

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Diplomová práce

Rozhodování o přesunu skladu a výroby

David Jeřela

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. David Jeřela

Systémové inženýrství

Název práce

Rozhodování o přesunu skladu a výroby

Název anglicky

Deciding on relocating warehouse and production

Cíle práce

Cílem diplomové práce je na základě použití vhodných metod zvolit nejlepší lokaci z variant pro umístění skladu a výrobní linky společnosti působícím v chemickém průmyslu.

Tento cíl se skládá z tří dílčích cílů:

1. Popis požadavků společnosti na prostory výroby a skladu
2. hledání optimální pozice na základě lokací zákazníků
3. Vícekriteriální výběr vhodné lokality z variant

Metodika

Metodika diplomové práce je založena na analýze a syntéze odborné literatury věnující se problematice operačního výzkumu a systémových metodologií. Dále bude popsán současný stav, požadavky společnosti na skladovací prostory a výrobu, určení optimální pozice na základě umístění zákazníků společnosti a výběr z možných variant, zda sklad přesunout a nebo zanechat v původní lokalitě. Následně budou formulovány výsledky, které by měly pomoci společnosti při rozhodování.

Doporučený rozsah práce

80

Klíčová slova

sklad, společnost, přesun, výroba, lokalita

Doporučené zdroje informací

COHEN, Michael; LEE, Yin Tat; MILLER, Gary; PACHOCKI, Jakub; SIDFORD, Aaron (2016). "Geometric median in nearly linear time". Proc. 48th Symposium on Theory of Computing (STOC 2016). Association for Computing Machinery. arXiv:1606.05225. doi:10.1145/2897518.2897647.

DEMERS, Michael N. GIS For Dummies. 2009. New Mexico. ISBN 978-0470236826.

IYIGUN, Cem a Adi BEN-ISRAEL, 2010. A generalized Weiszfeld method for the multi-facility location problem. Operations Research Letters. 38(3), 207-214. ISSN 0167-6377.

PASTOR, Otto; TUZAR, Antonín. *Teorie dopravních systémů*. Praha: ASPI, 2007. ISBN 978-80-7357-285-3.

ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7380-563-0.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – PEF

Vedoucí práce

prof. RNDr. Helena Brožová, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2023

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2024

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Rozhodování o přesunu skladu a výroby" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní prof. RNDr. Heleně Brožové, CSc. Za odborné vedení a rady při zpracování diplomové práce a vedení společnosti Lach-Ner Group, která poskytla všechny potřebná data, konzultace a rady k vypracování praktické části práce.

Rozhodování o přesunu skladu a výroby

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá řešením problému rozhodování týkajícího se mezinárodní společnosti Lach-Ner Group, konkrétně problému přesunu skladu a výroby. Společnost má několik poboček, na jedné z nich sídlí soušasný hlavní sklad a výroba. Společnost Lach-Ner Group řeší přesun skladu a výroby na nejbhodnější pobočku pro nejlepší a nejrychlejší obslužení stálých zákazníků.

Teoretická východiska práce vysvětlují základní problematiku rozhodování, určení optimální polohy skladu, softwarové nástroje pro převod adres zákazníků na GPS koordinace a nástroje pro analytické zpracování dat. Jsou zde popsány termíny, týkající se rozhodování, rozhodovací modely, metody vícekritériálního výběru, Weiszfeldova metoda, software ArcGIS Pro a SAS.

Praktická část představuje společnost, pro kterou je tato diplomová práce zpracována. Následně se práce zabývá volbou kritérií, jejich představením a definicí, která obsahuje mimo jiné i určení optimální lokace skladu oproti poloze zákazníků za pomoci Weiszfeldovy metody, dále stanovení vah na základě preferencí vedení společnosti. V závěru praktické části je proveden konečný výběr pomocí metody TOPSIS.

V závěru práce jsou zhodnoceny výsledky a výsledná varianta je doporučena k realizaci společnosti Lach-Ner Group.

Klíčová slova: sklad, společnost, přesun, výroba, lokalita, vícekritériální výběr, zákazníci, rozhodování, Weiszfeldova metoda, TOPSIS

Deciding on relocating warehouse and production

Abstract

This thesis deals with a decision-making problem concerning the international company Lach-Ner Group, specifically the problem of warehouse and production relocation. The company has several branches, one of which houses the simultaneous main warehouse and production. The Lach-Ner Group is solving the problem of relocating the warehouse and production to the optimal branch for the best and fastest service to its regular customers.

The theoretical background of the thesis explains the basic decision making, determination of the optimal warehouse location, software tools for converting customer addresses to GPS coordinates and data analytics tools. Terms related to decision making, decision models, multi-criteria decision methods, Weiszfeld method, ArcGIS Pro and SAS software are described.

The practical part introduces the company for which this thesis is prepared and then the thesis deals with the selection of criteria, their introduction and definition, which includes, among other things, the determination of the optimal location of the warehouse in relation to the location of customers using the Weiszfeld method, then the determination of weights based on the preferences of the company management and in finally the final selection made using the TOPSIS method. In the conclusion of the thesis, the results are evaluated, and the final option is recommended to the company for implementation.

Keywords: warehouse, company, relocation, production, location, multi-criteria selection, customers, decision making, Weiszfeld method, TOPSIS

Obsah

1 Úvod.....	11
2 Cíl práce a metodika	12
2.1 Cíl práce	12
2.2 Metodika	12
3 Teoretická východiska	14
3.1 Rozhodování	14
3.1.1 Vícekriteriální rozhodování	14
3.1.2 Varianty rozhodování	14
3.1.3 Kritérium vícekriteriálního rozhodování	16
3.1.4 Preference kritéria – stanovení vah.....	17
3.1.5 Výběr kompromisní varianty	19
3.2 Lokační analýza	24
3.2.1 Fermat-Weberův lokační problém	24
3.3 Geografické informační systémy	26
3.3.1 Data a informace.....	26
3.3.2 Počítače a software	27
3.3.3 Lidé a GIS.....	29
3.3.4 GPS souřadnice.....	29
3.3.5 Algoritmus pro plánování tras	30
3.4 Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance.....	30
3.5 Nástroj sloužící k analytickému zpracování dat – SAS	31
4 Vlastní práce.....	32
4.1 Profil společnosti.....	32
4.2 Volba kritérií	32

4.3	Dopravní dostupnost.....	34
4.3.1	Neratovice	34
4.3.2	Bratislava	36
4.3.3	Záhřeb	37
4.3.4	Budapešť	38
4.4	Vzdálenost od optimální lokace skladu.....	39
4.5	Cena přesunu vybavení	41
4.6	Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance.....	42
4.7	Legislativa	43
4.8	Náklad rekonstrukce skladu	44
4.9	Zhodnocení kritérií	44
4.10	Výběr kompromisní varianty.....	46
4.10.1	Stanovení vah	46
4.10.2	Výběr kompromisní varianty metodou TOPSIS	48
4.10.3	Hodnocení variant	49
4.10.4	Ekonomické zhodnocení	50
5	Výsledky a diskuse	52
6	Závěr.....	55
7	Seznam použitých zdrojů.....	57
8	Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk	61
8.1	Seznam obrázků	61
8.2	Seznam tabulek.....	61
8.3	Seznam grafů.....	62
	Přílohy	63

1 Úvod

Rozhodování je velmi důležitou součástí života jednotlivce, tak součástí fungování firem, států a celé společnosti. Každodenní rozhodnutí jednotlivce je mnohdy možné provést na základě intuice. Pro složité a sofistikované problémy, jako je například rozhodnutí o přesunutí hlavního skladu a výroby firmy je nutné se ale rozhodnout racionálně a správně. V dobře strukturovaných a konkrétních situacích je vhodné využít metod vícekriteriálního rozhodování, jelikož náklady spojené s přesunem skladu a výroby nelze vynaložit více než jednou a při nesprávném rozhodnutí mohou být pro firmu likvidační.

Již několik let jsem zaměstnancem mezinárodní společnosti Lach-Ner s.r.o., podnikající v chemickém průmyslu, spadající do skupiny Lach-Ner Group. Firma se rozhodla zvážit možnost přesunutí skladu a výroby do výhodné lokality a posoudit varianty na základě následujících kritérií. Mezi zvolená kritéria spadá vzdálenost od optimální pozice vzhledem k lokalitám zákazníků, vzdálenost od letiště, přístavu, vlakového nádraží a nejbližšího nájezdu na dálnici, průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance v dané lokalitě, ohodnocení dle legislativních obtížností a závěrem finanční zhodnocení rozdílu nákladů podle vybrané lokality skladů.

V současné době, má společnost výrobu a sklad umístěn v České republice v obci Neratovice. Společnost disponuje sklady obdobných velikostí a vlastností v Bratislavě, Záhřebu a Budapešti.

Ve své diplomové práci na téma přesunutí hlavního skladu a výroby se budu za pomoci metod vícekriteriálního rozhodování pokoušet zvolit optimální lokaci pro nový sklad a výrobu. Z již existujících poboček společnosti Lach-Ner Group, nacházejících se v České republice v Neratovicích, kde je umístěn současný sklad a výroba, na Slovensku v Bratislavě, kde se nachází dceřiná společnost Centralchem, s.r.o., v Chorvatské republice v Záhřebu, kde se nachází Lach-Mer D.O.O, a v Maďarsku v Budapešti, kde je dceřiná společnost Reanal Labor. O hledání nové pozice skladu bylo rozhodnuto z důvodu nutnosti rekonstrukce současného skladu a snahy o snížení přepravních nákladů a zvýšení rychlosti dodání zboží zákazníkovi.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je volba lokace pro přesun skladu a výroby na základě parametrů společnosti Lach-Ner Group. Cíl práce bude splněn za pomoci metod vícekriteriálního rozhodování. Zvolenými metodami dojde k výběru kompromisní varianty skladu, který nejlépe bude splňovat požadavky společnosti Lach-Ner Group.

Tento cíl se skládá ze čtyř dílčích cílů:

1. Vytvořit profil rozhodovatele na základě požadavků společnosti
2. Hledání optimální pozice pro sklad na základě adres zákazníků
3. Hodnocení možných lokalit z variant
4. Vícekriteriální výběr vhodné lokace z variant

Na základě aplikace metod bude vytvořen přehled výsledků a doporučení konkrétní varianty, která by společností měla být realizovaná.

2.2 Metodika

Pro nalezení přípustného řešení je v této diplomové práci využito metod vícekriteriální analýzy variant. V teoretické části práce budou popsány metody nutné pro splnění stanových cílů. Konkrétně problematika operačního výzkumu, systémové metodologie, softwarové nástroje umožňující geolokaci a nástroje pro analytické zpracování dat.

V praktické části práce bude představena společnost Lach-Ner Group, která je zadavatelem, bude popsán problém společnosti a dojde k vymezení jednotlivých variant. Také bude učena optimální lokace pro sklad a výrobu na základě adres současných zákazníků společnosti. Kritéria budou stanovena na základě potřeb společnosti. Získané informace budou zpracovány a převedeny na váhy jednotlivých kritérií podle preferencí společnosti. K najetí vhodného řešení bude dále využito metody TOPSIS.

V závěru práce bude společnosti Lach-Ner Group doporučena k realizaci kompromisní varianta zvolená na základě předchozích výsledků.

3 Teoretická východiska

3.1 Rozhodování

Rozhodování je nevyhnutelná část života každého jedince. Každé rozhodnutí, má vliv na náš život. Mnohdy se rozhodujeme za pomoci zkušenosti nebo rozumu. Správnost rozhodnutí je ale klíčová, jelikož mylné rozhodnutí může být katastrofálním jak pro jednotlivce, tak i pro skupinu, firmu nebo společnost. (Koukolík, 2016)

3.1.1 Vícekriteriální rozhodování

Vícekriteriální rozhodování slouží jako nástroj, určený k pomoci rozhodování mezi dvěma a více variantami. Každý problém, řešený za pomoci nástrojů vícekriteriálního rozhodování se snažíme převést na rozhodovací modely. Důsledky jednotlivých rozhodnutí jsou posouzeny na základě jednotlivých zvolených kritérií. Každé kritérium by mělo mít stanovenou svou důležitost a dle toho by mělo být posuzováno při rozhodování volby řešení rozhodovacího problému. (Fiala, 2013)

Rozhodování je ovlivněno dvěma důležitými proměnnými. Jendou je míra nejistoty, která vzniká tím, když neznáme významný údaj v problému. Například může jít o načasování události. Nejistota může být dále rozdělena na riziko a dvojznačnosti. Riziko v rozhodování je, když nejistota odpovídá předem známým pravděpodobnostem. Dvojznačnost je rozhodování, když nejsou předem známé pravděpodobnosti. (Koukolík, 2016; Fotr a Švecová, 2022)

Druhá důležitá proměnná je užitek. Užitek, je základem každého uváženého rozhodnutí. Z pravidla se snažíme maximalizovat náš užitek a vyhnout se negativním výsledkům. Užitek se v ekonomické teorii označuje jako něco, čemu dáváme přednost. Užitek se snažíme svým rozhodnutím nasytit. (Koukolík, 2016)

3.1.2 Varianty rozhodování

V rámci vícekriteriálního rozhodování se snažíme rozhodnutím zvolit variantu, která bude nejlepším řešením pro náš rozhodovací problém. Varianty dělíme na několik druhů. (Fotr a Švecová, 2022)

- Ideální varianta

Ideální varianta bývá zpravidla pouze teoretická. Tato varianta dosahuje ve všech zvolených kritériích nejlepší dosažené hodnoty. Pokud by ideální varianta byla v modelu reálná, byla by nedominována, a tedy by byla jednoznačně optimální variantou. (Brožová, Houška, Šubrt, 2014)

- Bazální varianta

Bazální varianta je zpravidla pouze teoretická varianta. Tato varianta obsahuje nejhorší možné hodnoty ze všech zvolených kritérií. (Brožová, Houška, Šubrt, 2014)

- Dominovaná varianta

Pokud všechny hodnoty varianty jsou horší než varianty, se kterou je tato varianta porovnávána, jde o variantu dominovanou. Dominovaná varianta se nemůže stát kompromisní variantou. (Jablonský, 2002; Brožová, Houška, Šubrt, 2014)

- Nedominovaná varianta

Nedominovaná, též známá jako paretoovská varianta, není dominována variantou, se kterou je porovnávána. Takováto varianta je tedy ve všech kritériích stejně dobrá nebo lepší než varianta, se kterou je porovnávána. Nedominovaná varianta se může stát variantou kompromisní. (Jablonský, 2002; Brožová, Houška, Šubrt, 2014)

- Vzájemně nedominovaná varianta

Vzájemně nedominovaná varianta vzniká, když dvě porovnávané varianty nelze rozdělit na nedominovanou a dominovanou, jelikož žádná varianta není lepší. (Brožová, Houška, Šubrt, 2014)

- kompromisní varianta

Výběr kompromisní varianty je zpravidla hlavním cílem při výběru mezi variantami. Jedná se tedy o konečnou variantu, která je kompromisem mezi zvolenými rozhodovacími kritérii. Volba kompromisní varianty probíhá, pokud je optimální varianta pouze teoretickou. Kompromisní varianta je vždy variantou nedominovanou. (Jablonský, 2002; Brožová, Houška, Šubrt, 2014)

3.1.3 Kritérium vícekritériálního rozhodování

Kritérium hodnocení představuje možná hlediska zvolená rozhodovatelem, za pomoci, kterých je možno posoudit výhodnost jednotlivých variant pro dosažení cíle rozhodování. Kritéria jsou obvykle tvořena na základě předem určených cílů řešení a mají mezi sebou těsný vztah. Také musí splňovat podmínky vzájemné nezávislá, zahrnovat všechna hlediska výběru ale zároveň musí být zahrnuta pouze podstatná kritéria, pro zvýšení přesnosti problému. Cíle se zpravidla označují jako maximalizace, minimalizace. Dále se pak dělí na kvalitativní a kvantitativní kritéria. (Šubrt, 2015)

- kvalitativní kritérium

Kritérium kvalitativní je slovně ohodnocené kritérium. Nemá přesnou náplň a nemusí rozhodovateli dávat jasný smysl. Kvalitativní kritérium je obtížné měřit. Obvykle má širší náplň a agregovaný charakter. Například jde o barvu, nebo kritéria sociálně ekonomické povahy. (Fotr a Ševcová, 2022)

- kvantitativní kritérium

Oproti kvalitativnímu kritériu má kvantitativní kritérium jasný význam a je z pravidla vyjádřeno číselně. Je snadno měřitelné a jeho hodnota lze přesně interpretovat. Kvantitativní kritérium lze mnohdy využít ve výpočtech za pomoci přesně daných vzorců, například u kritéria ukazatelového typu s definovanými vzájemnými vztahy pro výpočty jednotlivých ukazatelů. (Fotr a Ševcová, 2022)

- maximalizační kritérium

Maximalizační kritérium je snaha o zvýšení kritéria na nejvyšší možnou hodnotu. Může jít například o zvýšení zisku, tržby nebo rentability. (Fotr a Ševcová, 2022)

- minimalizační kritérium

Minimalizační kritérium je snaha o snížení kritéria na nejnižší možnou hodnotu. Minimalizace se například provádí u nákladů nebo ztrát. (Fotr a Ševcová, 2022)

3.1.4 Preference kritéria – stanovení vah

- ordinální informace

Ordinální informace je za předpokladu, že je řešitel schopný vyjádřit důležitost jednotlivých kritérií přiřazením pořadových čísel, nebo párovým porovnáním a určením, které kritérium je důležitější. U hodnocení kritérií za pomoci ordinální informace je přípustně několika kritériím dát hodnocení jako rovnocenné. (Jablonský, 2002)

