Vysoká škola ekonomická v Praze
Fakulta managementu
Katedra exaktních metod

Efektivní sdružování přeprav kusových zásilek v konkrétní spediční firmě

Autor diplomové práce: Bc. Jakub Petrák
Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Anna Černá, CSc.
Rok obhajoby: 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma

„Efektivní sdružování přeprav kusových zásilek v konkrétní spediční firmě“

jsem vypracoval samostatně a veškerou použitou literaturu a další prameny jsem řádně označil a uvedl v přiloženém seznamu.

V Jindřichově Hradci dne 14. dubna 2018

.....

podpis

Vysoká škola ekonomická v Praze
Katedra exaktních metod

Fakulta managementu
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Bc. Jakub Petrák**

Studijní program: Ekonomika a management

Obor: Management

Název tématu: **Efektivní sdružování přeprav kusových zásilek v konkrétní spediční firmě**

Zásady pro vypracování:

1. Zdůvodněný výběr konkrétní spediční firmy a získání souhlasu jejího managementu. Vytipování a formulace jednoho nebo více manažerských rozhodovacích problémů, spojených se sdružováním přeprav zásilek ve vybrané firmě.
2. Shromáždění a uspořádání teoretických poznatků o vytipovaných problémech.
3. Návrh metod řešení vytipovaných problémů a ověření jejich funkčnosti na konkrétních případech z praxe vytipované firmy.

Rozsah práce: 60

Seznam odborné literatury:

1. Návrh metod řešení vytipovaných problémů a ověření jejich funkčnosti
2. NOVÁK, R. Logistika přepravních služeb – spedice. Praha; Hamburg. 1992.
3. ČERNÁ, A. -- ČERNÝ, J. Manažerské rozhodování o dopravních systémech. 1. vyd. Pardubice: Universita Pardubice, 2014. 226 s. ISBN 978-80-7395-849-7.
4. na konkrétních případech z praxe vytipované firmy.

Datum zadání diplomové práce: březen 2017

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2018

Bc. Jakub Petrák
Řešitel

doc. Ing. Anna Černá, CSc.
Vedoucí práce

Ing. Vladimír Přibyl, Ph.D.
Vedoucí ústavu

doc. Ing. Vladislav Bína, Ph.D.
Děkan FMJH VŠE

Název diplomové práce:

Efektivní sdružování přeprav zásilek ve vybrané logistické firmě

Abstrakt:

Tato práce řeší problém efektivního rozdělení, alokace, sdružování dokládkových zásilek ve vybrané spediční firmě. Hlavním cílem této práce je nalezení nového algoritmu, který by měl demonstrovat případný finanční dopad na výsledky firmy v případě implementování tohoto algoritmu do informačního systémů společnosti. Konkrétně je uvedeno procento, o kolik přibližně klesnou celkové náklady na přepravu dokládkových zásilek. Autor se zaměřuje na konkrétní příklad z praxe a prezentuje reálné výsledky zasilatelů spediční firmy. Zvolený problém je řešen pomocí programu Microsoft Excel a programovacího jazyku Visual Basic. V řešení se vychází z metod, jakou jsou Vehicle Routing Problem nebo Travelling Salesman. Je navrhnuto několik možných přístupů řešení a v závěru vybráno to nejefektivnější. Data nejsou stoprocentně převzata z reálného příkladu, a to z důvodu ochrany údajů spediční firmy. Nicméně jsou dostatečně relevantní, aby mohly reprezentovat konečný výsledek. Finální výsledek algoritmu nejlepšího řešení je srovnán s průměrem výsledků zasilatelů spediční firmy. Případnou implementací vytvořeného algoritmu by se celkové náklady na přepravu dokládkových přeprav zredukovali zhruba o 11,1 %.

Klíčová slova:

Rozdělení, alokace, sdružení, zásilky, efektivita

Poděkování:

Děkuji touto cestou doc. Ing. Anně Černé CSc. a prof. RNDr. Janu Černému, DrSc., dr. h. c. za cenné rady, odborné vedení a vstřícnost v průběhu zpracování této diplomové práce. Poděkování patří také Ing, Monice Trachtové, která zpracovala grafické podklady pro tuto práci. Nelze opomenout poděkování vedení firmy, které mi umožnilo práci zpracovat a poskytlo potřebné informace.

Obsah

Úvod **15**
Veličiny **17**
Zkratky **18**
Pojmy **19**
1 Společnost **20**
1.1 Struktura 20
1.2 Pozemní přepravní procesy a služby 21
1.2.1 Parcel 21
1.2.2 System Freight (LTL) 24
1.2.3 Part & Full Loads (FTL) 26
1.3 Rozměry nákladních automobilů 29
1.4 Rozdělení území 32
2 Routing Problems **34**
2.1 Vehicle Routing (VRP) 34
2.2 Travelling Salesman (TSP) 35
2.3 Chinese Postman (CPP) & Rural Postman Problem (RPP) 36
Metodika **37**
3 Analýza procesu **39**
3.1 Modelová situace 40
3.2 Zasilatelská řešení 47
3.3 Automatizace 54
3.4 Výpočet 57
3.5 Přístupy výpočtů 58
3.6 Přehled všech automatizovaných řešení 68
3.7 Srovnání 70
Závěr **79**
Seznam literatury **81**
Přílohy **89**

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Struktura organizace 20
Obrázek 2 - Rozměrové omezení balíku služby Parcel 23
Obrázek 3 – Proces přepravy: služba Parcel 24
Obrázek 4 - Proces přepravy: služba System Freight (LTL) 26
Obrázek 5 - Proces přepravy: služba Full Loads (FTL) 27
Obrázek 6 - Kamion: Part Loads (PTL) 28
Obrázek 7 - Proces přepravy: služba Part Loads (PTL) 28
Obrázek 8 - Standardní kamion 29
Obrázek 9 - Sólo vůz do 3,5 tun 30
Obrázek 10 - Sólo vůz do 6,5 tun 31
Obrázek 11 - Sólo vůz do 12 tun 31
Obrázek 12 - Rozdělení území vybraných zemí podle PSČ 32
Obrázek 13 - Zakreslení měst v mapách 42
Obrázek 14 - Zakreslení bodů v mapách 43
Obrázek 15 – Výsledné cesty Řešení 3 71
Obrázek 16 - Výsledné cesty Řešení 3a 73
Obrázek 17 - VBA code - generování kombinací, zásilky po třech 89
Obrázek 18 - VBA code - generování kombinací přeprav z celkem 469 trojkombinací 90
Obrázek 19 - VBA code - generování kombinací, zásilky po dvou 90
Obrázek 20 - VBA code - generování kombinací přeprav z celkem 91 dvojkombinací 91
Obrázek 21 - VBA code - vygenerované kombinace přeprav a jejich kombinace 91

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Veličiny 17
Tabulka 2 - Zkratky 18
Tabulka 3 – Služba Parcel 23
Tabulka 4 - Služba System Freight (LTL) 25
Tabulka 5 - Služba Part & Full Loads (FTL) 29
Tabulka 6 - Modelová situace – nakládky/vykládky 41
Tabulka 7 - Modelová situace – Detailní atributy zásilek 45
Tabulka 8 - Vyhledávání v tabulkách podle primárního klíče 46
Tabulka 9 - Náklady nákladních automobilů za 1 km 46
Tabulka 10 – Řešení zasilatele č.1 47
Tabulka 11 - Řešení zasilatele č.2 48
Tabulka 12 - Řešení zasilatele č.3 49

Tabulka 13 - Řešení zasilatele č.4 50
Tabulka 14 - Řešení zasilatele č.5 51
Tabulka 15 - Řešení zasilatele č.6 52
Tabulka 16 - Řešení zasilatele č.7 52
Tabulka 17 - Řešení zasilatele č.8 53
Tabulka 18 - Výběr z nejméně úsporných kombinací 62
Tabulka 19 - Výběr z nejvíce úsporných dvojkombinací 64
Tabulka 20 – Výběr z nejvíce úsporných trojkombinací 65
Tabulka 21 - Přepravy všech kombinací 66
Tabulka 22 - Přehled všech automatizovaných řešení 69
Tabulka 23 - Výsledek automatizovaného Řešení 3 70
Tabulka 24 - Výsledek automatizovaného Řešení 3a 72
Tabulka 25 - Porovnání automatizovaného řešení a všech řešení zasilatelů 74
Tabulka 26 – Porovnání automatizovaného řešení a různých řešení zasilatelů 76
Tabulka 27 - Srovnání celkově ujetých kilometrů Řešením 3 a zasilatelskými řešeními 77
Tabulka 28 - Vzdálenosti mezi městy v České Republice s omezením jízdy na východ 92
Tabulka 29 - Vzdálenosti mezi městy v České Republice 93
Tabulka 30 - Vzdálenosti mezi městy v České Republice a Německem 94
Tabulka 31 - Vzdálenosti mezi městy v Německu 95

Úvod

Hlavním cílem diplomové práce je vytvoření nového algoritmu, který bude schopen efektivně navrhnout sdružení zásilek na jednotlivé nákladní automobily. Konkrétně daná spediční firma nevysílá své nákladní automobily ze svého vozového parku, ale externě najímá dopravce po celé České republice. Hlavním výstupem je řešení konkrétního dopravního problému a srovnání současné praxe s novým návrhem. Vybraná firma je DB Schenker, a to z důvodu osobní pracovní zkušenosti ve firmě, která iniciovala právě k vyřešení tohoto problému.

Jednou z motivací je ukázat, že se dá sdružení zásilek praktikovat daleko efektivněji, jak z časového hlediska, tak i z toho finančního. Vzhledem k tomu, že prostředí spedičních firem je spojeno s velkými finančními obraty společností, lze tvrdit, že dané opatření by ušetřilo statisíce až miliony, pokud by informační systém pracoval tak, že by návrhy sdružení přeprav zásilek i okamžitě s dopravcem elektronicky realizoval, a tudíž by nedocházelo k časové prodlevě. Pokud by společnost chtěla nový algoritmus aplikovat do svého informačního systému, hlavním přínosem by byly ušetřené náklady a čas. Z tohoto opatření by samozřejmě vyplývali i další opatření, které by byli manažeři nuceni udělat. Zmenšení počtu zaměstnanců, více času pro řešení speciálních přeprav. Dále lze předpokládat, že by se mohly také navýšit dopravní kapacity pro stávající či nové zákazníky, tzn. bylo by možno realizovat více přeprav a zvýšit finanční obrat firmy.

Pro přiblížení, v současné době jednotliví zasilatelé společnosti DB Schenker operativně řeší velké množství přeprav, které musí odbavit. Většinou má každý zasilatel na starost nějakou konkrétní zemi a export či import z/do země. Práce se zabývá exportem a importem z/do Německa, což také bylo náplní práce autora. Většinou jsou na danou oblast dva a více lidí, tudíž je těžké přepravy efektivně sdružit už jen z hlediska komunikace. Vzhledem k tomu, že už tak je práce velice obsáhlá, omezení bude řešit pouze jeden směr dopravy (import-export). Hlavní předmětem jsou dokládkové přepravy, nikoli celovozové, které se pochopitelně nedají dokládat.

Na příkladu autor demonstruje daný problém:

- Zasilatel musí odbavit 20 poptávek (nevyřízených dokládkových přeprav) a zajistit, aby přepravy byly pro společnost ziskové, tudíž produkovaly zisk. Některé zásilky mají putovat na místa, které od sebe nejsou vzdálenostně daleko a místa nakládek jsou po cestě. Tudíž se zde nabízí, že je výhodné vzít jedno velké nákladní vozidlo a zásilky postupně nakládat v České republice a následně postupně vykládat v Německu.

Pro vysvětlení je vhodné použit jednoduchý příklad, který má demonstrovat, jaký problém je řešen. V praxi totiž zasilatelé takto neuvažují nebo nevidí souvislosti.

V první polovině práce jsou popsány teoretické metody řešení spedičního rozhodování a také popíši praktické fungování informačních systémů, které jsou nezbytnou součástí rozhodovacího procesu. Všechny informace, které jsou nezbytné k tomu, aby nastíněný problém byl lehce pochopitelný, jsou v práci uvedeny. Navzdory složitosti řešeného problému je zmíněno spoustu pojmů, které se používají ve spedičních společnostech.

Ve druhé časti je strukturována současná praxe, respektive postupy při řešení spedičních rozhodnutí. Pomocí programu Microsoft Excel je analyzován rozdíl mezi současnou situací a navrhnutým řešením autora. Společnost neumožňuje prezentování algoritmu současného informačního systému. Excel je proto nejpřístupnějším a zároveň nejvíce vhodným programem, který umožňuje vytvoření algoritmu, který lze následně implementovat do interního informačního systému společnosti. Srovnání je provedeno na konkrétním problému z praxe. Algoritmus je schopen vypočítat a vyhodnotit jakoukoliv situaci, kterou uživatel do Excelu zadá. Jak už je zmíněno výše, jelikož se při řešení musí zohlednit velký počet proměnných, nelze pro diplomovou práci zahrnout všechny, z důvodu rozsahu práce. Zanechány jsou ale ty nejdůležitější, které jsou potřebné k optimálnímu řešení problému a jsou hodnotným výstupem.

Praktický problém je zadán několika vybraným respondentům z praxe, kteří se dennodenně nacházejí v podobných situacích a musí řešit problém dokládkových přeprav. Ze všech poskytnutých řešení je následně vybráno to nejvíce efektivní, které bude porovnáno s řešením, které je vygenerováno programem MS Excel. Součástí cíle není přimět společnost, aby začala používat vytvořený algoritmus, ale zejména nastínit, jak by se z tohoto řešení dalo případně profitovat, pokud bude daleko sofistikovaněji vyřešeno externími firmami, které se zabývají touto problematikou a jsou schopny vytvořit informační systém na míru. Bude možno spočítat, kolik lze případně ušetřit v daném časovém horizontu a zda se toto řešení do budoucna vyplatí či nikoliv.

Veličiny

Tabulka 1 - Veličiny

Veličina	Jednotka	Název jednotky
Vzdálenost	KM	Kilometr
Objem	CBM	Metr krychlový
Účetní hmotnost	UKG	Kilogram
Hmotnost	KG	Kilogram
Ložná plocha	LDM	Ložný metr čtverečný

Zdroj: upraveno autorem podle (Grabara et al., 2014).

Definice vybraných veličin

- **Účetní kilogram** [UKG] je pomocná veličina. Objem zásilky se z metrů krychlových přepočítá pomocí daného koeficientu na účetní kilogramy. Stejně tak ložná plocha se přepočítává z metrů na účetní kilogramy, nýbrž nepoužívá se stejný koeficient, ale pro tento přepočet se používá jiný specifický koeficient.
- **Ložná plocha** [LDM] je veličina rovnající se délce přívěsu nákladního automobilu, tzn. 13,6 metrů. Samotná šířka přívěsu se zohledňuje při výpočtu ložné plochy jedné palety, viz kapitola Definice zkratek – Europaleta. Rozměry kamionů a jejich kapacity jsou dále popsány v kapitole 1.3.
- **Objem** [CBM] – Jak je již známo ze základů matematiky, pro zjištění objemu konkrétního objektu (v tomto případě pouze krychle nebo kvádr) je potřeba součin délky, šířky a výšky. Výsledek je v metrech krychlových, jak je již uvedeno v tabulce 1.

Zkratky

Tabulka 2 - Zkratky

Zkratka	Vysvětlivka
FTL	Full Truck Load
LTL	Less Than full truck Load
EP	Europaleta
PTL	Part Load

Zdroj: upraveno autorem podle (Alp et al., 2003).

Definice

- **FTL**, anglicky *Full Truck Load* je náklad/zásilka, která jede na přívěsu nákladního automobilu jediná a ve většině případech zaplňuje celou ložnou plochu. Podle odborné literatury by se mělo jednat o případně i více zásilek, které ovšem mají jednoho odesílatele a jednoho příjemce (Sorin, 2017). Zásilka se nikdy nepřekládá a jede rovnou od odesílatele k příjemci (Thomopoulos, 2015).
- **LTL**, anglicky *Less than full truckLoad* je náklad/zásilka, která jede na přívěsu nákladního automobilu společně s ostatními zásilkami a splňuje podmínky kategorizace zásilek, tzn. že hmotnost zásilky je mezi 32 a 2500 kilogramy. Toto označení spadá do sběrné služby firmy Schenker. Odborné literatury uvádějí odlišnou specifikaci, některé potvrzují hmotnostní omezení 2500 kilogramů a jiné uvádějí například hmotnostní omezení 9000 kilogramů (Thomopoulos, 2015). V této práci tedy nelze referovat na literaturu, ale následovat označení firmy, aby nedošlo k nedorozumění.
- **EP,** jinak *europaleta*, kde rozměry jedné europalety jsou normou stanovené. Délka je 1,2 metru a šířka 0,8 metru (Hiregoudar, 2007). Jedna europaleta tedy odpovídá 0,4 ložného metru. Výpočet ložné plochy jedné europalety:

  (délka palety x šířka palety) /šířka přívěsu

  (1,2 x 0,8) / 2,4 = 0,4 LDM
- **PL**, anglicky *Part Load* nebo také používané označení *Partial truckLoad*, což znamená v překladu doslova *částečný náklad*. Jedná se o zásilky, která spadají pod direktové přepravy a jsou takzvanými dokládkami na přívěs kamionu s nosností většinou 24 tun (Paul, 2011; Uhl a Gollenia, 2016).

Pojmy

- **Terminál** nebo také jinak sklad je místo, kde je úkolem co nejefektivněji působit mezi jednotlivými objekty (například odesílatel, příjemce). Hlavními úkoly terminálu, neboli také jinak řečeno Hubu, jsou především třídění zásilek a jejich konsolidace, uskladnění a podobně (Shafran et al., 2003).
- **Zasilatel pozemních přeprav** je pracovní pozice především v logistických, spedičních a dopravních firmách. Pracovník na této pozici má zodpovědnost za to, aby zásilky byly přepraveny ve stanoveném času a do výše smluvené ceny. Tato kritéria se nepodaří vždy splnit. Každý pracovník má přidělený kraj, oblast, zemi, záleží na specializaci pracovní pozice. Hledá dopravce, kteří nabízejí své služby a nabízí jim možné zásilky, které je nutné pro zákazníky převést (Veber, 2008). Hlavním cílem zasilatele je, aby vyprodukoval co nejvíce zisku, obstaral dopravce pro všechny zásilky, které je nutno přepravit a vše realizovat ve smluvený čas.

1 Společnost

Deutsche Bank Schenker představuje jednoho z největších celosvětových poskytovatelů nejen dopravních služeb, ale také spediční a logistická řešení. Poskytuje přepravu zboží na silnicích, železnicích, mořích a ve vzduchu.

Vznik Schenkeru v České republice je datován v roce 1991. K roku 2018 zaměstnává kolem dvou tisíc pracovníků a působí na více jak dvaceti pobočkách po celé republice. Vzhledem k takové velikosti je společnost schopna pružně reagovat na požadavky zákazníků a hledat tak to nejlepší řešení, které vede k uspokojení obou stran. Obrat za rok 2017 činil více než šest miliard korun českých, bylo přepraveno více než 1,5 miliardy zásilek. Rozloha skladů nabízená zákazníkům činí téměř 200 tisíc metrů čtverečných (DeutscheBahn.com, 2018).

1.1 Struktura

Deutsche Bahn Group je organizována jako skupina a k roku 2017 působila ve více než 130 zemích. Zaměstnává více než tři sta tisíc lidí, z čeho je 40 % v Německu. DB Group je rozdělena do pěti hlavní operačních skupiny: DB Bahn, Arriva, DB Netze, DB Dienstleistungen a DB Schenker. Tyto skupiny jsou v podstatě samostatně vedené firmy, kde u většiny z nich má DB skupina stoprocentní vlastnický podíl. Nejdůležitějšími skupinami jsou především, DB Bahn, DB Netze a DB Schenker. Tyto jsou zobrazeny na obrázku 1, kde je nastíněna struktura těchto skupin vůči DB Group (DeutscheBahn.com, 2018; DBSchenker.com, 2017b).

DB Bahn je lídrem na německém trhu ve veřejné vlakové dopravě a také jedním lídrů ve stejné oblasti v rámci celé Evropy. DB Netze je číslem jedna v evropské přepravní infrastruktuře. První místa obsazuje DB Schenker v oblastech přepravy zásilek na železnicích a silnicích. Přední příčky patří také letecké a námořní přepravě. Nejméně zastoupená oblast působnosti je ve skladových službách (DBSchenker.com, 2017b).

Obrázek 1 - Struktura organizace



Zdroj: (DBSchenker.com, 2017b).

1.2 Pozemní přepravní procesy a služby

V roce 2016 společnost Schenker nově definovala procesy/služby přepravní divize. Nově existuje škála tří produktů: *Parcel*, *System Freight (LTL)* a *Part & Full Loads (FTL)* (DBSchenker.com, 2017a).

Ještě do roku 2015 bylo globální rozdělení: *Parcel*, *System* a *Part & Full Loads (LTL, FTL)*. Ve své podstatě to nic nemění na tom, jak systém přepravy funguje, jen *LTL* označení nyní spadá pod část *System Freight (LTL)*. Jak se ukázalo, tato změna je stavěna na faktu, že dřívější přiřazení označení LTL k přímým dokládkovým přepravám byla špatné. Podle odborné literatury spadá do LTL zásilek právě zásilky mezi hmotností 30 až 2500 kilogramů, což odpovídá produktu sběrné služby (Paul, 2011). Tudíž je nutné specifikovat, že v této práci se autor nezabývá Less Than full truck Load zásilkami. Pro tuto práci je používán termín *Part Loads*, který je používán pro dokládkové služby, viz kapitole 1.2.3.

Za dokládkové zásilky se dají považovat všechny zásilky, které nejedou na přívěsu samy. Pro upřesnění – na nákladním automobilu jede ve stejný čas více zásilek. Tudíž u konkrétní přepravy z bodu A do bodu B může existovat více než jen jeden poptávající zákazník a jedna poptávka po přepravě nákladu. Dá se tvrdit, že pokud existuje „ideální" kombinace zásilek, které se přepravují ve stejný moment na stejném přívěsu, lze z tohoto typu přepravy generovat vysoké zisky. Dále je toto téma rozepsáno v kapitole 1.2.3 a také v kapitole 3.

Pozemní přepravní produkty jsou děleny již na zmíněné tři části. V překladu do českého jazyka služba *Parcel* je ekvivalentem balíkové služby, služba *System* je zástupce sběrné služby a produkt *Part & Full Loads (FTL)* znamená přímou přepravu zásilek (bez žádné zastávka v meziskladu) (DBSchenker.cz, 2017a).

Každý produkt se také dělí na tuzemský a mezinárodní. Vzhledem k tomu, že tato práce se zaměřuje hlavně na přímé dokládkové přepravy, ostatní služby firmy Schenker budou nastíněny jen okrajově, pro rychlý přehled, jak jsou produkty kategorizovány. Tuzemské služby/produkty se liší země od země, a proto je nelze zohledňovat jako služby, které jsou ve všech zemích poskytovány vnitrostátně stejným způsobem.

1.2.1 Parcel

Balíková služba, kde platí hmotnostní a rozměrové omezení, stejně tak jako u ostatních produktů/služeb. Konkrétně, součet šířky a výšky (obvod strany) plus délka zásilky nesmí přesáhnout 3,3 metrů. Zároveň platí také váhové omezení, které

je obecně stanoveno na 32 kilogramů. Existuje však výjimka pro tuzemské balíčky, kde je maximální hmotnost balíčku 40 kilogramů (DBSchenker.cz, 2016a).

Váhová a rozměrová omezení jsou pro každou zemi rozdílná, neexistují žádná globální ustanovená, která by nařizovala dodržovat stejná pravidla, respektive škálování balíčků do jednotlivých služeb/produktů. Každá země může mít jiná tuzemská omezení, ale to samé platí pro mezinárodní omezení. To lze jednoduše demonstrovat na praktickém příkladu.

- Česká republika
  - *Zákazník A* poptává přepravu do zahraničí *balíčku X*, který má hmotnost 35 kilogramů. Přeprava *balíčku X* již nespadá do balíčkové přepravy (*Parcel*), ale do sběrné služby (*System Freight*), protože maximální váha balíčku pro přepravu do zahraničí je 32 kilogramů.
- Německo
  - *Zákazník A* poptává přepravu do zahraničí *balíčku X*, který má hmotnost 35 kilogramů. Přeprava *balíčku X* spadá do balíčkové přepravy, jelikož v Německu jsou nastavené jiné limity a omezení pro balíčkovou službu do zahraničí.

V úvahu se také samozřejmě bere omezení objemové, konkrétně objemový přepočet. Tento přepočet má následující formulaci (parametry jsou v centimetrech):

(délka * šířka * výška) / 5000

Tento přepočet nesmí překročit daný váhový limit, respektive 32 nebo 40 kilogramů podle toho, o jakou službu se jedná (tuzemská nebo mezinárodní). Je důležité, že se musí brát v potaz všechny níže zmíněné omezení:

- hmotnost balíčku,
- přepočet z objemu balíčku,
- součet obvodu a délky strany.

Pokud balík bude mít menší hodnoty u všech výše zmíněných omezení, poté ho lze vzít v potaz jako balíček, který spadá do služby *Parcel*. Nicméně, poslední omezení, neméně důležité, se týká maximální délky balíku, které je 150 centimetrů, nebo druhá nejdelší strana 76 centimetrů. Závěrem se tedy dá tvrdit, že ověření, zda balík spadá do balíkové služby, se provádí pomocí čtyř ověření.

Níže přiložený obrázek napomáhá lepší orientaci omezení rozměrů a hmotnosti pro balíkovou službu. Obvod strany (1) a délka strany (2) jejich součet nesmí být delší než zmíněných 330 centimetrů (DBSchenker.cz, 2016a).

Obrázek 2 - Rozměrové omezení balíku služby Parcel



Zdroj: (Trachtová, 2018).

Poznámka: upraveno podle DBSchenker.cz, 2016a.

Kategorizace

Služba Parcel v České republice obsahuje tři produkty, dva mezinárodní a jeden tuzemský. Všechna omezení již byla zmíněna výše. Další rozdíly produktů se týkají už jen časů dodání.

U mezinárodní přepravy je už rozdíl jen takový, že existuje služba *express*, která nabízí doručení do vybraných zemí do dvou pracovních dní do 12:00 s garancí vrácení peněz. Produkt *DB SCHENKERparcel* negarantuje dobu dodání v konkrétní den. Firma poskytuje zákazníkům orientační kalendář, kde je možné vidět, kolik dní přibližně trvá dodat balíček do jiné evropské země. Tuzemská přeprava balíčků je ve své podstatě jen otázkou jednoho až dvou pracovních dní, nicméně bez garance doručení v tomto časovém horizontu.

