém dopravy od dodavatelů směrem ke spotřebitelům s co nejnižšími náklady. Předpokladem této metody je, že se používá stejný dopravní prostředek a že mezi dodavatelem a odběratelem existuje pouze jedna cesta. Po této dopravní cestě je možno přepravit libovolné množství produktu a náklady na přepravu jsou přímo úměrné přepravovanému zboží. Je dán počet dodavatelů, kteří mají své kapacity výrobků. Výrobky se dovážejí danému počtu odběratelů, kteří mají své požadavky na maximální množství. (Kostková 2006)

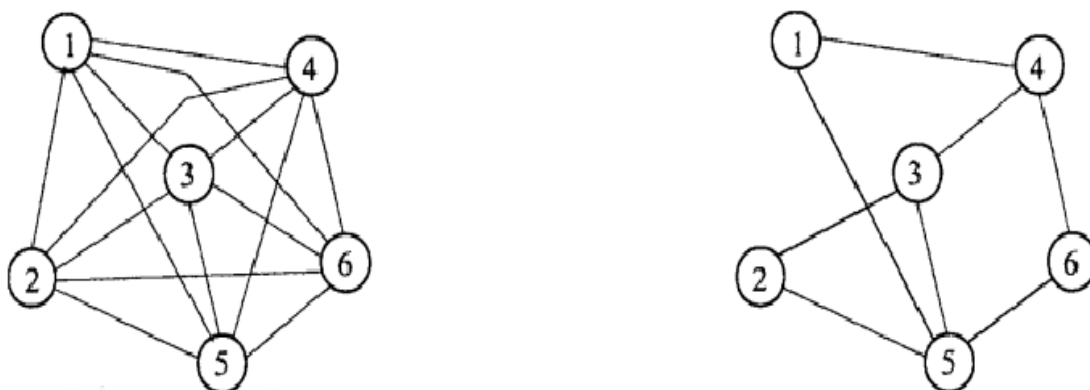


Obrázek 1: Jednostupňový dopravní problém (Brožová, Houška 2003)

3.4.2. Okružní dopravní problém

Okružním dopravní problém nastává tehdy, jestliže chceme nalézt nejvhodnější způsob dopravy tak, že místa spojíme okružním způsobem, nikoliv dvě místa izolovaně. Spojení okružní se pojí sestavením posloupností všech míst, tak že se všechna místa zobrazí na okruhu jedenkrát s výjimkou počátečního místa, které bude zároveň místo konečné, a tak aby součet sazeb byl co nejmenší. Tento problém je také znám pod názvem problém obchodního cestujícího. Velmi podobným problémem je problém čínského listonoše, jež se snaží projít všechny cesty a zároveň procházet cesty co nejméně resp. jejich křižovatky, kde již byl. Tuto problematiku lze přehledně prezentovat graficky.

Vrcholy ukazují místa, která mají být propojena a hrany jsou možná spojení mezi nimi. Ohodnocení spojení je pak ohodnocením příslušné hrany. Existují dva základní typy okružních dopravních problémů, a to okružní problém s úplnou sítí cest, kde existují spojení mezi dvěma body a poté problém s neúplnou sítí cest, kde neexistuje přímé spojení každé z dvojic. Neúplnost sítě můžeme popsat tak, že některá spojení nelze realizovat.



Obrázek 2: Okružní dopravní problém s úplnou sítí a neúplnou (Brožová, Houška 2003)

3.4.3. Jednookruhový okružní dopravní problém

V praxi jsou okružní dopravní problémy celkem častým jevem. Využíváme je v případě, že je potřeba rozvést materiál, výrobky či zboží od jednoho dodavatele k několika odběratelům (či naopak). Nejjednodušší z okružních problémů je jednookruhový, kdy je přeprava realizována pouze jedním jediným okruhem. Cílem je najít okruh, kdy by se veškerý materiál, zboží či výrobky rozvezly co nejkratší možnou cestou. Každé rozvozové místo je na okruhu pouze jednou, kromě počátečního místa, které je zároveň místem konečným. Což je logické, když auto vyjede z firmy, tak se tam i vrátí. (Šubrt a kol. 2011)

3.4.4. Víceokruhový okružní dopravní problém

Další z okružní dopravních problémů je víceokruhový problém. Tento typ se vyskytuje nejčastěji z důvodu kapacitního omezení automobilů. V mnoha případech není možné rozvést veškeré zboží jen jedním okruhem. Proto je zapotřebí místa rozvrhnout do několika okruhů tak, aby byly uspokojeny veškeré požadavky odběratelů s ohledem na kapacitu vozidel. Také je zapotřebí nalézt tyto okruhy, tak aby byly co nejkratší. (Šubrt a kol. 2011)

3.4.5. Přiřazovací metoda

Jedná se o nejjednodušší typy distribučních úloh, kam se řadí i jednostupňová dopravní úloha. Základem této metody je přiřadit určité prvky ke stejnému počtu prvků jako například výrobky ke strojům či pracovníky pracovištím. A to především proto, aby byl výsledný efekt co nejlepší. Buď, aby se náklady co nejvíce minimalizovaly, nebo se naopak maximalizoval výkon. (Šubrt, a další, 2011)

3.4.6. Metoda nejbližšího souseda

Jedná se o nejjednodušší metodu pro řešení jednookruhového dopravního problému.

Metoda nejbližšího souseda je také považována za tzv. hladovou metodu. Do okruhu se vždy zařazuje v danou chvíli ten nejvýhodnější prvek. Výstupem jsou celkem přesné výsledky v krátkém čase. Metodu nejbližšího souseda lze využít i v případě s nesymetrickou maticí sazeb. (Kučera, 1999)

Hlavním principem této metody je, že si zvolíme výchozí místo a z něj se vydáme do místa, které je nejméně vzdálené do výchozího místa. Takto pokračujeme, dokud nejsou zařazena všechna místa okruhu. Jako poslední zařadíme opět výchozí místo. Každé místo v okruhu zvolíme postupně jako výchozí a najdeme okružní trasu. Ze všech nalezených tras najdeme trasu s nejmenším součtem sazeb.

Postup výpočtu:

- 1) V řádku výchozího místa najdeme nejvýhodnější (nejkratší) sazbu a zařadíme do výsledné trasy.
- 2) Vyškrtneme sloupec s nyní konečným místem.
- 3) V řádku odpovídajícímu konečnému místu najdeme opět nejvýhodnější sazbu a opět ji zařadíme do okruhu.
- 4) Celý postup se opakuje až do chvíle, kdy jsou zařazena všechna místa.
- 5) V posledním kroku se vybere výchozí místo a zařadí se do vybraného okruhu.
- 6) Každé místo v okruhu zařadíme jako výchozí a přiřadíme mu dle stanoveného postupu trasu.
- 7) Všechny stanovené okruhy porovnáme a vybereme ten nejvýhodnější (Brožová, Houška 2003)

Tato metoda je výpočetně nejjednodušší a časově nejméně pracná ovšem neudává nejlepší výsledky. (Šubrt a kol. 2011)

3.4.7. Vogelova aproximační metoda

Tato metoda je jednou z nejpoužívanějších aproximačních metod, a to z důvodu, že udává výsledky blízké optimu.

Pro tuto metodu není nejdůležitější absolutní výše její sazby ale relativní výhodnost s ohledem na zvýšení nákladu, a to za předpokladu, že by muselo být využito až druhé nejvýhodnější řešení. Relativní výhodnost se zjišťuje tak, že se udělá rozdíl mezi nejvýhodnější sazbou a druhou nejvýhodnější sazbou od dodavatele k odběrateli. Tyto rozdíly se nazývají jako minimální velikost jednotkové ztráty, která by vznikla, kdyby bylo vybráno méně výhodné pole.

Postup VAM:

- 1) Začne se výpočtem diferencí pro nejvýhodnější sazbu a druhou nejvýhodnější sazbu. Tyto difference se vypočtou pro všechny sloupce a řádky.
- 2) Vybere se nejvyšší difference a pro ni odpovídající spotřebitel či
- 3) dodavatel. Po tomto řádek či sloupec se zvolí trasa s nejvýhodnější sazbou.

- 4) Pokud nelze jednoznačně určit trasu, používají se dodatečná kritéria.
- 5) Pokud existuje několik maximálních diferencí, volí se přednostně pole s nejuvhodnější sazbou v porovnání se všemi sazbami v matici neboli sedlové pole.
- 6) Jestliže je v matici několik sedlových polí, tak se obsazuje to pole, které má nejvyšší součet řádkové a sloupcové difference.
- 7) Pakliže se stane, že neexistuje ani jedno sedlové pole pro maximální diferenci, řeší se tento případ tak, že se udělají pro tyto řady další difference. Jedná se o druhé difference, což je rozdíl mezi druhou nejuvhodnější sazbou v řadě s maximální první diferencí a mezi nejuvhodnější sazbou v kolmé řadě procházející uvažovanou druhou nejuvhodnější sazbou. Vybereme pole s nejuvhodnější sazbou v řadě s maximální druhou diferencí. (Brožová, Houška 2003)

3.4.8. Metoda větví a mezí

Metoda větví a mezí neboli Branch and Bound je velmi často používaná metoda pro řešení kombinatorických úloh, která neprohledává množinu všech přípustných řešení. Přípustných řešení je totiž tolik, že čas potřebný k vyhodnocení jednoho z řešení je tak velký, že by nebylo možné ukončit výpočet v přijatelném čase, a to i přesto, že by se využila nejmodernější výpočetní technika. Princip této metody je naopak založen na prohledávání množin přípustných řešení ve směru nejlepšího zlepšení dané účelové funkce.

Úlohy jsou řešeny dělením neboli větvením množin přípustných řešení na menší podmnožiny a výpočtem dolního či horního odhadu hodnot účelové funkce pro všechna řešení v jednotlivých podmnožinách přípustných řešení. Tyto odhady slouží k vyloučení těch podmnožin, které nedosahují optimálního řešení a také slouží k nalezení nejlepší podmnožiny vhodné pro další dělení. Výpočet je ukončen získáním jednoprvkové podmnožiny, která obsahuje jediné řešení s hodnotou menší či rovnou dolním odhadům hodnot účelové funkce na všech podmnožinách, které během výpočtu vznikly, ale nebyly dále již děleny. Toto řešení má mít nejmenší hodnotu účelové funkce, a to vzhledem ke všem přípustným řešením úlohy. Toto řešení lze považovat za optimální. (Tuzar, Maxa, Svoboda 1997)

3.4.9. Littlova metoda

Tato metoda je založena na principech metody větví a mezí (Branch and Bound). Tato metoda je vhodná především pro sestavování okružních tras s neomezenou kapacitou vozidel. Množina všech přípustných řešení se dělí na stále menší podmnožiny. Pro každou takto získanou podmnožinu se vypočte minimální hranice dosažitelné délky cyklu. Výpočet je ukončen ve chvíli, kdy je nalezeno řešení, které má nejmenší hodnotu spojení rovnou určené spodní hranici. (Brožová, Houška 2003)

3.4.10. Habrova metoda

Habrova přibližná metoda je sestavována do okruhu přímo pomocí sazeb. U této metody je postup řešení okružního problému takový, že se ze všech možných spojení mezi jednotlivými místy vybírají a zařazují do okruhu ty spoje, které jsou nejvýhodnější z hlediska celé uvažované dopravní sítě. Tento pohled poskytují Habrovy frekvence známe z jiných dopravních úloh. Ze všech existujících spojení mezi jednotlivými místy vybereme a zařídíme do okruhu nejdříve ty spojení míst, které mají nejvýhodnější frekvence. Pak se hledají nejvýhodnější frekvence pro navazující spojení a daný úsek se přiřadí do okruhu. Tak se pokračuje až se celý okruh uzavře. (Brožová, Houška 2003)

3.4.11. Mayerova metoda

Mayerova metoda je přibližná metoda, která sestavuje okružní jízdy s výběrem minimálních prvků. Metoda je především vhodná pro problémy s úplnou sítí cest, které mají centrální místo. Důležitým faktorem je, aby se jednalo o symetrickou matici sazeb mezi místy, která jsou zařazena do řešení. Místa jsou srovnána podle sazeb mezi centrálním místem a těmito místy. Místo s největší sazbou by mělo být v matici uvedeno jako první a centrální místo poslední. Nejprve se vybere místo s nejvyšší sazbou k centrálnímu místu, další místa se volí naopak aby místo bylo nejbližší k poslednímu

zvolenému místu. Tento postup opakujeme a volíme další místa až do vyčerpání kapacity vozidla. Při volbě další trasy se celý postup opakuje a opět volíme nejvzdálenější místo od centrálního, ovšem nyní již nebereme v potaz místa, která již byla do nějakého okruhu zařazena. Takto zařadíme všechna rozvozová místa do jednotlivých okruhů. Dalším krokem by mělo být uspořádání míst na okruhu, ale k tomu se využívají metody pro řešení jednookruhových problémů.