- metoda pořadí

Tato metoda vyžaduje pouze uspořádání kritérií od nejvíce po nejméně důležité. Tato metoda je vhodná, pokud důležitost kritérií hodnotí několik expertů. Každý expert hodnotí nezávisle na ostatních následujícím způsobem. Nejdůležitější kritérium má přiřazenou hodnotu k , shodnou s počtem kritérií, tedy hodnotu nejvyšší. Každému kritériu v pořadí je následně přiřazena hodnota o jeden bod nižší až do $k = 1$. Hodnoty všech hodnotících pro jednotlivá kritéria se následně sečtou. Pokud přiřazenou hodnotu kritéria označíme jako hodnotu p_i , poté lze za pomoci následujícího vzorce určit váhu tohoto kritéria. Hodnota součtu všech kritérií by měla být rovna 1. Výpočet je možné zapsat pomocí vzorce 3.1. (Jablonský, 2002; Brožová, Houška, Šubrt, 2014)

$$v_i = \frac{p_i}{\sum_{i=0}^n p_i}, \text{ kde } i = 1, 2, \dots, n \quad 3.1$$

- kardinální informace

V případě rozhodování na základě kardinální informace se předpokládá, že řešitel je schopen určit pořadí důležitosti kritérií ale také, že zároveň dokáže porovnat poměr důležitosti dvojic kritérií. Jako metody sloužící k hodnocení kritérií na základě kardinální informace se využívá nejčastěji bodovací metody a Saatyho metody. (Brožová, Houška, Šubrt, 2014)

- bodovací metoda

Při bodovací metodě existuje předpoklad, že hodnotitel dokáže kvantitativně ohodnotit jednotlivá kritéria na základě jejich důležitosti v předem určené bodové stupnici. Důležitější kritéria jsou zpravidla ohodnocena vyšším počtem bodů. Při označení bodového ohodnocení kritéria jako p_i , lze za pomoci následujícího vzorce určit odhad vah kritérií. (Brožová, Houška, Šubrt, 2014)

- Saatyho metoda

V této metodě rozhodovatel porovnává oproti sobě všechny varianty kritérií ve dvojicích a určuje stupeň důležitosti jednoho kritéria před druhým za pomoci číselného hodnocení na stupnici 1-9. Hodnota 1 pokud mají kritéria shodnou důležitost. Hodnota 9 v případě, kdy důležitost prvního kritéria absolutně převyšuje důležitost druhého kritéria. V opačné variantě, kdy významnost druhého kritéria značně převyšuje hodnotu kritéria druhého, preferenci lze zapsat jako převrácenou hodnotu, tedy 1/9. Výsledky těchto párových porovnání následně zapisujeme do matice párových porovnání. (Jablonský, 2002)

Při určování významnosti za pomoci Saatyho metody lze využít následující verbální stupnici (Jablonský, 2002):

Kritérium Y_i a Y_j jsou stejně důležitá $\rightarrow S_{ij} = S_{ji} = 1$.

Kritérium Y_i je slabě důležitější než kritérium $Y_j \rightarrow S_{ij} = 5, S_{ji} = 1/5$.
 Kritérium Y_i je silně důležitější než kritérium $Y_j \rightarrow S_{ij} = 7, S_{ji} = 1/7$.
 Kritérium Y_i je absolutně převyšuje hodnotu kritéria $Y_j \rightarrow S_{ij} = 9, S_{ji} = 1/9$.

Obrázek 1 - Saatyho matice

$$S = \begin{pmatrix} 1 & S_{12} & \dots & S_{1n} \\ 1/S_{12} & 1 & \dots & S_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/S_{1k} & 1/S_{12} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Zdroj: Vlastní zpracování dle Šubrt, 2015

Při výpočtu vah je nutno ověřit konzistenci matice párových porovnání. Konzistence matice se ověřuje za pomoci vzorce CI (vzorec 3.2).

$$CI = (\lambda_{max} - k)/(k - 1) \quad 3.2$$

Matice se považuje jako dostatečně konzistentní, pokud je index CI nižší než 0,1. Pokud matice není dostatečně konzistentní, je nutné pro odhad vah jiná postup. (Jablonský, 2002)

Pro odhad vektoru vah ze Saatyho matice se obvykle využívá geometrický průměr prvků pro každý řádek matice S normalizovaný tak, aby byl každý řádek roven 1. (Jablonský, 2002)

3.1.5 Výběr kompromisní varianty

- Výběr bez informace o preferenci kritéria

Pokud řešiteli není známá nebo neexistuje informace o preferencích kritérií, úloha je řešitelná za pomoci bodovací metody, nebo metody počadí pro výběr kompromisní varianty. (Šubrt 2015)

- 1) Kritéria každé varianty jsou ohodnocena číslem b_{ij} . Následně je každá varianta ohodnocena číslem 1 až m , kdy m je počet variant. Číslování variant je prováděno tak, aby varianta označena číslicí m byla nejlepší

a varianta ohodnocena číslicí 1 nejhorší. Pokud jsou hodnoty shodné, je možno přidělit průměrné pořadové číslo pro tyto varianty.

- 2) Celkové hodnocení jednotlivých variant lze vypočítat za pomoci vzorce 3.4.

$$b_i = \sum_{j=1}^k b_{ij} \quad 3.4$$

- 3) Varianty jsou uspořádány sestupně dle hodnot b_i a kompromisní varianta je následně zvolena dle vztahu:

$$a_I: b_I = \max_{i=l, \dots, s} (b_i)$$

- Metody využívající nominální informace

Metody založené na nominální informaci používají k výběru aspiračních metod o preferenci jednotlivých kritériích. Metoda funguje na principu porovnání aspiračních úrovní kritérií s hodnotami všech kritérií v modelu. Za pomoci tohoto algoritmu získáme dvě skupiny variant. Neakceptovatelné varianty, které jsou horší neboli pod stanovenou hranicí meze a akceptovatelné varianty, které jsou lepší než stanovená hranice. (Šubrt 2015)

- Metody využívající ordinální informace

Metody využívající ordinální informaci k určení kompromisní varianty vyžadují znalost pořadí důležitosti jednotlivých kritérií a také zadání pořadí variant kritérií. Jako nejpoužívanější metodu lze označit metodu lexikografickou. Metoda předpokládá, že na výběr kompromisní varianty má největší vliv nejdůležitější kritérium. Pokud je více variant, které jsou nejdůležitějším kritériem hodnoceny shodně, přechází se k porovnání druhého nejdůležitějšího kritéria. Pokud ani druhým kritériem není určena kompromisní varianta, přechází se k dalším kritériím stejným způsobem až do určení jedné kompromisní varianty. Ve chvíli, kdy dojde k vyčerpání všech možných kritérií k porovnání a nedojde k určení kompromisní varianty, považuje se za kompromisní variantu

všechny varianty, které byly hodnoceny posledním kritériem. (Brožová, Houška, Šubrt, 2007)

- Metody využívající kardinální informace

Existuje mnoho metod využívajících kardinální informaci, tedy informaci o kritériálních vahách a informaci o variantách vyobrazenou jako kritériální matici s kardinálními hodnotami. Existují tři přístupy využívané k vyhodnocení variant. (Brožová, Houška, Šubrt, 2007)

- Maximalizace užitku

Maximalizace užitku předpokládá variantu vyčíslení užitku, který by realizací varianty byl získán na škále od 0 do 1. Ke stanovení celkového užitku, získaného realizací varianty, je nutné stanovit pro všechna kritéria hodnocení dle dílčí funkce užitku, která nahrazuje původní hodnocení varianty. Celkový užitek je následně vypočten jako agregace těchto dílčích hodnocení. (Brožová, Houška, Šubrt, 2007)

- Minimalizace vzdálenosti od ideální varianty

Za pomoci tohoto přístupu se předpokládá, že varianta je tím lepší, čím je nižší její vzdálenost od ideální varianty. K vyjádření vzdálenosti je možno použít různé metriky. (Brožová, Houška, Šubrt, 2007)

- Preferenční relace

Preferenční relace je párové porovnání všech variant podle všech kritérií. Nejdříve se odvozují dílčí preferenční intenzity všech variant a následně se odvozují celkové preferenční intenzity variant, které vedou k určení kompromisní varianty. (Brožová, Houška, Šubrt, 2007)

- Metoda AHP

Metoda analytického hierarchického procesu. Metoda sloužící k rozhodování ve složitých rozhodovacích situacích. Metoda lze použít

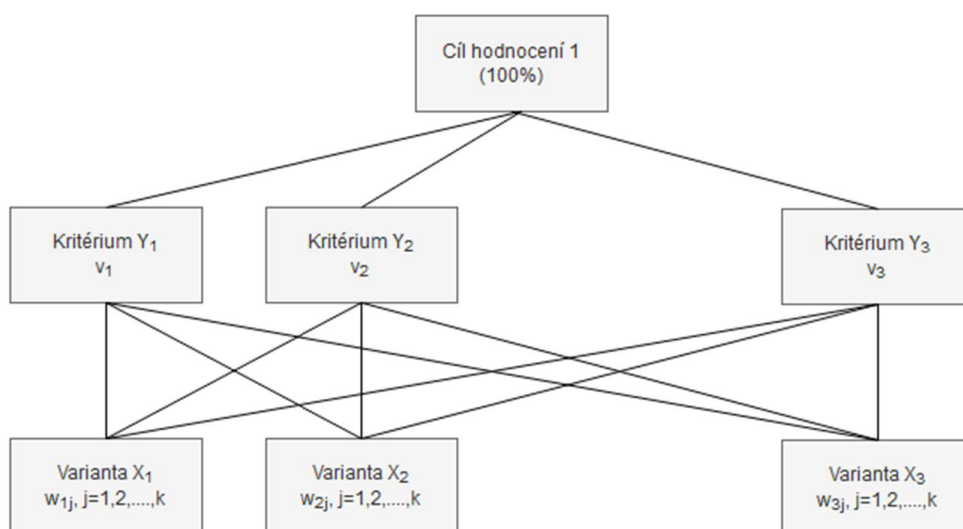
pro jakýkoliv typ informace o preferenčních vztazích komponent v modelu. Podmínkou ale je, že musí být jasně určitelný směr preference a intenzita mezi všemi porovnávanými páry komponent. Metoda je znázorněna v obrázku číslo 2. (Šubrt, 2019; Jablonský, 2002)

Při výpočtu dochází k uspořádání jednotlivých úrovní hierarchie od obecnějšího ke konkrétnímu. Prvky umístěné na vyšších pozicích jsou obecnějšího rázu. Na každé úrovni se provádí metoda kvantitativního párového porovnání. Za pomoci tohoto hodnocení se přiřazuje důležitost jednotlivých prvků. Posledním krokem je stanovení prvku s nejvyšší prioritou, na níž se rozhodovatel zaměřuje ve snaze získat řešení problému rozhodování. (Šubrt, 2019; Jablonský, 2002)

Typický model metody AHP obsahuje následující tři úrovně:

- 1) Cíl hodnocení – například výběr nejlepší varianty.
- 2) Kritéria – cíl vyhodnocování přímo závisí na použitých kritériích.
- 3) Posuzované varianty – užitek variant závisí na vztahu s hodnotícími kritérii.

Obrázek 2 Hierarchická struktura pro úlohu VHV



Zdroj: Vlastní tvorba dle Jablonský (2002)

- Metoda TOPSIS

Metoda TOPSIS je metodou využívající kardinální informaci. Touto metodou dochází k volbě varianty, která má maximální vzdálenost od varianty nejhorší (bazální). Pro použití této metody musí model splňovat podmínku, kdy všechny varianty modelu jsou hodnoceny kardinální informací a zároveň došlo k určení kritériálních vah. (Šubrt a kolektiv, 2019)

Postup pro řešení metody TOPSIS lze obecně rozdělit na několik kroků.

- 1) Tvorba kritériální matice $R = (r_{ij})$ z původních hodnot dle vzorce 3.5, kde y_{ij} značí hodnotu varianty pro řádek (i) a sloupec (j) z množin variant.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p y_{ij}^2}} \quad 3.5$$

- 2) Výpočet prvků vážené kritériální matice $W = (w_{ij})$ dle vzorce 3.6.

$$w_{ij} = v_j * r_{ij} \quad 3.6$$

v_j je rovno váze j -tého kritéria.

- 3) Určení ideální varianty, kdy množina těchto variant je označena jako H .

$$H = (H_1, H_2, \dots, H_k)$$

- 4) Určení bazální varianty, kdy množina těchto variant je označena jako D .

$$D = (D_1, D_2, \dots, D_k)$$

- 5) Stanovení vzdálenosti dílčích variant od varianty (vzorec 3.7).

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - H_j)^2} \quad 3.7$$

- 6) Stanovení vzdálenosti dílčích variant od varianty bazální (vzorec 3.8).

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - D_j)^2} \quad 3.8$$

- 7) Výpočet ukazatele relativní vzdálenosti jednotlivých variant od varianty bazální c_i : (vzorec 3.9)

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad 3.9$$

Hodnoty ukazatele relativní vzdálenosti jednotlivých variant od varianty bazální (c_i) nabývají nebo jsou rovné hodnotám od 0 do 1. Hodnoty 0 tento ukazatel nabývá pro bazální variantu, hodnoty 1 pro variantu ideální. Varianty dále roztrídíme sestupně dle hodnoty c_i . Varianta s nejvyšší hodnotou c_i má nejkratší vzdálenost od ideální varianty a nejdelší vzdálenost od varianty bazální. Tuto variantu je možné považovat za výsledek. (Fiala, 2013; Šubrt, 2019; Jablonský, 2002)

3.2 Lokační analýza

3.2.1 Fermat-Weberův lokační problém

Fermat-Weberův lokační problém řeší problém, určení ideální lokace pro nejefektivnější obsluhu zákazníků, na základě lokace zákazníků a přidělených vah. Tento problém lze řešit za pomoci Weiszfeldovy metody, která byla poprvé představena v roce 1937. (Ben-Israel, Iyigun; Todinov, 2010)

- Weiszfeldova metoda

Weiszfeldovův algoritmus je procedura určená k hledání „těžiště“, tedy určení bodu, který je odhadovaným středem od určených bodů. Tato metoda je nejpoužívanější metodou pro řešení Fermat-Weberova lokačního problému. Algoritmus se provádí do nalezení nejlepšího řešení. (Drezner, Brimberg, Schöbel, 2023; Salhi, Boylan, 2022)

Metoda je vhodná pro volbu pouze jednoho bodu/pobočky. Pomocí této metody není možné určit více optimálních bodů/poboček najednou. Algoritmus lze opakovat pro každou pobočku zvlášť pro dosažení obdobného výsledku. (Salhi, Boylan, 2022)

K odhadu optimálního bodu lze využít metodu váženého těžiště. Tato metoda slouží k vypočtení hrubé pozice optimálního bodu a je aritmetickým průměrem lokací zadaných bodů. Výsledný bod by měl být umístěn v nejkratší vzdálenosti mezi všemi zadanými body. Metodu lze napsat následující matematickou rovnicí (3.10). (Baskar, Anthony, Xavier, 2021; Holler, Weinmann, Grohs, 2020)

$$y_0 = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_j p_j}{\sum_{j=1}^n \omega_j} \quad 3.10$$

Kde ω_j jsou váhy jednotlivých bodů, p_j jsou souřadnice jednotlivých bodů a n je počet všech bodů zahrnutých v modelu. Výsledné y_0 je vážený průměr všech bodů a jejich vah. (Baskar, Anthony, Xavier, 2021)

K určení přesnějších výsledků lze využít iterativní Weiszfeldovy metody (rovnice 3.11). Tato metoda konverguje ke stacionárnímu bodu, kde s každou iterací je výsledek přesnější. (Baskar, Anthony, Xavier, 2021)

$$y_{(i+1)} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{\omega_j p_j}{\|p_j - y_i\|}}{\sum_{j=1}^n \frac{\omega_j}{\|p_j - y_i\|}} \quad 3.11$$

y_i značí současný odhad bodu, kde $y_{(i+1)}$ bude novou odhadnutou lokací. Každá souřadnice je reprezentována $\omega_j p_j$, kde váha je značena jako

ω_j a p_j jsou souřadnice bodů. Výpočet touto metodou se opakuje do dosažení stanovené hranice zpřesnění výsledku. (Baskar, Anthony, Xavior, 2021)

3.3 Geografické informační systémy

Geografické informační systémy jsou softwarové nástroje, umožňující správu, analýzu a tvorbu dat v nejrůznějších mapách. Tyto systémy propojují data s mapami. Geografické informační systémy se využívají v nejrůznějších odvětvích. Využívány jsou například záchranáři při plánování záchranných operací, mnohdy v nepřehledných komplikovaných terénech, stavební inženýři při plánování výstavby budov a měst nebo například státní správa při plánování nových dopravních spojů. (ESRI.COM – What is gis; Mitchell, 2022)

Geografické informační systémy jsou složeny z mnoha různých částí. Mezi základní části patří (Demers, 2009):

- 1) Data a informace,
- 2) počítače a software,
- 3) lidé a GIS.