Tabulka 3 – Služba Parcel

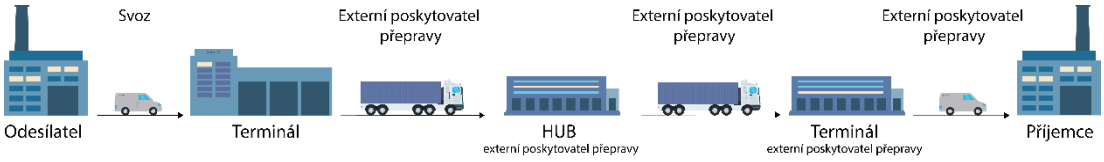
Mezinárodní přeprava	Vnitrostátní přeprava
DB SCHENKERparcel	DB SCHENKERparcel rapid
DB SCHENKERparcel express	

Zdroj: (DBSchenker.cz, 2016a).

Proces přepravy

Speditér vyzvedává balíčky u odesílatelů a sváží je na nejbližší terminál, odkud si externí poskytovatel přepravy (smluvně dohodnutý speditér) vyzvedává všechny svezené balíčky a převáží je na nejbližší HUB, kde probíhá třídění vnitrostátních a mezinárodních balíčků. Odtud se již podle destinací rozvážejí balíčky na nejbližší terminály příjemců. Poslední fází přepravy je rozvoz jednotlivých balíčků příjemcům.

Obrázek 3 – Proces přepravy: služba Parcel



Zdroj: (Trachtová, 2018).

Poznámka: upraveno podle DBSchenker.cz, 2016a.

1.2.2 System Freight (LTL)

Neboli také sběrná služba kusových zásilek. Do této kategorie spadají všechny zásilky, která nesplňují všechna omezení balíkové služba, váží méně než 2500 kilogramů, mají méně než 10 metrů krychlových a zároveň nezabírají více než 1,6 ložného metru. V odborné literatuře se nenachází omezení ložné plochy, ovšem toto omezení přišlo ze strany firmy, jelikož se obsazená plocha na přívěsu nechce nechat v opomenutí. Kdyby se nezohledňovala ložná plocha, mohlo by se stát, že by se například zásilky s délkou 5 metrů a šířkou 2 metry objevovaly na sběrné službě. S takovýmito zásilkami se špatně manipuluje, a proto spadají do kategorie služby Part & Full Loads (FTL).

Jak je již zmíněno v kapitole 1.2, nově se do sběrné služby přidalo označení *LTL*, které dříve bylo označením jen pro dokládkové náklady v dokládkových službách *Part & Full Loads (FTL)*. Jednalo se o chybné označení (pojmenování) typu zásilek (Paul, 2011).

Kategorizace

Tato služba je poskytována na základě tzv. jízdních řádů, ke kterým má zákazník přístup a může vidět, jak dlouho trvá doručení zásilky. Doba doručení se liší v závislosti na zemi, kam je balíček přepravován.

Nicméně tato doba doručení není garantována v případě mezinárodní přepravy u služby *DB SCHENKERsystem* a slouží pouze jako orientační doba. U prémiové služby firma zákazníkovi garantuje doručení ve smluvený čas, a v případě nesplnění podmínek vrací zákazníkovi plnou výši zaplaceného přepravného.

Vnitrostátní zásilky sběrné služby se ve většině případech stíhají doručit do dvou pracovních dnů, ovšem opět se jedná pouze o orientační čas doručení v případě produktu *classic*. U dalších dvou produktů se zákazníkovi garantuje co nejrychlejší možné dodání zásilky, to znamená jeden pracovní den (služba *speed*), nebo v přesně stanovený den, ve který si zákazník přeje, aby byla zásilka dodána (*fix day*). U služby fix day by se mohla naskytnout otázka, proč by měla být tato služba dražší než základní, když se v podstatě dodá zákazníkovi pomaleji? Proč by tedy zákazníci potom chtěli tuto službu využívat? Odpověď je logická – Zákazník například nechce skladovat danou zásilku u sebe na skladě a pokud je daná zásilka připravena k odeslání, využije raději služby speditéra, aby uskladnil zásilku na svém skladě a i přesto garantoval dodání v předem stanoveném datu (DBSchenker.cz, 2017b). Níže vložená tabulka ukazuje přehled všech produktů, které DB Schenker ve službě *System Freight (LTL)* nabízí.

Tabulka 4 - Služba System Freight (LTL)

Mezinárodní přeprava	Vnitrostátní přeprava
DB SCHENKERsystem	DB SCHENKERsystem classic
DB SCHENKERsystem premium	DB SCHENKERsystem speed
	DB SCHENKERsystem fix day

Zdroj: (DBSchenker.cz, 2017b).

Proces přepravy

Již zmíněný jízdní řád, kterým se firma řídí, je hlavním vodítkem pro to, aby se dané zásilky v čas svezly na sklady/terminály a ve finální fázi k příjemcům zásilek.

Samotné svozy zásilek od odesílatelů putují na nejbližší svozový terminál firmy. Na nejbližším svozovém terminálu se všechny zásilky typu *LTL* naloží na kamion, který následně putuje do nejbližšího rozvozového terminálu firmy. Z tohoto místa už se zásilky přepravují přímo příjemcům, buď dodávkou či menším nákladním autem. Stejné typy aut se používají při svozu zásilek. Většinou se volí typ auta podle toho,

zda je potřeba sklápěcí rampa na naložení zásilky, či nikoliv. Níže uvedený obrázek reprezentuje průběh přepravy.

Obrázek 4 - Proces přepravy: služba System Freight (LTL)



Zdroj: (Trachtová, 2018).

Poznámka: upraveno podle DBSchenker.cz, 2016a.

Proces přepravy je popsán výše, je ovšem nutno dodat, že v praktickém provedení to bývá často odlišné. Pokud se totiž stane, že svozový terminál nemá dostatečný počet zásilek na to, aby naplnil celý velký návěs kamionu, naloží se zásilky do menšího nákladního auta a vezou se přímo na rozvozový terminál, anebo se zásilky převezou menším autem na další nejbližší rozvozový terminál, kde se přeloží na kamion. To vše se dělá z prostého důvodu – aby se ušetřily náklady a prázdné kamiony se využily na jiné přepravy (např. celovozové přepravy). Tyto situace pochopitelně nenastávají jen o přeprav sběrné služby, ale i u dalších služeb ve speditérství. Tím je myšleno, že případné přejezdy a překládky se také realizují u balíkových služeb a „přímých" přeprav. Samozřejmě u direktových přeprav je nutné počítat s požadavky zákazníka, které si může výhradně požadovat, aby jeho zásilka nikdy po cestě nezastavovala, tzv. nebudou probíhat žádné překládky. Více o direktových službách v následující kapitole.

1.2.3 Part & Full Loads (FTL)

Do této kategorie přeprav spadají všechny zásilky, které nesplňují omezení sběrné služby. Pokud je splněna alespoň jedna podmínky z níže uvedených, zásilka spadá do produktu direktové přepravy:

- váha je větší než 2 500 kilogramů,
- objem je větší než 10 kubických metrů,
- ložná plocha je větší než 1,6 ložného metru.

Existují také maximální rozměry zásilek, které mohou na přívěs přijít, a to jsou v podstatě maximální rozměry a nosnost přívěsu kamionu. Jelikož tato omezení nejsou oficiálně stanovena, musí se počítat, že se zásilkou je nutno určitým způsobem manipulovat. Musí se zohlednit manipulace při nakládce a vykládce zásilky. Nesmí se

opomenou ukotvení zásilky v přívěsu a bezpečnost. Nadměrné zásilky jsou řešeny individuálně a ve většině případech se přepravují na otevřených přívěsech. Tyto speciální přepravy nespadají pod celovozové přepravy, ale do již zmíněné kategorie nadměrných přeprav.

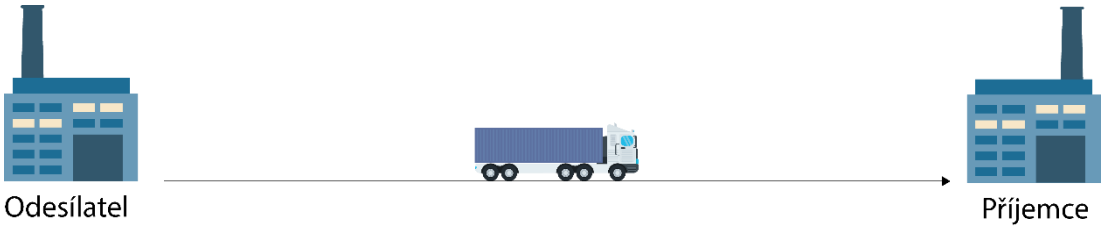
Direktové přepravy neboli také jinak řečeno přímé přepravy, se dělí na další dva typy přeprav. Part Loads (FTL) a Full Loads (FTL).

Full Loads (FTL)

Jak už je popsáno v kapitole *Pojmy*, jedná se o celovozové přepravy, které zahrnují jednu nakládku u odesílatele a jednu vykládku u příjemce. Na cestě se nezastavuje nikdy na terminálech, aby se zásilka případně přeložila. Tento proces je většinou i požadavky zákazníka zakázán. Jsou i situace, kdy kamion nejede plně naložený, ale zákazník si striktně nepřeje, aby byla jakákoliv zásilka přiložena do kamionu. Tyto požadavky se musejí dodržovat.

Na obrázku 5 lze pozorovat výše uvedený proces přepravy.

Obrázek 5 - Proces přepravy: služba Full Loads (FTL)



Zdroj: (Trachtová, 2018).

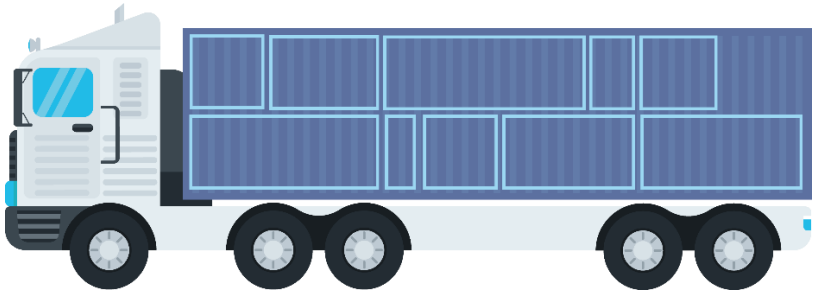
Poznámka: upraveno podle DBSchenker.cz, 2016a.

Part Loads (PTL)

Služba, která se zabývá dokládkovými zásilkami. Zjednodušeně řečeno, zásilky, které nespadají do produktu sběrné služby a nezabírají velkou ložnou plochu v přívěsu kamionu jsou nazývány dokládkovými. Samozřejmě zde platí také maximální rozměrové a váhové limity jako u služby *Full Loads (FTL)*. Pro větší upřesnění, pokud si zákazník nepřeje, aby na přívěsu jela jen jeho zásilka, a zásilka nezabírá celou ložnou plochu přívěsu, považuje se zásilka za dokládkovou.

U těchto přeprav je nutné, aby se počítalo s tím, že cena, která je zákazníkovi nabídnuta, ve většině případů nepokryje celkové náklady na realizaci přepravy. Tudíž je vyžadováno, aby se nákladní vozidlo tzv. doložilo jinou zásilkou a přeprava byla zisková. Samozřejmě se realizují i ztrátové přepravy, a to hlavně za tím účelem, že místo vykládky je na stejném nebo blízkém místě, kde je místo nakládky pro další smluvenou přepravu.

Obrázek 6 - Kamion: Part Loads (PTL)



Zdroj: (Trachtová, 2018).

Poznámka: upraveno podle DBSchenker.cz, 2016a.

Na obrázku 7 je naznačeno, jak funguje celý proces přepravy. U těchto přeprav je nutné zohlednit více faktorů. V jakém pořadí budou zásilky nakládány a v jakém pořadí budou zásilky vykládány. Tudíž je ideální, aby zásilky byly naloženy do automobilu takových způsobem, aby mohla proběhnout rychlá vykládka zásilky bez toho, aniž by příjemce musel manipulovat s cizími zásilkami. Také je nutné brát v potaz, zda se se zásilky může po naložení do přívěsu manipulovat, či nikoliv.

Obrázek 7 - Proces přepravy: služba Part Loads (PTL)



Zdroj: (Trachtová, 2018).

Poznámka: upraveno podle DBSchenker.cz, 2016a.

Zasilatel pozemních přeprav má spoustu odpovědnosti, a navíc má v popisu práce efektivně vytvářet kombinace pozemních přeprav tak, aby přepravy byly realizovány z co největším možných ziskem. Blíže je tento problém řešen v kapitole 3.3, kde autor představuje možné řešení, jak ušetřit peníze, čas a celý proces zefektivnit.

Kategorizace

U přímých přeprav existují ve firmě pouze dva produkty, respektive čtyři. Služba *DB SCHENKERdirect* (mezinárodní) a *DB SCHENKERdirect rapid* (vnitrostátní), které poskytují zákazníkům přepravu objemnějších zásilek z místa A do místa B v předem smluveném čase. Služba *express* existuje v rámci států, tak i mezinárodně. Jedná se o službu, která nabízí zákazníkům přepravu v nejnižší možném čase. V tabulce 5 je uveden přehled těchto služeb.

Tabulka 5 - Služba Part & Full Loads (FTL)

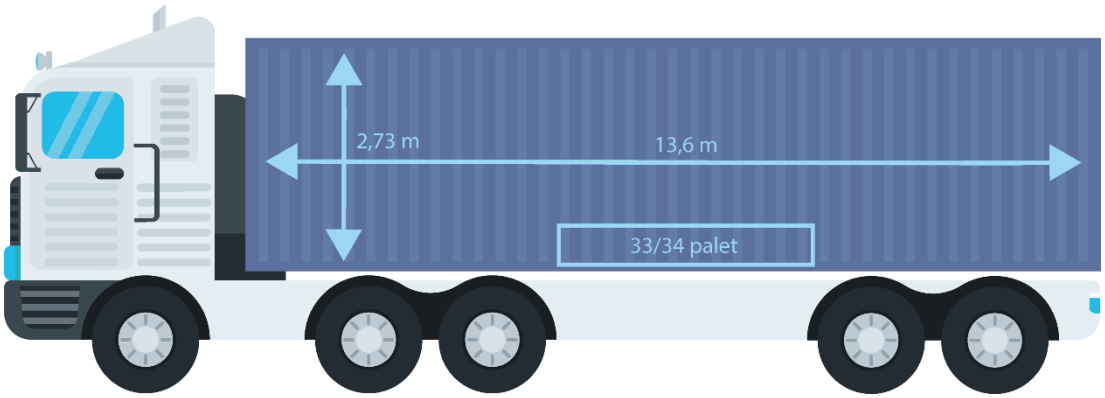
Mezinárodní přeprava	Vnitrostátní přeprava
DB SCHENKERdirect rapid	DB SCHENKERdirect
DB SCHENKERdirect express	

Zdroj: (DBSchenker.cz, 2016b).

1.3 Rozměry nákladních automobilů

Většina nákladních automobilů pro dokládkové zásilky jsou automobily externí. Pojmem externí je myšleno externě najímané od dopravců, tudíž DB Schenker není vlastníkem těchto aut. Existují ale situace, kdy vznikne mezi dopravcem a spediční firmou smlouva o zapůjčení nákladního automobilu na dobu určitou či neurčitou, záleží na typu smlouvy.

Obrázek 8 - Standardní kamion



Zdroj: (Trachtová, 2018).

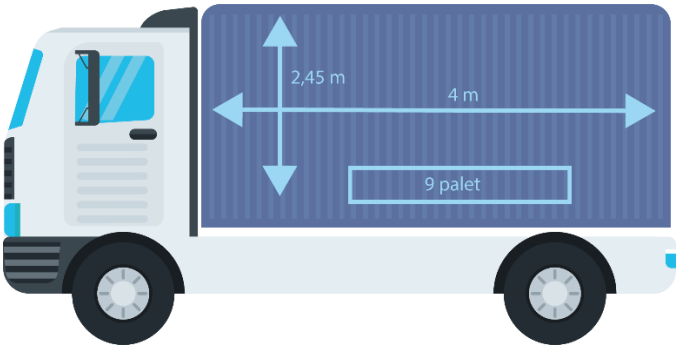
Poznámka: upraveno podle (DBSchenker.com, 2017a).

Tyto nasmlouvané automobily nejsou většinou využity pro přepravu jednorázových dokládkových zásilek. Většinou nastává takovéto řešení až v případě nouze. Jinak jsou totiž takovéto automobily využívány hlavně pro přepravu pravidelných přeprav,

a tak se zajišťuje jejich optimální vytížení. I přesto, že kamiony jsou jen nasmlouvané a stále nejsou majetkem spediční firmy, je nutno brát v potaz vytížení takovýchto kamionů. To hlavně z důvodu toho, že pokud by kamiony byly nevyužity, firma by ztrácela finanční prostředky každý moment, kdy by takové kamiony mohly být potenciálně využity (Petrák, 2015).

Na obrázku 8 jsou zobrazeny rozměry standardního návěsu, který je dlouhý 13,6 metrů, široký 2,45 metrů a vysoký 2,73 metrů. Objem návěsu tedy činí zhruba 90 kubických metrů s nosností 24 tun. Valná většina automobilů disponuje stahovací plachtou, což dovoluje nakládku z boku, shora nebo klasicky zezadu. Zato skříňové návěsy jsou nakladatelné pouze zezadu (Alp et al., 2003). Návěs lze naložit 33 nebo 34 europaletami. Rozdíl mezi těmito čísly určuje způsob naložení palet. Existuje větší verze standardního automobilu, tzv. megatrailer. Hlavním rozdílem je výška, která je u většího návěsu 3 metry, a proto je celkový objem nákladového prostoru větší, přibližně sto kubických metrů. Nemění se celková nosnost a ani kapacita míst pro europalety (Petrák, 2015).

Obrázek 9 - Sólo vůz do 3,5 tun



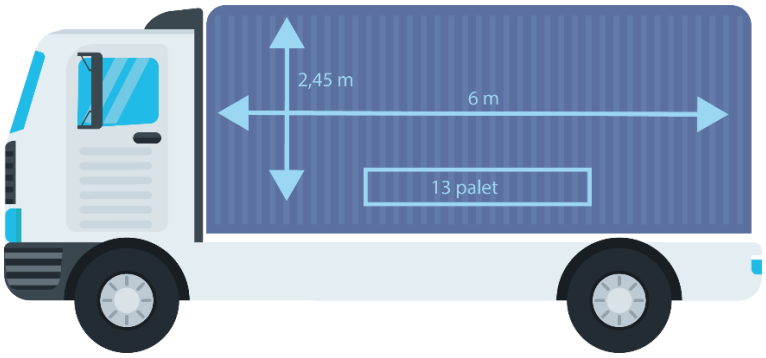
Zdroj: (Trachtová, 2018).

Poznámka: upraveno podle (DBSchenker.com, 2017a).

Dalším typem a zároveň tím nejmenším je sólo vůz do 3,5 tun na obrázku 9. Celková kapacita je devět europalet. Tento automobil disponuje následujícími rozměry: délka je 4 metry, výška 2,45 metrů a šířka 2,2 metrů. Z těchto údajů je patrně čitelné, že celkový objem je přibližně 20 kubických metrů.

Takzvaný střední typ, s o něco větší ložnou délkou než předešlý sólo vůz do 3,5 tun, je sólo vůz do 6,5 tun. Celková kapacita je 13 europalet. Rozměry pro tento automobil jsou následující: délka 6 metrů, výška 2,45 metrů a šířka 2,2 metrů. Celkový objem je poté přibližně 32 kubických metrů. Automobil je zachycen na obrázku 10.

Obrázek 10 - Sólo vůz do 6,5 tun

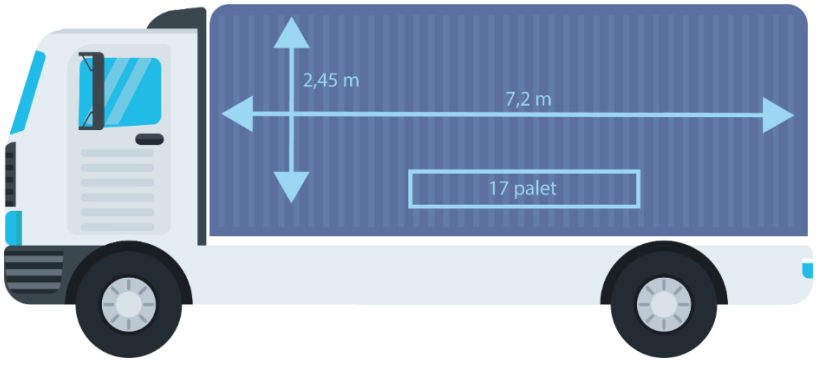


Zdroj: (Trachtová, 2018).

Poznámka: upraveno podle (DBSchenker.com, 2017a).

Největším nákladním automobilem po standartním návěsu je vozidlo na obrázku 11, sólo vůz do 12 tun. Celkem 17 europalet lze naskládat do návěsu tohoto automobilu. Rozměry pro tento automobil se liší zejména šířkou, která dovoluje naskládat více palet vedle sebe. Délka 7,2 metrů, výška 2,45 metrů a šířka 2,4 metrů. Celkový objem zhruba 42 krychlových metrů.

Obrázek 11 - Sólo vůz do 12 tun



Zdroj: (Trachtová, 2018).

Poznámka: upraveno podle (DBSchenker.com, 2017a).

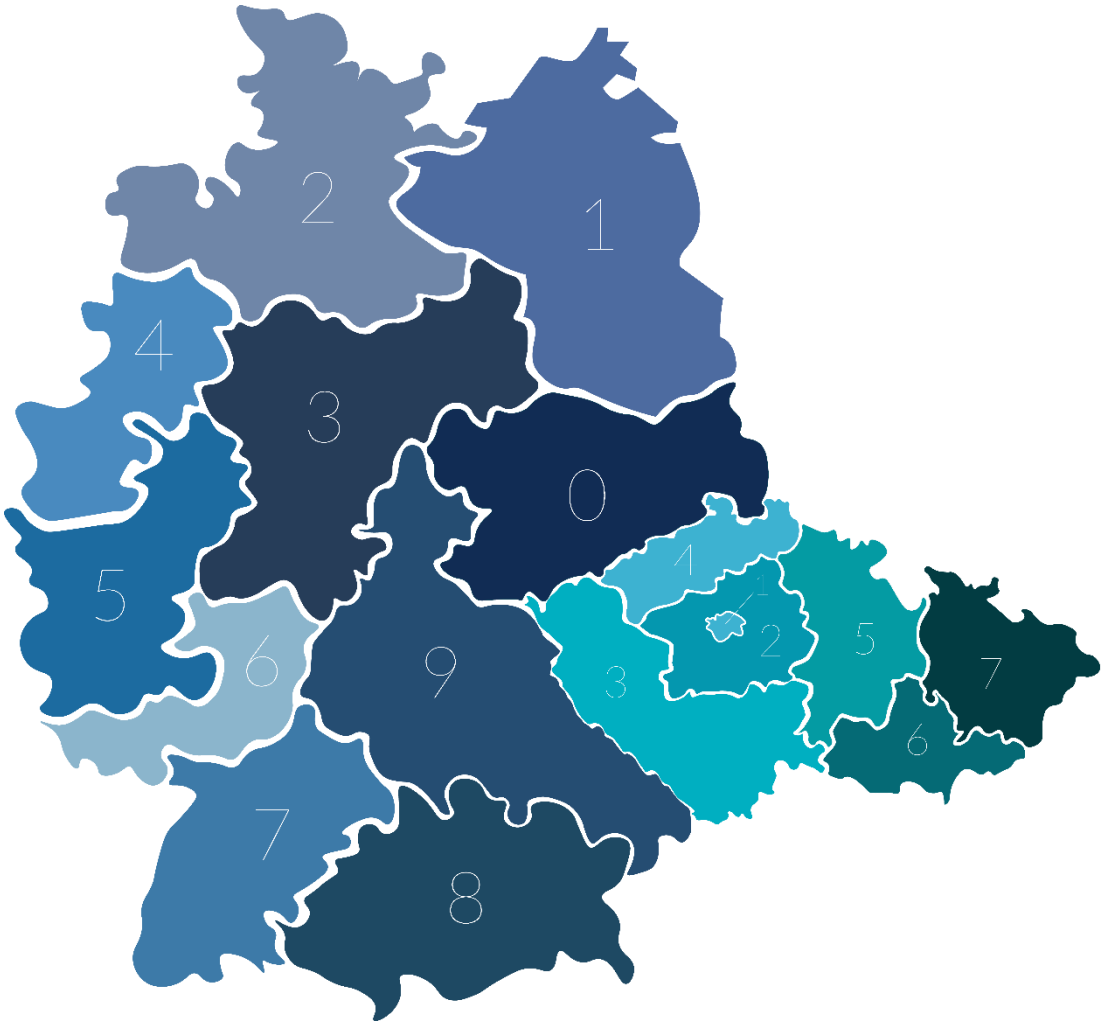
Samozřejmě existuje daleko více typů nákladních automobilů, které se pohybují na trhu. Autor ovšem vybírá pouze čtyři popsané typy automobilů, jelikož se jedná o

nejvíce využívané typy automobilů. Dá se mluvit zhruba o více než 90 % využití předešle zmíněných typů, včetně návěsu typu megatrailer (Petrák, 2015).

Průměrné náklady na jeden ujetý kilometr pro vybrané nákladní automobily jsou uvedené v tabulce 9.

1.4 Rozdělení území

Obrázek 12 - Rozdělení území vybraných zemí podle PSČ



Zdroj: (Trachtová, 2018).

Poznámka: upraveno podle (DBSchenker.com, 2017a).

Na obrázku 12 je zobrazena mapa, která obecně slouží zasilatelům k tomu, aby se lépe orientovali mezi jednotlivými regiony v daných zemích. Každý region je rozdělen podle poštovních směrovacích čísel, respektive podle počátečního čísla celého poštovního směrovacího čísla. Například poštovní směrovací číslo pro město

Weil am Rhein v Německu je 79576, ale pro zasilatele je v prvním kroku nejdůležitější vědět, že toto město se nachází v regionu označeném číslem sedm, což je počáteční číslo. Zasilatel si tedy může zhruba představit, kde se města nachází a vytvořit si počáteční představu o tom, jak by zásilky mohly být nakombinovány. Je nezbytné zdůraznit manuálnost tohoto procesu a vynechání veškerých možných technologických postupů v nynějším fungování společnosti.

