Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství

Bakalářská práce

Využití dvoustupňové dopravní úlohy v logistickém řešení dodávek zákazníkům

Jakub Fuis

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Fuis

Provoz a ekonomika

Název práce

Využití dvoustupňové dopravní úloh v logistickém řešení dodávek zákazníkům

Název anglicky

Usage of dual stage transporting in logistic solution of supplies of customers

---

Cíle práce

Cílem práce je sestavení modelu rozvozu střešní krytiny zákazníkům s využitím znalostí distribučních úloh. Vypočítaný model bude porovnán se současným stavem rozvozu, aby bylo zjištěno, zda práce nabídne efektivní řešení.

Metodika

1. Nastudovat odbornou literaturu
2. Sestavit literární rešerši
3. Zjistit polohy skladů a meziskladů firmy Onduroof
4. Zanalyzovat současný stav dodávek
5. Sestavit vhodný model rozvozu na základě získaných informací
6. Srovnat navrhované řešení se současným řešením

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

Distribuční úloha, dvoustupňová dopravní úloha, rozvoz střešní krytiny, logistika, dopravní úloha

---

Doporučené zdroje informací

GROS, I. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2003, 432 s. ISBN 80-247-0421-8.

KOSKOVÁ, I. Distribuční úlohy I. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta ve vydavatelství Credit, 2004, 48 s. ISBN 978-80-213-1156-5.

SIXTA, J. Logistika: teorie a praxe. Vyd. 1. Brno: CP Books, 2005, 315 s. ISBN 80-251-0573-3.

STEHLÍK, A. Logistika pro manažery. 1. vyd. Praha: Ekopress, 2008, 266 s. ISBN 978-80-86929-37-8.

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

Předběžný termín obhajoby

2017/18 ZS – PEF (únor 2018)

Vedoucí práce

Ing. Jiří Fejfar, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 18. 11. 2015

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 11. 2015

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 15. 03. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využití dvoustupňové dopravní úlohy v logistickém řešení dodávek zákazníkům" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.3.2019 ______________________________

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jiřímu Fejfarovi, Ph.D. za cenné rady a zkušenosti, které mi během tvorby práce věnoval a Mgr. Blance Macháčkové za její čas a pomoc při studiu firmy Onduroof, s.r.o, bez kterých by tato práce nevznikla.

Využití dvoustupňové dopravní úlohy v logistickém řešení dodávek zákazníkům

Souhrn

Předmětem této práce je praktické užití dvoustupňové dopravní úlohy při přepravě zboží firmy Onduroof, s.r.o. Cílem je vhodná aplikace modelu na danou situaci včetně výpočtu a porovnání se skutečným převozem.

V literární rešerši jsou vysvětleny všechny související pojmy, které souvisí s distribučními úlohami a metodami jejich řešení včetně jejich optimalizace.

V praktické části je popsána situace firmy Onduroof, s.r.o. včetně rozboru přepravovaného materiálu. Následně je použit vhodný model pro výpočet nákladů na přepravu, který je porovnán se skutečnou přepravou.

Klíčová slova: distribuční úloha, dvoustupňová dopravní úloha, rozvoz střešní krytiny, logistika, dopravní úloha

Usage of dual stage transporting in logistic solution of supplies of customers

Abstract

The object of this work is the practical application of the two-stage transport role in transporting goods companies Onduroof, Ltd. The aim is an appropriate application of the model to the situation, including the calculation and comparison with the current situation.

The literature review explains all the term related to the distribution tasks, methods of their solution and their optimization.

The case study describes the situation of the company Onduroof ltd as well as the analysis of the transported materials. Subsequently a suitable model is used to calculate costs, which are compared to the costs of currently used model.

Keywords: transportation problem, two-stage transportation problem, roofing distribution, logistics

Obsah

1 Seznam použitých obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Seznam tabulek

2 Úvod

Zadané téma bylo vybráno, protože autora vždy bavilo řešit logické úlohy, otázky logistiky a když se seznámil s distributivními úlohami, velmi ho lákalo využít tyto úlohy do nějakého praktického příkladu. Vybraná byla dvoustupňová dopravní úloha, která se dá velmi dobře využít při modelování rozvážkové situace firmy Onduroof, s.r.o.

V teoretické části jsou popsány všechny typy distribučních úloh a jejich výchozí řešení. Jsou zde popsány i rozdíly mezi jednotlivými metodami. Následně je popsaná situace firmy Onduroof, s.r.o. a sestaven vhodný model pro přepravu. Tento model je vypočítán a porovnán se skutečnou přepravou, aby mohlo dojít k závěru, zda se jednalo o efektivní metodu a bylo toto řešení přínosné nebo ne.

3 Cíl práce a metodika

3.1 Cíl práce

Cílem práce je sestavení modelu rozvozu střešní krytiny zákazníkům s využitím znalostí distribučních úloh. Vypočítaný model je porovnán se současným stavem rozvozu, aby bylo zjištěno, zda práce nabídne efektivní řešení.

3.2 Metodika

Celá práce je rozdělena na dvě velké části. V první z nich se autor seznamuje se všemi teoretickými záležitostmi týkající se řešení distribučních úloh. Je zde také popsán rozdíl mezi jednostupňovou a dvoustupňovou dopravní úlohou; v jednostupňové úloze jsou vysvětleny metody výpočtů výchozího řešení a zároveň výpočet optimalizace pomocí metody Dantzigových obvodů. Nezbytnou součástí je výpočet dimenzování meziskladů.

Ve druhé části, která se věnovala praktické části, je výpočet dvoustupňové dopravní úlohy použit na konkrétní situaci při přepravě. Po výchozím řešení zpracované indexovou metodou byla provedena optimalizace pomocí metody MODI a výsledné řešení bylo porovnáno se skutečnou přepravou, aby bylo zjištěno, zda aplikace tohoto modelu by byla v reálném případě efektivní.

4 Teoretická východiska

4.1 Logistika

4.1.1 Vývoj logistiky

Na logistiku se v dnešní době dá dívat z několika úhlů pohledu. Buď jako nauka, která řeší přímé toky zboží, materiálu atd. mezi jednotlivými dodavateli a odběrateli, nebo jako soubor činností, které zajišťují, aby určité zboží bylo ve správném množství a ve správný čas na správném místě. Logistika může být také vnitropodniková, kdy slouží k minimalizaci nákladů v dané firmě (Stehlík, a další, 2008).

Logistika se začínala uplatňovat již ve starověkém Řecku a Římě, kde bylo potřeba kvalitně a přesně zásobovat armády v bitvách. Ve válkách se postupem času ukázalo, že je logistika potřeba ještě mnohem více než dříve. Během padesátých let se logistika přesunula i do oblasti obchodu (Schulte, 1994).

V praxi se logistika používala nejdříve v podnikovém řízení, kdy se jím zdokonalovalo plánování samotného řízení – prvotně v distribuci, kde společně s marketingem zprostředkovávala samotný kontakt se zákazníkem (např. od výrobce k velkoobchodu/maloobchodu). Pevně vymezené hranice podnikových útvarů se však brzy staly překážkou, jelikož samotná logistika pomalu plynula k průnikové činnosti překrývající základní podnikové funkce – zásobování, distribuce, výroba atd.

Logistika se tak stala jednou z podnikových funkcí. Obdobně jako financování či personalistika spadala do funkce zabezpečovací. U velkých firem se dokonce logistika oddělila a stávala se samostatným podnikovým útvarem. Aktuálně vítězí trend, že potenciál může být ve firmě úspěšný jen tehdy, pokud spolupracuje s marketingem a ostatními složkami podniku (Kubíčková, 2006).

4.1.2 Definice logistiky

Pojem logistika v literatuře není jednoznačně určen. Definice se velmi subjektivně liší dle autora, autorově činnosti, místem či časem definování. První definice vznikla v USA v roce 1964:

- *„ ... logistika je proces plánování, realizace a kontroly účinného nákladově úspěšného toku a skladování surovin, zásob ve výrobě, hotových výrobků a příslušných informací z místa vzniku do místa spotřeby. Tyto činnosti mohou, ale* *nemusí, zahrnout služby zákazníkům, předvídání poptváky, distribuci informací, kontrolu zásob, manipulaci s materiálem, balení, manipulaci s vráceným zbožím, dopravu, přepravu, skladování a prodej.“* (Pernica, 2005).