Postup výpočtu:

- 1) Seřadíme místa dle sazeb k centrálnímu místu a sestavíme matici sazeb.
- 2) Jako první se do okruhu zařadí nejvzdálenější místo od centrálního místa.
- 3) Vyškrtneme řádek místa zařazeného do okruhu.
- 4) U zatím nevybraných míst vybereme místo, které je nejbliž k posledně vybranému místu.
- 5) Opět vyškrtneme řádek pro vybrané místo a celý proces opakujeme až do naplnění kapacity vozidla.
- 6) V momentě zaplnění kapacity vozidla navrhne nový okruh podle popsaného popisu a celý postup opakujeme, dokud nejsou přiřazené veškerá rozvozová místa.
- 7) Místa v jednotlivých okruzích seřadíme za pomoci některé z metod pro jednookruhové problémy. (Brožová, Houška 2003)

3.5. Program TSPKOSA

Program TSPKOSA je výpočetní program určený k řešení okružních dopravních problémů. Byl vytvořen v programovacím jazyku Microsoft Visual Basic 6.5. Program byl vytvořen s podporou Fondu rozvoje vysokých škol, projekt 2678/2010.

Program navrhli:

- Ing. Igor Krejčí, RNDr. Petr Kučera, Ph.D. (Katedra systémového inženýrství)
- Ing. Han Vydrová (Katedra statistiky)

Pro výpočet je k dispozici několik metod:

- 1) Aproximační:
 - Metoda nejbližšího souseda,
 - Vogelova aproximační metoda pro ODP,
 - Metoda výnosnosti čísel.
- 2) Optimalizační:
 - Metoda větví a mezí pro ODP (Krejčí, Kučera 2010).

3.6. Přehled souvisejících prací

V dnešní době téměř každá firma řeší rozvoz svých výrobků. Některé firmy si dopravu řeší sami, některé najímají externí firmu, ale každý požaduje, aby náklady na dopravu byly co nejmenší. To je tedy nejspíš důvod, proč se dopravní problematice věnuje mnoho autorů, a to jak v bakalářských pracích, tak diplomových.

Janouch (2013) se ve své bakalářské práci věnuje plánování tras pro firmu Brethtrans s.r.o., která se zabývá dopravou ovoce a zeleniny do Holandska, a to ze svého centrálního skladu v Lipencích u Prahy. Autor svoji práci rozdělil do dvou částí. V první části předpokládá, že kapacita vozidla bude dostačující k převezení všech palet, proto se tedy jedná o jednookružní dopravní problém. Problém byl řešen třemi ekonomicko-matematickými metodami, a to metodou nejbližšího souseda, Vogelovou aproximační metodou a také metodou větví a mezí. K výpočtu využil výpočetního programu TSPKOSA. Po vyhodnocení se ukázalo, že nejlepší trasu dostala jak metoda nejbližšího souseda, tak metoda větví a mezí. Nově vypočítaná trasa byla o 197 km kratší. V druhé části práce se předpokládá, že počet palet se dvojnásobně zvýšil. Není tedy možné odvézt vše najednou, jedná se tedy o víceokružní problém. Nejprve byla využita Mayerova metoda, která na začátku rozdělí rozvozová místa do okruhů. Celkem byly nelezeny dva okruhy. Mayerova metoda rozdělí místa do okruhu, již ovšem neurčí nejlepší pořadí rozvozu. K tomu je opět zapotřebí využít nějakou metodu, jako v první části. Autor k výběru nejlepších variant zvolil Vogelovu aproximační metodu a metodu nejbližšího

souseda. Pro první okruh našly metody shodnou trasu v délce 1835 km. Pro druhou trasu vypočítala Vogelova aproximační metoda trasu kratší o 10 km. (Janouch 2013).

Dalším autorem, který se zabývá danou problematikou je Hraničková (2015). Ve své bakalářské práci hledá optimální trasy rozvozu pro firmu Brenntag. Firma Brenntag má v české republice dvě pobočky, jednu v Praze a druhou na Moravě. Dopravní problém je řešen pro pražskou pobočku. Firma rozváží své výrobky k dodavatelům. Autorka ve své práci hledá ideální rozvozy pro jeden rozvozový den. Jedná se o víceokružní dopravní problém. Nejprve jsou tedy rozvozová místa rozdělena do okruhů. K tomu autorka využila Mayerovo metodu, která místa rozdělila do 9 okruhů. Místa byla rozdělena i z hlediska dalších omezení jako třeba požadavek zákazníka na auto či požadovaná doba vykládky. Proto nebylo možné některé okruhy spojit či připojit další místa do okruhu, což by jinak z hlediska kapacity vozidla bylo možné. K uspořádání míst v okruhy byla zvolena metoda větví a mezí. K výpočtu byl využit výpočetní program TSPKOSA. Autorka zvolila metodu větví a mezí z důvodu, že daná metoda dosahuje nejlepších výsledků pro daný dopravní problém. Výsledkem bylo, že dané trasy je možné ujet celkem za 1275 km. Firma používala trasy v celkové délce 1529 km. Nově nalezené trasy by bylo možné s využitím metody větví a mezí ujet o 254 km. Po finanční stránce by úspora činila 5495,02 Kč pro jeden rozvozový den. Firmě bylo doporučeno se více věnovat rozvrhování tras a investovat do nějakého výpočetního programu, který by jim práci při řešení dopravních problémů usnadnil. (Hraničková 2015)

Dalším z autorů bakalářské práce na dané téma je Truxová (2014). Jenž se zabývá optimalizací dopravních problémů pro firmu zabývající se zásilkovou službou, která spolupracuje s firmou IN TIME. V práci se řeší dvě oblasti, a to oblast Slánska a Rakovnícka. Jelikož již byly stanoveny přesně dvě trasy jedná se o dva jednookružní dopravní problémy a nebylo tedy zapotřebí místa rozdělovat do jednotlivých okruhů. Výchozím místem pro obě trasy byly Zdiby. První trasa měla celkem 25 rozvozových míst, a to včetně výchozího místa a druhá trasa jich měla 16 opět včetně výchozího místa. Pro výpočet byly vybrány dvě metody, a to metoda nejbližšího souseda a Vogelova aproximační metoda. Následně byly výsledky porovnány mezi sebou a zároveň s trasou kterou používá firma. Pro první trasu vypočítala Vogelova aproximační metoda délku

186 km. V porovnání s požívanou je tato trasa kratší o 12 km. Výsledek použití metody nejbližšího souseda byl zcela shodný s trasou, kterou používala firma. Pro druhou trasu používá firma cestu dlouhou 259 km, což je o 10 km delší než cesta získaná výpočtem Vogelovy aporoximační metody a 8 km delší než získaná metodou nejbližšího souseda. (Truxova 2014)

Dalším z autorů dané problematiky, tentokrát diplomové práce je Mareš (2014). Autor se zabývá plánováním tras kamionové dopravy pro MD Elektronik. Firma se zabývá výrobou kabelů pro automobilový průmysl a dle týdenních objednávek 13 zákazníku bylo zapotřebí výrobky rozvést. Autor se rozhodl optimalizovat rozvozy pro všechny dny v týdnu. Nejprve využil Mayerovu metodu k rozdělení míst do jednotlivých okruhů pro všechny rozvozové dny. Při rozdělování míst do okruhů řeší výběr různých druhů automobilů s různou kapacitou vozidla. Autor pak z hlediska nákladů a kapacity vybírá nejlepší vozidlo. Také určí trasy pro všechny rozvozové dny. (Mareš 2014)

Další autorkou diplomové práce na optimalizaci dopravních tras je Kubisková (2013). Autorka hledala řešení pro firmu AWT Čechofracht a.s., jedná se o speditérskou společnost. Jedná se o optimalizaci 5 rozvozových tras. Autorka již měl předem stanovené trasy, nebylo tedy třeba místa rozdělovat do jednotlivých okruhů. V práci se již věnuje jen seřazení míst v okruhu, tak aby trasa byla kilometrově co nejvýhodnější. K výpočtu byl využit výpočetní program TSPKOSA. Autorka si k optimalizaci vybrala 3 metody, a to metodu nejbližšího souseda, Vogelovu aporoximační metodu a metodu větví a mezí. Pro všech 5 tras dosahuje nejlepších výsledků metoda větví a mezí. Ve většině případů je to společně s metodou nejbližšího souseda. Autorka řešila v práci nejen kilometrovou ale i časovou výhodnost. Metoda větví a mezí dosahovala nejlepších výsledků nejen z hlediska kilometrů ale i z hlediska času. Dle využití metod by firma optimalizovala své výsledky o 124 km a 34 min z hlediska vzdáleností a z časového hlediska o 201 min a 47 km. (Kubisková 2013)

4. Případová studie

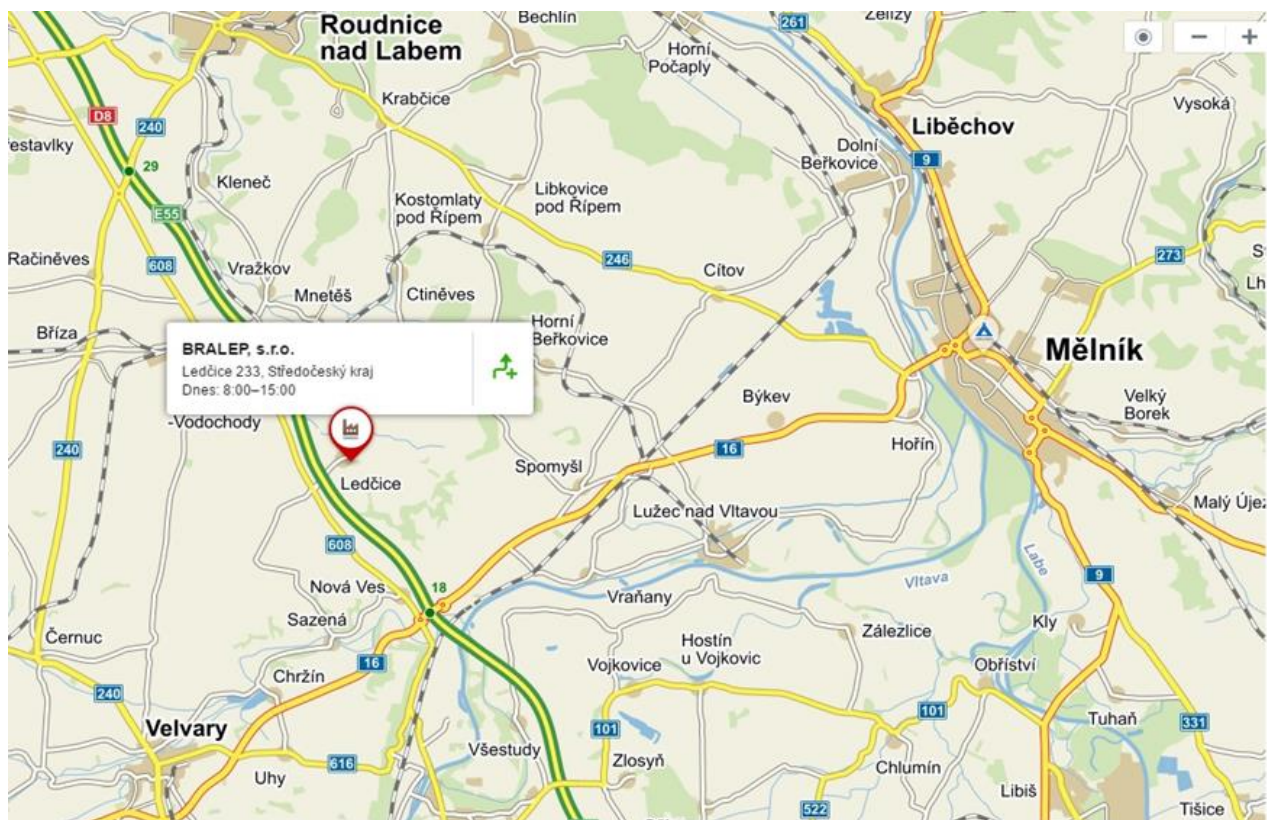
Prvním krokem případové studie bude přiblížit firmu Bralep CR, s.r.o. Dále bude popsán logistický problém. Bude odůvodněno, proč se firma rozhodla daný dopravní problém řešit. Za pomoci ekonomicko matematických metod, které jsou podrobněji popsány v literární rešerši budou navržena řešení, jak daný problém řešit a dosáhnout tak optimalizace v úseku dopravy. Veškeré informace jsou čerpány z interních zdrojů firmy a od zaměstnanců společnosti.