3.3.1 Data a informace

Pro úspěšnou práci v geografickém informačním systému je nutné mít přesná a kvalitní data. Bez přesných a kvalitních dat nejsou výsledky výzkumu za pomoci geografických informačních systémů nijak rozhodující a mohou vést i ke zkreslení výsledného rozhodnutí. (Demers, 2009)

- Určení vhodných zdrojů pro sběr dat

Data mohou být získána z mnoha zdrojů. Mnohdy lze použít již existující data z veřejných zdrojů, nebo data naměřit, například za pomoci hlasování, z fotografií nebo systému GPS. Volba správných dat může mít zásadní vliv na výsledek celého zkoumání. (Demers, 2009)

- Sběr dat

Při sběru dat je nezbytné určit vhodnou metodologii, určit předem všechny proměnné a zvolit optimální nástroje pro co nejpřesnější získaná data. K získání dat lze využít různé elektronické přístroje, jako například digitální kamery, měřiče vzdáleností, GPS lokátory a další. Po použití těchto nástrojů je nutné data převést do formátů podporovaných zvoleným GIS softwarem. (Demers, 2009)

- Převod dat do správné formy

Získaná data je nutné převést do formátů vhodných pro použití v geografických informačních systémech. Bez vhodných převodů nemusí být data využitelná nebo mohou být nepřesná a ovlivnit nepříznivým způsobem výsledky zkoumání. Mnoho dnešních softwarů na sběr dat je již připraveno na následné využití dat v geografických informačních softwarech, a export dat probíhá automaticky ve vhodných formátech. (Demers, 2009)

3.3.2 Počítače a software

Pro práci s moderními geografickými informačními systémy je nutné využít výpočetní síly počítačů. Pro využití softwaru geografických informačních systémů je nutné mít vhodný hardware a operační systém. Proto je vždy před použitím geografického informačního systému nutné ověřit vzájemnou kompatibilitu softwaru s hardwarem a operačním systémem. Za pomoci počítačů v různých formách a podobách je možné automaticky sbírat data, pořizovat fotografie, provádět nejrůznější komplikované výpočty, uchovávat nebo zobrazovat data.

Existuje mnoho geografických informačních systémů, některé umožňují pouze základní funkcionalitu a jiné, které jsou komplexnějšími a všestrannými nástroji pro zpracování geografických dat. Mezi nejznámější a nejpoužívanější software dle webu gisgeography.com například ArcGIS PRO. (Demers, 2009)

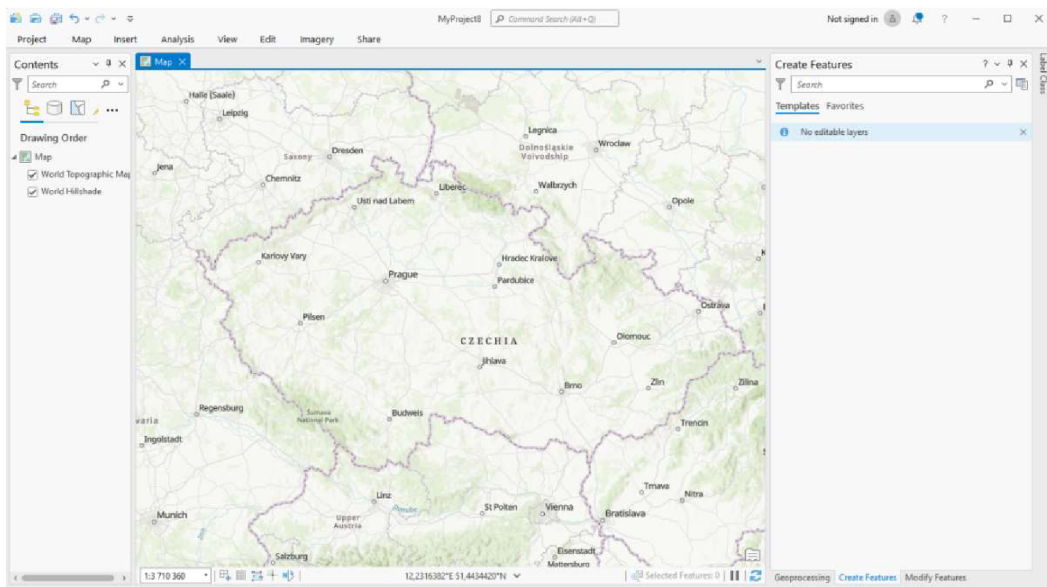
- ArcGIS PRO

Arcgis využívá moderní 3D zobrazení, software je optimalizovaný pro moderní 64bitové procesory a patří k velmi komplexním softwarovým nástrojům. Za pomoci tohoto nástroje je možné převádět adresy do map a následně je extrahovat do GPS souřadnic. (ARCDATA; ARCGIS PRO 2)

Mezi hlavní výhody tohoto softwaru lze považovat moderní a přehledné rozhraní, optimalizace pro 64bitové procesory, integraci s ArcGIS online, přehledný cartografie a popisy, 3D integrace a více než 1500 geoprocessing nástrojů. Za nevýhody lze považovat drahé pořizovací náklady softwaru, velké soubory vytvořených projektů a neintuitivnost softwaru pro nové uživatele. Rozhraní softwaru je vyobrazeno na obrázku číslo 3. (ARCDATA; ARCGIS PRO 2)

Současná verze softwaru ArcGIS PRO 3.1, vyžaduje operační systém Windows 10 a novější, nebo v případě serverové instalace Windows server 2016 a novější. Dále minimálně 2 jádrový procesor 64bitové platformy, 32 GB volného místa na úložišti typu SSD a minimálně 8gb operační paměti. (ARCGIS PRO 1)

Obrázek 3 Rozhraní softwaru ArcGIS Pro



Zdroj: Software ArcGIS Pro; vlastní zpracování 2023

3.3.3 Lidé a GIS

Geografické informační systémy jsou používány k plánování a rozhodování lidí. Celý koncept GIS slouží jako software pro podporu rozhodování. Mnohdy se využívají pro společnosti, státní zájmy, vojenskou podporu, výuku nebo pro podporu záchranářů. Nejde jen o rozhodnutí ale i jeho správnost, efektivitu a dlouhodobé zrychlení a zpřesnění rozhodování. Pro správné využití softwarových nástrojů geografických informačních systémů je nutný zkušený a kvalifikovaný personál, který zvládne software nejen ovládat, ale má i příslušné geografické znalosti. (Demers, 2009)

3.3.4 GPS souřadnice

Zkratka GPS značí global positioning system. Systém GPS, se sestává z mnoha satelitů umístěných ve vesmíru a slouží ke snadné lokalizaci zařízení. Za pomoci signálu přijímaného z těchto satelitů je možné určit přesnou lokaci kdekoliv na planetě. Systém GPS byl navržen armádou Spojených států amerických a uveden do provozu 1978. Systém byl zprvu používán pouze pro vojenské účely, například k navádění střel. V roce 1983 byl uvolněn pro veřejné použití. Současný počet uživatelů GPS se odhaduje na 3 biliony lidí po celém světě. (Gagne, 2018)

- souřadnicový systém GPS

Systém souřadnic GPS byl vytvořen, pro označení každého místa na planetě za pomoci numerických symbolů s vysokou přesností. GPS souřadnice lze zapsat dvěma způsoby. (Kirvan, 2022)

První varianta zápisu obsahuje nejprve stupeň vzdálenosti od rovníku. Dále stupeň vzdálenosti od nultého poledníku. Zápis lokace Zemědělské univerzity v Praze za pomoci systému těchto souřadnic by byl následující: Latitude 50° 7' 47.913" Longitude 14° 22' 22.7994". (ČZU, Kontakty; Kirvan, 2022)

Druhá varianta zápisu je decimálním převodem souřadnic. V tomto zápisu je poloha Zemědělské univerzity v Praze zapsána následovně: Decimal Latitude 50.129976 Decimal Longitude 14.373. (ČZU, Kontakty; Kirvan, 2022)

3.3.5 Algoritmus pro plánování tras

Automatizované nástroje pro plánování tras jsou běžným nástrojem sloužící k najetí cesty z jednoho bodu do druhého. Tuto trasu, vzniklou za pomoci plánovače trasy lze použít k pohybu dopravní jednotky po dopravní cestě. Pohyb jednotky lze zapsat vektorově jako množství, směr, vzdálenost a čas. Trend plánování tras započal v automobilovém průmyslu, s rozvojem internetu ale vzniklo několika projektů, které změnilo způsob navigování. (Nolde; Pastor a Tuzar, 2007)

- OSRM

Populární nástroj, open source routing machine, sloužící k interaktivnímu plánování tras, se snaží nalézt nejkratší, nejrychlejší, nebo nejefektivnější cestu mezi dvěma body v mapě. Tento algoritmus vychází z databáze OpenStreetMap, který sleduje a sbírá geografická data po celém světě. Mezi hlavní výhody OSRM patří, že jde o „svobodný software“, udržovaný a vyvíjený komunitou, čerpání aktuálních dat a dopravních informací a vysoká rychlost a přesnost plánování tras. Za nevýhody lze považovat vysoké nároky na hardware a nízkou flexibilitu v případě potřeby hodnotit jednotlivé části vahami. (Nolde; Project OSRM)

3.4 Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance

Průměrný náklad na jednu hodinu práce, na jednoho zaměstnance se skládá z několika částí. První část nákladu je kompenzace za odpracovaný čas, která se také nazývá mzdou. Dále jsou zde započteny náklady na vzdělání/zaškolení zaměstnance na pozici spolu s náklady na pracovní oblečení, daně a odvody a také náklady na hledání nového zaměstnance. Tato statistika je každý rok vypočtena znovu. Jejimi výpočty se pro členské státy EU zabývá Eurostat, ze kterého byly čerpány následující údaje pro rok 2022. (Eurostats 1; Eurostats 2)

Data jednotlivých států získaná ze Statistického úřadu Evropské unie, byla zpracována do tabulky 1.

Tabulka 1 - Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance ve vybraných státech

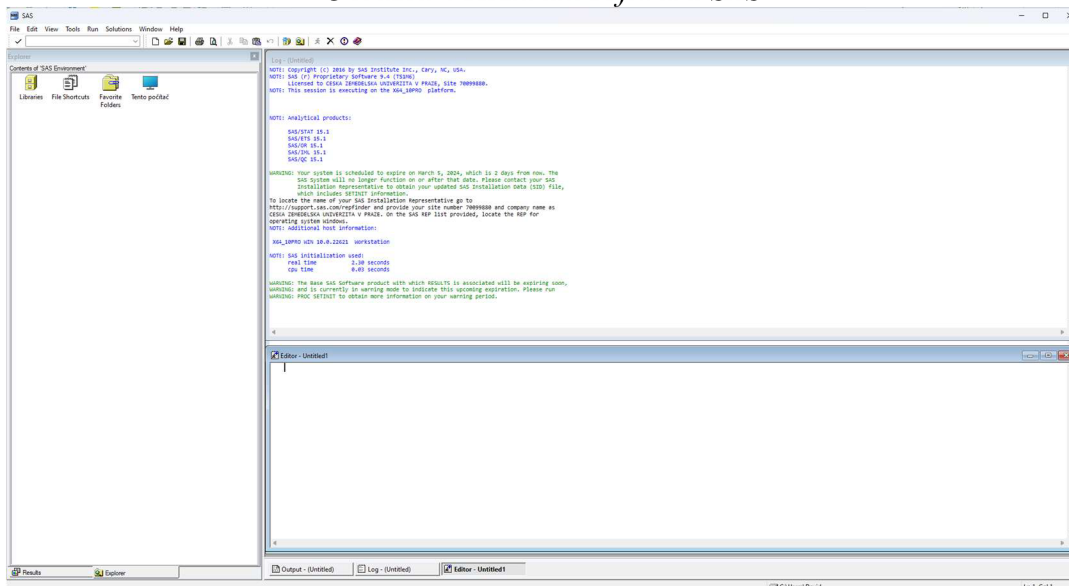
Vybraný stát	Česká republika	Slovenská republika	Maďarsko	Chorvatská republika
Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance	16,4 EUR	15,6 EUR	12,1 EUR	10,7 EUR

Zdroj: Vlastní zpracování dle Eurostat, 3

3.5 Nástroj sloužící k analytickému zpracování dat – SAS

Software SAS sloužící k analytickému zpracování dat byl navržen před více než 40 lety v USA. Několik let po svém vydání zažívá rychlý růst, následně s modernizací softwaru a dalších technologií dochází k růstu uživatelů softwaru po celém světě. Tento softwarový nástroj slouží k přesnému zpracování analytických dat za pomoci různých metod a technik. Může sloužit jako nástroj pro podporu rozhodování. Nejčastěji se využívá v oblasti statistiky a analýzy dat v podniku, zdravotnictví, telekomunikaci, státní správě a další. Software se ovládá za pomoci příkazů a data jsou do softwaru vkládána pomocí databází, příkazů a tabulek. Rozhraní softwaru je vyobrazeno na obrázku 4. (McDaniel, Hemedinger 2010; SAS)

Obrázek 4 Rozhraní softwaru SAS



Zdroj: Software SAS; Vlastní zpracování

4 Vlastní práce

Tématem praktické části této práce je návrh přesunu výroby a skladu společnosti podnikající na trhu s chemií. V této části práce jsou analyzována nejrůznější kritéria pro výběr vhodné lokality na přesun skladu a výroby. Vybrané lokality jsou vždy ve stejném městě, jako jedna z dceřiných společností, jelikož každá z dceřiných společností již se skladem obdobných kvalit disponuje. V současné době sklady nejsou využívány, nebo jsou zastaralé, a tak bude nutná jejich rekonstrukce. Zvolená kritéria byla určena po konzultaci s vedením společnosti. Výsledky této práce by měly napomoci společnosti v rozhodování nad přesunem skladu a výroby nebo setrvání společnosti na současné lokalitě.

4.1 Profil společnosti

Společnost se zabývá výrobou a distribucí čisté a laboratorní chemie se zaměřením primárně na oblasti střední a východní Evropy. Z důvodu rostoucích nákladů na udržení výroby a skladu v České republice vedení společnosti zvažuje přesun skladu do zahraničí, konkrétně do lokality, kde se nachází některá z dceřiných společností. Státy, které tímto přichází v úvahu jsou: Česká republika, Slovenská republika, Chorvatská republika a Maďarsko.

4.2 Volba kritérií

Na základě konzultace s vedením společnosti bylo stanoveno několik kritérií. Kritéria byla vybrána na základě dlouhodobých zkušeností odborníků v problematice chemického průmyslu, ekonomiky a logistiky.

Dopravní dostupnost

Jelikož společnost prodává hmatatelné zboží, jedním z důležitých kritérií je dopravní dostupnost. Pro výpočet budeme zvažovat vzdálenost od nejbližšího nájezdu na dálniční síť, nejbližší nákladní přístav, letiště a vlakové nádraží. Pro změření vzdáleností bylo využito veřejně dostupného prohlížeče map OpenStreetMap a algoritmu OSRM. Za pomoci tohoto nástroje bude zvolena nejkratší možná cesta z výchozí destinace skladu, na cílovou destinaci. Při určení nejkratší vzdálenosti nebude brán ohled na aktuální uzavřené silnice a probíhající

výstavby, jelikož z dlouhodobého hlediska jsou pro určení nejkratší trasy zanedbatelné a mohou se v průběhu času měnit. Kritérium je minimalizační.

Vzdálenost od optimální lokace skladu

Optimální lokace skladu a výroby bude určena za pomoci Weiszfeldovy metody na základě lokací všech zákazníků, kteří alespoň 3 kalendářní roky za sebou nakoupili zboží v hodnotě 2000 EUR a více. Optimální lokace skladu a výroby by měla napomoci k určení skladu, který bude v nejbližší vzdálenosti mezi jednotlivými zákazníky. Výsledkem tohoto určení, by měla být kratší průměrná doba doručení zboží. Jelikož společnost vyznává pravidlo, že každý dlouhodobý zákazník je pro společnost stejně důležitý, nebyly do úlohy započteny váhy jednotlivých zákazníků na základě množství odebíraného zboží. Všichni zákazníci tak mají ve výpočtu stejnou prioritu. Kritérium je minimalizační.

Cena přesunu vybavení

V případě rozhodnutí o přesunutí skladu bude veškeré zboží v průběhu několika měsíců vyprodáno a nakoupeno již do nového skladu. Při rozhodnutí setrvání na místě bude zboží také vyprodáno, pro uvolnění skladových prostor k rekonstrukci skladu. Stěhování, nebo zachování ve stávajícím skladu se tedy týká pouze některého vybavení, a to konkrétně dvou elektrických vysokozdvihných vozíků, speciálních tiskáren na štítky a přenosných digitálních skenerů. Ostatní vybavení je již zastaralé. Takové vybavení ekologicky zlikvidováno a zakoupeno znovu na zvoleném místě skladu. Současná nabídka od dodavatele na přepravu vysokozdvihných vozíků je 1,1 EUR za jeden vozík za kilometr. Při přepravě nad 700 kilometrů cena klesá na 1 euro za jeden vozík za kilometr. Ostatní vybavení převezme společnost svým užitkovým vozem, kde společnost předpokládá, že vůz pojedí přímo do skladu, nebude se již vracet a náklad na 1 kilometr odhaduje na 0,3 EUR s plně naloženým vozem. Vzdálenost bude určena jako nejkratší možná vzdálenost pozemní silniční dopravy. Kritérium je minimalizační.

Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance

Společnost se dlouhodobě soustředí na minimalizování nákladů ve výrobě a provozu skladu. Při minimalizování výrobních nákladů je důležitý i průměrný náklad na jednu hodinu práce na jednoho zaměstnance. Kritérium je minimalizační.