Definic logistiky se během let objevila celá řada od mnoha autorů. Obecně si však můžeme logistiku představit jako disciplínu, která se zabývá komplexní optimalizací, koordinací a synchronizací všech aktivit v podniku, jejichž kombinace je nezbytná k efektivnímu a hospodárému dosažení daného konečného efektu (Pernica, 2005).

Několik definic logistiky:

- *„ … souhrn všech technických a organizačních činností, pomocí nichž se plánují operace související se materiálovým tokem. Zahrnuje nejen tok materiálu, ale i tok informací mezi všemi objekty a časově překlenuje nejůrznější procesy v průmyslu i obchodě.“* (Kirsch, 1971).
- *„ …soubor všech činností, sloužících k poskytování potřebného množství prostředků s nejmenšími náklady tam a tehdy, kde a kdy je po nich poptávka. Zabývá se všemi operacemi určujícími pohyb zboží (alokace výroby a skladů, zásob, řízení pohybu zboží ve výrobě, balení, skladování, dodávání odběratelům..“*(International Institute for Applied Systém Analysis, 1986)
- *„ systém tvorby, řízení, regulace a vlastního průběhu materiálového toku, energie, informací a přemístťování osob“* (Ihde, 1972).

4.1.3 Aktuální stav logistiky

V dnešní době je potřeba vhodně kombinovat operace v podniku, které vznikají při potřebě zákazníka po určitém zboží a končí dodání tohoto zboží zákazníkovi – jako např. manipulace se zbožím, překládka, skladování zboží, přeprava atd. Operace jsou spojeny do logistických řetězců, kde nejdůležitější je uspokojení potřeby zákazníka s co největší hospodárností a pružností.

Rozšiřování výroby a obchodu si v logistice vyžádala rozvoj mnoha nových strategií, které vedou zejména k snižování nákladů a ke zvyšování konkurenceschopnosti dané firmy.

4.1.4 Cíle logistiky

Cíle logistiky v podniku se dají rozdělit podle oblasti působení (vnější, vnitřní) a podle výsledků (výkonné, ekonomické) (Sixta, a další, 2005).

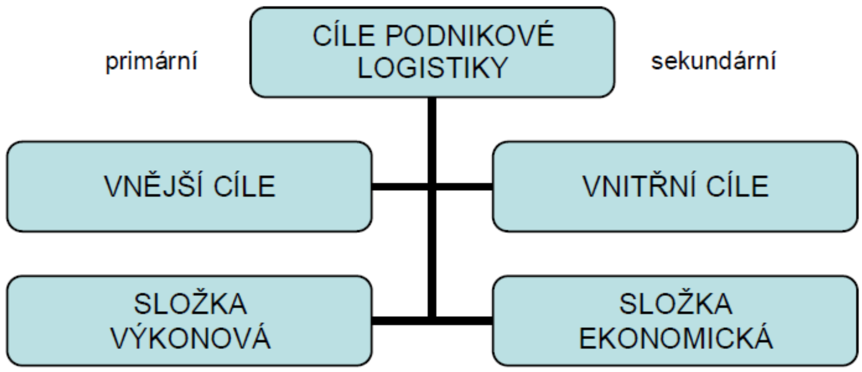
vnější cíle – zvyšování objemu prodeje, zlepšování spolehlivosti dodávek, zkracování doby dodání

vnitřní cíle – snižování nákladů

výkonné cíle – udržování úrovně služeb tak, aby množství zboží bylo ve správném množství a správný čas na správném místě

ekonomické cíle – udržování přiměřených nákladů, těchto služeb, které jsou co nejnižší.

Obrázek 1 – cíle podnikové logistiky



zdroj: (Sixta, a další, 2005)

4.1.5 Logistický řetězec

Logistický řetězec je jeden z nejdůležitějších pojmů logistiky. Jde o spojení trhu spotřeby s trhy zboží, surovin, dílů nebo materiálů. Chování a struktura řetězce vychází z požadavků konkrétních zákazníků – co nejlépe a hospodárně uspokojit jejich potřebu. Celý řetězec je složen z pasivních a aktivních prvků. Pasivní prvky jsou „objekty transformace“ a jsou to např. přeměny objednávek zboží na jejich dodávky. Aktivní prvky jsou ty prvky, které realizují tuto transformaci – manipulační prostředky, prostředky pro přepravu atd.

Konkurenceschopnost log. řetězce závisí na každém jeho článku a zejména jeho výkonnosti. Pokud chceme silný a dlouhodobě udržitelný řetězec, je nezbytné vybudovat silné a kvalitní vztahy mezi firmou, dodavateli a zákazníky (Sixta, a další, 2005).

Pokud vezmeme v úvahu logistický řetězec, který znázorňuje logistiku od nakládky surovin až po dopravu koncovému zákazníkovi, tato bakalářská práce se zabývá zejména manipulací po výrobě – přeprava do distribučního centra, příjem a uskladnění zboží, výdej a následující přeprava. Předchozí část logistického řetězce (doprava, manipulace před výrobou a výroba) řešil u firmy Onduroof, s.r.o. americký dodavatel a část, která se zabývá maloobchodem – např. příjem zboží a prodej zboží v prodejně, je také pro tento případ nevhodný (Pernica, 2005).

4.1.6 **Logistické řízení**

Logistické řízení obsahuje plánování, organizování, rozhodování, koordinování, provádění a kontrolu procesů v logistickém řetězci. Mezi hlavní operace patří nákup, výroba a distribuce, následuje balení, skladování, doprava.

Cílem logistického řízení je dosáhnout kontinuálního toku materiálu mezi dodavatelem a zákazníkem. Na tuto plynulost působí mnoho vlivů. Nejrozšířenějším řešením poruch plynulosti jsou zásoby. Efektivní řízení podniku řídí řetězce tak, aby doba od přijetí objednávky a dodání zboží zákazníkovi byla co nejkratší, nicméně náklady aby byly co nejmenší (Kubíčková, 2006).

V logistice je taktéž důležité zabývat se likvidací, recyklováním a opětovným použitím zboží, neboť se v poslední době ve zvýšené míře přiřazuje zodpovědnost za odstraňování obalového materiálu, nebo odvoz zastaralých zařízení (Sixta, a další, 2005).

4.1.7 **Logistické služby a náklady**

Další důležité pojmy jsou logistické služby a náklady. Mezi logistické služby patří např. kvalita, spolehlivost, lhůta a flexibilita dodání. Logistické náklady jsou buď náklady, které jsou spojeny s chodem logistického řetězce, nebo které jsou vydávány na logistické výkony – např. náklady na udržování zásob, náklady na přepravu atd. Pokud minimalizujeme součet všech těchto nákladů, tak jsme dosáhli logistiky s nejmenšími celkovými náklady (Sixta, a další, 2005).

4.1.8 **Doprava a přeprava**

Doprava se dá definovat jako proces charakterizovaný pohybem dopravních prostředků. Jinak řešeno, dopravou si můžeme představit výrobu dopravního produktu – např. převážení určité komodity. Přeprava je naopak výsledek přemístění – tj. vlastní změna v prostoru, neboli přemístění, kdy samotný proces přemisťování není hlavním cílem přemisťování, ale je to nezbytná část při provozování jiné činnosti (např. dodávání zboží zákazníkům) (David, a další, 2010).

Z těchto dvou definic lze poznat rozdíl mezi dopravou a přepravou, obdobně jako mezi přepravcem a dopravcem. Dopravce má jako podnikatelskou činnost dopravu pro cizí potřebu. Přepravce je název pro odesílatele a příjemce zboží.

„Vývoj dopravy je závislý na rozvoji společnosti, výrobních vztahů a technického pokroku. Nejstaršími druhy dopravy byla vodní a silniční doprava, které ke svému provozování nepotřebovaly mechanickou energii."

S rozvojem dopravy bylo třeba optimalizovat technologické procesy v několika směrech a tak vznikly tři systémy dopravy – technický, technologický a ekonomický. Tyto tři systémy jsou vzájemně propojeny a nemůže existovat jeden systém bez ostatních (Svoboda, a další, 2003).

Podnikání v oblasti obchodu s přepravními službami může přinášet velké zisky, ale vždy jsou velké nároky na náklady a a na znalosti různorodých, složitých a velmi rozsáhlých aspektů této problematiky. Možné finanční ztráty mohou být způsobeny právě nekomplexními znalostmi.

Základní legislativní normou ošetřující tuto problematiku provozování silniční přepravy, včetně podmínek pro získání oprávnění k provozování silniční dopravy a práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené, je zákon č. 111/1994 Sb. o silniční přepravě. Nezbytné jsou také jeho pozdější novelizace a prováděcí předpisy. Zákon o silniční dopravě se vztahuje i na provozování dopravy pro vlastní a cizí potřeby za účelem podnikání (David, a další, 2010).

