



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Petr Koukal

**Návrh variantní lokace pro společnost s chladicí
technikou**

Diplomová práce

2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Petr Koukal

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Návrh variantní lokace pro společnost s chladicí technikou**

Název tématu (anglicky): Proposal of Variant Locations for the Company with Refrigeration Technology

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- analýza současné situace (popis společnosti, nabízený sortiment, informační systém, logistika, servisní činnost)
- sběr dat (lokalizace zákazníků, lokalizace techniků, analýza servisních požadavků)
- využití aparátu operačního výzkumu - teorie grafů a shrnutí základních poznatků, výběr vhodné metody
- sestavení matic orientovaných grafů, stanovení vah vrcholů a ohodnocení hran v distančních maticích (matice vzdáleností a časová matice)
- návrh variantní lokace, stanovení atrakčních obvodů dep - klecí, přiřazení techniků
- zhodnocení navrženého řešení
- ekonomické vyhodnocení celého projektu

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucí diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Daněk, J., Teichmann, D. Optimalizace dopravních procesů. VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005
Mocková, D. Základy teorie dopravy - úlohy. ČVUT, Praha, 2007
Volek, J., Linda, B. Teorie grafů - aplikace v dopravě a veřejné správě. Univerzita Pardubice, 2012

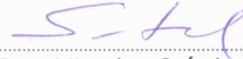
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Denisa Mocková, Ph.D.**
Ing. David Pinka

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2016**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. května 2017**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph.D.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.



Bc. Petr Koukal
jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. června 2016

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji paní doc. Ing. Denise Mockové, Ph.D. za odborné vedení, konzultace a za rady, které mi po celou dobu mého studia poskytovala. Rovněž bych chtěl poděkovat panu Ing. Davidovi Pinkovi za umožnění přístupu k mnoha důležitým informacím a materiálům o firmě a za odborné vedení a konzultace. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům za morální i materiální podporu, které se mi od nich po celou dobu studia dostávalo.

Prohlášení

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 25. května 2017



podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

NÁVRH VARIANTNÍ LOKACE PRO SPOLEČNOST S CHLADÍČÍ TECHNIKOU

Diplomová práce

červen 2017

Bc. Petr Koukal

Abstrakt

Předmětem diplomové práce „Návrh variantní lokace pro společnost s chladicí technikou“ je za pomoci optimalizačních metod navrhnout místa pro vybudování skladů s chladivem včetně jejich atrakčních obvodů a přiřazení techniků, a to na území České republiky pro společnost s chladicí technikou.

Klíčová slova

Lokační diskretní úloha, středisko obsluhy, atrakční obvod, hodnota kriteriální funkce, iterativní algoritmus, distanční matice.

Abstract

Subject of the master thesis „Proposal of variant locations for the company with refrigeration technology” is to make, using optimal methods, a proposal of location of warehouses containing refrigeration including served areas and assignment of technicians in the Czech Republic for a company with refrigeration technology.

Keywords

Locational discrete problem, depo, served area, value of critical function, iterative algorithm, distance matrix.

Obsah

1. Úvod	8
2. Uvedení do řešené problematiky	10
3. Analýza současné situace	11
3.1 Popis společnosti	11
3.2 Nabízený sortiment	12
3.3 Informační systém	13
3.4 Logistika	15
3.4.1 Nákup	15
3.4.2 Skladování	17
3.5 Servisní činnost	18
3.5.1 Servisní technici a specialisté	18
3.5.2 Proces oznámení a řešení závad	19
3.5.3 Chladiva	20
4. Sběr dat	25
4.1 Lokalizace zákazníků a techniků	25
4.2 Analýza servisních požadavků	29
5. Využití aparátu operačního výzkumu, výběr vhodné metody řešení	31
5.1 Operační výzkum	31
5.1.1 Teorie grafů	31
5.1.2 Lokační analýza	31
5.1.3 Shrnutí základních poznatků	35
5.2 Výběr vhodné metody řešení	35
Ad 2) Iterativní algoritmus pro určení vrcholové lokace k dep	36
6. Sestavení matic orientovaných grafů	40
6.1 Sestavení matic orientovaných grafů	40
6.2 Ohodnocení hran v distanční matici	40
6.3 Stanovení vah vrcholů	42

7.	Návrh variantní lokace	43
7.1	Použitý program pro výpočet	43
7.2	Simulace počátečního řešení	45
7.2.1	Řešení na základě použití distanční matice vzdálenosti.....	45
7.2.2	Řešení na základě použití distanční časové matice	50
7.3	Varianty navrhovaného řešení	54
7.3.1	Varianta č. 1	54
7.3.2	Varianta č. 2	62
7.3.3	Varianta č. 3	71
8.	Porovnání variant s počátečním řešením	80
8.1	Porovnání dle hodnoty kritériální funkce.....	80
8.2	Porovnání dle množství potřebného chladiva v depech	81
8.3	Porovnání dle ujeté vzdálenosti.....	82
9.	Ekonomické vyhodnocení projektu.....	83
9.1	Náklady projektu	83
9.2	Výnosy projektu	86
9.3	Doba návratnosti investice.....	86
10.	Závěr.....	91
	Seznam literatury	93
	Seznam obrázků	95
	Seznam tabulek.....	97
	Seznam příloh	98

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:

DP	Diplomová práce
XY	Společnost XY
SAP	Informační systém – Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung
ADR	Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí
PF	Partnerské firmy
OV	Operační výzkum
AO	Atrakční obvod

1. Úvod

V dnešní době je velké množství firem, které své výrobky distribuují zákazníkům. Veškerými procesy pohybu materiálu se zabývá věda nazývaná se logistika. V posledních letech má logistika ve firmách čím dál větší význam. Řadíme do ní důležité procesy jako: nákup, skladování, distribuce či prodej.

Jedním ze základních firemních cílů je snaha o minimalizaci nákladů společnosti. Je tedy namístě ve firmách analyzovat, zda jednotlivé firemní procesy jsou dostatečně optimalizované. Systematickou a důslednou optimalizací procesů jsme schopni docílit snížení nákladů a zajištění vyššího zisku pro vlastníky firmy. Optimalizace logistických procesů je například proces optimalizace rozmístění skladů, rozvozových tras či řízení zásob. Optimalizací umístění skladů se budeme podrobně zabývat v diplomové práci. Optimální umístění skladů (či jiných objektů) vede ke snížení počtu ujetých kilometrů obsluhujícího vozidla (v závislosti na počtu umísťovaných dep), které rozváží produkty k zákazníkům a tím ke snížení nákladů.

V neposlední řadě, proč je nutné se zabývat optimalizačními procesy v dopravě, je i hledisko neustálého zvyšování znečišťování životního prostředí vozidly. Spaliny motoru vozidla nepřispívají ke kvalitě ovzduší.

Cílem práce je vytvoření návrhu umístění skladů s chladivem na území České republiky pro potřeby servisu a projektů společnosti zabývajících se prodejem a servisem chladicí techniky. Součástí návrhu je také navržení ploch jednotlivých skladů včetně ekonomického vyhodnocení celého projektu. Pro samotný návrh budou využity optimalizační algoritmy z oblasti operačního výzkumu.

První kapitola obsahuje uvedení do řešené problematiky.

Druhá kapitola se zabývá analýzou současné (počáteční) situace. Nalezneme zde informace o podniku (popis společnosti, nabízený sortiment, informační systém, logistiku a servisní činnost).

Třetí kapitola obsahuje získaná data o společnosti, která budou následně použita pro návrh lokace skladů. Jedná se o lokace techniků, zákazníků a analýzu servisních požadavků.

Čtvrtá kapitola se zabývá využitím operačního výzkumu a výběrem vhodné metody řešení. V první části kapitoly jsou informace o disciplínách teorie grafů a lokační úloze včetně shrnutí základních poznatků. Druhá část obsahuje výběr vhodné metody řešení, kde je představen upravený algoritmus pro následnou lokaci skladů.

Pátá kapitola obsahuje informace o sestavení matic orientovaných grafů. Je zde vysvětlen způsob sestavení matic, ohodnocení hran a stanovení vah jednotlivých vrcholů.

V šesté kapitole je řešen návrh variantní lokace skladů. V první části je představen použitý program a simulace počátečního stavu. Ve druhé části jsou uvedeny jednotlivé varianty řešení. Sedmá kapitola porovnává varianty s počátečním stavem na základě 3 vybraných parametrů. Poslední, osmá kapitola se zabývá ekonomickým vyhodnocením projektu na základě doby návratnosti.

2. Uvedení do řešené problematiky

Problematika, kterou se zabývá diplomová práce, spadá do oblasti logistiky. Konkrétně se jedná o návrh umístění několika nových skladů v ČR.

Diplomová práce je zpracována pro společnost zabývající se instalací a servisem v oblasti chladicí techniky. Mezi zákazníky patří stovky poboček maloobchodů a velkoobchodů na celém území ČR.

Vzhledem k požadavkům zákazníka je nutné zabezpečit servisní činnost v řádu několika málo hodin. Tato skutečnost klade vysoké nároky na logistiku a s tím související rozmístění skladů s chladičem.

Pro realizaci servisní činnosti chladících zařízení u zákazníka je nutné, aby technik vyzvedl chladič ve skladu a následně provedl servisní činnost u zákazníka. Vzhledem k počtu zákazníků a obsluhované ploše dochází k vysokému počtu ujetých kilometrů, což představuje značné náklady.

Snaha společnosti o snížení těchto provozních nákladů vede k optimalizaci umístění skladů. V rámci diplomové práce bude pomocí optimalizačních algoritmů vytvořen návrh umístění několika nových skladů na celém území ČR. Součástí tohoto návrhu bude také navržení velikosti jednotlivých skladů. Na závěr dojde k ekonomickému vyhodnocení celého projektu pomocí doby návratnosti investice.

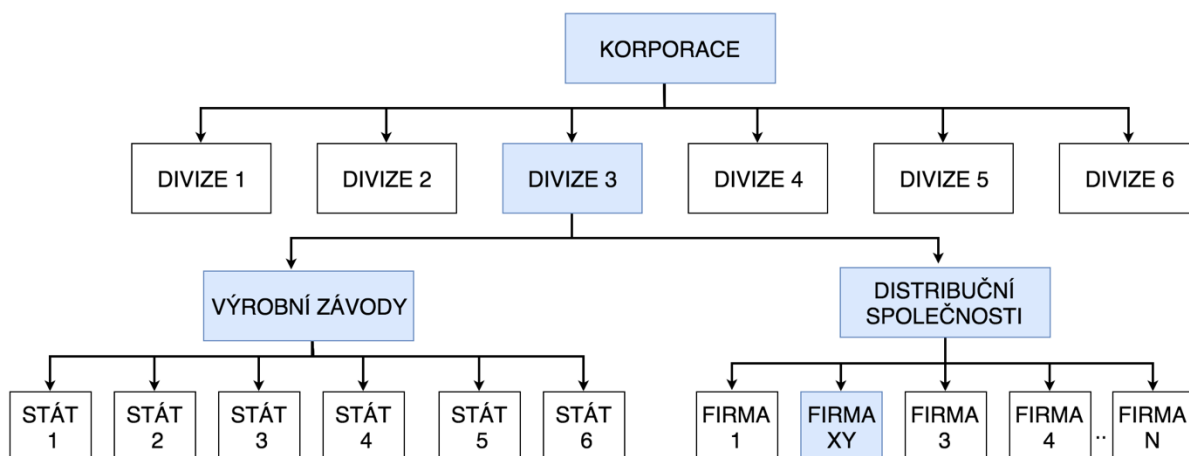
3. Analýza současné situace

Kapitola poskytuje bližší informace o společnosti, pro kterou bude proveden variantní návrh rozmístění skladů na území České republiky. Je zde uveden popis společnosti, nabízeného sortimentu, informačního systému, logistiky a servisní činnosti.

3.1 Popis společnosti

Jedná se o nadnárodní korporaci s centrálním evropským řízením. Zabývá se širokou oblastí působnosti jako jsou výtahy, eskalátory, požárně bezpečnostní prvky, zabezpečení, automatizace budov, vytápění, větrání, klimatizace, integrované zařízení pro správu budov a dalšími oblastmi. Korporace se skládá ze 6 hlavních divizí a zaměstnává cca 200 000 zaměstnanců. Disponuje velkým množstvím poboček na celém světě s obratem v řádu miliard dolarů. [16]

Na obrázku 1 je zobrazena část hierarchie řízení korporace, ve které se nachází společnost XY (na obrázku uvedena jako FIRMA XY).



Obrázek 1: Část hierarchie řízení korporace

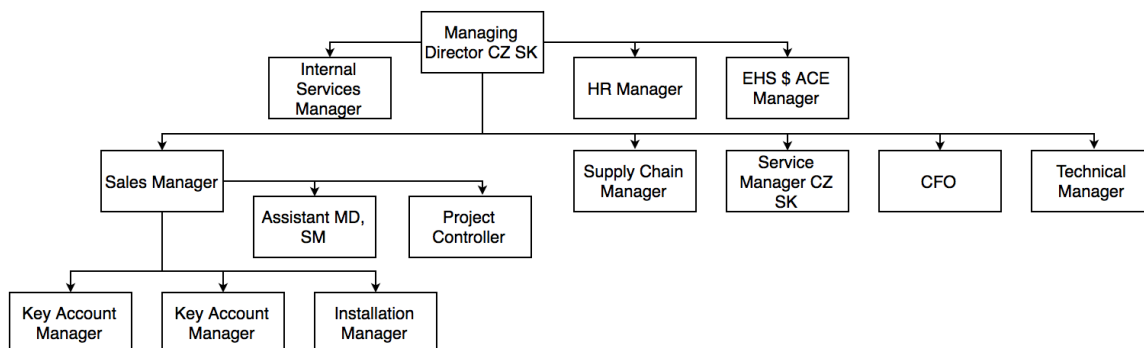
zdroj: [16]

Společnost XY (dále jen XY), pro kterou je zpracována diplomová práce, spadá do evropské divize 3 (chlazení) do sekce distribuční společnosti. Součástí divize je také sekce Výrobní závody. Divize 3 se zabývá chladicími systémy a službami pro průmyslové odvětví obchodních řetězců. [16]

Společnost vznikla roku 1991 pod vlastnictvím jiné společnosti. V roce 2008 byla přejmenována na současný název. Firma sídlí v ČR v Praze a zabývá se kompletním řešením chladicího zařízení pro prodejny maloobchodních i velkoobchodních formátů (FMCG – Fast moving customers goods) na území České republiky. Jedná se o kompletní proces instalace zařízení a servisu, včetně možného dálkového monitoringu. Díky tomu lze zajistit plynulý a bezpečný provoz zařízení po celou dobu životnosti chladicích systémů. Produkty jsou

vyráběny ve výrobních závodech v rámci Evropské organizační struktury (tzv. Intercompany). [16]

Na obrázku 2 je zobrazena struktura XY.



Obrázek 2: Struktura XY

zdroj: [16]

3.2 Nabízený sortiment

Společnost XY nabízí svým zákazníkům dva základní produkty:

- servisní činnost (včetně firem mimo korporaci);
- kompletní instalaci zařízení do prodejen. [16]

Zařízení, které firma instaluje koncovým zákazníkům, je vyráběno ve výrobních závodech v ČR, který spadá do korporace. Tato zařízení lze rozdělit do 4 hlavních kategorií, které jsou dále nabízeny v různých velikostech provedení. [16]

Rozdělení zařízení do 4 hlavních skupin:

- Systémové produkty:
 - Regály;
 - Kontejnerové regály;
 - Ultra Fresh;
 - Polovysoké regály;
 - Ostrovy a přístěnné vany;
 - Mrazicí skříně a kombinace.
- Zásuvkové produkty:
 - Regály;
 - Malé vitríny;
 - Ostrovy a přístěnné vany;
 - Mrazicí skříně a kombinace.

- Pulty:
 - Přestavitelné pulty;
 - Obslužné pulty;
 - Samoobslužné pulty.
- Technika:
 - Kompresorová jednotka;
 - Kondenzační jednotky;
 - Výměníky tepla. [16]

Na obrázku 3 lze vidět jedno z nabízených zařízení.



Obrázek 3: Nabízená zařízení

zdroj: [16]

3.3 Informační systém

Jako informační systém XY využívá systém SAP. Pod touto zkratkou se skrývá Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung, neboli systémy, aplikace a produkty při zpracování dat. Jedná se o podnikový informační systém, který přináší celkový přehled a kontrolu nad celým podnikem. Systém napomáhá ke snižování chybovosti ve skladech, v distribuci, v účetnictví a zrychluje, zefektivňuje činnosti i celé procesy řízení. [9]

Konkrétní systém ve firmě obsahuje několik modulů dle zaměření.

Jedná se o moduly:

- MM (Material Management);
- SD (Sales and Distribution);
- CS (Customer Service);
- FI (Finance);
- CO (Controlling). [16]

Každý modul obsahuje transakce, které zobrazují rozdílná data a slouží k odlišným účelům.

Při nahlédnutí do jednotlivých transakcí modulu je dosaženo odlišných informací. Ty následně, dle transakce, lze zkoumat, zadávat či měnit. Pro lepší představu budou uvedeny často používané transakce modulu logistiky.

Seznam často používaných transakcí z modulu logistiky, které byly využity pro analýzu dat:

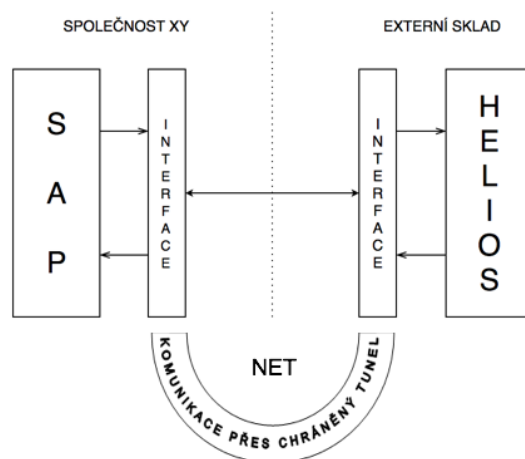
- MB52 – Seznam skladových zásob;
- MM03 – Zobrazení materiálu;
- ME23N – Zobrazení objednávky;
- MK03 – Zobrazení dodavatel;
- MB51 – Seznam materiálových dokladů;
- MM60 – Seznam materiálů;
- ME2M – Objednávky k materiálu;
- ME1M – Infozáznamy k materiálům;
- ME11 – Založení infozáznamu;
- ME1L – Infozáznamy k dodavateli;
- ME01 – Údržba pořadače. [16]

Společnost XY pro skladování využívá outsourcovaný sklad v Hostivicích, ve kterém je používán systém pro řízení zásob nazývaný se HELIOS.

Na straně popisované společnosti se tedy jedná o systém SAP, externí sklad používá HELIOS (dáno historií, vysoká cena, externí sklad využívá více společností). Už samotná rozdílnost systémů vede na počátku k určitým těžkostem. Je nezbytné, aby oba systémy, na obou stranách, ukazovaly totožné informace (např. informace o množství materiálu na skladu). [16]

Interní dokument nesoucí informaci (např. očekávání příjmu zboží, výdeje zboží), který je zasílán mezi systémy se nazývá IDOC [16].

Na obrázku 4 je zobrazeno rozhraní mezi dvěma zmíněnými systémy (SAP, HELIOS).



Obrázek 4: Rozhraní mezi dvěma systémy

zdroj: [16]

3.4 Logistika

„Logistika je věda zabývající se procesem plánování, realizací a řízení efektivního, výkonného toku a skladování zboží, služeb a souvisejících informací z místa vzniku do místa spotřeby, jehož cílem je uspokojit požadavky zákazníka“ [4]. V odvětví logistiky je velké množství procesů, které je třeba optimalizovat. Pro minimalizaci nákladů společnosti, která produkty distribuje svým zákazníkům, se například jedná o nalezení minimální (nejkratší) cesty pro rozvozové vozidlo, či zajištění optimálního rozmístění objektů na určitém území.

V tomto úseku pracuje celkem 7 zaměstnanců, kteří jsou odpovědní za nákup, dopravu, řízení skladu a podporu systémů.

3.4.1 Nákup

Nákup je jednou ze základních činností na úseku logistiky. Je odpovědný za včasné objednání a zajištění výrobků a zařízení potřebných dílů na projekty a servis na území České republiky.

Objednávání jednotlivých materiálů je řízeno tzv. atributem. XY nejčastěji využívá řízení nákupu materiálů dle dvou atributů. [16]

Prvním atributem je PD = Dispozice řízena plánem. Tento atribut mají položky, které jsou velmi drahé a servisní oddělení je používá na specifické požadavky zákazníka. [16]

Druhým častým atributem je V1 = Dispozice řízena dle objednávacích hladin. Zde je řazen spotřební materiál, který se pravidelně využívá. Objednávací hladiny jsou nastavovány po konzultaci se servisním oddělením a dle obrátkovosti daného materiálu. [16]

Proces nákupu začíná u technika nebo obchodního zástupce, a to jeho požadavkem na zajištění konkrétního dílu nebo zboží.

Rozlišujeme 2 typy nákupu podle nakupované komodity:

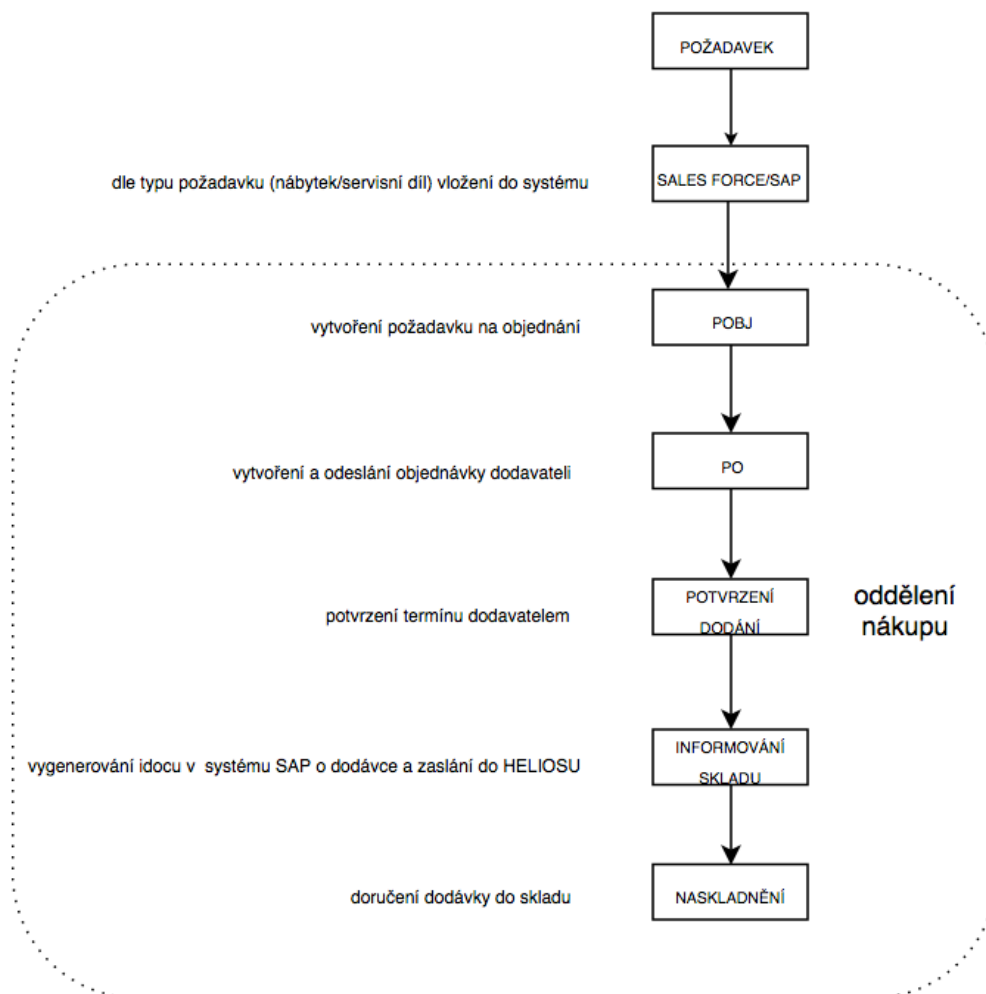
- Nákup zařízení:
 - nákup jednotek zařízení: jednotky nejsou skladem, objednávají se dle požadavků;
 - nákup podpůrného materiálu pro instalaci zařízení do prodejen: objednávají se dle požadavků nebo jsou skladem.
- Nákup servisních dílů:
 - objednávají se dle požadavků nebo jsou skladem. [16]

Proces nákupu:

- Díl je skladem (proces jde mimo nákupní oddělení).
 - Požadavek na nábytek je zadán do SALES FORCE (Jedná se o podpůrný software tzv. konfigurátor, který spolupracuje se systémem SAP. Využívají jej projektanti pro kompletní návrh chladících systémů. Výsledkem použití je seznam dílu a jejich potřebný počet pro instalaci celého kompletu zařízení).
 - Servisní díl (servisní zakázka) je zadán servisním technikem do systému SAP.
 - Výdej ze skladu, informování externího skladu o nachystání dílu pro technika (avízo o výdeji).
 - Vyzvednutí dílu technikem.
 - Zaslání informace externím skladem s potvrzením vyskladnění dílu Firmě XY.
- Díl není skladem.
 - Technikem je zadána servisní zakázka.
 - Vytvoření POBJ (požadavek na objednávku).
 - Vytvoření PO (nákupní objednávka).
 - Odeslání PO (objednávky) dodavateli.
 - Potvrzení dodávky dodavatelem, dodacího termínu.
 - Automatické vygenerování IDOC, který se propadne přes interface do systému HELIOS na straně externího skladu.
 - Zaslání avíza externím skladem s potvrzením naskladnění dílu XY („propadnutí příjemky ze systému HELIOS do systému SAP). [16]

V případě, že HELIOS nedostane IDOC od systému SAP, externí sklad není informován o budoucí dodávce a nemůže udělat příjem v systému HELIOS.

Nákupní proces ve formě diagramu je na obrázku 5.