Legislativa

V chemickém průmyslu je také podstatná legislativní náročnost jednotlivých zemí. Některé státy jsou přísnější, ohledně požadavků na skladování, přepravování a další zacházení s chemikáliemi. Tabulka států byla předána exportním specialistům společnosti, jimž jsou tyto informace blíže známé a jednotlivé státy byly ohodnoceny dle náročnosti v rozmezí 1–4. Vyšší hodnota značí obtížnější legislativní podmínky pro provoz chemického průmyslu. Stát s nejnižším hodnocením bude tedy nejméně obtížný na provoz skladu a výroby. Výsledky získané na základě bodování exportními specialisty budou zprůměrovány a budou využity k dalším výpočtům. Toto kritérium je minimalizační.

Náklady na rekonstrukci

Sklady, které jsou společností Lach-Ner Group vlastněny v každé lokalitě vyžadují rekonstrukci. Vzhledem k rozdílným potřebám každého skladu jsou náklady na rekonstrukci různé. Částka potřebná na rekonstrukci byla zpracována z nejlepší nabídky, jakou byla společností po vytvoření poptávky získána.

4.3 Dopravní dostupnost

Lokality vybrané společností jsou vždy lokality sousedící nebo přímo v areálu dceřiné společnosti nebo pobočky. Ve vybraných lokalitách společnost vlastní vhodné skladové prostory pro přesun výroby a skladu. Prostory vyžadují pouze rekonstrukci a renovaci obdobnou potřebám rekonstrukce současného skladu v Neratovicích. Pro určení nejvhodnější lokality je potřeba určit vzdálenost od skladu k letišti, přístavu, vlakového nádraží a nejbližšího nájezdu na dálniční síť.

4.3.1 Neratovice

V obci Neratovice je současné sídlo, výroba i sklad společnosti. Město Neratovice má dlouhou historii blíže související s chemickým průmyslem. Toto

město se nachází ve středočeském kraji. Nejbližší vhodné letiště je letiště Václava Havla v Praze. Vzdálenost od skladu v Neratovicích je 38 kilometrů. Přístav umožňující odeslání nákladního zboží se nachází v obci Mělník a cesta ze skladu je o délce 16 kilometrů. Vzdálenost od vlakového nádraží byla označena 0 kilometrů, jelikož do areálu skladu vedou přímé koleje určené k nakládce a vykládce zboží. Nejbližší nájezd na dálniční síť se nachází v obci Zdiby. Délka trasy od skladu na nájezd na dálnici je 15 kilometrů. Vzdálenosti od skladu jsou obsaženy v tabulce 2.

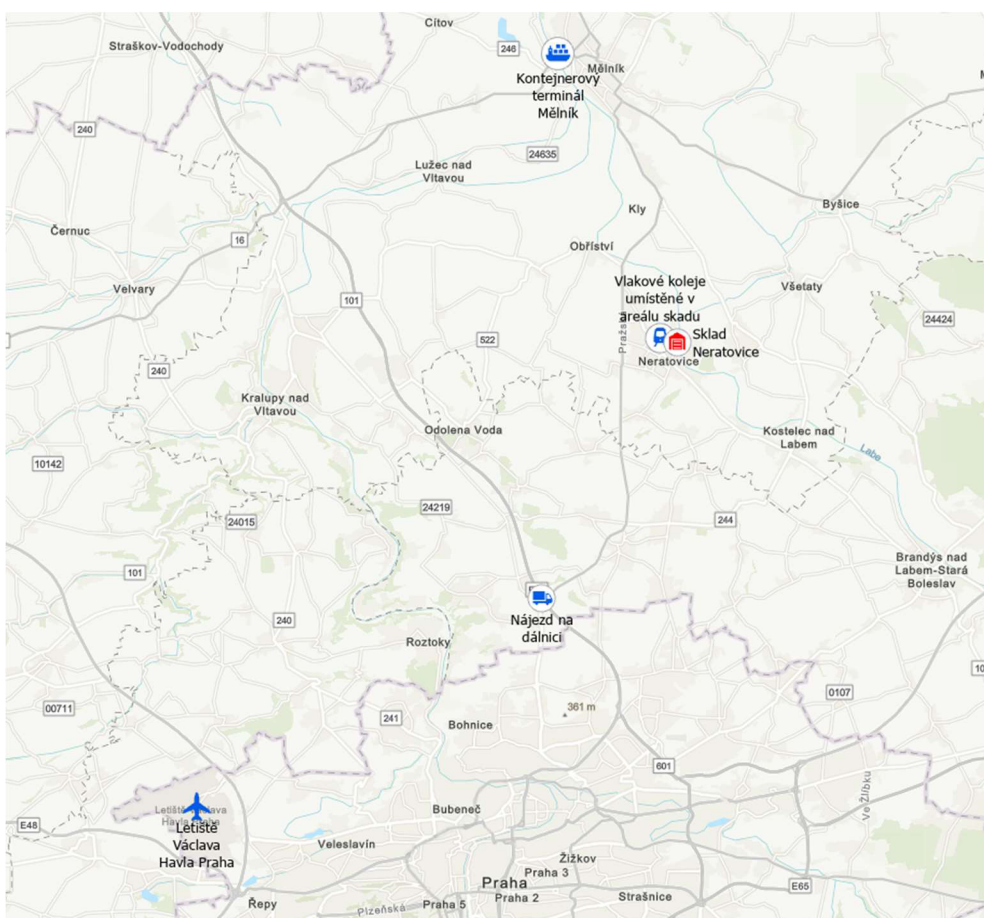
Tabulka 2 Vzdálenosti důležitých bodů od skladu – Česká republika, Neratovice

	Letiště	Přístav	Vlakové nádraží	Nájezd na dálnici
Vzdálenost	38 km	16 km	0 km	15 km

Zdroj: Vlastní zpracování za pomoci OpenStreetMap

Všechny důležité body byly zakresleny do mapy za pomoci softwaru ArcGIS Pro a jsou k nahlédnutí na obrázku 5.

Obrázek 5 Mapa – Sklad Česká republika, Neratovice. Měřítko mapy 1:240 000



Zdroj: Vlastní zpracování za pomoci ArcGIS Pro

4.3.2 Bratislava

Bratislava je hlavní město Slovenské republiky. Sídlí zde jedna z dceřiných společností. Mezinárodní letiště M. R. Štefánika Bratislava se od skladu dceřiných společností nachází ve vzdálenosti 5 km. Jako vhodný přístav byl zvolen nákladní přístav v Bratislavě, vzdálený od skladu 8 km. Součástí města je také nákladní vlakové nádraží, ve vzdálenosti 7 km. Jednotlivé vzdálenosti jsou uvedeny v tabulce 3.

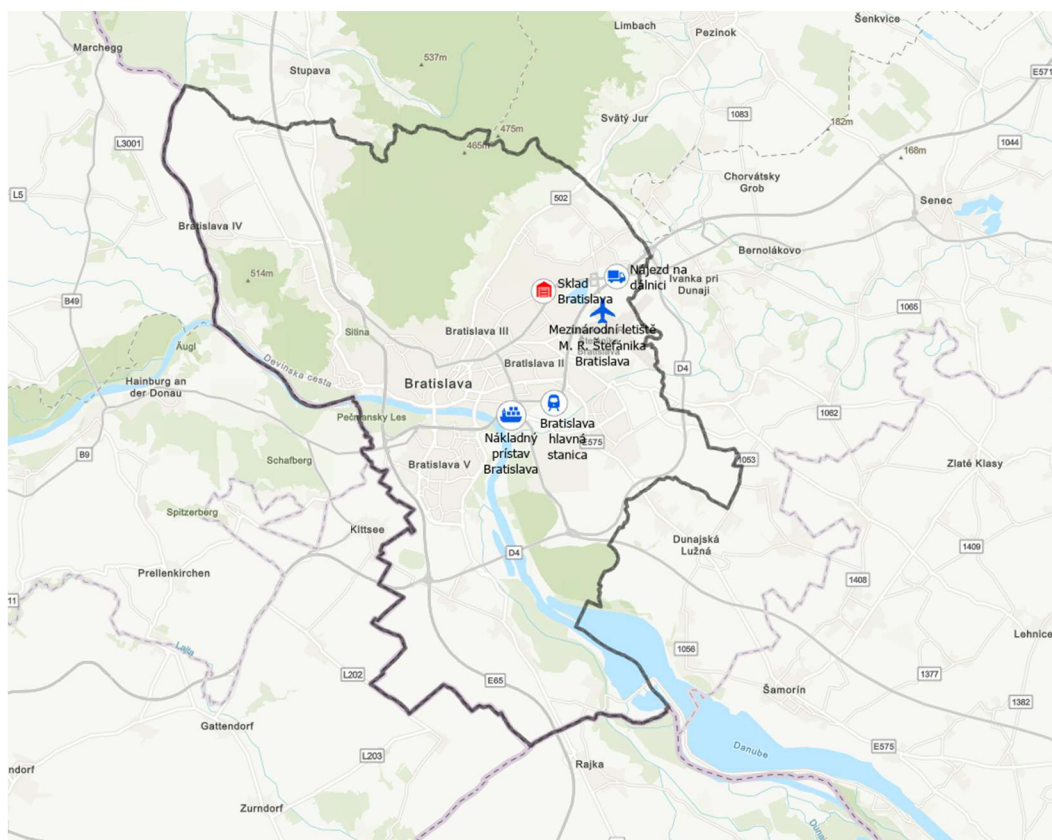
Tabulka 3 Vzdálenosti důležitých bodů od skladu – Slovenská republika, Bratislava

	Letiště	Přístav	Vlakové nádraží	Nájezd na dálnici
Vzdálenost	5 km	8 km	7 km	3 km

Zdroj: Vlastní zpracování za pomoci OpenStreetMap

Jednotlivé body byly za pomoci softwaru ArcGIS Pro zakresleny do mapy. Mapa je k nahlédnutí níže (Obrázek 6).

Obrázek 6 Mapa – Sklad Slovenská republika, Bratislava. Měřítko mapy 1:240 000



Zdroj: Vlastní zpracování za pomoci ArcGIS Pro

4.3.3 Záhřeb

Záhřeb je hlavní město Chorvatské republiky. V tomto městě sídlí jedna z dceřiných společností. V Záhřebu je k dispozici letiště vzdálené 13 km, vlakové nádraží (3 km) a dálniční síť, jejíž nájezd je umístěn 17 km. Nejbližší velký přístav, přijímající kontejnerovou lodní dopravu je Port of Rijeka, vzdálený 162 km. Jednotlivé vzdálenosti od skladu do konkrétní lokace jsou uvedeny v tabulce 4.

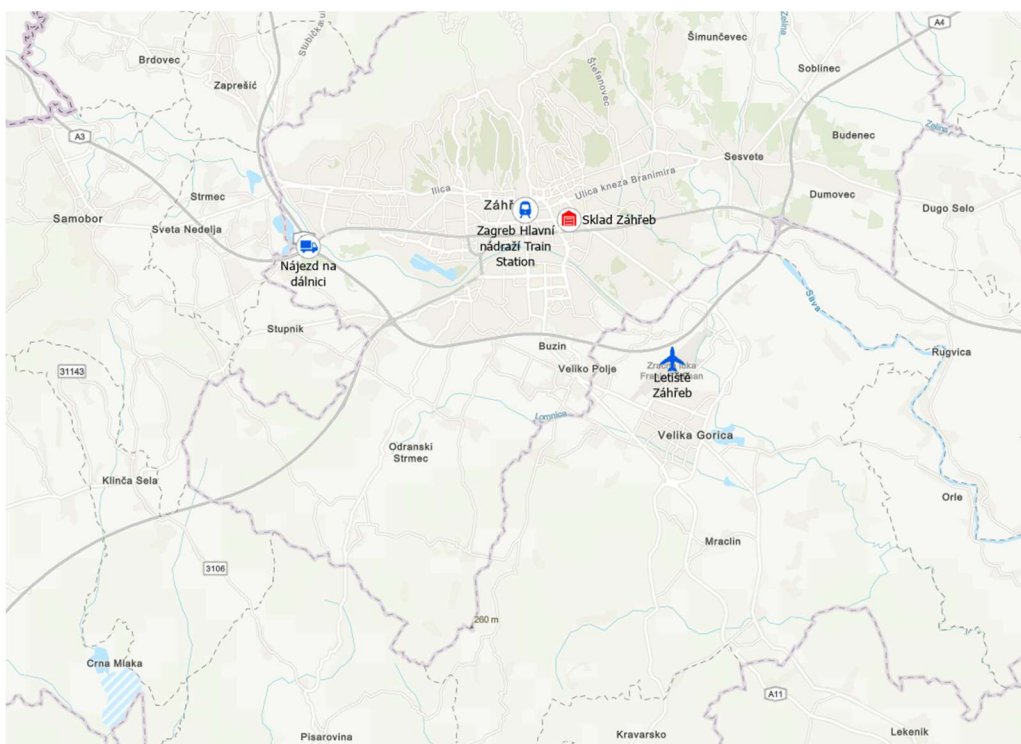
Tabulka 4 Vzdálenosti důležitých bodů od skladu – Chorvatsko, Záhřeb

	Letiště	Přístav	Vlakové nádraží	Nájezd na dálnici
Vzdálenost	13 km	162 km	3 km	17 km

Zdroj: Vlastní zpracování za pomoci OpenStreetMap

Lokace skladu, nájezdu na dálnici, přístavu, vlakové nádraží a letiště byly zakresleny do mapy na obrázku 7. Z důvodu přehlednosti mapy byl vynechán vzdálený přístav.

Obrázek 7 Mapa – Sklad Chorvatsko, Záhřeb. Měřítko mapy 1:240 000



Zdroj: Vlastní zpracování za pomoci ArcGIS Pro

4.3.4 Budapešť

Budapešť je hlavním městem Maďarska. Zároveň je také hospodářské a dopravní centrum celého státu. V Budapešti je dostupný přístav, vzdálený 15 km od skladu společnosti, letiště vzdálené 34 km a nájezd na dálnici 6 km. Výhodou jsou vlakové koleje zavedené v areálu skladu. Vzdálenosti jsou uvedeny v tabulce 5.

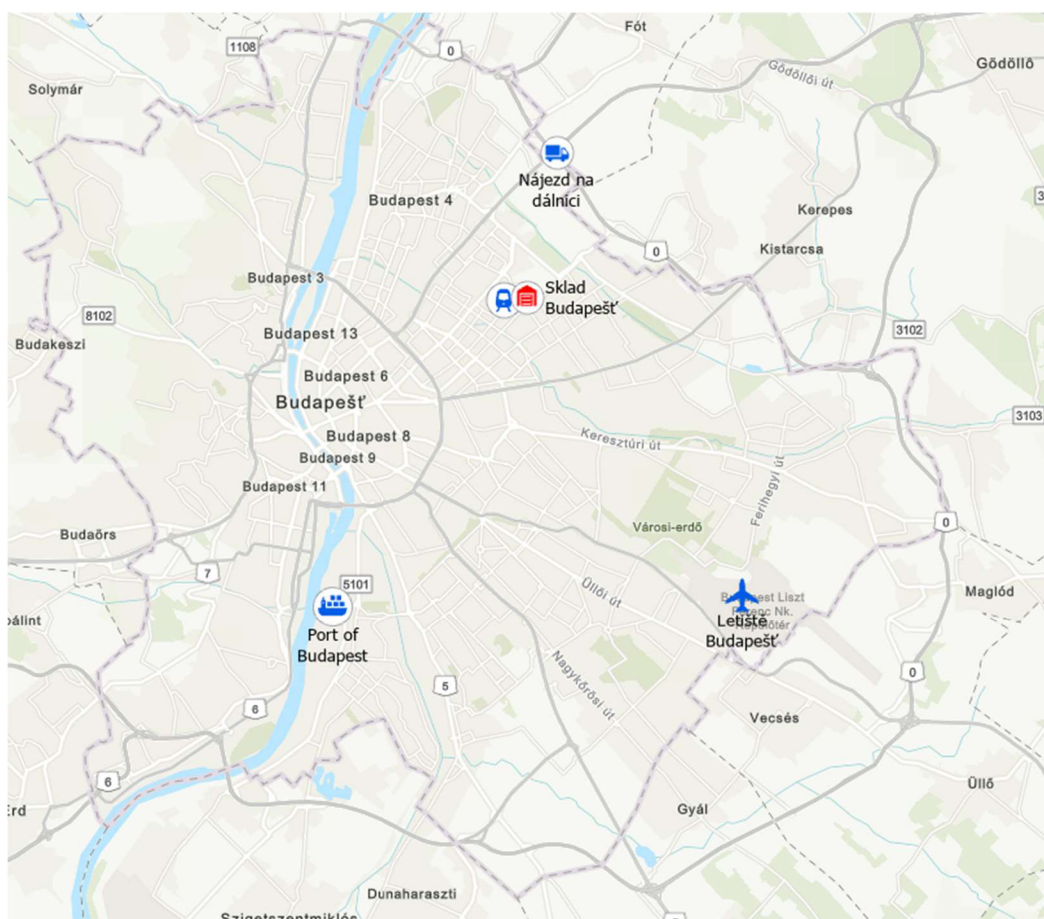
Tabulka 5 Vzdálenosti důležitých bodů od skladu – Chorvatsko, Záhřeb

	Letiště	Přístav	Vlakové nádraží	Nájezd na dálnici
Vzdálenost	34 km	15 km	0 km	6 km

Zdroj: Vlastní zpracování za pomoci OpenStreetMap

Do mapy na obrázku 8 byly zakresleno nejbližší letiště, přístav, vlakové nádraží a nájezd na dálnici.

Obrázek 8 Mapa – Sklad Maďarsko, Budapešť. Měřítko mapy 1:240 000



Zdroj: Vlastní zpracování za pomoci ArcGIS Pro

4.4 Vzdálenost od optimální lokace skladu

Pro určení optimální lokace skladu bylo nutno určit pozice zákazníků z jejich adres. Z důvodu anonymizace zákazníků byly adresy převedeny na střed nejbližší obce. Jako příklad bude uveden proces převodu adresy současného skladu na nejbližší město a souřadnice používané systémem GPS.