4.1.9 **Dopravní logistika**

Dopravní logistika se zabývá organizací, synchronizací a komplexní optimalizací všech hmotných i nehmotných procesů při pohybu zboží v dopravní síti. Dopravní logistika obsahuje i řešení otázek manipulace, balení, skladování atd. Klíčovým článkem celého řetězce je zákazník.

Rozvoj dopravní logistiky je závislý na úrovni dopravní infrastruktury dané oblasti. Doprava je neustále rostoucím odvětvím a je velmi poptávaná. Vzrůst poptávky se dá vysvětlit změnami ve struktuře zpracovatelského průmyslu, zmenšováním velikosti dodávek, zvyšování jejich frekvence nebo změnami v metodách výroby.

Cílem dopravní logistiky je takové řešení, které vede k co nejmenším nákladům v logistickém řetězci, ale co nejvyšší výkonnosti. Mohou se využívat specifické technologie – např. „just in time“. „Just in time“ je dodávka zboží v přesně dohodnutý termín, což klade velké požadavky na kvalitu dopravy. Logistika nemá vlastní metodický nástroj, ale využívá mnoho metod matematické a simulační modelace – operační analýza, hodnotová analýza, atd. (Oudová, 2016).

4.2 Modely v lineárním programování

Každý rozhodovací problém je spojen s mnoha možnostmi, omezeními a předpoklady, která vymezují reálná řešení. Tyto předpoklady se dají matematicky zapsat a jejich výsledkem jsou omezující podmínky, účelová funkce či podmínky nezápornosti.
Omezující podmínky se dají rozdělit podle toho, zda se týkají vnitřní či vnější vazby systému. Mezi vnější omezující podmínky patří kapacitní, požadavkové či určující. Kapacitní podmínky definují možnost vyčerpání určitého zdroje. Typický zápis je, že omezující podmínka je menší nebo rovna zdroji. Tento případ popisuje např. materiál k dispozici, časové možnosti atd. Požadavkové omezující podmínky jsou opakem kapacitní – jedná se většinou o případy minimálního zisku, nejmenší možné výrobě atd. Zápis omezující podmínky je, že je větší nebo rovna minimální produkci. Dalším typem podmínky je určující, kde je přesně definován výstup – např. přesné množství výrobků, které je potřeba vyrobit. Posledním typem omezující podmínky je bilanční, který vyjádřuje vnitřní vazby systému.

Pokud obecně formulujeme dopravní úlohu, máme určité množství dodavatelů (m) a určité množství spotřebitelů (n). Každý dodavatel má určitou kapacitu (a) a každý spotřebitel má specifický požadavek (b). Dále máme matici sazeb c_{ij}, což jsou cenové indexy za přepravu jedné jednotky homogenního produktu mezi dodavatelem a spotřebitelem. Pokud se rovnají požadavky a kapacity, jedná se o vyváženou dopravní úlohu. Pokud je suma kapacit vyšší jak celkové požadavky, přidáme do dopravní úlohy fiktivního spotřebitele. Pokud je suma požadavků spotřebitelů vyšší jak celkové požadavky dodavatelů, budeme do dopravní úlohy přidávat fiktivního dodavatele (Jablonský, 2002).

4.3 Matematický model jednostupňové dopravní úlohy

Úkolem při počítání jednostupňové dopravní úlohy je nalézt minimum lineární funkce

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij} \rightarrow MIN$$

za určitých podmínek. Tyto podmínky jsou definovány:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = a_i$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j$$

$x_{ij} \geq 0$

kdy i = 1,2,…,m a j = 1,2,…,n a zároveň součet a_i je roven součtu b_j.

Tento matematický model je složen ze tří částí. Omezující podmínky jsou zadány jako soustava rovnic, kdy prvních m rovnic říká, že dodavatelé mohou dodat spotřebitelům tolik materiálu, kolik činí jejich kapacita a dalších n rovnic říká, že spotřebitel přijme od dodavatelů jen tolik produktu, kolik je jeho požadavek. Druhá část říká, že se nedá převážet záporné množství – nazývá se podmínka nezápornosti. Poslední část vyjadřuje závislost mezi strukturou přepravy a celkovými přepravními náklady a nazývá se účelová funkce. Na rozdíl od jiných úloh lineárního programování mají proměnné v dopravních úlohách dva indexy. Tyto indexy lépe identifikují příslušnou proměnnou (Taha, 2007).

4.4 Distribuční úlohy

Distribuční úlohy jsou speciálním typem úloh lineárního programování. Jedná se o situace, kde se snažíme reálný problém převést do modelu, který můžeme vhodným algoritmem efektivně vyřešit. Patří sem jednostupňová úloha, dvoustupňová úloha, přiřazovací, zobecněné, okružní, trasovací a mnoho dalších typů úloh. U dopravních úloh můžeme pomocí různých metod (severozápadní, indexová, Vogelova aproximační a případně Habrova frekvenční) vypočítat výchozí řešení.

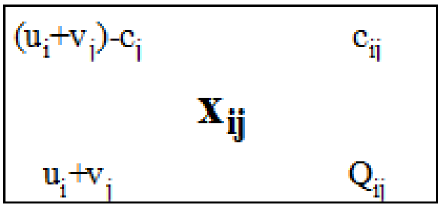
Pomocí metody MODI (Modifikovaná distribuční úloha) se dá ověřit, obdobně jako u simplexového algoritmu, zda je řešení optimální nebo ne a využitím Dantzigových uzavřených obvodů přejít na lepší - efektivnější řešení (Šubrt, 2011).

Tato práce se bude zejména zabývat jednostupňovými a dvoustupňovými úlohami.

4.4.1 Jednostupňová dopravní úloha

Tento typ úloh je typický tím, že je zde řešen jen jeden stupeň přenosu. Zadání se zapíše do tabulky složené z polí, kde v řádcích jsou dodavatelé a ve sloupcích spotřebitelé. Jednotlivé pole je zobrazeno na obrázku 2.

Obrázek 2 – pole dopravní tabulky



zdroj: (Kosková, 2004)

Přepravované množství se píše doprostřed pole a symbolizuje, kolik materiálu se v dané kombinaci dodavatele a spotřebitele převeze (x_{ij}).

c_{ij} je tzv. cena trasy neboli index, který symbolizuje nákladnost tohoto pole. Většinou se jedná o kilometráž nebo spotřebu paliva.

u_i+v_j je hodnota testu optimality, která se počítá z pomocných sloupců u_i a v_j a využívá se v počítání rozdílu s cenovým indexem c_{ij}.

Perspektivita se počítá vlevo nahoře a jedná se o výpočet užívaný i v simplexovém algoritmu lineárního programování. Jedná se o rozdíl mezi hodnotou testu optima a cenovým indexem. V minimalizační úloze záporná hodnota ukazuje optimální řešení, nula znázorňuje alternativní řešení a kladná hodnota nám říká, že řešení není optimální a může být dále zlepšeno.

Q_{ij} symbolizuje propustnost, kdy u zaplněného pole má hodnotu přepravovaného množství a u nezaplněného pole má hodnotu množství, pokud by se toto pole stalo rohem Dantzigova uzavřeného obvodu.

V dopravní tabulce je několik dodavatelů (D_1, D_2, …, D_j) a několik spotřebitelů (S_1, S_2, …, S_i), kde každý dodavatel má určitým způsobem omezenou svou kapacitu (a_1, a_2, …, a_j) a každý spotřebitel má určitý požadavek (b_1, b_2, …, b_i). Důležitý předpoklad je, že převážený materiál je homogenní – neřešíme zde kvalitu materiálu, řešíme jen co nejmenší náklady na přepravu. První věc, která je potřeba u této úlohy určit, je vyváženost. Ta se spočítá tak, že se porovnají celkové kapacity dodavatelů a celkové požadavky spotřebitelů. Pokud tyto dvě hodnoty nejsou stejné, úloha je nevyvážená a upraví se doplněním fiktivního dodavatele nebo fiktivního spotřebitele, jehož všechna pole v tabulce mají indexy nulové. (Šubrt, 2011) V následujícím příkladu je úloha vyvážená.