4.1. Charakteristika podniku

Společnost Bralep CR, s. r. o. byla založena 1. 12. 1996 jako ryze česká rodinná firma. Firmu založil Lukáš Novák, až později se k němu přidal jeho bratr Zbyněk Novák. Zpočátku byl výrobní program zaměřen na ucelený podlahový systém, tedy penetrace, samonivelační hmoty, rychletuhnoucí tmely a lepidla na podlahové krytiny. Postupně se výrobní program rozšířil na stavební chemii pro malíře, sádkartonáře, zedníky obkladače. Od listopadu 2007 působí v nově otevřené provozovně v Ledčicích. Tento objekt byl spolufinancován evropským fondem pro regionální rozvoj a ministerstvem průmyslu a obchodu ČR. Na 1070 m² se nachází jak administrativní část, včetně školící místnosti, kontrolní a vývojové laboratoře, tak výrobní část, kam byla v červnu roku 2008 nainstalována počítačem řízená technologie na výrobu suchých směsí. Ta umožňuje produkci ve špičkové kvalitě, na světové úrovni. Dále se zde nacházejí sklady, jeden z nich temperovaný, který zaručuje po celý rok expedici všech výrobků náchylných na změny teplot. Firma má kromě již zmíněné pobočky v Ledčicích u Mělníka také prodejní sklad na Moravě, a to v Olomouci. Zde se pouze zboží skladuje a dále rozváží po Moravě, ale nevyrábí. Veškerý sortiment se nejdříve vyrobí na pobočce v Ledčicích a poté se dováží do skladu v Olomouci.

Příložená mapa ukazuje místo, kde se nachází hlavní pobočka spolu s výrobní halou společnosti Bralep.

Obrázek 3. Mapa



Informace z rejstříku:

Datum zápisu: 6.11.1992

Název: BRALEP s.r.o.

Sídlo firmy: Bohnická 16/38, Praha 8, PSČ 181 00

IČO: 48026913

Právní forma: Společnost s ručením omezeným

Sp. Značka: 14303 C, Městský soud v Praze

Předmět podnikání: Výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona

Počet členů: 2

Základní kapitál: 100 000 Kč

Statutární orgán: Ing. ZBYNĚK NOVÁK – Jednatel

Třeboradická, Praha 8 - Kobyličky PSČ 182 00

LUKÁŠ NOVÁK – jednatel

Vratislavská, Praha 8 - Bohnice, PSČ 181 00

Jednatel zastupuje společnost samostatně

Obrázek 4. výrobní hala



4.2. Charakteristika problému

V této části se bude řešit problém týkající se dopravy pro určenou firmu, jelikož doprava je podstatným bodem rozpočtu a je důležité se řešením podrobněji zabývat. Firma zjistila, že dlouhodobě indikuje 5% růst nákladů na dopravu.

Firma Bralep rozváží své výrobky po celé České republice. Pobočka v Olomouci se stará o distribuci výrobků po Moravě. Sklad je zásobován pobočkou v Ledčicích, kde je výrobní hala. Pobočka v Ledčicích zajišťuje distribuci v Čechách. Veškeré informace jsou z pobočky v Ledčicích, proto bude v případové studii řešena doprava pro Čechy.

Doprava není rozdělena podle krajů, jak je většinou zvykem, ale podle území jednotlivých obchodních zástupců. V pondělí se rozváží výrobky pro jihozápadní Čechy, jedná se o území v okolí Plzeňska. V úterý jsou zásobováni odběratelé na východě Čech. Ve středu se rozváží po Praze, ve čtvrtek jsou výrobky distribuovány pro jižní Čechy a v pátek se dováží na sever. Po celé republice má firma své pravidelné zákazníky a seznam rozvozových míst se každý týden téměř opakuje. Existují zde malé rozdíly, ale většinou se liší jen množství a druh výrobků.

4.3. Řešení problému

K řešení daného distribučního problému budou nejprve sestaveny tabulky se vstupními údaji. Nejprve budou tabulky, kde budou uvedena všechna rozvozová místa pro všechny rozvozové dny a bude u nich uvedena kolik kilogramů je zapotřebí rozvést. Další tabulky budou uvádět jednotlivé vzdálenosti z místa na místo. Těchto tabulek s podkladovými údaji bude celkem 5 a to pro každý den v týdnu jedna. Dále budou místa rozdělena do automobilů dle Mayerovy metody a podle toho budou sestaveny jednotlivé trasy. Poté bude u jednotlivých tras provedena optimalizace pomocí vybrané metody a nově navržené trasy budou porovnány s používanými trasami firmou Bralép a budou porovnány jak z hlediska kilometrů, tak z finančního hlediska.

4.3.1. Vstupní data

V příložených tabulkách číslo 1 až 5 jsou uvedena množství výrobků, které se rozvázejí na jednotlivé prodejny zákazníkům v jednotlivý den. Množství je uvedeno v kilogramech. Tyto vstupní tabulky jsou důležité při rozdělování rozvozových míst pro jednotlivé automobily.

Tabulka č. 2 - množství dodávaných výrobků do určitých míst – pondělí

Plzeň, ul. Wenzigova - 4613 kg
Klatovy, část Luby - 3275 kg
Sušice, ul. Pražská - 2150 kg
Sušice, ul. Nádražní - 3225 kg
Šťáhlavy, ul. U křížku - 1155 kg
Rokycany, ul. Bezručova - 2234 kg
Beroun, část Závodí - 1075 kg
Příbram, ul. Seifertova - 525 kg
Příbram, ul. Čs. armády - 1361 kg
Příbram, ul. Žezická - 1075 kg
Příbram, ul. Školní - 12 kg
Hořovice, ul. Masarykova - 1468 kg
Kozolupy - 921 kg
Stříbro - 2324 kg

Tabulka č. 3 - množství dodávaných výrobků do určitých míst – úterý

Mladá Boleslav, ul. Dukelská - 4323 kg
Desná, část Žďár - 1316 kg
Smržovka, ul. Hlavní - 1330 kg
Smržovka, ul. Malostranská - 1690 kg
Liberec, ul. Pobočná - 5445 kg
Hradec Králové, ul. Pálenecká - 1630 kg
Řečany nad Labem, ul. Do Kouta - 695 kg
Kutná Hora, ul. Na Chmelnici - 373 kg
Kolín, ul. Pražská - 214 kg
Kolín, ul. Havlíčkova - 49 kg
Holín - 2105 kg
Víchová nad Jizerou, Horní Sytová - 500 kg

Vrchlabí, ul. Žižkova - 34 kg
Dvůr Králové, ul. Legionářů - 2075 kg
Městec Králové, ul. Míru - 1100 kg
Nový Bydžov, ul. Turkova - 1105 kg
Velký Osek, ul. U Máčidla - 1075 kg
Chotěboř, Svinný - 1075 kg
Čáslav, ul. Na Bělišti - 2286 kg
Havlíčkův Brod, ul. Humpolecká - 1187 kg

Tabulka č. 4 - množství dodávaných výrobků do určitých míst – středa

Zbuzany, ul. Na Sadech - 1075 kg
Praha, ul. Jeremiášova - 150 kg
Praha, ul. Nádražní - 299 kg
Praha, ul. Za Ženskými domovy - 1422 kg
Praha, ul. U Prioru - 629 kg
Praha, ul. Rybničná - 324 kg
Praha, ul. Antala Staška - 277 kg
Praha, ul. Tiskařská - 3425 kg
Odolena Voda, ul. Teplická - 456 kg
Praha, ul. Cukrovarská - 735 kg
Praha, ul. Veselská - 202 kg
Praha, ul. Jankovcova - 3615 kg
Praha 4, ul. Jažlovická - 40 kg

Tabulka č. 5 - množství dodávaných výrobků do určitých míst – čtvrtek

Prachatice, ul. Primátorská - 784 kg
Tábor, ul. Stránského - 1075 kg

Tábor, Měšice - 60 kg
Malšice, Malšice - 2150 kg
České Budějovice, ul. Krčínova - 242 kg
Radlík, ul. Západní - 1100 kg
Benešov, ul. Křížíkova - 1103 kg
Vlašim, ul. Lidická - 1075 kg
Humpolec, ul. Nádražní - 1095 kg
Moravské Budějovice, ul. Dopravní - 1075 kg
Týnec nad Sázavou, Brodce - 1002 kg
Jindřichův Hradec, ul. Rezkova - 1125 kg
Telč, ul. Radkovská - 1115 kg
Třešť, ul. Nádražní - 1075 kg
Říčany, ul. Černokostelecká - 547 kg

Tabulka č. 6 - množství dodávaných výrobků do určitých míst – pátek

Cheb, ul. Na Návrší - 650 kg
Dolní Rychnov, ul. Bergmannova - 5886 kg
Kadaň, ul. Topolova - 1166 kg
Kadaň, ul. Hřbitovní - 1075 kg
Žatec, ul. Mostecká - 2325 kg
Jesenice, ul. Žatecká - 1170 kg
Rakovník, ul. Lubenská - 2198 kg
Nové Strašecí, Nám. Bedřicha Smetany - 128 kg
Zbuzany ul. Na Sadech - 1075 kg
Otvice, Jirkov - 2150 kg
Proboštov, ul. Proboštovská - 2200 kg
Teplice, ul. Jateční - 1095 kg
Litoměřice, ul. Lidická - 1475 kg
Píšťany, Píšťany - 1085 kg

Ústí nad Labem, ul. Žižkova - 1075 kg
Jirkov, ul. Chomutovská - 2210 kg

Firma má k dispozici celkem 4 automobily. Jeden nákladní vůz společnosti Mercedes, který uveze 16 000 Kg, dále dva vozy značky Man, do kterých lze naložit výrobky ve hmotnosti 7 000 Kg. Poslední vozidlem společnosti je Iveco, které uveze 3 500 Kg. Toto vozidlo je ve firmě využíváno minimálně, ve většině rozvozových dnech jsou vytíženy jen ostatní automobily.