Současný sklad společnosti Lach-Ner s.r.o. se nachází na okraji obce Neratovice. Náměstí této obce se nachází na souřadnicích „50.2592586N, 14.5175939E“. Souřadnice pro sklad v Neratovicích budou tedy brány stejně jako náměstí města. Vzhledem ke skutečnosti, že společnost Lach-Ner Group, která je majitelem všech skladů dodává globálně zboží dodavatelům po celém světě s primárním zaměřením na Evropu, jsou vzdálenosti uvnitř měst považovány za zanedbatelné.

Ze všech zákazníků byli vybráni zákazníci, kteří nakoupí zboží alespoň za 2000 eur za rok, kteří jsou zároveň zákazníky společnosti alespoň 3 roky. Na základě rozhodnutí vedení, nebudou jednotlivým zákazníkům přidávány váhy, jelikož všechny stálé zákazníky považuje vedení za důležité, nehledě na velikost jejich objednávek. Pokud v jednom městě bylo více zákazníků, bylo město do tabulky a dat pro výpočet uvedeno tolikrát, kolik je v něm zákazníků. Seznam všech zákazníků je uveden v příloze práce (příloha 1).

Za pomoci statistického software SAS, byl vytvořen příkaz, k zjištění optimální pozice skladu za pomoci Weiszfeldovy metody. Po stanovení proměnných a nastavení programu, za pomoci příkazů, uvedených v příručce pro nastavení Weiszfeldovy metody, byly do programu zadány hodnoty a příkaz pro provedení výpočtu (příloha 2). Na obrázku 9 je uvedeno řešení vypočtené softwarem.

Obrázek 9 Řešení lokačního problému za pomoci softwaru SAS

The SAS System			
Iteration History			
Iter	x1	x2	Sum Dist
0	47.964538	17.217736	398.56368
1	48.041496	17.388414	396.33434
2	48.048188	17.473659	395.83583
3	48.041705	17.523809	395.66493
4	48.034636	17.552306	395.60804
5	48.029424	17.568122	395.58985
6	48.026028	17.57679	395.58418
7	48.023939	17.581514	395.58243
8	48.022693	17.584084	395.5819
9	48.021966	17.585481	395.58174

Geometric Median	
48.021966	17.585481

Sum of Distances
395.58174

Zdroj: Vlastní zpracování za pomoci SAS

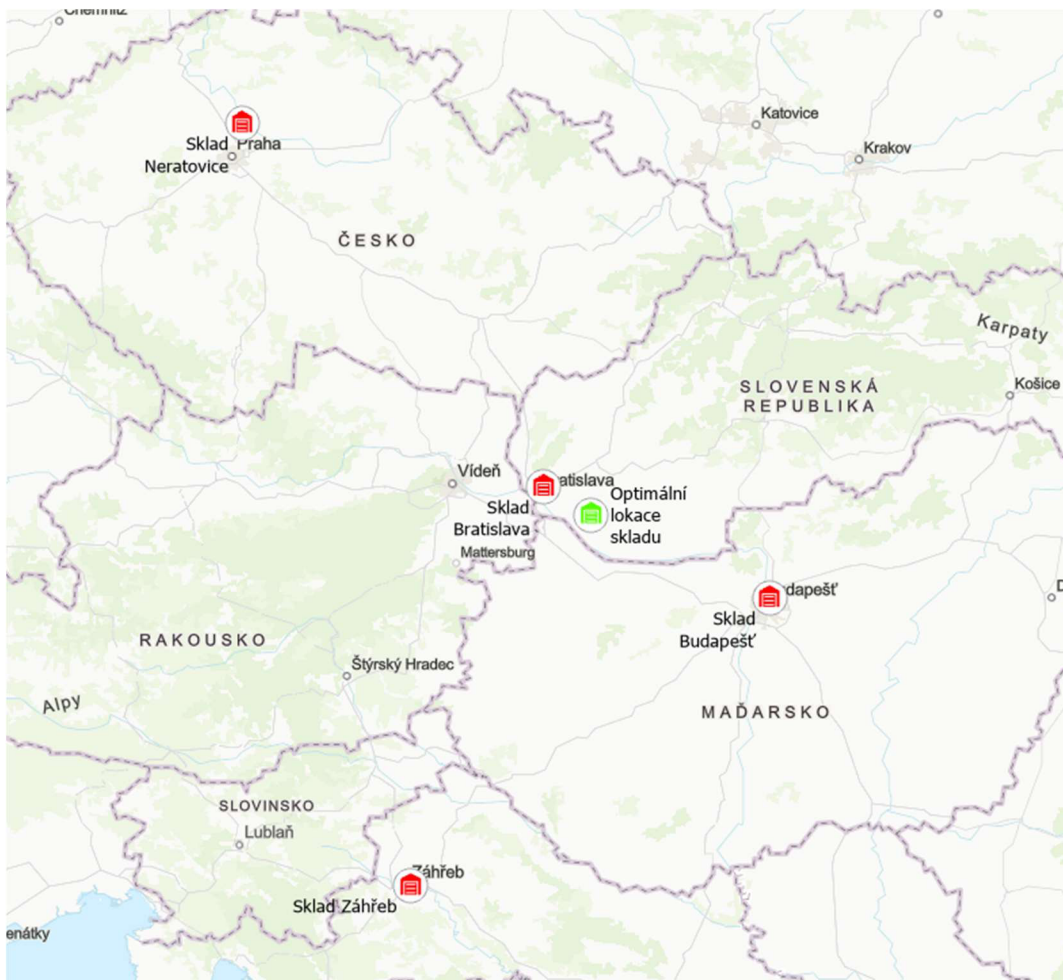
Software pro určení ideální pozice výpočet opakoval devětkrát. Výsledné těžiště bylo určeno na pozici 48,021966 a 17,585481. Tento bod byl zakreslen do mapy na obrázku 10 a byl označen zelenou ikonou s názvem „Optimální lokace skladu“. Vzdálenost současných skladů oproti optimální lokaci skladu bude vypočtena vzdušnou čarou. Vzdálenosti skladů od optimální lokace jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6 Vzdálenosti variant skladů od optimální lokace

Sklad	Neratovice	Bratislava	Záhřeb	Budapešť
Vzdálenost od optimální lokace skladu	334,4 km	35,9 km	274,8 km	129,1 km

Zdroj: Vlastní zpracování

Obrázek 10 Mapa – Lokace skladů oproti optimální lokaci skladu



Zdroj: Vlastní zpracování za pomoci ArcGIS Pro

4.5 Cena přesunu vybavení

Za pomoci OpenStreetMap a algoritmu OSMR, byla určena nejkratší vzdálenost možných variant skladů od skladu v Neratovicích. Vzdálenosti jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7 Vzdálenosti skladů od současné lokace skladu v České republice – Neratovice

Sklad	Neratovice	Bratislava	Záhřeb	Budapešť
Vzdálenost od skladu v Neratovicích	0 km	368 km	723 km	560 km

Zdroj: Vlastní zpracování

Společnost Lach-Ner bude přepravovat do nového skladu dva vysokozdvížné vozíky a zbytek vybavení, které není zastaralé. Vedení společnosti předpokládá, že vybavení k převozu se vejde služebnímu užitkovému vozidlu, které pojede z výchozí destinace v Neratovicích do jednoho ze skladů a nebude se již vracet. Odhadnutý náklad na jeden ujetý kilometr služebním užitkovým vozidlem je 0,3 EUR. U společnosti, která nabídla silniční přepravu vysokozdvížných vozíků, se předpokládá s platbou dopravy pouze jedním směrem. Náklady na dopravu jsou zobrazeny v následující tabulce 8.

Tabulka 8 Náklady na dopravu za 1 km

Způsob přepravy	Užitkový vůz	Transport 1 vozíku do 700 km	Transport 1 vozíku nad 700 km
Cena za 1 km	0,3 EUR	1,1 EUR	1 EUR

Zdroj: Vlastní zpracování

Při přepravě dvou vysokozdvížných vozíků a jedné cesty služebním užitkovým vozem byla určena následující ceny přepravy (tabulka 9).

Tabulka 9 Vypočtené náklady na přepravu vybavení

	Česká republika	Slovenská republika	Chorvatská republika	Maďarsko
Vzdálenost:	0 km	368 km	723 km	560 km
Cena přesunu vysokozdvížných vozíků:	0 EUR	809,6 EUR	1446 EUR	1232 EUR
Cena přepravy ostatního vybavení:	0 EUR	110,4 EUR	216,9 EUR	168 EUR
Suma:	0 EUR	1288 EUR	2385,9 EUR	1960 EUR

Zdroj: Vlastní zpracování

4.6 Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance

Průměrný náklad na hodinu práce jednoho zaměstnance s přihlédnutím na ostatní náklady spojené s prací zaměstnance pro jednotlivé státy jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10 Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance

	Česká republika	Slovenská republika	Chorvatská republika	Maďarsko
Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance	16,4 EUR	15,6 EUR	10,7 EUR	12,1 EUR

Zdroj: Vlastní zpracování

V tomto kritériu bude počítáno s hodinovou hodnotou na základě předpokladu, že ve státě s nižším průměrným nákladem na hodinu práce zaměstnance bude nižší náklad na všech pozicích pro všechny zaměstnance.

4.7 Legislativa

Třem rozhodovatelům zabývajících se exportem bylo umožněno vedením společnosti podílet se na výběru vhodné lokality. Každý rozhodovatel mohl na poradě společnosti ohodnotit jednotlivé země na základě legislativy jednotlivých zemích a dalších faktorů, které považují pro společnost za důležité (tabulka 11).

Tabulka 11 Preference rozhodovatelů

	rozhodovatel 1	rozhodovatel 2	rozhodovatel 3
Česká republika	1	2	1
Slovenská republika	4	4	3
Maďarsko	2	1	2
Chorvatská republika	3	3	4

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro každou variantu bylo určeno průměrné pořadí (tabulka 12).

Tabulka 12 Průměrné pořadí států dle preferencí rozhodovatelů

	Průměrné pořadí
Česká republika	1,3333
Slovenská republika	3,6667
Maďarsko	1,6667
Chorvatská republika	3,3333

Zdroj: Vlastní zpracování

Nejlépe hodnotitelé hodnotili Českou republiku, další se umístilo Maďarsko a Chorvatsko. Nejhuře bylo hodnocena exportními specialisty Slovenská republika.

4.8 Náklad rekonstrukce skladu

Sklady a výrobní prostory vyžadují v jednotlivých lokacích rekonstrukci. Všechny prostory vyžadují nové zátěžové podlahy, nové vnitřní i vnější omítky, izolaci, osvětlení, rekonstrukci povrchu střechy, nové vnitřní vybavení denních místností pro zaměstnance a regálové systémy.

Společnost si nechala vypracovat návrhy, ze kterých pro výběr vhodného skladu a výrobních prostor zveřejnila cenu z nejlepší nabídky pro každý jednotlivý sklad (tabulka 13). Každý sklad pro své využití vyžaduje rekonstrukci pro uvedení do provozu v plné efektivitě.

Rekonstrukce skladu a výrobních prostor musí proběhnout vždy před stěhováním vybavení do nového prostoru. V případě rekonstrukce prostorů v České republice v Neratovicích, kde se nachází i současný sklad společnosti, vybavení bude uskladněno v nevyužívaných skladových budovách areálu. V takovém případě bude provoz společnosti běžet v omezeném režimu. Nemělo by tak dojít k výraznému přerušení prodeje výroby společnosti obdobně jako při rekonstrukci zahraničních skladů.

Tabulka 13 Cena rekonstrukce skladu v jednotlivých lokacích

	Česká republika	Slovenská republika	Maďarsko	Chorvatská republika
Náklad rekonstrukce skladu	1 490 000 EUR	1 085 520 EUR	2 090 800 EUR	890 000 EUR

Zdroj: Vlastní zpracování

4.9 Zhodnocení kritérií

V tabulce 14 je zobrazeno shrnutí kritérií do jedné tabulky. Tabulka byla předložena vedení společnosti pro ohodnocení důležitosti jednotlivých kritérií v pořadí.

Tabulka 14 Tabulka kritérií

	Česká republika (Neratovice)	Slovenská republika (Bratislava)	Maďarsko (Budapešť)	Chorvatská republika (Záhřeb)
Dopravní dostupnost (letišťe)	38 km	5 km	34 km	13 km
Dopravní dostupnost (přístav)	16 km	8 km	15 km	162 km
Dopravní dostupnost (vlakové nádraží)	0 km	7 km	0 km	3 km
Dopravní dostupnost (nájezd na dálnici)	15 km	3 km	6 km	17 km
Vzdálenost od optimální lokace skladu	334,4 km	35,9 km	129,1 km	274,8 km
Cena přesunu vybavení	0 EUR	1288 EUR	1960 EUR	2385,9 EUR
Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance	16,4 EUR	15,6 EUR	12,1 EUR	10,7 EUR
Legislativa	1,3333	3,6667	3,3333	1,6667
Náklad rekonstrukce skladu	1 490 000 EUR	1 085 520 EUR	2 090 800 EUR	890 000 EUR

Zdroj: Vlastní zpracování

Každému kritériu byl určen typ kritéria na základě předpokladu, že společnost preferuje vybrat nejlevnější, nejméně vzdálenou a nejvíce preferovanou variantu z možných variant. Typy kritérií jsou uvedeny v tabulce 15.

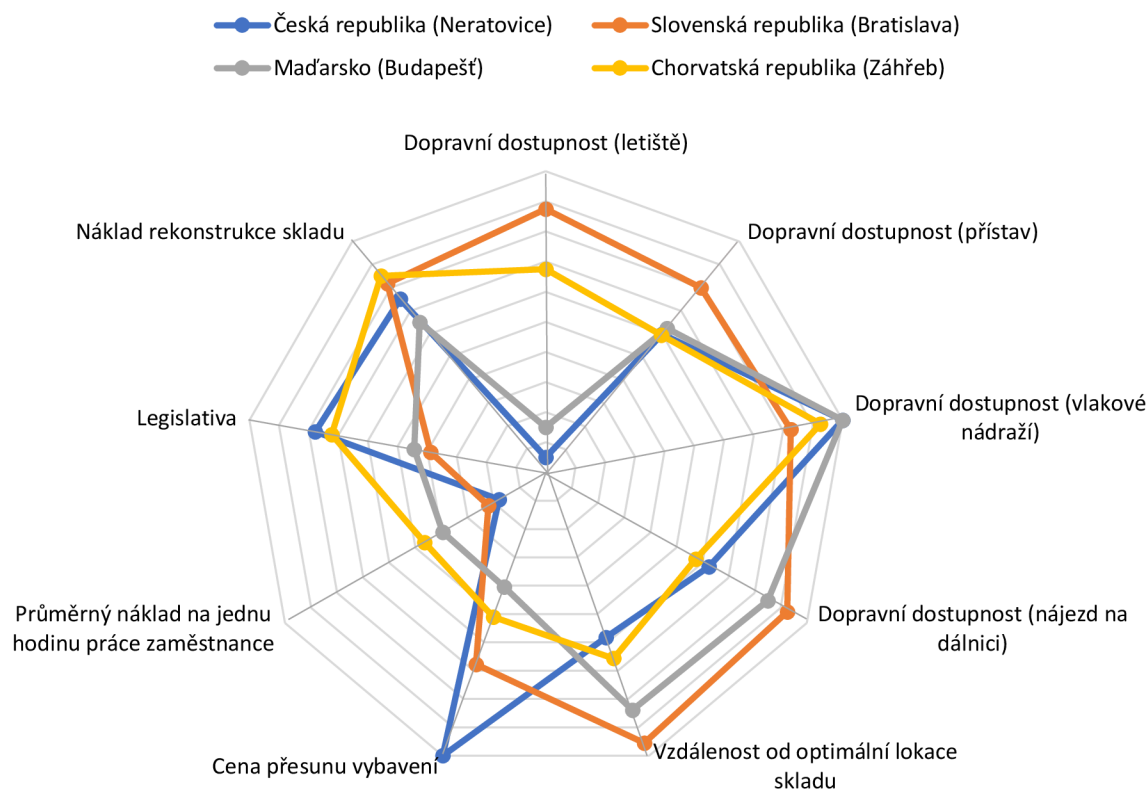
Tabulka 15 Typ kritérií

Kritérium	Typ kritéria
Dopravní dostupnost (letišťe)	MIN
Dopravní dostupnost (přístav)	MIN
Dopravní dostupnost (vlakové nádraží)	MIN
Dopravní dostupnost (nájezd na dálnici)	MIN
Vzdálenost od optimální lokace skladu	MIN
Cena přesunu vybavení	MIN
Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance	MIN
Legislativa	MIN
Náklad rekonstrukce skladu	MIN

Zdroj: Vlastní zpracování

Znázornění variant bylo také provedeno za pomoci paprskového grafu. Nejlepší hodnoty jsou zaneseny k okraji. Hodnoty nejhorší jsou zaneseny do středu grafu. Z grafu 1 je patrné, že žádná z variant není dominovaná.