Obrázek 5: Nákupní proces

zdroj: [16]

3.4.2 Skladování

Pro skladování produktů společnost využívá zejména outsorcovaný sklad nacházející se na západním okraji Prahy. Obsahuje cca 3600 položek. [16]

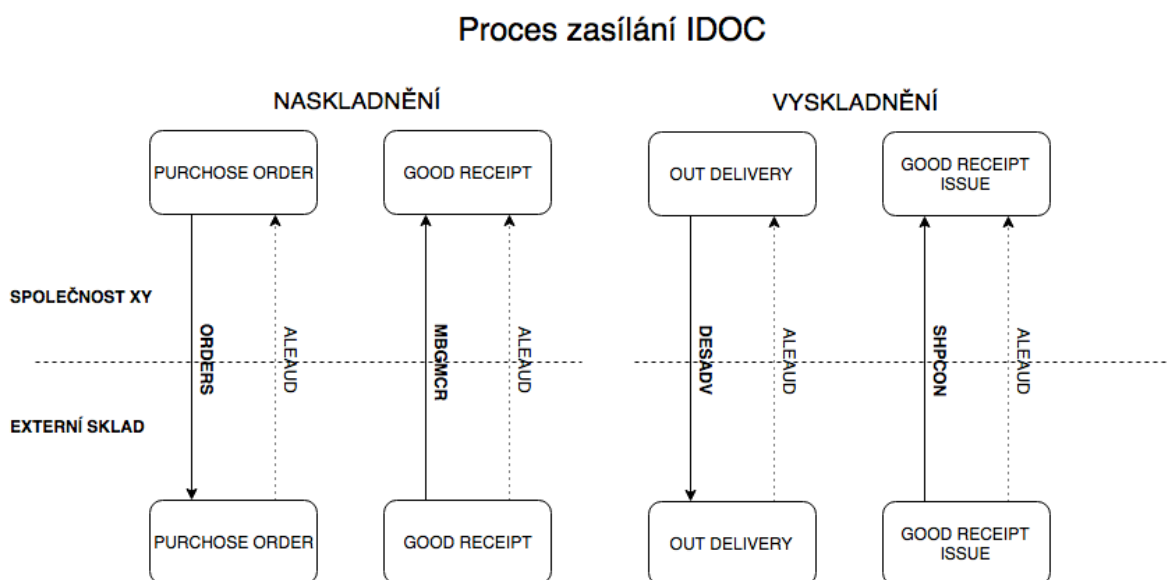
Každá položka (materiál) je evidována v informačním systému SAP pod jedinečným číslem, které je na počátku vygenerováno týmem Masters Dat v Německu. Celkem je v systému evidováno cca 40 000 položek. Mezi aktivními (aktuálně využívanými) je řazeno cca 9 000 položek. Důvody neaktivních materiálů mohou například být pozastavená nebo zastavená výroba materiálu či nahrazení dílu jiným materiálem. [16]

Pro jakýkoli pohyb materiálu (naskladnění, vyskladnění, přeskladnění) je nutné, aby společnost XY zasílala IDOC (informaci o požadavku) externímu skladu. [16]

Využívá se 5 typů IDOC dle konkrétního požadavku:

- ORDERS – avízo o příjmu zboží („očekávej příjem zboží“);
- MBGMCR - avízo o zaúčtování příjmu;
- DESADV - avízo o výdeji zboží („očekávej výdej zboží“);
- SHIPCON – avízo o zaúčtování výdeje;
- ALEAUD – potvrzující zpráva o doručení IDOC. [16]

Na obrázku 6 je zobrazen proces naskladnění a vyskladnění v rámci zasílání IDOC.



Obrázek 6: Proces zasílání IDOC

zdroj: [16]

3.5 Servisní činnost

V těžkém konkurenčním prostředí je nezbytné pro prosazení společnosti na trhu, nabízet komplexní služby. Tím se řídí i XY, která kromě prodeje a aplikace svých systémů zajišťuje také servis. Servisní činnost společnosti je dělena do dvou hlavních skupin:

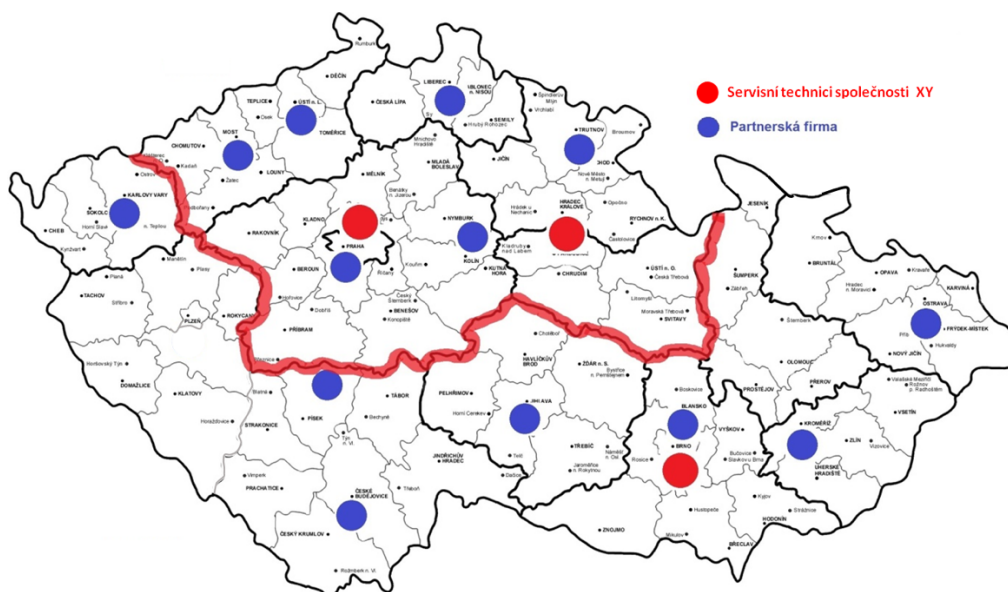
- Pravidelné činnosti (revize);
- Nárazové činnosti (havarijní opravy). [16]

3.5.1 Servisní technici a specialisté

Obecně servisní činnost provádějí technici. V případě větších, složitějších problémů je povolán specialista. Většina realizovaných servisních činností (70%) je outsorcována a prováděna partnerskými firmami (PF). PF disponují kapacitou o cca 160 techniků. Firma XY disponuje kapacitou 20 techniků (SVL – Servis vlastními lidmi). O kompletní servis chladících systémů společnosti XY se stará v ČR kolem 180 techniků včetně 7 specialistů. [16]

Servisní technici společnosti XY a partnerských firem jsou přiřazeni do předem stanovených územních celků, ve kterých provádějí realizaci servisních požadavků zákazníka. Jednotliví technici, přiřazení k určitému území, mají na starosti několik zákazníků (cca 15 až 20 obchodů). [16]

Na obrázku 7 je zobrazen přehled servisních techniků společnosti XY a partnerských firem v ČR. Červenou hranicí na mapě je rozdělena odpovědnost vedoucích pracovníků, kdy první je zodpovědný za severní část, druhý za jižní a východní část ČR.



Obrázek 7: Přehled sídel servisních techniků XY a partnerských firem v ČR

zdroj: [16]

Každý technik SVL a PF má k dispozici vlastní vozidlo pro realizaci servisních požadavků zákazníka. Ve vozidle má technik nejčastěji používané díly (cca 160 položek, malé množství chladiva pro případ úniku u zákazníka, chladivo popsáno v další podkapitole), nářadí, ochranné pomůcky a další. [16]

3.5.2 Proces oznámení a řešení závad

Pro realizaci servisní činnosti je zaveden interní postup, a to od prvotního požadavku servisu od zákazníka až po zajištění opravy. Proces se skládá z následujících kroků:

- Zákazník ohlašuje závadu call centru společnosti.
- Call centrum informuje nejbližšího technika v okolí nahlášené závady.
- Výjezd technika k zákazníkovi a zjištění závady.
- Oprava nebo návrat technika zpět do firmy (skladu) a vyzvednutí náhradních dílů (pokud je technik již nemá ve vozidle).
- Opakovaný výjezd technika a zajištění opravy do 4 hodin od nahlášení závady. [16]

Call centrum funguje 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. Náhradní díly technik (SVL) získává z:

- Vozidla;
- Externího skladu v Hostivicích;
- Několika externích skladů u dodavatelů;
- Objednáním dílu přes oddělení logistiky (v případě specifických dílů). [16]

Pokud servisní činnost realizuje PF, náhradní díly získává z:

- Vozidla;
- Externího skladu v Hostivicích;
- Několika externích skladů u dodavatelů;
- Díly si zakoupí PF sama (pouze v případě, pokud se jedná o levné díly);
- Objednáním dílu přes společnost XY, oddělení logistiky (v případě specifických dílů). [16]

Použité díly a chladivo se musí evidovat v Opravném listu, kde technik zapíše seznam použitých dílů, chladiv a výkaz práce. Součástí chladicího systému u zákazníka je řídicí systém včetně čidel. Díky tomu je možné monitorovat celou situaci na dálku a mít přehled o hodnotách nejdůležitějších parametrů systému. Řídicí systém automaticky podává výstražné zprávy o zvýšených hodnotách a automaticky jim přiřazuje priority. [16]

U každého zákazníka se minimálně 1krát za rok provádí běžná prohlídka. Důležitou povinností servisních techniků je každoroční školení, a to v oblastech:

- Svařování;
- Práce na elektrostanici;
- Práce s chladivem „A“;
- Bezpečnostní práce;
- Technologické řízení. [16]

3.5.3 Chladiva

Součástí každého chladicího systému je chladivo, které je prodáváno v tlakových láhvích. Základní dělení chladiv je dle jejich chemického složení. Každý typ je buď jednosložkové chladivo nebo směs několika plynů, které jsou zastoupeny v různém poměru. Dále lze chladiva dělit např. dle jejich původu (přírodní, syntetická) nebo rychlosti hoření (nehořlavá, málo hořlavá, hořlavá, vysoce hořlavá). Většinu tlakových lahví je možno doplňovat, některé jsou pouze na jednorázové použití. [16]

Chladiva jsou z hlediska manipulace, dopravy a skladování řazena do kategorie nebezpečných látek. Z důvodu zajištění bezpečnosti při jejich používání, jsou státem stanoveny přísné

předpisy, týkající se provozu (podmínky skladování, typy povolených chladiv, způsob přepravy, ...). Na přepravu tlakových lahví se vztahuje Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR), která stanovuje podmínky přepravy nebezpečného nákladu [13]. ADR nebude z důvodu zaměření DP na odlišné téma zde již dále rozebírána.

V průběhu vývoje chladiv dochází také k vytváření nových směsí, kterými jsou nahrazovány ty původní, a které jsou šetrnější k životnímu prostředí.

V následujících 4 tabulkách jsou uvedeny skupiny chladiv, dle typu a aktuálního použití. Ve zdroji [10] jsou uvedena přesná chemická složení, v tabulce označena písmenem R.

Tabulka 1: Regulované látky - zákaz používání

REGULOVANÉ LÁTKY	
Zákaz používání	R11
	R12
	R113
	R114
	R115
	R13
	R500
	R502
	R503

zdroj: [10]

Tabulka 2: Regulované látky - povoleny, zákaz doplňování lahví

REGULOVANÉ LÁTKY	
Povoleny - zákaz doplňování lahví	R22
	R123
	R124
	R142b
	R401A
	R401B
	R402A
	R402B
	R403A
	R403B
	R408A
	R409A
	R409B

zdroj: [10]

Tabulka 3: Fluorované skleníkové plyny - povoleny bez omezení dle dovozní kvóty v rámci EU.

FLUOROVANÉ SKLENÍKOVÉ PLYNY	
Povoleny – bez omezení	R23
	R32
	R125
	R134a
	R152a
	R143a
	R227ea
	R236fa
	R404A
	R407A
	R407B
	R407C
	R410A
	R417A
	R422D
	R427A
	R437A
R507	
R508A	
R508B	

zdroj: [10]

Tabulka 4: Přírodní chladiva - povolena bez omezení

PŘÍRODNÍ CHLADIVA	
Povolena – bez omezení	R170
	R290
	R600a
	R717
	R744
	R1270
	R407f

zdroj: [10]

Na obrázku 8 lze vidět bezpečnostní výstražky umístěné na skladu pro chladiva.



Obrázek 8: Bezpečnostní výstražky

zdroj: [autor]

Společnost XY má nyní na území ČR pro skladování chladiva k dispozici 3 místa. Tyto prostory jsou pronajaté. Jedná se o město Praha (sídlo firmy), Brno a Ostrava. Z těchto měst technik bere chladiva pro jejich následnou aplikaci u zákazníka. Z důvodů firemní politiky, týkající se chladiv, je třeba navrhnout 10 nových vhodných skladovacích míst.

Na obrázku 9 je zobrazen sklad s chladivem. Podobné sklady by měly být vybudovány v místech, která budou navržena autorem práce.

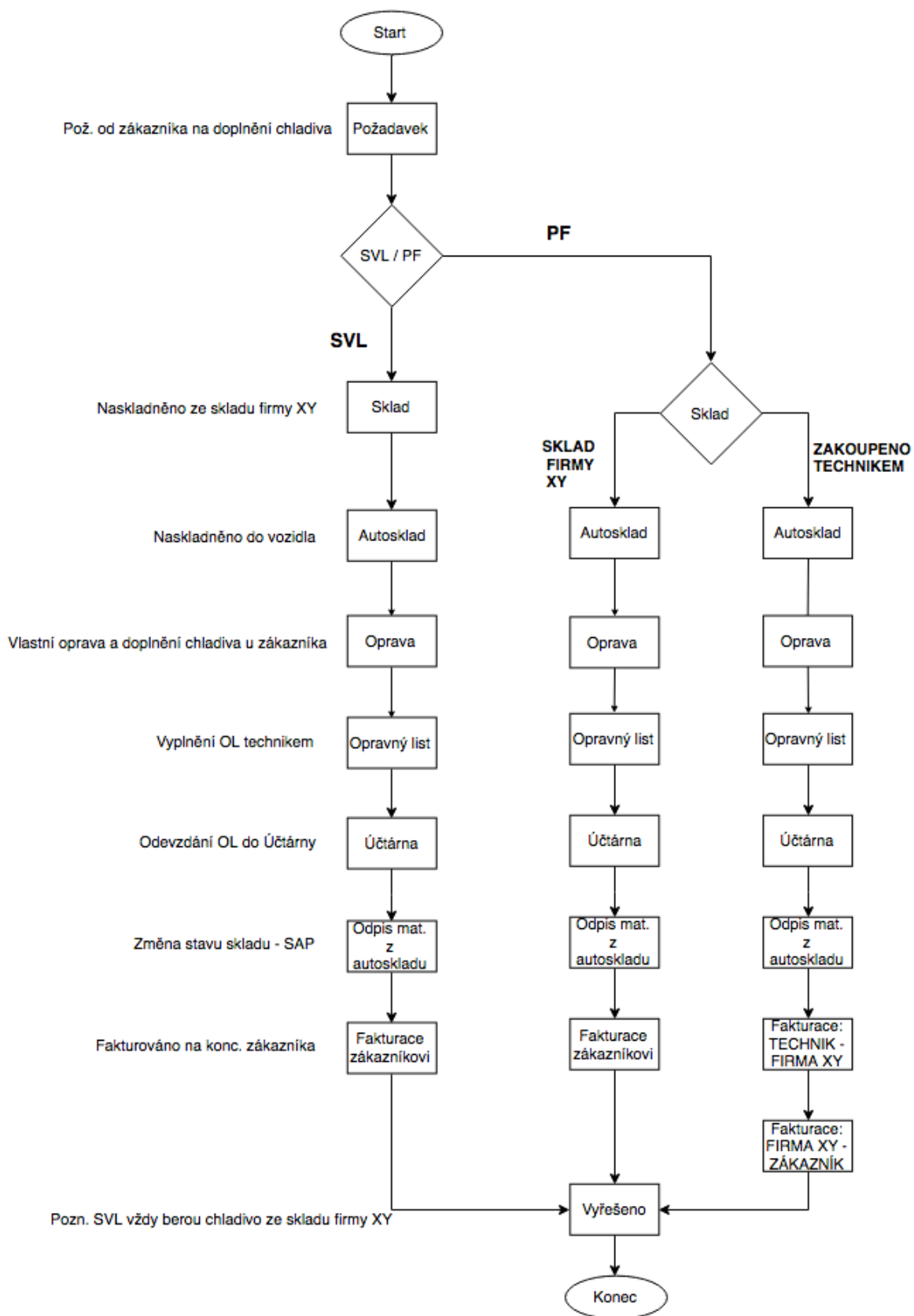


Obrázek 9: Sklad s tlakovými láhvemi

zdroj: [autor]

Mezi hlavní dodavatele chladiva a technických plynů patří 5 společností [16].

Na obrázku 10 je zobrazen proces pohybu chladiva. Proces se liší tím, zda se jedná o techniky SVL nebo PF a také, zda se chladivo bere ze skladu, nebo si je technik kupuje sám. Dle nařízení XY, technici SVL si sami kupovat chladivo od cizích firem nemohou. PF si mohou chladivo kupovat sami, a to pouze od schválených dodavatelů. [16]



Obrázek 10: Proces - pohyb chladiva

zdroj: [16]

4. Sběr dat

V této kapitole jsou informace o datech, která byla získána se souhlasem XY pro potřeby autora DP. Data byla použita za období 1.10.2015 do 30.9.2016 a byla získávána ze systému SAP za pomoci zaměstnanců oddělení servisu a logistiky. Pomocí několika transakcí byly exportovány tabulky, které byly následně upraveny do potřebného zobrazení.

Pro budoucí umístění skladů bylo nutné získat data týkající se polohy zákazníků, jejich požadavků a poloh sídel techniků.

4.1 Lokalizace zákazníků a techniků

Pro potenciální umístění skladů, byly vybrány lokace techniků a zákazníků v ČR. Celkem se jedná o 11 zákazníků, kde každý má několik poboček.

Z důvodu ne zcela kompletních dat a omezené kapacity programu, který bude použit pro navržení odběrových míst (skladů), bylo nutné počet potenciálních míst pro vybudování skladů snížit. Jednotlivé pobočky ve městech jsou seskupeny tak, aby každé město obsahovalo pouze jednu pobočku (nesoucí název města) s adresou jeho centra (proces seskupení bude vysvětlen dále).

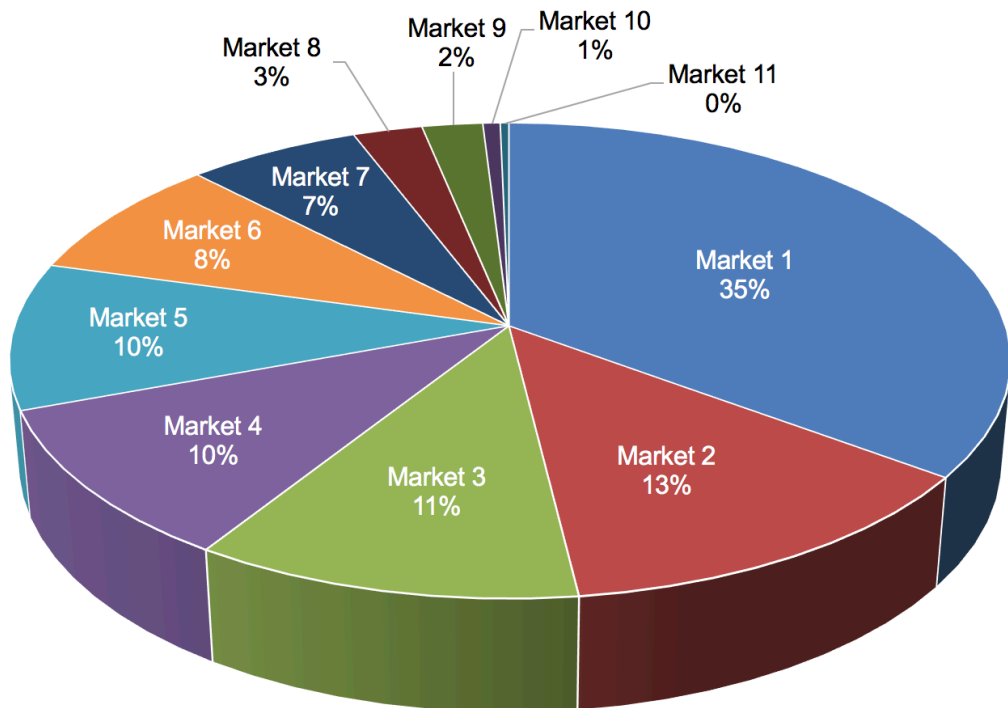
Tabulka 5 a obrázek 11 obsahují seznam zákazníků a počet poboček v ČR.

Tabulka 5: Seznam vybraných zákazníků

č.	Zákazník	Počet poboček
1	Market 1	34
2	Market 2	20
3	Market 3	32
4	Market 4	26
5	Market 5	31
6	Market 6	109
7	Market 7	40
8	Market 8	7
9	Market t 9	8
10	Market 10	1
11	Market 11	2
Celkem		310

zdroj: [16]

Analýza zákazníků



Obrázek 11: Analýza zákazníků - počet poboček v %

zdroj: [autor]

V tabulce 6 se nachází seznam možných míst (lokace zákazníků a techniků) pro vybudování skladů včetně požadavků (požadavky vysvětleny v další podkapitole). Celkem se jedná o 128 míst, ze kterých bude vybráno 10 míst pro vybudování skladů.

Tabulka 6: Seznam potenciálních míst

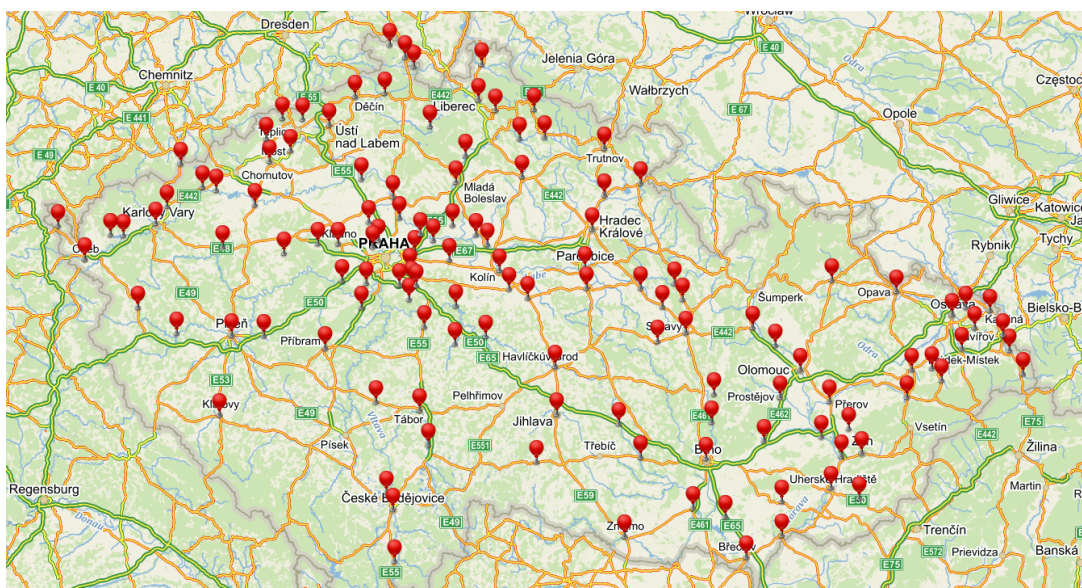
Pobočka	Množství chladiva [kg]
Aš	171,00
Benešov	201,00
Bílina	35,00
Blansko	436,00
Boskovice	154,00
Brandýs nad Labem	392,50
Brno	2 034,70
Bruntál	52,00
Břeclav	103,00
Čáslav	75,00
Čelákovice	92,00
Česká Kamenice	60,00
Česká Třebová	141,00
České Budějovice	570,30
Český Brod	5,00
Český Těšín	250,00
Cheb	100,00
Chrudim	25,00
Děčín	83,50
Frenštát pod Radhoštěm	20,00
Frýdek Místek	40,50
Frýdlant	1,50
Habartov	0,50
Havířov	480,30
Havlíčkův Brod	260,00
Hluboká nad Vltavou	20,00
Hodonín	187,00
Holešov	40,00
Horoměřice	1,20
Hradec Králové	575,00
Hustopeče	2,00
Jablonec nad Nisou	75,00
Jablunkov	2,00
Jaroměř	139,50
Jažlovice	160,00
Jesenice	37,50
Jičín	5,00
Jihlava	190,50
Jilemnice	1,00
Kadaň	393,00
Kamenice	45,40
Kaplice	0,60
Karlovy Vary	256,00
Karviná	123,00
Kladno	371,00
Klášterec nad Ohří	388,00
Klatovy	100,20

Kolín	223,00
Kopřivnice	70,00
Kralupy nad Vltavou	440,00
Kroměříž	125,00
Krupka u Teplic	2,00
Kutná Hora	50,00
Kyjov	167,00
Liberec	806,00
Litomyšl	74,20
Litovel	0,15
Litvínov	307,50
Lubeneč	10,00
Mělník	127,50
Mikulov	250,56
Milevsko	40,00
Milovice	50,00
Mimoň	72,40
Mladá Boleslav	1,20
Mnichovo Hradiště	75,00
Mníšek pod Brdy	4,00
Modletice	240,00
Mohelnice	182,65
Most	92,00
Náchod	60,00
Náměšť nad Oslavou	0,45
Neratovice	67,00
Nový Jičín	75,00
Nymburk	391,00
Olomouc	652,00
Opava	220,00
Ostrava	432,40
Ostrov nad Ohří	11,00
Otrokovice	50,00
Pardubice	240,00
Planá u Marian. lázní	2,00
Plzeň	610,40
Poděbrady	517,00
Pohořelice	40,00
Polička	2,00
Praha	5 043,81
Prostějov	654,00
Přerov	0,50
Příbram	65,00
Rakovník	247,00
Rokycany	2,90
Rokytnice nad Jizerou	30,50
Roudnice nad Labem	216,00
Roztoky u Prahy	50,00
Rumburk	51,30
Rychvald	100,00
Sázava	28,50

Semily	30,00
Soběslav	30,00
Sokolov	90,00
Stochov	3,50
Stříbro	34,00
Svitavy	3,30
Šluknov	160,00
Tábor	53,50
Telč	0,67
Trutnov	1,00
Třebotov	4,50
Třinec	143,00
Uherské Hradiště	299,80
Uherský Brod	76,50
Uhřetěves	2,00
Ústí nad Labem	587,44
Ústí nad Orlicí	2,00
Valašské Meziříčí	31,30
Varnsdorf	60,00
Vejpřty	20,00
Velké Meziříčí	65,00
Vlašim	88,50
Vráž u Berouna	1,00
Vysoké Mýto	50,00
Vyškov	240,00
Zlín	507,80
Znojmo	1,50
Zruč nad Sázavou	30,00
Žatec	2,50
Žďár nad Sázavou	0,50

zdroj: [16, autor]

Poloha potenciálních míst pro vybudování skladů (lokace zákazníků a techniků) je na obrázku 12. Tato místa jsou na mapě označena červenou značkou.