Obrázek 3 – dopravní tabulka

	S_1	S_2	S_3	S_4	
D_1	15	11	16	10	50
D_2	10	4	7	12	60
D_3	9	5	14	8	45
D_4	13	6	12	9	85
	40	65	80	55	

zdroj: přepracováno dle Šubrta, 2011

K nalezení výchozího řešení může být využito více postupů. Nejjednodušší typ řešení jednostupňové dopravní úlohy je metoda severozápadního rohu, následuje indexová metoda, Vogleova aproximační metoda, nebo Habrova frekvenční analýza. Tato řešení jsou seřazena podle kvality výchozího řešení. Podstata všech řešení je propočítat celou tabulku a pole, které nám postup označí jako vyplnitelné zaplníme takovým množstvím materiálu, které je rovno menšímu z obou čísel. Pro lepší názornost pokud se obsazuje pole, kde dodavatel má kapacitu 50 jednotek a spotřebitel požadavek 30, toto pole bude zaplněno hodnotou 30. Takto se spočítá celá tabulka a pracuje se s vyplněnými hodnotami. Hodnota účelové funkce takovéto tabulky je pak rovna součtu součinů přepravovaného množství a daného indexu každého zaplněného pole (Pastor, 2007).

4.4.1.1 Metoda severozápadního rohu

Podstata této metody spočívá v zaplňování polí z levého horního pole postupně doprava a dolů. V našem případě se tedy zaplní pole D_1S_1, ve kterém se bude převážet množství 40. Sloupec S_1 se vyškrtne, jelikož je vyčerpán celý jeho požadavek a kapacita D_1 se sníží na 10. Následuje pole D_1S_2, kde se bude přepravovat 10 jednotek. Analogicky se vyškrtne zbývající první řádek a požadavek S_2 se sníží na 55. Těchto 55 zaplní pole D_2S_2, S2 sloupec je vyřešen a kapacita D_2 se snižuje o 55. Takto se pokračuje poli D_2S_3 (přepravované množství 5), D_3S_3 (45), D_4S_3 (30) a D_4S_4 (55). Hodnota účelové funkce je 2 450, což představuje náklady na přepravu. Jedná se o úlohu minimalizační, což znamená, že je potřeba co nejnižší hodnota účelové funkce (Winston, 2004).

4.4.1.2 Metoda indexová

Indexová metoda spočívá v zaplňování polí v polích od nejnižšího indexu k vyšším. V případě shodnosti dvou indexů se zaplňuje pole, kde se vyplní (převeze) větší množství materiálu. Důležité je zmínit, že v tomto případě se nezaplňují prvně případné fiktivní subjekty (dodavatel, spotřebitel), jejichž případný index je nulový. V tomto případě je nejnižší index v poli D_2S_2, který se zaplní hodnotou 60. Stejně jako v jiných metodách je kapacita D_2 vyčerpaná a požadavek S_2 se sníží na 5. Pokračuje se polem D_3S_2 s indexem 5 – převážené množství 5. Následuje pole D_3S_4 (40), D_4S_4 (15), D_4S_3 (70), D_1S_1 (40) a naposled D_1S_3 s množstvím 10. Toto řešení dává hodnotu účelové funkce 2320, což potvrzuje, že tato metoda je o něco sofistikovanější, než metoda severozápadního rohu (Gros, 2003).

4.4.1.3 Metoda Vogelova aproximační

Tato metoda (zkráceně VAM) spočívá v počítání tzv. diferencí. Diference je číslo, které vyjadřuje rozdíl mezi dvěma nejmenšími indexy v daném sloupci či řádku. Pro D_1 je tato diference rovna 1 (11-10), pro D_2 3, D_3 3 a pro D_4 3. Obdobně se počítají diference i pro spotřebitele S_1 1, S_2 1, S_3 5, S_4 1. Nejvyšší diferenci má spotřebitel S_3 (5), proto se bude obsazovat tento sloupec, a sice pole D_2S_3, kde je index nejnižší (7). Zaplní se 60 jednotkami a následně se vyškrtne celý řádek D_2. Požadavek S_3 se sníží na 20. Znovu se budou přepočítávat jednotlivé diference s tím rozdílem, že se nebude počítat pro druhý řádek a zároveň se nebude při počítání diferencí počítat s vyškrtnutými indexy v druhém řádku. Největší diference nyní vychází pro sloupec S_1. Zaplní se pole D_3S_1 hodnotou 40. Dále se zaplní pole D_3S_2 (5 jednotek). Dále se pokračuje polem D_4S_2 (60) a D_1S_4 (50). Účelová funkce vychází 1950, což je z aktuálních výchozích výsledků nejlepší řešení (Gros, 2003).

4.4.1.4 Metoda MODI

Jak bylo napsáno výše, tato metoda nepočítá hodnotu výchozího řešení, pouze vypočítá, zda je řešení optimální, nebo může být zlepšeno. Pro aplikaci metody MODI je vybráno výchozí řešení spočítané indexovou metodou, protože zde je stoprocentní možnost zlepšení. U VAM metody je toto zlepšení jen teoretické, nicméně i zde bude ověřeno, zda výchozí řešení je řešení optimální.

Výchozí řešení přináší hodnotu účelové funkce 2320. Základ ověření optimality spočívá v počítání propustnosti. Začne se přidáním nových sloupců „u_i“ a „v_j“, kde pro dodavatele D_1 je zvolena 0. Následně přes obsazená pole jsou dopočítány zbývající hodnoty u_i a v_j.

Platí zde, že $u_i + v_j = c_{ij}$. V našem případě $0 + v_3 = 16$, proto $v_3 = 16$. 0 se použije i ve druhém výpočtu, kde $0 + v_1 = 15$. Zde v_1 vychází 15.

Následně $u_4 + 16 = 12$, proto$u_4 = -4$.

Další výpočty jsou popsány níže:

$-4 + v_4 = 9$; proto $v_4 = 13$.

$u_3 + 13 = 8$; proto $u_3 = -5$.

$-5 + v_2 = 5$; proto $v_2=10$.

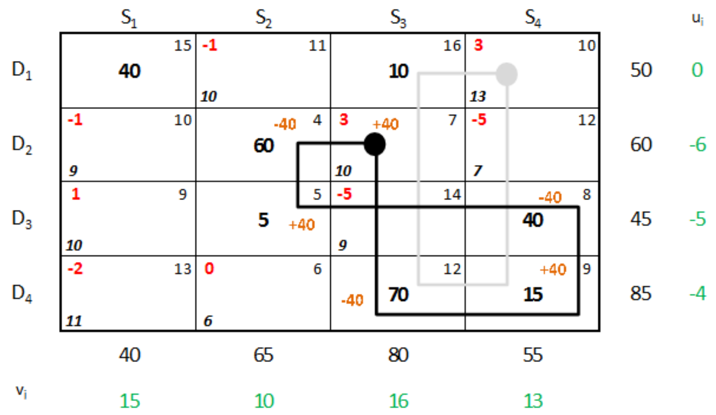
$u_2 + 10 = 4$; proto $u_2 = -6$.

Tyto hodnoty se využijí při počítání perspektivit neobsazených polí. Zapisují se do jednotlivých buněk doleva dolů a rovnají se součtu dané hodnoty ui a vj. Pro pole D_1S_2 je tato hodnota 10. Obdobně dopočítáme všechna další pole. Hodnota D_1S_4 je 13, D_2S_1 je 9, D_2S_3 je 10, D_2S_4 je 7, D_3S_1 je 10, D_3S_3 je 9, D_4S_1 je 11 a D_4S_2 je 6. Test optima je zde totožný jako u simplexového algoritmu, kdy se počítá rozdíl mezi hodnotami z_j a c_j. V případě D_1S_2 rozdíl vychází -1. Jelikož je tato dopravní úloha minimalizační, veškeré hodnoty testu optima musí být záporné. Nulová hodnota značí alternativní řešení.

V tomto případě vychází dva (dokonce stejné) kladné výsledky. Pole D_2S_3 a D_1S_4; obojí s hodnotou 3. Tato pole ukazují, že řešení není optimální a je možnost ho stále vylepšit. Nyní se sestavuje Dantzigův uzavřený obvod, což je obrazec, který má minimálně 4 vrcholy. Sestavuje se z polí, kde vychází největší kladná hodnota testu optima a jeho rohy jsou v obsazených polích. Zde je možnost sestavit čtyřúhelník (D_1S_4, D_4S_4, D_4S_3, D_1S_3) nebo obrazec o šesti vrcholech (D_2S_3, D_4S_3, D_4S_4, D_3S_4, D_3S_2, D_2S_2). Vybraná bude druhá možnost a bude se přičítat a odečítat hodnota 40, která je nejmenší z polí, ze kterých se odečítá. Začne se z neobsazeného pole, kde se 40 přičte, v dalším uzlu hodnotu odečte, atd. dokud hodnotu 40 není využita v každém uzlu. Následně vznikne jiné řešení již s přesunutou hodnotou 40. Účelová funkce tohoto řešení vychází již 2200. Metoda MODI tedy upravila stávající řešení za výhodnější. Ovšem, jak bylo spočítáno, účelová funkce může vyjít dokonce 1950, takže stále stávající řešení není optimální, k čemuž bychom se opět mohli dopočítat metodou MODI.