2 Routing Problems

2.1 Vehicle Routing (VRP)

Vznik Vehicle Routing Problem neboli VRP se datuje kolem padesátých let dvacátého století, tudíž lze sledovat, že logistické problémy se začínaly optimalizovat kolem začátku druhé poloviny dvacátého století. Původní definice VRP – existuje *n* vozidel, která se nacházejí ve stejném výchozím bodě (depu) a musí převést zásilky zákazníkům tak, aby se co nejvíce zredukovaly náklady na přepravu. Základní myšlenkou je ujet co nejkratší vzdálenosti a zároveň co nejefektivněji vytěžit vozidla. Efektivnost vytížení vozidel lze definovat podle toho, do jakého procenta objemu nákladového prostoru jsou vozidla zaplněna a také kolik vozidel je využito na přepravu zásilek.

Většina reálných problémů je stavěna na daleko komplexnějších a složitějších situacích než klasický VRP. Proto je následně klasický problém rozšířen o velikost kapacity aut a časová okna, ve kterých musí být zákazník obsloužen, respektive, kdy se mu může zásilka doporučit. Vznikají tedy dvě nová řešení: Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) a Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW). Za posledních několik let se tyto základní řešení modifikovaly na varianty s více depoty (sklady), rozdělená dodávka zásilky, mezizastávky v depotech a mnoho dalších. Existuje vozový park, kde je několik různých typů vozidel. Je uvedeno, zda jsou vozidla k dispozici nebo jsou momentálně mimo provoz, vytížena apod. Vozový park nemusí být jen jeden, ale je možnost zahrnout více míst, kde se vozidla nacházejí. Tyto místa jsou zároveň také místy, kam se vozidlo následně musí vrátit. U novějších řešení je možnost zvolit, do jakého depotu se má vozidlo vrátit. Ve většině případů se software snaží řešit to, aby kapacita vozidel zůstávala rovnoměrně rozložena a nestávalo se, aby v jednom vozovém parku nebylo 90% vozidel a 10% vozidel v jiném vozovém parku (Caric a Gold, 2008).

Nicméně i navzdory tomu, že jsou v dnešních dobách více sofistikované řešení pro VRP, všechny výpočty vycházení z toho, že se musí propojit všechny body, které jsou zadány, právě jednou. Zároveň jsou specifikována nákladní/startovní místa a bývají také zohledněna místa cílová/vykládková.

Co lze využít pro řešení zadaného problému? Je velmi důležité zohlednit, jaká vozidla jsou k dispozici a kde se daná vozidla nachází. Velice přínosná jsou také časová okna zákazníků, respektive kdy je možno zásilku u zákazníka vyložit.

2.2 Travelling Salesman (TSP)

Jedná se o jeden z nejstarších kombinačních programovacích (první zmínka v literatuře roku 1940) a zároveň nejvíce studovaných problémů ve výpočetní matematice. Travelling Salesman Problem je optimalizační problém, kde salesman neboli obchodník, musí projít určitým počtem bodů (například města) tak, aby každým bod navštívil jen jednou a ve stejný moment minimalizoval vzdálenost celkové trasy. Obchodník startuje z jednoho konkrétního bodu, do kterého se jako do posledního bodu vrací. Jedná se o velmi složitý výpočet z toho důvodu, že se musí zohledni také ostatní atributy, nejen vzdálenost mezi jednotlivými body (Reddy et al., 2016; Kaur, 2017).

Na to navazující problém multi Travelling Salesman (mTSP) je rozšířením pro TSP, kde už neexistuje pouze jeden obchodník, ale více obchodníků. Každý z obchodníků musí opět navštívit každé město jednou a nejkratší trasou nezávisle na ostatních obchodnících. Každý z obchodníků vždy startuje z bodu, do kterého se nakonec musí i vrátit. V logistice se takový bodu nazývá depot, warehouse, nebo také česky sklad. Tato definice nese také fakt, že ze všech obchodníků lze například vybrat toho, který bude muset absolvovat nejkratší trasu mezi všechny městy (Kaur, 2017).

Tento koncept výpočtu se při daném tématu nedá plně využít, ale poskytuje základ myšlenky pro to, aby základ výpočtu vycházel z toho, že celková vzdálenost mezi městy by měla být co nejkratší, a tím se redukovaly celkové náklady na přepravu. Nelze brát v potaz fakt, že by se obchodník, v tomto konkrétním případě nákladní automobil, měl vracet do stejného místa výjezdu. Nakládky zásilek mohou být provedeny z jakéhokoliv místa České republiky a není podmínkou, že se nákladní automobil musí vrátit zpět do místa nákladu. Hlavním důvodem, proč tomu tak není, je to, že nákladní automobily jsou pronajímány dopravci a speditér nemusí řešit, jak následně bude vozidlo vytíženo. Pokud by se jednalo o problém dopravce, výpočet se bude výrazně lišit a všechny aspekty budou také odlišné – konkrétně situace dopravce je daleko bližší situaci problému cestujícího obchodníka. Speditér také může vlastnit vozidla, to se nevylučuje, ale ve většině případech jsou tato vozidla vytížena na pravidelné přepravy a neřeší se u nich žádné nepravidelné přepravy. Když už taková situace nastane, není vyžadována automatizace.

Avšak se TSP nedá plnohodnotně využít jako řešení pro zadaný problém této práce, slouží jako základ myšlenky, kterou lze využít při výpočtu. Zároveň je zde splněna podmínka, že obchodník (vozidlo) musí do každého bodu právě jednou a ne vícekrát.

2.3 Chinese Postman (CPP) & Rural Postman Problem (RPP)

Problém čínského listonoše neboli také anglicky Chinese Postman Problem, je jedním z nejznámějších problémů spadající do oblasti grafové optimalizace cesty. Hlavním výstupem je nalezení nejkratší možné cesty v daném území, kde určitý subjekt prochází každým vrcholem alespoň jednou. V praxi může graf reprezentovat například město, oblast, region, subjektem může být dopravní prostředek, člověk a vrcholy mohou představovat města, domy, příjemce a tak dále. Dalším z podmínek je vrácení subjektu do bodu, ve kterém začal (Acol a Branzuela, 2016; Ralphs, 1993).

Grafické řešení optimalizačních problémů se stává čím dál více žádaným produktem, speciálně ve vědě, technologiích a matematice. Konkrétními příklady může být oblast biochemie, elektrotechnika, počítačové vědy, operační výzkumy a v neposlední řadě doprava. Chinese Postman Problem je úzce spojen s Vehicle Routing problémem – jedním z nejvíce rozšířeným příkladem je vývoz odpadků ve městě. Jelikož tato činnost může být vykonávána poměrně často a zahrnuje spoustu nákladů, právě optimalizace cesty je jednou z přístupů, jak zmenšit náklady na provoz. Podobné optimalizace cest jsou využívaný také při údržbě, úklidu silnic a chodníků (Archetti et al., 2012; Malandraki a Daskin, 1993) .

Nesymetrický problém listonoše, jinak také Rural Postman Problem, problému čínského listonoše a v podstatě doslova rozšiřuje řešení tohoto problému. RPP obsahuje hrany, které jsou na mapě dále od většiny hran odlehlé, jsou nazývány takzvanými „chudými“ hranami. Nově jsou přidány vlastnosti hranám, konkrétně některé hrany nemusí být obslouženy. Proto vznikají dvě kategorie, které odlišují RPP od CPP: 1. Hrany, které musí být obslouženy; 2. Hrany, které obslouženy být nemusejí (Archetti et al., 2012).

Metodika

Základní dopravní problémy, které se zabývají routingem automobilů se zásilkami: Travelling Salesman Problem (TSP), Vehicle Routing Problem (VRP), Chinese Postman Problem (CPP), Rural Postman Problem (RPP), Capacitated Arc Routing Problem. Výše zmíněné terminologie dopravních problémů jsou východiskem pro řešení této diplomové práce. Žádný z existujících definovaných přístupů není komplexní pro tuto práci. Jednotlivé metody řeší pouze části problému. Autor využívá zejména metod TSP a VRP, které jsou nejvíce relevantními.

Pomocí programu Microsoft Excel autor hledá optimální řešení daných problémů, pomocí kvantitativních metod. Bohužel nelze nový algoritmus testovat přímo na informačním systému spediční firmy, jelikož nebylo uděleno svolení s tímto systémem pracovat. Hlavní částí diplomové práce je vytvoření algoritmu, který je řešením pro definovaný problém spediční společnosti. Problém zahrnuje vysoký počet proměnných, které je potřebné brát v potaz při výpočtu, respektive při hledání optimálních cest pro kamiony a efektivních sdružení zásilek. Z tohoto důvodu se autor snaží co nejvíce problém simplifikovat a nezahrnuje proměnné jako jsou např.: časová okna zákazníků (nakládky a vykládky) a podobně. Hlavními proměnnými tedy jsou velikosti zásilek, a místa nakládek a vykládek. I kombinace více typů automobilů je dalším rozšířením do výpočtu, a proto je lepší tento výpočet také opomenout. Všechny kroky výpočtu se následně co nejvíce simplifikují, aby se v práci zbytečně nezmiňovaly nadbytečné informace. Celkový proces výpočtu je velice obsáhlý, proto je nutné omezit výpočet o dalším možné funkce.

Proměnným je přiděleno označení v podobě písmen, pro lepší orientaci a pochopení. Tyto označení jsou v práci popsána a vysvětlena. K výpočtu jsou používána data, které jsou interním majetkem spediční firmy. Implementace řešení je demonstrována na průměru osmi řešení zasilatelů z praxe, kde je poukázáno na signifikantní diference jednotlivých přístupů. Mezi těmito výsledky jsou také vyznačeny faktory jako jsou například zisk (ušlý zisk), náklady (čas, lidské zdroje, efektivita...).

Vzhledem k zmíněné složitosti výpočtu, autor opomene časová okna zákazníků, které je nutná znát pro vyložení zásilky. Tento atribut není shledán jako podstatný při přepravě zásilek, jelikož většina zákazníků je dostupná v obvyklou pracovní dobu mezi přibližně 8:00 – 17:00. Velké společnosti dokonce pracují téměř 24 hodin 7 dní v týdnu. U dokládkových přeprav se také počítá s tím, že nejsou doručeny za jeden a dva pracovní dny, ale doba doručení bývá zpravidla delší, tudíž dopravce nemusí stihnout vyložit všechny zásilky ve stejný den. Další faktor, který lze opomenou je počet vozidel ve vozovém parku. Tento atribut ani není relevantním pro daný

problém, jelikož firma najímá externí dopravce. To znamená, že lze oslovit dopravce prakticky z každého místa České republiky. Pro malou speditérskou firmu by to mohla být komplikace, jelikož portfolio kontaktů na dopravce a vybudované vztahy nejsou dostačují do takové míry, jako u dlouholetých speditérských společností. S tím souvisí případná nabídka importních zásilek. Zmiňujíce importní zásilky, ideální scénář je se přiblížit k řešením problémů TSP a VRP, kde se nakonec vozidlo do stejného místa, odkud vyjelo (depot) vrátí. V tomto případě by to ovšem znamenalo, že by výpočet musel také zahrnovat nakládky v zahraničí a vykládky v tuzemsku – s těmito faktory TSP ani VRP nepočítá. Všechny opomenuté skutečnosti mohou být přidány poté, co se ověří, zda základní výpočet navrhuje efektivní řešení přeprav a lze ušetřit celkové náklady oproti původnímu manuálnímu řešení.

Hlavní výpočet hledá nejbližší body z každého možného bodu nakládky. U jednoho z řešení je zohledněno, že by vozidlo nemělo jezdit v České Republice směrem na východ, ale logicky postupně nabírat zásilky směrem na západ, tedy směr Německo. Nejbližší místa nakládek nehrají tak velikou roli v České republice, jelikož vozidlo musí jet směrem na západ a je méně podstatné, zda naloží další zásilku za 50 kilometrů nebo za 100 kilometrů. Jsou nastavena taková omezení, aby dopravce nejezdil přes celou republiky z jihu na sever a zpět. Zároveň se bere v potaz, zda se zásilky dají objemově zkombinovat. Ve shrnutí se vylučují všechna místa, do kterých se musí jet na východ z daného bodu a také zásilky, které dohromady tvoří objem než maximálně povolený. Vzdálenost mezi městy vykládky se berou v potaz daleko více, tudíž tomuto výpočtu je přidělená vyšší váha. Zde nehraje roli, zda vozidlo jede na východ či na západ. Německo je jinak strukturovaná země, a proto se do některých míst nedá dostat jinak než směrem na východ.

Tento hlavní výpočet je prováděn jak z pohledu nakládek v ČR, tak z pohledu vykládek v ČR. Každá možná kombinace výsledných cest má procentuální vyjádření efektivity. Na základě stanovených vah je poté zvoleno, jaké cesty jsou efektivnějšími před jinými. Cesty s nejlepším skóre jsou následně vyřazeny z výpočtu a celý výpočet probíhá znovu, už bez vybraných cest a celý proces se opakuje tak dlouho, dokud není každé zásilce přiděleno vozidlo.

3 Analýza procesu

Celá analýza obsahuje kroky zasilatelů a jejich přístup k vyřešení každodenního problému s dokládkovými přepravami. Následně je demonstrován nový postup autora této diplomové práce a srovnán celkový výsledek řešení.

Jedním z úkolů zasilatelů pozemních přeprav ve spediční firmě je odbavení, jinak také realizace přepravy zásilek, dokládkových přeprav. Pracovníci zákaznického centra komunikují se zákazníky a dojednávají podmínky dokládkových pozemních přeprav. Po sjednání podmínek je zákazníkovy přislíbena realizace přepravy zásilky a pracovník zákaznického centra zadává zásilku do informačního systému. V tento okamžik je zasilatel schopen vidět zadanou zásilku a hledá takové přepravní řešení, aby přeprava zásilky byla co nejvíce výhodná a realizace přepravy nešla do ztrát. Cílem práce zasilatele je nalezení takové kombinace všech zásilek, které vyprodukuje co největší možný profit pro firmu a zároveň spokojenost zákazníka. To přesněji znamená, že všechny zásilky musejí být naloženy a vyloženy v takových termínech, jak bylo přislíbeno zákazníkovi. Zároveň se musejí dodržet podmínky jako:

- zásilka musí je na přívěsu nákladního automobilu samotná, nelze přiložit jinou zásilku od jiného zákazníka; z důvodu bezpečnosti, zachování know-how apod.;
- řidič musí jet bez pauzy (zastavení) přímo z nakládky na vykládku; toto zjevně závisí hlavně na vzdálenosti, která je potřeba urazit; pokud je vzdálenost větší a jeden řidič by musel zastavovat, aby absolvoval nutnou bezpečností přestávku, je třeba najmout dalšího řidiče, který se bude s prvním řidičem střídat;
- nikdo jiný nesmí manipulovat se zásilkou kromě zákazníka/ odesílatele/ příjemce zásilky; nadbytečná, nebo nepřiměřená manipulace může způsobit následné poškození zásilky;
- zásilka je nestohovatelná, respektive se nesmí rovnat kusy zásilky v přívěsu na sebe, ale musí se rovnat vedle sebe tak, aby byl ložný prostor přívěsu co nejefektivněji využit; jako příklad lze uvést čtyři palety, které mají výšku 1,2 metru, a tudíž by se mohly srovnat nad sebe a zabraly by ložnou plochu dvou palet, nicméně pokud si zákazník přeje nestohovat zásilku, musí se tento požadavek respektovat a tento fakt se samozřejmě odráží v ceně přepravy.

Jednotlivé zásilky by měly být naceněny zákazníkovi tak, aby produkovaly zisk spediční firmě i v případě, že by byly převáženy samotné na automobilech. V některých případech se tomu tak neděje, jelikož cenový boj s konkurencí je vysoký nebo specialista zákaznického centra nemá plný přehled o cenových nabídkách do jednotlivých zemí. Problematikou naceňování zásilek se autor této práce nezabývá, nicméně jde o jedno z dalších témat, které jsou ve spedičních firmách opomíjena.

Zejména, pokud se jedná o nadnárodní firmu, která má vysokou decentralizaci a velkou škálu pracovních pozic. Ve středních podnicích zaměstnanci většinou zastupují více pracovních pozicí, respektive mají více zodpovědností. To znamená, že pracovník v menší firmě realizuje přepravu od komunikace se zákazníkem až po realizaci přepravy. Nadnárodní firmy mají jednotlivé činnosti rozdělené, a to hlavně z důvodu velkého objemu práce, která se musí denně vykonávat. Nicméně přístup menších firem je efektivnější a více zákaznicky přívětivější. Pracovníci mají větší přehled nad cenovými relacemi. Pokud pracovník přislíbí zákazníkovi službu, snaží se o vyhovění veškerých požadavků a přísliby nespadají pod jiného pracovníka, který například není schopen realizovat přepravu tak, jak bylo dojednáno. Tento příklad může vést ke konfliktům na pracovišti a potenciální ztrátě zákazníka.

DB Schenker disponuje velkým počtem paušálních nákladních automobilů, také ale širokou sítí kontaktů a vztahů s českými i zahraničními dopravci. Drtivá většina přeprav je realizována externě. Jinak řečeno, spedice si externě najímá služby dopravců, přepravu zásilek. Vhledem k tomu, že historie firmy je v České republice více než 140 let dlouhá, společnost má prakticky možnost zajistit službu od dopravců z jakéhokoliv kraje Česka. Díky tomuto faktu se více vyplatí využívat externí dopravce na nepravidelné přepravy. Na většinu pravidelných přeprav jsou používány paušální automobily. Tyto automobily DB Schenker přímo nevlastní, ale v podstatě s nimi může manipulovat, jakým způsobem chce. Vlastníky těchto automobilů jsou externí dopravci, kteří uzavírají se spedicí smlouvy, které jim garantují vytíženost vozidel. Již zmíněné nepravidelné přepravy jsou řešeny externími dopravci, ať už tuzemskými nebo zahraničními. Výhodou externích dopravců je skutečnost, že spedice se nemusí zaobírat tím, jak vytížit automobil při importu, tento úkol je již na dopravci.

3.1 Modelová situace

V tabulce 6 je zadáno dvacet zásilek, které se mají přepravy z České Republiky do Německa. Jak je již zmíněno v předešlých kapitolách, dokládkové přepravy mají zpravidla velké časové intervaly mezi naložení a vyložení zásilky. Proto není tak důležitý den nakládky, jako spíše mezní den vykládky. Někteří zákaznici si blíže specifikují dny a přesná časová okna nakládek. V zadání je nutné naložit všechny zásilky během jednoho až dvou pracovních dnů a přepravit všechny zásilky do dvou až pěti pracovních dnů od naložení zásilky. V drtivé většině případů jsou zadány takováto časová okna, a to hlavně z důvodu, aby měla spediční firma možnost kombinovat zásilky a doručit všechny ve stanovený termín. Termíny vyzvednutí a dodání se předem domlouvají mezi pracovníkem zákaznického centra a samotných zákazníkem, který poptává přepravu zásilky.

Tabulka 6 - Modelová situace – nakládky/vykládky

Zásilka	Nakládka – Česká Republika	Vykládka – Německo
A	288 02 Nymburk	83607 Holzkirchen
B	500 03 Hradec Králové	70629 Stuttgart
C	377 01 Jindřichův Hradec	79576 Weil am Rhein
D	463 12 Liberec	66119 Saarbrucken
E	301 00 Plzeň 1 - Sever	55116 Mainz
F	642 00 Brno-Bosonohy	50969 Koln
G	350 02 Cheb	44339 Dortmund
H	396 01 Humpolec	33758 Schloss Holte-Stukenbrock
I	544 01 Dvůr Králové nad Labem	28307 Bremen
J	390 01 Tábor	34260 Kaufungen
K	109 00 Praha-Dolní Měcholupy	30519 Hannover
L	284 01 Kutná Hora	20097 Hamburg
M	592 31 Nové Město na Moravě	17033 Neubrandenburg
N	733 01 Karviná	13627 Berlin
O	742 36 Jakubčovice nad Odrou	60549 Frankfurt am Main
P	682 01 Vyškov	04158 Leipzig
Q	339 01 Klatovy	01159 Dresden
R	400 10 Ústí nad Labem	03044 Cottbus
S	353 01 Mariánské Lázně	90451 Nurnberg
T	790 01 Jeseník	53111 Bonn

Zdroj: (DBSchenker.cz, 2016b).

Obrázek 13 obsahuje zakreslená města všech nakládkových a vykládkových míst. Tento přehled může být jednoduše automatizován na základě již fungujícího algoritmu, který je součástí informačního systému. Takovýto přehled by mohl výrazně pomoci i manuální postup vytváření optimálních kombinací, pokud by spediční společnost odmítla investovat do automatizace a vylepšení informačního systému. V kapitole 3.2 je zřetelně pozorovatelné, kteří zasilatelé používali zakreslení měst do mapy a kteří tento postup vynechali.

Obrázek 13 - Zakreslení měst v mapách



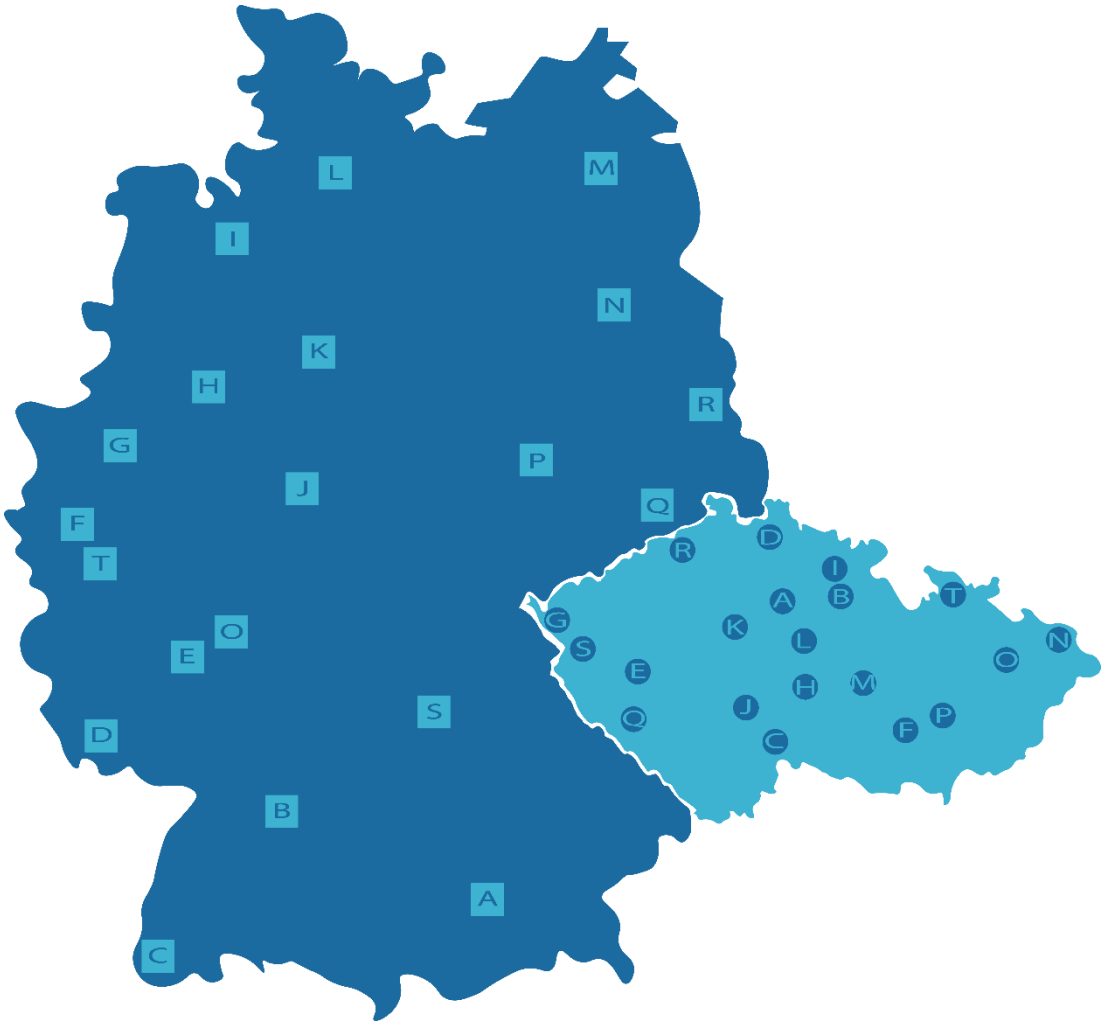
Zdroj: (Trachtová, 2018).

Poznámka: vytvořeno na základě (Google, Inc., 2018).

Pro automatizovanou formu výpočtu je vizuální pohled na města v podstatě bezvýznamný, jelikož algoritmus počítá s čísly, a ne s vizuálním umístěním měst. Zakreslení do map napomáhá hlavně tomu, aby si zasilatel případně mohl zkontrolovat dané řešení a navrhnout jiné kombinace, které by mohly být více efektivnější nebo je z nějakého důvodu nutné kombinace přeskupit.

Každý bod na mapě v obrázku 14, je označen písmenem, které je přiděleno konkrétní zásilce, kterou je nutno přepravit z České republiky do Německa. Je proto tedy možné pozorovat, že v každém státě se objevuje každé písmeno pouze jednou. To znamená dvacet nakládek v Česku a dvacet vykládek v Německu.

Obrázek 14 - Zakreslení bodů v mapách



Zdroj: (Trachtová, 2018).

Poznámka: vytvořeno na základě (Google, Inc., 2018).

Všechny objednané přepravy jsou uvedeny na základě praktické situace. Místa nakládek a vykládek autor nepatrně obměnil za místa, které se nacházejí v blízkosti původních míst. To vše z důvodu, aby data nebyla přesně zkopírována a zároveň se zachovaly relativní výsledky, které se následně mohou aplikovat v reálné situaci. Počet zásilek je čistě náhodný, může se také jednat o jednotky či více desítek až stovek objednaných přeprav. Logický úsudek – čím více objednávek od zákazníků, tím více práce pro zasilatele a menší efektivita v ohledu kombinace všech zásilek. Pokud se jedná o jednotky zásilek k odbavení, není potřeba automatizace a pracovník by měl být schopen vyřešit kombinaci všech zásilek co nejefektivněji. Je nutno uvést, že podle statistik firmy se tomu tak bohužel nestává, a proto by automatizace kombinatoriky pomohla k signifikantnímu zlepšení ekonomické situace podniku.