Obrázek 12: Potenciální místa pro vybudování skladů

zdroj: [11, 16, autor]

4.2 Analýza servisních požadavků

Pro zajištění přesnějšího návrhu je nutné určit váhu jednotlivých potenciálních míst pro vybudování skladů v nichž bude umístěno chladivo, které bude využíváno pro zajištění servisní činnosti. Nejvyšší důležitost (velikost požadavku) by měla mít místa, ve kterých se předpokládá nejvyšší odběr chladiva. Tato místa lze pouze odhadnout. V oblasti, kde je nyní nízké množství odebraného chladiva, může dojít k výstavbě nových obchodů a potřebné množství se pro určitou oblast zvýší. Je mnoho faktorů, které ovlivňují množství odebraného chladiva zákazníkem (stáří obchodu, nepravidelné poruchy, dodržování pravidel používání atd).

Jako parametr důležitosti zákazníka bylo vybráno množství chladiva v kg, které daný zákazník odebral za období od 1.10.2015 do 30.9.2016.

Do množství odebraného chladiva byla započítána pouze tato nejčastěji používaná chladiva:

- 134 A;
- R407F;
- R404A;
- R507A;
- R744 - CO₂. [16]

Přesná chemická složení jednotlivých typů chladiv jsou uvedena ve zdroji [10].

V této kapitole byla získána potřebná data - lokace a váhy zákazníků a lokace sídel jednotlivých techniků. Získaná data budou následně použita jako vstupní data pro návržení umístění skladů na území ČR.

5. Využití aparátu operačního výzkumu, výběr vhodné metody řešení

Kapitola se zabývá oblastí operačního výzkumu. Podrobněji jsou zmíněné disciplíny Teorie grafů a Lokační analýzy. Dále kapitola obsahuje shrnutí základních poznatků a výběr vhodné metody řešení k návrhu diskrétní lokace skladů.

5.1 Operační výzkum

Operační výzkum (OV - operational research) patří mezi vědní disciplínu. Jedná se o soubor samostatných disciplín (Matematické programování, Teorie her, Teorie grafů, Teorie rozvrhů, Teorie zásob, Lokační analýza a další), které jsou zaměřeny na odlišné typy rozhodovacích problémů. Tuto vědní disciplínu lze aplikovat všude, kde se jedná o analýzu a koordinaci provádění operací v rámci systému. Počátky spadají do první poloviny 20. století. Pro posouzení výsledku fungování systému je stanoveno kritérium, či kritéria, které jsou následně vyhodnoceny. OV pomáhá nalézt optimální řešení problému zejména pomocí matematického modelování. Vytvořený model je pouze zjednodušený obraz systému, který se nemusí chovat totožně jako reálný systém. [1, 3]

Řešená úloha spadá do disciplíny Lokační úlohy, která využívá aparátu Teorie grafů (další samostatná disciplína OV). V následujících dvou podkapitolách budou přiblíženy tyto disciplíny.

5.1.1 Teorie grafů

Jedná se o velmi rozsáhlou a často používanou disciplínu. Graf je základem celé disciplíny, pomocí kterého je znázorněn konkrétní systém (např. reálná komunikační síť, kde uzly představují křižovatky a hrany komunikace mezi nimi). Na síti lze definovat řadu optimalizačních úloh (např. nalezení nejkratší cesty, nejspolehlivější cesty či cesta s maximální kapacitou). [3]

5.1.2 Lokační analýza

Mezi často používanými úlohami z OV v posledních 50 letech je lokační úloha. Jedná se o problematiku rozmístění (lokace) různých zařízení v prostoru. V praxi se může jednat o řešení návrhu umístění pro vybudování: servisních středisek, firem, výrobních podniků, skladů, škol, vzdělávacích zařízení, čerpacích stanic pohonných hmot, přestupních uzlů v systémech městské hromadné obsluhy, logistických center, skládek materiálu pro zimní údržbu komunikací, sběrných dvorů, bankomatů, policie, hasičských záchranných sborů, obchodních a nákupních střediska, úřadů, nemocnic, zdravotnických zařízení a dalších. [1]

Jedná se také o disciplínu, pod kterou spadá řešená úloha v DP. Lokační úlohy lze klasifikovat jako diskrétní a spojitou. Liší se dle možnosti umístění dep. Pokud jsou depa umísťována na hranách grafu či ve vrcholech, jedná se o lokaci spojitou. V případě umístění dep pouze do vrcholů grafu, jedná se o lokaci diskrétní. Vzhledem k možnosti umístění dep v DP, bude dále řešena pouze lokace diskrétní. [1]

Lokací je myšleno rozmístění středisek obsluhy (dep) na konkrétní síti. Většinou se jedná o komunikační síť. Graf je hranově ohodnocený, ohodnocení představuje délku hrany. Vrchol, který se nachází na dopravní síti a má pro určitou část této sítě (atrakční obvod) jisté zvláštní poslání, nazýváme středisko obsluhy (depo). Dále jsou zadány požadavky na vrcholech. [2]

Odlišností u jednotlivých lokačních úlohách můžeme najít v počtu rozmísťovacích středisek, dle vzniku požadavků: místo, úsek komunikace, dle umístění středisek obsluhy: ve vrcholech, na hranách grafu, mimo komunikační systém, dle kritéria kvality: např. minimax, celková minimalizace dopravního výkonu. Podle zmíněných odlišností dostáváme řadu odlišných úloh, kde každá úloha vyžaduje odlišný matematický model a řešení. [1]

Důležitou roli hrají požadavky zákazníka, ze kterých vychází lokace s cílem optimalizace vybraných kritérií. Požadavkem může být: údržba komunikace v zimních měsících, posyp komunikace, potřeba občana tankovat motorová vozidla, potřeba výběru peněžní hotovosti, servisní požadavky a další. Odbavení požadavků na obsluhu je možné realizovat dvěma způsoby: výjezdem servisního pracovníka ze střediska obsluhy do místa vzniku nebo opačně, pomocí přemístění se z místa potřeby do středisek obsluhy (např. nákupem pohonných hmot). Pro uspokojení požadavků je nutné vykonat určitou dopravní práci. Většinou se měří ujetá vzdálenost, celkový čas nebo spotřebu motorového vozidla. [1]

Cílem je určení vrcholů sítě, ve kterých mají být umístěny střediska obsluhy (depa) tak, aby byla minimalizována kritériální (nákladová) funkce. Tato funkce vyjadřuje dopravní práci při obsluze vrcholů (viz. níže). [2]

Pro nalezení globálního optima lokační úlohy (exaktní metoda), by bylo nutné prozkoumat všechny možné kombinace k -té třídy ze zadané množiny prvků. Celkový počet možných umístění středisek je dán vztahem:

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{(n-k)! \cdot k!} \quad (1)$$

kde:

- n je počet vrcholů v síti;
- k je počet umísťovaných středisek obsluhy. [2]

Celkový počet možných umístění středisek pro řešenou úlohu v DP je:

$$\binom{128}{10} = \frac{128!}{10! \cdot 118!} \doteq 10^{14}$$

Vzhledem k počtu 10^{14} možných kombinací pro umístění skladů v řešené úloze, je nutné použít k řešení heuristický přístup. Heuristické metody množinu přípustných řešení redukuje, proto můžeme řešení obdržet v reálném čase. Nevýhoda tohoto přístupu je nezaručení nalezení globálního optima. V tomto případě je řešení nazýváno suboptimálním. Jedná se o přípustné řešení, které splňuje všechny podmínky, avšak nemusí být optimální. [2]

Základní pojmy lokační analýzy:

Ohodnocení hrany h – značí se $o(h)$, představuje délku hrany [2].

Váha vrcholu v – značí se $w(v)$, počet požadavků na obsluhu, důležitost vrcholu [2].

Váha hrany h – značí se $w(h)$, představuje důležitost komunikace, úseku [2].

Kritérium pro optimalizaci rozmístění dep do vrcholů na síti – Množinu dep D_k nazveme vrcholově optimálním umístěním k dep na síti $G = (V, X)$, když platí:

$$f(D_k) = \min_{D'_k} \{f(D'_k)\} \quad (2)$$

kde:

- $f(D'_k) = \sum_{v \in D'_k} \sum_{u \in A^*(v)} 2 \cdot d(v, u) \cdot w(u)$ pro neorientovaný graf;
- $f(D_k)$ je hodnota kritériální funkce množiny dep D_k ;
- D'_k jsou všechny k -prvkové podmnožiny V ;
- $d(u, v)$ je vzdálenost depa v od obsluh. vrcholu u ;
- $w(u)$ je váha vrcholu u . [1, 2]

Obsluha – výjezd z depa do místa obsluhy, obslužení požadavku a návrat zpět do depa [2].

Dopravní síť – je v lokační analýze souvislý, vrcholově a hranově ohodnocený obyčejný graf $G=(V, X)$. Příkladem je silniční, železniční, letecká, komunikační počítačová síť. [1]

Obsluhované vrcholy grafu – ve vrcholech jsou umístěni zákazníci, kteří požadují zásobování zbožím nebo dostupnost služby [1].

Depo – místo na síti, kde je umístěno středisko obsluhy. Je významným vrcholem v dopravní síti se specifickým posláním. Množina dep s určitým stejným posláním je značena D_k , počet dep značíme k . Pro k musí platit $1 \leq k \leq n$ kde $n = |V|$. [1,2]

Přidělený atrakční obvod – jedná se o část dopravní sítě, ve které toto středisko plní své poslání. Přidělený atrakční obvod $A^*(v)$ depa $v \in D_k$ je množina vrcholů $u \in V$ a hran $h \in X$ sítě, které jsou obsluhovány z depa a platí pro něj:

$$A'(v) \subseteq A^*(v) \subseteq A(v) \text{ pro každé depo } v \in D_k, \quad (3)$$

$$\bigcup_{v \in D_k} A^*(v) = X \cup V, \quad (4)$$

$$A^*(v) \cap A^*(v) = \emptyset, u \neq v, v \in D_k, \quad (5)$$

kde:

- D_k - množina dep;
- $A'(v)$ - prvotní atrakční obvod: $u \in A'(v)$, pokud neexistuje depo $w \in D_k$, pro které platí $d(w, u) \leq d(v, u)$;
- $A(v)$ – atrakční obvod: $u \in A(v)$, pokud neexistuje depo $w \in D_k$, pro které platí $d(w, u) < d(v, u)$;
- $d(w, u)$ je vzdálenost dvou vrcholů. [1, 2]

Vzdálenost vrcholu $u \in V$ od depa $v \in D_k$ – je definována jako délka minimální cesty

$$d(u, v) = \min_{m(u,v) \in M} \{\sum_{h \in m(u,v)} o(h)\}, \quad (6)$$

kde:

- M je množina všech cest mezi u a v [1].

Dopravní práce – je spojena s obsluhou, vyjadřuje počet ujetých kilometrů (čas) z výchozího místa do místa obsluhy a zpět. Není zde uvažováno slučování více zásahů v rámci jednoho výjezdu. Velikost dopravní práce závisí na umístění středisek obsluhy (dep), váze vrcholů a počtu středisek. [2]

Neorientovaný graf – hrany grafu nemají přiřazenou orientaci, jedná se o uspořádanou trojici (V, X, p) , kde:

- V je množina vrcholů;
- X je množina hran;
- p je incidence (zobrazení množiny hran do množiny všech neuspořádaných dvojic vrcholů). [1, 2]

Orientovaný graf – hrany grafu mají přiřazenou orientaci, jedná se o uspořádanou trojici $[V, X, p]$, kde:

- V je množina vrcholů;
- X je množina hran;

- p je incidence (zobrazení množiny hran do množiny všech uspořádaných dvojic vrcholů) [1, 2].

5.1.3 Shrnutí základních poznatků

Mezi nejvýznamnější autory počátků lokační analýzy patří Pierre de Fermat (1601 – 1655), který jako první objevil centrální bod trojúhelníku, dnes nazývaného jako Fermatův bod. Francouzský matematik Camille Jordan (1838 – 1922) popsal první lokační problém na síti typu strom. První publikování lokačního modelu je připisováno Alfredu Weberovi (1868 – 1958). [1]

Lokační problém byl představen roku 1963 americkým profesorem Cooperem (1930 – do současnosti) [5]. Následně byl roku 1964 matematikem S.L. Hakimi (1932 – 2005) rozšířen na váženou síť [6].

Dalšími významnými autory byli Klose, Drexler, M. Labbé, F. V. Louveaux, Z. Drezner a H. W. Hamacher [2, 7]. O zvýšenou popularizaci lokační analýzy se zasloužil Profesor Charles ReVelle (1938-2005), který vyřešil problém určení počtu a rozmístění nemocnic specializovaných na závažné nemoci na území USA [14].

Mezi využívané algoritmy pro řešení lokačních úloh řadíme např. záměnnou heuristiku, neboli iterativní algoritmus, který patří mezi diskrétní lokaci. Využívá tzv. lokální hledání, kdy postupně prozkoumává okolí počáteční řešení a Hakimiho algoritmus, který je řazen mezi lokaci spojitou [6, 8].

5.2 Výběr vhodné metody řešení

V této podkapitole budou ukázány metody řešení, které vznikly pro řešení lokačních diskrétních úloh.

1) Exaktní

Exaktní metody jsou používány na úlohách menšího rozsahu (řádově desítky až stovky vrcholů v závislosti na počtu vrcholů a umístěvaných dep), postupně prohledávají a vyhodnocují všechny kombinace řešení úlohy [15]. Zaručují nalezení optimálního řešení. Pro velké úlohy není možné využívat exaktní metody z důvodu nereálného potřebného času na dosažení výsledku.

2) Heuristické

Cílem heuristických algoritmů je nalezení suboptimálního (lokálního optima) řešení v rozumném čase. Nezaručují nalezení optimálního (globálního optima) řešení.

Pokud není požadováno nalezení globálního optima a hodnota účelové funkce je přijatelná, lze výsledek přímo prakticky aplikovat. V opačném případě je výsledek heuristiky použit jako základ pro další zpracování. [3]

Největší předností heuristických metod je možná aplikace metody na rozsáhlé úlohy a nalezení suboptimálního řešení v reálném čase. Mezi tuto metodu řadíme např. iterativní algoritmus.

3) Meta-heuristické metody

Meta-heuristiky stejně jako heuristiky nezaručují nalezení globálního řešení. Vyznačují se tím, že za určitých podmínek mohou opustit lokální optimum a přejít posloupností iteračních kroků do jiné části množiny přípustných hodnot.

Mezi algoritmy spadající do této skupiny metod řadíme např. Tabu search, simulované žíhání, genetické algoritmy, evoluční algoritmy a mravenčí kolonie. [15]

Ad 2) Iterativní algoritmus pro určení vrcholové lokace k dep

Algoritmus spadá do heuristických metod a využívá se pro diskrétní lokaci. Výhodou tohoto algoritmu je rychlost nalezení přijatelného výsledku. Kvalita řešení pomocí iterativního algoritmu je ovlivněna výchozí volbou kombinace dep. Před samotným výpočtem je nutné na počátek zvolit vrcholy, které budou vloženy do výchozí množiny dep. Zásadní roli pro určení umístění dep je váha vrcholů, která určuje jejich důležitost a lokace vrcholů na řešeném území. [1]

Základní princip algoritmu spočívá v záměně vrcholů aktuálního řešení s vrcholy z množiny neprozkoumaných vrcholů N a porovnávání dopravní práce $f(D_k)$. Pokud nové řešení dosahuje nižší hodnoty dopravní práce $f(D_k)$, poté vznikne nové aktuální řešení. Pokud ne, původní řešení zůstává. Algoritmus končí, pokud množina neprozkoumaných vrcholů N je prázdná a v průběhu dané iterace nedošlo ke změně aktuálního řešení.

Kroky iterativního algoritmu = záměnná heuristika: [1, 2]

1. Krok:

- zvolíme výchozí množinu dep $D_k \subset V, k = |D_k|$;
- určíme množinu neprozkoumaných vrcholů $N = V \setminus D_k$;
- položíme $z=0$ (do proměnné z jsou ukládány změny řešení);
- určíme $f(D_k)$, resp. $g(D_k)$.

2. Krok:

- zjistíme, zda je množina neprozkoumaných vrcholů prázdná;

2a)

- je-li $N = \emptyset$ pokračujeme krokem 4;

2b)

- je-li $N \neq \emptyset$;
- vybereme libovolný $v \in N$ a vytvoříme množiny $D_k^{v_j} = D_k - \{v_j\} + \{v\}$,
pro $\forall v_j \in D_k$;
- vypočteme $f(D_k^{v_j})$, resp. $g(D_k^{v_j})$, $v_j \in D_k$;
- určíme $f(D_k^{v_r}) = \min_{v_j \in D_k} \{f(D_k^{v_j})\}$, resp. $g(D_k^{v_r}) = \min_{v_j \in D_k} \{g(D_k^{v_j})\}$.

3. Krok:

- Porovnáme hodnoty kritéria;

3a)

- Pokud $f(D_k^{v_r}) \geq f(D_k)$, resp. $g(D_k^{v_r}) \geq g(D_k)$, položíme $N = N - \{v\}$ a pokračujeme krokem č. 2;

3b)

- Pokud $f(D_k^{v_r}) < f(D_k)$, resp. $g(D_k^{v_r}) < g(D_k)$, vytvoříme novou množinu dep $D_k = D_k - \{v_r\} + \{v\}$ položíme $z = z + 1$ a $f(D_k) = f(D_k^{v_r})$, resp. $g(D_k) = g(D_k^{v_r})$ a pokračujeme krokem č. 2.

4. Krok:

4a)

- Je-li $z = 0$, pokračujeme na krok č. 5;

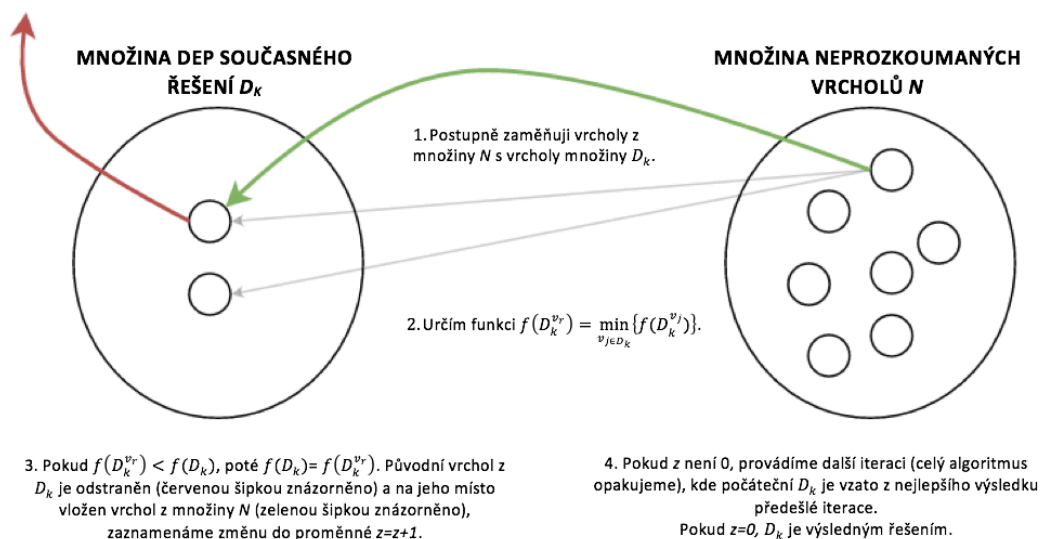
4b)

- Je-li $z > 0$, položíme znovu $z = 0$, určíme novou množinu $N = V \setminus D_k$ a pokračujeme krokem č. 2.

5. Krok

- Množina D_k představuje vrcholově suboptimální rozmístění k dep (středisek obsluhy) na síti, která může být nalezena metodou tímto algoritmem, hodnota $f(D_k)$, resp. $g(D_k)$ představuje minimální hodnotu kritériální funkce (nákladové funkce), která může být nalezena tímto algoritmem.

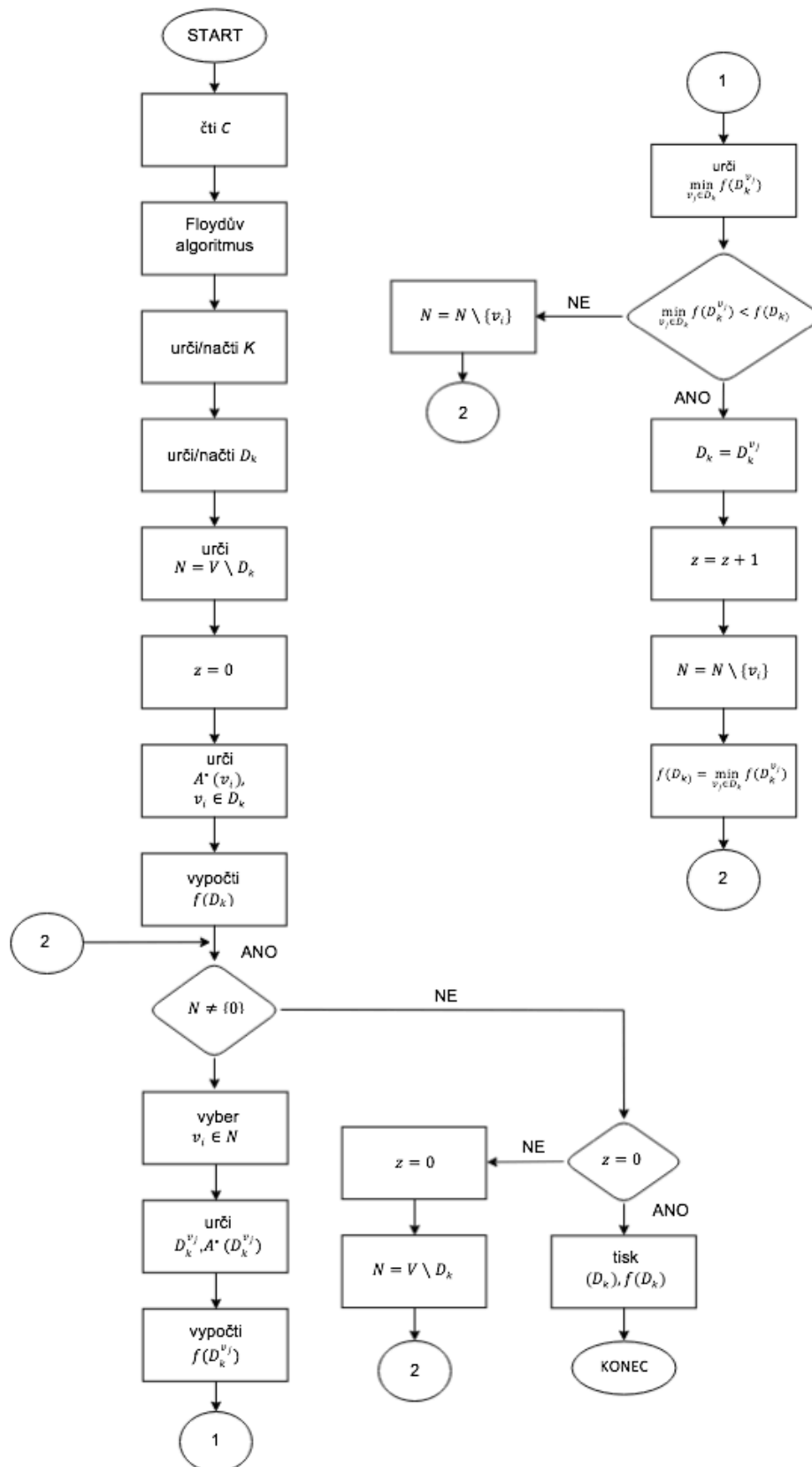
Grafické zobrazení základního principu iterativního algoritmu se nachází na obrázku 13.



Obrázek 13: Základní princip iterativního algoritmu

zdroj: [autor]

Z důvodu rozsáhlé úlohy (velké množství vrcholů a množství možných kombinací umístění dep, viz. výše), je pro dosažení výsledků nezbytné algoritmus naprogramovat. Na obrázku 14 je zobrazen vývojový diagram iterativního algoritmu.



Obrázek 14: Vývojový diagram - iterativní algoritmus

zdroj: [2]

6. Sestavení matic orientovaných grafů

Kapitola obsahuje informace o sestavení distančních matic, způsobu ohodnocení hran a stanovení vah vrcholů pro následnou lokaci. Je zde představen program ArcGIS, který byl použit pro získání ohodnocení hran u jednotlivých grafů.

6.1 Sestavení matic orientovaných grafů

Klasické zobrazení grafů v geometrické formě zde nebylo použito. Důvodem je velké množství vrcholů a hran grafu. Každý z grafů obsahuje 128 vrcholů, kde z každého vrcholu vede 127 hran. Celkem každý graf obsahuje 8 128 hran. Graf ve formě geometrického zobrazení by nebyl čitelný, přehledný a srozumitelný. Z uvedených důvodů budou grafy zobrazeny pomocí maticového vyjádření. Jedná se o distanční matice min. vzdálenosti a min. času.