Graf 1 Grafické znázornění jednotlivých variant a kritérií



Zdroj: Vlastní zpracování

4.10 Výběr kompromisní varianty

4.10.1 Stanovení vah

Zpracovaná tabulka jednotlivých kritérií byla předána vedení společnosti. Váhy kritérií byly určeny vedením společnosti. Společnost má jasnou prioritu, a to je spokojený zákazník. Z pohledu vedení je spokojený zákazník ten, který dostal zboží rychle a za vyhovující cenu. Proto je za nejdůležitější považováno kritérium vzdálenost od optimální lokace skladu a výroby. Jako další kritérium bylo zvoleno kritérium dopravní dostupnost, rozdělené na jednotlivé body (letišťe, přístav, vlakové nádraží, nájezd na dálnici). Dalšími faktory v pořadí je náklad rekonstrukce skladu, následně legislativa, průměrný náklad na zaměstnance a cena přesunu vybavení.

Pro určení kritériálních vah bylo proveden výpočet metodou pořadí. V tabulce 16 jsou seřazena kritéria od nejvíce důležitého po nejméně důležité.

Tabulka 16 Pořadí preference kritérií

Kritérium	Pořadí
Vzdálenost od optimální lokace skladu	1
Dopravní dostupnost (letišť)	2
Dopravní dostupnost (přístav)	2
Dopravní dostupnost (vlakové nádraží)	2
Dopravní dostupnost (nájezd na dálnici)	2
Náklad rekonstrukce skladu	3
Legislativa	4
Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance	5
Cena přesunu vybavení	6

Zdroj: Vlastní zpracování

V dalším kroku byla jednotlivá kritéria ohodnocena body (tabulka 17).

Tabulka 17 Hodnocení kritérií body

Kritérium	p_i
Vzdálenost od optimální lokace skladu	6
Dopravní dostupnost (letišť)	5
Dopravní dostupnost (přístav)	5
Dopravní dostupnost (vlakové nádraží)	5
Dopravní dostupnost (nájezd na dálnici)	5
Náklad rekonstrukce skladu	4
Legislativa	3
Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance	2
Cena přesunu vybavení	1

Zdroj: Vlastní zpracování

Z bodového hodnocení v tabulce 17 byly metodou pořadí vypočteny váhy uvedené v tabulce 18.

Tabulka 18 Vypočtené váhy jednotlivých kritérií

Kritérium	v_i
Vzdálenost od optimální lokace skladu	0,2857
Dopravní dostupnost (letišť)	0,2381
Dopravní dostupnost (přístav)	0,2381
Dopravní dostupnost (vlakové nádraží)	0,2381
Dopravní dostupnost (nájezd na dálnici)	0,2381
Náklad rekonstrukce skladu	0,1905
Legislativa	0,1429
Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance	0,0952
Cena přesunu vybavení	0,0476

Zdroj: Vlastní zpracování

4.10.2 Výběr kompromisní varianty metodou TOPSIS

K určení kompromisní varianty byla zvolena metoda TOPSIS. Touto metodou je možno určit vzdálenost varianty od bazální varianty. Varianta s nejvyšší vzdáleností od varianty bazální je variantou kompromisní.

Z důvodu přehledného zobrazení byly názvy variant zkráceny pouze na město, ve kterém se sklad nachází. Názvy kritérií byly zkráceny dle tabulky 19.

Tabulka 19 Zkrácení názvu kritérií pro výpočet

Původní název kritéria	Zkrácený název kritéria
Vzdálenost od optimální lokace skladu	Opt. lokace
Dopravní dostupnost (letišť)	Letiště
Dopravní dostupnost (přístav)	Přístav
Dopravní dostupnost (vlakové nádraží)	Nádraží
Dopravní dostupnost (nájezd na dálnici)	Dálnici
Náklad rekonstrukce skladu	Rekonstrukce
Legislativa	Leg.
Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance	náklad na 1h práce
Cena přesunu vybavení	Cena přesunu

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro výpočet metodou TOPSIS byla vytvořena tabulka kritérií (tabulka 20), kde pro každou variantu jsou uvedena jednotlivá kritéria, hodnoty, typ a váha kritéria.

Tabulka 20 Tabulka kritérií

váha	0,2381	0,2381	0,2381	0,2381	0,2857	0,0476	0,0952	0,14	0,1905
typ	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
	Letiště	Přístav	Nádraží	Dálnice	Opt. Lokace	Cena přesunu	Náklad na 1h práce	Leg.	Rekonstrukce
Neratovice	38	16	0	15	334,4	0	16,4	1,33	1490000
Bratislava	5	8	7	3	35,9	1288	15,6	3,67	1085520
Budapešť	34	15	0	6	129,1	1960	12,1	3,33	2090800
Záhřeb	13	162	3	17	274,8	2385,9	10,7	1,67	890000

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce 21 jsou zobrazeny hodnoty ideální a bazální. Na základě získaných hodnot je vypočten relativní ukazatel vzdálenosti od bazální varianty.

Tabulka 21 Tabulka ideálních a bazálních hodnot

	Letiště	Přístav	Nádraží	Dálnice	Opt. Lokace	Cena přesunu	Náklad na 1h práce	Leg.	Rekonstrukce
h	0,0225	0,0116	0,0000	0,0302	0,0226	0,0000	0,0366	0,0353	0,0579
d	0,1712	0,2357	0,2188	0,1712	0,2109	0,0339	0,0561	0,0971	0,1361

Zdroj: Vlastní zpracování

Metodou TOPSIS byla vypočtena vzdálenost od bazální varianty C.

Vzdálenosti jednotlivých variant jsou uvedeny v tabulce 22. Celý výpočet metodou TOPSIS je uveden v příloze číslo 3.

Tabulka 22 Výsledek metody TOPSIS

	C	pořadí
Bratislava	0,70518067	1
Budapešť	0,646715489	2
Neratovice	0,526167448	3
Záhřeb	0,382267799	4

Zdroj: Vlastní zpracování

4.10.3 Hodnocení variant

Metodou TOPSIS byla zvolena kompromisní varianta. Nejvyšší vzdálenost od bazální varianty má varianta Bratislava, která je nejlepší, kompromisní variantou z možných variant. Druhá v pořadí je varianta Budapešť, třetí varianta je Neratovice a poslední, nejhorší variantou je Záhřeb. Varianta Bratislava má dobrou dopravní dostupnost a je nejbližší vypočtené optimální lokace skladu. I přes vysokou nepřízeň expertních hodnotitelů společnosti byla tato varianta nejlepší v kritériích, které společnost považuje pro své podnikání za důležité.

Tabulka 23 Pořadí jednotlivých variant

	pořadí
Bratislava	1
Budapešť	2
Neratovice	3
Záhřeb	4

Zdroj: Vlastní zpracování

4.10.4 Ekonomické zhodnocení

Za pomoci metody TOPSIS byl zvolen sklad v Bratislavě (Slovenská republika). Tato lokalita je výjimečná několika vlastnostmi, kterými vyniká před ostatními, a to konkrétně nejlepší dopravní dostupností na letiště, dálnici a přístavu. Také je nejbližší vzdálenosti od optimální lokace skladu vzhledem k lokacím zákazníků. Tyto vlastnosti s vysokou pravděpodobností povedou ke snížení přepravních nákladů společnosti, jelikož zboží do přístavu, na vlakové nádraží i na letiště si firma dováží vlastní dopravou. Pro nájezd na dálnici jsou podstatné vlastnosti kamionové dopravy, kterou zajišťuje externí společnost. Přesto, že byla vedením preferovaná krátká vzdálenost od nájezdu na dálnici, v současné chvíli z toho neplynou pro společnost výrazné úspory. S touto vzdáleností nebude v rámci finančního zhodnocení dále pracováno.

V porovnání se skladem umístěným v současné lokalitě, v České republice v Neratovicích a kompromisní variantou, skladem ve Slovenské republice, Bratislavě (tabulka 24), jsou vzdálenosti ve všech kritériích zabývající se dopravní dostupností, mimo vzdálenosti na vlakové nádraží kratší.

Tabulka 24 Porovnání vzdáleností klíčových bodů od skladů – Česká republika, Neratovice x Slovenská republika, Bratislava

	Letiště	Přístav	Vlakové nádraží
Vzdálenost bodů od skladu v Neratovicích	38 km	16 km	0
Vzdálenost bodů od skladu v Bratislavě	5 km	8 km	7 km
Rozdíl vzdáleností	33 km	8 km	-7 km

Zdroj: Vlastní zpracování za pomoci OpenStreetMap

Při přepravě zboží na letiště, přístav a vlakové nádraží, je potřeba vždy vyslat služební užitkový vůz na cestu tam a zpět. Rozdíl vzdáleností je proto nutné vždy vynásobit číslem 2. Při přepravě vlastní dodávkou společnost počítá náklad 0,3 EUR na 1 ujetý kilometr. Vedení odhaduje, že v současné době vysílá služební užitkový vůz na každou lokaci zhruba 80x za 1 rok. Úspory jsou uvedeny v tabulce 25.

Tabulka 25 Cena přepravy – Porovnání Neratovice a Bratislava

	Letiště	Přístav	Vlakové nádraží
Cena přepravy z Neratovic	22,8 EUR	9,6 EUR	0 EUR
Cena přepravy z Bratislavy	3 EUR	4,8 EUR	4,2 EUR
Náklad na 80 cest z Neratovic	1824 EUR	768 EUR	0 EUR
Náklad na 80 cest z Bratislavy	240 EUR	384 EUR	336 EUR
Rozdíl nákladu na 80 cest	1584 EUR	384 EUR	- 336 EUR

Zdroj: Vlastní zpracování

Při dovozu zboží tak dochází k roční úspoře 1584 EUR při přepravě na letiště, 384 EUR úspor při přepravě zboží do přístavu a náklad 336 EUR při přepravě zboží na vlakové nádraží. Společnost tak ročně ušetří až 1632 EUR na přepravě zboží ze svého skladu.

Náklady společnosti ovlivní také další faktory v porovnání se současným skladem v České republice. Ve Slovenské republice je průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance nižší. Náklad na rekonstrukci skladu ve Slovenské republice v Bratislavě i přepravní náklady na 80 cest také vychází nižší. Jedinou nevýhodou je nutnost přesunu vybavení, která je zohledněná v celkové úspoře. V tabulce 26, jsou znázorněny finanční náklady v porovnání se současným skladem v České republice v Neratovicích a zvolenou variantou, skladem ve Slovenské Republice v Bratislavě.

Tabulka 26 Celkové porovnání nákladů v České republice v Neratovicích a Slovenské republice v Bratislavě

	Odhadovaný roční náklad na 70 zaměstnanců	Cena přesunu vybavení	Náklad rekonstrukce skladu	Součet nákladů na 80 cest	Celkový roční náklad
Česká republika (Neratovice)	13 776 EUR	0 EUR	1 490 000 EUR	2592 EUR	1 506 368 EUR
Slovenská republika (Bratislava)	13 104 EUR	1 288 EUR	1 085 520 EUR	960 EUR	1 100 872 EUR

Zdroj: Vlastní zpracování

Sklad v Bratislavě přinese společnosti po rekonstrukci skladu a jednom roce fungování odhadovanou úsporu 405 496 EUR oproti setrvání a rekonstrukci současného skladu. V následujících letech, při nepočítání nákladu na rekonstrukci skladu a cenu přesunu vybavení, při zachování cen pohonných hmot a dalších proměnných by roční úspora mohla být 2304 EUR.

5 Výsledky a diskuse

Tato kapitola je závěrečnou analýzou výsledků z předchozích částí této práce. Nezbytnou součástí výběru kompromisní varianty bylo získání relevantních parametrů variant. Pro rozhodování byly zadavatelem navrženy 4 varianty, konkrétně lokace možných skladů. Neratovice, Bratislava, Budapešť a Záhřeb. Dále byly po diskusi se zadavatelem stanovena důležitá kritéria, jejich váhy a následně byly vypočteny, nebo zjištěny od zadavatele jednotlivé hodnoty kritérií pro každou z možných variant. V poslední části kapitoly 4. byla metodou TOPSIS zvolena kompromisní varianta (tabulka 27).

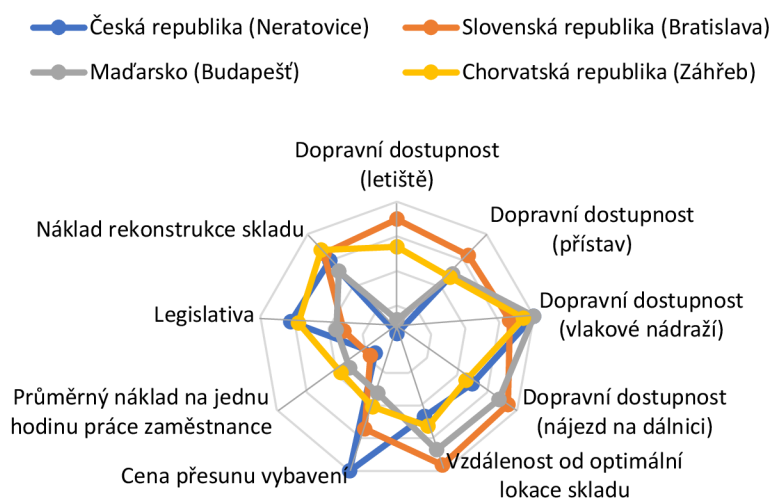
Tabulka 27 Pořadí jednotlivých variant

	pořadí
Bratislava	1
Budapešť	2
Neratovice	3
Záhřeb	4

Zdroj: Vlastní zpracování

Kompromisní varianta Bratislava, celým názvem varianty Slovenská republika (Bratislava) dosahuje velmi dobrých hodnot v kritériích s vyšší vahou, jak je patrné ze síťového grafu 2. Není ani dominována jinými variantami a zároveň jiným variantám nedominuje ve všech kritériích.

Graf 2 Grafické znázornění jednotlivých variant a kritérií



Zdroj: Vlastní zpracování

Na základě výběru varianty byl vypracován do tabulky 27 přehled varianty Slovenská republika.

Tabulka 28 Přehled varianty Slovenská republika – Bratislava

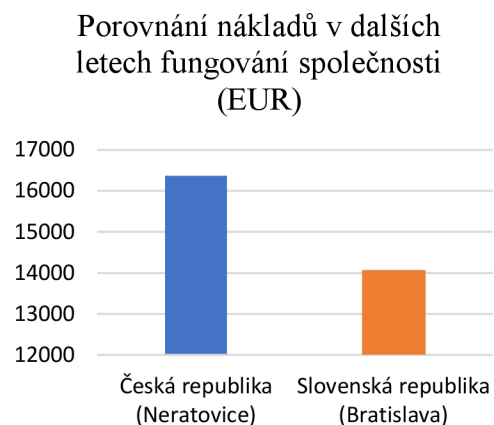
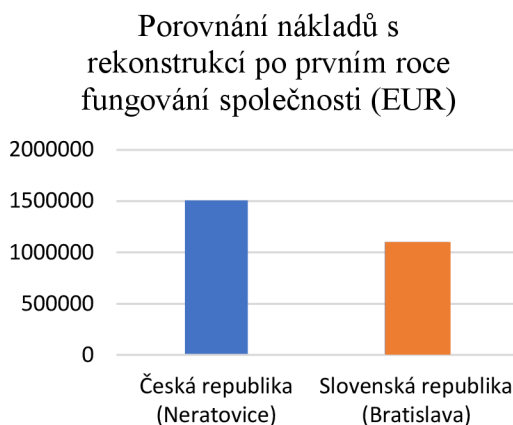
	Slovenská republika (Bratislava)	Pořadí
Vzdálenost od optimální lokace skladu	35,9 km	1.
Dopravní dostupnost (letišťe)	5 km	1.
Dopravní dostupnost (přístav)	8 km	1.
Dopravní dostupnost (vlakové nádraží)	7 km	4.
Dopravní dostupnost (nájezd na dálnici)	3 km	1.
Náklad rekonstrukce skladu	1 085 520 EUR	2.
Legislativa	3,6667	4.
Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance	15,6 EUR	3.
Cena přesunu vybavení	1288 EUR	2.

Zdroj: Vlastní zpracování

V návaznosti na přesun skladu do lokality s nižším nákladem na jednu hodinu práce zaměstnance, nižšími celkovými náklady na dopravu realizovanou užitkovým vozem společnosti a levnější rekonstrukcí dojde k roční úspoře po rekonstrukci a prvním roce fungování až 405 496 EUR (graf 3) se započtením rekonstrukce. V dalších letech by tato úspora mohla v porovnání se skladem v Neratovicích tvořit 2304 EUR za rok (graf 4)

Graf 3 Porovnání nákladů s rekonstrukcí po prvním roce fungování společnosti

Graf 4 Porovnání nákladů v dalších letech fungování společnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledky práce budou prezentovány vedení společnosti se záměrem usnadnění rozhodnutí o přesunu skladu a výroby. Společnost plánuje, že v kalendářním roce 2025 již bude expedice zboží a výroba probíhat v nové, nebo původní zrekonstruované lokalitě.

6 Závěr

Hlavním cílem diplomové práce na téma „Rozhodování o přesunu skladu a výroby“ bylo řešení rozhodovacího problému včetně nalezení kompromisní varianty lokace skladu z možných lokalit nabízených společností Lach-Ner Group. Cíle bylo možné dosáhnout za pomoci splnění dílčích cílů, primárně hledání optimální lokace skladu na základě adres zákazníků a vícekritériálního výběru vhodné lokace z variant. Vzhledem k preferenci nejlevnější a nejrychlejšího obslužení všech zákazníků byla vypočtena lokace, od které byla odečtena vzdálenost jednotlivých skladů, nacházejících se v České republice v Neratovicích, ve Slovenské republice v Bratislavě, v Maďarsku v Budapešti a Chorvatské republice v Záhřebu. U každého skladu také byla určena silniční vzdálenost od letiště, přístavu, vlakového nádraží a nájezdu na dálnici, preference legislativy jednotlivých států dle exportních specialistů, průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance, cena přesunu vybavení a náklady nutné k rekonstrukci skladu. Z těchto kritérií byla metodou TOPSIS zvolena kompromisní varianta, umístění skladu do budovy v Bratislavě na Slovensku, jelikož i přes nevýhody vyšších pracovních nákladů a nejhoršího hodnocení exportními specialisty převažují výhody jako nejkratší vzdálenost od optimální lokace skladu a dobrá dopravní dostupnost, která byla silně preferovaná vedením a přinese výhody v rámci potenciálního snížení logistických nákladů a efektivnějšího poskytování služeb zákazníkům.