Pracovníci zákaznického centra mají za úkol nacenit všechny zásilky tak, aby generovaly zisk. To se bohužel často nestává, a tudíž jsou zásilky naceňovány jinak, než by měly. Všechny ceny vyplývají z informačního systému, který bohužel špatně rozpočítává náklady na jednotlivé zásilky a z těchto dat poté vyplývají ceny, které nejsou relevantní a mohou produkovat velké ztráty. Na tento problém již autor upozorňuje ve své bakalářské práci a přichází s novým algoritmem, který zajišťuje správné rozdělení nákladů, od kterých se nadále odvíjí budoucí nacenění zásilek. Jakmile bude tento významný problém vyřešen, firma bude mít daleko více zakázek a bude produkovat také větší zisk. Vše výše zmíněné by vedlo k nutnosti najmutí nových pracovních sil, jelikož se objem práce zvětší. Avšak již nyní je pracovní objem rostoucí a efektivita práce klesá. Případná automatizace kombinací přeprav by mohla vést k růstu efektivity práce a také k snížení nákladů práce. Samozřejmě je potřeba, aby se neopomíjelo, že je nutno investovat určitý kapitál do vývoje a implementace nového nástroje, který bude napomáhat zasilatelům pozemních přeprav.

Z následující tabulky 7 lze pozorovat, že některé zásilky jsou naceněny s velkou finanční ztrátou, konkrétně finanční údaje ve sloupci *Zisk*, které mají zápornou hodnotu. Dále jsou zahrnuty jen ty nejpodstatnější údaje, které jsou nutné znát k tomu, aby se dala realizovat kombinace zásilek a přepravovat je společně. Účetní kilogramy jsou také pojmem, který je blíže popsán v autorově bakalářské práci. Zjednodušeně se jedná o maximální hodnotu z přepočtu hodnot: váha, ložná plocha a objem zásilky. Dle maxima přepočítaných údajů na účetní kilogramy se dále vypočítávají náklady a měří se také obsazení přívěsu nákladního automobilu. V celkovém souhrnu tabulky jsou uvedeny celkové součty všech hodnot. Celkový profit je u dvaceti zásilek, kde každá zásilka je přepravována samostatně, zhruba 22 tisíc korun českých. V průměru tedy každá zásilka vyprodukuje zisk lehce přes jeden tisíc korun. Jelikož jeden z velkých zájmů firmy je být zelenou firmou a redukovat emise, je třeba nutno vytyčit počet celkových kilometrů, který se ujede při přepravě všech zásilek – přes 12 tisíc kilometrů.

V kapitole 3.7, celkovém srovnání jednotlivých řešení je spočteno, jaké procento emisí se dá přibližně ušetřit a o kolik procent se pravděpodobně zvýší celkový zisk v oddělení dokládkových nepravidelných přeprav. V neposlední řadě je zmíněno, jak velký rozpočet by byl nutný na vývoj, implementaci a údržbu informačního nástroje.

Tabulka 7 - Modelová situace – Detailní atributy zásilek

Zásilka	Účetní kilogramy	Vzdálenost	Náklady	Výnosy	Zisk
A	8 265 ukg	443 km	9 739 Kč	11 865 Kč	2 126 Kč
B	14 593 ukg	677 km	17 591 Kč	19 899 Kč	2 309 Kč
C	3 388 ukg	760 km	11 400 Kč	10 649 Kč	- 751 Kč
D	10 862 ukg	795 km	17 496 Kč	17 729 Kč	233 Kč
E	6 824 ukg	486 km	10 702 Kč	11 006 Kč	304 Kč
F	2 874 ukg	947 km	14 201 Kč	12 054 Kč	-2 147 Kč
G	9 266 ukg	503 km	11 073 Kč	13 373 Kč	2 299 Kč
H	3 614 ukg	723 km	13 015 Kč	10 483 Kč	-2 532 Kč
I	15 135 ukg	736 km	19 132 Kč	20 980 Kč	1 848 Kč
J	10 908 ukg	555 km	12 202 Kč	15 364 Kč	3 161 Kč
K	6 306 ukg	555 km	9 992 Kč	11 227 Kč	1 234 Kč
L	7 975 ukg	727 km	15 987 Kč	14 444 Kč	-1 543 Kč
M	6 485 ukg	636 km	11 442 Kč	12 193 Kč	751 Kč
N	12 433 ukg	625 km	16 258 Kč	17 443 Kč	1 185 Kč
O	3 925 ukg	878 km	15 810 Kč	12 316 Kč	-3 494 Kč
P	8 733 ukg	544 km	11 976 Kč	13 303 Kč	1 327 Kč
Q	12 466 ukg	249 km	6 464 Kč	13 706 Kč	7 241 Kč
R	3 223 ukg	162 km	2 423 Kč	4 516 Kč	2 093 Kč
S	12 440 ukg	178 km	4 620 Kč	12 973 Kč	8 353 Kč
T	10 214 ukg	951 km	20 928 Kč	18 705 Kč	-2 223 Kč
SUMA		**12 129 km**	**252 451 Kč**	**274 227 Kč**	**21 777 Kč**

Zdroj: upraveno autorem na základě (DBSchenker.cz, 2016b; Google, Inc., 2018).

Primárními klíči jsou data sloupce *Zásilka*. Každá zásilka má své přiřazené písmeno abecedy. Toto pravidlo platí jak pro tabulky 6 tak pro tabulku 7. Tento klíč napomáhá tomu, aby jednotlivé tabulky byly přehledné a zároveň odkazovali na údaje v dalších tabulkách, které přímo souvisí s dalšími údaji. Pro upřesnění orientace jen naznačení konkrétní příklad v tabulce 8Tabulka 8, kde jsou podle klíče zásilky A vyhledána všechny údaje z tabulky 6 a tabulky 7.

Tabulka 8 - Vyhledávání v tabulkách podle primárního klíče

Zásilka	Nakládka	Vykládka	Účetní kilogramy	Vzdálenost	Náklady	Výnosy	Zisk
A	288 02 Nymburk	83607 Holzkirchen	8 265 ukg	443 km	9 739 Kč	11 865 Kč	2 126 Kč

Zdroj: upraveno autorem na základě (DBSchenker.cz, 2016b; Google, Inc., 2018).

Náklady zahrnují pouze cenu za ujetý kilometr určitého vozidla. Do těchto nákladů se také započítává první přejezd z místa, kde se vozidlo nachází, do místa, kde probíhá první nakládka zásilky. Ceny jsou orientační a vždy se odvíjí od toho, kam automobil jede, přesněji kde automobil bude končit svou jízdu. Pokud dopravce končí v oblasti Německa, odkud se obtížněji shání importní přeprava zpět do České republiky, bude cena za kilometr vyšší. Naopak, zda bude poslední vykládka orientována v průmyslové oblasti Německa, cena za ujetý kilometr může být nižší. Ceny za kilometr také závisí na schopnostech zasilatelů pozemních přeprav, kteří s dopravci o konečné ceně smlouvají.

Tabulka 9 - Náklady nákladních automobilů za 1 km

Druh automobilu	Náklady na 1 ujetý kilometr
Sólo vůz do 3,5 tuny	14–16 Kč/km
Sólo vůz do 6,5 tuny	17–19 Kč/km
Sólo vůz do 12 tun	21–23 Kč/km
Návěs 13,6 m do 24 tun	25–27 Kč/km

Zdroj: (DBSchenker.cz, 2016b).

3.2 Zasilatelská řešení

Na základě modelové situace, byly dotázání tři specialisté na pozici zasilatel pozemních přeprav, kteří jsou odpovědní za realizaci nepravidelných přeprav právě mezi Českou republikou a Německem. Každý ze zasilatelů provedl takové kombinace přeprav, jaké jen uznal za ty nejlepší.

Řešení zasilatele č. 1

Tabulka 10 – Řešení zasilatele č.1

	Nakládky			Vykládky			
	Česká republika			Německo			
Přepravy	**1.**	**2.**	**3.**	**1.**	**2.**	**3.**	**Náklady**
1.	T	O	F	O	T	F	31 651 Kč
2.	P	H	Q	Q	P	H	32 605 Kč
3.	C	A	S	S	A	C	30 737 Kč
4.	N	M	R	R	N	M	24 848 Kč
5.	J	G	-	J	G	-	19 569 Kč
6.	B	D	-	B	D	-	32 417 Kč
7.	L	K	-	K	L	-	21 259 Kč
8.	I	-	-	I	-	-	19 132 Kč
9.	E	-	-	E	-	-	10 702 Kč
Σ							**222 920 Kč**

Zdroj: upraveno autorem na základě výsledků anonymního respondenta.

Hlavním přístupem řešení č. 1 je nalezení vykládkových míst, která se nacházejí blízko u sebe a následně kombinace přeprav tak, aby byly přívěsy co možná nejvíce vytíženy. Zasilatel pracuje s faktem – čím více vytížený přívěs, tím více efektivní kombinace, tím větší ušetřené náklady na přepravách. Toto tvrzení je bohužel milné a spoustu zasilatelů s touto domněnkou pracuje. Hlavními důvody jsou: předešlá pracovní zkušenost v dopravní firmě, kde efektivní vytížení přívěsu hraje signifikantní roli při optimalizaci celkových nákladů na přepravu nebo nekvalitní zaškolení při nástupu na novou pozici, jako je zasilatel pozemních přeprav. Jako všechna následující řešení všech zasilatelů, i toto bylo řešeno tím způsobem, kdy zasilatel najde vhodné kombinace tří zásilek. Poté hledá kombinace dvou zásilek ze zbývajících nepřiřazených zásilek v prvním kroku. Poslední krok již není otázkou

kombinace nýbrž přeprava zásilek jednotlivě, což neprodukuje žádnou úsporu původních nákladů.

Řešení zasilatele č. 2

Druhé řešení se velice podobá prvnímu. Také byly hledány nejbližší místa vykládek, ale zasilatel č. 2 navíce zohledňuje také vzdálenost nakládkových míst zásilek, což pomohlo najít také další možné kombinace přeprav, které nebyly nalezeny v prvním řešení.

Většina zasilatelů používá k přehledu mapu států, aby měli orientaci, kde se zhruba zásilky nacházejí, nicméně nepoužívají žádné řešení, které by ukazovalo přesnou polohu všech zásilek. Toto řešení by velice napomohlo k manuální kombinaci zásilek, jinými slovy, pokud by zasilatelé pracovali stejným způsobem, jako pracují v současnosti, bez používání jakýchkoliv automatizací. Již zmíněná mapa zobrazuje dané země (Českou republiku a Německo) rozdělené na takzvané oblasti, které jsou rozděleny podle poštovních směrovacích čísel. Mapa je znázorněna na obrázku 12.

Tabulka 11 - Řešení zasilatele č.2

	Nakládky			**Vykládky**			
	Česká republika			**Německo**			
Přepravy	**1.**	**2.**	**3.**	**1.**	**2.**	**3.**	**Náklady**
1.	T	O	F	O	T	F	31 651 Kč
2.	P	L	K	P	K	L	26 035 Kč
3.	H	J	G	J	H	G	22 667 Kč
4.	N	M	R	R	N	M	24 848 Kč
5.	S	D	-	S	D	-	27 700 Kč
6.	A	B	-	A	B	-	21 812 Kč
7.	C	-	-	C	-	-	11 400 Kč
8.	I	-	-	I	-	-	19 132 Kč
9.	E	-	-	E	-	-	10 702 Kč
10.	Q	-	-	Q	-	-	6 464 Kč
Σ							**202 410 Kč**

Zdroj: upraveno autorem na základě výsledků anonymního respondenta.

Řešení zasilatele č. 3

Co se týče míry sofistikace, třetí případ byl na této úrovni nejvýše. Zasilatel používá vlastní excelovou tabulku, která mu napomáhá spojovat zásilky podle celkových vah

jednotlivých zásilek. Bohužel tento postup není vždy tím správným, jelikož není nijak zohledněno, že účetní váhá se může od té regulérní lišit – ložná plocha zásilky může plochou zabírat půlku ložné plochy přívěsu, ale zásilka je lehká. I když tedy jsou v tomto řešení použity výpočty, nejsou bohužel správné, relativní a vedoucí ke správnému řešení. Jsou opomíjeny vzdálenosti mezi jednotlivými nakládkami, vykládkami, což může vést k velkému prodražení přepravy zásilek.

Tabulka 12 - Řešení zasilatele č.3

	Nakládky			**Vykládky**			
	Česká republika			**Německo**			
Přepravy	**1.**	**2.**	**3.**	**1.**	**2.**	**3.**	**Náklady**
1.	T	O	F	O	T	F	31 651 Kč
2.	P	L	K	P	K	L	26 035 Kč
3.	H	J	G	J	H	G	22 667 Kč
4.	N	M	R	R	N	M	24 848 Kč
5.	D	A	C	A	C	D	32 399 Kč
6.	B	-	-	B	-	-	17 591 Kč
7.	S	-	-	S	-	-	4 620 Kč
8.	I	-	-	I	-	-	19 132 Kč
9.	E	-	-	E	-	-	10 702 Kč
10.	Q	-	-	Q	-	-	6 464 Kč
Σ							**196 108 Kč**

Zdroj: upraveno autorem na základě výsledků anonymního respondenta.

Hlavním přístupem výpočtu je nalezení všech troj kombinací zásilek a výběr těch finančně nejvýhodnějších. Následně nalezení dvou kombinací zásilek a zbytek nespárovaných zásilek je přepraveno samostatně. Nelze tvrdit, že jde o neefektivní postup, nicméně zároveň nelze tvrdit, že je to ten nejefektivnější. Pokud se kombinují co nejvíce zásilky po trojicích, poté se současně také eliminují potenciální dvoj kombinace zásilek, které by v součtu mohly vyústit ve větší finanční úsporu nákladů.

Ze všech obdržených zpětných vazeb zasilatelů je řešení zasilatele č. 3 to nejlepší a celkové náklady na přepravy všech zásilek jsou 196 108 Kč.

Řešení zasilatele č. 4

Ve srovnání s předešlým řešením je v tomto řešení o 2 přepravy méně, to znamená osm kamionů místo deseti. Na první dojem může působit – čím méně kamionů odveze všechny zásilky, tím méně nákladů bude vynaloženo na celkové přepravy všech zásilek. Toto praktické řešení potvrzuje tento omyl. Nejdůležitějším faktorem je, jak jsou zásilky nakombinovány a zda kamion musí zajíždět spoustu kilometrů kvůli zásilce, která není přímo po cestě.

Tabulka 13 - Řešení zasilatele č.4

	Nakládky			**Vykládky**			
	Česká republika			**Německo**			
Přepravy	**1.**	**2.**	**3.**	**1.**	**2.**	**3.**	**Náklady**
1.	O	E	Q	Q	O	E	32 738 Kč
2.	P	L	K	P	K	L	26 035 Kč
3.	H	J	G	J	H	G	22 667 Kč
4.	N	M	R	R	N	M	24 848 Kč
5.	D	A	C	A	C	D	32 399 Kč
6.	T	S	-	S	T	-	26 781 Kč
7.	I	F	-	I	F	-	38 214 Kč
8.	B	-	-	B	-	-	17 591 Kč
Σ							**221 271 Kč**

Zdroj: upraveno autorem na základě výsledků anonymního respondenta.

Řešení zasilatele č. 5

Vůbec nejhorší výsledek, který byl získán. Téměř o 45 000 Kč horší řešení než řešení třetího zasilatele. Pokud se vezme v potaz přibližně 225 pracovních dnů v roce, které by takovýto zasilatel ve společnosti pracoval, může se nadále přibližně odhadovat, kolik by bylo vytvořeno nadbytečných nákladů za rok. Při průměrném výsledku horším, než je ten nejlepší, tedy výše zmíněných 45 000 Kč, by bylo vynaloženo kolem deseti miliónů korun českých více na přepravu zásilek. Samozřejmě toto jsou pouze čísla, která neodpovídají reálné situaci podniku. Autor není oprávněn sdělit, kolik dokládkových přeprav je společnost schopna v daném regionu odbavit, nicméně všechna čísla lze vyjádřit v procentuálním měřítku, které se realitě blíží poměrně razantně.

Tabulka 14 - Řešení zasilatele č.5

	Nakládky			Vykládky			
	Česká republika			Německo			
Přepravy	**1.**	**2.**	**3.**	**1.**	**2.**	**3.**	**Náklady**
1.	O	A	J	A	O	J	35 230 Kč
2.	N	R	L	R	N	L	36 086 Kč
3.	T	P	F	P	T	F	32 073 Kč
4.	H	K	S	S	H	K	26 632 Kč
5.	Q	D	-	Q	D	-	28 135 Kč
6.	B	G	-	E	I	-	30 491 Kč
7.	I	E	-	B	G	-	29 568 Kč
8.	C	-	-	C	-	-	11 400 Kč
9.	M	-	-	M	-	-	11 442 Kč
Σ							**241 057 Kč**

Zdroj: upraveno autorem na základě výsledků anonymního respondenta.

Řešení zasilatele č. 6

Navazujíce na výsledek zasilatele číslo tři – ani jeden z výsledků všech zasilatelů neprezentuje postup, kde zasilatelé nejdříve hledají kombinace dvou zásilek, respektive kombinace, kde na jednom nákladním automobilu jednou dvě zásilky najednou. Hlavním důvodem, proč tomu tak není je především fakt, že zasilatelé chtějí co nejvíce vytěžit velké nákladní automobily s nosností 24 tun. Pokud je to správný přístup či nikoli je poukázáno v analýze výsledků této diplomové práce v kapitole 3.3.

Ani u zasilatele číslo šest nejsou celkové finanční náklady menší než 200 tisíc Kč a zároveň ani jedna zásilka není převážena samostatně. Opět lze tvrdit, že tento přístup je využíván hlavně v případech, kdy zasilatelé mají dojem efektivní alokace zásilek, pokud jsou všechny zásilky převáženy pouze na osmi nákladních automobilech. Bohužel tomu tak není a potvrzuje to celková peněžní suma nákladů.

Tabulka 15 - Řešení zasilatele č.6

	Nakládky			Vykládky			
	Česká republika			Německo			
Přepravy	**1.**	**2.**	**3.**	**1.**	**2.**	**3.**	**Náklady**
1.	O	B	C	O	B	C	37 449 Kč
2.	T	F	G	T	F	G	32 106 Kč
3.	P	H	J	P	H	J	27 949 Kč
4.	N	M	R	R	N	M	24 848 Kč
5.	D	A	-	A	D	-	26 147 Kč
6.	E	S	-	S	E	-	13 759 Kč
7.	Q	K	-	Q	K	-	18 975 Kč
8.	L	I	-	L	I	-	23 542 Kč
Σ							**204 776 Kč**

Zdroj: upraveno autorem na základě výsledků anonymního respondenta.

Řešení zasilatele č. 7

Předposlední řešení patří k jedním z nejlepších řešení, které byly poskytnuty zasilateli spediční společnosti.

Tabulka 16 - Řešení zasilatele č.7

	Nakládky			Vykládky			
	Česká republika			Německo			
Přepravy	**1.**	**2.**	**3.**	**1.**	**2.**	**3.**	**Náklady**
1.	N	M	R	R	N	M	24 848 Kč
2.	K	E	G	E	G	K	28 513 Kč
3.	T	O	F	O	T	F	31 651 Kč
4.	B	A	-	A	B	-	20 223 Kč
5.	D	S	-	S	D	-	21 236 Kč
6.	P	Q	-	Q	P	-	19 431 Kč
7.	I	L	-	I	L	-	24 846 Kč
8.	H	J	-	J	H	-	19 562 Kč
9.	C	-	-	C	-	-	11 400 Kč
Σ							**201 708 Kč**

Zdroj: upraveno autorem na základě výsledků anonymního respondenta.

Zde nefiguruje žádný sofistikovaný algoritmus na pozadí výpočtu, ale jen mapy, které má zasilatel vytištěné na pracovním stole a do kterých zakresluje postupně cesty, které se mu zdají jako nejvíce efektivní.

Řešení zasilatele č. 8

V souhrnu je si většina ze všech řešení dosti podobná, respektive kombinace přeprav se opakují, anebo jsou si velice blízká. Celkový počet zásilek na jeden nákladní automobil je v průměru zhruba dvě, respektive celkový počet přeprav na dvacet zásilek se pohybuje v rozmezí osm až deset.

Poslední respondent dokázal nakombinovat druhý nejlepší výsledek ze všech osmi řešení, která byla poskytnuta autorovi. Tento zasilatel používá ke kombinaci svůj vlastní, jednoduchý postup výpočtů vedený v programu Microsoft Excel. Jedná se o velice jednoduché řešení, které potřebuje spoustu manuálních úprav a ušetří jen nepatrnou část času. Na druhou stranu celkové finanční náklady jsou, jak již řečeno, jedny z nejmenších, tudíž i tady poukazuje automatizace na větší efektivitu.

Tabulka 17 - Řešení zasilatele č.8

	Nakládky			**Vykládky**			
	Česká republika			**Německo**			
Přepravy	**1.**	**2.**	**3.**	**1.**	**2.**	**3.**	**Náklady**
1.	O	J	E	J	O	E	28 458 Kč
2.	H	K	G	K	H	G	25 126 Kč
3.	M	Q	R	Q	R	M	23 843 Kč
4.	T	F	D	F	T	D	37 844 Kč
5.	B	A	-	A	B	-	20 223 Kč
6.	I	L	-	L	I	-	24 248 Kč
7.	N	P	-	P	N	-	23 548 Kč
8.	S	-	-	S	-	-	4 620 Kč
9.	C	-	-	C	-	-	11 400 Kč
Σ							**199 310 Kč**

Zdroj: upraveno autorem na základě výsledků anonymního respondenta.

3.3 Automatizace

Vzdálenost mezi městy v České republice (s omezením jízdy na západ)

Výpočet ujetých kilometrů mezi jednotlivými nakládkami je součet hodnot, které jsou uvedené v matici, kterou reprezentuje tabulka 28. Obsahuje údaje se vzdálenostmi mezi jednotlivými městy.

Jako příklad identifikace počtu ujetých kilometrů mezi třemi místy lze použít kombinaci zásilek *A*, *K* a *E*, kde celková vzdálenost mezi všemi městy je 171 kilometrů. Kde nejsou uvedeny údaje, tam platí pravidlo jízdy směrem na západ. Jako konkrétní příklad lze uvést cesta z bodu A do bodu K a naopak. Bod A se nachází východněji na mapě, tudíž pokud se hledá bod A v řádku tabulky 28, pod sloupcem K se nachází hodnota 49 kilometrů. Nicméně pokud je hledání provedeno naopak – řádek K, sloupec A – žádná hodnota není přiřazena tomuto poli, právě z důvodu již zmíněnému pravidlu jízdy na západ.

Přejezd z České republiky do Německa

Tabulka 30 přiložená v příloze této práce reprezentuje matici, ve které jsou body značené od *A* do *T*, celkem tedy dvacet bodů, které stojí za jednotlivými zásilkami. Číselné údaje v matici představují vzdálenost v kilometrech mezi jednotlivými body v rámci České republiky a Německa.

Vzdálenost mezi městy v Německu

Tabulka 31 ukazuje vzdálenost mezi jednotlivými městy v Německu, číselné údaje jsou opět uvedeny v kilometrech. Přeškrtnutá pole naznačují skutečnost, že mezi určitými body nelze spočítat vzdálenost. Jedná se hlavně o pole v matici, která indikují vzdálenost mezi stejnými body. Poté je samozřejmé, že vzdálenost nelze určit, protože se jedná o totožné místo.

Nakládky a jejich kombinace

U Řešení *3a* platí, čím více se blíží hodnota zeměpisné délky k nulové hodnotě, tím více na západ je místo orientováno. Zeměpisná šířka je použita jen k výpočtu vzdáleností mezi městy. Počet kombinací se zmenší přesně o polovinu, jinak 50 %, a to právě z důvodu nastavení pravidla, že zásilky budou nakládány postupně od východu na západ. Je to logický krok, který eliminuje zbytečné zajížďky a generování nadbytečných kombinací, které by v závěru nebyly využity. Všechny nakládky by

měly probíhat tak, aby nákladní automobil stále mířil směrem na západ. Jelikož se Německo nachází západně od České republiky, je žádoucí, aby se tato podmínka splňovala. Co se dá o takového opatření očekávat? Jelikož se v kalkulaci zohledňují všechny možné kombinace všech zásilek, celkové množství dat je velmi objemné a program může vysoce zatěžovat výkon zařízení, na kterém je spuštěn. Tabulka 28 také zobrazuje, z jakých bodů (první sloupec) je možno přepravit zásilky do kterých bodů (první řádek). Orientace v tabulce vychází právě z prvního sloupce tabulky. Z tabulky lze tvrdit, že z bodu *G* nelze pokračovat do žádného jiného bodu v ČR, jelikož se nachází nejzápadněji. Naopak z nejvýchodnějšího bodu *N* je možno jet do každého dalšího bodu na mapě v rámci České republiky. Tento přístup může v konečném výsledku generovat méně relevantních řešení, na druhou stranu výrazně redukuje počet možných cest. Celý proces výpočtu není tak náročný, jako by tomu bylo v případě, kde by se v rámci České republiky dalo také počítat například s tím, že první nakládka proběhne v Karlových Varech a následně druhá nakládka v Brně, taková kombinace nedává ve výpočtu smysl.

Navzdory takovému tvrzení nelze opomíjet všechna možná řešení a v dopravě je potřeba počítat i se situacemi, kdy se nákladní automobil musí vydat lehce jiným směrem (v tomto případě východně v rámci České republiky) od konečného cíle. Vynikajícím příkladem je kombinace *{L, I; L, I}*. Podle tabulky 28 nelze jet v Česku z bodu *L* do bodu *I*. Již zmíněná tabulka 28 přiložená v příloze této práce, je použita k přístupu, respektive Řešení *3a*, které klade důraz právě na omezení nadbytečných výpočtů a stanovení pravidla omezení jízdy na východ může být jedním z přístupů výpočtu. Nicméně toto omezení je implementováno pouze pro generování kombinací zásilek po třech. Jakmile jsou vygenerována všechna možná řešení přeprav kombinací, kde jsou zásilky nakombinovány na jednom nákladním automobilu po třech, dále se počítá s kombinacemi zásilek po dvou. Tyto kombinace zásilek po dvou již nevycházejí z tabulky 28, ale z tabulky 29, kde nejsou kladena žádná směrová omezení mezi městy v České republice. To tedy znamená, že výše zmiňovaná kombinace *{L, I; L, I}* může být zahrnuta do dalšího výpočtu a případně figurovat ve finálním řešení.