Byly vytvořeny 2 distanční matice orientovaných grafů s rozdílným ohodnocením hran. Jedná se o distanční matice vzdálenosti a matice času. U matice vzdálenosti představuje ohodnocení hran vzdálenost v km mezi jednotlivými vrcholy, ohodnocení časové matice představuje min. nutný čas na překonání min. vzdálenosti.

Z důvodu rozsáhlé velikosti matic (128x128) budou zobrazeny v sekci příloha.

6.2 Ohodnocení hran v distanční matici

První distanční matice vzdálenosti obsahuje min. vzdálenosti (v km) mezi jednotlivými seskupenými pobočkami. Distanční matice času obsahuje min. čas (v min.) na překonání vzdálenosti mezi seskupenými pobočkami.

Pro vytvoření každé ze 2 distančních matic bylo nutné získat 16 256 vzdáleností/časů mezi jednotlivými pobočkami. Tak velké množství dat není možné, v rozumném času, bez použití programu získat. Z tohoto důvodu bylo nutné jednotlivé vzdálenosti (časy) získat pomocí programu. K tomuto účelu byl použit program ArcGIS.

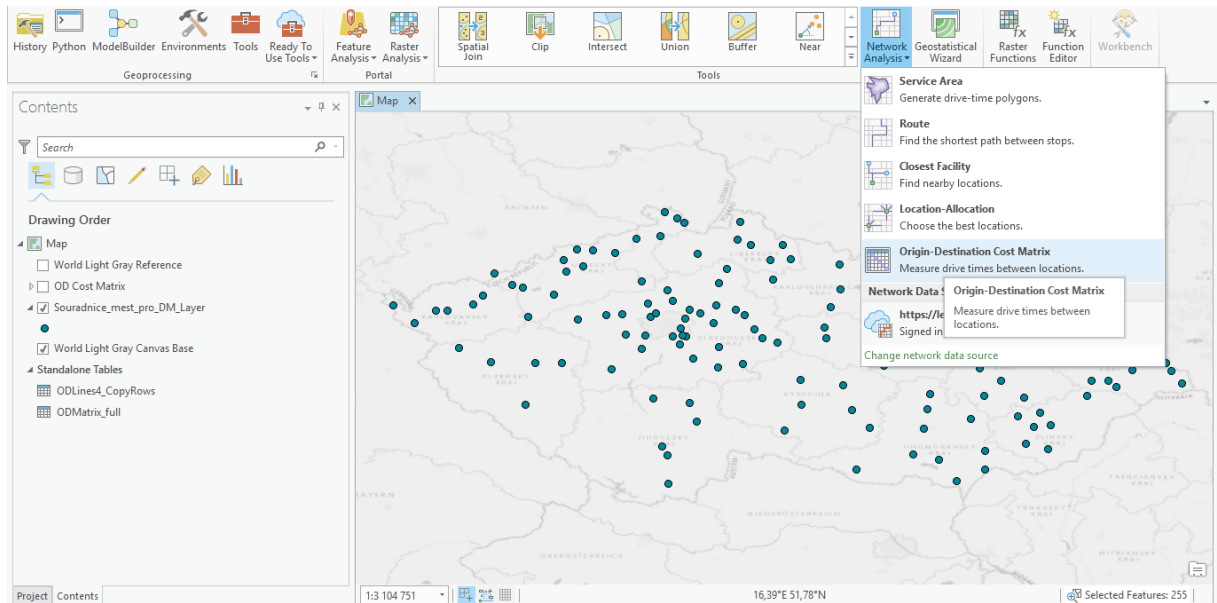
ArcGIS

Jedná se o geografický informační systém, který je určen pro práci s prostorovými daty. ArcGIS je licencovaný program, který nabízí trial verzi po dobu 60 dnů. V programu lze využít sekce: Plánování a analýza, Správa majetku, Vizualizace a Komunikace s veřejností a zákazníky. Největší výhodou je možnost analýzy dat a nalezení nových vztahů včetně přehledné vizualizace. Výsledky je možné sdílet ve formě dat, interaktivní aplikaci či reportech. [12]

Program byl využit pro získání vzdáleností (času na překonání vzdálenosti) mezi jednotlivými potencionálními místy. Vstupem do programu je excelovský dokument obsahující seznam potencionálních měst pro vybudování skladů, včetně jejich GPS souřadnic.

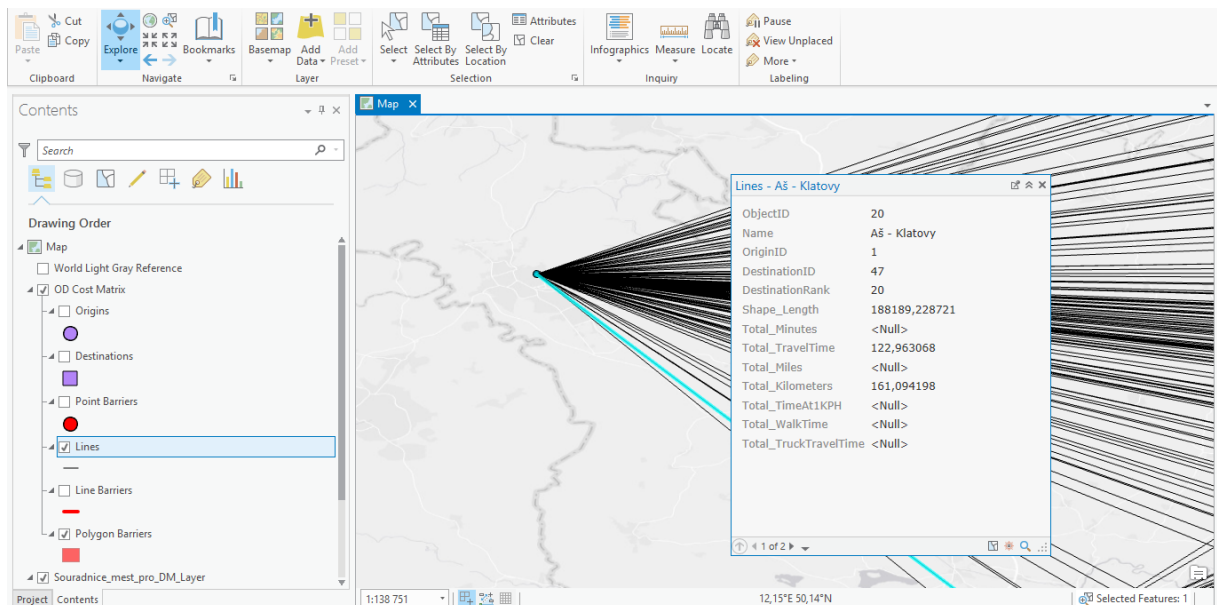
Výstupem je excelovský dokument se vzdálenostmi a časovými údaji mezi každou dvojicí měst v dané síti. Dokument obsahuje cca 16 250 řádků.

Na obrázcích 15 a 16 je ukázáno prostředí programu při získávání potřebných dat.



Obrázek 15: ArcGIS Vytvoření Origin - Destination Cost Matrix

zdroj: [autor]



Obrázek 16: ArcGIS Zobrazení úseku: Aš - Klatovy

zdroj: [autor]

6.3 Stanovení vah vrcholů

Váhy vrcholů grafu byly stanoveny na základě odebraného množství vybraného chladiva zákazníkem v období od 1.10.2015 do 30.9.2016 (1 rok). Množství odebraného chladiva bylo měřeno v kg.

Každému vrcholu grafu, reprezentujícímu seskupené pobočky na území jednoho města, byl přiřazen požadavek ve výši sumy množství spotřebovaného chladiva jednotlivých poboček v daném městě za uvedené období.

Pro lepší pochopení procesu stanovení vah vrcholů byla vytvořena grafická podoba, která se nachází na obrázku 17.



Obrázek 17: Grafické zobrazení procesu určení vah

zdroj: [autor]

7. Návrh variantní lokace

Kapitola se zabývá variantním návrhem lokace skladů na území ČR. Aby bylo možno vyjádřit přínos suboptimálního řešení, je nutné nejprve znát komplexní data ke stávajícímu řešení (aktuální situace).

Vzhledem k neúplnosti těchto dat (chybějí atrakční obvody, hodnoty kriteriální funkce, ujetá vzdálenost) bylo nutné počáteční řešení nasimulovat. K tomu byl použit program využívající principu iterativního algoritmu, který byl upraven do potřebné podoby orientovaných grafů (viz. níže). Program byl validován na příkladu ze skript.

7.1 Použitý program pro výpočet

Jako základ výpočetního programu byl použit program získaný od doc. Ing. Denisy Mockové, Ph.D., vytvořený v programovacím jazyce c++. Program je ovládán výhradně pomocí příkazového řádku. Pro účely této práce bylo nutné tento program náležitě upravit ve zdrojovém kódu (vstupní parametry, výpisy parametrů, výpočet kriteriální funkce).

Vstupem do programu je excelovský dokument obsahující následující atributy:

- Distanční matice;
- Váhy jednotlivých vrcholů;
- Zvolená počáteční množina dep.

Každý ze zmíněných atributů je zapsán do samostatného listu v předem stanoveném tvaru a formátu. Součástí programu je také knihovna xlsio.h, která umožňuje načítání vstupních dat z excelovského dokumentu.

Program obsahuje upravený iterativní algoritmus upravený do podoby orientovaného grafu, který se liší výpočtem kriteriální (nákladové) funkce. Základní iterativní algoritmus počítá s neorientovaným grafem, v DP je použit orientovaný graf, umožňující zadat rozdílné vzdálenosti v jednotlivých směrech (zpřesnění výpočtu). Z uvedeného důvodu došlo ke korekci vzorce pro výpočet kriteriální funkce.

Původní vzorec pro výpočet kriteriální funkce:

$$\min f(D'_k) = \sum_{v \in D'_k} \sum_{u \in A^*(v)} 2 \cdot d(v, u) \cdot w(u) [2].$$

Upravený vzorec pro výpočet kriteriální funkce orientovaného grafu:

$$\min f(D'_k) = \sum_{v \in D'_k} \sum_{u \in A^*(v)} (d(v, u) + d(u, v)) \cdot w(u) [2].$$

Na obrázku 18 je zobrazen v příkazovém řádku běžící program.

7.2 Simulace počátečního řešení

Kapitola obsahuje nasimulované počáteční řešení dle typu distanční matice. Budou zobrazeny atrakční obvody dep, hodnota kritériální funkce, ujetá vzdálenost pro obsluhu všech zákazníků a množství potřebného chladiva v depech.

7.2.1 Řešení na základě použití distanční matice vzdálenosti

Jednotlivá depa a jejich atrakční obvody, jsou uvedeny v tabulce 7. Sídla techniků jsou označena červeným textem a přiřazena pod odpovídající depo, které by měli využívat.

Atrakční obvody vyplývají z distanční matice (viz. kapitola: Využití aparátu operačního výzkumu, výběr vhodné metody řešení). Sídla techniků jsou přiřazena k depu, v jehož atrakčním obvodu se nacházejí.

Tabulka 7: Počáteční řešení na základě matice vzdálenosti

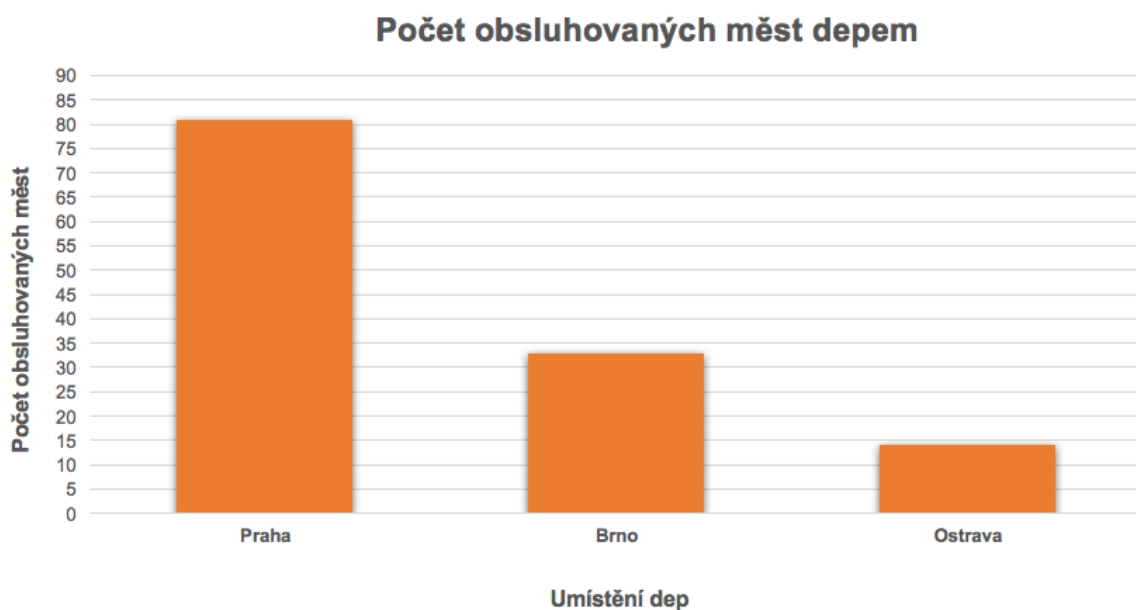
	Depa (střediska obsluhy)		
	Praha	Brno	Ostrava
	Aš	Blansko	Bruntál
	Benešov	Boskovice	Český Těšín
	Bílina	Brno	Frenštátek pod Radhoštěm
	Brandýs nad Labem	Břeclav	Frydek Mistek
	Čáslav	Česká Třebová	Haviřov
	Čelákovice	Havlíčkův Brod	Jablunkov
	Česká Kamenice	Hodonín	Karviná
	České Budějovice	Holešov	Kopřivnice
	Český Brod	Hustopeče	Nový Jičín
	Cheb	Jihlava	Opava
	Chrudim	Kroměříž	Ostrava
	Děčín	Kyjov	Rychvald
	Frydlant	Litomyšl	Tinec
	Habartov	Litovel	Valašské Meziříčí
	Hluboká nad Vltavou	Mohelnice	
	Horoměřice	Náměstí nad Oslavou	
	Hradec Králové	Olomouc	
	Jablonec nad Nisou	Otrokovice	
	Jaroměř	Pohořelice	
	Jažovice	Polička	
	Jesenice	Prostějov	
	Jičín	Přerov	
	Jilemnice	Svitavy	
	Kadaň	Teplá	
	Kamenice	Uherské Hradiště	
	Kaplice	Uherský Brod	
	Karlovy Vary	Ústí nad Orlicí	
	Kladno	Velké Meziříčí	
	Kláštepec nad Ohří	Vysoké Mýto	
	Klatovy	Vyškov	
	Kolín	Zlín	
	Kralupy nad Vltavou	Znojmo	
	Krupka u Teplic	Žďár nad Sázavou	
	Kutná Hora		
	Liberec		
	Litvínov		
	Lubenec		
	Mělník		
	Mikulov		
	Milevsko		
	Milovice		
	Mimoň		
	Mladá Boleslav		
	Mnichovo Hradiště		
	Mníšek pod Brdy		
	Modletice		
	Most		
	Náchod		
	Neratovice		
	Nymburk		
	Ostrov nad Ohří		
	Pardubice		
	Planá u Mariánských lázní		
	Píseň		
	Poděbrady		
	Praha		
	Příbram		
	Rakovník		
	Rokycany		
	Rokytnice nad Jizerou		
	Roudnice nad Labem		
	Roztoky u Prahy		
	Rumburk		
	Sázava		
	Semily		
	Soběslav		
	Sokolov		
	Stochov		
	Stříbro		
	Šluknov		
	Tábor		
	Trutnov		
	Třebotov		
	Uhřetěves		
	Ústí nad Labem		
	Varnsdorf		
	Vejprty		
	Vlašim		
	Vráž u Berouna		
	Zruč nad Sázavou		
	Žatec		
Počet obsluhovaných měst [-]	81	33	14
Množství potřebného chladiva [kg/rok]	16003,21	6743,22	2039,5

Atrakční obvod - obsluhované města depem

zdroj: [autor]

Hodnota kritériální funkce je rovna **2 731 100,0**. Celková ujetá vzdálenost pro obsluhuje všech měst se rovná **20 577 km**. [autor]

Pro větší přehlednost je na obrázku 19 a 20 zobrazena tabulka 7 ve formě dvou grafů.



Obrázek 19: Počet obsluhovaných měst depem – počáteční řešení na základě matice vzdálenosti

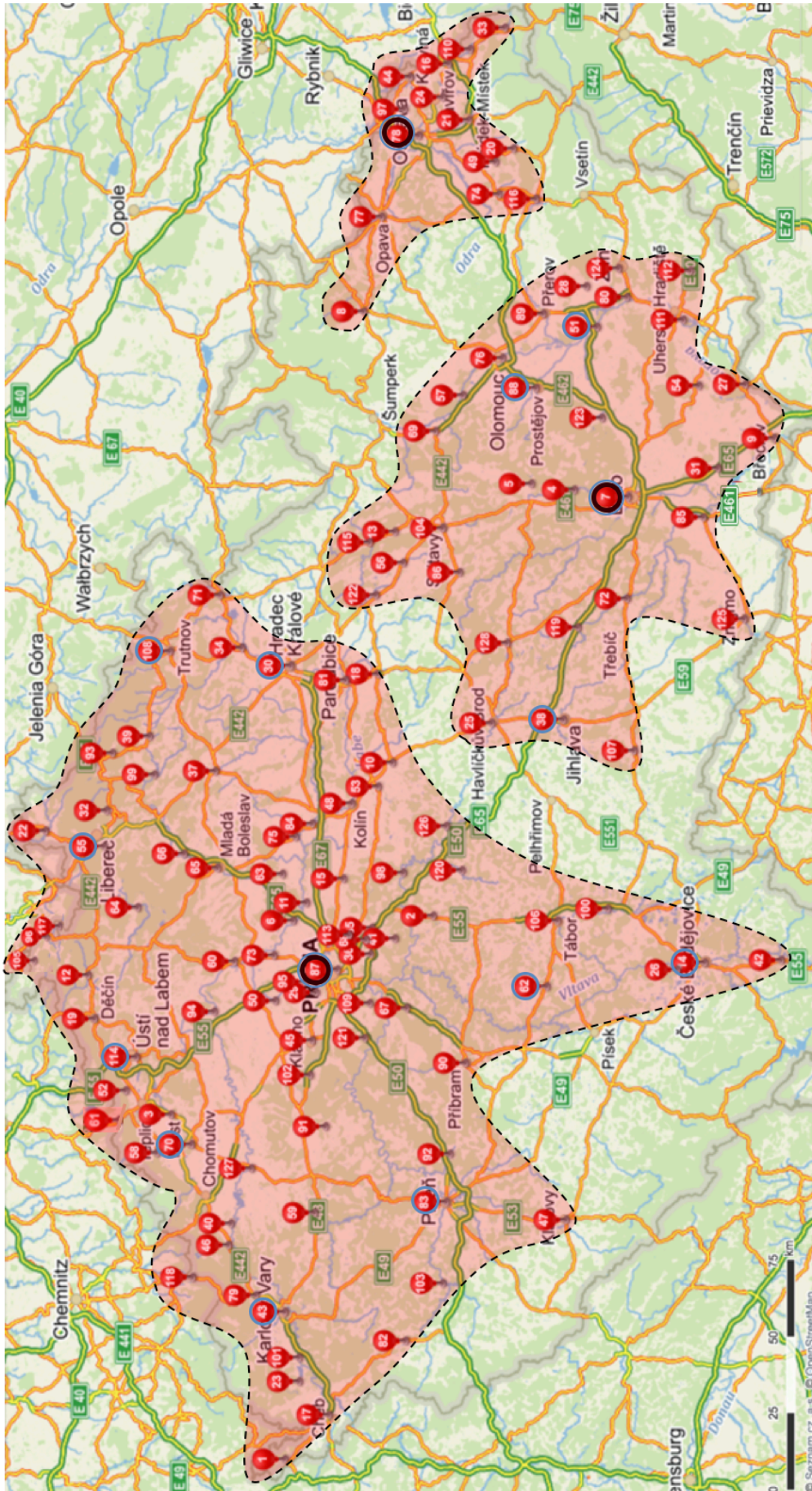
zdroj: [autor]



Obrázek 20: Celkové množství chladiva – počáteční řešení na základě matice vzdálenosti

zdroj: [autor]

Na obrázku 21 je zobrazeno rozmístění jednotlivých dep včetně jejich atrakčních obvodů a umístění techniků.



Obrázek 21: Počáteční řešení – umístění dep na základě matice vzdálenosti

zdroj: [autor]

Legenda

Platí pro všechny varianty.

Tabulka 8: Legenda




Číslo na mapě	Pobočka
1	Aš
2	Benešov
3	Bílina
4	Blansko
5	Boskovice
6	Brandýs nad Labem
7	Brno
8	Bruntál
9	Břeclav
10	Čáslav
11	Čelákovice
12	Česká Kamenice
13	Česká Třebová
14	České Budějovice
15	Český Brod
16	Český Těšín
17	Cheb
18	Chrudim
19	Děčín
20	Frenštát pod Radhoštěm
21	Frydek Místek
22	Frydlant
23	Habartov
24	Havířov
25	Havlíčkův Brod
26	Hluboká nad Vltavou
27	Hodonín
28	Holešov
29	Horoměřice
30	Hradec Králové
31	Hustopeče
32	Jablonec nad Nisou
33	Jablunkov
34	Jaroměř
35	Jažlovice
36	Jesenice
37	Jičín
38	Jihlava
39	Jilemnice
40	Kadaň
41	Kamenice
42	Kaplice
43	Karlovy Vary
44	Karviná

45	Kladno
46	Kláštorec nad Ohří
47	Klatovy
48	Kolín
49	Kopřivnice
50	Kralupy nad Vltavou
51	Kroměříž
52	Krupka u Teplic
53	Kutná Hora
54	Kyjov
55	Liberec
56	Litomyšl
57	Litovel
58	Litvínov
59	Lubeneč
60	Mělník
61	Mikulov
62	Milevsko
63	Milovice
64	Mimoň
65	Mladá Boleslav
66	Mnichovo Hradiště
67	Mníšek pod Brdy
68	Modletice
69	Mohelnice
70	Most
71	Náchod
72	Náměšť nad Oslavou
73	Neratovice
74	Nový Jičín
75	Nymburk
76	Olomouc
77	Opava
78	Ostrava
79	Ostrov nad Ohří
80	Otrokovice
81	Pardubice
82	Planá u Mariánských lázní
83	Plzeň
84	Poděbrady
85	Pohořelice
86	Polička
87	Praha
88	Prostějov
89	Přerov
90	Příbram
91	Rakovník
92	Rokycany

93	Rokytnice nad Jizerou
94	Roudnice nad Labem
95	Roztoky u Prahy
96	Rumburk
97	Rychvald
98	Sázava
99	Semily
100	Soběslav
101	Sokolov
102	Stochov
103	Stříbro
104	Svitavy
105	Šluknov
106	Tábor
107	Telč
108	Trutnov
109	Třebotov
110	Třinec
111	Uherské Hradiště
112	Uherský Brod

113	Uhřetěves
114	Ústí nad Labem
115	Ústí nad Orlicí
116	Valašské Meziříčí
117	Varnsdorf
118	Vejprty
119	Velké Meziříčí
120	Vlašim
121	Vráž u Berouna
122	Vysoké Mýto
123	Vyškov
124	Zlín
125	Znojmo
126	Zruč nad Sázavou
127	Žatec
128	Žďár nad Sázavou

zdroj: [autor]

-  Umístění depa
-  Sídlo technika
-  Atrakční obvod depa

Pražské depo má dle očekávání největší podíl na obsluhovaných městech (cca 63%), Brno (cca 25%) a Ostrava (cca 12%).

7.2.2 Řešení na základě použití distanční časové matice

Jednotlivá depa a jejich atrakční obvody, jsou uvedena v tabulce 9. Sídla techniků jsou označena červeným textem a přiřazena pod odpovídající depo, které by měli využívat.