Pondělí

Tabulka č. 7 – tabulka kilometrů – pondělí

	centrála	Plzeň	Klatovy	Sušice p.	Sušice n.	Štáhlavy	Rokycany	Beroun	Příbram z.	Příbram s.	Příbram ž.	Příbram š.	Hořovice	Kozolupy	Stříbro
centrála	-	128	170	184	185	126	118	69	102	101	103	102	91	67	167
Plzeň, ul. Wenzigova	128	-	46,2	74	74	16,8	18,6	61	60	62	60	61	43,4	11,2	36,6
Klatovy, část Luby	170	46,2	-	28,9	28,1	51	60	102	94	96	94	94	85	58	73
Sušice, ul. Pražská	184	74	28,9	-	1,5	67	85	127	89	90	88	89	110	86	101
Sušice, ul. Nádražní	185	74	28,1	1,5	-	69	87	130	91	91	90	90	112	86	100
Štáhlavy, ul. U křížku	126	16,8	51	67	69	-	12	58	47,2	48,8	46,9	47,5	40,9	36,2	51
Rokycany, ul. Bezručova	118	18,6	60	85	87	12	-	51	42,9	44,5	42,6	43,3	33,1	29,4	58
Beroun, část Závodí	69	61	102	127	130	58	51	-	80	78	81	80	23,8	71	100
Příbram, ul. Seifertova	102	60	94	89	91	47,2	42,9	80	-	2,5	0,6	0,4	27	80	94
Příbram, ul. Čs. armády	101	62	96	90	91	48,8	44,5	78	2,5	-	3,2	2,6	24,7	81	96
Příbram, ul. Žežická	103	60	94	88	90	46,9	42,6	81	0,6	3,2	-	1	27	79	94
Příbram, ul. Školní	102	61	94	89	90	47,5	43,3	80	0,4	2,6	1	-	27,2	80	94
Hořovice, ul. Masarykova	91	43,4	85	110	112	40,9	33,1	23,8	27	24,7	27	27,2	-	53	82
Kozolupy, Kozolupy	138	11,2	58	86	86	36,2	29,4	71	80	81	79	80	53	-	20,8
Stříbro, ul. Nádražní	167	36,6	73	101	100	51	58	100	94	96	94	94	82	20,8	-

Úterý

Tabulka č. 8 – tabulka kilometrů – úterý

	centrála	M. Boleslav	Desná	Smržovka h.	Smržovka m.	Liberec	Hradec K.	Řečany	Kutná Hora	Kolín p.	Kolín h.	Holín	Vichová	Vrchlabí	Dvůr K.	Městec K.	Nový Bydžov	V. Osek	Chotěboř	Čáslav	Havlíčkův B.
centrála	-	84	142	136	139	132	134	131	107	92	99	112	147	152	169	99	117	87	148	114	158
Mladá Boleslav, ul. Dukelská	84	-	62	57	59	53	80	87	70	56	62	32,3	68	73	77	63	69	51	112	77	117
Desná, část Žďár	142	62	-	7	4,9	36,9	105	146	129	114	121	58	30,4	42,2	67	91	93	109	170	136	175
Smržovka, ul. Hlavní	136	57	7	-	2,5	30,1	103	141	123	109	116	56	36,5	48,3	100	90	91	104	165	131	170
Smržovka, ul. Malostranská	139	59	4,9	2,5	-	32,4	106	143	126	112	118	59	34,5	46,3	71	92	94	106	168	133	172
Liberec, ul. Pobočná	132	53	36,9	30,1	32,4	-	100	137	120	106	112	53	65	80	97	86	88	101	162	127	167
Hradec Králové, ul. Pálenecká	134	80	105	103	106	100	-	36,6	56	68	58	49,4	71	70	35,7	47,1	40,7	56	80	63	90
Řečany nad Labem, ul. Do Kouta	131	87	146	141	143	137	36,6	-	20,8	33,3	27,5	92	106	106	71	33,8	27,5	28,5	56	22,9	60
Kutná Hora, ul. Na Chmelnici	107	70	129	123	126	120	56	20,8	-	16,3	10,5	74	107	107	91	47,1	39	23,2	45,6	11	51
Kolín, ul. Pražská	92	56	114	109	112	106	68	33,3	16,3	-	3,9	59	93	93	102	32,5	51	10,4	58	23,6	63
Kolín, ul. Havlíčkova	99	62	121	116	118	112	58	27,5	10,5	3,9	-	54	99	99	92	25,9	40,8	10,7	53	18	58
Holín, Holín	112	32,3	58	56	59	53	49,4	92	74	59	54	-	41,5	41,4	46,4	35,8	37,6	47,2	115	81	120
Vichová nad Jizerou	147	68	30,4	36,5	34,5	65	71	106	107	93	99	41,5	-	12,3	37,3	69	59	81	149	114	154
Vrchlabí, ul. Žižkova	152	73	42,2	48,3	46,3	80	70	106	107	93	99	41,4	12,3	-	37,8	69	59	81	149	114	154
Dvůr Králové, ul. Legionářů	169	77	67	100	71	97	35,7	71	91	102	92	46,4	37,3	37,8	-	55	41	91	114	99	124
Městec Králové, ul. Míru	99	63	91	90	92	86	47,1	33,8	47,1	32,5	25,9	35,8	69	69	55	-	15,6	20,8	89	54	94
Nový Bydžov, ul. Turkova	117	69	93	91	94	88	40,7	27,5	39	51	40,8	37,6	59	59	41	15,6	-	39	81	46,5	86
Velký Osek, ul. U Máčidla	87	51	109	104	106	101	56	28,5	23,2	10,4	10,7	47,2	81	81	91	20,8	39	-	63	28,7	68
Chotěboř, Svinný	148	112	170	165	168	162	80	56	45,6	58	53	115	149	149	114	89	81	63	-	36,2	22,7
Čáslav, ul. Na Bělíšti	114	77	136	131	133	127	63	22,9	11	23,6	18	81	114	114	99	54	46,5	28,7	36,2	-	41,1
Havlíčkův Brod, ul. Humpolecká	158	117	175	170	172	167	90	60	51	63	58	120	154	154	124	94	86	68	22,7	41,1	-

Středa

Tabulka č. 9 – tabulka kilometrů – středa

	centrála	Zbuzany	Praha, ul. J	Praha, ul. J	Praha, ul. J	Praha, ul. J	Praha, ul. J	Praha, ul. A	Praha, ul. A	Praha, ul. A	Odolena V	Praha, ul. J	Praha, ul. J	Praha, ul. J	Praha 4, ul.
centrála	-	56	49,5	45,7	43,7	46,4	45,4	43,9	38	18,4	31,4	30,6	35,8	50	
Zbuzany, ul. Na Sadech	56	-	6,4	14,2	15,5	11,1	13,5	15,8	26	39,3	30,7	28	22,7	25,9	
Praha, ul. Jeremiášova	49,5	6,4	-	10,1	8,2	4,5	5,5	16	26,2	31,8	23,2	20,5	15,2	22,4	
Praha, ul. Nádražní	45,7	14,2	10,1	-	2	20,3	10,7	6,3	16,5	26,4	17,8	15,1	9,1	12,8	
Praha, ul. Za Ženskými domovy	43,7	15,5	8,2	2	-	10,7	8,2	7,7	18,5	27	18,4	15,7	8	14,7	
Praha, ul. U Prioru	46,4	11,1	4,5	20,3	10,7	-	1,5	18,7	25,4	30	21,4	18,7	12,2	25,1	
Praha, ul. Rybničná	45,4	13,5	5,5	10,7	8,2	1,5	-	16,6	24,7	29,2	20,6	17,9	11,5	23,1	
Praha, ul. Antala Staška	43,9	15,8	16	6,3	7,7	18,7	16,6	-	12,6	27,1	18,5	15,8	9,9	8,8	
Praha, ul. Tiskařská	38	26	26,2	16,5	18,5	25,4	24,7	12,6	-	20,8	12,2	9,4	15,1	13,8	
Odolena Voda, ul. Teplická	18,4	39,3	31,8	26,4	27	30	29,2	27,1	20,8	-	14,3	13,5	17,7	33	
Praha, ul. Cukrovarská	31,4	30,7	23,2	17,8	18,4	21,4	20,6	18,5	12,2	14,3	-	3,3	11	24,5	
Praha, ul. Veselská	30,6	28	20,5	15,1	15,7	18,7	17,9	15,8	9,4	13,5	3,3	-	7,8	22,2	
Praha, ul. Jankovcova	35,8	22,7	15,2	9,1	8	12,2	11,5	9,9	15,1	17,7	11	7,8	-	15,3	
Praha 4, ul. Jažlovická	50	25,9	22,4	12,8	14,7	25,1	23,1	8,8	13,8	33	24,5	22,2	15,3	-	

Čtvrtek

Tabulka č. 10 – tabulka kilometrů – čtvrtek

	centrála	Prachatice	Tábor s.	Tábor m.	Malšice	České Bud	Radlík	Benešov	Vlašim	Humpolec	Moravské	Týnec nad	Jindřichův	Telč	Třešť	Říčany
centrála	-	189	129	130	141	185	71	85	107	139	212	91	171	198	182	53
Prachatice, ul. Primátorská	189	-	100	98	71	40,4	155	141	149	153	170	151	94	137	149	162
Tábor, ul. Stránského	129	100	-	2,3	12,7	62	73	44,6	41	60	125	55	52	91	75	79
Tábor, Měšice	130	98	2,3	-	13,6	57	74	45,7	54	57	120	56	47	86	72	80
Malšice, Malšice	141	71	12,7	13,6	-	64	85	56	53	69	126	67	53	92	84	91
České Budějovice, ul. Krčínova	185	40,4	62	57	64	-	129	101	109	112	131	111	54	97	108	135
Radlík, ul. Západní	71	155	73	74	85	129	-	42,8	64	97	170	16,4	132	156	139	22,5
Benešov, ul. Křížíkova	85	141	44,6	45,7	56	101	42,8	-	24,5	89	163	11,3	90	129	132	35,3
Vlašim, ul. Lidická	107	149	41	54	53	109	64	24,5	-	56	129	30,4	86	114	98	57
Humpolec, ul. Nádražní	139	153	60	57	69	112	97	89	56	-	77	96	58	63	46,8	88
Moravské Budějovice, ul. Dopravní	212	170	125	120	126	131	170	163	129	77	-	170	76	36,9	40,8	163
Týnec nad Sázavou, Brodce	91	151	55	56	67	111	16,4	11,3	30,4	96	170	-	102	139	138	41,3
Jindřichův Hradec, ul. Rezkova	171	94	52	47	53	54	132	90	86	58	76	102	-	42,3	54	123
Telč, ul. Radkovská	198	137	91	86	92	97	156	129	114	63	36,9	139	42,3	-	16,6	148
Třešť, ul. Nádražní	182	149	75	72	84	108	139	132	98	46,8	40,8	138	54	16,6	-	132
Říčany, ul. Černokostecká	53	162	79	80	91	135	22,5	35,3	57	88	163	41,3	123	148	132	-