Všechna místa nakládek i vykládek mají přiřazeny GPS souřadnice, ze kterých vychází výpočet vzdálenosti mezi jednotlivými místy. Konkrétně se jedná o takzvaný Haversinův vzorec. Je uvedena zeměpisná šířka a také zeměpisná délka jednotlivých nakládkových míst (IBM, 2011; Robusto, 1957; Ingole et al., 2013; Samaras, 2014; Burton, 2016; Microsoft Corporation, 2016).

Poloměr země.....6371 km

Zeměpisná šířka místa 1 .....Lat_1

Zeměpisná šířka místa 2 ..... Lat_2

Zeměpisná délka místa 1 .....Lon_1

Zeměpisná délka místa 2 .....Lon_2

$$x_1 = SIN(Lat_1) * SIN(Lat_2)$$

$$x_2 = COS(Lat_1) * COS(Lat_2) * COS(Lon_2 - Lon_1)$$

$$[ACOS(x_1 + x_2) * 6371] * 1.3$$

Vytížení automobilu

Za optimální vytížení nákladního automobilu se dá považovat 85 % a více (DBSchenker.cz, 2016b). Záleží samozřejmě na spediční firmě, jak si tento cíl stanoví. Bohužel tento cíl firmy je kontraproduktivní, co se týče úspory celkových nákladů na přepravu zásilek. Vytížení nákladního automobilu by se mělo opírat hlavně o ekonomickou stránku. Neplatí zde přímá úměrnost, která říká, že čím více vytížený nákladní automobil je, tím větší zisk přeprava produkuje. Z tohoto důvodu autor nezohledňuje toto nastavení cíle firmy.

Tyto cíle firmy vycházejí hlavně z myšlenky, kde vytíženost kamionů se bere v potaz, kdy firma nákladní automobil vlastní, spravuje a automobil je nutné udržovat co nejvíce vytížený z důvodu produkování více výnosů. Jak již je vícekrát v této diplomové práci zmíněno, „kvantita neznamená kvalitu“. Aneb nelze brát v potaz pouze vytížení návěsu, toto není hlavní faktor, který by vedl k maximálním ziskům. Hlavní podstatou je u dokládkových přeprav finanční výnos. U produktu sběrné služby lze nad tímto výrokem spekulovat a debatovat, jelikož hlavní roli hraje maximální vytíženost nákladních automobilů a dá se tvrdit, že zde platí přímá úměrnost – čím více převezených zásilek, tím větší finanční výnos. Automobily sběrné služby převážejí někdy až stovky zásilek.

To je ovšem velice rozdílné ve srovnání s dokládkovými přepravy. Je nezbytné brát v potaz velikost jednotlivých nákladních automobilů. Každý nákladní automobil je jinak veliký, má jiný objem, nosnost, ložnou plochu, tudíž se také logicky liší ceny za ujitý kilometr mezi jednotlivými automobily.

Pokud automobil převáží dvě zásilky místo tří i přesto, že se kombinace tří zásilek přímo nabízí, může být hlavním důvodem hlavně finanční stránka. Pokud by měl jet automobil z 60 % vytížen se dvěma zásilkami a ziskem např. 10 000 Kč nebo vytížen 90 % se třemi zásilkami a ziskem 9 000 Kč, nedává poté smysl cíl nastavení vytížení automobilu. Samozřejmě logicky vyplývá, že firma se má rozhodovat na základě finančního hlediska, ne procenta vytížení automobilu.

3.4 Výpočet

Jednou z původních myšlenek autora bylo nalezení nejkratších možných cest z jednotlivých bodů, kde výchozí bod je vždy ten nejzápadnější. Tato idea vychází právě z konceptu routing problémů, kde se ve většině případech pracuje právě se nejkratší možnou vzdáleností od každého bodu a postupně se tyto nejkratší vzdálenosti spojují, až utvoří cestu (Dix, 2014; Jeff Winters, 2011; Chen et al., 2012). Koncept takové přístupu také staví na tom, že automobil se vrací na své původní místo – sklad, hub a podobně. Vzhledem k tomu, že spediční problém autora se plně neshoduje s tímto přístupem, nelze ho aplikovat jako řešení. Nejnutnější aspekty, které je vyžadováno zohlednit:

- automobily jsou externě najímány, tudíž není nutno řešit jejich vytížení pro cestu zpět, import;
- v první řadě specifikovat Českou republiku, jako jednu oblast, kde se zásilky jen nakládají a poté Německo, jako oblast druhou, kde se zásilky naopak jen vykládají;
- pokud není homogenní rozměr všech zásilek, je potřeba odbavit zásilku se specifickými rozměry samostatně.

Výsledky automatizovaného výpočtu kombinací nelze pojmout jako jeden nejlepší výsledek. Pokud by měl autor zohlednit pouze finanční stránku všech interpretovaných výsledků, lze tvrdit, že nejlepším přístupem výpočtu jsou zjednodušeně řečeno následující kroky:

- Vygenerování všech možných kombinací, kde se převáží tři zásilky na přívěsu,
- poté vygenerování všech možných kombinací, kde se převáží dvě zásilky na přívěsu,
- a následně všechny vygenerované výsledky těchto dvou variant jsou součástí posledního kroku, kde každá možná kombinace tří zásilek je zkombinována s každou možnou kombinací dvou zásilek.

Používaje slovo „možná kombinace“, tím jsou myšleny kombinace, které odpovídají všem podmínkám a omezením, které jsou ve výpočtu zahrnuty. Jednou z hlavních podmínek je již několikrát zmiňované pravidlo Travelling Salesman, kde obchodník nesmí navštívit jeden bod více než jednou.

Nicméně takovéto řešení může eliminovat využití návěsů o nosnosti 24 tun. Jelikož jsou takovéto nákladní automobily nejvyužívanějšími a nejvyskytovanějšími na trhu, lze se potom potýkat s nedostatkem menších automobilů. Konkrétně to znamená, že pokud zasilatel musí zajistit nákladní vozidlo, které bude převážet dané zásilky, znamená to, že se řídí tím, do jakého automobilu se dají zásilky nakombinovat. Respektive tedy řeší už sehnaní externího automobilu od dopravců. Pokud je velký počet kombinací, které musí být převáženy nákladním automobilem, kde je návěs

menší než nosnost 24 tun, znamená to větší nároky na sehnání volného automobilu na trhu. Menší nákladní automobily nejsou na trhu v takové míře, jako standardní přívěsy (Čurdová, 2014; Kolář, 2018).

Úskalím tohoto výpočtu je vysoká náročnost na výkon hardwaru, který takovéto výpočty bude provádět a také otázka toho, v jakém informačním systému by algoritmus probíhal. Takovýto výpočet bohužel není možný využívat v programu Microsoft Excel. I navzdory tomu, že Excel částečně dokáže vygenerovat výsledky, výpočet může zabrat až několik minut/hodin. Čas je bohužel rozhodujícím faktorem u tohoto problému, tudíž existují dvě možnosti, jak najít finančně nejvýhodnější výsledky mezi kombinacemi tří a dvou zásilek na nákladních automobilech.

3.5 Přístupy výpočtů

Řešení 1

Jedním z možných postupů řešení může být následování kroků níže.

1. Vyhledání všech kombinací zásilek, kde na přívěsu jsou tři zásilky: (8 000)
   a. všechny kombinace jsou zkombinovány tak, aby bylo dodrženo pravidlo, kde se jedno místo navštíví pouze jednou a ne vícekrát;
   b. zároveň platí pravidlo, že tři zásilky musí splňovat omezení ložné plochy, objemu a hmotnosti.
2. Filtrování výsledků z kroku jedna: (637)
   a. porovnání nákladů kombinace versus náklady na přepravu zásilek jednotlivě.
3. Generování kombinací všech vyfiltrovaných výsledků z kroku *2*. (~ 3 mil.)
4. Vyhledání všech kombinací zásilek, kde na přívěsu jsou dvě zásilky: (400)
   a. stejné pravidlo, jako u kroku *1a;*
   b. opět následování předchozího pravidla, zde *1b.*
5. Filtrování výsledků z kroku jedna: (91)
   a. stejné jako krok *2a*.
6. Generování kombinací všech vyfiltrovaných výsledků z kroku *5*. (~ 9 mil.)

V této fázi výpočtu lze disponovat s dvěma tabulkami, kde jsou výsledky kroku tři a pět. Tyto tabulky představují velké množství dat, které zpomaluje další proces výpočtu. Existuje tedy několik možností, jak z tohoto stavu výpočtu pokračovat. Pokud výpočet skončí u kroku šest, lze těchto šest kroků výpočtu označit, jako **Řešení 1**, kde se z obou tabulek výsledků vybere ten výsledek, u kterého je největší finanční úspora.

To znamená, že konečný výsledek kombinací bude buď z troj kombinací nebo dvoj kombinací. Jinak řečeno, všechny zásilky budou nakombinovány společně po třech nebo po dvou. Nenastane například situace, že čtyři přepravy budou kombinace třech zásilek (celkem dvanáct zásilek) a čtyři přepravy budou kombinace dvou zásilek (celkem osm zásilek). Reálný výsledek bude odpovídat například pěti přepravami po třech zásilkách a zbylých pět zásilek bude převezeno samostatně i přesto, že by případně šly společně převést. Dalším příkladem může být osm přeprav, kde pojedou na každém automobilu dvě zásilky a zbylé čtyři zásilky pojedou samostatně i navzdory tomu, že by případně mohla být vytvořena jedna kombinace, kde by jely tři zásilky společně na jednom nákladním automobilu.

Vygenerované výsledky kombinací zásilek, kde na přívěsu jsou tři zásilky nejsou generovány pomocí VBA kódu, ale jednoduše vloženy do programu tak, že pro každý bod je přiřazen další možný bod. Celkový možný počet kombinací je dvacet na třetí, jinak také osm tisíc. Tento výsledek kombinací je bez jakýchkoliv omezení a pravidel, tudíž je také například vygenerovaná kombinace *{A, A, B; A, B, A}*. U této kombinace je zřetelně viditelné, že není dodrženo pravidlo Travelling Salesman. Navíc také celkové účetní kilogramy přesahují dané omezení 24 000 kilogramů, kde celkový součet u tohoto příkladu je přibližně 31 tun. Tudíž ani jedno z pravidel není splněno a tato kombinace již nebude nadále ve výpočtu zohledněna. V tomto konkrétním případě diplomové práce je v zadání celkem dvacet zásilek, které musí být přepraveny z České republiky do Německa. Pokud je záměrem získat všechny kombinace dvaceti zásilek, kde jedna kombinace bude kombinací třech zásilek, poté je postupem umocnění číslo 20 na třetí. Výsledek takovéhoto příkladu je 8000. To znamená osm tisíc možností, jak nakombinovat dvacet zásilek po třech. Autor také pracuje s kombinacemi zásilek po dvou. Logicky tedy vyplývá z předchozího příkladu, že umocnění čísla dvacet na druhou vede k výsledku 400. Tedy čtyři sta možných kombinací dvaceti zásilek, kde každá kombinace je kombinací dvou zásilek. Samozřejmě výsledky 8000 a 400 kombinací nejsou relevantní z hlediska splnění podmínek, jako je maximální váha, ušetřené náklady oproti přepravě jednotlivých zásilek a také není splněna podmínka navštívení jednoho bodu pouze jednou, jak je již zmíněno v první části tohoto odstavce (Borwein a Skerritt, 2011).

Krok *1b*. představuje kontrolu, zda účetní váha odpovídá váhovému rozmezí dokládkových přeprav. Bohužel další z mezer v informačním systému je rozřazení zásilek do jednotlivých skupin přeprav. V rámci informačních systémů spediční firmy se automaticky škálují přepravy do partikulárních systémů tak, aby každý zasilatel pozemních přeprav viděl právě zásilky, které spadají pod jeho oblast. Systém rozřazuje zásilky podle váhy, nejdelší strany zásilky a ložné plochy. Bohužel

objem zásilky je naprosto opomenut a také stohovatelnost není zohledněna. Jednoduchým příkladem pro špatné rozřazení zásilek může být následující situace – zásilka má zadanou ložnou plochu 2,4 metry, nicméně je opomenut fakt stohovatelnosti, tudíž po nastohování zásilky je ložná plocha 1,2 metru. Samozřejmě je nutno, aby byly splněny další váhové a rozměrové podmínky zásilky. V souhrnu lze tvrdit, že některé zásilky jsou systémem zařazeny do dokládkových zásilky, ale správná kategorie je System, jinak také sběrná služba. Téměř totožný problém může nastat také v opačném scénáři, kdy je zásilka zařazena do kategorie sběrné služby a má být dokládkovou zásilkou. V tomto zmíněném případě je přehlédnut objem zásilky. Váha a ložná plocha splňují podmínky sběrné služby, přičemž objem je větší, než je pro sběrnou službu dovoleno. Program tedy kontroluje, zda jsem splněny veškeré váhové, rozměrové a objemové podmínky.

Na základě údajů vzdáleností mezi jednotlivými městy lze vypočítat, zda je daná kombinace zásilek efektivnější z hlediska ujetých kilometrů. To lze demonstrovat na náhodném příkladu z praxe. Existují dvě možné kombinace zásilek: 1. *{A, K, R; R, K, A}* a 2. *{A, K, E; A, E, K}*, kde obě kombinace splňují podmínky hmotnostního, objemového a ložného limitu. U první kombinace lze tvrdit, že celková ujetá vzdálenost činí 1386 kilometrů, přičemž, kdyby se zásilky odvozili postupně po jedné na více autech, celková suma ujetých kilometrů všech automobilů by byla 1160 kilometrů. Z toho lze usoudit, že takovouto kombinaci nelze považovat za efektivní, jelikož nevede k žádné úspoře ujetých kilometrů. Kdežto u druhé kombinace lze sledovat zhruba šestnácti procentní redukci ujetých kilometrů.

Krok *2a.* porovnává celkové náklady na dopravu kombinací s celkovými náklady na přepravu jednotlivých zásilek. Pro lepší orientaci v tomto tvrzení je uveden následující příklad.

Celkové náklady na přepravu zásilek *C*, *J* a *E* při dané kombinaci *{C, J, E; J, E, C}* činí 31 093 Kč. Pokud by se zásilky přepravovaly samostatně, výsledky jednotlivých přeprav by byly následující – zásilka *C* = 11 400 Kč, *J* = 12 202 Kč, *E* = 10 702 Kč. V celkovém součtu tedy 34 304 Kč, což je o 3 264 Kč více, než kombinace přepravy třech zásilek *{C, J, E; J, E, C}* na jednom přívěsu. V tomto případě je daná kombinace zachována do dalšího kroku výpočtu.

Opačným scénářem může být jiný příklad. Kde jsou kombinace *{B, H, R; R, H, B}* celkové finanční náklady 38 728 Kč. Kdežto pokud by se zásilky převážely jednotlivě, jednalo by se o tyto částky – zásilka *B* = 17 591 Kč, *H* = 13 015 Kč, *R* = 2 423 Kč. Dohromady tudíž 33 028 Kč s rozdílem oproti dané kombinaci přesně 5 700 Kč. Jelikož je přeprava zásilek jednotlivě cenově výhodnější, kombinace *{B, H, R; R, H, B}* již není v dalších krocích výpočtu zohledněna.

Autor zdůrazňuje úsporu ujetých kilometrů, ne však úsporu finančních prostředků. Existují situace, kdy kombinace přepravy dvou a více zásilek může být při stejném počtu ujetých kilometrů dražší než u jednotlivých přeprav totožných zásilek, kde suma ujetých kilometrů se rovná dané kombinaci? Ano. Suma ujetých kilometrů u kombinace {*M, D, R; R, M, D*} je 1591 kilometrů s celkovými finančními náklady 41369 Kč. Pokud by se ale zásilky rozvezly jednotlivě na různých nákladních automobilech, finanční náklady jednotlivých zásilek by byly následující:

zásilka *M*: 11442 Kč (635,7 km * 18 Kč)
zásilka *D*: 17496 Kč (795,3 km * 22 Kč)
zásilka *R*: 2423 Kč (161,5 km * 15 Kč)

Všechny údaje jsou vzaty z předešle uvedených tabulek v této práci. Konkrétně hmotnosti a ceny přeprav z tabulky 7. Celkové finanční náklady by poté tvořily 31361 Kč, což je zhruba o deset tisíc korun českých méně než, kdyby všechny tři zásilky jely na jednom návěsu.

Proto je tedy při výpočtu nutno brát v potaz pouze ty kombinace zásilek, které jsou v celkovém součtu výhodnější než jednotlivé přepravy zásilek, viz výše uvedený postup. Z oněch 453 kombinací, které splňují podmínku rozpětí hmotností mezí 12000 kg a 24000 kg je 197 kombinací, kde jsou celkové finanční náklady nižší než při přepravě zásilek jednotlivě.

Kombinace v tabulce 18 se dají označit za výsledky, které nebudou s největší pravděpodobností nakombinovány ve výsledném řešení. Samozřejmě může nastat situace, kdy by tyto kombinace mohly splňovat všechny podmínky a být tak součástí výsledných řešení. Na druhou stranu je nutné také zohlednit, zda například úspora 400 Kč je natolik dostačující, aby řidič musel zastavovat šestkrát místo dvou zastávek. Čím více nakládek a vykládek, tím je potřeba vyřizovat více dokumentů a formalit, které jsou úzce spojeny s přepravami zásilek.

Digitalizace

I přesto, že dnešní přeprava zásilek se pomalu digitalizuje, co se týká úředních dokumentů, většina zákazníků stále praktikuje původní papírovou verzi vedení dokumentů. Tyto dokumenty musí být potvrzeny, většinou razítkem a podpisem odesílatele a příjemce. Nový způsob umožnuje vést certifikované digitální podpisy plus podpis, které je většinou proveden ručně na chytrý telefon, tablet nebo jakékoliv dotykové zařízení (Klimeš, 2015).

Tento přístup by mohl také hrát roli v rozhodování, zda absolvovat více zastávek (nakládek, vykládek) či „oželit“ finanční částku s malou úsporou oproti tomu, pokud

by se zásilky převážely samostatně. V souhrnu lze tedy tvrdit, že pokud se má zasilatel rozhodnout o tom, zda nakombinovat zásilky po třech nebo převést zásilky jednotlivě, hlavní roli hrají především finance a úřední dokumenty zásilek. Pokud je finanční úspora kombinace dostatečně vysoká (nelze stanovit přesnou částku, v každé situaci to může být jiné rozmezí), je výhodné převést více zásilek najednou. Pokud existuje finanční úspora, ale není uspokojující, poté je výhodnější přepravovat zásilky jednotlivě. V takovémto případě dokáže situaci vylepšit například již zmíněný fakt, a to digitální vedení dokumentace zásilek.

Tabulka 18 - Výběr z nejméně úsporných kombinací

Kombinace	Úspora	CZN1	CZN2	CZN3	DEV1	DEV2	DEV3
1	453 Kč	O	P	C	P	O	C
2	424 Kč	O	H	A	A	O	H
3	270 Kč	T	P	R	R	P	T
4	246 Kč	H	A	E	A	E	H
5	238 Kč	O	E	Q	Q	O	E
6	164 Kč	F	H	S	S	H	F
7	104 Kč	J	K	R	R	K	J
8	37 Kč	B	H	C	B	C	H

Zdroj: autor.

Řešení 2

Navazujíce na krok šest z Řešení číslo 1, lze pokračovat ve výpočtu a dostat tak nejpřesnější výsledek, ze všech variant řešení, které autor prezentuje. U tohoto přístupu se jedná zejména o nejsložitější výpočet, co se komplexity výpočtu a časové náročnosti týče.

Hlavními vstupy pro další krok výpočtu jsou výsledky kroků 3 a 6 z prvního řešení. To znamená, že výpočet je prováděn na základě několika milionů dat, což samozřejmě vede k tomu, že výpočet může trvat poněkud dlouho. Nelze přesně stanovat čas, který je potřeba k vygenerování chtěného výsledku. Takzvaný chtěný výsledek jsou vygenerované kombinace mezi všemi výsledky z kroku 3 a 6 z předchozího Řešení 1. Takových kombinací může být opět miliony. Bohužel tento výpočet byl prováděn pouze v programu Microsoft Excel, který není schopen takové množství dat zpracovat. Proto nelze prezentovat žádné výsledky tohoto výpočtu i navzdory tomu, že VBA kód přiložený v příloze byl testován a splňuje požadavky výpočtů. Výkon softwaru/hardwaru není na takové úrovni, jaké by bylo potřeba

k testování tohoto řešení. I přesto lze konstatovat, že by se jednalo o nejpřesnější řešení ze všech variant řešení, které autor zmiňuje v této práci. VBA kódy s výpočty jsou přiloženy v příloze.

Řešení 3

Jako i předchozí řešení 2, i tento přístup výpočtu vychází z prvního přístupu, kde je shrnuto prvních šest kroků, které se vždy nějakým způsobem dotýkají ostatních přístupů, nebo také lze říci, že z prvního přístupu vycházejí.

Konkrétně výchozími body pro výpočet třetího přístupu jsou třetí a pátý krok Řešení 1. Kde třetí krok představuje vygenerované kombinace po třech zásilkách, kde je těchto kombinací přes tři milióny. Aby byl výpočet rychlejší a méně náročnější na paměť počítače, kód vypíše jen určitý počet kombinací s nejvyššími celkovými finančními úsporami. Autor v této konkrétní situaci nastavil, aby se vygenerovaly jen ty kombinace, které zajišťují větší úsporu jak 40 000 Kč. Celkový počet takovýchto řešení je 75 984.

Vygenerovaná tabulka tedy poté představuje kombinace, kde je spojeno několik přeprav zásilek po třech a zároveň jsou splněny všechny podmínky, pravidla a omezení, která jsou zmiňována v této práci. Jako příklad - mohou být tři kombinace po třech zásilkách, tedy dohromady devět zásilek nakombinováných na třech nákladních automobilech. Dohromady tyto tři přepravy generují finanční úsporu větší než 20 000 Kč a také pořád zbývá 11 zásilek, které je nutno přepravit (nejlépe nakombinovat po dvou).

Dalším krokem by mohlo být přebrání výsledku z kroku šest u Řešení 1 a následné hledání kombinací mezi kombinacemi s úsporou větší jak 20 000 Kč a více jak devět miliónů kombinací zásilek po dvou. Těchto devět miliónů by mohlo být také vyfiltrováno a vypsány by mohly být pouze kombinace na určitou částku, například 30 000 Kč. Tento krok by bohužel eliminoval spoustu kombinací, které by byly pravděpodobně vhodnější, než je kombinace s největší úsporou. Proč by tomu tak bylo? Opět je nejlepší demonstrovat na konkrétní situaci.

Autor vybere nejlepší kombinaci s největší finanční úsporou, je 15 zásilek nakombinováno po třech. To znamená, že už zbývá jen pět zásilek, které by případně mohly být nakombinovány po dvou a vygenerovat co největší celkovou finanční úsporu. A zde se přichází k pointě předchozího tvrzení. Pokud by se tato nejlepší kombinace zásilek s 15 zásilkami měla zkombinovat s nejlepší kombinací, kde jsou zásilky nakombinovány po dvou, bylo by to prakticky nemožné. Nejlepší kombinace zásilek po dvou může být složena například z 18 zásilek po dvou, to znamená, že žádná kombinace po třech zásilkách již není reálná. Tudíž nejlepší řešením by byl

buď výsledek kombinací po třech zásilkách nebo po dvou zásilkách, tyto výsledky by se nedaly sloučit. Tento popsaný přístup je v podstatě výsledkem a reprezentuje jednotlivé kroky Řešení 1.

Následovat tedy bude kombinace výsledků, kde finanční úspora je větší než 20 000 Kč (celkem 75984) a mezi tabulkou s 91 kombinacemi zásilek po dvou (respektive tabulka 19 z kroku pět Řešení 1). Opět upravený Visual Basic kód zpracuje tyto dvě tabulky tak, aby byly vygenerovány všechny možné kombinace mezi těmito dvěma tabulkami. Konečný výsledek tedy prezentuje jak trojkombinace, ale i dvojkombinace u výsledného řešení.

Tabulka 19 - Výběr z nejvíce úsporných dvojkombinací

Kombinace přeprav	Úspora	CZ nakládka 1	CZ nakládka 2	DE vykládka 1	DE vykládka 2
1	11 577 Kč	L	I	L	I
2	10 871 Kč	I	L	L	I
3	8 486 Kč	O	T	O	T
4	8 074 Kč	F	H	H	F
5	7 936 Kč	I	K	K	I
6	7 615 Kč	T	D	T	D
7	7 106 Kč	B	A	A	B
8	6 828 Kč	T	O	O	T

Zdroj: autor.

Řešení 3a

Celkový proces řešení a výpočtu je totožný s Řešením 3. Jediný rozdíl je v generování všech kombinací, kde jsou zásilky nakombinovány po třech na jednou nákladním automobile.

Tabulka 20 – Výběr z nejvíce úsporných trojkombinací

Kombinace přeprav	Úspora	CZ nakládka 1	CZ nakládka 2	CZ nakládka 3	DE vykládka 1	DE vykládka 2	DE vykládka 3
1	18 612 Kč	O	T	F	O	T	F
2	18 494 Kč	O	T	E	O	E	T
10	14 501 Kč	T	F	D	T	F	D
12	14 133 Kč	T	F	G	G	F	T
13	13 623 Kč	H	J	G	J	H	G
14	13 487 Kč	O	D	E	O	E	D
15	13 083 Kč	L	H	J	J	H	L
19	11 920 Kč	P	L	K	P	K	L

Zdroj: autor.

Tabulka 20 představuje výběr z nejvíce úsporných kombinací, jinými slovy ty kombinace, u kterých je potencionální finanční úspora největší ve srovnání s tím, pokud by se zásilky převážely jednotlivě. Data z tabulky 20 úzce navazují na to, jak nalézt tu nejlepší kombinaci všech kombinací a navázání na krok třetí. Pokud by nebyla nastavena žádná omezení, počítalo by se s číslem 197, a to tak, že kombinace všech 197 čísel lze vypočítat faktoriálem 197. Původní výpočet měl představovat onen faktoriál 197. Jelikož s takovýmto vysokým číslem nelze počítat v programu Microsoft Excel, nelze tento výpočet brát v úvahu. Vzhledem k tomu, že výsledkem tak velkého faktoriálu je 349místné číslo, bylo by velice náročné tento výpočet realizovat v programu Microsoft Excel. Zde se autor vrací ke kroku *1a*. Nicméně lze brát v potaz podmínky problému Travelling Salesman, kde je pravidlem, že se nesmí dvakrát navštívit stejné místo, což autorovi usnadňuje výpočet všech možných kombinací. Na základě restrikcí problému cestujícího prodejce lze vypočítat celkový počet možných kombinací všech kombinací. Deset nejlepších výsledků je prezentováno v tabulce 21, kde v prvním sloupci jsou očíslovány kombinace daných kombinací zásilek – vysvětlení pojmu „kombinace kombinací“ indikují sloupce druhý a třetí. Ve druhém sloupci kombinace jsou čísla kombinací z tabulky 20. Lze opravdu zaznamenat unikátnost jednotlivých kombinací všech kombinací, kde ve třetím

sloupci se neopakuje žádné písmeno, každé je v tomto sloupci v jednom řádku maximálně jednou. Tak, jako je popsáno dle výše zmíněného pravidla.