Tabulka 9: Počáteční řešení na základě časové matice

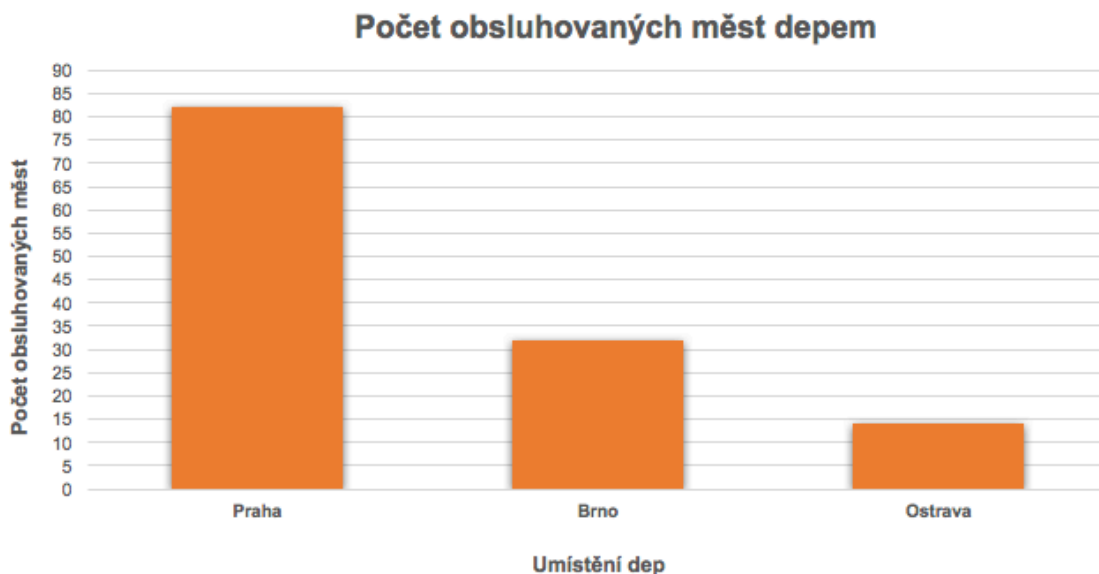
	Depa (střediska obsluhy)		
	Praha	Brno	Ostrava
	Aš	Blansko	Bruntál
	Benešov	Boskovice	Český Těšín
	Bílina	Brno	Frenštátek pod Radhoštěm
	Brandýs nad Labem	Břeclav	Frydek Místek
	Čáslav	Česká Třebová	Havířov
	Čelákovice	Havlíčkův Brod	Jablunkov
	Česká Kamenice	Hodonín	Karviná
	České Budějovice	Holešov	Kopřivnice
	Český Brod	Hustopeče	Nový Jičín
	Cheb	Jihlava	Opava
	Chrudim	Kroměříž	Ostrava
	Děčín	Kyjov	Rychvald
	Frydlant	Litomyšl	Tinec
	Habartov	Litovel	Valašské Meziříčí
	Hluboká nad Vltavou	Mohelnice	
	Horoměřice	Náměšť nad Oslavou	
	Hradec Králové	Olomouc	
	Jablonec nad Nisou	Otrokovice	
	Jaroměř	Pohořelice	
	Jažovice	Políčka	
	Jesenice	Prostějov	
	Jičín	Přerov	
	Jilemnice	Svitavy	
	Kadaň	Telč	
	Kamenice	Uherské Hradiště	
	Kaplice	Uherský Brod	
	Karlovy Vary	Ústí nad Orlicí	
	Kladno	Velké Meziříčí	
	Kláštepec nad Ohří	Vyškov	
	Klatovy	Zlín	
	Kolín	Znojmo	
	Kralupy nad Vltavou	Žďár nad Sázavou	
	Krupka u Teplic		
	Kutná Hora		
	Liberec		
	Litvínov		
	Lubeneč		
	Mělník		
	Mikulov		
	Milevsko		
	Milovice		
	Mimoň		
	Mladá Boleslav		
	Mnichovo Hradiště		
	Mníšek pod Brdy		
	Modletice		
	Most		
	Náchod		
	Neratovice		
	Nymburk		
	Ostrov nad Ohří		
	Pardubice		
	Planá u Mariánských lázní		
	Pizeň		
	Poděbrady		
	Praha		
	Příbram		
	Rakovník		
	Rokycany		
	Rokytnice nad Jizerou		
	Roudnice nad Labem		
	Roztoky u Prahy		
	Rumburk		
	Sázava		
	Semily		
	Soběslav		
	Sokolov		
	Stochov		
	Stříbro		
	Šluknov		
	Tábor		
	Trutnov		
	Třebotov		
	Uhřetěves		
	Ústí nad Labem		
	Varnsdorf		
	Vejprty		
	Vlašim		
	Vráž u Berouna		
	Vysoké Mýto		
	Zruč nad Sázavou		
	Žatec		
Počet obsluhovaných měst [-]	82	32	14
Množství potřebného chladiva [kg/rok]	16053,21	6693,22	2039,5

Atrakční obvod - obsluhované města depem

zdroj: [autor]

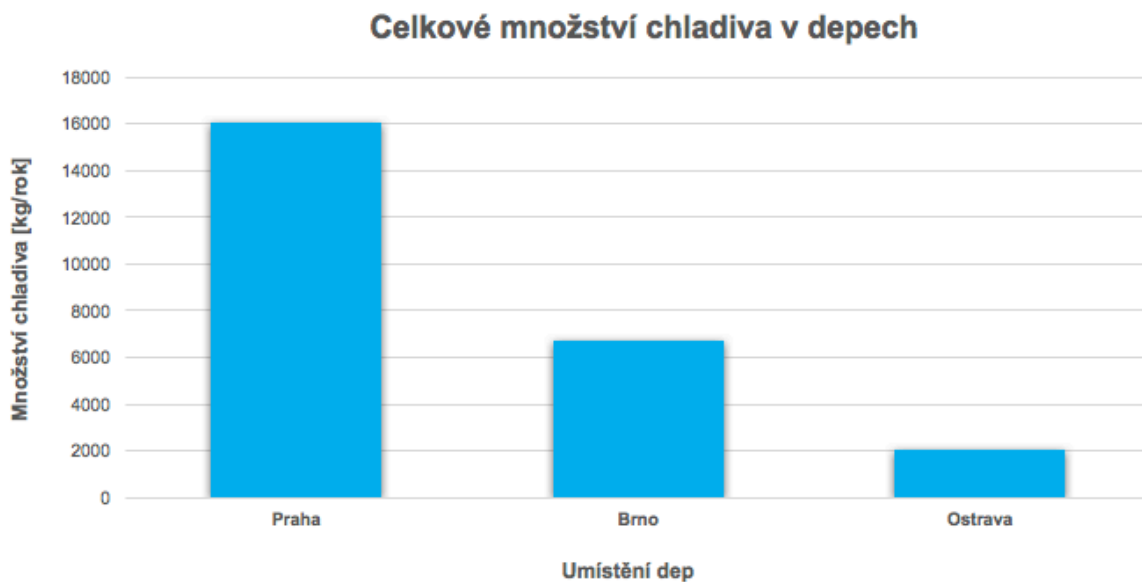
Hodnota kritériální funkce je rovna **2 041 147,0**. [autor]

Pro větší přehlednost je na obrázku 22 a 23 zobrazena tabulka 9 ve formě 2 grafů.



Obrázek 22: Počet obsluhovaných měst depem – počáteční řešení na základě časové matice

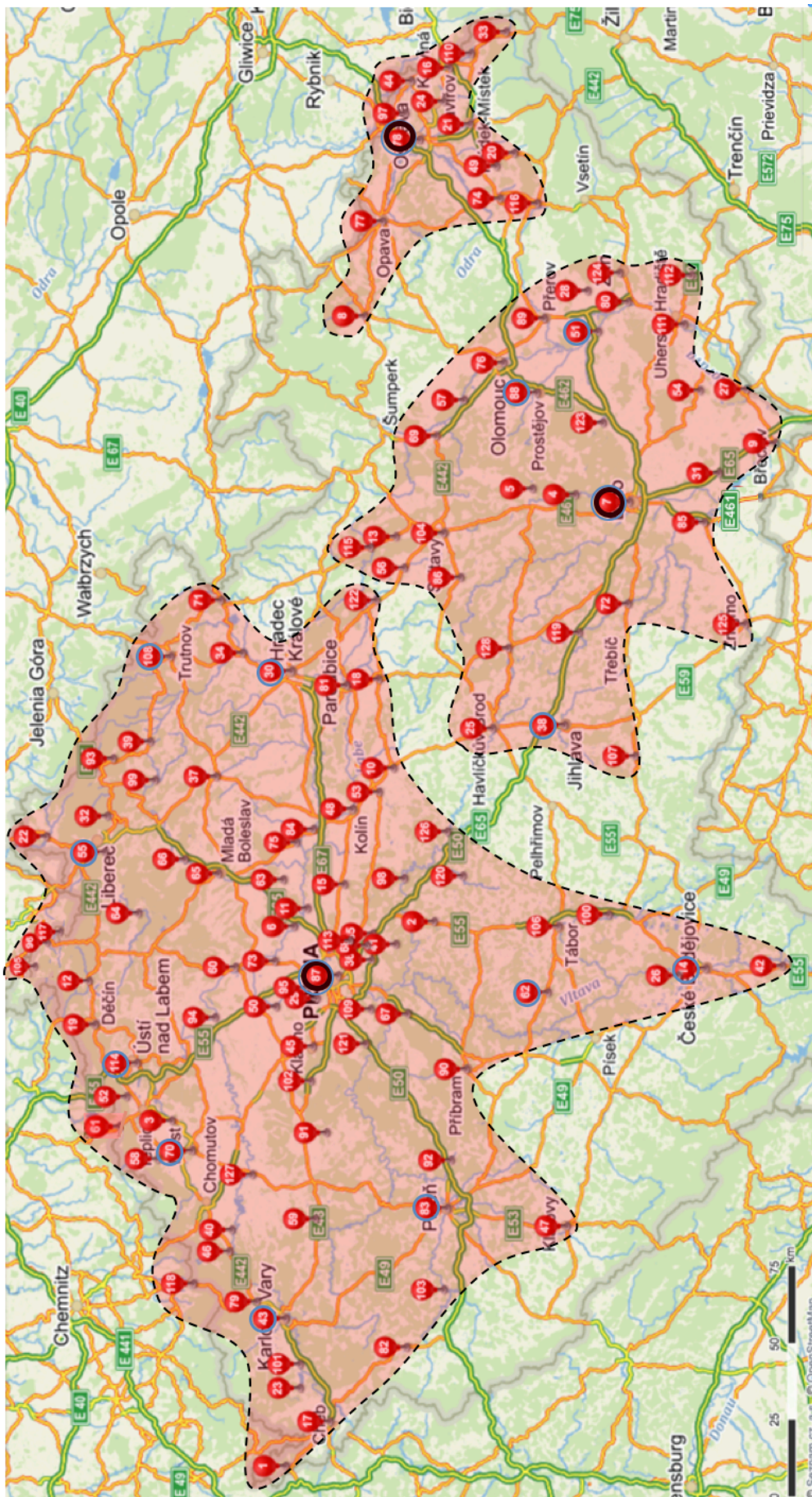
zdroj: [autor]



Obrázek 23: Celkové množství chladiwa – počáteční řešení na základě časové matice

zdroj: [autor]

Na obrázku 24 je zobrazeno rozmístění jednotlivých dep včetně jejich atrakčních obvodů a umístění techniků.



Obrázek 24: Počáteční řešení – umístění dep na základě časové matice

zdroj: [autor]

Počet obsluhovaných měst a množství chladiva u jednotlivých dep vyšlo téměř shodně, jako při použití matice vzdálenosti. Jediným rozdílem je obsluha Vysokého Mýta pražským depem (z původního depa v Brně).

7.3 Varianty navrhovaného řešení

Před samotným návrhem řešení byl autor práce seznámen s možnostmi umístění skladů, o kterých společnost XY uvažuje. Na základě získaných informací, byly sestaveny 3 varianty řešení lišící se hodnotou požadavků u jednotlivých vrcholů v síti. Pro každou variantu byly postupně použity 2 rozdílné vstupy (distanční matice vzdálenosti a distanční matice času), díky kterým každá varianta obsahuje 2 rozdílné návrhy řešení. Všechny 3 varianty navrhovaného řešení obsahují:

- Množinu vybraných dep;
- Atrakční obvody dep;
- Hodnotu kritériální funkce;
- Ujetou vzdálenost;
- Přiřazení techniků k depům.

Na základě kritériální (nákladové) funkce, lze první 2 varianty navrhovaného řešení porovnávat (při použití stejného typu distanční matice). Třetí varianta je odlišná, nepočítá s váhami vrcholů, proto není možné variantu použít pro následné porovnávání.

Veškeré výstupy programu budou v původním formátu přiloženy v Příloze. V jednotlivých kapitolách budou podrobněji představeny samotné varianty řešení.

7.3.1 Varianta č. 1

V první variantě jsou použita reálná, nezměněná vstupní data, která byla získána během sběru dat. U této varianty lze ze všech navrhovaných variant očekávat nejvyšší vypovídající hodnotu.

V následujících dvou podkapitolách budou uvedeny návrhy, dle použití typu vstupní matice.

Řešení na základě použití distanční matice vzdálenosti

Při použití distanční matice vzdálenosti jsou jednotlivá depa a jejich atrakční obvody uvedeny v tabulce 10. Sídla techniků jsou označena červeným textem a přiřazena pod odpovídající depo (viz. tabulka 10).

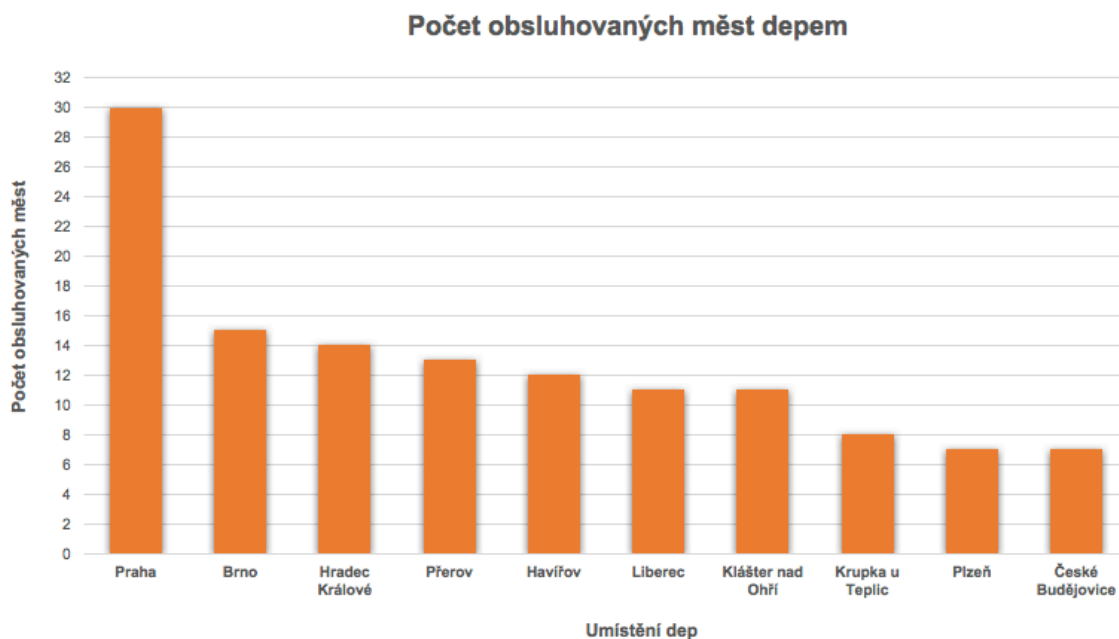
Tabulka 10: Návrh - Varianta 1 na základě matice vzdálenosti

		Depa (střediska obsluhy)											
		Kláster nad Ohří	Liberec	Praha	Píseň	České Budějovice	Hradec Králové	Krupka u Teplic	Brno	Přerov	Havířov		
Atrakční obvod - obsluhované města depem		Aš	Frydlant	Benešov	Klatovy	Čáslav	Čáslav	Blansko	Brunšpýr	Český Těšín			
		Chab	Jablonec nad Nisou	Brandýs nad Labem	Planá u Mariánských lázní	Česká Třebová	Česká Kamenice	Boskovice	Holešov	Frenštát pod Radhoštěm			
		Hábartov	Jilemnice	Celákovice	Píseň	Chrudim	Děčín	Břeno	Kroměříž	Frydek Místek			
		Kadaň	Liberec	Český Brod	Příbram	Havlíčkův Brod	Krupka u Teplic	Břeclav	Litovel	Havířov			
		Karlovy Vary	Mimoň	Horoměřice	Rakovník	Hradec Králové	Litvínov	Hodonín	Mohelnice	Jablunkov			
		Kláštepec nad Ohří	Mnichovo Hradiště	Jažovice	Rokycany	Jaroměř	Mikulov	Hustopeče	Olomouc	Karviná			
		Luberec	Rokytnice nad Jizerou	Jesenice	Stříbro	Jičín	Most	Jihlava	Olomouc	Karviná			
		Ostrov nad Ohří	Rumburk	Kamenice		Litomyšl	Ústí nad Labem	Kyjov	Prostějov	Kopřivnice			
		Sokolov	Semily	Kladno		Náchod		Náměšť nad Osilavou	Přerov	Nový Jičín			
		Vejpřhy	Šluknov	Kolin		Pardubice		Pohodnice	Uherské Hradiště	Opava			
		Žatec	Vambsdorf	Kralupy nad Vltavou		Polička		Svítavy	Uherský Brod	Rychvald			
				Kutná Hora		Trutnov		Velké Meziříčí	Valašské Meziříčí	Tinec			
				Mělník		Ústí nad Orlicí		Vyškov	Zlín				
				Milovice		Vysoké Mýto		Znojmo					
				Mladá Boleslav				Žďár nad Sázavou					
				Mníšek pod Brdy									
				Modletice									
				Neratovice									
				Nymburk									
			Poděbrady										
			Praha										
			Roudnice nad Labem										
			Roztoky u Prahy										
			Sázava										
			Stocho										
			Trebov										
			Uhřetěves										
			Vlašim										
			Vráž u Berouna										
			Zruč nad Sázavou										
Počet obsluhovaných míst []	11	11	30	7	7	14	15	13	12				
Množství potřebného chladiva [kg/rok]	1442	1362,7	8884,11	1061,5	715,07	1649,7	3624,95	2671,7	1956,2				

zdroj: [autor]

Hodnota kritériální funkce je rovna **1 097 961,8**. Celková ujetá vzdálenost pro obsluhuje všech měst se rovná **10 258,4 km**. [autor]

Pro větší přehlednost je na obrázku 25 a 26 zobrazena tabulka 10 ve formě 2 grafů.



Obrázek 25: Počet obsluhovaných měst depem – varianta 1 na základě matice vzdálenosti

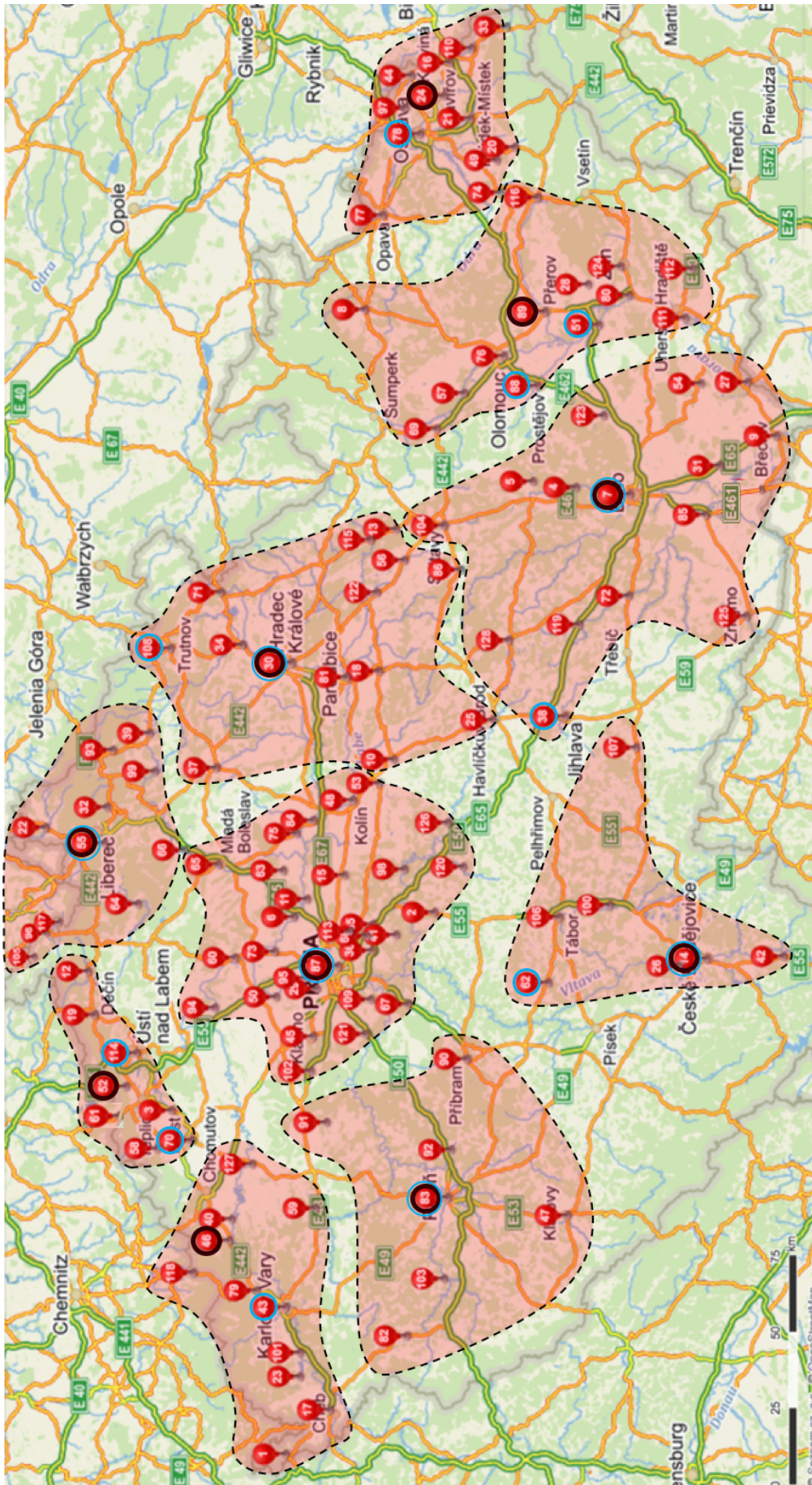
zdroj: [autor]



Obrázek 26: Celkové množství odebraného chladiiva – varianta 1 na základě matice vzdálenosti

zdroj: [autor]

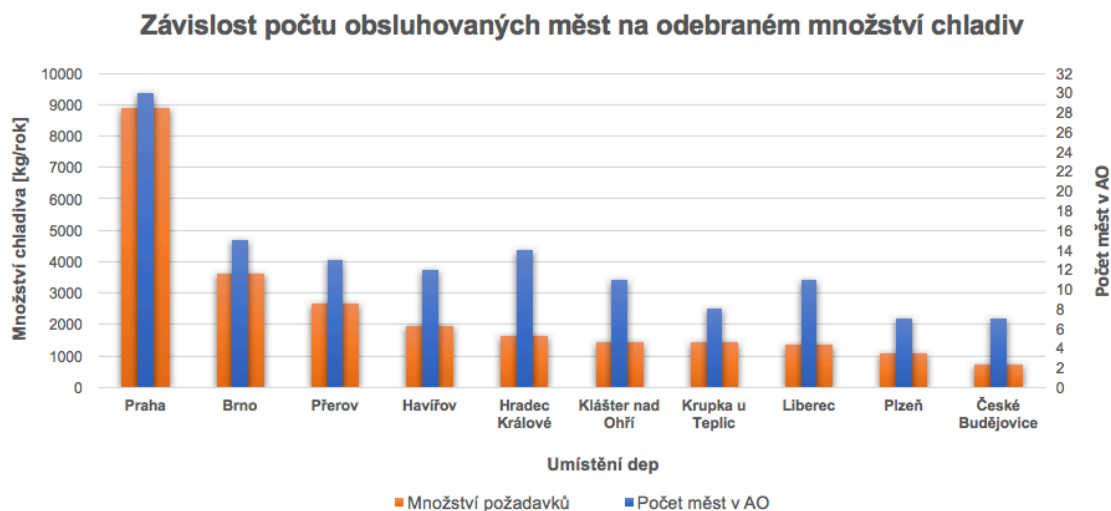
Na obrázku 27 je zobrazeno rozmístění jednotlivých dep včetně jejich atrakčních obvodů a umístění techniků.



Obrázek 27: Varianta 1 - umístění dep na základě matice vzdálenosti

zdroj: [autor]

Na obrázku 28 je zobrazen graf závislosti počtu obsluhovaných měst na odebraném množství chladiiv.



Obrázek 28: Závislost počtu obsl. měst na množství chladiiva na základě matice vzdálenosti

zdroj: [autor]

Pouze u 2 dep (Hradec Králové a Liberec) neplatí pravidlo, více obsluhovaných měst, větší množství odebraných chladiiv. Při pohledu na lokaci jednotlivých zákazníků byly depa navržena do očekávaných částí ČR. Velké množství zákazníků sídlí v severozápadní a jihovýchodní části ČR, kde došlo k navržení celkově 6 dep. Nejvíce měst zásobuje, dle očekávání, Praha, celkem se jedná o 30 měst, které spotřebují cca 8 900 kg chladiiva za rok. Nejméně je naopak vytížené depo v Českých Budějovicích, zásobuje pouze 7 měst, které spotřebují cca 700 kg. Hodnota nákladové funkce pro toto konkrétní umístění je 1 097 961,8.

Řešení na základě použití distanční časové matice

Při použití distanční časové matice jsou jednotlivá depa a jejich atrakční obvody uvedeny v tabulce 11. Sídla techniků jsou označena červeným textem a přiřazena pod odpovídající depo (viz. tabulka 11).