Pátek

Tabulka č. 11 – tabulka kilometrů – pátek

	centrála	Cheb	Dolní Rychnov	Kadaň t.	Kadaň h.	Žatec	Jesenice	Rakovník	Nové Strašecí	Zbuzany	Otvice	Proboštov	Teplice	Litoměřice	Píšťany	Ústí nad Labem	Jirkov
centrála	-	166	145	95	103	75	75	61	45,1	56	80	57	54	33,9	35,3	52	79
Cheb, Na Návrší	166	-	24,5	88	87	116	100	118	127	166	101	147	144	161	162	160	102
Dolní Rychnov, Bergmannova	145	24,5	-	67	66	96	80	98	107	146	82	126	123	140	141	139	82
Kadaň, Topolova	95	88	67	-	0,9	24,8	38,5	56	65	104	24,9	70	67	84	86	83	26
Kadaň, Hřbitovní	103	87	66	0,9	-	25,1	38,8	57	66	111	25	69	66	83	85	83	25,1
Žatec, Mostecká	75	116	96	24,8	25,1	-	31,2	37,5	45,1	84	30,2	49,9	47,1	63	65	63	30,3
Jesenice, Žatecká	75	100	80	38,5	38,8	31,2	-	21,5	37	76	61	81	78	94	96	94	61
Rakovník, Lubenská	61	118	98	56	57	37,5	21,5	-	16,9	57	68	82	79	92	94	111	68
Nové Strašecí, Nám. Bedřicha Smetany	45,1	127	107	65	66	45,1	37	16,9	-	41,7	86	92	89	76	78	95	86
Zbuzany, Na Sadech	56	166	146	104	111	84	76	57	41,7	-	102	113	110	86	88	105	102
Otvice, Jirkov	80	101	82	24,9	25	30,2	61	68	86	102	-	45,8	43	60	61	59	1,3
Proboštov, Proboštovská	57	147	126	70	69	49,9	81	82	92	113	45,8	-	3,8	43,1	44,6	19,7	46
Teplice, Jateční	54	144	123	67	66	47,1	78	79	89	110	43	3,8	-	39,3	40,9	20,6	42,2
Litoměřice, Lidická	33,9	161	140	84	83	63	94	92	76	86	60	43,1	39,3	-	5,2	35,3	61
Píšťany, Píšťany	35,3	162	141	86	85	65	96	94	78	88	61	44,6	40,9	5,2	-	35,7	61
Ústí nad Labem, Žižkova	52	160	139	83	83	63	94	111	95	105	59	19,7	20,6	35,3	35,7	-	61
Jirkov, Chomutovská	79	102	82	26	25,1	30,3	61	68	86	102	1,3	46	42,2	61	61	61	-

4.3.2. Rozdělení do automobilů

Za pomoci Mayerovy metody budou místa rozčleněna do jednotlivých automobilů. Tato metoda bude použita u všech rozvozových dní. Místa budou rozdělena do dostupných automobilů dle kapacity vozu. Mayerova metoda vybere od centrály nejvzdálenější místo a vyškrtne se sloupec i řádek v opačném směru, v dalším kroku se vybírá naopak nejméně vzdálené místo od vybraného místa. Takto se postupuje až do naplnění kapacity vozidla. Jakmile je automobil plný, vybíráme stejným způsobem další vozidla, dokud nejsou odvezeny veškeré výrobky.

K dispozici jsou celkem 4 automobily

- 1) Mercedes – 16000 Kg
- 2) Man – 7000 Kg
- 3) Man – 7000 Kg
- 4) Iveco – 3500 Kg

Tabulka č. 12 – rozdělení trasa 1. - pondělí

1. trasa - pondělí	centrála	Plzeň	Klatovy	Sušice P.	Sušice N.	Kozolupy
centrála	-	128	170	184	185	67
Plzeň, ul. Wenzigova	128	-	46,2	74	74	11,2
Klatovy, část Luby	170	46,2	-	28,9	28,1	58
Sušice, ul. Pražská	184	74	28,9	-	1,5	86
Sušice, ul. Nádražní	185	74	28,1	1,5	-	86
Kozolupy, Kozolupy	138	11,2	58	86	86	-

U první trasy byl použit vůz značky Mercedes, kam bylo naloženo 14 148 kg. Do vyčerpání kapacity chybí ještě 1 852 kg. Při zařazení dalšího místa by však již byla překročena o 472 kg. Další místo tedy již nebylo možné zařadit. Řidič jel z centrály do Sušice, ul. Nádražní odkud pokračoval do druhého místa v Sušicích, poté následovaly Klatovy. Z Klatov se pokračovalo od Plzně, Kozolup a zpět do centrály.

Tabulka č. 13 – rozdělení trasa 2. - pondělí

2. trasa - pondělí	centrála	Štáhlavy	Rokycany	Hořovice	Stříbro
centrála	-	126	118	91	167
Štáhlavy, ul. U křížku	126	-	12	40,9	51
Rokycany, ul. Bezručova	118	12	-	33,1	58
Hořovice, ul. Masarykova	91	40,9	33,1	-	82
Stříbro, ul. Nádražní	167	51	58	82	-

U této trasy byl využit vůz MAN, do něhož bylo naloženo 6 026 Kg. Do maximálně zaplněného automobilu zbývá 974 Kg. Dalším místem, které by se zařadilo do okruhu by byl Beroun. Tam se má ovšem dovést 1075 Kg, což z důvodu kapacity vozidla není možné. Proto další místo již nebylo do trasy zařazeno.

Tabulka č. 14 – rozdělení trasa 3. - pondělí

3. trasa - pondělí	centrála	Beroun	Příbram Z.	Příbram S.	Příbram Ž.	Příbram Š.
centrála	-	69	102	101	103	102
Beroun, část Závodí	69	-	80	78	81	80
Příbram, ul. Seifertova	102	80	-	2,5	0,6	0,4
Příbram, ul. Čs. armády	101	78	2,5	-	3,2	2,6
Příbram, ul. Žežická	103	81	0,6	3,2	-	1
Příbram, ul. Školní	102	80	0,4	2,6	1	-

U trasy číslo 3 byl použit vůz značky MAN. Do tohoto vozu byly naloženy výrobky v celkové hmotnosti 4048. Auto značky Iveco nebylo možné z kapacitních důvodů použít a ani nebylo možné zařadit další rozvozové místo, jelikož již byla veškerá místa rozdělena.

Tabulka č. 15 – rozdělení trasa 1. - úterý

1. trasa úterý	centrála	Hradec Králové	Řečany nad Labem	Kutná Hora	Kolín P.	Kolín H.	Dvůr Králové
centrála	-	134	131	107	92	99	169
Hradec Králové, ul. Pálenecká	134	-	36,6	56	68	58	169
Řečany nad Labem, ul. Do Kouta	131	36,6	-	20,8	33,3	27,5	35,7
Kutná Hora, ul. Na Chmelnici	107	56	20,8	-	16,3	10,5	71
Kolín, ul. Pražská	92	68	33,3	16,3	-	3,9	91
Kolín, ul. Havlíčkova	99	58	27,5	10,5	3,9	-	102
Dvůr Králové, ul. Legionářů	169	35,7	71	91	102	92	92

U první trasy v úterý byl použit automobil značky MAN, kde bylo naloženo celkem 5036 kilogramů. Do automobilu bylo tedy možno naložit ještě 1964. Dalším místem, které by mohlo být zařazeno do trasy je Velký Osek. Další místo nebylo zařazeno z časových omezení, a to pro místa v Kolíně a Kutné Hoře. Zařazením dalšího místa by mohlo dojít k ohrožení časového harmonogramu.

Tabulka č. 16 – rozdělení trasa 2. - úterý

2. trasa úterý	centrála	Městec Králové	Velký Osek	Chotěboř	Čáslav	Havlíčkův Brod
centrála	-	99	87	148	114	158
Městec Králové, ul. Míru	99	-	20,8	89	54	94
Velký Osek, ul. U Máčidla	87	20,8	-	63	28,7	68
Chotěboř, Svinný	148	89	63	-	36,2	22,7
Čáslav, ul. Na Bělišti	114	54	28,7	36,2	-	41,1
Havlíčkův Brod, ul. Humpolecká	158	94	68	22,7	41,1	-

Pro druhou trasu v úterý byl použit také vůz značky MAN. Vozidlo má kapacitu 7000 kg z čehož bylo zaplněno 6723 kg. Další, místo které by byl dle Mayerovy metody naloženo je Nový Bydžov. Sem se má dovézt 1105 kg, místo tedy není možné přiřadit z kapacitních důvodů

Tabulka č. 17 – rozdělení trasa 3. - úterý

3. trasa úterý	centrála	Desná	Víchová nad Jizerou	Vrchlabí
centrála	-	142	147	152
Desná, část Žďár	142	-	30,4	42,2
Víchová nad Jizerou, Horní Sytová	147	30,4	-	12,3
Vrchlabí, ul. Žižkova	152	42,2	12,3	-

U třetí trasy je použit vůz značky Iveco, který má kapacitu 3,5 t. Vůz byl naložen v celkové hmotnosti 1850 kilogramů. Je zde možné ještě naložit 1650 kilogramů. Dalším místem, které by dle požité metody bylo zařazeno je Smržovka ul. Malostranská. Sem je ovšem potřeba dovézt 1690 kilogramů, není tedy možné místo do okruhu zařadit.

Tabulka č. 18 – rozdělení trasa 4. - úterý

4. trasa úterý	centrála	Mladá Boleslav	Smržovka H.	Smržovka M.	Liberec	Holín	Nový Bydžov
centrála	-	84	136	139	132	112	117
Mladá Boleslav, ul. Dukelská	84	-	57	59	53	32,3	69
Smržovka, ul. Hlavní	136	57	-	2,5	30,1	56	91
Smržovka, ul. Malostranská	139	59	2,5	-	32,4	59	94
Liberec, ul. Pobočná	132	53	30,1	32,4	-	53	88
Holín, Holín	112	32,3	56	59	53	-	37,6
Nový Bydžov, ul. Turkova	117	69	91	94	88	37,6	-

Pro poslední čtvrtou trasu je použit vůz značky Mercedes. Je zde možné naložit celkem 16 000 kilogramů. Do automobilu se naložilo celkem 15 998 kg. Kapacita tedy byla téměř vyčerpána. Nebylo by možné tedy další místo zařadit z kapacitních důvodů. Toto je již vyřešeno, jelikož byla zařazena všechna místa.

Tabulka č. 19 – rozdělení trasa 1. - středa

1. trasa středa	centrála	Zbuzany	Praha, Jer.	Praha, Nád.	Praha, Za	Praha, U	Praha, Ryb.	Praha, Ant.
centrála	-	56	49,5	45,7	43,7	46,4	45,4	43,9
Zbuzany, Na Sadech	56	-	6,4	14,2	15,5	11,1	13,5	15,8
Praha, Jeremiášova	49,5	6,4	-	10,1	8,2	4,5	5,5	16
Praha, Nádražní	45,7	14,2	10,1	-	2	20,3	10,7	6,3
Praha, Za Ženskými d.	43,7	15,5	8,2	2	-	10,7	8,2	7,7
Praha, U Prioru	46,4	11,1	4,5	20,3	10,7	-	1,5	18,7
Praha, Rybníčná	45,4	13,5	5,5	10,7	8,2	1,5	-	16,6
Praha, Antala Staška	43,9	15,8	16	6,3	7,7	18,7	16,6	-

Pro první trasu ve středu byl použit vůz MAN. Bylo naložena 4176 Kg. Další místo by z kapacitních důvodů bylo možné zařadit, jelikož další v pořadí je ulice Jažlovická, kam se veze 40 kg. Místo ovšem není možné zařadit z časových omezení, protože dle časových náročností vykládek není možné zařadit více než 7 rozvozových míst (počítáno bez centrály).

Tabulka č. 20 – rozdělení trasa 2. - středa

2. trasa středa	centrála	Praha, Tis	Odolena Voda	Praha, Cuk	Praha, Ves	Praha, Jan	Praha, Jaž
centrála	-	38	18,4	31,4	30,6	35,8	50
Praha, Tiskařská	38	-	20,8	12,2	9,4	15,1	13,8
Odolena Voda, Teplická	18,4	20,8	-	14,3	13,5	17,7	33
Praha, Cukrovarská	31,4	12,2	14,3	-	3,3	11	24,5
Praha, Veselská	30,6	9,4	13,5	3,3	-	7,8	22,2
Praha, Jankovcova	35,8	15,1	17,7	11	7,8	-	15,3
Praha, Jažlovická	50	13,8	33	24,5	22,2	15,3	-

Pro druhou trasu ve středu je využit vůz značky Mercedes. Do vozidla bylo naloženo pouze 8473 kg. Z hlediska kapacity vozidla je vůz nevytížen, ale již není možné přiřadit další místo. Veškerá místa již byla přiřazena. U střeďečních rozvozů není rozhodující kapacita vozidla, ale časová omezení.