Pokud ověříme metodu MODI řešení vypočítané metodou VAM, všechny testy optima kromě jednoho nulového vychází záporné. To ukazuje, že řešení je optimální a pouze zde existuje možnost alternativního řešení z pole D_3S_4, kde vyšel test optima nulový (Kosková, 2004).

Obrázek 4 – metoda MODI – 2. krok

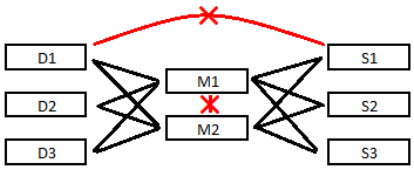


zdroj: autor

4.4.2 **Dvoustupňová dopravní úloha**

Tato úloha se skládá ze dvou dopravních stupňů. První stupeň se objevoval v jednostupňových úlohách, což byla trasa mezi dodavatelem a spotřebitelem. V této úloze je jedna trasa navíc, protože se zde kromě odběratelů a dodavatelů objevují mezisklady. V praxi je tato situace rozšířena mnohem více, než jednostupňová, protože většinou je zboží přepravováno do určitých skladů, ze kterých je dále distribuováno ke konečným zákazníkům. Nezbytné je však zaručit, aby se zboží nepohybovalo po trase rovnou mezi dodavatelem a spotřebitelem a zároveň, aby se zboží nepohybovalo mezi mezisklady. V těchto případech by se jednalo o jednostupňovou či třístupňovou úlohu, která do této oblasti úloh nepatří. Tato situace je znázorněna na následujícím obrázku, kde jsou nevhodné trasy zvýrazněny červeně. Tyto trasy se řeší tzv. prohibitivními sazbami. Prohibitivní sazby jsou indexy, které jsou pro počítání nevýhodné – buď velmi vysoké (v případě minimalizační úlohy), nebo záporné (maximalizační úloha), přičemž jsou o řád až dva vyšší, než všechny ostatní. Tyto sazby se užívají např. u simplexového algoritmu, kde se využívají u proměnných, které se sice používají při počítání, ale využívají se pouze pro výpočetní algoritmus. Tyto proměnné se nesmí objevit ve výsledném řešení (Šubrt, 2011).

Obrázek 5 – prohibitivní sazby



zdroj: autor

4.4.2.1 Řešení dvoustupňové dopravní úlohy

Dvoustupňová dopravní úloha se řeší stejně jako jednostupňová dopravní úloha. Řešení spočívá ve výpočtu výchozího řešení, testu optimality a případnému přechodu na lepší řešení. Na výběr výpočtu existuje několik možností – metoda SZ rohu, indexová metoda, VAM metoda. Objevují se zde celkem tři subjekty. Dodavatelé (D_1,…, D_j), spotřebitelé (S_1,…, S_i) a mezisklady (M_1,…, M_k). Při výpočtu tohoto typu úlohy známe nejčastěji matici dodavatelů a meziskladů a matici meziskladů a spotřebitelů. Tyto dvě matice je třeba dát dohromady a celou matici počítat jako kdyby se jednalo o jednu úlohu.

5 Praktická část

5.1 Charakteristika podniku

Firma Onduroof, s.r.o. byla zapsaná do obchodního rejstříku 21. října 1998. Od roku 2015 se věnují dvěma činnostem podnikání – pronájmu nemovitostí a výrobě, obchodu a službám. Do roku 2015 se věnovali i dalším předmětům podnikání – např. koupě zboží za účelem jeho dalšího prodeje, ubytovací služby, realitní činnost, činnost podnikatelských, finančních, organizačních a ekonomických poradců nebo zprostředkovatelská činnost v oblasti obchodu a služeb. Aktuální počet členů jsou dva.

Co se týká prodeje zboží, firma Onduroof, s.r.o. nabízela dva typy výrobků – formy Expamet a střešní krytinu Onduroof.

Formy Expamet se využívalo v prostorách, kde je potřeba vystavět oblouk bez zbytečného zdění. Výsledný oblouk má buď funkci ozdobnou, nebo může fungovat jako průchod či dveře. Aplikovat se tato forma dá v rodinných domech, bytech, ale i panelových domech.

Střešní krytina Onduroof je složena z vlnitých desek o ploše 2,5 m^2. Tato krytina je tvořena z bitumenu (sloučenina podobná dehtu či asfaltu) a díky tomu má mnoho vlastností, které jsou velmi vhodné pro zakrývání střech. Tyto desky nepropouští vodu, a jejich povrch je antikorozní. Velká výhoda je vysoká odolnost proti větru a proti plošnému zatížení. Díky složení jsou ale zároveň tyto desky velmi lehké a pružné. Největším kladem je ovšem dlouhá životnost a variabilita využití. Tyto střešní pláty se nejčastěji využívaly na zemědělských objektech, ale případným zmenšením desek se daly využít i na civilní budovy.

Nejdůležitější produkt je však střešní krytina, která splňuje i podmínky homogenní převážené komodity. Krytina Onduroof byla vyráběna v Richmondu (hlavní město státu Virginie v USA), odkud byla převážena do přístavu v Norfolku. Odtud byla převážena do Evropy – a to buď do přístavů v Hamburku, nebo Bremerhavenu.

5.2 Současná situace

Střešní krytina se pomocí trajektů přepravovala do přístavů v městě Hamburk a Bremerhaven. Následně byla přepravovaná do dvou meziskladů na území ČR. Jeden mezisklad se nacházel v Areálu Agrostav (Svémyslice 4, Svémyslice) nedaleko Prahy.

Druhý mezisklad se využíval pro moravskou část republiky a nacházel se v areálu Vodní zdroje Holešov a.s. (Tovární 1423/7, Holešov).

Pět odběratelů, kteří si v minulosti objednali zboží od firmy Onduroof, s.r.o. jsou uvedeni v níže uvedené tabulce.

Tabulka 1 – přehled odběratelů

Odběratel	Obec
Multiagro v.o.s.	Slatina
Soukromá osoba	Dolní Radechová
ZD Planá	Homole
ZD Sokolnice	Sokolnice
ZD Merklín	Merklín

zdroj: autor

Pro lepší počítání nákladů jsou veškeré potřebné plochy krytiny přepočítány na hmotnost, jelikož 1 m^2 krytiny váží 3,3 kg.

5.3 Řešení situace

Dva přístavy, do kterých byly odeslány kontejnery s krytinou, představují dva dodavatele. Vzhledem k tomu, že 30 000 kg materiálu bylo odesláno do Bremerhavenu a zbylých 12 240 kg do Hamburku, tyto náklady lze považovat za kapacity těchto dodavatelů. Oba mezisklady v ČR mají kapacity na příjem jednoho kontejneru, tzn. 30 tun. Každý odběratel má zájem o jiné množství krytiny. Tyto požadavky jsou uvedené v tabulce níže.

Tabulka 2 – požadavky odběratelů

Odběratel	Obec	Požadavek v m^2	Požadavek v kg
Multiagro v.o.s.	Slatina	4 800	15 840
Soukromá osoba	Dolní Radechová	250	825
ZD Planá	Homole	1 620	5 346
ZD Sokolnice	Sokolnice	1 032	3 406
ZD Merklín	Merklín	5 110	16 863

zdroj: autor

Velmi důležité jsou i vzdálenosti mezi jednotlivými městy. Následující tabulka zobrazuje vzdálenosti mezi dodavateli a mezisklady. Délky tras jsou spočítány pomocí internetové mapové aplikace Google Maps.

Tabulka 3 – vzdálenosti mezi dodavateli a mezisklady

	Zeleneč (M1)	Holešov (M2)
Bremerhaven (D1)	675	952
Hamburk (D2)	641	923

zdroj: autor

Tabulka č. 4 zobrazuje vzdálenosti mezi mezisklady a jednotlivými odběrateli.