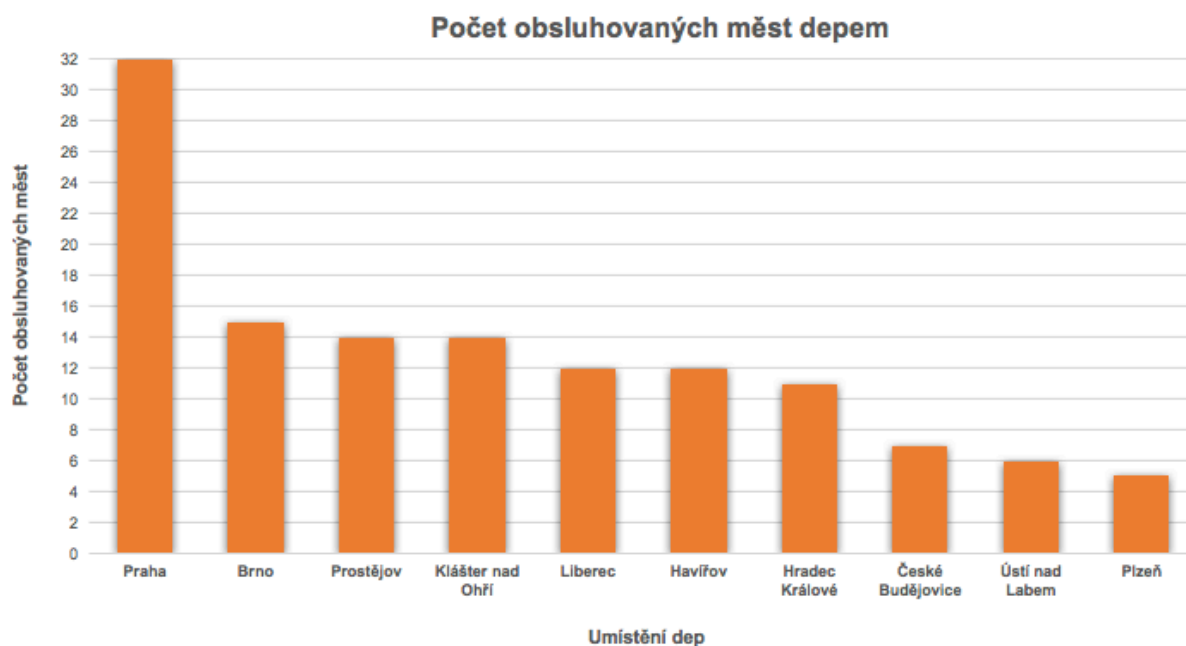
Tabulka 11: Návrh - Varianta 1 na základě časové matice

Atrakční obvod - obsluhované města depem	Depa (střediska obsluhy)									
	Kláster nad Ohří	Liberec	Praha	Píseň	České Budějovice	Hradec Králové	Ústí nad Labem	Brno	Prostějov	Havířov
	Aš	Frydlant	Benešov	Klatovy	České Budějovice	Česká Třebová	Česká Kamenice	Blansko	Bruntál	Český Těšín
	Chabov	Jablonec nad Nisou	Brandýs nad Labem	Planá u Mariánských lázní	Hluboká nad Vltavou	Chrudim	Česká Kamenice	Boskovice	Holešov	Frenštát pod Radhoštěm
	Habartov	Jičín	Čáslav	Píseň	Kaplice	Hradec Králové	Děčín	Brno	Kroměříž	Frydek Místek
	Kadaň	Jilemnice	Čelákovice	Rokycany	Milvsko	Jaroměř	Krupka u Teplic	Břeclav	Litovel	Havířov
	Kláštevec nad Ohří	Liberec	Český Brod	Stribro	Soběslav	Litomyšl	Ústí nad Labem	Havlíčkův Brod	Mohelnice	Jablunkov
	Litvínov	Mimoň	Horoměřice		Tábor	Náchod	Ústí nad Labem	Hodonín	Olomouc	Karviná
	Lubeneč	Mnichovo Hradiště	Jažovice		Telč	Pardubice	Ústí nad Labem	Hustopeče	Otrokovice	Kopřivnice
	Most	Rokynice nad Jizerou	Kamenice			Poříčka	Ústí nad Labem	Prostějov	Prostějov	Nový Jičín
	Ostrov nad Ohří	Rumburk	Kladno			Trutnov	Náměšť nad Oslavou	Jihlava	Přerov	Opava
	Rakovník	Semily	Kolín			Ústí nad Ohří	Pohořelce	Kyjov	Svitavy	Ostrava
	Sokolov	Šluknov	Kralupy nad Vltavou			Vysoké Mýto	Uherské Hradiště	Uherský Brod	Uherské Hradiště	Rychvald
	Veprty	Varnsdorf	Kutiná Hora				Uherský Brod	Velké Meziříčí	Valešská Meziříčí	Trinec
	Zatec		Mělník				Velké Meziříčí	Znojmo	Vyskov	
			Milovice				Žďár nad Sázavou	Žďár nad Sázavou	Zlín	
			Mladá Boleslav							
			Mníšek pod Brdy							
			Modletice							
			Neratovice							
			Nymburk							
			Poděbrady							
			Praha							
			Příbram							
			Roudnice nad Labem							
			Roztoky u Prahy							
			Sázava							
			Stochov							
			Třebotov							
			Uhřetínoves							
			Vlašim							
			Vráž u Berouna							
			Zruč nad Sázavou							
Počet obsluhovaných míst [-]	14	12	32	5	7	11	6	15	14	12
Množství potřebného chladiwa [kg/rok]	2088,5	1367,7	9024,11	749,5	715,07	1309,7	1018,5	3718,15	2838,5	1956,2

zdroj: [autor]

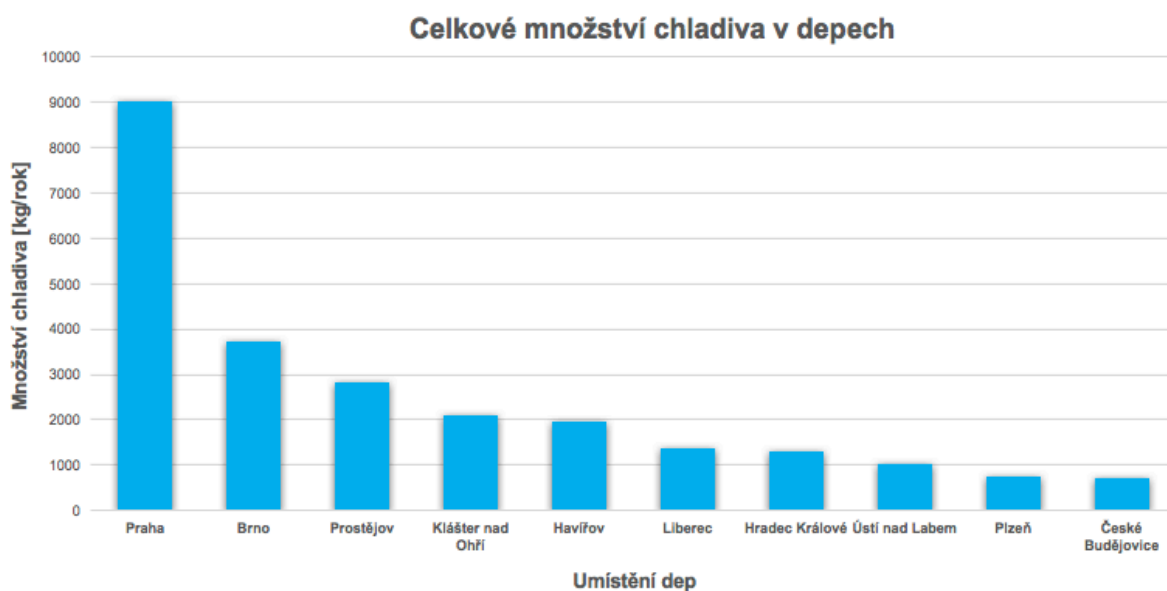
Hodnota kritériální funkce je rovna **964 196,9**. [autor]

Pro větší přehlednost je na obrázku 29 a 30 zobrazena tabulka 11 ve formě 2 grafů.



Obrázek 29: Počet obsluhovaných měst depem – varianta 1 na základě časové matice

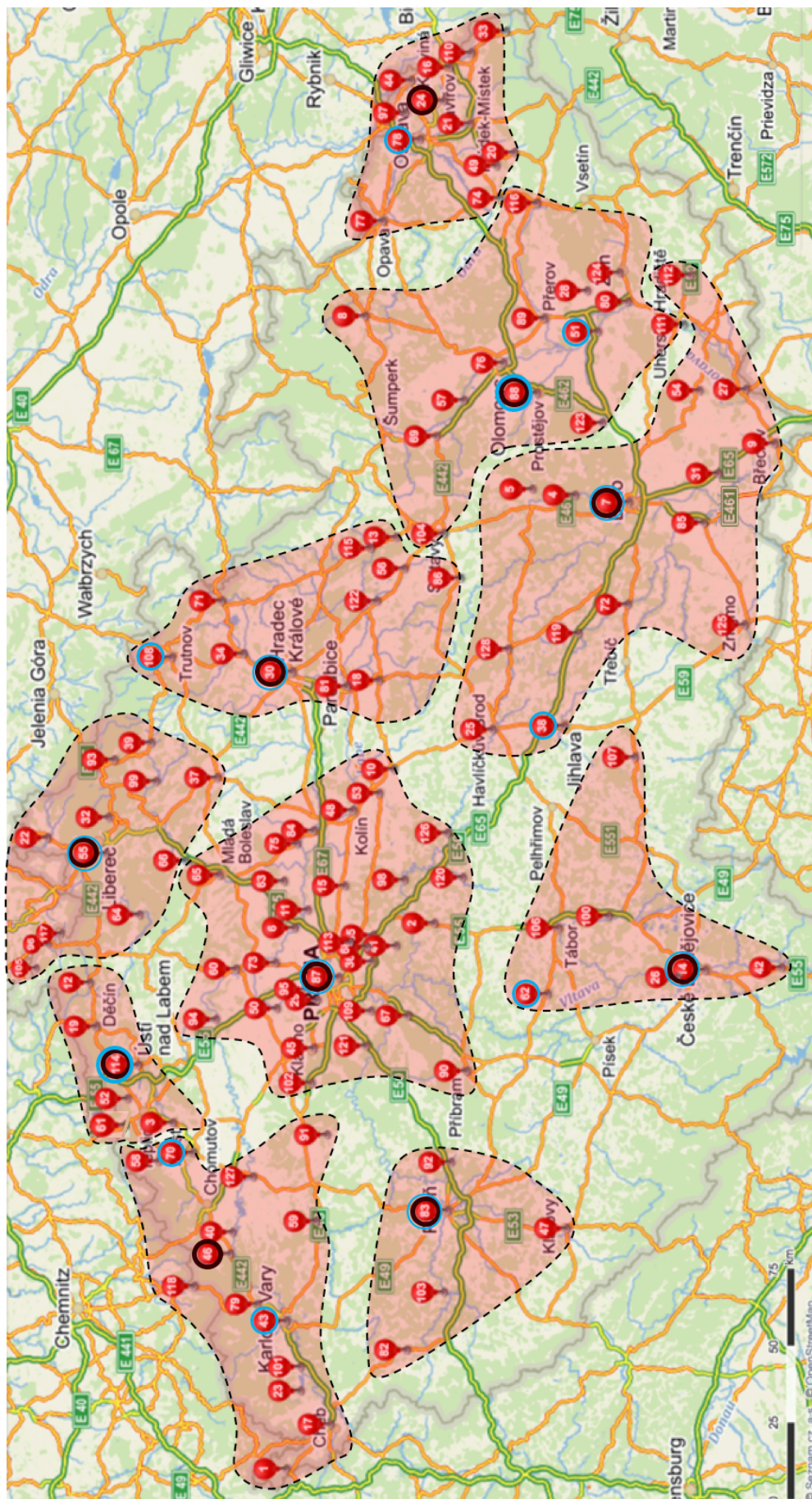
zdroj: [autor]



Obrázek 30: Celkové množství odebraného chladiwa – varianta 1 na základě časové matice

zdroj: [autor]

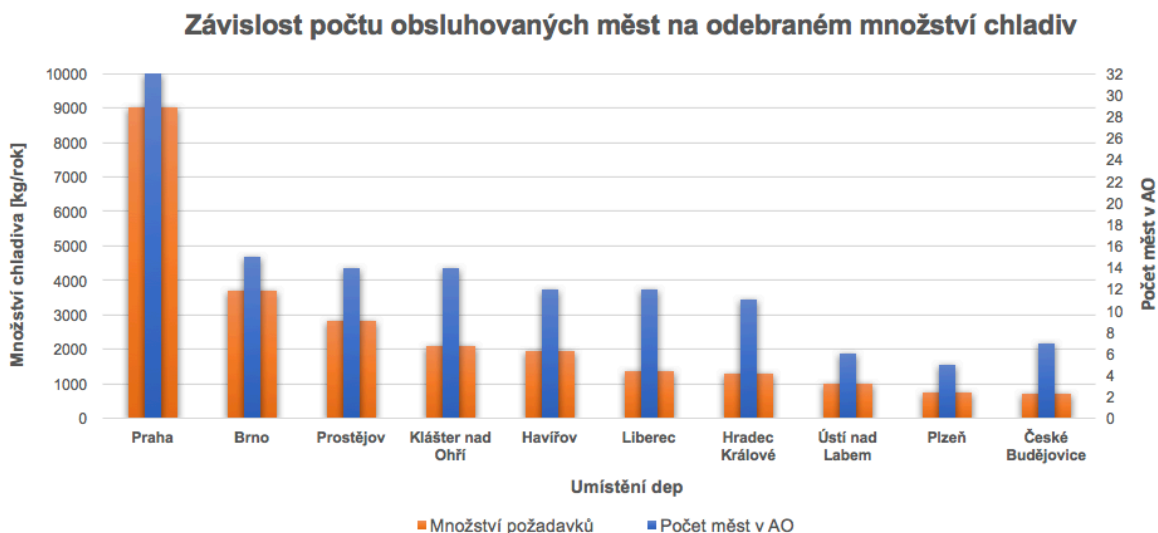
Na obrázku 31 je zobrazeno rozmístění jednotlivých dep včetně jejich atrakčních obvodů a umístění techniků.



zdroj: [autor]

Obrázek 31: Varianta 1 - umístění dep na základě časové matice

Na obrázku 32 je zobrazen graf závislosti počtu obsluhovaných měst na odebraném množství chladiiv.



Obrázek 32: Závislost počtu obsl. měst na množství chladiiva na základě časové matice

zdroj: [autor]

Při změně vstupní matice bylo dosaženo 8 shodných a 2 odlišných umístění dep. Umístění rozdílných dep se lišilo pouze o několik kilometrů. Konkrétně se jedná o umístění depa v Ústí nad Labem a místo původního depa v Krupce u Teplic a depo v Přerově bylo umístěno do Prostějova. Hodnota nákladové funkce pro konkrétní umístění vyšla 964 196,9.

7.3.2 Varianta č. 2

Přibližně 70 % servisních činností pro společnost XY, provádí PF sídlící na celém území ČR. Jedná se o 18 firem v 15 městech. Varianta vychází z myšlenky využít sídel těchto firem pro umístění skladů s chladiivem. Na umístění skladů do některých sídel by mohly mít oba subjekty oboustranný zájem (rozšíření spolupráce s dlouholetým partnerem, zajištění obsluhy skladů PF, upevnění obchodních vztahů, výdej chladiiv ve stejném místě jako sídlo PF). Některé sídla PF nejsou z důvodu své lokace přijatelné. Zda by bylo možné sklady do některých měst umístit, zatím není známo. Návrh je ve fázi vyjednávání mezi XY a PF. Za předpokladu možného umístění skladů do zmíněných měst byla vytvořena varianta 2.

Potenciální města pro umístění skladů, zůstala nezměněna. Bylo zapotřebí zvýšit důležitost měst, ve kterých mají PF své sídla. Toto zvýšení bylo provedeno na základě zvýšení požadavku v těchto městech. Hodnota požadavku byla nastavena na 979, což je průměrné odebrané množství chladiiva ve městech, která byla vybrána v 1. variantě pro umístění dep. U hodnot požadavku měst se sídlem PF, které měly vyšší hodnotu než 979, nedošlo ke změně

(Praha, Brno) a byly ponechány původní hodnoty (jejich důležitost byla vysoká, nebylo třeba ji navyšovat).

V následujících dvou podkapitolách budou uvedeny výsledky dle použití vstupní matice.

Řešení na základě použití distanční matice vzdálenosti

Při použití distanční matice vzdálenosti jsou jednotlivá depa a jejich atrakční obvody uvedeny v tabulce 12. Sídla techniků jsou označena červeným textem a přiřazena pod odpovídající depo (viz. tabulka 12).

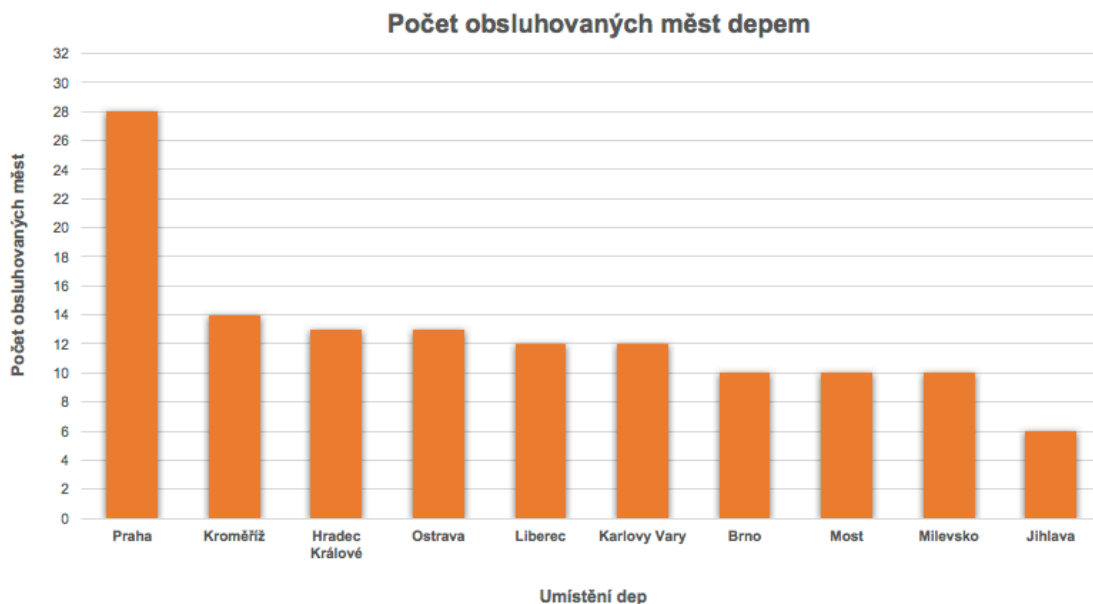
Tabulka 12: Návrh - Varianta 2 na základě matice vzdálenosti

		Depa (střediska obsluhy)										Brno	Kroměříž	Ostrava
		Karlovy Vary	Liberec	Praha	Most	Milevsko	Hradec Králové	Jihlava	Brno	Kroměříž	Ostrava			
Atrakční obvod - obsluhované města depem	Aš	Česká Kamenice	Brandýs nad Labem	Bílina	Benešov	Čáslav	Havičkův Brod	Blansko	Holešov	Brumál				
	Cheb	Frydlant	Čelákovice	Děčín	České Budějovice	Česká Třebová	Jihlava	Boskovice	Kroměříž	Brumál				
	Habartov	Jablonec nad Nisou	Český Brod	Kadaň	Hluboká nad Vltavou	Chrudim	Telč	Boskovice	Kyjov	Český Těšín				
	Karlovy Vary	Jilemnice	Horoměřice	Krupka u Teplic	Kaplice	Hradec Králové	Velké Meziříčí	Břeclav	Litovel	Frenštát pod Radhoštěm				
	Kláštevec nad Ohří	Liberec	Jazlovice	Litvínov	Klatovy	Jaroměř	Zruč nad Sázavou	Hodonín	Mohelnice	Frydek Místek				
	Lubec	Milnoň	Jesenice	Mikulov	Milevsko	Jičín	Žďár nad Sázavou	Hustopeče	Olomouc	Havířkov				
	Ostrov nad Ohří	Mnichovo Hradiště	Kamenice	Most	Příbram	Litomyšl		Náměšť nad Osilavou	Otrokovice	Karviná				
	Planá u Mariánských lázní	Rokytnice nad Jizerou	Kladno	Rakovník	Rokycany	Náchod		Pohořelice	Prostějov	Kopřivnice				
	Píseň	Rumburk	Kolín	Ústí nad Labem	Soběslav	Paroubice		Svitavy	Přerov	Nový Jičín				
	Sokolov	Semily	Kralupy nad Vltavou	Žatec	Tábor	Polička		Znojmo	Uherské Hradiště	Opava				
	Stříbro	Šluknov	Kutná Hora			Tuřov			Uherský Brod	Ostrava				
	Vejprty	Varnsdorf	Mělník			Ústí nad orlicí			Valašské Meziříčí	Rychvald				
			Milovice			Vysoké Mýto			Vyškov	Trnec				
			Mladá Boleslav						Zlín					
			Mníšek pod Brdy											
			Modletice											
			Neratovice											
			Nymburk											
			Poděbrady											
			Praha											
		Roudnice nad Labem												
		Roztoky u Prahy												
		Sázava												
		Stochev												
		Trebov												
		Uhřetěves												
		Vlašim												
		Vráž u Berouna												
Počet obsluhovaných míst [-]	12	12	28	10	10	13	6	10	14	13	6	10	14	13
Množství potřebného chladiva [kg/rok]	1692,9	1422,7	8653,11	2000,5	1083,5	1389,7	546,67	2961,95	3026,7	2008,2	546,67	2961,95	3026,7	2008,2

Zdroj: autor

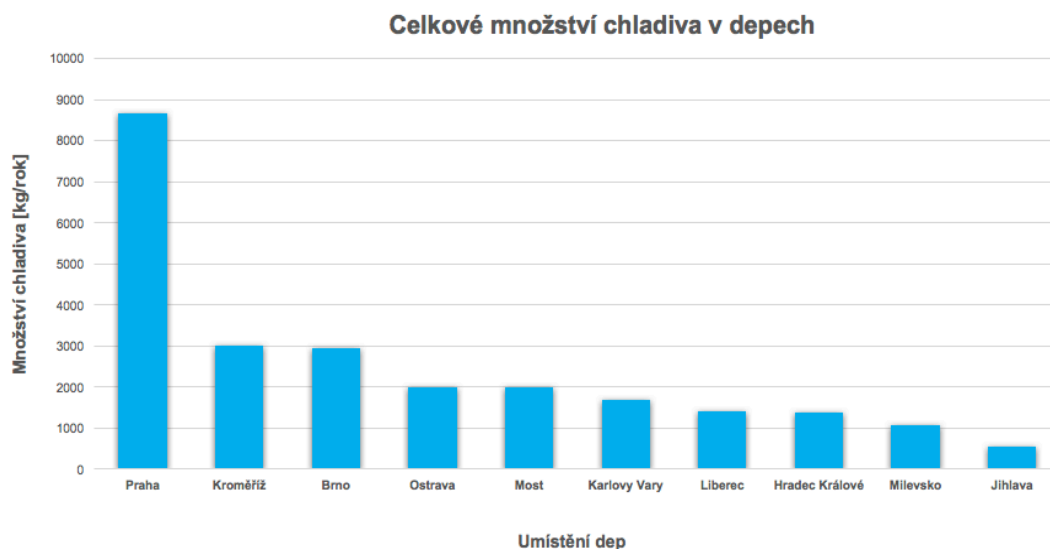
Hodnota kritériální funkce je rovna **1 569 114,6**. Celková ujetá vzdálenost pro obslužení všech měst se rovná **10 514,6 km**. [autor]

Pro větší přehlednost je na obrázku 33 a 34 zobrazena tabulka 12 ve formě 2 grafů.



Obrázek 33: Počet obsluhovaných měst depem – varianta 2 na základě matice vzdálenosti

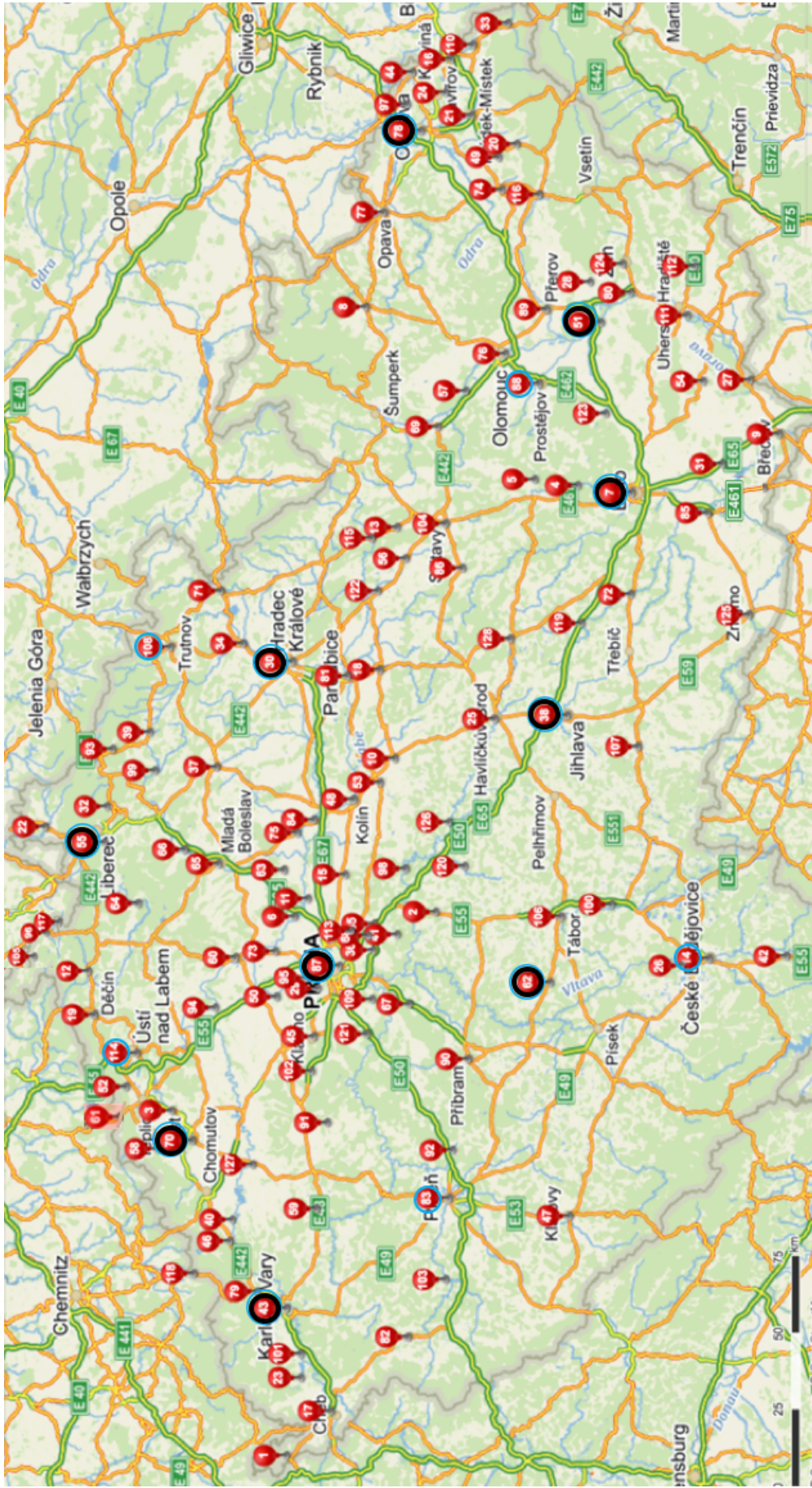
zdroj: [autor]



Obrázek 34: Celkové množství odebraného chladiwa – varianta 2 na základě matice vzdálenosti

zdroj: [autor]

Na obrázku 35 je zobrazeno rozmístění jednotlivých dep.