Tabulka č. 21 – rozdělení trasa 1. - čtvrtek

1. trasa čtvrtek	centrála	Tábor S.	Tábor M.	Moravské Budějovice	Jindřichův Hradec	Telč	Třešť
centrála	-	129	130	212	171	198	182
Tábor, Stránského	129	-	2,3	125	52	91	75
Tábor, Měšice	130	2,3	-	120	47	86	72
Moravské Budějovice, Dopravní	212	125	120	-	76	36,9	40,8
Jindřichův Hradec, Rezkova	171	52	47	76	-	42,3	54
Telč, Radkovská	198	91	86	36,9	42,3	-	16,6
Třešť, Nádražní	182	75	72	40,8	54	16,6	-

Ve čtvrtek u první trasy byl využit vůz značky MAN. Z celkové kapacity vozu bylo zaplněno 5525 Kg. K dispozici je 1475 Kg. Dalším místem v pořadí by byly Malšice. Do Malšic je zapotřebí dovézt 2150 kg, proto není možné místo z kapacitních důvodů zařadit.

Tabulka č. 22 – rozdělení trasa 2. - čtvrtek

2. trasa čtvrtek	centrála	Prachatice	Malšice	České Budějovice	Radlík	Benešov	Vlašim
centrála	-	189	141	185	71	85	107
Prachatice, Primátorská	189	-	71	40,4	155	141	149
Malšice	141	71	-	64	85	56	53
České Budějovice, Krčínova	185	40,4	64	-	129	101	109
Radlík, Západní	71	155	85	129	-	42,8	64
Benešov, Křížíkova	85	141	56	101	42,8	-	24,5
Vlašim, Lidická	107	149	53	109	64	24,5	-

Pro 2. trasu ve čtvrtek byl také využit vůz značky Man s kapacitou 7000 kg. Celkem bylo do vozidlo naloženo 6454 kg. Do vyčerpání kapacity zbývá ještě 546 kg. Dalším místem, které by se zařadilo do okruhu je Týnec nad Sázavou. Z kapacitních důvodů, ale není možné místo zařadit.

Tabulka č. 23 – rozdělení trasa 3. - čtvrtek

3. trasa čtvrtek	centrála	Humpolec	Týnec nad Sázavou	Říčany
centrála	-	139	91	53
Humpolec, ul. Nádražní	139	-	96	88
Týnec nad Sázavou, Brodce	91	96	-	41,3
Říčany, ul. Černokostelecká	53	88	41,3	-

Pro třetí trasu je použit vůz Iveco, kam bylo naloženo 2644 Kg. Všechna místa již byla zařazena.

Tabulka č. 24 – rozdělení trasa 1. - pátek

1. trasa pátek	centrála	Cheb	Dolní Rychnov	Kadaň T.	Kadaň H	Žatec	Otvice	Jirkov
centrála	-	166	145	95	103	75	80	79
Cheb, Na Návrší	166	-	24,5	88	87	116	101	102
Dolní Rychnov, Bergmannova	145	24,5	-	67	66	96	82	82
Kadaň, Topolova	95	88	67	-	0,9	24,8	24,9	26
Kadaň, Hřbitovní	103	87	66	0,9	-	25,1	25	25,1
Žatec, Mostecká	75	116	96	24,8	25,1	-	30,2	30,3
Otvice, Jirkov	80	101	82	24,9	25	30,2	-	1,3
Jirkov, Chomutovská	79	102	82	26	25,1	30,3	1,3	-

Pro první páteční trasu byl využit automobil značky Mercedes. Z jeho celkové kapacity 16000 kg bylo zaplněno 15462 Kg, zbývá tedy 538 Kg. Jako další by dle použité metody byly Teplice. Do Teplic je potřeba dovézt 1095 kg. Není tedy možné z kapacitních důvodů zařadit do okruhu další místo.

Tabulka č. 25 – rozdělení trasa 2. - pátek

2. trasa pátek	centrála	Jesenice	Rakovník	Nové Strašec	Zbuzany
centrála	-	75	61	45,1	56
Jesenice, Žatecká	75	-	21,5	37	76
Rakovník, Lubenská	61	21,5	-	16,9	57
Nové Strašecí, Nám. Bedřich	45,1	37	16,9	-	41,7
Zbuzany, Na Sadech	56	76	57	41,7	-

Pro další páteční trasu bylo použito vozidlo značky MAN. Z celkové kapacity bylo zaplněno 4571 kg. Dle kapacity je možné zařadit do vozidla další místo. Při rozdělování bylo další místo vzato v potaz. Dalším místem by byly Litoměřice. Dle uvážení a s tím, že místo je mnohem blíže k ostatním rozvozovým místům v trase 3, nebylo místo do 2. okruhu zařazeno. Vyřazení Litoměřic by nemělo pro 3. okruh význam z hlediska výběru automobilu – nemohlo by být použito vozidlo s nižší kapacitou.

Tabulka č. 26 – rozdělení trasa 3. - pátek

3. trasa pátek	centrála	Proboštov	Teplice	Litoměřice	Píšťany	Ústí nad Labem
centrála	-	57	54	33,9	35,3	52
Proboštov, Proboštovská	57	-	3,8	43,1	44,6	19,7
Teplice, Jateční	54	3,8	-	39,3	40,9	20,6
Litoměřice, Lidická	33,9	43,1	39,3	-	5,2	35,3
Píšťany	35,3	44,6	40,9	5,2	-	35,7
Ústí nad Labem, Žižkova	52	19,7	20,6	35,3	35,7	-

Pro třetí páteční trasu je zvolen vůz značky MAN. Celkem bylo do vozidla naloženo 6920 kg., zbývá tedy pouze 80 kg a vůz by byl plně vytížen. Jak je již zmíněno v předchozím odstavci Litoměřice již mohly být zařazeny do předchozího okruhu, ale z důvodu mnohem menší vzdálenosti a jelikož by to nezměnilo druh vozidla, byly přiřazeny do tohoto okruhu.

4.3.3. Optimalizace jednotlivých okruhů

K optimalizaci bude využita metoda větví a mezí, jež je podrobněji rozebrána v kapitole 3.4.8. Jedná se o metodu, která je často používaná a její výsledky se nejvíce blíží k optimálnímu řešení. Veškeré výpočty byly provedeny za pomoci programu TSPKOSA. Všechny rozvozy musejí začít v centrále, tj. v Ledčicích.

Výsledky vypočteny programem:

Pondělí

1. trasa

Centrála -> Kozolupy -> Plzeň -> Klatovy -> Sušice N. -> Sušice P. -> Centrála

Délka Trasy: 338 Km

Upravený trasa

Trasu není potřeba upravovat, jelikož je první centrála. V případě, že je na prvním místě jiné místo než centrála, je potřeba trasu upravit tak, aby byla první.

2. trasa

Hořovice -> Centrála -> Rokycany -> Štáhlavy -> Stříbro -> Hořovice

Délka Trasy: 354 Km

Upravená trasa

Centrála -> Rokycany -> Štáhlavy -> Stříbro -> Hořovice -> Centrála

3. Trasa

Příbram S. -> Beroun -> Centrála -> Příbram Š. -> Příbram Ž. -> Příbram Z. -> Příbram S.

Délka Trasy: 253,1 Km

Upravená trasa

Centrála -> Příbram Š. -> Příbram Ž. -> Příbram Z. -> Příbram S. -> Beroun -> Centrála

Úterý

1. Trasa

Kutná Hora -> Řečany -> Dvůr Králové -> Hradec Králové -> Centrála -> Kolín P. -> Kolín H. -> Kutná Hora

Délka Trasy: 332,6

Upravená trasa

Centrála -> Kolín P. -> Kolín H. -> Kutná Hora -> Řečany -> Dvůr Králové -> Hradec Králové -> Centrála

2. Trasa

Velký Osek -> Čáslav -> Havlíčkův Brod -> Chotěboř -> Centrála -> Městec Králové -> Velký Osek

Délka Trasy: 360,3

Upravený trasa

Centrála -> Městec Králové -> Velký Osek -> Čáslav -> Havlíčkův Brod -> Chotěboř -> Centrála

3. Trasa

Vrchlabí -> Víchov -> Desná -> Centrála -> Vrchlabí

Délka Trasy: 336,7

Upravená trasa

Centrála -> Vrchlabí -> Víchov -> Desná -> Centrála

4. Trasa

Liberec -> Mladá Boleslav -> Centrála -> Nový Bydžov -> Holín -> Smržovka H. -> Smržovka M. -> Liberec

Délka Trasy: 382,5

Upravený trasa

Centrála -> Nový Bydžov -> Holín -> Smržovka H. -> Smržovka M. -> Liberec -> Mladá Boleslav -> Centrála

Středa

1. Trasa

Zbuzany -> Praha J. -> Praha Z. -> Praha N. -> Praha A. -> Centrála -> Praha R. -> Praha U. -> Zbuzany

Délka Trasy: 124,8

Upravený trasa

Centrála -> Praha R. -> Praha U. -> Zbuzany-> Praha J. -> Praha Z. -> Praha N. -> Praha A. -> Centrála

2. Trasa

Centrála -> Odolená Voda -> Praha Jan. -> Praha Jaž. -> Praha T.-> Praha V. -> Praha C. -> Centrála

Délka Trasy: 109,3

Upravená trasa

Trasu není třeba upravovat.

Čtvrtek

1. Trasa

Centrála -> Třešť -> Moravské Budějovice -> Telč -> Jindřichův Hradec -> Tábor M. -> Tábor S. -> Centrála

Délka Trasy: 480,3

Upravená trasa

Trasu není potřeba upravovat.

2. Trasa

Vlašim -> Benešov -> Centrála -> Radlík -> České Budějovice -> Prachatice -> Malšice -> Vlašim

Délka Trasy: 473,9

Upravený trasa

Centrála -> Radlík -> České Budějovice -> Prachatice -> Malšice -> Vlašim -> Benešov -> Centrála

3. Trasa

Humpolec -> Říčany -> Centrála -> Týnec nad Sázavou -> Humpolec

Délka Trasy: 328

Upravená trasa

Centrála -> Týnec nad Sázavou -> Humpolec -> Říčany -> Centrála

Pátek

1. Trasa

Dolní Rychnov -> Cheb -> Otvice -> Jirkov -> Centrála -> Žatec -> Kadaň T. -> Kadaň H.
-> Dolní Rychnov

Délka Trasy: 372,5

Upravený trasa

Centrála -> Žatec -> Kadaň T. -> Kadaň H. -> Dolní Rychnov -> Cheb -> Otvice -> Jirkov
-> Centrála

2. Trasa

Nové Strašecí -> Rakovník -> Jesenice -> Centrála -> Zbuzany -> Nové Strašecí

Délka Trasy: 211,1

Upravená trasa

Centrála -> Zbuzany -> Nové Strašecí -> Rakovník -> Jesenice -> Centrála

3. Trasa

Ústí nad Labem -> Píšťany -> Litoměřice -> Centrála -> Teplice -> Proboštov -> Ústí nad
Labem

Délka Trasy: 152,3

Upravená trasa

Centrála -> Teplice -> Proboštov -> Ústí nad Labem -> Píšťany -> Litoměřice -> Centrála

4.3.4. Porovnání používané trasy a nově navržené

Již při rozdělování tras do jednotlivých automobilů za pomoci Mayerovy metody najdeme téměř ve všech rozvozových dnech rozdíly. Není tedy možné porovnávat jen jednotlivé trasy. Lze pouze tedy porovnat kolik bylo jaký den najeto kilometrů. V dalších kapitolách budou tedy nově navržené trasy a trasy používané firmou porovnány z hlediska počtu ujetých kilometrů a poté také z finančního hlediska.