Tabulka 4 – vzdálenosti mezi mezisklady a odběrateli

	D. Radech. (S1)	Multiagro (S2)	Planá (S3)	Sokolnice (S4)	Merklín (S5)
Zeleneč (M1)	136	128	169	230	144
Holešov (M2)	216	153	297	79	397

zdroj: autor

Aby se dal aplikovat model dvoustupňové dopravní úlohy, je potřeba tyto dvě tabulky spojit do jedné dopravní úlohy, která se bude následovně řešit jako jednostupňová dopravní úloha. Obě matice jsou přepsány do dvou kvadrantů této velké dopravní tabulky (vlevo nahoře a vpravo dole). Vzdálenosti mezi přístavy a jednotlivými zákazníky jsou zakázány – proto využijeme prohitibitivních sazeb. Tyto sazby jsou i využity mezi vzdáleností mezi oběma mezisklady kromě vzdáleností Holešov – Holešov a Zeleneč – Zeleneč. Tyto vzdálenosti jsou logicky nulové.

Tabulka 5 – přepočítané vzdálenosti do JDÚ

	M1	M2	S1	S2	S3	S4	S5	
D1	675	952	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	30 000
D2	641	923	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	12 240
M1	0	10 000	136	128	169	230	144	30 000
M2	10 000	0	216	153	297	79	397	30 000
	30 000	30 000	825	15 840	5 346	3 366	16 863	

zdroj: autor

První věc, kterou je potřeba před samotným výpočtem vyřešit je vyváženost této úlohy. Porovná se tedy, zda je součet všech požadavků roven součtu všech kapacit. V tomto případě se jedná o vyvážené zadání a není potřeba přidávat fiktivního dodavatele či fiktivního odběratele.

Pro výpočet výchozího řešení bude použita indexová metoda. Zmíněné vzdálenosti představují cenu trasy, přes které se bude úloha řešit. Začne se indexem 79, pokračuje se indexy 128, 136 a 144. Zbývají poslední dva odběratelé – využit bude index 297 a 397. V tento moment je kompletně vyřešená přeprava mezi mezisklady a odběrateli. Nejnižší index v levé horní části dopravní tabulky je 641 – zde se bude převážet množství 12 240 kg a pokračuje se indexem 675. Následující vyplněná pole mají indexy 952 a zbývá poslední pole Holešov – Holešov. Celá výsledná tabulka je na obrázku 10.

Důležité je také zmínit, zda výsledné řešení není degenerované. Součet dodavatelů a odběratelů je 11 a obsazených polí je 10, což splňuje podmínku, že nedegenerované řešení je takové, kde počet obsazených polí je o jedno menší, než součet dodavatelů a odběratelů.

Obrázek 6 – výchozí řešení DDÚ (Indexová metoda)

	Zeleneč (M1)	Holešov (M2)	D. Radechová (S1)	Multiagro (S2)	Planá (S3)	Sokolnice (S4)	Merklín (S5)	
Bremerhaven (D1)	675 **17 760**	952 **12 240**	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	30 000
Hamburk (D2)	641 **12 240**	923 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	12 240
Zeleneč (M1)	0 ×	10 000 ×	136 **825**	128 **15 840**	169 ×	230 ×	144 **13 335**	30 000
Holešov (M2)	10 000 ×	0 **17 760**	216 ×	153 ×	297 **5 346**	79 **3 366**	397 **3 528**	30 000
	30 000	30 000	825	15 840	5 346	3 366	16 863	

zdroj: autor

5.4 Optimalizace pomocí metody MODI

Celková délka rozvozu indexovou metodou činí 3 449 km. Zda je toto řešení optimální bude zjištěno metodou MODI. Je možné samozřejmě počítat výchozí řešení i jinou metodou – např. Vogelovu aproximační. Řešení může vyjít jinak, nicméně optimalita výchozího řešení (ať už metodou indexovou, VAM, nebo nějakou jinou) se počítá metodou MODI.

Pokud se vypočítá optimalita pomocí metody MODI, tak je zjevné, že optimální není a celková účelová funkce i množství kilometrů se dá pomocí Dantzigova uzavřeného obvodu snížit.

Ve výchozím řešení bylo pomocí perspektivity spočítáno, zda je úloha optimální. V obrázku 7 je celý výpočet optimality včetně pomocných proměnných „u_i“ a „v_j“. Úloha byla zjištěna jako nevýhodná – nejnevýhodnější pozice byla Holešov – Multiagro, kde hodnota testu optima dosahovala kladné hodnoty. Ostatní hodnoty byly kladné. Jelikož je dopravní úloha minimalizační, chceme všechny tyto hodnoty (na obrázku vyznačené červeným písmem) záporné. V případě, že by byly všechny záporné, řešení je optimální. Nulová hodnota by znázorňovala alternativní řešení a kladné hodnoty ukazují řešení, které není optimální. V tomto případě následný Dantzigův uzavřený obvod převážel množství 3 528 kg.

Obrázek 7 – 1. optimalizace

	Zeleneč (M1)	Holešov (M2)	D. Radechová (S1)	Multiagro (S2)	Planá (S3)	Sokolnice (S4)	Merklín (S5)		u_i
Bremerhaven (D1)	675 **17 760**	952 **12 240**	-8 659 10 000 × 1 341	-8 667 10 000 × 1 333	-8 751 10 000 × 1 249	-8 659 10 000 × 1 031	-8 651 10 000 × 1 349	30 000	0
Hamburk (D2)	641 **12 240**	-5 923 × 918	-8 693 10 000 × 1 307	-8 701 10 000 × 1 299	-8 785 10 000 × 1 215	-9 003 10 000 × 997	-8 685 10 000 × 1 315	12 240	-34
Zeleneč (M1)	-530 0 × -530	-10 253 10 000 × -253	136 **825**	128 15 840	-125 169 × 44	-404 230 × -174	144 13 335	30 000	-1 205
Holešov (M2)	-10 277 10 000 × -277	0 **17 760**	216 × -127 -343	228 153 × 381	297 **5 346**	79 **3 366**	397 3 528	30 000	-952
	30 000	30 000	825	15 840	5 346	3 366	16 863		
v_j	675	952	1 341	1 333	1 249	1 031	1 349		

zdroj: autor

Druhý výpočet přinesl opět řešení, které nebylo optimální – tentokrát šlo o pole Zeleneč – Planá, ve kterém se přesunovalo množství 5 346. Tento obvod měl opět podobu obdélníku. Další kontrola optimalizace již toto řešení potvrdila jako optimální.

Obrázek 8 – 2. optimalizace

	Zeleneč (M1)	Holešov (M2)	D. Radechová (S1)	Multiagro (S2)	Planá (S3)	Sokolnice (S4)	Merklín (S5)	
Bremerhaven (D1)	675 **17 760**	952 **12 240**	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	30 000
Hamburk (D2)	641 **12 240**	923 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	12 240
Zeleneč (M1)	0 ×	10 000 ×	136 **825**	128 **12 312**	169 ×	230 ×	144 **16 863**	30 000
Holešov (M2)	10 000 ×	0 **17 760**	216 ×	153 **3 528**	297 **5 346**	79 **3 366**	397 ×	30 000
	30 000	30 000	825	15 840	5 346	3 366	16 863	

zdroj: autor

Pomocí Dantzigových obvodů bylo dosaženo optimálního řešení v dvoustupňové dopravní úloze.

Obrázek 9 – optimální řešení DDÚ (MODI)

	Zeleneč (M1)	Holešov (M2)	D. Radechová (S1)	Multiagro (S2)	Planá (S3)	Sokolnice (S4)	Merklín (S5)	
Bremerhaven (D1)	675 **17 760**	952 **12 240**	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	30 000
Hamburk (D2)	641 **12 240**	923 × 0	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	12 240
Zeleneč (M1)	0 ×	10 000 ×	136 **825**	128 **6 966**	169 **5 346**	230 ×	144 **16 863**	30 000
Holešov (M2)	10 000 ×	0 **17 760**	216 ×	153 **8 874**	297 ×	79 **3 366**	397 ×	30 000
	30 000	30 000	825	15 840	5 346	3 366	16 863	

zdroj: autor

5.5 Reálná přeprava

Reálná přeprava – tak jak bylo zboží doopravdy přepraveno, je znázorněna na následujícím obrázku. Používaly se kamiony s valníkem do kterého se krytina dobře vešla a a tato přeprava nebyla pomocí žádné metody optimalizovaná. Jednalo se zde spíše o řešení pomocí logiky.