Obrazek 35: Varianta 2 - umístění dep na základě matice vzdálenosti

zdroj: [autor]

Při porovnání s 1. variantou můžeme vidět několik rozdílných lokací pro umístění dep, které jsou způsobené zejména zvýhodněním míst se sídlem PF. V severozápadní části republiky došlo pouze k drobným posunům dep, a to o několik kilometrů. Depo v Plzni nebylo navrženo, stejně jako v Českých Budějovicích, které bylo nahrazeno depy v Milevsku a Jihlavě. Depo v Přerově bylo přemístěno do Kroměříže a depo v Havířově bylo přemístěno do nedaleké Ostravy. Depa v Liberci, Praze, Hradci Králové a Brně přemístěna nebyla.

Řešení na základě použití distanční časové matice

Při použití distanční časové matice jsou jednotlivá depa a jejich atrakční obvody uvedeny v tabulce 13. Sídla techniků jsou označena červeným textem a přiřazena pod odpovídající depo (viz. tabulka 13).

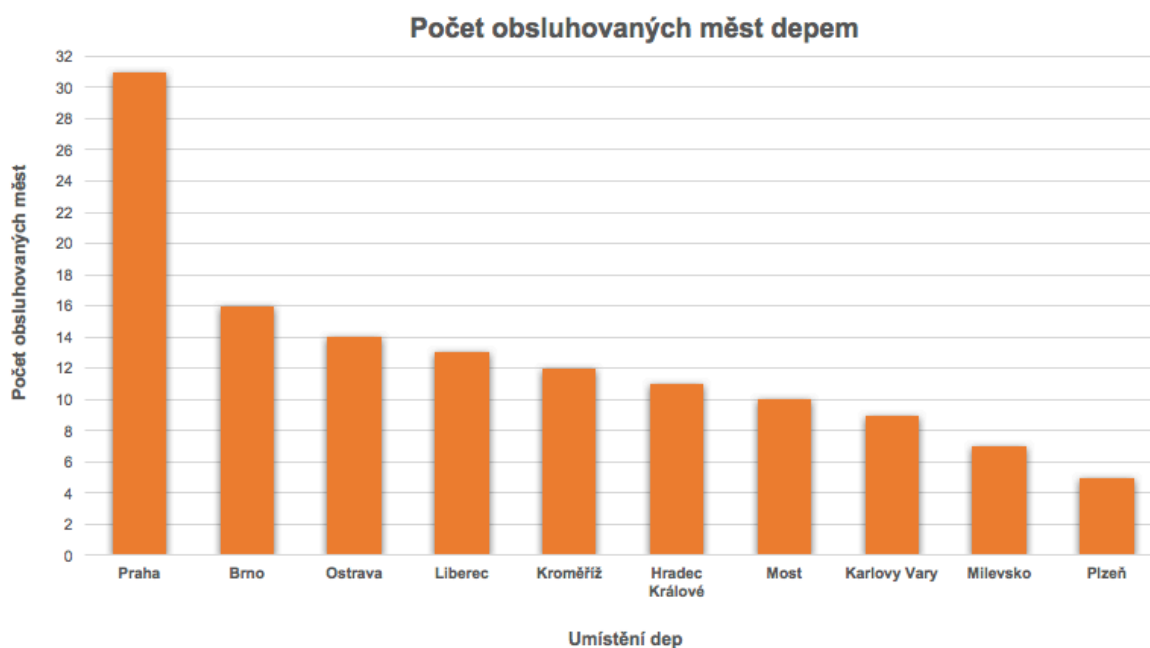
Tabulka 13: Návrh - Varianta 2 na základě časové matice

		Depa (střediska obsluhy)											
		Karlovy Vary	Liberec	Praha	Píseň	Milevsko	Hradec Králové	Kroměříž	Brno	Most	Ostrava		
Atrakční obvod - obsluhované města depem		Aš	Česká Kamenice	Benešov	Klatovy	České Budějovice	Česká Třebová	Holešov	Blansko	Blina	Bruntál		
		Čeb	Frydlant	Brandýs nad Labem	Planá u Mariánských lázní	Hluboká nad Vltavou	Chrudim	Kroměříž	Boskovice	Děčín	Český Těšín		
		Habartov	Jablonec nad Nisou	Čáslav	Píseň	Kaplice	Hradec Králové	Litovel	Brno	Kadaň	Frenštát pod Radhoštěm		
		Karlovy Vary	Jičín	Čelákovice	Rokycany	Milevsko	Jaroměř	Mohelnice	Břeclav	Krupka u Teplic	Frydek Místek		
		Kláštevec nad Ohří	Jilemnice	Český Brod	Sířibro	Příbram	Litomyšl	Olomouc	Havířkův Brod	Litvínov	Havířov		
		Lubeneč	Liberec	Horoměřice		Sebešlav	Náchod	Otrokovice	Hodonín	Mikulov	Jablunkov		
		Ostrov nad Ohří	Mimoh	Jazlovice		Tábor	Paroubice	Prostějov	Hustopeče	Most	Karviná		
		Sokolov	Mnichovo Hradiště	Jesenice			Poříčka	Přerov	Jihlava	Rakovník	Kopřivnice		
		Vejpřty	Rokytnice nad Jizerou	Kamenice			Trutnov	Uherské Hradiště	Náměst nad Osilavou	Ústí nad Labem	Nový Jičín		
			Rumburk	Kladno			Ústí nad orlicí	Uherský Brod	Pohořelice	Zatec	Opava		
			Semily	Kolín			Vysoké Mýto	Vyškov	Pohořelice		Ostrava		
			Suknov	Kralupy nad Vltavou			Zlín		Svitavy		Rychvald		
			Varnsdorf	Kůrná Hora					Telč		Třinec		
				Mělník					Velké Meziříčí		Valašské Meziříčí		
				Milovice					Znojmo				
				mladá Boleslav					Žďár nad Sázavou				
				Mníšek pod Brdy									
				Modletice									
				Neratovice									
				Nymburk									
				Poděbrady									
			Praha										
			Roudnice nad Labem										
			Roztoky u Prahy										
			Sázava										
			Stochov										
			Trebošov										
			Uhřetěves										
			Vlašim										
			Vráž u Berouna										
			Zruč nad Sázavou										
Počet obsluhovaných míst [-]	9	13	31	5	7	11	12	16	10	14			
Množství potřebného chladiva [kg/rok]	1046,5	1427,7	8959,11	749,5	779,4	1309,7	2828,4	3645,62	2000,5	2039,5			

zdroj: [autor]

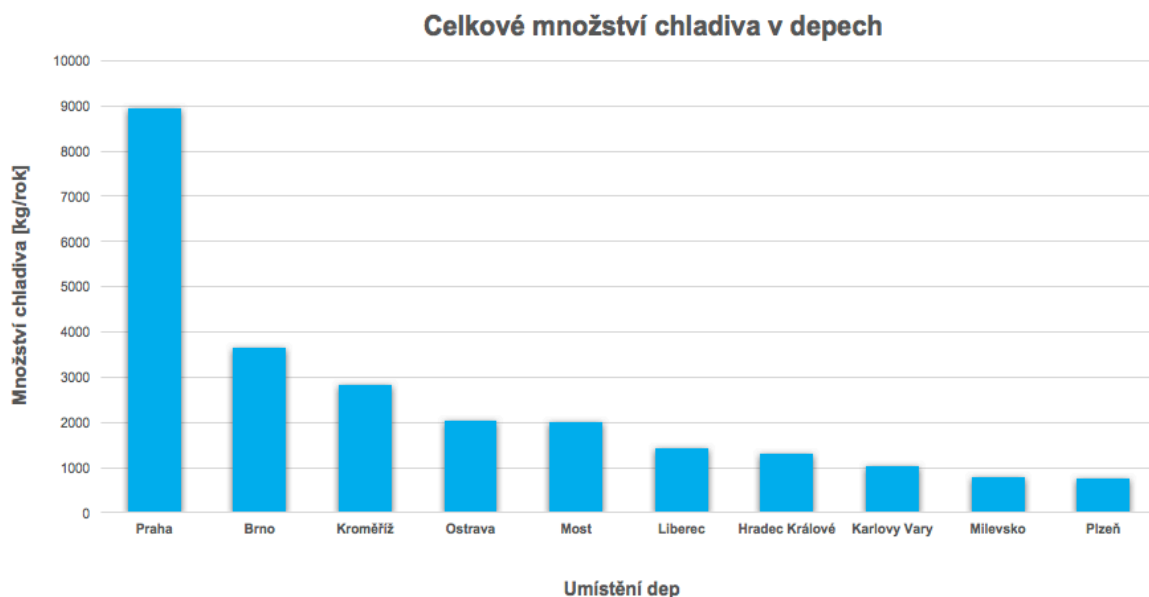
Hodnota kritériální funkce je rovna **1 387 950,5** [autor].

Pro lepší pochopení je na obrázku 36 a 37 zobrazena tabulka 13 ve formě 2 grafů.



Obrázek 36: Počet obsluhovaných měst depem – varianta 2 na základě časové matice

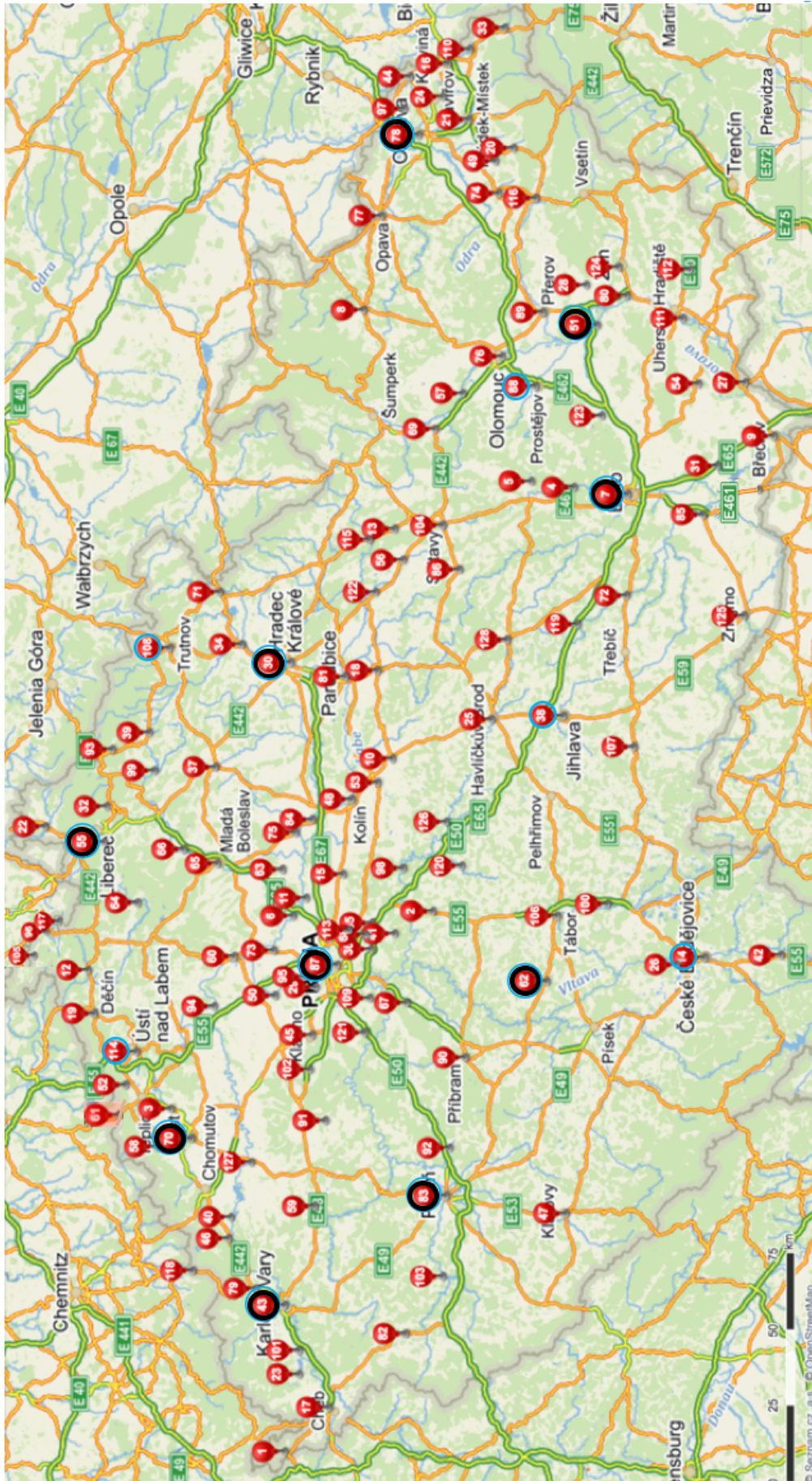
zdroj: [autor]



Obrázek 37: Celkové množství odebraného chladiwa - 2. varianta na základě časové matice

zdroj: [autor]

Na obrázku 38 je zobrazeno rozmístění jednotlivých dep.



Obrázek 38: Varianta 2 - umístění dep na základě časové matice

zdroj: [autor]

Při porovnání s variantou 1 (časová matice) došlo k několika změnám umístění dep. V severozápadní části byla depa přemístěna v rámci několika kilometrů do vedlejších měst (z Ústí nad Labem do Mostu, z Klášterce nad Ohří do Karlových Varů). Depo v Českých Budějovicích bylo přesunuto do Milevska, depo v Prostějově do nedaleké Kroměříže a z Havířova do Ostravy. Depa v Liberci, Praze, Hradci Králové a Brně zůstala nezměněna.

7.3.3 Varianta č. 3

Pro poslední, třetí, variantu řešení byl proveden návrh umístění dep bez ohledu na váhy jednotlivých vrcholů (bez ohledu na odebrané množství chladiva konkrétním městem). Všechny váhy vrcholů byly nastaveny na hodnotu 1. Kriteriační funkce minimalizovala pouze součet ujeté vzdálenosti, či potřebného času na obslužení všech vrcholů. V prvních 2 variantách byly navíc jednotlivé součty násobeny váhami jednotlivých vrcholů (viz. vzorec výše).

Na této variantě bylo ukázáno, jak velký vliv mají jednotlivé váhy na umístění dep v síti.

Řešení na základě použití distanční matice vzdálenosti

Při použití distanční matice vzdálenosti jsou jednotlivá depa a jejich atrakční obvody uvedeny v tabulce 14. Sídla techniků jsou označena červeným textem a přiřazena pod odpovídající depo (viz. tabulka 14).

Po zjištění přesných lokací skladů byly do tabulky 14 zahrnuty pro znázornění množství odebraného chladiva v depech za rok původní hodnoty vah vrcholů.

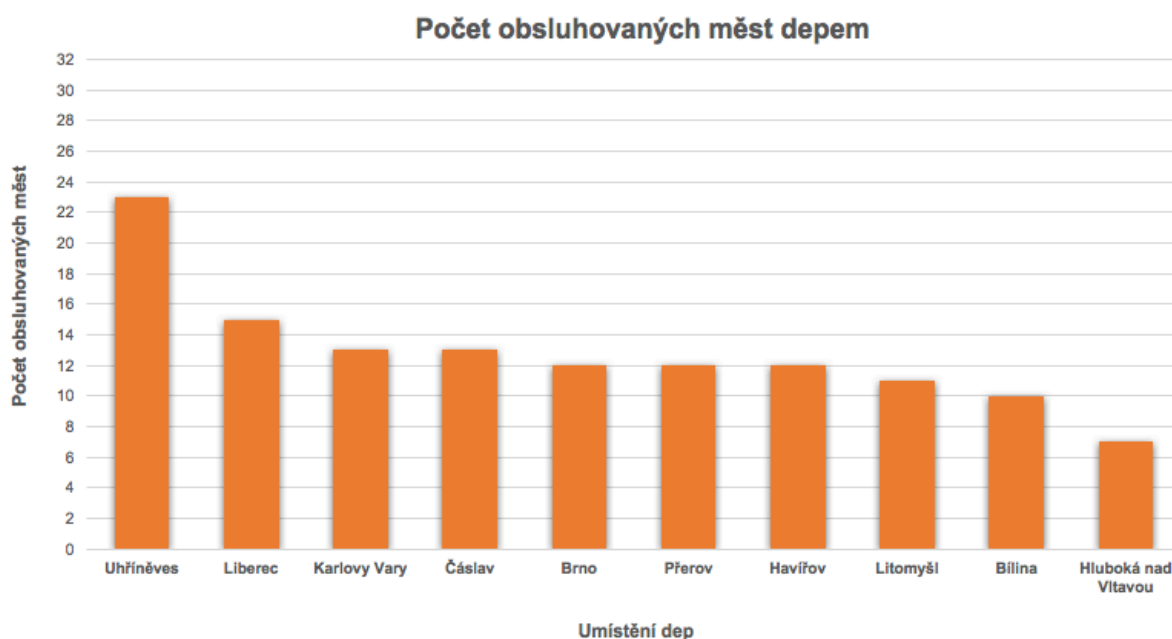
Tabulka 14: Návrh - Varianta 3 na základě matice vzdálenosti

		Depa (střediska obsluhy)													
		Karlovy Vary	Liberec	Uhřetěves	Čáslav	Hluboká nad Vltavou	Litomyšl	Bílina	Brno	Přerov	Havířov				
Atrakční obvod - obsluhovaná místa depem	Aš	Česká Kamenice	Benešov	Čáslav	Česká Budejovice	Česká Třebová	Bílina	Blansko	Bruntál	Český Těšín					
	Chab	Frydlant	Brandýs nad Labem	Chrudim	Hluboká nad Vltavou	Hradec Králové	Děčín	Boskovice	Holešov	Frenštát pod Radhoštěm					
	Habartov	Jablonec nad Nisou	Celákovice	Havlíčkův Brod	Kaplice	Jaroměř	Krupka u Teplíc	Březnice	Kroměříž	Frydek Místek					
	Kadaň	Jičín	Český Brod	Jihlava	Klatovy	Litomyšl	Litvínov	Březol	Litovel	Havířov					
	Karlovy Vary	Jilemnice	Horoměřice	Kolín	Milevsko	Moheňovice	Mikulov	Hodonín	Olomouc	Jablunkov					
	Kláštevec nad Ohří	Liberec	Jazlovice	Kutná Hora	Soběslav	Náchod	Mst	Hustopeče	Otrokovice	Karviná					
	Luberec	Mlnoň	Jesenice	Nymburk	Tábor	Polička	Rakovník	Kyjov	Prostějov	Kopřivnice					
	Ostrov nad Ohří	Mladá Boleslav	Kamenice	Paroubice		Svatý	Roudnice nad Labem	Náměst nad Osilavou	Přerov	Nový Jičín					
	Planá u Mariánských lázní	Mnichovo Hradiště	Kladno	Poděbrady		Ústí nad Ohří	Ústí nad Labem	Pohodnice	Uherské Hradiště	Opava					
	Píseň	Rokytnice nad Jizerou	Kralupy nad Vltavou	Sázava		Vysoké Mýto	Žatec	Velká Meziříčí	Uherský Brod	Ostrava					
	Sokolov	Rumburk	Mělník	Teplá		Žďár nad Sázavou		Vyškov	Valešské Meziříčí	Rychvald					
	Stříbro	Semily	Milovice	Vlašim				Znojmo	Zlín	Třinec					
	Vejpřty	Sluknov	Mníšek pod Brdy	Zruč nad Sázavou											
		Trutnov	Medletice												
		Varnsdorf	Neratovice												
			Praha												
			Příbram												
			Rokycany												
			Roztoky u Prahy												
			Stochov												
		Treboň													
		Uhřetěves													
		Vráž u Berouna													
Počet obsluhovaných míst [z]	13	15	23	13	7	11	10	12	12	12					
Množství potřebného chladiva [kg/rok]	2085,9	1429,9	7406,81	2119,17	814,6	1230,15	1823,5	3430,65	2489,05	1956,2					

zdroj: [autor]

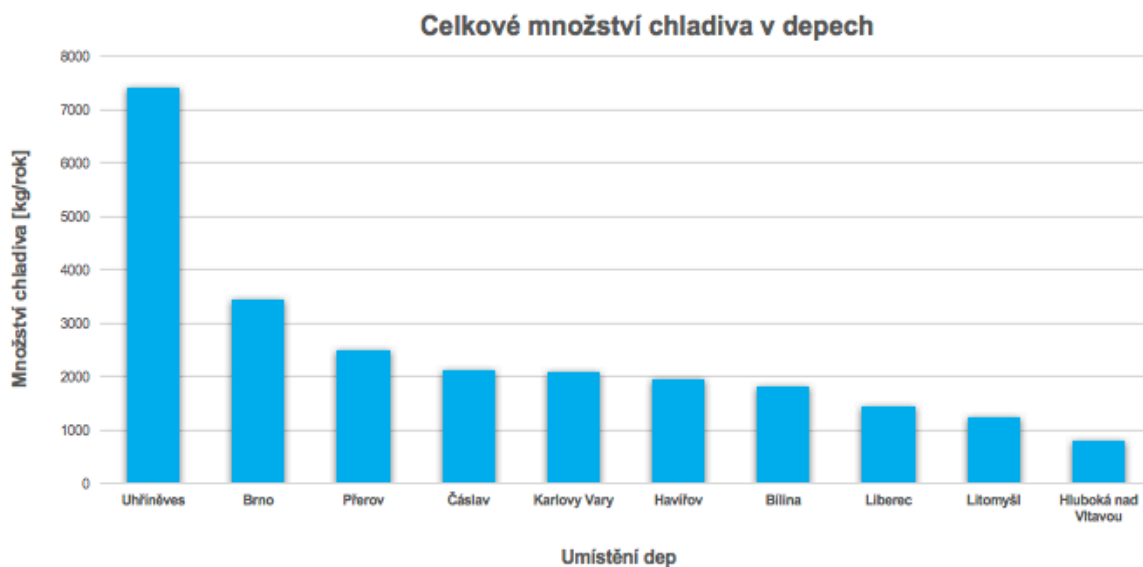
Hodnota kritériální funkce je rovna **9 774,2** [autor].

Pro lepší pochopení je na obrázku 39 a 40 zobrazena tabulka 14 ve formě 2 grafů.



Obrázek 39: Počet obsluhovaných měst depem – varianta 3 na základě matice vzdálenosti

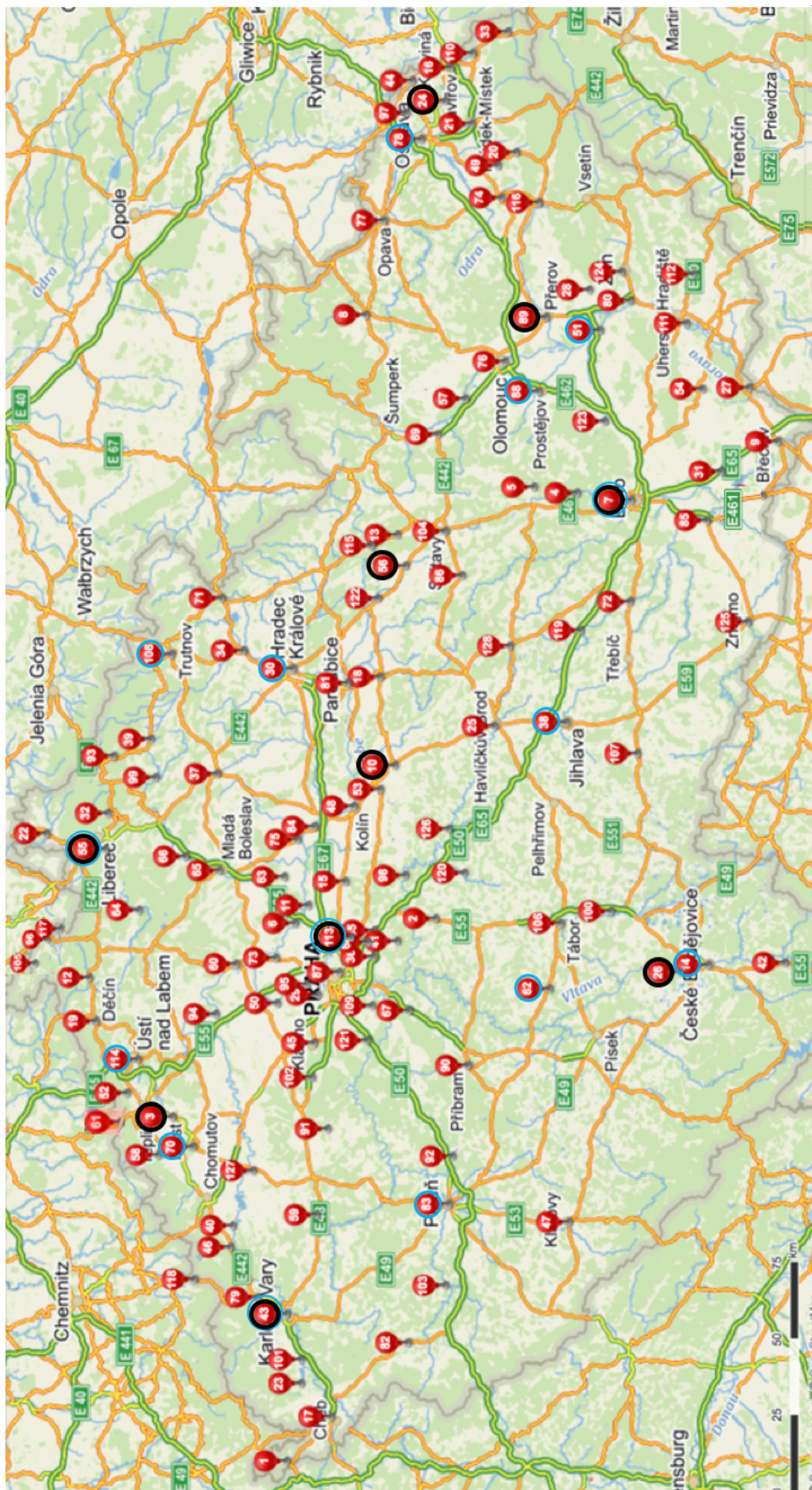
zdroj: [autor]



Obrázek 40: Celkové množství odebraného chladiwa – varianta 3 na základě matice vzdálenosti

zdroj: [autor]

Na obrázku 41 je zobrazeno rozmístění jednotlivých dep.