Původně 637 kombinací zásilek po třech je zredukováno na 197, a to z důvodu nastavení nového pravidla. V rámci nakládek v České republice nesmí automobil po první nakládce jet směrem na východ. Toto pravidlo může vyřadit některá z nejlepších možných řešení, ale zároveň eliminuje spoustu kombinací, které generují jen malou finanční úsporu, a tyto kombinace eventuálně nejsou přirazeny a vybrány jako nejlepší výsledky. Tudíž toto opatření hlavně redukuje počet dat, se kterými je nutno počítat a zároveň udržuje relativně vysokou úroveň v přesnosti výpočtu a hledání té nejvhodnější varianty kombinací. Vzhledem k radikálně menšímu počtu celkových dat, je výpočet velice rychlý, v podstatě okamžitě vygenerovaný. Pokud se zohlední veškerá pravidla, celkový počet kombinací je 184 555. Kód je vytvořen autorem a části kódu jsou převzaty z internetového zdroje (Excel Forum, 2018) a upraveny autorem přímo podle potřeb k danému zadání. Tabulka 21 obsahuje ukázku deseti nejlepších výsledků (kombinace kombinací).

Tabulka 21 - Přepravy všech kombinací

Kombinace #	Kombinace přeprav	Zásilky	Ušetřené náklady
1.	1-13-19-74-93	{O,T,F}-{H,J,G}-{P,L,K}-{D,A,C}-{N,M,R}	55 666 Kč
2.	2-13-19-74-93	{O,T,E}-{H,J,G}-{P,L,K}-{D,A,C}-{N,M,R}	55 549 Kč
3.	2-19-27-74-93	{O,T,E}-{P,L,K}-{F,H,J}-{D,A,C}-{N,M,R}	52 932 Kč
4.	5-13-19-74-93	{T,F,E}-{H,J,G}-{P,L,K}-{D,A,C}-{N,M,R}	52 783 Kč
5.	2-19-30-74-93	{O,T,E}-{P,L,K}-{F,J,G}-{D,A,C}-{N,M,R}	52 219 Kč
6.	2-19-36-74-93	{O,T,E}-{P,L,K}-{F,H,G}-{D,A,C}-{N,M,R}	51 890 Kč
7.	13-14-19-58-93	{H,J,G}-{O,D,E}-{P,L,K}-{T,F,A}-{N,M,R}	51 862 Kč
8.	5-13-19-93-98	{T,F,E}-{H,J,G}-{P,L,K}-{N,M,R}-{O,B,C}	51 553 Kč
9.	10-13-19-75-93	{T,F,D}-{H,J,G}-{P,L,K}-{O,E,S}-{N,M,R}	51 547 Kč
10.	5-13-19-93-99	{T,F,E}-{H,J,G}-{P,L,K}-{N,M,R}-{O,A,D}	51 522 Kč

Zdroj: autor.

Řešení 4

Neliší se nijak od varianty 3, jen je celá varianta postavena na opačném přístupu. Tudíž se pracuje nejdříve s kombinacemi, kde jsou dvě zásilky v jedné kombinaci. To znamená, že hlavním vstupem pro toto řešení je krok šest v Řešení 1. Respektive samotné generování výsledků kombinací, který je zhruba kolem 9 miliónů.

Zde opět platí pravidlo omezení množství dat. A to nastavení minimální hranice finanční úspory. Jsou tedy vygenerovány jen kombinace přeprav, které jsou ve výsledku větší finanční úsporou než stanovených 35 000 Kč. Těchto výsledků je celkem 94 606. Celkovým možných kombinací je zmíněných 8 922 464. Následně se u této tabulky kombinace přeprav hledají možné mezery, které by případně mohly být vyplněny některými z kombinací zásilek po třech, kterých je oněch 637. Výsledkem tedy také mohou být přepravy, kde jsou nakombinované zásilky na nákladních automobilech po dvou nebo třech zásilkách.

Jedním z důležitých faktů, který je nutno zmínit u všech řešení, je situace, kde jsou například nakombinované čtyři přepravy kombinací zásilek po třech (celkem 12 zásilek), tři přepravy kombinací zásilek po dvou (celkem 6 zásilek) a pořád zbývají 4 zásilky, které nejsou nijak nakombinovány. Tyto zásilky mohou být převezeny samostatně. Skutečnost, že čtyři zásilky jsou převáženy samostatně nemusí nutně znamenat finanční ztrátu, někdy naopak může znamenat větší finanční úsporu vůči jiným kombinacím.

Jako nejlepší příklad lze uvést například kombinace *{C, S; S, C}.* Zásilka *S* má hmotnost 12 440 kg, tudíž musí být převážena na velkém nákladním automobilu s nosností do 24 tun. Na základě přehledu zásilek na mapě z obrázku 15 je zřetelně zobrazeno, že zásilka C má v podstatě zásilku S po cestě a řidič by mohl nabrat po cestě zásilku S, následně tuto zásilku vyložit a pokračovat se zásilkou C do konečného místa. Vizuální situace opravdu napovídá zasilatelům, aby takovouto kombinaci realizovali, nicméně se jedná o klam a tato kombinace je ve skutečnosti ztrátová. Proč tomu tak je? Níže je kalkulace a srovnání následujícího příkladu.

- Samotná přeprava zásilky S = 4 620 Kč
- Samotná přeprava zásilky C = 11 400 Kč
  - Součet = 4 620 + 11 400 = 16 020 Kč
- Kombinace zásilek a společná přeprava *{C, S; S, C}* = 22 333 Kč

Celkový finanční rozdíl je tedy 6 313 Kč. Důvod, proč je kombinace dražší variantou než převezení zásilek samostatně, je převážení obou zásilek jedním nákladním automobilem s nosností 24 tun, u kterého jsou finanční náklady na kilometr výrazně větší než u menších automobilů. A jelikož má zásilka C malou hodnotu účetních kilogramů je zřetelné, že může být převážena samostatně na menším nákladním automobilu. Navíc převoz této zásilky je celkem 760 kilometrů. Za to zásilka S má hmotnost 12 440 kilogramů, což znamená, že je potřeba naložit na velký přívěs. Nicméně vzdálenost mezi nakládkou a vykládkou je pouze 178 kilometrů, což je výrazně méně než u zásilky C. V případě kombinace a přepravy těchto zásilek společně by celková ujetá vzdálenost nevyužitým přívěsem byla

zhruba 582 kilometrů, a to je v podstatě rozdíl mezi 760 kilometry zásilky C a 178 kilometry zásilky S. Číslo 582 kilometrů poté vede k finančnímu rozdílu 6 313 Kč, jelikož u sólo vozu do 3,5 tun jsou finanční náklady zhruba o 11 Kč na ujetý kilometr menší než u standartního návěsu do 24 tun. Poté už je stačí vynásobit 11 Kč krát 582 kilometrů, což je zhruba oněch 6 313 Kč.

3.6 Přehled všech automatizovaných řešení

V níže znázorněné tabulce jsou demonstrovány hodnocení řešení, které byly testovány autorem této diplomové práce. Celkem bylo testováno pět přístupů řešení daného problému. Postup každé varianty řešení je detailně zachycen v předešlých kapitolách.

Dle následující tabulky a prezentovaných výsledků lze zhodnotit, jaké řešení jsou nejpřesnější, nejrychlejší na výpočet a nejvýhodnější pro implementaci ve speditérské společnosti. Právě přesnost a rychlost hrají nejvýznamnější roli při práci zasilatele pozemních přeprav. Přesnost v tomto případě představuje především finanční prostředky, které se vynakládají na přepravu zásilek. Konkrétně čím větší přesnost (efektivita) zkombinování všech zásilek na jednotlivé nákladní automobily, tím větší finanční úspora. Hlavním cílem je právě nalezení té nejlepší kombinace všech zásilek a jejich distribuce na jednotlivé automobily. Nicméně nelze opomenou časový faktor, respektive rychlost výpočtu. Tato rychlost představuje čas, za který je daná kombinace spočtena. Jelikož autor testuje všechny výpočty v programu Microsoft Excel, nelze přesněji demonstrovat, za jaký časový úsek jsou dané VBA kódu schopny spočítat ty nejefektivnější kombinace. Jelikož Excel disponuje jen 1 048 576 řádky, je výpočet všech možných kombinací poněkud komplikovaný, tudíž rychlost výpočtu nemusí být relevantní ve srovnání s jiným softwarem (Walkenbach, 2011). Navzdory tomu, hodnocení rychlosti výpočtu je stanoveno na základě výkonu programu Excel. Obou faktorům (přesnost, rychlost) je přiřazena také váha, což zohledňuje již zmíněný faktor. Jelikož v rychlosti výpočtu u jiného software nemusí být tak signifikantní rozdíl mezi jednotlivými varianty, váha rychlosti je stanovena autorem na hodnotu 7, kde 10 je maximum a 0 minimum. Váha přesnosti je nastavena na maximální hodnotu 10, jelikož se jedná o hlavní podstatu tohoto matematického problému.

Celkový počet variant je v součtu pět, kde poslední varianta *3a* je jen modifikovaný přístup varianty *3*. Pro každou variantu jsou hodnoceny oba atributy, jak *přesnost*, tak *rychlost výpočtu*. Škála představuje hodnoty od nuly do deseti, kde nula reprezentuje nejnižší hodnocení a desítka naopak hodnocení nejlepší. Ve sloupci *Suma* jsou výsledky geometrických průměrů pro jednotlivé varianty. Čím větší

geometrický průměr, tím lepší hodnocení pro danou variantu (Radová et al., 2013; Souček, 2006).

Tabulka 22 - Přehled všech automatizovaných řešení

Váha	**10**	**7**	
Varianta	**Přesnost**	**Rychlost výpočtu**	**Geometrický průměr**
1	7	4	**6.65**
2	10	1	**5.14**
3	9	8	**8.43**
4	9	8	**8.43**
3a	7	10	**8.37**

Zdroj: autor.

Z výsledků tabulky 22 lze pozorovat, že nejlepšími výsledky jsou varianty *3*, *4* a *3a*. Následuje varianta číslo *1*, která opomíjí některé kombinace, a proto může být méně přesnější než varianta *3*, *4* nebo *3a*. Vždy záleží na konkrétních situacích daných zásilek. Proto je složité přidělit relevantní hodnocení daným variantám. Testování všech variant s různými atributy zásilek vedlo k přidělení takových hodnocení v průměru, jaké jsou v tabulce 22. Poslední variantou s nejnižším výsledným hodnocením je varianta druhá. Přesnost je jednoznačně nejvyšší ze všech počítaných variant. Bohužel je to na úkor rychlosti. Pro tuto variantu bohužel Excel není tím pravým softwarem, který zvládne takové množství dat zpracovat, tak ani nelze říci, kolik celkových možných kombinací by bylo nakonec vygenerováno. S velkou pravděpodobností lze tvrdit, že je to opravdu jeden z nejpřesnějších přístupů, který lze pro zasilatelství ve speditérské společnosti využít. Autor neprováděl průzkum trhu se softwarem, který by byl schopen takovéto data zpracovat, proto se nachází tato varianta na posledním místě v hodnocení. V případě rychlejšího výpočtu se tato varianta může dostat postupně až na první místo v hodnocení a stát se ideální variantou. Zejména poté, co by byly nastaveny další důležitá pravidla, jako jsou přesná data, časová okna nakládek, vykládek, zda mohou být zásilky kombinovány z jinými zásilkami a podobně. Dalších možných pravidel může být několik a finální počet kombinací se tím razantně zmenší.

Pro finální srovnání výsledků jsou využity varianty řešení s nejlepším celkovým hodnocením, tedy *3*, *4* a *3a*. Jelikož je rychlost výpočtu relativně u všech variant vysoká, lze dostat rychle výsledky všech variant a následně vybrat z té nejlepší varianty.

3.7 Srovnání

Celkové srovnání vybraných variant vychází již z popsaných postupů v předchozí kapitole.

Nejdříve je nutné, aby se porovnaly výsledky těch řešení, které v předchozí kapitole obdrželi největší hodnocení, respektive největší geometrické průměry. Tedy rozdíl mezi *3, 4* a *3a*. Výsledky řešení *3* a *4* se mohou navzájem doplňovat, respektive se vybírá nejdříve mezi těmito variantami a následně lepší varianta z těchto dvou se porovnává s výsledky řešení *3a*.

Tabulka 23 - Výsledek automatizovaného Řešení 3

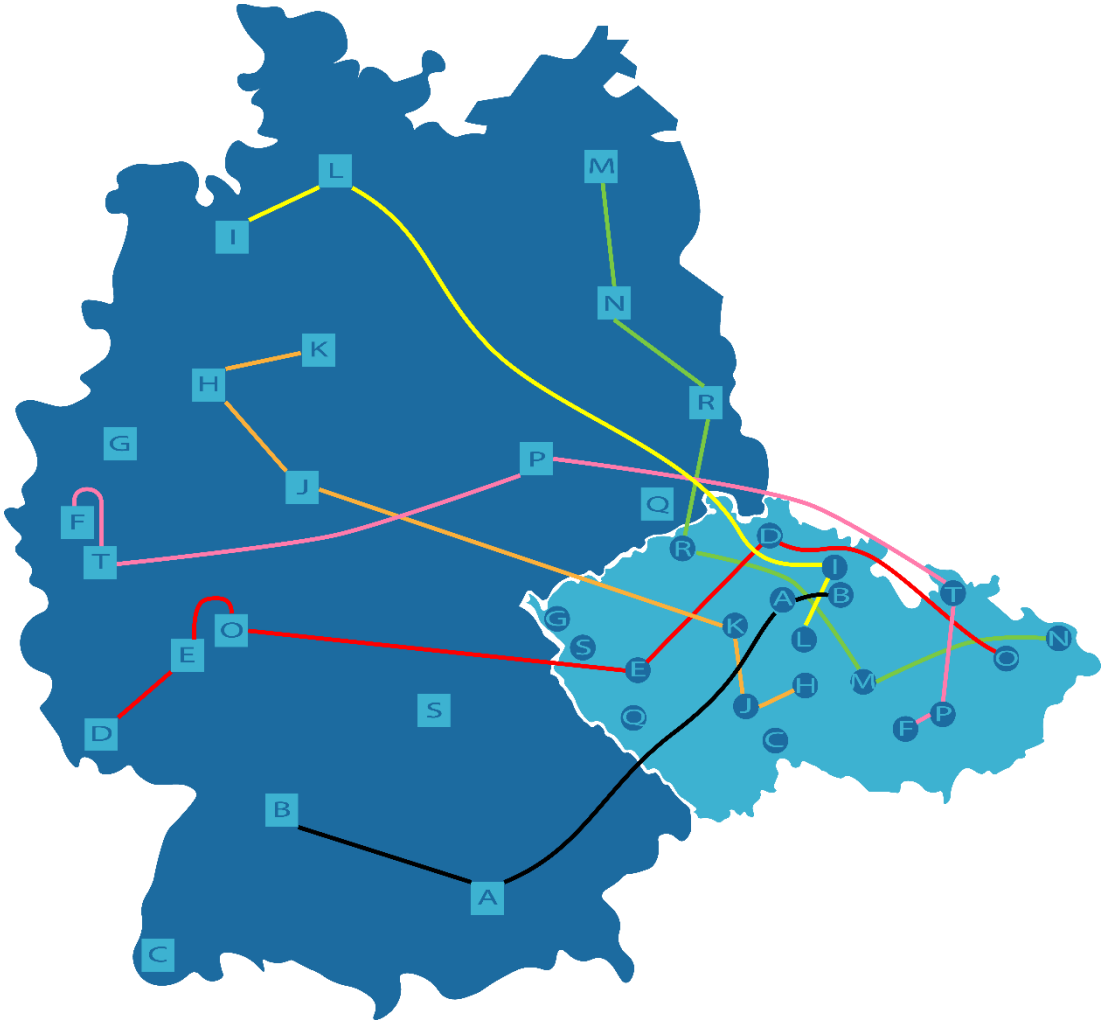
	Nakládky			Vykládky						
	Česká rep.			**Německo**						
Přepravy	**1.**	**2.**	**3.**	**1.**	**2.**	**3.**	**Náklady**	**Původní náklady**	**Náklady poníženy o**	**%**
1.	N	M	R	R	N	M	24 848 Kč	30 122 Kč	5 275 Kč	18 %
2.	H	J	K	J	H	K	23 879 Kč	35 209 Kč	11 330 Kč	32 %
3.	O	D	E	O	E	D	30 520 Kč	44 008 Kč	13 488 Kč	31 %
4.	F	P	T	P	T	F	31 267 Kč	47 104 Kč	15 838 Kč	34 %
5.	B	A	-	A	B	-	20 223 Kč	27 329 Kč	7 106 Kč	26 %
6.	L	I	-	L	I	-	23 542 Kč	35 119 Kč	11 577 Kč	33 %
7.	C	-	-	C	-	-	11 400 Kč	11 400 Kč	0 Kč	0 %
8.	G	-	-	G	-	-	11 073 Kč	11 073 Kč	0 Kč	0 %
9.	Q	-	-	Q	-	-	6 464 Kč	6 464 Kč	0 Kč	0 %
10.	S	-	-	S	-	-	4 620 Kč	4 620 Kč	0 Kč	0 %
Σ							**187 836 Kč**	**252 451 Kč**	**64 614 Kč**	**26 %**

Zdroj: autor.

Tabulka 23 indikuje výsledky Řešení *3*, které se ve finální fázi ukazuje jako více efektivní ve srovnání s řešením *4*. U čtvrtého řešení byly nakombinovány pouze přepravy kombinací zásilek po dvou a k těmto kombinacím již bohužel nebyly nalezeny žádné relevantní výhodné kombinace zásilek po třech na jednom nákladním automobilu. Z tohoto důvodu je prezentován pouze výsledek třetího řešení, který reprezentuje celkové náklady všech přeprav ve výši 187 836 Kč. Tento výsledek je o 64 614 Kč nižší než náklady všech zásilek přepravovaných samostatně (jednotlivě). Jelikož tato čísla nejsou rovna číslům, kterými společnost disponuje, je

pro tuto práci nejvhodnější prezentovat výsledek především v procentech. Procenta se s vysokou pravděpodobností příliš neliší od reálného stavu. Díky procentuálním hodnotám jde také v závěru přibližně nastínit, kolik by mohla firma díky automatizovanému řešení ušetřit financí denně, týdně, měsíčně, ročně. V podstatě v jakémkoliv časovém horizontu.

Obrázek 15 – Výsledné cesty Řešení 3



Zdroj: na základě výsledků upraveno (Trachtová, 2018).

U obrázku 15 je nutno se orientovat zprava doleva neboli od východu na západ, kde v pravé části obrázku je světle modrou barvou vyznačena Česká republika a tmavě modrou barvou Německo.

Jednotlivá písmena ukazují polohy míst nakládek v Česku a polohy místa vykládek v Německu. Všechny vygenerované cesty jsou na obrázku naznačeny barevnými čarami. Tyto cesty jsou zakresleny do mapy na základě dat z tabulky 23. Jediné

nezakreslené cesty jsou u přeprav s jednou zásilkou na nákladním automobile. Autor se snaží zanechat mapu dostatečně přehlednou, proto takovéto vynechání zakreslení cest, kde je převážena jen jedna zásilka. Čtenář si může jednoduše tyto cesty domyslet. Je nutné zdůraznit, že barevné čáry (cesty) nepředstavují reálnou infrastrukturu, ale snaží se jen naznačit, jak jsou zásilky postupně nakládány a vykládány. Hlavní rozdíl přístupu Řešení 3 a Řešení 3a je nejlépe pozorovatelný mezi obrázkem 15 a 16.

Tabulka 24 - Výsledek automatizovaného Řešení 3a

	Nakládky			Vykládky						
	Česká rep.			**Německo**						
Přepravy	**1.**	**2.**	**3.**	**1.**	**2.**	**3.**	**Náklady**	**Původní náklady**	**Náklady poníženy o**	**%**
1.	N	M	R	R	N	M	24 848 Kč	30 122 Kč	5 275 Kč	18%
2.	P	H	K	P	K	H	24 714 Kč	34 983 Kč	10 269 Kč	29%
3.	O	D	E	O	E	D	30 520 Kč	44 008 Kč	13 488 Kč	31%
4.	T	F	J	J	T	F	30 733 Kč	47 331 Kč	16 598 Kč	35%
5.	B	A		A	B		20 223 Kč	27 329 Kč	7 106 Kč	26%
6.	L	I		L	I		23 542 Kč	35 119 Kč	11 577 Kč	33%
7.	C			C			11 400 Kč	11 400 Kč	0 Kč	0%
8.	G			G			11 073 Kč	11 073 Kč	0 Kč	0%
9.	Q			Q			6 464 Kč	6 464 Kč	0 Kč	0%
10.	S			S			4 620 Kč	4 620 Kč	0 Kč	0%
Σ							**188 138 Kč**	**252 451 Kč**	**64 313 Kč**	**25%**

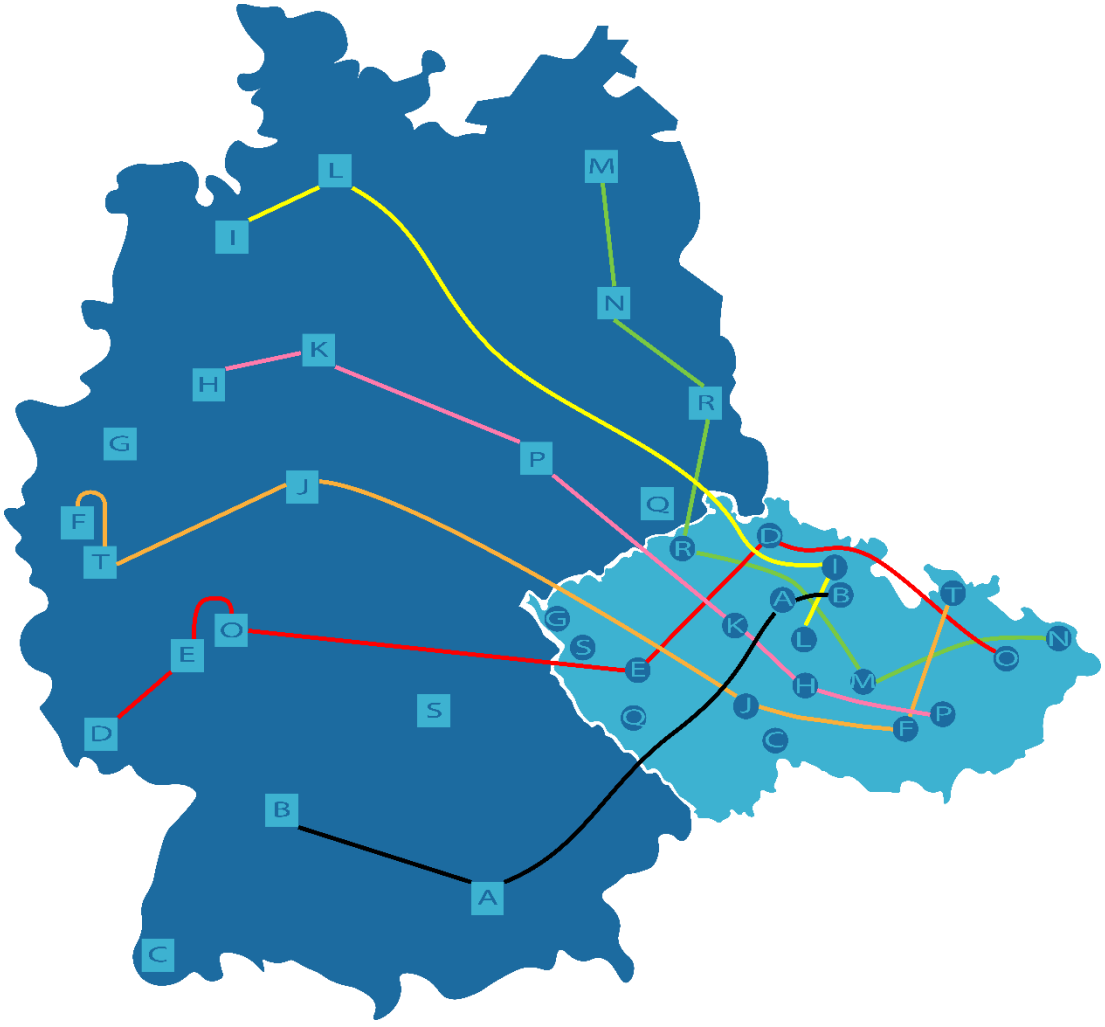
Zdroj: autor.

Jak je již několikrát zmíněno v této práci, hlavním rozdílem mezi dvěma řešeními 3 a 3a jsou hlavně v omezení směru nakládání zásilek. Při kombinaci třech zásilek nelze při nakládkách jet směrem na východ, což eliminuje potencionální kombinace, které by mohly být finančně výhodnější a zároveň eliminuje vysoký počet kombinací, které nikdy nebudou ve finálním výsledku vygenerovaných kombinací přeprav.

Jak je naznačeno v tabulce 22, to může znamenat menší přesnost výpočtu, ale vyšší rychlost výpočtu. Přesnost lze mezi těmito dvěma řešeními popsat jako rozdíl několik desetin v celkovém výsledku. Konkrétně u Řešení 3 jsou celkové náklady na přepravu všech zásilek 187 836 Kč a u Řešení 3a je to o 302 Kč více, tedy 188 138 Kč. Oněch 302 Kč je přibližně 0,16 % rozdíl mezi těmito výsledky., tudíž přesnost se

neliší tak signifikantně jako rychlost. Kde rychlost výpočtu Řešení 3a se pohybuje v řádech jednotek až desítek vteřin, u Řešení 3 jsou to minimálně desítky vteřin a jednotky minut. Samozřejmě rychlost lze vylepšit jednodušeji než přesnost. Z tohoto důvodu autor vybírá Řešení 3, jako nejlepší řešení pro výpočet zadání této diplomové práce a nadále s výsledky tohoto řešení pracuje v následujících kapitolách.