Obrázek 10 – řešení DDÚ (reálná přeprava)

	Zeleneč (M1)	Holešov (M2)	D. Radechová (S1)	Multiagro (S2)	Planá (S3)	Sokolnice (S4)	Merklín (S5)	
Bremerhaven (D1)	675 **30 000**	952 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	**30 000**
Hamburk (D2)	641 ×	923 **12 240**	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	**12 240**
Zeleneč (M1)	0 ×	10 000 ×	136 **825**	128 **3 600**	169 **5 346**	230 **3 366**	144 **16 863**	**30 000**
Holešov (M2)	10 000 ×	0 **17 760**	216 ×	153 **12 240**	297 ×	79 ×	397 ×	**30 000**
	30 000	**30 000**	**825**	**15 840**	**5 346**	**3 366**	**16 863**	

zdroj: autor

5.6 Porovnání výsledků

Pro porovnání efektivity vypočítaného řešení je potřeba porovnávat tunokilometry a ne ujeté vzdálenosti. Indexová metoda totiž počítá se skalárním součinem ujetých kilometrů a přepravovaného nákladu. Toto porovnání je na následující tabulce:

Tabulka 6 – porovnání výsledků

	Výchozí řešení	Optimální řešení	Původní řešení
Ujetá vzdálenost	3 449 km	3 077 km	2 558 km
Hmotnost nákladu	84 480 kg	84 480 kg	84 480 kg
účelová funkce	38 801 tkm	37 446 tkm	38 099 tkm

zdroj: autor

Jak je z tabulky zřejmé, aplikace tohoto modelu přineslo po optimalizaci řešení o více jak 600 tkm efektivnější.

5.7 Doporučení pro efektivní přepravu

Důležité je se zamyslet, zda skutečná situace dvou meziskladů je výhodná a zda by nebylo od věci vyřešit situaci jinak – např. používáním jen jednoho meziskladu s nezbytným rozšířením a tím případným snížením nákladů za pronájem dvou meziskladišť. Úloha byla vyřešena tzv. Úlohou o optimálním dimenzování meziskladů. v následujících tabulkách je uveden i druhý případ, kdy by se použila varianta s meziskladem v Holešově. Jelikož se úloha zredukuje na situaci: 2 dodavatelé, 1 mezisklad, 5 odběratelů, není zde možnost vylepšení.

V případě meziskladu pouze v Zelenči vychází hodnota účelové funkce 34 358 tkm,v případě meziskladu pouze v Holešově 51 007 tkm. Pokud srovnáme tyto hodnoty, vychází jako lepší řešení situace s využitím jednoho meziskladu (Zeleneč). Samozřejmě je potřeba brát v zřetel, že sklad nešel fyzicky rozšířit. V tomto případě se ale jedná o produkt, který je poměrně skladný a je možné navýšit kapacitu tohoto meziskladu jen výškou skladovaného materiálu (cca o 50 %). Pronájem haly byl dát fixně za plochu, tudíž náklady na rozšíření kapacity jsou zde jen pouze kosmetické. Vzhledem k tomu, že tato úprava přepravy by ušetřila cca 3 000 tkm, je zde ekonomická úspora poměrně velká (na přepravě + pronájmu, který se pohyboval v řádu desetitisíců).

Obrázek 11 – mezisklad Zeleneč

	Zeleneč (M1)	D. Radechová (S1)	Multiagro (S2)	Planá (S3)	Sokolnce (S4)	Merklín (S5)	
Bremerhaven (D1)	675 **30 000**	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	**30 000**
Hamburk (D2)	641 **12 240**	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	**12 240**
Zeleneč (M1)	0 ×	136 **825**	128 **15 840**	169 **5 346**	230 **3 366**	145 **16 863**	**42240**
	42 240	**825**	**15 840**	**5 346**	**3 366**	**16 863**	

zdroj: autor

V případě meziskladu v Zelenči je hodnota účelové funkce 34 358 tkm.

Obrázek 12 – mezisklad Holešov

	Holešov (M2)	D. Radechová (S1)	Multiagro (S2)	Planá (S3)	Sokolnce (S4)	Merklín (S5)	
Bremerhaven (D1)	952 **30 000**	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	**30 000**
Hamburk (D2)	923 **12 240**	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	10 000 ×	**12 240**
Holešov (M2)	0 ×	216 **825**	153 **15 840**	297 **5 346**	79 **3 366**	397 **16 863**	**42240**
	42 240	**825**	**15 840**	**5 346**	**3 366**	**16 863**	

zdroj: autor

V případě použití meziskladu pouze v Holešově bude hodnota účelové funkce 51 007 tkm.

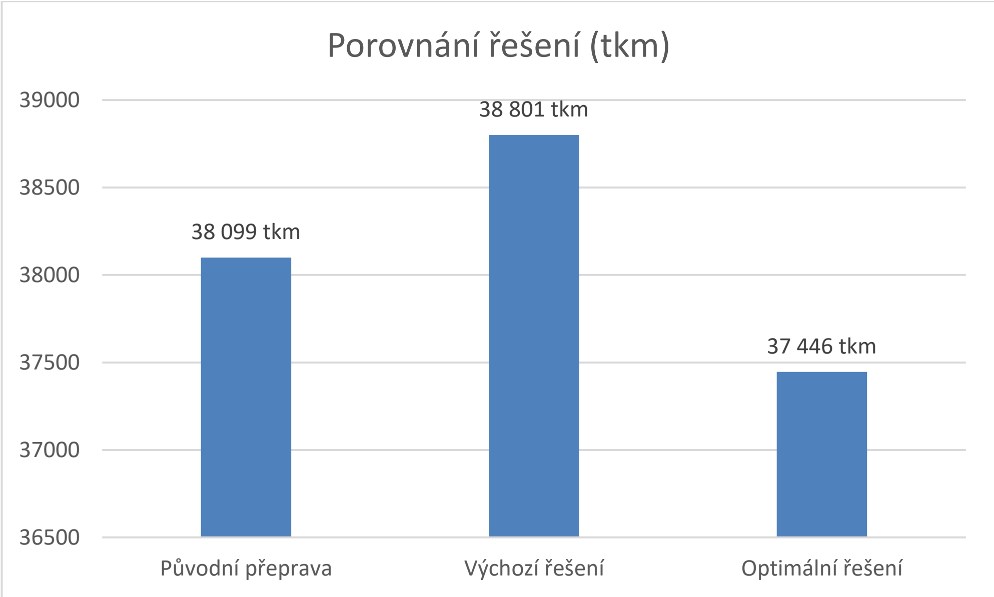
6 Zhodnocení výsledků

Úkolem bylo vypočítat optimální přepravu střešní krytiny mezi dvěma dodavateli, dvěma mezisklady a pěti odběrateli. Výpočtem indexové metody a následnou optimalizací jsme dostali hodnotu účelové funkce v tunokilometrech, kterou můžeme považovat za optimální.

Podrobnější analýzou však bylo zjištěno, pro nejlepší eknomický výsledek by bylo vhodné rozšířit kapacitu jednoho meziskladu a zrušení druhého. Ušetřené náklady za pronájem jednoho meziskladu společně s efektivnějším převozem by byly velmi přínosné a daly by se použít na další aspekty prodeje – rozšiřování služeb, reklama, marketing, atd.

Následující tabulka znázorňuje porovnání jednotlivých typů převozů. Na prvním místě je reálná přeprava, která byla použita. Na dalších je výchozí řešení úlohy vypočítané indexovou metodou a na posledním po optimalizaci pomocí metody MODI.