V porovnání se současným stavem, přesunutí skladu do Bratislavy povede i k úsporám, vzhledem k nižším nákladům na rekonstrukci skladu a zároveň úspoře na průměrném nákladu na hodinu práce zaměstnance. Lepší dopravní dostupnost skladu v Bratislavě by také měla vést k logistickým úsporám a zvýšení konkurenceschopnosti společnosti.

Společnost v současné době řeší nutnost rekonstrukce skladu v Neratovicích. Vzhledem ke skutečnosti, že disponuje obdobně vhodnými sklady na dalších třech lokacích, byla zvažena možnost přesunutí skladu. Tato práce byla vytvořena na základě dat dodaných vedením společnosti a slouží jako analýza variant pro podporu při rozhodování o přesunutí skladu a výroby. Výsledky této práce by měly pomoci společnosti ve výběru správného rozhodnutí a přesunutí skladu do vhodné lokality. Sklad v Bratislavě byl společností již dříve hodnocen jako možná preferovaná varianta

z důvodu dobré dopravní dostupnosti. Výsledek této práce potvrzuje Bratislavu jako vhodnou lokalitu.

7 Seznam použitých zdrojů

ARCGIS PRO 1. *ArcGIS Pro 3.2 system requirements* [online]. [cit. 2023-12-04]. Dostupné z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/get-started/arcgis-pro-system-requirements.htm>

ARCGIS PRO 2. Convert a table to locations on the map. *Documentation* [online]. [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.1/help/data/geocoding/convert-a-table-to-locations-on-the-map.htm>

ARCDATA. ArcGIS Pro. *Jádro systému ArcGIS* [online]. [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/cs-cz/produkty/arcgis/arcgis-pro/prehled>

BASKAR, A. a M. ANTHONY XAVIOR, 2021. A facility location model for marine applications. *Materials Today: Proceedings* [online]. 46, 8143-8147 [cit. 2024-03-03]. ISSN 22147853. Dostupné z: doi:10.1016/j.matpr.2021.03.107

BEN-ISRAEL, Adi a Cem IYIGUN. A generalized Weiszfeld method for the multi-facility location problem. *Operations Research Letters* [online]. 2010 (Volume 38, 3.), 207-214 [cit. 2023-10-29]. ISSN 0167-6377. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.orl.2009.11.005>

BROŽOVÁ, Helena, HOUŠKA, Milan a ŠUBRT, Tomáš. *Modely pro řízení znalostí a podporu rozhodování*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1633-1

BROŽOVÁ, Helena, HOUŠKA, Milan a ŠUBRT, Tomáš. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Praha: Credit, 2014. ISBN ISBN:978-80-213-1019-3.

ČZU. *Česká zemědělská univerzita v Praze – kontakty* [online]. [cit. 2023-12-10]. Dostupné z: <https://www.czu.cz/cs/r-7210-o-czu/r-13734-kontakty>

DEMERS, Michael N. *GIS For Dummies*. 2009. New Mexico. ISBN 978-0470236826.

DREZNER, Zvi, Jack BRIMBERG a Anita SCHÖBEL, 2023. A trajectory based heuristic for the planar p -median problem. *Computers & Operations Research* [online]. 158 [cit. 2023-10-29]. ISSN 03050548. Dostupné z: doi:10.1016/j.cor.2023.106296

EUROSTAT 1. *Hourly labour costs* [online]. [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Hourly_labour_costs

EUROSTAT 2. Glossary: Labour cost. [online]. [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Labour_cost

EUROSTAT 3, Labour costs annual data - NACE Rev. 2. [online]. [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/TPS00173/default/table?lang=en>

FIALA, Petr. *Modely a metody rozhodování*. 3., přeprac. vyd. V Praze: Oeconomica, 2013. ISBN 978-80-245-1981-4.

FOTR, Jiří a ŠVECOVÁ, Lenka. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010. ISBN 9788086929590.

GAGNE, Tammy, 2018. *GPS Technology (21st Century Inventions)*. USA. ISBN 9781532160417.

HOLLER, Martin, Andreas WEINMANN a Philipp GROHS, 2020. *Handbook of Variational Methods for Nonlinear Geometric Data*. In: . Springer International Publishing. ISBN 9783030313517

JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-42-8

KIRVAN, Paul, 2022. GPS coordinates. *WhatIs* [online]. [cit. 2023-12-10]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/GPS-coordinates>

KOUKOLÍK, František, 2016. *Rozhodování: eseje*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-802-4633-640.

MCDANIEL, Stephen a Chris HEMEDINGER, 2010. *SAS For Dummies*. USA: John Wiley & Sons. ISBN 9780470539682.

MITCHELL, Jerry T, 2022. *Geography For Dummies*. 2nd Edition. For Dummies. ISBN 1119867126.

NOLDE, Nils. *Open Source Routing Engines And Algorithms – An Overview*. *GIS•OPS* [online]. [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <https://gis-ops.com/open-source-routing-engines-and-algorithms-an-overview/>

PASTOR, Otto; TUZAR, Antonín. *Teorie dopravních systémů*. Praha: ASPI, 2007. ISBN 978-80-7357-285-3.

Project OSRM. *OSMR* [online]. [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <https://project-osrm.org/> rozhodování v dynamickém a nejstěm prostředí. Čtvrté vydání. Jesenice: Ekopress, 2022. ISBN 978-80-87865-76-7.

SALHI, Saïd a John BOYLAN, 2022. *The Palgrave Handbook of Operations Research* [online]. Springer International Publishing [cit. 2023-10-29]. ISBN 9783030969356. Dostupné z: <https://ebookcentral-proquest-com.infozdroje.czu.cz/lib/czup/detail.action?docID=7041879>

SAS. *Company History* [online]. [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: https://www.sas.com/cs_cz/company-information/history.html

ŠUBRT, Tomáš, 2019. *Ekonomicko-matematické metody*. 3. upravené a rozšířené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-762-7.

ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2015. ISBN 978-80-7380-563-0.

TODINOV, Michael, 2021. Interpretation of Algebraic Inequalities : Practical Engineering Optimisation and Generating New Knowledge [online]. 2021. Taylor & Francis Group [cit. 2023-10-29]. ISBN 9781000468953. Dostupné z: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=6711749>

What is GIS? In: *Geographic Information System Mapping Technology* [online]. [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>

8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Saatyho matice	19
Obrázek 2 Hierarchická struktura pro úlohu VHV	22
Obrázek 3 Rozhraní softwaru ArcGIS Pro	28
Obrázek 4 Rozhraní softwaru SAS	31
Obrázek 5 Mapa – Sklad Česká republika, Neratovice. Měřítko mapy 1:240 000	35
Obrázek 6 Mapa – Sklad Slovenská republika, Bratislava. Měřítko mapy 1:240 000	36
Obrázek 7 Mapa – Sklad Chorvatsko, Záhřeb. Měřítko mapy 1:240 000	37
Obrázek 8 Mapa – Sklad Maďarsko, Budapešť. Měřítko mapy 1:240 000.....	38
Obrázek 9 Řešení lokačního problému za pomoci softwaru SAS	40
Obrázek 10 Mapa – Lokace skladů oproti optimální lokaci skladu	41

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance ve vybraných státech..	31
Tabulka 2 Vzdálenosti důležitých bodů od skladu – Česká republika, Neratovice.....	35
Tabulka 3 Vzdálenosti důležitých bodů od skladu – Slovenská republika, Bratislava	36
Tabulka 4 Vzdálenosti důležitých bodů od skladu – Chorvatsko, Záhřeb	37
Tabulka 5 Vzdálenosti důležitých bodů od skladu – Chorvatsko, Záhřeb	38
Tabulka 6 Vzdálenosti variant skladů od optimální lokace	40
Tabulka 7 Vzdálenosti skladů od současné lokace skladu v České republice – Neratovice	41
Tabulka 8 Náklady na dopravu za 1 km	42
Tabulka 9 Vypočtené náklady na přepravu vybavení.....	42
Tabulka 10 Průměrný náklad na jednu hodinu práce zaměstnance	43
Tabulka 11 Preference rozhodovatelů	43
Tabulka 12 Průměrné pořadí států dle preferencí rozhodovatelů	43
Tabulka 13 Cena rekonstrukce skladu v jednotlivých lokacích	44
Tabulka 14 Tabulka kritérií	45
Tabulka 15 Typ kritérií	45

Tabulka 16 Pořadí preference kritérií	47
Tabulka 17 Hodnocení kritérií body	47
Tabulka 18 Vypočtené váhy jednotlivých kritérií.....	47
Tabulka 19 Zkrácení názvu kritérií pro výpočet.....	48
Tabulka 20 Tabulka kritérií.....	48
Tabulka 21 Tabulka ideálních a bazálních hodnot.....	49
Tabulka 22 Výsledek metody TOPSIS	49
Tabulka 23 Pořadí jednotlivých variant	49
Tabulka 24 Porovnání vzdáleností klíčových bodů od skladů – Česká republika, Neratovice x Slovenská republika, Bratislava	50
Tabulka 25 Cena přepravy – Porovnání Neratovice a Bratislava	51
Tabulka 26 Celkové porovnání nákladů v České republice v Neratovicích a Slovenské republice v Bratislavě.....	51
Tabulka 27 Pořadí jednotlivých variant	52
Tabulka 28 Přehled varianty Slovenská republika – Bratislava	53

8.3 Seznam grafů

Graf 1 Grafické znázornění jednotlivých variant a kritérií	46
Graf 2 Grafické znázornění jednotlivých variant a kritérií	52
Graf 3 Porovnání nákladů s rekonstrukcí po prvním roce fungování společnosti	53
Graf 4 Porovnání nákladů v dalších letech fungování společnosti	53

8.4 Seznam příloh

Příloha 1 seznam lokací zákazníků	63
Příloha 2 příkaz pro výpočet Weiszfeldovy metody za pomoci softwaru SAS	70
Příloha 3 Výpočet metodou TOPSIS	73

Přílohy

Příloha 1 seznam lokací zákazníků

Obec	lat	lng	počet zákazníků
Prague	50,0875	14,4214	8
Plzen	49,7475	13,3775	5
Bratislava	48,1439	17,1097	4
Brno	49,1925	16,6083	4
Karlovac	45,4833	15,55	4
Krakow	50,0614	19,9372	3
Gyor	47,6842	17,6344	3
Kecskemet	46,9061	19,6897	3
Miskolc	48,0833	20,6667	3
Veszprem	47,093	17,9138	3
Pardubice	50,0386	15,7792	3
Zlin	49,2331	17,6669	3
Havirov	49,7831	18,4228	3
Szolnok	47,1747	20,1965	3
Velika Gorica	45,7	16,0667	3
Bekescsaba	46,679	21,091	3
Trencin	48,8919	18,0367	3
Salgotarjan	48,104	19,8075	3
Pribram	49,6883	14,0092	2
Levice	48,2164	18,6081	3
Hajduboszormeny	47,6667	21,5167	3
Ajka	47,1006	17,5522	3
Dakovo	45,31	18,41	3
Vukovar	45,3444	19,0025	3
Petrinja	45,4406	16,2783	3
Komlo	46,1912	18,2613	3
Kosice	48,7167	21,25	2
Rijeka	45,3272	14,4411	2
Petrzalka	48,1333	17,1167	2
Liberec	50,7667	15,0667	2
Nitra	48,3069	18,0864	2
Banska Bystrica	48,7353	19,1453	2
Zadar	44,1194	15,2319	2
Pula	44,8703	13,8456	2
Frydek-Mistek	49,6856	18,3506	2
Jihlava	49,4003	15,5906	2
Heidenheim	48,6761	10,1544	2
Chomutov	50,4611	13,4167	2
Karlovy Vary	50,2306	12,8725	2

Decin	50,7736	14,1961	2
Nagykanizsa	46,455	16,9925	2
Sibenik	43,735	15,8906	2
Prievidza	48,7711	18,6217	2
Jablonec nad Nisou	50,7244	15,1681	2
Dunaujvaros	46,9806	18,9127	2
Prostejov	49,4722	17,1106	2
Kastel Stari	43,55	16,35	2
Dubrovnik	42,6403	18,1083	2
Szigetszentmiklos	47,3456	19,0483	2
Povazska Bystrica	49,1139	18,4417	2
Michalovce	48,7553	21,9133	2
Nove Zamky	47,9856	18,1578	2
Ceska Lipa	50,6886	14,5386	2
Spisska Nova Ves	48,9439	20,5675	2
Cegled	47,1743	19,802	2
Trebic	49,215	15,8817	2
Mosonmagyarovar	47,8737	17,2687	2
Tabor	49,4144	14,6578	2
Liptovsky Mikulas	49,0842	19,6022	2
Ozd	48,2192	20,2869	2
Vinkovci	45,2911	18,8011	2
Kiskunfelegyhaza	46,7052	19,85	2
Budaors	47,4607	18,958	2
Oroshaza	46,5667	20,6667	2
Siofok	46,9239	18,0901	2
Brevnov	50,0833	14,3579	2
Sumperk	49,9653	16,9707	2
Trebisov	48,6278	21,7172	2
Breclav	48,7589	16,8819	2
Hodonin	48,8489	17,1325	2
Cadca	49,4358	18,7922	2
Bystrc	49,2247	16,5239	2
Hajduszoboszlo	47,4333	21,3833	2
Rimavska Sobota	48,3811	20,0144	2
Litomerice	50,5342	14,1328	2
Dunaharaszti	47,3539	19,0948	2
Tata	47,6526	18,3238	2
Novy Jicin	49,5944	18,0103	2
Chrudim	49,9511	15,7956	2
Dunajska Streda	47,9944	17,6194	2
Sokolov	50,1814	12,6402	2
Sal'a	48,1503	17,8775	2
Valasske Mezirici	49,4718	17,9712	2

Klatovy	49,3956	13,2951	2
Hlohovec	48,4333	17,8033	2
Koprivnice	49,5995	18,1448	2
Virovitica	45,8333	17,3833	2
Jindrichuv Hradec	49,1442	15,0031	2
Brezno	48,8039	19,6436	2
Kutna Hora	49,9483	15,2683	2
Cologne	50,9364	6,9528	1
Frankfurt	50,1106	8,6822	1
Essen	51,4508	7,0131	1
Toulouse	43,6045	1,444	1
Al Jubayl	27	49,6544	1
Debrecen	47,53	21,6392	1
Constanta	44,1667	28,6333	1
Szekesfehervar	47,1956	18,4089	1
Nyiregyhaza	47,9531	21,7271	1
Groningen	53,2167	6,5667	1
Tarrasa	41,5611	2,0081	1
Pamplona	42,8167	-1,65	1
Braila	45,2692	27,9575	1
Haarlem	52,3833	4,6333	1
Szombathely	47,2351	16,6219	1
Pecs	46,0708	18,2331	1
Ar Rass	25,8667	43,5	1
Annecy	45,916	6,133	1
Ulm	48,4	9,9833	1
Perpignan	42,6986	2,8956	1
Namur	50,4667	4,8667	1
Al Ahad al Masarihah	16,7097	42,955	1
Zilina	49,2228	18,74	1
Piacenza	45,05	9,7	1
Klagenfurt	46,6167	14,3	1
Sopron	47,6849	16,5831	1
Lorca	37,6798	-1,6944	1
San Cugat del Valles	41,4735	2,0852	1
Vitry-sur-Seine	48,7875	2,3928	1
Glyfada	37,8667	23,75	1
Paredes	41,2	-8,3333	1
Torrente	39,4365	-0,4679	1
Osijek	45,5556	18,6944	1
Resita	45,3008	21,8892	1
Jelenia Gora	50,9033	15,7344	1
Piotrkow Trybunalski	51,4	19,6833	1
Calais	50,9481	1,8564	1

Oliveira de Azemeis	40,84	-8,475	1
Karlskrona	56,1608	15,5861	1
Tatabanya	47,5862	18,3949	1
Khulays	22,1539	39,3183	1
Antony	48,7539	2,2975	1
Matera	40,6667	16,6	1
Barneveld	52,1333	5,5833	1
Benevento	41,1333	14,7833	1
Hardenberg	52,5667	6,6167	1
Motril	36,75	-3,5167	1
Slavonski Brod	45,1667	18,0167	1
Eschweiler	50,8167	6,2833	1
Martin	49,065	18,9219	1
Schweinfurt	50,05	10,2333	1
San Bartolome	27,9254	-15,5726	1
Poprad	49,0594	20,2975	1
Eger	47,899	20,3747	1
Chieti	42,35	14,1667	1
Misterbianco	37,5183	15,0069	1
Dornbirn	47,4167	9,75	1
Carcassonne	43,21	2,35	1
Dendermonde	51,0333	4,1	1
Vlissingen	51,45	3,5667	1
Debica	50,05	21,4167	1
Hodmezovasarhely	46,4304	20,3188	1
Alenquer	39,05	-9,0167	1
Swidnik	51,2167	22,7	1
Zvolen	48,5706	19,1175	1
Prerov	49,4556	17,4511	1
Avezzano	42,0411	13,4397	1
Bron	45,7394	4,9139	1
Puerto del Rosario	28,5	-13,8667	1
Konigswinter	50,6736	7,1947	1
Sassuolo	44,5517	10,7856	1
Malbork	54,0333	19,0333	1
Konigs Wusterhausen	52,2917	13,625	1
Celje	46,2358	15,2675	1
Kamp-Lintfort	51,5	6,5333	1
Fermo	43,1608	13,7158	1
Savigny-sur-Orge	48,6797	2,3457	1
Meppen	52,6936	7,2928	1
Yecla	38,6167	-1,1167	1
Morfelden-Walldorf	50	8,5833	1
Villajoyosa	38,5053	-0,2328	1