Obrázek 16 - Výsledné cesty Řešení 3a



Zdroj: na základě výsledků upraveno (Trachtová, 2018).

Rozdíl zmíněných dvou řešení je tedy přehledně pozorovatelný mezi obrázkem 15, kde nejsou omezení směru jízdy v rámci Česka a u obrázku 16 je zřetelné, že žádné nakládky zásilek v České republice neprobíhají směr na východ, ale celý proces nakládání jednotlivých zásilek probíhá směr na západ. Omezení směru jízdy neplatí na území Německa. Je tedy možné vypozorovat, že po nakládce v České republice v bodě „R" je následně směr jízdy lehce na východ. V bodě „R" v Německu tedy

probíhá první vykládka a u této konkrétní zásilky „R“ lze výborně dodržet pravidlo LIFO (COHEN et al., 1997; Rushton et al., 2014; Dao et al., 2013; Baudin, 2005).

Tento přístup by se měl dodržovat, pokud by se zásilky převáželi návěsy, které nedisponují plachtou, aby se se zásilkami nadbytečně nemanipulovalo. Nejideálnější scénář je, aby se zásilkou manipuloval pouze její odesílatel a příjemce. Tyto detaily ve výpočtu zohledněny nejsou. Nicméně i tyto detaily se postupně dají do kódu implementovat a zajistit tak bezproblémovou přepravu zásilek. Trh nákladních přívěsů tvoří většina plachtových. Menší procento tvoří skříňové návěsy. To nemění nic na tom, že se na tento fakt musí myslet při rozšiřování kódu a implementování další možností, jak vypočítat ideální cesty pro zásilky.

Cesty přeprav jsou opět vyznačené barevnými čárami na základě dat z tabulky 24. Pro zásilky, které jsou převáženy samostatně platí opět nezakreslení v mapě. Výběr barev je náhodný a nemá žádnou souvislost mezi mapami.

Tabulka 25 - Porovnání automatizovaného řešení a všech řešení zasilatelů

Řešení	Náklady	Náklady poníženy o	Srovnání s vygenerovaným výsledkem (A)	% srovnání s vygenerovaným výsledkem (A)
Řešení 3	**187 836 Kč**	**64 614 Kč**	**0 Kč**	**0.0 %**
Zasilatel 1	222 920 Kč	29 531 Kč	35 084 Kč	54.3 %
Zasilatel 2	202 410 Kč	50 041 Kč	14 574 Kč	22.6 %
Zasilatel 3	196 108 Kč	56 343 Kč	8 272 Kč	12.8 %
Zasilatel 4	221 271 Kč	31 179 Kč	33 435 Kč	51.7 %
Zasilatel 5	241 908 Kč	10 543 Kč	54 071 Kč	83.7 %
Zasilatel 6	204 776 Kč	47 675 Kč	16 940 Kč	26.2 %
Zasilatel 7	201 708 Kč	50 742 Kč	13 872 Kč	21.5 %
Zasilatel 8	199 310 Kč	53 141 Kč	11 474 Kč	17.8 %
Zasilatelé Ø1	**211 301 Kč**	**41 149 Kč**	**23 465 Kč**	**36.3 %**
Změna	**11.11%**	**36.3 %**	**-**	**-**

Zdroj: autor.

V tabulce 25 je porovnání vybraného Řešení 3 a řešení všech zasilatelů. Celkový průměr zasilatelů je zvýrazněn v posledním řádku tabulky. Nejdůležitějším údajem je o kolik procent se dokáží automatizací ponížit celkové náklady na přepravu všech dvaceti zásilek. Pokud se výsledek má srovnat s výsledkem nekombinovaných

zásilek, poté je rozdíl mezi Řešením 3 a nenakombinovanými zásilkami celkem 64 614 Kč, což je přibližně 26 % snížení celkových nákladů na přepravu všech dvaceti zásilek.

Takovéto srovnání není relevantní, co se týče reálného postupu ve firmě. Úkolem každého zasilatele je najít ty nejefektivnější kombinace zásilek, které je nutné přepravit z bodu A do bodu B, v tomto případě přepravení zásilek z České republiky do Německa. Proto autor této práce provedl průzkum u osmi zasilatelů společnosti, za účelem srovnání reálných postupů zasilatelů a zjištění výsledků jejich počínání. Jednotlivé výsledky zasilatelů samy o sobě nejsou v této fázi tak důležité, jako průměr všech výsledků všech zasilatelů. Průměr nákladů na přepravu všech dvaceti přeprav je 211 301 Kč. To je o 23 465 Kč více než výsledek automatizovaného řešení. Respektive o zhruba 36,3 % lepší výkon než průměrný výkon všech zasilatelů.

Celkové procentuální ponížení nákladů je 11,11 %. To je poměrně vysoké číslo, pokud se bere v potaz, že v podstatě stoprocentní ponížení nákladů je reálně nemožné. Velké nadnárodní/mezinárodní společnosti jako DB Schenker, DHL, UPS nebo FEDEX, působí po celém světě a i dopad výsledků ze států jako je Česká republika je výrazný (Andries a Simchi-Levi, 2017; van Rijmenam, 2016; WOHLSEN, 2013).

Pokud by se tento přístup měl aplikovat na přepravách po celé Evropě v rámci firmy, mohl by být impakt takové implementace výpočtu výrazným posunem směrem vpřed a ušetřit společnosti vysoké finanční částky. Samozřejmě, číslo 11,11 % se nedá brát za přesný výsledek, ale jako za výsledek, který může být rozhodujícím při rozhodování, zda investovat do zlepšení informačního systému a jak rychlá by byla návratnost těchto investovaných prostředků. Do výpočtu není zahrnuto několik faktorů, které mohou případně ovlivnit výsledek. Nicméně i pokud by měl být při pesimistickém pohledu celkový automatizovaný výsledek kolem 5 %, což je více než o polovinu méně, byly by úspory v řádech milionů korun českých ročně. Implementace takového postupu u menších firem by se dala už spekulovat, ale při velikost vybrané firmy jsou úspory vysoké.

V případě demonstrace konkrétních čísel, lze příklad uvést na tom, že firma může denně přepravit dokládkových přeprav s celkovými náklady jeden milion korun českých. Pracovních dnů v roce je 200, což dává dohromady 200 milionů finančních nákladů ročně. Pokud by se toto číslo zmenšilo v průměru o 11 %, firma by ušetřila přibližně ročně 22 milionů, což je kolem 110 tisíc korun českých denně. Při pesimistickém pohledu by to mohlo být i o polovinu méně. To stále dává celkovou úsporu 55 tisíc denně a 11 milionů korun českých ročně, což již není zanedbatelná částka, i pro tak velkou společnost.

Implementace takovéhoto řešení nemusí nutně znamenat propouštění pracovních sil, vždy záleží na přístupu managementu firmy. Konkrétním příklad je firma UPS, která praktikuje vysokou prediktivní analytiku k rozesílání balíků a algoritmy na pozadí všech systémů musí běžet neustále. Pro chod těchto systémů se používají vysoce výkonné technologie a speciální výpočty. Samozřejmě takovýto přístup je využit v průmyslu, kde se převáží několik milionů balíků denně. UPS tyto technologie používá zejména pro balíkovou službu, ve které patří k jedním z předních lídrů na trhu (SAS Software, 2015, 2013; UPS, 2016; Zax, 2013; Siegel, 2013).

Tabulka 26 – Porovnání automatizovaného řešení a různých řešení zasilatelů

Řešení	Náklady	Náklady poníženy o	Srovnání s vygenerovaným výsledkem (A)	% Celkové ponížení nákladů
Řešení 3	187 836 Kč	64 614 Kč	0 Kč	25.6 %
Ø1	211 301 Kč	41 149 Kč	23 465 Kč	16.3 %
Ø2	214 649 Kč	37 801 Kč	26 813 Kč	15.0 %
Ø3	200 863 Kč	51 588 Kč	13 026 Kč	20.4 %

Zdroj: autor.

Tabulka 26 obsahuje data s vybraným finálním řešením, průměrem výsledků všech zasilatelů s označením „Ø1“, dále průměr „Ø2“, kde jsou zahrnuta pouze dvě nejlepší a dvě nejhorší zasilatelská řešení a jako poslední průměr jen čtyř nejlepších výsledků všech zasilatelů s označením „Ø3“.

Tato tabulka má za úkol naznačit i situaci, kdy by ve firmě pracovali zasilatelé, kteří by produkovali lepší pracovní výsledky, to znamená generovaní lepší přepravních kombinací zásilek a tím také větší finanční úsporu. I ten nejlepší průměr ukazuje hodnotu celkových ušetřených nákladů kolem 20 % a automatizované řešení je na hodnotě 25 %. To znamená stále signifikantní procentuální rozdíl mezi těmito výsledky. Jak již demonstrováno dříve v této diplomové práci, stále by se jednalo o řády milionů ročně, které by mohly být ušetřeny pomocí automatizovaného řešení.

Nelze opomenou případnou investici do nového softwaru, hardwaru, informačního systému, jednoduše do vybraných služeb a produktů, které by byly zakoupeny. Většinou se takovéto investice pohybují v řádech statisíců až několika milionů, vždy záleží na konkrétní poptávce po službách a produktech. Tudíž nelze přesně stanovit, kolik by takováto investice stála (Grabara et al., 2014; Cassidy, 2016; Christopher, 2016; Rushton et al., 2014; Yang et al., 2016).

Na druhou stranu firma by díky hrubému nastínění řešení této práce mohla učinit první kroky a ušetřit tak na kompletním vývoji výpočtu. I tak autor počítá s variantou, že by investice byla milionová. K vyčíslení návratnosti investice by bylo nutno znát výsledky firmy – kolik dokládkových přeprav po Evropě denně přepraví, jaké jsou obraty, náklady, kolik pracovníků odbavuje ty dokládkové přepravy a mnoho dalších aspektů. Čistě hrubý odhad autora by mohl činit návratnost nejdéle do jednoho kalendářního roku při pesimistickém pohledu. Pozitivní pohled na návratnost investice by mohl představovat časový horizont několika měsíců.

Green Logistics Solutions

Tento pojem anebo jiné podobné pojmy podobné Green Logistics Solutions jsou velice diskutované již dlouhé roky ve spojení s životním prostředím. Většina velkých společností se prezentuje jak velice zainteresovaná společnost, co se CO2 produkce do atmosféry týče. Existuje spoustu prací, článků, případových studií, knih, které se tímto tématem do hloubky zabývají (Rodrigue et al., 2008; Dekker et al., 2012; Ubeda et al., 2011; Murphy a Poist, 2003).

Tabulka 27 - Srovnání celkově ujetých kilometrů Řešením 3 a zasilatelskými řešeními

Varianta	Ujetá vzdálenost	Rozdíl	%
Řešení 3	**7 623 km**	0 km	**8 %**
Zasilatel 1	8 195 km	571 km	1 %
Zasilatel 2	8 181 km	558 km	1 %
Zasilatel 3	7 617 km	-6 km	8 %
Zasilatel 4	8 510 km	887 km	-3 %
Zasilatel 5	9 789 km	2165 km	-18 %
Zasilatel 6	7 876 km	253 km	5 %
Zasilatel 7	8 080 km	456 km	2 %
Zasilatel 8	7 987 km	364 km	4 %
	8 279 km	**656 km**	0 %

Zdroj: autor

Výsledky v z tabulky 27 automatizovaného řešení ukazují, že automatizované řešení dokáže nakombinovat zásilky s přibližně osmi procentní redukcí ujetých kilometrů u dokládkových přeprav. Přesnější vyčíslení může prezentovat příklad, kde všechny nákladní automobily ujedou denně celkově 100 000 kilometrů, automatizace může zredukovat toto číslo na 92 000 kilometrů.

Odborné zdroje uvádění, že produkce CO2 do atmosféry se pohybuje mezi 29 a 220 gramy CO2 na tonážní míli. Sto tisíc kilometrů je rovná zhruba 62 137 mil. Medián vyprodukovaného CO2 je přibližně 67 gramů na tonážní míli. Ušetřených ujetých mil je v tomto konkrétním příkladu zhruba 4 970. To vede k výsledku 67 gramů krát 4 970 mil, celkem 332 990 gramů CO2, nemusí být denně vyprodukováno do atmosféry. Do výpočtu není zahrnuta tonáž, která samozřejmě ještě celý výsledek změní. Nicméně, tento příklad je jen ilustrativní, nelze pojmout tyto výsledky jako reálné. Cílem této práce není nalezení čísla vyprodukovaných emisí do atmosféry. Jelikož se technologie emisí posouvá neustále kupředu a produkuje se méně emisí než tomu bylo v roce 2013, kdy byla studie o emisích nákladních automobilu vydána a ze které autor vychází (Craig et al., 2013; Chase et al., 2000; Velázquez-Martínez et al., 2016).

Závěr

Splnění hlavního cíle diplomové práce potvrzuje vytvoření nového algoritmu, který je schopen efektivně navrhnout sdružení zásilek na jednotlivé nákladní automobily. Efektivně v tomto smyslu znamená, že algoritmus dokáže navrhnout daná řešení rychle a s určitou finanční úsporou oproti řešení zasilatelů společnosti DB Schenker.

V teoretické části autor popisuje přístupy, které jsou v logistice a přepravě zásilek nejznámější, a které jsou nejvíce relevantní pro konkrétní zadání práce. Žádný z přístupů neřeší plně daný problém, ale autor mohl využít některých poznatků a kroků jednotlivých přístupů. Nejbližšími přístupy jsou zejména dva: Vehicle Routing Problem a Travelling Salesman Problem. Oba tyto problémy jsou velmi diskutovanými v posledních několika desítek let. V podstatě dodnes nelze jednoznačně tvrdit, že jsou tyto problémy plně vyřešeny. Autor také zmiňuje přístupy konkurenčních firem na trhu a jak tyto společnosti čelí podobným problémům.

Ve shrnutí jsou popsány produkty firmy DB Schenker, struktura firmy, pozemní přepravní procesy a rozdíly mezi nabízenými službami. Větší pozornost je věnována speciálně dokládkové službě, která je hlavním tématem této práce. Nejsou opomenuty typy nákladních automobilů, jejich nosnost a rozměry. S těmito kapitolami je spojený koncept a idea, jak se dokládkové přepravy v současnosti ve firmě odbavují. Zdůrazněn je fakt, že firma disponuje ve velké míře hlavně s externími automobily, respektive najímá automobily od externí dopravců. Tímto přístupem vlastně potvrzuje roli speditéra na trhu, tedy prostředník mezi zákazníkem a dopravcem.

Autor popisuje celou analýzu procesu, hodnotí přístupy odborníků a spojuje jednotlivá tvrzení s modelovou situací. Detailně popisuje modelovou situaci a zvýrazňuje hlavní možná úskalí. Při tvorbě výpočtů autor postupně přicházel na různé přístupy a varianty řešení, a proto prezentuje v práci pět různých řešení, mezi kterými vybral tři s nejvyšším hodnocením na základě přidělených bodů a vah. Z těchto tří vybraných řešení eventuálně vybírá tu variantu s nejlepším výsledkem.

Finální vygenerované kombinace přeprav představují osmi procentní úsporu celkových nákladů u dokládkových přeprav převážených z České republiky do Německa. Autor současně dotázal osm pracovníků speditérské společnosti, aby vyřešili dané zadání práce a následně všechna řešení zprůměroval. Tento průměr všech řešení představuje právě oněch osm procent, o které byla zasilatelská řešení horší než řešení nového algoritmu. Je nutno zdůraznit, že algoritmus nepočítá s několika proměnnými, které by případně výrazně mohly ovlivnit celkový výsledek. Těmito proměnnými jsou například časová okna nakládek a vykládek, speciální

rozměry zásilek, zohlednění typu nákladního přívěsu (plachta, skříň), způsob naložení na přívěs (LIFO, FIFO, a podobně), podmínky manipulace zásilky a jiné. Všechny zmíněné doplňující informace mohou ovlivnit vygenerovaný výsledek a zvýšit tak celkové náklady na přepravu všech zásilek. Na druhou stranu to nevylučuje zvýšení nákladů u zasilatelských řešení, a proto nelze tvrdit, zda by se rozdílové procento finančních nákladů zvýšilo nebo snížilo.

Součástí výsledku algoritmu není jen finanční úspora, ale také výrazné snížení ujetých kilometrů, a tím pádem menší produkce CO2 do atmosféry. Tento výsledek může mít také dopad na budoucí firemní úspěchy, jelikož jednou ze tří misí společnosti je snížení vyprodukovaných emisí. Tyto výsledky mohou také vést k větší atraktivitě na trhu, což opět směřuje k případným lepším ekonomických výsledků.

Nejlepším výsledkem ze všech testovaných řešení celkových nákladů přeprav dokládkových zásilek je úspora 11,1 %. To znamená, že společnost by mohla, implementací daného algoritmu do informačního systému potencionálně snížit celkové finanční náklady o zhruba oněch 11,1 procenta. Míněno samozřejmě jen v sektoru dokládkových přeprav, nelze prezentovat tuto redukci, jako globální úsporu celkových finančních nákladů. Na základě takovéhoto výsledku lze hodnotit přínos práce z hlediska praktického pohledu velice pozitivně. Teoretický přínos může navazovat na ten praktický, od kterého se lze dále posouvat a hledat nová možná řešení v přepravě dokládkových zásilek. Předpokládané dopady jsou zejména pozitivní, co se finanční stránky týče. Na druhou stranu, implementace změny do informačního systémů nemusí být jednoduchá a bez překážek. Další případnou bariérou v cestě implementace nového přístupu mohou být zaměstnanci společnosti, kteří mohou být razantně proti takové změně. To zejména z důvodu, že případný úspěch po zavedení navrženého řešení by mohl vést k propouštění pracovních sil. Řešení takovýchto překážek není cílem této diplomové práce, avšak bylo by nevhodné zmíněná úskalí opomenout.

Výpočty jednotlivých kroků jsou prezentovány pomocí Visual Basic kódů, které jsou přiloženy v příloze, na konci této práce. Sešit programu Microsoft Excel, kde jsou obsaženy všechny výsledky je možno najít pod odkazem, také v příloze této práce.

Seznam literatury

ACOL, Mylene a Roy BRANZUELA, 2016. CHINESE POSTMAN ALGORITHM IN WASTE COLLECTION VEHICLE ROUTING [online]. 1.10. [vid. 3. leden 2018]. Získáno z: https://www.academia.edu/30252836/CHINESE_POSTMAN_ALGORITHM_IN_WASTE_COLLECTION_VEHICLE_ROUTING

ALP, Osman, Nesim K. ERKIP a Refik GÜLLÜ, 2003. Optimal Lot-Sizing/Vehicle-Dispatching Policies Under Stochastic Lead Times and Stepwise Fixed Costs. *Operations Research* [online]. 1.2., roč. 51, č. 1, s. 160–166. ISSN 0030-364X. Získáno z: doi:10.1287/opre.51.1.160.12799

ANDRIES, David a David SIMCHI-LEVI, 2017. How Analytics is Changing High-Tech Supply Chains. *Longitudes* [online]. [vid. 8. duben 2018]. Získáno z: https://longitudes.ups.com/how-analytics-is-changing-tech-supply-chains/

ARCHETTI, C., G. GUASTAROBA a M. G. SPERANZA, 2012. Reoptimizing the rural postman problem. *Computers & Operations Research*. roč. 40, č. 5, s. 1306–1313. ISSN 0305-0548.

BAUDIN, Michel, 2005. *Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods*. B.m.: CRC Press. ISBN 978-1-56327-296-7.

BORWEIN, Jonathan M. a Matthew P. SKERRITT, 2011. *An Introduction to Modern Mathematical Computing: With MapleTM*. B.m.: Springer Science & Business Media. ISBN 978-1-4614-0122-3.

BURTON, Spencer, 2016. Auto-Populate Latitude and Longitude in Excel. *ADVENTURES IN CRE* [online]. [vid. 7. leden 2018]. Získáno z: https://www.adventuresincre.com/auto-populate-latitude-longitude-excel/

CARIC, Tonci a Hrvoje GOLD, 2008. *Vehicle Routing Problem*. ISBN 978-953-7619-09-1.

CASSIDY, Anita, 2016. *A Practical Guide to Information Systems Strategic Planning, Second Edition*. B.m.: CRC Press. ISBN 978-1-4200-3108-9.

COHEN, MORRIS A., YU-SHENG ZHENG a VIPUL AGRAWAL, 1997. Service parts logistics: a benchmark analysis. *IIE Transactions* [online]. 1.8., roč. 29, č. 8, s. 627–639. ISSN 0740-817X. Získáno z: doi:10.1080/07408179708966373

CRAIG, Anthony J., Edgar E. BLANCO a Yossi SHEFFI, 2013. Estimating the CO2 intensity of intermodal freight transportation. *Transportation Research Part D:*

Transport and Environment [online]. 1.7., roč. 22, s. 49–53. ISSN 1361-9209. Získáno z: doi:10.1016/j.trd.2013.02.016

ČURDOVÁ, 2014. ČR je v Evropě mezi osmi největšími trhy nákladních automobilů a autobusů. *eLogistika.info* [online]. [vid. 7. duben 2018]. Získáno z: https://www.elogistika.info/cr-je-v-evrope-mezi-osmi-nejvetsimi-trhy-nakladnich-automobilu-a-autobusu/

DAO, Rong Gui, Zhong Jiang YU, Bo Gang WU a Bing LUO, 2013. Logistics System Simulation Optimization Process. *Applied Mechanics and Materials* [online] [vid. 8. duben 2018]. Získáno z: https://www.scientific.net/AMM.365-366.963

DBSCHENKER.COM, 2017a. Land Transport Products | DB Schenker. *DB Schenker | Global Logistics Solutions & Supply Chain Management* [online] [vid. 13. říjen 2017]. Získáno z: https://www.dbschenker.com/global/products/land-transport

DBSCHENKER.COM, 2017b. The new structure of DB Schenker in Europe. *DB Schenker* [online] [vid. 15. duben 2018]. Získáno z: https://www.dbschenker.com/pl-en/the-new-structure-of-db-schenker-in-europe-421836

DBSCHENKER.CZ, 2016a. *Balíkové zásilky | DB Schenker - Přeprava a logistika* [online] [vid. 14. říjen 2017]. Získáno z: http://www.dbschenker.cz/log-cz-cz/produkty-sluzby/silnicni-preprava/hlavni-produkty/balikove-zasilky.html

DBSCHENKER.CZ, 2016b. *Celovozy a dokládky | DB Schenker - Přeprava a logistika* [online] [vid. 21. říjen 2017]. Získáno z: http://www.dbschenker.cz/log-cz-cz/produkty-sluzby/silnicni-preprava/hlavni-produkty/celovozy-dokladky.html

DBSCHENKER.CZ, 2017a. Přehled produktů | DB Schenker - Přeprava a logistika. *DB Schenker - Přeprava a logistika* [online] [vid. 14. říjen 2017]. Získáno z: http://www.dbschenker.cz/log-cz-cz/produkty-sluzby/silnicni-preprava/hlavni-produkty/prehled-produktu.html

DBSCHENKER.CZ, 2017b. *Sběrná služba | DB Schenker - Přeprava a logistika* [online] [vid. 15. říjen 2017]. Získáno z: http://www.dbschenker.cz/log-cz-cz/produkty-sluzby/silnicni-preprava/hlavni-produkty/sberna-sluzba.html

DEKKER, Rommert, Jacqueline BLOEMHOF a Ioannis MALLIDIS, 2012. Operations Research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research* [online]. 16.6., roč. 219, č. 3, Feature Clusters, s. 671–679. ISSN 0377-2217. Získáno z: doi:10.1016/j.ejor.2011.11.010

DEUTSCHEBAHN.COM, 2018. *Facts and figures 2017 | Deutsche Bahn AG* [online] [vid. 15. duben 2018]. Získáno z: https://www.deutschebahn.com/en/group/ataglance/facts_figures-1776344

DIX, John, 2014. How UPS uses analytics to drive down costs (and no, it doesn't call it big data). *Network World* [online] [vid. 7. duben 2018]. Získáno z: https://www.networkworld.com/article/2850874/big-data-business-intelligence/how-ups-uses-analytics-to-drive-down-costs-and-no-it-doesn-t-call-it-big-data.html

EXCEL FORUM, 2018. Excel Programming / VBA / Macros. *Excel Forum* [online] [vid. 16. březen 2018]. Získáno z: https://www.excelforum.com/excel-programming-vba-macros/

GOOGLE, INC., 2018. *Google Maps* [online] [vid. 5. leden 2018]. Získáno z: https://www.google.cz/maps/@47.5992028,7.6268164,15z

GRABARA, Janusz, Michal KOLCUN a Sebastian KOT, 2014. The role of information systems in transport logistics. *International Journal of Education and Research*. 1.3., roč. 2.

HIREGOUDAR, Chandrashekar, 2007. *Facility Planning And Layout Design*. B.m.: Technical Publications. ISBN 978-81-8431-291-1.

CHASE, Craig L., Charles L. PETERSON, Gary A. LOWE, Paul MANN, Jeffrey A. SMITH a Norman Y. KADO, 2000. *A 322,000 kilometer (200,000 mile) Over the Road Test with HySEE Biodiesel in a Heavy Duty Truck* [online]. SAE Technical Paper 2000-01–2647. Warrendale, PA: SAE Technical Paper [vid. 8. duben 2018]. Získáno z: https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2000-01-2647/

CHEN, Hsinchun, Roger H. L. CHIANG a Veda C. STOREY, 2012. Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact. *MIS Quarterly*. roč. 36, č. 4, s. 1165–1188. ISSN 0276-7783.

CHRISTOPHER, Martin, 2016. *Logistics & Supply Chain Management*. B.m.: Pearson UK. ISBN 978-1-292-08382-7.

IBM, 2011. *Movable Type Scripts* [online]. 2011. [vid. 5. leden 2018]. Získáno z: https://www.ibm.com/developerworks/community/files/basic/anonymous/api/library/4512e728-dd3a-406a-b837-e6748ef044cc/document/2161b320-8f70-4de8-8ff9-6f02d1d34272/media

INGOLE, Dr P. V., Mr MANGESH a K. NICHAT, 2013. *Landmark based shortest path detection by using Dijkestra Algorithm and Haversine Formula*. ISBN 2248-9622.