V pondělí, úterý a ve čtvrtek se neshoduje ani jedna ze všech uvedených tras. Ve středu a pátek jsou všechny navržené trasy shodné, šlo by tedy trasy porovnat vzájemně mezi sebou.

Středa

1. Trasa – nově navržená

Centrála -> Praha R. -> Praha U. -> Zbuzany-> Praha J. -> Praha Z. -> Praha N. ->
Praha A. -> Centrála

1. Trasa – použitá firmou

Centrála -> Zbuzany -> Praha J. -> Praha N. -> Praha Z. -> Praha A. -> Praha U. ->
Praha R. -> Centrála

2. Trasa – nově navržená

Centrála -> Odolená Voda -> Praha Jan. -> Praha Jaž. -> Praha T. -> Praha V. ->
Praha C. -> Centrála

2. Trasa – použitá firmou

Centrála -> Praha Jaž. -> Praha C. -> Praha V. -> Praha Jan. -> Odolená Voda ->
Centrála

4.3.5. Porovnání ujetých kilometrů

Tabulka č. 27 – porovnání ujetých km

	Počet kilometrů ujetých firmou	Počet kilometrů nově navržených tras
Pondělí		
1. trasa	389,6	338
2. trasa	377,7	354
3. trasa	331,8	253,1
Celkem	1099,1	945,1
Úterý		
1. trasa	319,9	338
2. trasa	310,6	364,8
3. trasa	391,2	336,7
4. trasa	385,3	382,5
Celkem	1407	1422
Středa		
1. trasa	147,2	124,8
2. trasa	149,5	109,3
Celkem	296,7	234,1
Čtvrtek		
1. trasa	553,9	480,3
2. trasa	483,3	473,9
3. trasa	436,9	328
Celkem	1474,1	1282,2
Pátek		
1. trasa	424,8	372,5
2. trasa	211,1	211,1
3. trasa	193	152,3
Celkem	828,9	735,9
Celkem za týden	5105,8	4619,3
Rozdíl	486,5	
Celkem ujeté km při využití nejlepší varianty	501,5	

V příložené tabulce jsou porovnány kilometry pro jednotlivé rozvozové dny. Nelze porovnávat jednotlivé trasy, a to z důvodu, který již byl zmíněn. Trasy se již rozcházejí při rozdělení do automobilů, nejsou tudíž všechny stejné a nelze je tedy porovnávat. Porovnáváme tedy počet ujetých kilometrů v jednotlivé dny. V pondělí bylo ujeté řidičem 1099,1. Při použití nově nalezené trasy je to 945,1 km. Nastala by zde tedy úspora 154 kilometrů. V úterý je použita trasa, která má celkem 1407 km, nově nalezená má ovšem 1422. V úterý je tedy efektivnější používat starou trasy, což ušetří 15 km. Ve středu se najede 296,7 km. Kdyby se využila nově navržená trasa, bylo by to 234,1, což je o 62,6 km kratší. Ve čtvrtek je ujeté celkem 1474,1. Po použití optimalizačních metod je to 1282,2, což je kratší o 191,9 kilometrů. V pátek je ujeté 829,9 kilometrů. V nové variantě cesty je to 735,9. Cesta by se tedy zkrátila o 93 Km.

Všechny nově navržené trasy vycházejí celkově lépe kromě úterý, kdy je již nyní používaná trasa kratší. Pokud by se tedy využili nejlepší trasy, tedy pro všechny rozvozové dny mimo úterý trasy nově navržené, celkově by se ujelo o 501,5 Km méně než doposud.

4.4. Finanční zhodnocení

Jednotlivé náklady na kilometr se liší v závislosti na druhu vozidla. Veškeré ceny pocházejí z interních zdrojů firmy, které byly získány při konzultaci s odborníkem z firmy Bralep. Ceny jsou vypočteny pro obvykle naplněné auto.

Tabulka č. 28 – ceny na km pro jednotlivá vozidla (Kč)

Vozidlo	cena
Iveco - 3,5 t	15 Kč
MAN - 7t	20 Kč
Mercedes -16t	27 Kč

4.4.1. Vypočet ceny

Pro výpočet celkových finančních nákladů jsou použity ceny pro jednotlivá vozidla (viz tabulka č. 28).

Tabulka č. 29 – Tabulka nákladů u tras používaných firmou – Pondělí

Pondělí	vozidlo	vzdálenost - Km	cena	celkem (kč)
1. trasa	Mercedes	389,6	27,00 Kč	10 519,20 Kč
2. trasa	MAN	377,7	20,00 Kč	7 554,00 Kč
3. trasa	MAN	331,8	20,00 Kč	6 636,00 Kč

Celkové finanční náklady pro trasy používané firmou jsou 24 709,20 Kč.

Tabulka č. 30 – Tabulka nákladů u tras používaných firmou – Úterý

Úterý	vozidlo	vzdálenost - Km	cena	celkem (kč)
1. trasa	Mercedes	319,9	27,00 Kč	8 637,30 Kč
2. trasa	Iveco	310,6	15,00 Kč	4 659,00 Kč
3. trasa	MAN	391,2	20,00 Kč	7 824,00 Kč
4. trasa	MAN	385,3	20,00 Kč	7 706,00 Kč

Náklady u úterní trasy jsou 28 826,30 Kč.

Tabulka č. 31 – Tabulka nákladů u tras používaných firmou – Středa

Středa	vozidlo	vzdálenost - Km	cena	celkem (kč)
1. trasa	MAN	147,2	20,00 Kč	2 944,00 Kč
2. trasa	Mercedes	149,5	27,00 Kč	4 036,50 Kč

Středeční náklady na dopravu jsou 6 980,50 Kč.

Tabulka č. 32 – Tabulka nákladů u tras používaných firmou – Čtvrtek

Čtvrtek	vozidlo	vzdálenost - Km	cena	celkem (kč)
1. trasa	MAN	553,9	20,00 Kč	11 078,00 Kč
2. trasa	MAN	483,3	20,00 Kč	9 666,00 Kč
3. trasa	Mercedes	436,9	27,00 Kč	11 796,30 Kč

Náklady na dopravu u tras použitých firmou jsou 32 540,30 Kč.

Tabulka č. 32 – Tabulka nákladů u tras používaných firmou – Pátek

Pátek	vozidlo	vzdálenost - Km	cena	celkem (kč)
1. trasa	Mercedes	424,8	27,00 Kč	11 469,60 Kč
2. trasa	MAN	211,1	20,00 Kč	4 222,00 Kč
3. trasa	MAN	193,0	20,00 Kč	3 860,00 Kč

Páteční náklady činí 19 551,60 Kč.

Tabulka č. 33 – Tabulka nákladů u tras vypočtených – Pondělí

Pondělí	vozidlo	vzdálenost - Km	cena	celkem (kč)
1. trasa	Mercedes	338,0	27,00 Kč	9 126,00 Kč
2. trasa	MAN	354,0	20,00 Kč	7 080,00 Kč
3. trasa	MAN	253,1	20,00 Kč	5 062,00 Kč

U nově vypočítané pondělní trasy jsou celkové náklady 21 268,00 Kč.

Tabulka č. 34 – Tabulka nákladů u tras vypočtených – Úterý

Úterý	vozidlo	vzdálenost - Km	cena	celkem (kč)
1. trasa	MAN	338,0	20,00 Kč	6 760,00 Kč
2. trasa	MAN	364,8	20,00 Kč	7 296,00 Kč
3. trasa	Iveco	336,7	15,00 Kč	5 050,50 Kč
4. trasa	Mercedes	382,5	27,00 Kč	10 327,50 Kč

Pro úterní trasy činní náklady 29 434,00 Kč.

Tabulka č. 35 – Tabulka nákladů u tras vypočtených – Středa

Středa	vozidlo	vzdálenost - Km	cena	celkem (kč)
1. trasa	MAN	124,8	20,00 Kč	2 496,00 Kč
2. trasa	Mercedes	109,3	27,00 Kč	2 951,10 Kč

Středeční náklady jsou 5 447,10 Kč.

Tabulka č. 36 – Tabulka nákladů u tras vypočtených – Čtvrtek

Čtvrtek	vozidlo	vzdálenost - Km	cena	celkem (kč)
1. trasa	MAN	480,3	20,00 Kč	9 606,00 Kč
2. trasa	MAN	473,9	20,00 Kč	9 478,00 Kč
3. trasa	Iveco	328,0	15,00 Kč	4 920,00 Kč

Nově vypočtené čtvrteční trasy vyjdou celkem na 24 004,00 Kč

Tabulka č. 37 – Tabulka nákladů u tras vypočtených – Pátek

Pátek	vozidlo	vzdálenost - Km	cena	celkem (kč)
1. trasa	Mercedes	372,5	27,00 Kč	10 057,50 Kč
2. trasa	MAN	211,1	20,00 Kč	4 222,00 Kč
3. trasa	MAN	152,3	20,00 Kč	3 046,00 Kč

V pátek náklady činní 17 325,50 Kč.

Tabulka č. 38 – Tabulka porovnání finančních nákladů

	Používaná trasa firmou (Kč)	Vypočítana trasa programem (Kč)	Rozdíl v (Kč)
Pondělí	24 709,20 Kč	21 268,00 Kč	3 441,20 Kč
Úterý	28 826,30 Kč	29 434,00 Kč	-607,70 Kč
Středa	6 980,50 Kč	5 447,10 Kč	1 533,40 Kč
Čtvrtek	32 540,30 Kč	24 004,00 Kč	8 536,30 Kč
Pátek	19 551,60 Kč	17 325,50 Kč	2 226,10 Kč

Při porovnání celkových finančních nákladů v jednotlivých dnech je patrné, že ve všech rozvozových dnech kromě úterý jsou náklady na rozvoz u nově vypočtených tras lepší než původně používané trasy. V celkovém zhodnocení budou využité nově navržené trasy až na úterní, kdy by nadále byla využívána trasa firmy.

4.5. Zhodnocení výsledků

Při použití ekonomicko matematických modelů, byly nalezeny kratší trasy pro všechny rozvozové dny kromě úterý, kdy firma používá lepší trasu, než jako jsme dostali při výpočtech. K nalezení optimálních řešení byla využita Mayerova metoda k rozdělení míst do jednotlivých vozů. Poté se využila metoda větví a mezí k přerozdělení míst v jednotlivých okruzích. Výpočty byly provedeny ve výpočetním programu TSPKOSA.

V pondělí se při využití nejlepších tras ujelo o 154 km méně. V úterý by se využila trasa firmy, jelikož z výpočtu jsme dostaly trasu o 15 km delší a je tedy výhodnější než

nově vypočtena. Ve středu by se ujelo o 62,6 km méně. Ve čtvrtek se ušetří při použití nově vypočtených tras 191,9 km. V pátek by se ujelo o 93 km méně. Při využití těchto tras by se tedy ujelo celkem o 501,5 km méně než doposud. Celkové náklady firmy na rozvoz doposud činí 112 607,90 Kč. Pokud by firma začala vyžít nově navržené trasy s tím, že v úterý by ponechala doposud užívanou trasu činili by její náklady 96 870,90 Kč. Celkem by tedy za jeden týden ušetřili 15 737,00 Kč. Z čehož vyplývá, že by se měla firma Bralep měla zaměřit na optimalizaci dopravy za pomoci ekonomicko matematických metod. Využití by vedlo k finanční úspoře.

5. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce byla za pomoci ekonomicko matematických metod, které se používají pro řešení okružních dopravních problémů, najít optimální rozvozové trasy pro všechny dny v týdnu. A to tak aby byly výhodnější než původně používané trasy firmou Bralep a zároveň tak zajistit co nejvyšší finanční úsporu. Firma se této problematice věnuje a hledá nová řešení pro optimalizaci dopravy, a to z důvodu rostoucích finančních nákladů.