Baja	46,1833	18,9536	1
Uddevalla	58,35	11,9167	1
Auxerre	47,7986	3,5672	1
Casale Monferrato	45,1342	8,4583	1
Komarno	47,7633	18,1283	1
Sant'Antimo	40,9422	14,2348	1
Korschenbroich	51,1833	6,5167	1
Humenne	48,9358	21,9067	1
Vitrolles	43,46	5,2486	1
Sisak	45,4872	16,3761	1
Ilawa	53,5964	19,5656	1
Vac	47,7752	19,131	1
Bardejov	49,2933	21,2761	1
Favara	37,3186	13,6631	1
Bramsche	52,4	7,9833	1
Oudenaarde	50,85	3,6	1
Georgsmarienhutte	52,2	8,0667	1
San Giuseppe			
Vesuviano	40,8333	14,5	1
Lidingo	59,3667	18,15	1
Vigneux-sur-Seine	48,7001	2,417	1
Sacele	45,62	25,7097	1
Koprivnica	46,15	16,8167	1
Metamorfosi	38,05	23,75	1
Crevillente	38,2486	-0,8089	1
Treviglio	45,5214	9,5928	1
Alacuas	39,4583	-0,4628	1
Bra	44,7	7,85	1
Carpentras	44,0558	5,0489	1
Rendsburg	54,3	9,6667	1
Krotoszyn	51,6833	17,4333	1
Kromeriz	49,2989	17,3931	1
Orlova	49,8452	18,4302	1
Henstedt-Ulzburg	53,7833	10	1
Tournefeuille	43,5853	1,3442	1
Lucenec	48,3286	19,6692	1
Zeitz	51,0478	12,1383	1
Szentendre	47,7044	19,0686	1
Chiavari	44,3167	9,3333	1
Sucy-en-Brie	48,7697	2,5228	1
Ruzomberok	49,0786	19,3083	1
Kiruna	67,8489	20,3028	1
Putignano	40,85	17,1167	1
Santeramo in Colle	40,8	16,7667	1

Jaszbereny	47,5	19,9167	1
Le Grand-Quevilly	49,4072	1,0531	1
Velenje	46,3625	15,1144	1
Vertou	47,1689	-1,4697	1
Perama	37,9667	23,5667	1
Delitzsch	51,5264	12,3425	1
Uherske Hradiste	49,0697	17,4597	1
Mariano Comense	45,7	9,1833	1
Pezinok	48,2919	17,2661	1
Sinj	43,7	16,6333	1
Calahorra	42,3	-1,9667	1
Wierden	52,35	6,6	1
Wetzikon	47,3167	8,8	1
Almansa	38,8682	-1,0979	1
Haaksbergen	52,15	6,75	1
Gyal	47,3861	19,2192	1
Copertino	40,2667	18,05	1
Cesky Tesin	49,7461	18,6261	1
Dubnica nad Vahom	48,9606	18,1739	1
Biancavilla	37,65	14,8667	1
Alfter	50,7356	7,0092	1
Les Lilas	48,88	2,42	1
Nagykoros	47,0332	19,784	1
Fontaine	45,1939	5,6856	1
Budingen	50,2908	9,1125	1
Kutina	45,4667	16,7833	1
Palma di Montechiaro	37,1936	13,7658	1
Partizanske	48,6258	18,3728	1
Nagold	48,5519	8,7256	1
Bad Kissingen	50,2	10,0667	1
Vranov nad Topl'ou	48,8808	21,6733	1
Mako	46,217	20,483	1
Strakonice	49,2615	13,9024	1
Kato Polemidia	34,6931	32,9992	1
Waldkirch	48,1	7,9667	1
Versmold	52,0436	8,15	1
Borgomanero	45,7	8,4667	1
Codlea	45,6969	25,4439	1
Kolo	52,2	18,6333	1
Les Pennes-Mirabeau	43,4106	5,3103	1
Vecses	47,4057	19,2648	1
Ano Syros	37,45	24,9	1
Follonica	42,9189	10,7614	1
Gunzburg	48,4527	10,2713	1

Gross-Umstadt	49,8667	8,9333	1
God	47,6906	19,1344	1
Nogent-sur-Oise	49,2756	2,4683	1
Germersheim	49,2167	8,3667	1
Fronenberg	51,4719	7,7658	1
Vyskov	49,2775	16,9989	1
Fot	47,6181	19,1903	1
Zd'ar nad Sazavou	49,5627	15,9393	1
Bohumin	49,9042	18,3575	1
Senica	48,6806	17,3667	1
Blansko	49,3631	16,6431	1
Veresegyhaz	47,6505	19,283	1
Abano Terme	45,3603	11,79	1
Hatvan	47,6681	19,6697	1
Dillingen	49,35	6,7333	1
Gyomro	47,425	19,3977	1
Novate Milanese	45,5333	9,1333	1

Příloha 2 příkaz pro výpočet Weiszfeldovy metody za pomoci softwaru SAS

```
/****** GEOMETRIC MEDIAN OF N-D POINTS *****/
/* Implement the Ostresh (1978) variation of the Weiszfeld (1937)
   algorithm for the geometric median of k-dimensional points.
   Ostresh, L. M. (1978) "On the Convergence of a Class of
   Iterative Methods for Solving the Weber Location Problem"
   Operations Research, 26(4), pp. 597-609
   https://www.jstor.org/stable/169721
   *****/

proc iml;
/* for a matrix, X, return the rows of X that are not all zero */
start IndexRowNoMatch0(X);
  count = (X=0)[,+]; /* count number of 0s in each row */
  idx = loc(count<ncol(X)); /* at least one elements in row is not 0 */
/*
  return idx;
finish;
/* For a matrix, X, return the rows of X that are not equal to a target
vector.
By default, the vector is the zero vector j(1, ncol(X), 0). */
start IndexRowNoMatch(X, target=);
  if IsSkipped(target) then
    return IndexRowNoMatch0(X);
  else
    return IndexRowNoMatch0(X-target);
finish;

/* Return the sum of weighted distances from m to rows of P.
The rows of P are reference points. The point m is an
arbitrary point.
*/
start SumDist(m, P, wt=j(nrow(P),1,1));
  dist = distance(P, m); /* dist from each row to m */
  return sum(wt # dist); /* sum of the weighted distances */
finish;

/* Implement one step in Weiszfeld's iterative algorithm to
find the geometric median. This function assumes that
no row of P equals m. */
start UpdateGeoMedian(m, P, wt);
  dist = distance(P, m); /* dist from each row to m */
  w = wt / dist; /* scaled weights (avoid zeros in dist!) */
  mNew = w`*P / sum(w); /* new estimate for geometric median */
  return mNew;
finish;

/* Implement Ostresh's modification of Weiszfeld's iterative algorithm to
find the geometric median.
Input:
  P: The rows of P specify the reference points.
  PrintIter: Specify PrintIter=1 to display the iteration history.
  wt: (optional) Specify a column vector of weights if you want a
weighted median
Output: An estimate of the geometric median of the reference points
*/
start GeoMedian(P, PrintIter=0, wt=j(nrow(P),1,1));
```

```

MaxIt = 100;      /* maximum number of iterations */
FCrit = 1E-6;    /* criterion: stop when |fPrev - f| < FCrit */
k = ncol(P);     /* dimension of points */
n = nrow(P);     /* number of points points */
m = (wt`*P)[:,] / sum(wt); /* initial guess is weighted centroid */

IterHist = j(MaxIt+1, k+1, .);
IterHist[1,] = m || sum(distance(P,m));
converged = 0;
do i = 1 to MaxIt until(converged);
  mPrev = IterHist[i, 1:k]; /* previous guess for m */
  fPrev = IterHist[i, k+1]; /* previous sum of distances */
  idx = IndexRowNoMatch(P, m); /* is the guess a data point? */
  if ncol(idx)=n then
    m = UpdateGeoMedian(m, P, wt); /* no, use all points
*/
  else
    m = UpdateGeoMedian(m, P[idx,], wt[idx,]); /* yes, exclude the
point */
  f = SumDist(m, P, wt); /* evaluate the objective function
*/
  fDiff = abs(fPrev - f) / f; /* relative change in function
value */
  converged = (fDiff < FCrit); /* has algorithm converged? */
  IterHist[i+1,] = m || f;
end;
if PrintIter then do;
  IterHist = T(0:i) || IterHist[1:i+1,];
  colNames = 'Iter' || ('x1':strip('x'+char(k))) || 'Sum Dist';
  print IterHist[c=colNames L="Iteration History"];
end;
return m;
finish;
store module=(IndexRowNoMatch0 IndexRowNoMatch SumDist UpdateGeoMedian
GeoMedian);
QUIT;

proc iml;
load module=_all_;

/* N=7 points in 2-D */
P = {50.0875 14.4214, 50.0875 14.4214, 50.0875 14.4214, 50.0875 14.4214,
50.0875 14.4214, 50.0875 14.4214, 50.0875 14.4214,
49.7475 13.3775, 49.7475 13.3775, 49.7475 13.3775, 49.7475 13.3775,
49.7475 13.3775, 48.1439 17.1097, 48.1439 17.1097, 48.1439 17.1097,
48.1439 17.1097, 49.1925 16.6083, 49.1925 16.6083, 49.1925 16.6083,
49.1925 16.6083, 45.4833 15.55, 45.4833 15.55, 45.4833 15.55, 45.4833
15.55, 50.0614 19.9372, 50.0614 19.9372, 50.0614 19.9372, 47.6842
17.6344, 47.6842 17.6344, 47.6842 17.6344, 46.9061 19.6897, 46.9061
19.6897, 46.9061 19.6897, 48.0833 20.6667, 48.0833 20.6667, 48.0833
20.6667, 47.093 17.9138, 47.093 17.9138, 47.093 17.9138, 50.0386 15.7792,
50.0386 15.7792, 50.0386 15.7792, 49.2331 17.6669, 49.2331 17.6669,
49.2331 17.6669, 49.7831 18.4228, 49.7831 18.4228, 49.7831 18.4228,
47.1747 20.1965, 47.1747 20.1965, 47.1747 20.1965, 45.7 16.0667, 45.7
16.0667, 45.7 16.0667, 46.679 21.091, 46.679 21.091, 46.679 21.091,
48.8919 18.0367, 48.8919 18.0367, 48.8919 18.0367, 48.104 19.8075, 48.104
19.8075, 48.104 19.8075, 49.6883 14.0092, 49.6883 14.0092, 48.2164
18.6081, 48.2164 18.6081, 48.2164 18.6081, 47.6667 21.5167, 47.6667

```

```

21.5167, 47.6667 21.5167, 47.1006 17.5522, 47.1006 17.5522, 47.1006
17.5522, 45.31 18.41, 45.31 18.41, 45.31 18.41, 45.3444 19.0025, 45.3444
19.0025, 45.3444 19.0025, 45.4406 16.2783, 45.4406 16.2783, 45.4406
16.2783, 46.1912 18.2613, 46.1912 18.2613, 46.1912 18.2613, 48.7167
21.25, 48.7167 21.25, 45.3272 14.4411, 45.3272 14.4411, 48.1333 17.1167,
48.1333 17.1167, 50.7667 15.0667, 50.7667 15.0667, 48.3069 18.0864,
48.3069 18.0864, 48.7353 19.1453, 48.7353 19.1453, 44.1194 15.2319,
44.1194 15.2319, 44.8703 13.8456, 44.8703 13.8456, 49.6856 18.3506,
49.6856 18.3506, 49.4003 15.5906, 49.4003 15.5906, 48.6761 10.1544,
48.6761 10.1544, 50.4611 13.4167, 50.4611 13.4167, 50.2306 12.8725,
50.2306 12.8725, 50.7736 14.1961, 50.7736 14.1961, 46.455 16.9925, 46.455
16.9925, 43.735 15.8906, 43.735 15.8906, 48.7711 18.6217, 48.7711
18.6217, 50.7244 15.1681, 50.7244 15.1681, 46.9806 18.9127, 46.9806
18.9127, 49.4722 17.1106, 49.4722 17.1106, 43.55 16.35, 43.55 16.35,
42.6403 18.1083, 42.6403 18.1083, 47.3456 19.0483, 47.3456 19.0483,
49.1139 18.4417, 49.1139 18.4417, 48.7553 21.9133, 48.7553 21.9133,
47.9856 18.1578, 47.9856 18.1578, 50.6886 14.5386, 50.6886 14.5386,
48.9439 20.5675, 48.9439 20.5675};
gm = GeoMedian(P, 1);          /* estimate the geometric median and print
iteration history */
sumDist = SumDist(gm, P);     /* get the sum of distances */
print gm[L='Geometric Median'],
      sumDist[L='Sum of Distances'];

```


Příloha 3 Výpočet metodou TOPSIS

váha	0,2381	0,2381	0,2381	0,2381	0,2857	0,0476	0,0952	0,1429	0,1905
typ	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
Kritérium	Letiště	Přístav	Nádraží	Dálnice	Opt. Lokace	Cena přesunu	Náklad na lh práce	Leg.	Rekonstrukce
Neratovice	38	16	0	15	334,4	0	16,4	1,3333	1490000
Bratislava	5	8	7	3	35,9	1288	15,6	3,6667	1085520
Budapešť	34	15	0	6	129,1	2385,9	12,1	3,3333	2090800
Záhřeb	13	162	3	17	274,8	1960	10,7	1,6667	890000
odmoc(sum)	52,85830115	163,673	7,61577	23,6432	453,0938313	3345,604	27,8068337	5,39547547	2926089

Matice R

Kritérium	Letiště	Přístav	Nádraží	Dálnice	Opt. Lokace	Cena přesunu	Náklad na lh práce	Leg.	Rekonstrukce
Neratovice	0,7189	0,0978	0,0000	0,6344	0,7380	0,0000	0,5898	0,2471	0,5092
Bratislava	0,0946	0,0489	0,9191	0,1269	0,0792	0,3850	0,5610	0,6796	0,3710
Budapešť	0,6432	0,0916	0,0000	0,2538	0,2849	0,7131	0,4351	0,6178	0,7145
Záhřeb	0,2459	0,9898	0,3939	0,7190	0,6065	0,5858	0,3848	0,3089	0,3042

Matice W

Kritérium	Letiště	Přístav	Nádraží	Dálnice	Opt. Lokace	Cena přesunu	Náklad na lh práce	Leg.	Rekonstrukce
Neratovice	0,1712	0,0233	0,0000	0,1511	0,2109	0,0000	0,0561	0,0353	0,0970
Bratislava	0,0225	0,0116	0,2188	0,0302	0,0226	0,0183	0,0534	0,0971	0,0707
Budapešť	0,1532	0,0218	0,0000	0,0604	0,0814	0,0339	0,0414	0,0883	0,1361
Záhřeb	0,0586	0,2357	0,0938	0,1712	0,1733	0,0279	0,0366	0,0441	0,0579

Kritérium	Letiště	Přístav	Nádraží	Dálnice	Opt. Lokace	Cena přesunu	Náklad na lh práce	Leg.	Rekonstrukce
h	0,0225	0,0116	0,0000	0,0302	0,0226	0,0000	0,0366	0,0353	0,0579
d	0,1712	0,2357	0,2188	0,1712	0,2109	0,0339	0,0561	0,0971	0,1361

Matice d+

Kritérium	Letiště	Přístav	Nádraží	Dálnice	Opt. Lokace	Cena přesunu	Náklad na lh práce	Leg.	Rekonstrukce	
Neratovice	0,148648364	0,0116	0	0,1208	0,1882	0,0000	0,0195	0,0000	0,0391	0,52793014
Bratislava	0	0	0,2188	0	0,0000	0,0183	0,0168	0,0618	0,0127	0,32847893
Budapešť	0,130630381	0,0102	0	0,0302	0,0588	0,0339	0,0048	0,0530	0,0782	0,39967865
Záhřeb	0,036035967	0,224	0,0938	0,141	0,1506	0,0279	0,0000	0,0088	0,0000	0,68219931

Matice d-

Kritérium	Letiště	Přístav	Nádraží	Dálnice	Opt. Lokace	Cena přesunu	Náklad na lh práce	Leg.	Rekonstrukce	
Neratovice	0	-0,212	-0,2188	-0,02	0,0000	-0,0339	0,0000	-0,0618	-0,0391	0,58624013
Bratislava	-0,14864836	-0,224	0	-0,141	-0,1882	-0,0156	-0,0027	0,0000	-0,0654	0,78569134
Budapešť	-0,01801798	-0,214	-0,2188	-0,111	-0,1295	0,0000	-0,0147	-0,0088	0,0000	0,71449163
Záhřeb	-0,1126124	0	-0,1251	0	-0,0376	-0,0061	-0,0195	-0,0530	-0,0782	0,43197096

	c	pořadí
Bratislava	0,70518067	1
Budapešť	0,641276871	2
Neratovice	0,526167448	3
Záhřeb	0,387706417	4