ITPRO/INFORMA, 2015. *Business Intelligence | Arithmetic overflow while calculating distance based on Latitude and Longitude* [online] [vid. 5. leden 2018]. Získáno z: http://www.itprotoday.com/business-intelligence?1708033-Arithmetic-overflow-while-calculating-distance-based-on-Latitude-and-longitude

JEFF WINTERS, 2011. Corporate Profile: Analytics At UPS. *Analytics Magazine* [online] [vid. 7. duben 2018]. Získáno z: http://analytics-magazine.org/corporate-profile-analytics-at-ups/

KAUR, Manpreet, 2017. Multiple travelling salesman problem [online]. [vid. 9. prosinec 2017]. Získáno z: https://www.academia.edu/15810223/Multiple_travelling_salesman_problem

KLIMEŠ, Tomáš, 2015. Digitální vlastnoruční podpis už není jen pro velké firmy. *SIGNATUS* [online] [vid. 6. duben 2018]. Získáno z: https://www.anasoft.com/signatus/cz/home/Novinky-blog/blog/Digitalni-vlastnorucni-podpis-uz-neni-jen-pro-velke

KOLÁŘ, Martin, 2018. Vozový park v ČR roste, ale stárne. *MotoFocus.cz* [online] [vid. 7. duben 2018]. Získáno z: https://motofocus.cz/statistiky-trhu-vozidel/34842,vozovy-park-v-cr-roste-ale-starne

MALANDRAKI, Chryssi a Mark S. DASKIN, 1993. The maximum benefit Chinese postman problem and the maximum benefit traveling salesman problem. *European Journal of Operational Research*. 2., roč. 65, č. 2, s. 218–234. ISSN 0377-2217.

MICROSOFT CORPORATION, 2016. *Geocode your Power Map data* [online] [vid. 7. leden 2018]. Získáno z: https://support.office.com/en-us/article/geocode-your-power-map-data-3857c274-1a44-4020-876a-398fecee70e7

MICROSOFT CORPORATION, 2018. [MS-VBAL]: InStr / InStrB. *Developer Network* [online] [vid. 7. duben 2018]. Získáno z: https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee156980.aspx

MURPHY, Paul R. a Richard F. POIST, 2003. Green perspectives and practices: a "comparative logistics" study. *Supply Chain Management: An International Journal* [online]. 1.5., roč. 8, č. 2, s. 122–131. ISSN 1359-8546. Získáno z: doi:10.1108/13598540310468724

PAUL, Anne, 2011. *Centrality in Strategic Transportation Network Design: An Application to Less-than-truckload Networks*. B.m.: Kölner Wissenschaftsverlag. ISBN 978-3-937404-96-7.

PETRÁK, Jakub, 2015. Analýza logistických procesů v dané firmě. *Lidé na VŠE* [online] [vid. 17. duben 2018]. Získáno z: https://insis.vse.cz/auth/lide/clovek.pl?id=99913;zalozka=7

RADOVÁ, Jarmila, Petr DVOŘÁK a Jiří MÁLEK, 2013. *Finanční matematika pro každého: 8. rozšířené vydání*. B.m.: Grada Publishing a.s. ISBN 978-80-247-8721-3.

RALPHS, T. K., 1993. On the mixed Chinese postman problem. *Operations Research Letters*. 8.6., roč. 14, s. 123–127. ISSN 0167-6377.

REDDY, SUDHAKARA, SREENADH a VARMA, 2016. An Alternate Travelling Salesman Problem. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology* [online]. [vid. 9. prosinec 2017]. ISSN 2277-9655. Získáno z: https://www.academia.edu/5717418/An_Alternate_Travelling_Salesman_Problem

ROBUSTO, C. C., 1957. The Cosine-Haversine Formula. *The American Mathematical Monthly* [online]. roč. 64, č. 1, s. 38–40. ISSN 0002-9890. Získáno z: doi:10.2307/2309088

RODRIGUE, Jean-Paul, Brian SLACK a Claude COMTOIS, 2008. Green Logistics. In: *Handbook of Logistics and Supply-Chain Management* [online]. B.m.: Emerald Group Publishing Limited, Handbooks in Transport, 2, s. 339–350. Získáno z: https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/9780080435930-021

RUSHTON, Alan, Phil CROUCHER a Peter BAKER, 2014. *The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain*. B.m.: Kogan Page Publishers. ISBN 978-0-7494-6628-2.

SAMARAS, Christos, 2014. *Geocoding Using VBA & Google API* [online]. [vid. 7. leden 2018]. Získáno z: http://www.myengineeringworld.net/2014/06/geocoding-using-vba-google-api.html

SAS SOFTWARE, 2013. *Analytics and Logistics Optimization at UPS* [online]. 2013. SAS SOFTWARE.

SAS SOFTWARE, 2015. *Saving Money, Time and Miles with Analytics - Jack Levis, UPS* [online]. 2015. SAS SOFTWARE.

SHAFRAN, Isaac, Anne STRAUSS-WIEDER a National Cooperative Highway Research PROGRAM, 2003. *Financing and Improving Land Access to U.S. Intermodal Cargo Hubs*. Illustrated. B.m.: Transportation Research Board. ISBN 978-0-309-08771-1.

SIEGEL, Eric, 2013. *Predictive Analytics: The Power to Predict Who Will Click, Buy, Lie, Or Die*. B.m.: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-118-35685-2.

SORIN, MAIER, 2017. *Transport & Logistic Glossary: Transport & Logistic Glossary*. B.m.: maier sorin. ISBN 978-973-0-07014-9.

SOUČEK, Eduard, 2006. *Statistika pro ekonomy*. B.m.: VSEM. ISBN 978-80-86730-06-6.

THOMOPOULOS, Nick T., 2015. *Elements of Manufacturing, Distribution and Logistics: Quantitative Methods for Planning and Control*. B.m.: Springer. ISBN 978-3-319-26862-0.

TRACHTOVÁ, Monika, 2018. *Grafická řešení pro logistická řešení*. březen 2018.

UBEDA, S., F. J. ARCELUS a J. FAULIN, 2011. Green logistics at Eroski: A case study. *International Journal of Production Economics* [online]. 1.5., roč. 131, č. 1, Innsbruck 2008, s. 44–51. ISSN 0925-5273. Získáno z: doi:10.1016/j.ijpe.2010.04.041

UHL, Axel a Lars Alexander GOLLENIA, 2016. *Digital Enterprise Transformation: A Business-Driven Approach to Leveraging Innovative IT*. B.m.: Routledge. ISBN 978-1-317-15085-5.

UPS, 2016. *Getting Better at Getting From A to B* [online]. 2016. UPS.

VAN RIJMENAM, Mark, 2016. Why UPS spends over $ 1 Billion on Big Data Annually. *Datafloq* [online] [vid. 8. duben 2018]. Získáno z: https://datafloq.com/read/ups-spends-1-billion-big-data-annually/273

VEBER, Jaromír, 2008. *Podnikání malé a střední firmy - 2., aktualizované a rozšířené vydání*. B.m.: Grada Publishing a.s. ISBN 978-80-247-2409-6.

VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, Josué C., Jan C. FRANSOO, Edgar E. BLANCO a Karla B. VALENZUELA-OCAÑA, 2016. A new statistical method of assigning vehicles to delivery areas for CO2 emissions reduction. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [online]. 1.3., roč. 43, s. 133–144. ISSN 1361-9209. Získáno z: doi:10.1016/j.trd.2015.12.009

WALKENBACH, John, 2011. *Excel 2007 Bible*. B.m.: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-118-05067-5.

WOHLSEN, MARCUS, 2013. The Astronomical Math Behind UPS' New Tool to Deliver Packages Faster. *WIRED* [online] [vid. 8. duben 2018]. Získáno z: https://www.wired.com/2013/06/ups-astronomical-math/

YANG, Qian, Xiande ZHAO, Hoi Yan Jeff YEUNG a Yanping LIU, 2016. Improving logistics outsourcing performance through transactional and relational mechanisms under transaction uncertainties: Evidence from China. *International*

Journal of Production Economics [online]. 1.5., roč. 175, s. 12–23. ISSN 0925-5273. Získáno z: doi:10.1016/j.ijpe.2016.01.022

ZAX, David, 2013. Brown Down: UPS Drivers Vs. The UPS Algorithm. *Fast Company* [online] [vid. 8. duben 2018]. Získáno z: https://www.fastcompany.com/3004319/brown-down-ups-drivers-vs-ups-algorithm

Přílohy

Všechny VBA kódy a vytvořený algoritmus lze otevřít v Sešitu programu Microsoft Excel, který se nachází na následující webové adrese: https://goo.gl/wYE7sL. Heslo pro otevření souboru je: *PetraJaAlgoritmus123*

Visual Basic kódy jsou také zachyceny na několika obrázcích na následujících stranách této diplomové práce. Stejně jako tabulky, které zobrazují vzdálenosti mezi jednotlivými městy v České republice a Německu.

Obrázek 17 - VBA code - generování kombinací, zásilky po třech

```
Sub generovani_kombinaci_zasilky_po_trech()
  Dim a, b, i As Long, j As Long, v, z As New Collection
  With Sheets("List1")
    With .Range("B3:F" & .Cells(.Rows.Count, "B").End(xlUp).Row)
      a = .Value
      ReDim b(1 To UBound(a, 1), 1 To 1)
      For i = 1 To UBound(a, 1)
          For j = 2 To 4
              On Error Resume Next
                 z.Add key:=a(i, j), Item:=Empty
              On Error GoTo 0
          Next j
      Next i
      For i = 1 To UBound(a, 1)
          On Error Resume Next
             For j = 2 To 4
                 v = z(a(i, j))
             Next j
             If Err.Number = 0 Then
                b(i, 1) = a(i, 5)
                For j = 2 To 4
                    z.Remove a(i, j)
                Next j
             End If
          On Error GoTo 0
      Next i
       With .Offset(, 7).Resize(, 1)
        .Value = b
        .Offset(-1).Cells(1, 1).Value = Application.Sum(b)
      End With
    End With
  End With
End Sub
```

Zdroj: autor a přiložená literatura (Microsoft Corporation, 2018; Excel Forum, 2018).

Obrázek 18 - VBA code - generování kombinací přeprav z celkem 469 trojkombinací

```
38: Sub generovani_kombinaci_preprav_z_celkem469()
39:   Debug.Print vbCrLf & "Start at : " & Format$(Now, "HH:MM:SS")
40:
41:   Dim cell As Range, a, b, f As Boolean, i As Long, u As Long, z As New Collection
42:   With Sheets("List1")
43:     a = .Range("B3:F" & .Cells(.Rows.Count, "B").End(xlUp).Row).Value
44:     Set cell = .Range("J3")
45:   End With
46:   u = UBound(a, 1)
47:   For i = 1 To u
48:       z.Add Array(i, a(i, 1), "-" & a(i, 2) & "-" & a(i, 3) & "-" & a(i, 4) & "-",
    a(i, 5))
49:   Next i
50:   While z.Count
51:     b = z(1)
52:     z.Remove 1
53:     f = False
54:     For i = b(0) + 1 To u
55:         If (InStrB(1, b(2), "-" & a(i, 2) & "-", vbBinaryCompare) + InStrB(1, b(2),
    "-" & a(i, 3) & "-", vbBinaryCompare) + InStrB(1, b(2), "-" & a(i, 4) & "-",
    vbBinaryCompare)) = 0 Then
56:             z.Add Array(i, b(1) & "-" & a(i, 1), b(2) & (a(i, 2) & "-" & a(i, 3) & '
    " & a(i, 4) & "-"), b(3) + a(i, 5))
57:             f = True
58:         End If
59:     Next i
60:     If f = False Then
61:        cell.Resize(, 3).Value = Array(b(1), Mid$(b(2), 2, Len(b(2)) - 2), b(3))
62:        Set cell = cell.Offset(1)
63:     End If
64:   Wend
65:
66:   Debug.Print "Stop at  : " & Format$(Now, "HH:MM:SS")
67: End Sub
```

Zdroj: autor a přiložená literatura (Microsoft Corporation, 2018; Excel Forum, 2018).

Obrázek 19 - VBA code - generování kombinací, zásilky po dvou

```
 72: Sub generovani_kombinaci_zasilky_po_dvou()
 73:   Debug.Print vbCrLf & "Start at : " & Format$(Now, "HH:MM:SS")
 74:
 75:   Dim cell As Range, a, b, f As Boolean, i As Long, u As Long, z As New Collection,
    y As New Collection
 76:   With Sheets("List1")
 77:     a = .Range("B3:E" & .Cells(.Rows.Count, "B").End(xlUp).Row).Value
 78:     Set cell = .Range("J3")
 79:   End With
 80:   u = UBound(a, 1)
 81:   For i = 1 To u
 82:       z.Add Array(i, a(i, 1), "-" & a(i, 2) & "-" & a(i, 3) & "-", a(i, 4))
 83:   Next i
 84:   While z.Count
 85:     b = z(1)
 86:     z.Remove 1
 87:     f = False
 88:     For i = b(0) + 1 To u
 89:         If (InStrB(1, b(2), "-" & a(i, 2) & "-", vbBinaryCompare) + InStrB(1, b(2),
    "-" & a(i, 3) & "-", vbBinaryCompare)) = 0 Then
 90:             z.Add Array(i, b(1) & "-" & a(i, 1), b(2) & (a(i, 2) & "-" & a(i, 3) & '
    "), b(3) + a(i, 4))
 91:             f = True
 92:         End If
 93:     Next i
 94:     If f = False Then
 95:        cell.Resize(, 3).Value = Array(b(1), Mid$(b(2), 2, Len(b(2)) - 2), b(3))
 96:        Set cell = cell.Offset(1)
 97:     End If
 98:   Wend
 99:
100:   Debug.Print "Stop at  : " & Format$(Now, "HH:MM:SS")
101: End Sub
```

Zdroj: autor a přiložená literatura (Microsoft Corporation, 2018; Excel Forum, 2018).

Obrázek 20 - VBA code - generování kombinací přeprav z celkem 91 dvojkombinací

```
105: Sub generovani_kombinaci_preprav_z_celkem91()
106:   Debug.Print vbCrLf & "Start at : " & Format$(Now, "HH:MM:SS")
107:   Dim cell As Range, a, b, f As Boolean, i As Long, u As Long, z As New Collection,
     y As New Collection
108:   With Sheets("List1")
109:     a = .Range("B3:E" & .Cells(.Rows.Count, "B").End(xlUp).Row).Value
110:     Set cell = .Range("J3")
111:   End With
112:   u = UBound(a, 1)
113:   For i = 1 To u
114:       z.Add Array(i, a(i, 1), "-" & a(i, 2) & "-" & a(i, 3) & "-", a(i, 4))
115:   Next i
116:   While z.Count
117:     b = z(1)
118:     z.Remove 1
119:     f = False
120:     For i = b(0) + 1 To u
121:         If (InStrB(1, b(2), "-" & a(i, 2) & "-", vbBinaryCompare) + InStrB(1, b(2),
     "-" & a(i, 3) & "-", vbBinaryCompare)) = 0 Then
122:             z.Add Array(i, b(1) & "-" & a(i, 1), b(2) & (a(i, 2) & "-" & a(i, 3) & '
     "), b(3) + a(i, 4))
123:             f = True
124:         End If
125:     Next i
126:     If f = False Then
127:         If b(3) > 35000 Then
128:             cell.Resize(, 3).Value = Array(b(1), Mid$(b(2), 2, Len(b(2)) - 2), b(3)
129:             Set cell = cell.Offset(1)
130:         End If
131:     End If
132:   Wend
133:   Debug.Print "Stop at  : " & Format$(Now, "HH:MM:SS")
134: End Sub
```

Zdroj: autor a přiložená literatura (Microsoft Corporation, 2018; Excel Forum, 2018).

Obrázek 21 - VBA code - vygenerované kombinace přeprav a jejich kombinace

```
138: Sub vygenerovane_kombinace_a_vygenerovane_prepravy()
139:   Debug.Print vbCrLf & "Start at : " & Format$(Now, "HH:MM:SS")
140:
141:   Dim cell As Range, a, b, c, f As Boolean, i As Long, u As Long, z As New Collecti
142:   With Sheets("List1")
143:     Set cell = .Range("O3")
144:     a = .Range("B3:D" & .Cells(.Rows.Count, "B").End(xlUp).Row).Value
145:     For i = 1 To UBound(a, 1)
146:         z.Add Array(0, a(i, 1), "-" & a(i, 2) & "-", a(i, 3))
147:     Next i
148:     a = .Range("H3:K" & .Cells(.Rows.Count, "H").End(xlUp).Row).Value
149:     u = UBound(a, 1)
150:   End With
151:   While z.Count
152:     b = z(1)
153:     z.Remove 1
154:     f = False
155:     For i = b(0) + 1 To u
156:         If (InStrB(1, b(2), "-" & a(i, 2) & "-", vbBinaryCompare) + InStrB(1, b(2),
     "-" & a(i, 3) & "-", vbBinaryCompare) + InStrB(1, b(2), "-" & a(i, 4) & "-",
     vbBinaryCompare)) = 0 Then
157:             z.Add Array(i, b(1) & "-" & a(i, 1), b(2) & (a(i, 2) & "-" & a(i, 3) & '
     "), b(3) + a(i, 4))
158:             f = True
159:         End If
160:     Next i
161:     If f = False Then
162:        cell.Resize(, 3).Value = Array(b(1), Mid$(b(2), 2, Len(b(2)) - 2), b(3))
163:        Set cell = cell.Offset(1)
164:     End If
165:   Wend
166:
167:   Debug.Print "Stop at  : " & Format$(Now, "HH:MM:SS")
168: End Sub
```

Zdroj: autor a přiložená literatura (Microsoft Corporation, 2018; Excel Forum, 2018).

Tabulka 28 - Vzdálenosti mezi městy v České Republice s omezením jízdy na východ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
A	—	—	155	—	171	—	255	—	—	121	49	—	—	—	—	—	205	124	224	—
B	77	—	177	109	244	—	331	110	34	163	123	61	—	—	—	—	272	189	300	—
C	—	—	—	—	181	—	289	—	—	52	141	—	—	—	—	—	170	250	252	—
D	81	—	236	—	214	—	272	—	—	199	111	—	—	—	—	—	260	99	249	—
E	—	—	—	—	—	—	108	—	—	—	—	—	—	—	—	—	55	—	72	—
F	208	167	149	272	316	—	422	125	199	185	230	156	81	—	—	—	315	331	386	—
G	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H	103	—	68	181	194	—	299	—	—	71	109	—	—	—	—	—	202	217	263	—
I	83	—	206	86	253	—	332	140	—	187	131	87	—	—	—	—	286	176	304	—
J	—	—	—	—	134	—	242	—	—	—	96	—	—	—	—	—	133	201	205	—
K	—	—	—	—	122	—	210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	157	110	178	—
L	53	—	121	126	194	—	290	57	—	103	81	—	—	—	—	—	216	176	257	—
M	128	97	110	195	249	—	352	56	130	126	152	76	—	—	—	—	257	251	317	—
N	337	262	356	356	493	217	589	307	272	377	380	301	252	—	75	171	508	448	557	140
O	274	202	281	303	423	144	522	234	218	304	313	233	179	—	—	99	435	390	488	99
P	232	177	194	286	355	47	460	162	205	226	260	182	110	—	—	—	358	355	425	—
Q	—	—	—	—	—	—	135	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	102	—
R	—	—	—	—	152	—	180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	205	—	164	—
S	—	—	—	—	—	—	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
T	204	128	265	215	370	170	459	203	133	271	250	178	156	—	—	144	393	309	428	—

Zdroj: (Google, Inc., 2018; ITPro/Informa, 2015).

Poznámka: všechny údaje jsou uvedeny v kilometrech.

Tabulka 29 - Vzdálenosti mezi městy v České Republice

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
A	–	76	154	81	170	208	254	102	82	120	49	53	128	337	273	231	204	124	224	204
B	76	–	176	108	244	167	331	109	33	163	123	61	97	262	201	177	272	188	300	128
C	154	176	–	235	181	148	288	67	205	51	141	120	110	355	281	194	169	249	252	264
D	81	108	235	–	214	271	271	180	86	199	110	125	194	355	303	285	259	98	249	215
E	170	244	181	214	–	316	108	194	252	133	122	193	248	493	423	355	55	151	71	369
F	208	167	148	271	316	–	422	124	198	184	229	156	80	217	143	47	315	331	386	169
G	254	331	288	271	108	422	–	298	332	241	210	289	351	589	521	460	135	180	37	458
H	102	109	67	180	194	124	298	–	139	70	109	57	56	307	234	161	201	216	263	202
I	82	33	205	86	252	198	332	139	–	186	131	86	130	271	217	205	286	176	303	132
J	120	163	51	199	133	184	241	70	186	–	95	102	125	377	303	226	132	201	205	270
K	49	123	141	110	122	229	210	109	131	95	–	81	151	379	312	260	157	110	178	250
L	53	61	120	125	193	156	289	57	86	102	81	–	75	300	232	181	216	175	256	177
M	128	97	110	194	248	80	351	56	130	125	151	75	–	251	178	109	257	251	316	155
N	337	262	355	355	493	217	589	307	271	377	379	300	251	–	75	171	507	447	556	140
O	273	201	281	303	423	143	521	234	217	303	312	232	178	75	–	99	435	389	488	99
P	231	177	194	285	355	47	460	161	205	226	260	181	109	171	99	–	358	355	424	144
Q	204	272	169	259	55	315	135	201	286	132	157	216	257	507	435	358	–	205	102	393
R	124	188	249	98	151	331	180	216	176	201	110	175	251	447	389	355	205	–	163	308
S	224	300	252	249	71	386	37	263	303	205	178	256	316	556	488	424	102	163	–	428
T	204	128	264	215	369	169	458	202	132	270	250	177	155	140	99	144	393	308	428	–

Zdroj: (Google, Inc., 2018; ITPro/Informa, 2015).

Poznámka: všechny údaje jsou uvedeny v kilometrech.

Tabulka 30 - Vzdálenosti mezi městy v České Republice a Německem

		Německo																			
		A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**	**N**	**O**	**P**	**Q**	**R**	**S**	**T**
Česká republika	**A**	443	603	816	780	641	768	731	648	698	536	578	674	518	381	611	313	178	242	397	751
	B	504	677	886	856	717	843	803	717	756	608	641	724	543	416	687	376	236	270	471	826
	C	356	568	760	771	656	809	792	726	803	604	677	796	667	526	629	421	307	393	382	787
	D	501	635	854	795	647	758	710	618	650	516	537	616	442	310	616	274	133	166	426	743
	E	289	433	646	616	486	631	611	547	633	423	505	639	557	411	458	265	194	311	228	611
	F	497	716	905	919	800	947	921	847	905	729	784	882	710	581	772	519	386	436	529	926
	G	293	366	588	527	387	525	503	442	538	317	409	556	517	375	357	198	193	311	159	505
	H	412	610	810	805	680	823	797	723	786	605	663	770	620	483	651	401	274	344	414	803
	I	522	685	898	858	716	835	791	702	736	597	622	700	512	387	685	359	218	241	478	819
	J	345	540	740	737	616	765	744	676	752	555	626	745	621	479	588	370	259	350	346	743
	K	397	555	767	733	597	729	696	618	678	502	555	662	526	385	567	292	168	255	349	711
	L	444	624	831	809	676	810	776	697	750	582	629	727	567	432	646	364	230	291	421	791
	M	464	666	864	860	734	875	846	769	825	653	704	802	636	504	706	439	306	360	470	856
	N	710	917	1115	1108	976	1104	1063	973	999	868	890	951	726	625	946	629	488	484	719	1087
	O	635	844	1040	1037	908	1041	1003	918	952	809	840	912	702	591	878	575	435	446	647	1023
	P	544	762	952	962	841	984	955	877	929	762	810	900	716	592	812	544	408	446	572	964
	Q	242	410	615	605	487	642	631	575	671	449	543	683	611	465	460	313	249	365	214	620
	R	438	546	768	699	549	661	616	528	574	421	455	554	423	279	518	190	59	162	338	645
	S	287	387	606	556	420	561	540	477	570	353	441	583	529	385	391	217	187	308	178	540
	T	615	801	1007	983	845	968	924	833	860	729	750	815	603	493	815	488	348	349	597	951

Zdroj: (Google, Inc., 2018; ITPro/Informa, 2015).

Poznámka: všechny údaje jsou uvedeny v kilometrech.

Tabulka 31 - Vzdálenosti mezi městy v Německu

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
A	–	259	412	482	430	613	644	630	769	508	645	815	810	668	413	488	472	593	196	585
B	259	–	224	224	211	392	452	480	643	385	540	722	808	688	210	499	554	666	209	362
C	412	224	–	243	360	493	584	645	815	576	729	908	1024	908	375	721	777	890	429	466
D	482	224	243	–	169	253	350	429	597	391	530	700	861	767	197	596	690	786	390	227
E	430	211	360	169	–	185	241	286	455	226	372	549	693	599	31	431	533	623	280	156
F	613	392	493	253	185	–	109	216	367	251	337	481	693	633	200	504	631	696	450	30
G	644	452	584	350	241	109	–	116	258	195	239	373	596	549	243	443	579	628	462	126
H	630	480	645	429	286	216	116	–	169	128	123	272	480	436	275	346	486	523	437	224
I	769	643	815	597	455	367	258	169	–	265	129	120	387	396	443	386	522	519	573	382
J	508	385	576	391	226	251	195	128	265	–	155	337	470	389	204	253	385	445	313	244
K	645	540	729	530	372	337	239	123	129	155	–	182	357	319	354	266	405	421	449	342
L	815	722	908	700	549	481	373	272	120	337	182	–	285	328	533	376	496	467	621	494
M	810	808	1024	861	693	693	596	480	387	470	357	285	–	146	668	324	367	276	643	696
N	668	688	908	767	599	633	549	436	396	389	319	328	146	–	571	191	223	146	510	630
O	413	210	375	197	31	200	243	275	443	204	354	533	668	571	–	401	503	593	256	173
P	488	499	721	596	431	504	443	346	386	253	266	376	324	191	401	–	141	194	320	494
Q	472	554	777	690	533	631	579	486	522	385	405	496	367	223	503	141	–	121	350	618
R	593	666	890	786	623	696	628	523	519	445	421	467	276	146	593	194	121	–	466	687
S	196	209	429	390	280	450	462	437	573	313	449	621	643	510	256	320	350	466	–	425
T	585	362	466	227	156	30	126	224	382	244	342	494	696	630	173	494	618	687	425	–

Zdroj: (Google, Inc., 2018; ITPro/Informa, 2015).

Poznámka: všechny údaje jsou uvedeny v kilometrech.