Nejprve byla prezentována firma a byl představen problém a následně důvod proč se firma danému dopravnímu problému věnuje a z jakého důvodu stojí o zlepšení. Za pomoci Mayerovy metody byly rozřazena rozvozová místa do jednotlivých okruhů. Tato metoda byla použita pro všechny rozvozové dny.

K dopravě firma využívá několik dopravních automobilů s různou přepravní hmotností a tím pádem i s různými náklady na přepravu. Firma Bralep má zákazníky po celé České republice. Firma má dvě pobočky a práce řeší pouze dopravu pro pobočku v Ledčicích. V práci se tedy neobjevují zákazníci z Moravy, kde je druhá pobočka.

Pro zákazníky v rozvozech zatím neexistuje žádné omezení na hmotnost vozidla ovšem při rozdělování rozvozových míst do jednotlivých tras je důležité dbát na jiná omezení jako například časová náročnost vykládat či požadavky zákazníků na čas doručení. Po rozdělení za pomoci Mayerovy metody vznikly pro pondělí tři okruhy, pro úterý vznikly čtyři trasy, ve středu existují jen dvě. Ve čtvrtek a v pátek jsou to tři okruhy. Následně bylo pro všech 15 tras za využití výpočetního programu TSPKOSA nalezeno nejlepšího výsledku za pomoci metody větví a mezí, která je ze všech ekonomicko matematických metod nejlepší pro daný dopravní problém. Doposud se za celý týden ujelo celkem 5105,8 kilometrů. Po použití vybraných ekonomicko matematických metod vyšlo, že se celkem za týden ujede 4609,4 kilometrů. Celkem by se tedy ujelo o 496,4 kilometrů méně. Jedná se tedy o 9,7 % zlepšení, a to za předpokladu použití nově vypočtených tras pro všechny rozvozové dny. Jestliže by se v úterý stále používala trasa firmy, která je o 15 km kratší a pro ostatní dny by se použili nově vypočtené ujelo by se o celkem o 501,5 km méně a jedná se o 9,8 % zlepšení. Po vypočtení finanční náročnosti jednotlivých tras kde, již budou použité nejlepší varianty, činní celková finanční úspora 15 737 Kč. Původně použité trasy vyjdou celkem na 112 607,90 Kč, kdežto nejlepší

nalezené trasy vyjdou na 98 870,90 Kč za týden. Po zhodnocení všech výsledků je patrné, že trasy volené řidičem společnosti Bralep s.r.o. nebyly nejefektivnější, kromě tras v úterý, kdy bylo celkem ujeté o 15 kilometrů méně než s nově nalezenou trasou. Za to nemůže optimalizační metoda větví a mezí, ale Mayerova metoda, která rozděluje jednotlivá místa do jednotlivých okruhů a zrovna u tohoto dne bylo původní rozdělení lepší. Tento rozdíl je ale ve srovnání s ostatními dny v týdnu minimální. Z výsledků je tedy jasné, že existují i lepší řešení, a to jak z hlediska vzdálenosti, tak nákladů. Při využívání daných metod pro plánování tras je patrné, že by došlo ke zlepšení dopravy a také k finanční úspoře nákladů.

Firmě Bralep bych doporučila používat dané ekonomicko matematické metody pro optimalizaci všech rozvozových dnů a všech okruhů. Firma by výrazně snížila částku na dopravu, což by přirozeně vedlo i k úspoře na vozový park, jelikož by automobily ujely výrazně méně kilometrů a snížilo by to i jejich opotřebovanost. Doporučovala bych k optimalizaci tras metodu větví a mezí, která je z ekonomicko matematických metod pro daný dopravní problém nejlepší, protože dokáže získat lepší výsledky než ostatní metody. Hlavním doporučením by bylo více se věnovat vylepšení postupu ke stanovení rozvozových tras a k úpravě rozdělení území. Určitě by bylo dobrou investicí zakoupení programu, který pracuje s navrženými algoritmy a do kterého by stačilo zadat data a různá omezení. Jako například Road Control, Digitech či Tasha. Celý proces plánování dopravy by byl ulehčen.

6. Seznam použitých zdrojů

BROŽOVÁ H., HOUŠKA M., 2003. Základní metody operační analýzy. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, ISBN 80-213-0951-2

DRAHOTSKÝ I., ŘEZNÍČEK B., 2003. Logistika – procesy a jejich řízení. 1.vyd., COMPUTER PRESS, Brno, ISBN 80-7226-521-0.

EISLER J., 2008. Ekonomika dopravních služeb a podnikání v dopravě. 2.vyd., Vysoká škola ekonomická, Praha, ISBN 978-80-245-1416-1.

GROS, I., 1996, Logistika. 1. vyd., VŠCHT, Praha, ISBN 80-7080-262-6.

HRANIČKOVÁ P., 2015. Plánování tras kamionové dopravy. Bakalářská práce, Česká zemědělská univerzita, Praha.

JANOUCHE L., 2013. Plánování tras kamionové dopravy. Bakalářská práce, Česká zemědělská univerzita, Praha.

KOSTOKOVÁ I., 2006. Distribuční úlohy I. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, ISBN 80-213-1156-8

KREJČÍ I., KUČERA P., 2010. Program TSPKOSA. Vytvořeno s podporou Fondu rozvoje vysokých škol, projekt 2678/2010, Praha

KUBISKOVÁ V., 2013. Plánování dopravy ve společnosti Čechofracht, a.s. Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita, Praha.

KURCOVÁ V., 2015. Řešení problémů dopravní logistiky ve společnosti BV Spectrum, Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita, Praha.

LAMBERT, D., STOCK, J., ELLRAM L., 2005. Logistika. 2. vyd., CP Books, a.s., Brno. ISBN 80-251-0504-0.

MAČÁT, V. SIXTA, J., 2005. Logistika – teorie a praxe. 1. vyd., Computer Press, a.s., Praha, ISBN 80-251-0573-3.

MAREŠ J., 2014. Plánování tras kamionové dopravy ve společnosti MD Elektronik. Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita, Praha.

PERNICA P., 2005. Logistika pro 21. století: Supply chain Management.: Radix, spol s r. o., Praha, ISBN 80-86031-59-4

SCHULTE CH., 1991. Logistika. Mnichov, Verlag Franz Vahlen GmbH, ISBN 80-85605-87-2

SCHULTE, Ch., 1994, Logistika. 1. vyd., Victoria Publishing, a.s., Praha, ISBN 80-85605-87-2

STEHLÍK A., KAPOUN J., 2008. Logistika pro manažery. 1. vyd., EKOPRESS, Praha, ISBN: 978-80-86929-37-8.

SVOBODA V., LATÝN P., 2004. Logistika. 2. vyd., ČVUT, Praha, ISBN 80-01-02735-X.

SYNEK M., KISLINGEROVÁ E a kol., 2010. Podniková ekonomika. 5. vyd., C. H. Beck, Praha, ISBN 978-80-7400-336-3

SYSEL R., 2013. Výběr tahače pro dopravní firmu. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita, Praha.

SVOBODA V., 2006. Doprava jako součást logistických systémů. 1.vyd., RADIX, Praha, ISBN 80-86031-68-3.

ŠUBRT T a kol., 2011. Ekonomicko – matematické metody. Aleš Čeněk, Plzeň, ISBN 978-80-7380-345-2

TRUXOVÁ K., 2014. Optimalizace tras pro firmy zabývající se zásilkovou službou. Bakalářská práce, Česká zemědělská univerzita, Praha.

TUZAR A., MAXA P., SVOBODA V., 1997. Teorie dopravy. 1.vyd., ČVUT, Praha, ISBN 80-01-01637-4

ZÍSKAL J., HAVLÍČEK J., 2007. Ekonomicko matematické metody II Studijní texty pro distanční studium. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, ISBN 97880-213-0761-2

ZÍSKAL J., HAVLÍČEK J., 2010. Ekonomicko matematické metody II Studijní texty pro distanční studium. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, ISBN 978-80213-0664-6.

Bralep [Online] Bralep CR s.r.o. [Citace: 16. 8. 2016.] <http://www.bralep.cz/>

MACHAČKA, I. AETR, pravidla práce posádek v mezinárodní silniční dopravě, povinnosti dopravce, tachografy a jejich použití. [online] Dostupné z [cit. 2017-02-19]

.https://www.researchgate.net/publication/40396086_AETR_pravidla_prace_osadek_v_mezinarodni_silnicni_doprave_povinnosti_dopravce_a_ridice_tachografy_a_jejich_pouziti

Maps, Google. Mapy Google. [Online] Google Maps - ©2016 Google. [Citace: 16. 8. 2016.] <https://maps.google.com/>.

7. Seznam použitých tabulek a obrázků

7.4. Seznam tabulek

- Tabulka č. 1 - Přehled typických funkcí v logistických řetězcích
- Tabulka č. 2 - množství dodávaných výrobků do určitých míst – pondělí
- Tabulka č. 3 - množství dodávaných výrobků do určitých míst – úterý
- Tabulka č. 4 - množství dodávaných výrobků do určitých míst – středa
- Tabulka č. 5 - množství dodávaných výrobků do určitých míst – čtvrtek
- Tabulka č. 6 - množství dodávaných výrobků do určitých míst – pátek
- Tabulka č. 7 – tabulka kilometrů – pondělí
- Tabulka č. 8 – tabulka kilometrů – úterý
- Tabulka č. 9 – tabulka kilometrů – středa
- Tabulka č. 10 – tabulka kilometrů – čtvrtek
- Tabulka č. 11 – tabulka kilometrů – pátek
- Tabulka č. 12 – rozdělení trasa 1. - pondělí
- Tabulka č. 13 – rozdělení trasa 2. - pondělí
- Tabulka č. 14 – rozdělení trasa 3. - pondělí
- Tabulka č. 15 – rozdělení trasa 1. - úterý
- Tabulka č. 16 – rozdělení trasa 2. - úterý
- Tabulka č. 17 – rozdělení trasa 3. – úterý
- Tabulka č. 18 – rozdělení trasa 4. - úterý
- Tabulka č. 19 – rozdělení trasa 1. - středa
- Tabulka č. 20 – rozdělení trasa 2. - středa
- Tabulka č. 21 – rozdělení trasa 1. - čtvrtek
- Tabulka č. 22 – rozdělení trasa 2. - čtvrtek
- Tabulka č. 23 – rozdělení trasa 3. - čtvrtek
- Tabulka č. 24 – rozdělení trasa 1. - pátek
- Tabulka č. 25 – rozdělení trasa 2. - pátek
- Tabulka č. 26 – rozdělení trasa 3. - pátek
- Tabulka č. 27 – porovnání ujetých km
- Tabulka č. 28 – ceny na km pro jednotlivá vozidla (Kč)

Tabulka č. 29 – Tabulka nákladů u tras používaných firmou – Pondělí
Tabulka č. 30 – Tabulka nákladů u tras používaných firmou – Úterý
Tabulka č. 31 – Tabulka nákladů u tras používaných firmou – Středa
Tabulka č. 32 – Tabulka nákladů u tras používaných firmou – Čtvrtek
Tabulka č. 33 – Tabulka nákladů u tras vypočtených – Pondělí
Tabulka č. 34 – Tabulka nákladů u tras vypočtených – Úterý
Tabulka č. 35 – Tabulka nákladů u tras vypočtených – Středa
Tabulka č. 36 – Tabulka nákladů u tras vypočtených – Čtvrtek
Tabulka č. 37 – Tabulka nákladů u tras vypočtených – Pátek
Tabulka č. 38 – Tabulka porovnání finančních nákladů

7.5. Seznam Obrázků

Obrázek č. 1 – Jednostupňový dopravní problém

Obrázek č. 2 – Okružní dopravní problém s úplnou sítí a neúplnou

Obrázek č. 3 – Mapa

Obrázek č. 4 – Výrobní hala