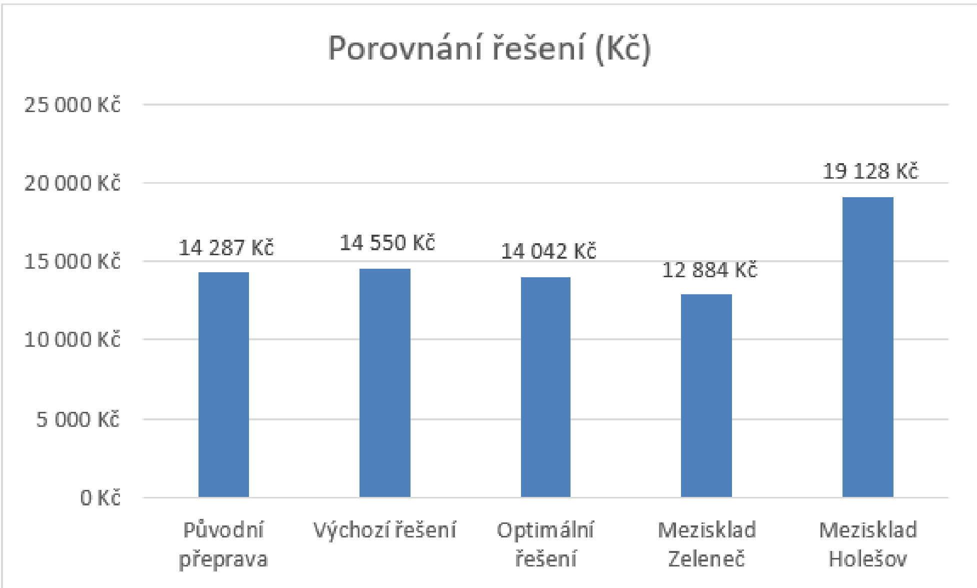
Obrázek 13 - zhodnocení výsledků v tkm



zdroj: autor

Jelikož je ale tkm těžko představitelný pro člověka, který se nepohybuje v logistice či dopravě, následující graf ukazuje náklady na přepravu v Kč, kde je zohledněn i návrh 1 meziskladu. Nejvýhodněji zde vychází využití jednoho meziskladu v Zelenči.

Obrázek 14 - zhodnocení výsledků v Kč



zdroj: autor

7 Závěr

Cílem práce bylo sestavit vhodný model pro přepravu střešní krytiny firmy Onduroof, s.r.o. ze dvou přístavů přes dva mezisklady k pěti odběratelům a porovnat vypočítané řešení se skutečnou situací. Indexovou metodou a následnou optimalizací bylo spočítáno řešení, které je efektivnější, než reálný převoz o více jak 600 tunokilometrů. Zároveň byl doporučen postup, který by ušetřil velké náklady za pronájem skladovací haly.

Využitím dvoustupňové dopravní úlohy a následného optimalizování společně se zrušením pronájmu by tedy mělo velký ekonomický přínos pro firmu Onduroof, s.r.o. a proto stojí rozhodně za zvážení, zda by šlo toto řešení využít v praxi a snížit tím náklady na chod této firmy.

8 Seznam použitých zdrojů

David, Petr a Orava, František. 2010. *Vnitrostátní přeprava a zasílatelství.* Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2010. 978-80-01-04535-0.

Gros, Ivan. 2003. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování.* 1. vydání. Praha : Grada Publishing, 2003. str. 432. 80-247-0421-8.

Jablonský, Josef. 2002. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické.* I. vydání. Praha : Professional Publishing, 2002. 80-86419-42-8.

Kosková, Ivanka. 2004. *Distribuční úlohy I.* Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2004. str. 48. 978-80-213-1156-5.

Kubíčková, Lea. 2006. *Obchodní logistika.* Brno : MZLU, 2006. 80-7157-952-1.

2018. Mapy.cz. *www.mapy.cz.* [Online] 5. březen 2018.

Oudová, Alena. 2016. *Logistika.* místo neznámé : Computer Media, 2016. 9788074022388.

Pastor, Otto a Tuzar, Antonín. 2007. *Teorie dopravních systémů.* 1. vydání. Praha : ASPI, 2007. 0534380581.

Pernica, Petr. 1998. *Logistický management: teorie a podniková praxe.* Praha : Radix, 1998. str. 660. 80-86031-13-6.

Pernica, Petr. 2005. *Logistika pro 21. století: Supply Chain Management.* [editor] Milan Vondráček. Praha : Radix, spol. s.r.o., 2005. 80-86031-59-4.

Schulte, Christof. 1994. *Logistika.* Praha : Victoria Publishing, 1994. str. 301. 80-85605-87-2

Sixta, Josef a Mačát, Václav. 2005. *Logistika: teorie a praxe.* Brno : CP Books, 2005. str. 315. 8025105733.

Stehlík, Antonín a Kapoun, Josef. 2008. *Logistika pro manažery.* Praha : Ekopress, 2008. str. 266. 978-80-86929-37-8 .

Šubrt, Tomáš. 2011. *Ekonomicko-matematické metody.* Plzeň : Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. str. 351. 978-80-7380-563-0.

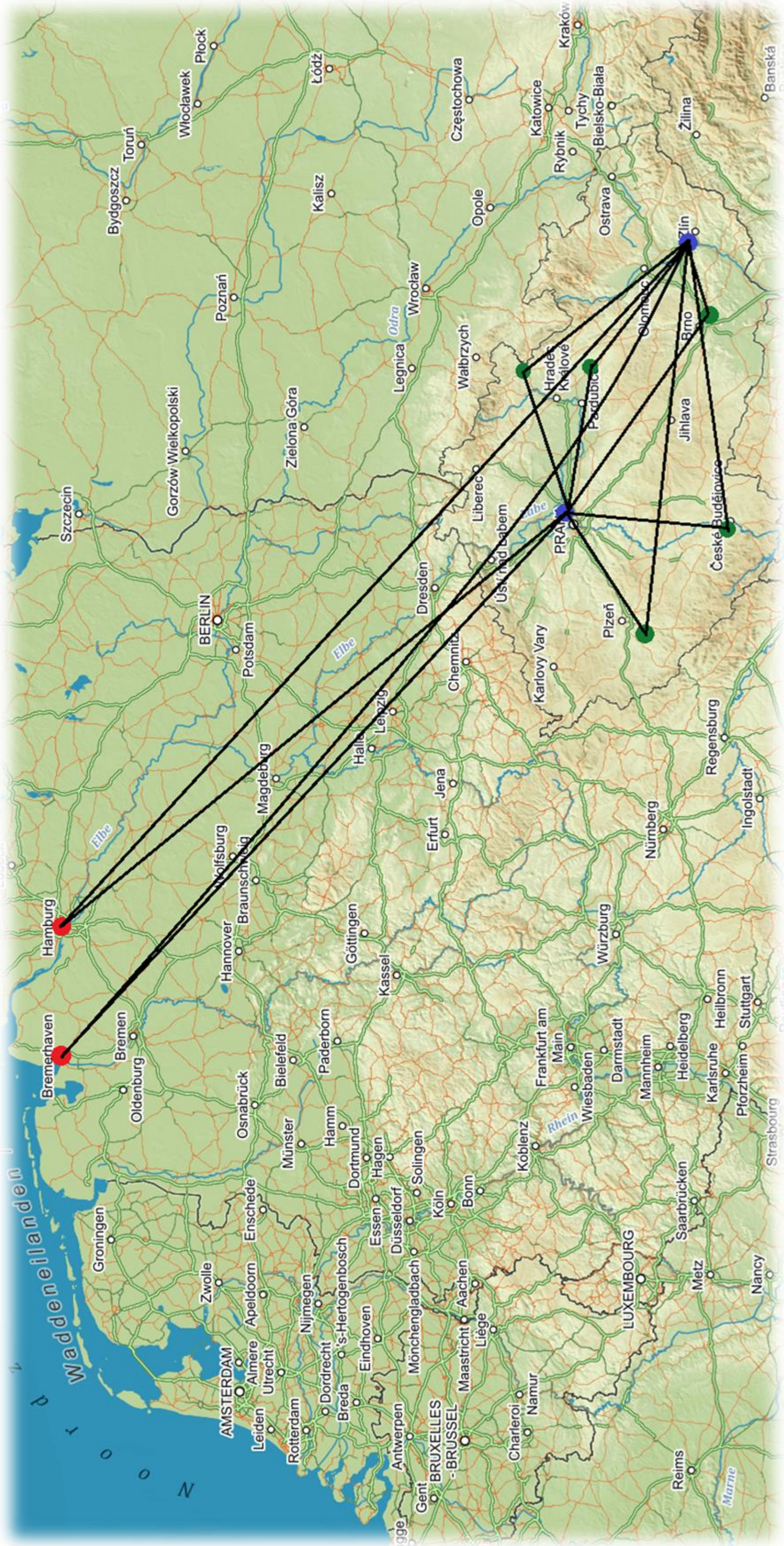
Svoboda, V., a další. 2003. *Teorie dopravy II.* Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2003. 80-01-02774-0.

Taha, Hamdy A. 2007. *Operations research: an introduction.* 8th edition. Upper Saddle River : Pearson Prentice Hall, 2007. 0-13-188923-0.

Winston, Wayne L. a Goldberg, Jeffrey B. 2004. *Operations research: applications and algorithms.* 4th edition. Belmont : Thomson/Brooks/Cole, 2004. 0534380581.

Přílohy

8.1 Příloha 1 – mapa přepravních tras



zdroj: mapy.cz