Obrázek 41: Varianta 3 - umístění dep na základě matice vzdálenosti

zdroj: [autor]

Jedná se o specifickou variantu, která má rozdílnou vstupní matici v části váhy vrcholů.

Také u této varianty je navržena trojice dep v severozápadní části republiky. Stejně jako ve variantě 2 nedošlo k navržení depa v Plzni. Pražské depo, které bylo navrženo v obou předchozích variantách, bylo přesunuto do Uhřetěvsi, v jižní části došlo k přemístění depa do Hluboké nad Vltavou, depo v Hradci Králové bylo nahrazeno depy v Čáslavi a Litomyšli, ve východní části byly depa umístěna do Havířova a Přerova, stejně jako u varianty 1.

Hodnota kritériální funkce zde není vypovídající. Nelze ji porovnávat s ostatními variantami z důvodu neakceptování přidělených vah vrcholů.

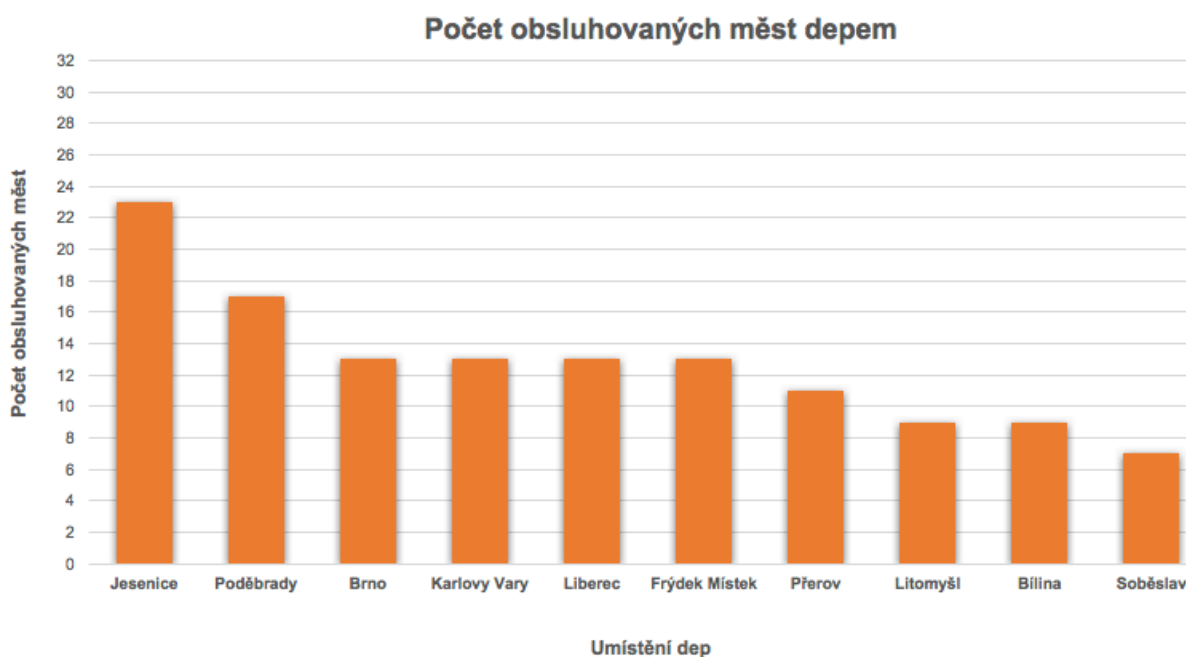
Řešení na základě použití distanční časové matice

Při použití distanční časové matice jsou jednotlivá depa a jejich atrakční obvody uvedeny v tabulce 15. Sídla techniků jsou označena červeným textem a přiřazena pod odpovídající depo (viz. tabulka 15).

Po zjištění přesných lokací skladů byly do tabulky 15 zahrnuty pro znázornění množství odebraného chladiva v depech za rok původní hodnoty vah vrcholů.

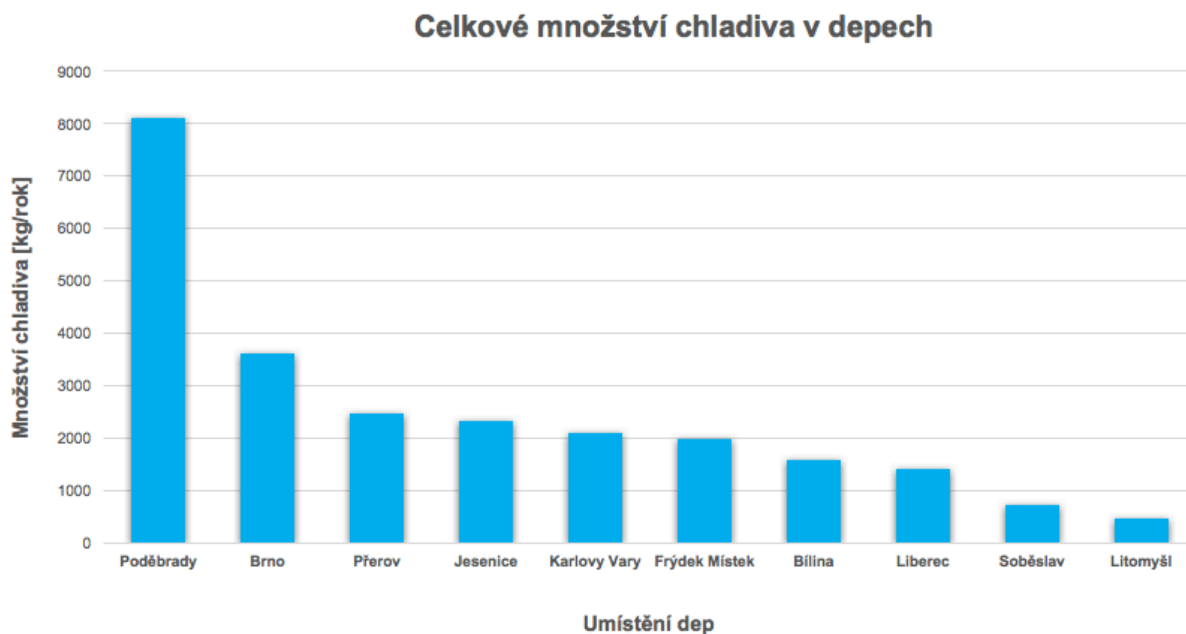
Hodnota kritériální funkce je rovna **8 485** [autor].

Pro lepší pochopení je na obrázku 42 a 43 zobrazena tabulka 15 ve formě 2 grafů.



Obrázek 42: Počet obsluhovaných měst depem – varianta 3 na základě časové matice

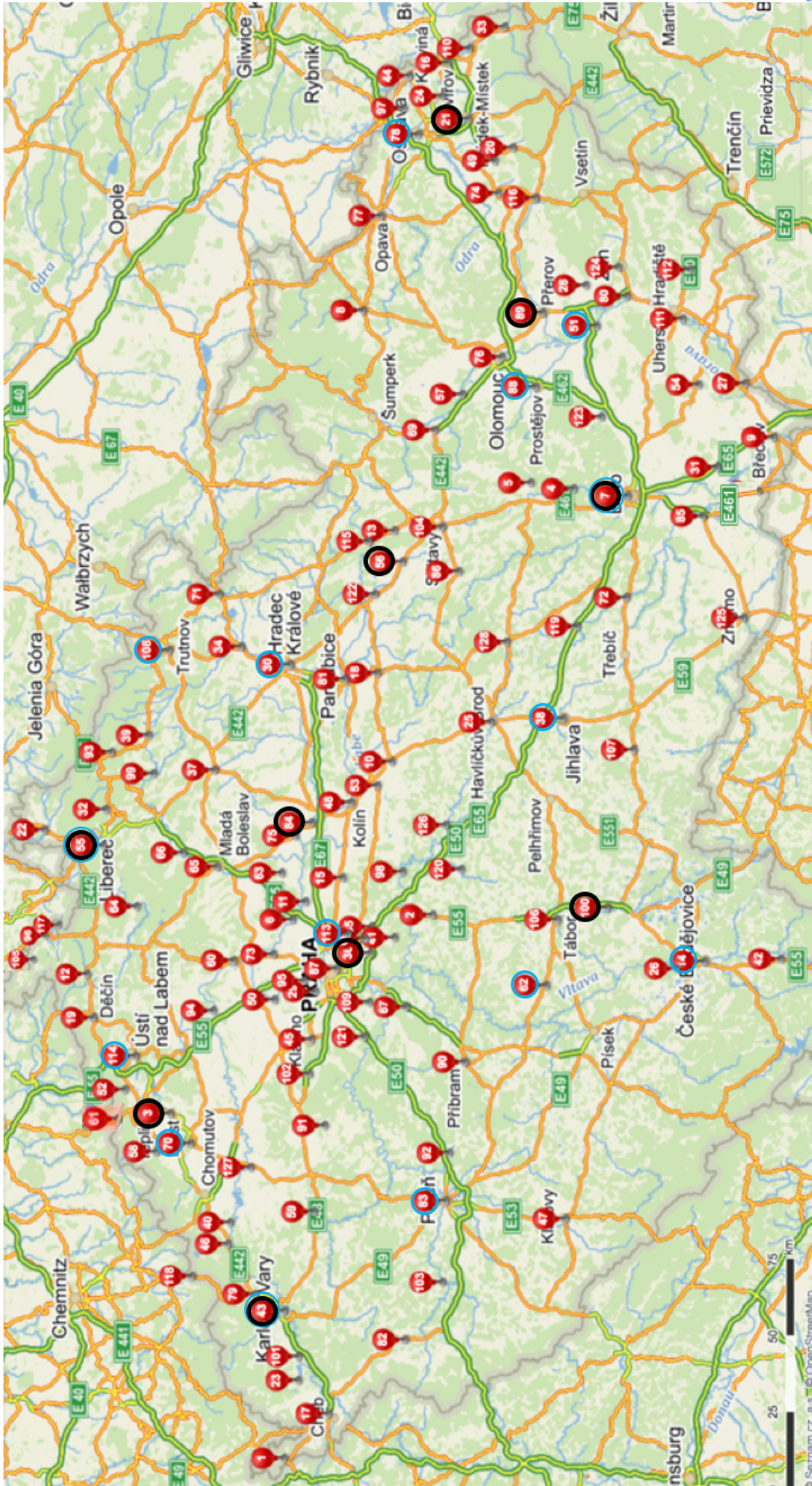
zdroj: [autor]



Obrázek 43: Celkové množství odebraného chladiiva – varianta 3 na základě časové matice

zdroj: [autor]

Na obrázku 44 je zobrazeno rozmístění jednotlivých dep včetně jejich atrakčních obvodů.



Obrázek 44: Varianta 3 - umístění dep na základě časové matice

Zdroj: autor

Největší změnou je umístění dvou dep namísto jednoho ve Středočeském kraji. Došlo k přemístění pražského depa do Jesenic a Poděbrad. Tato varianta nemá depo umístěné v západní části republiky. Ve východní části se nacházejí tři depa, která jsou umístěna v podobně vzdálených městech jako ve dvou předešlých variantách. Depo v jižní části bylo umístěno poprvé do Soběslavi.

8. Porovnání variant s počátečním řešením

Kapitola se zabývá závěrečným srovnáním jednotlivých variant se stávajícím řešením, a to z hlediska několika parametrů. Porovnání bude provedeno na základě použití distanční matice vzdálenosti, která je pro společnost XY důležitější (pořadí variant dle hodnot kritériálních funkcí nezávisle na typu distanční matice vychází shodně). Porovnání bylo provedeno dle:

- Hodnoty kritériální funkce;
- Množství potřebného chladiva v depech;
- Ujeté vzdálenosti vozidla.

Všechna porovnání budou zobrazena ve formě tabulky a grafů.

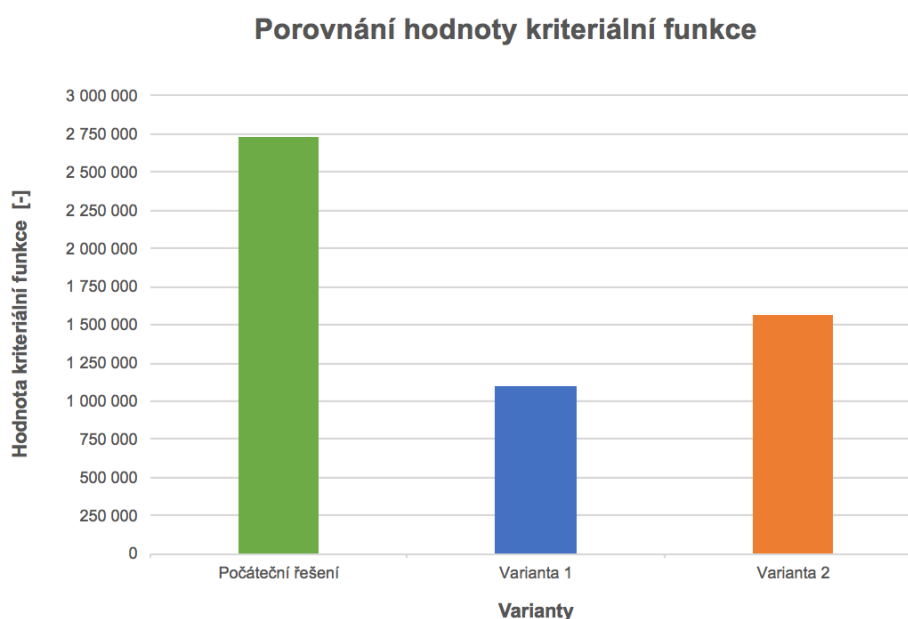
8.1 Porovnání dle hodnoty kritériální funkce

V tabulce 16 je zobrazeno porovnání hodnot kritériální funkce. Pro lepší představu je vytvořen také graf na obrázku 45.

Tabulka 16: Porovnání hodnoty kritériální funkce

	Hodnota kritériální funkce [-]	Rozdíl
Stávající řešení	2 731 100	
Varianta 1	1 097 962	1 633 138
Varianta 2	1 569 115	1 161 985

zdroj: [autor]



Obrázek 45: Porovnání hodnoty kritériální funkce

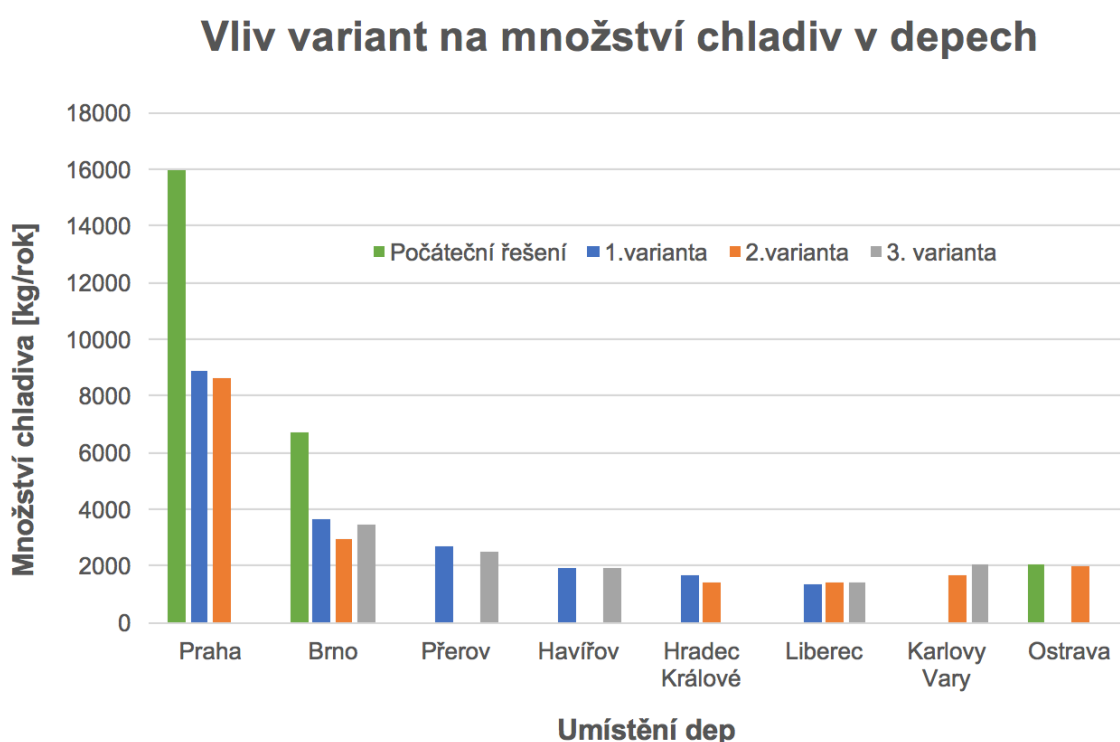
zdroj: [autor]

Obě navržené varianty dosáhly podstatně lepších výsledků než počáteční řešení. První varianta má kritériální hodnotu nižší o 1 633 138 a druhá varianta o 1 161 985.

Celkové vyhodnocení z hlediska porovnání variant dle hodnoty kritériální funkce vyšlo nejlépe u varianty 1. Následovala varianta 2 a nejhůře dopadlo původní řešení.

8.2 Porovnání dle množství potřebného chladiwa v depech

Na obrázku 46, je zobrazeno porovnání dep, která byla navržena alespoň u 2 variant (včetně počátečního řešení), v rámci potřebného množství chladiwa, na obsluhu svých atrakčních obvodů. Mezi taková depa patří: Praha, Brno, Přerov, Havířov, Hradec Králové, Liberec, Karlovy Vary a Ostrava.



Obrázek 46: Vliv variant na množství chladiwa v depech

zdroj: [autor]

Ve všech variantách (vč. poč. řešení), bylo umístěno depo v Brně. U 3 variant (vč. poč. řešení) byla depa umístěna v Praze, Brně a Liberci. Nejvyšší zásobu množství chladiwa potřebuje, dle očekávání, depo v Praze a v Brně. Množství chladiwa v jednotlivých variantách nedosahuje větší výkyvy.

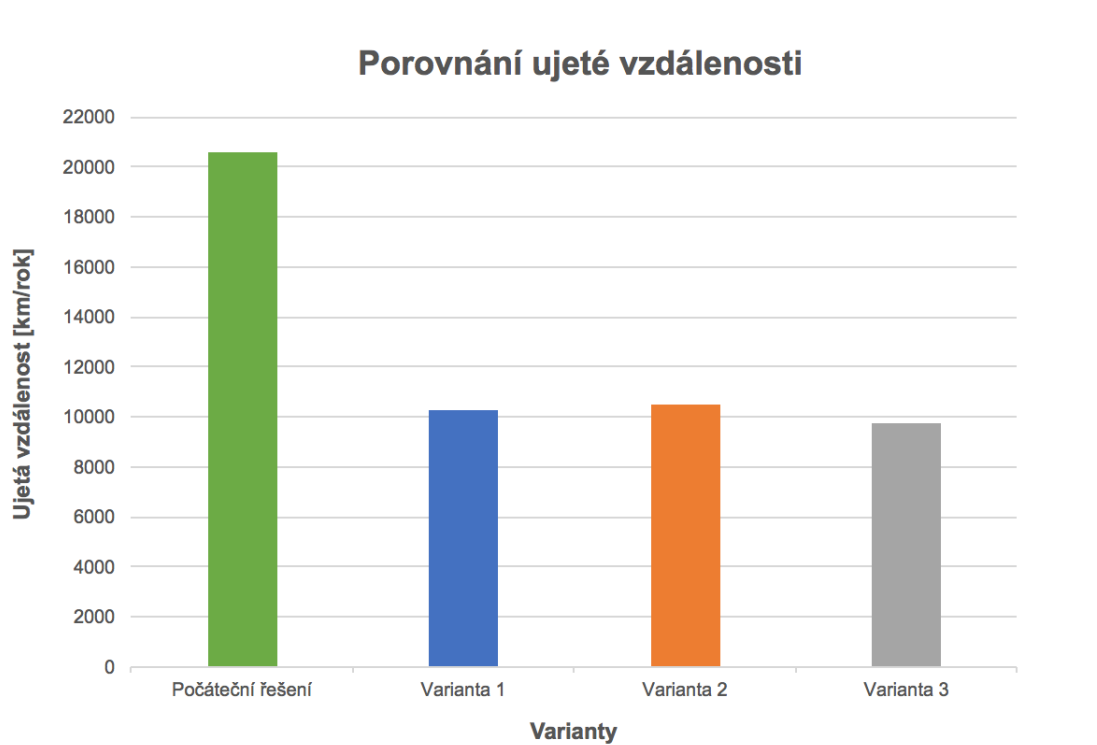
8.3 Porovnání dle ujeté vzdálenosti

V tabulce 17 jsou uvedeny ujeté vzdálenosti v jednotlivých variantách, včetně vyjádření úspory vztahované k počátečnímu řešení. Porovnání je graficky zpracováno na obrázku 47.

Tabulka 17: Porovnání ujeté vzdálenosti

	Ujetá vzdálenost [km]	Úspora [km]	Úspora [%]
Počáteční řešení	20 578	0	
Varianta 1	10 258	10 320	50
Varianta 2	10 515	10 063	49
Varianta 3	9 774	10 804	53

zdroj: [autor]



Obrázek 47: Porovnání ujeté vzdálenosti

zdroj: [autor]

Ve všech 3 navrhovaných variantách bylo docíleno značné úspory ujeté vzdálenosti. U všech navrhovaných variant bylo docíleno úspory kolem 50 % oproti počátečnímu řešení. Rozdíly u jednotlivých navrhovaných variant byly vůči sobě navzájem zanedbatelné (viz obrázek 47).

9. Ekonomické vyhodnocení projektu

Závěrečná kapitola se zabývá ekonomickým vyhodnocením celého projektu. Celý projekt byl z ekonomického hlediska řešen jako investiční záměr. Pro toto zhodnocení bylo vybráno posouzení investice na základě doby návratnosti.

Dále jsou uvedeny položky a postupy pro získání ročních nákladů a výnosů (úspor) v rámci projektu vybudování skladů.

Na závěr kapitoly je zobrazena konečná tabulka včetně grafu zobrazující roční výnosy (úspory), náklady a aktuální finanční situaci, ze které je pak zjištěna doba návratnosti investice.

9.1 Náklady projektu

Do nákladu projektu byly zahrnuty položky:

- Počáteční investiční náklady na vybudování 10 skladů;
- Náklady týkající se obsluhy (při naskladnění a vyskladnění chladiva).

Lokace skladů a celková ujetá vzdálenost byla použita z Varianty 1.

Počáteční investiční náklady na vybudování 10 skladů

Velikost plochy má zásadní vliv na výši investičních nákladů budovaných skladů. V následujících bodech jsou ukázány jednotlivé kroky, pomocí kterých byly navrženy plochy skladů:

- 1) Průměrné množství roční potřeby chladiva jednotlivých dep.
- 2) Průměrné množství měsíční potřeby chladiva jednotlivých dep.

Dle interního zdroje se předpokládá zásobování skladu 1krát měsíčně.

- 3) Vynásobení průměrného množství měsíční potřeby chladiva koeficientem k .

Z důvodu zajištění pokrytí zvýšené poptávky (zejména při letních měsících, kdy je očekávaná spotřeba vyšší), je množství vynásobeno koeficientem $k = 1,5$. Hodnota koeficientu byla stanovena po dohodě se zaměstnanci společnosti XY.

- 4) Přepočítání množství chladiva na počty kusů lahví

Ve skladu budou umístěny 2 typy lahví s hmotností 50 a 22 kg. Dále společnost požadovala, aby poměr počtu kusů mezi těmito lahvemi byl 1:1. Následně byly spočítány počty jednotlivých typů lahví pomocí vztahu:

$$50 \cdot x + 22 \cdot x = M_{ch}$$

kde:

- x – počet lahví;
- M_{ch} – množství chladiva v kg [autor].

5) Přepočítání počtu kusů lahví na počet palet

Láhve budou umístěny na paletě. Na jednu paletu se vejde 9 ks 50 kg nebo 12 ks 22 kg lahví (jsou možné kombinace).

6) Zjištění plochy skladů na základě počtu palet

Měřením byla zjištěna plocha 1 palety na 1,3 m² (rozměr palety: 1,3 m x 1 m). Následně byly navrženy odpovídající rozměry skladů včetně manipulačních prostorů. Vznikly 3 velikosti ploch skladů (velký, střední, malý).

V tabulce 18 jsou zobrazena depa, rozměry a plochy jednotlivých skladů.

Tabulka 18: Depo, rozměry a plochy skladů

Depo (sklad)	Rozměry [m]	Plocha skladu [m ²]
Klášteř nad Ohří	1,5 x 2,7	4,1
Liberec	1,5 x 2,7	4,1
Praha	3,3 x 3,4	11,2
Plzeň	1,5 x 2,7	4,1
České Budějovice	1,5 x 2,7	4,1
Hradec Králové	1,5 x 2,7	4,1
Krupka u Teplic	1,5 x 2,7	4,1
Brno	2,9 x 2,7	7,8
Přerov	2,9 x 2,7	7,8
Havířov	1,5 x 2,7	4,1

zdroj: [autor]

V tabulce 19 jsou uvedeny počty a ceny skladů.

Tabulka 19: Informace o skladech

Velikost skladu	Plocha skladu [m ²]	Cena [Kč/sklad]	Počet skladů [-]	Celkem [Kč/sklady]
Malý	4,1	35 150	7	246 050
Střední	7,8	55 600	2	111 200
Velký	11,2	71 750	1	71 750
				429 000

zdroj: [autor, 10]

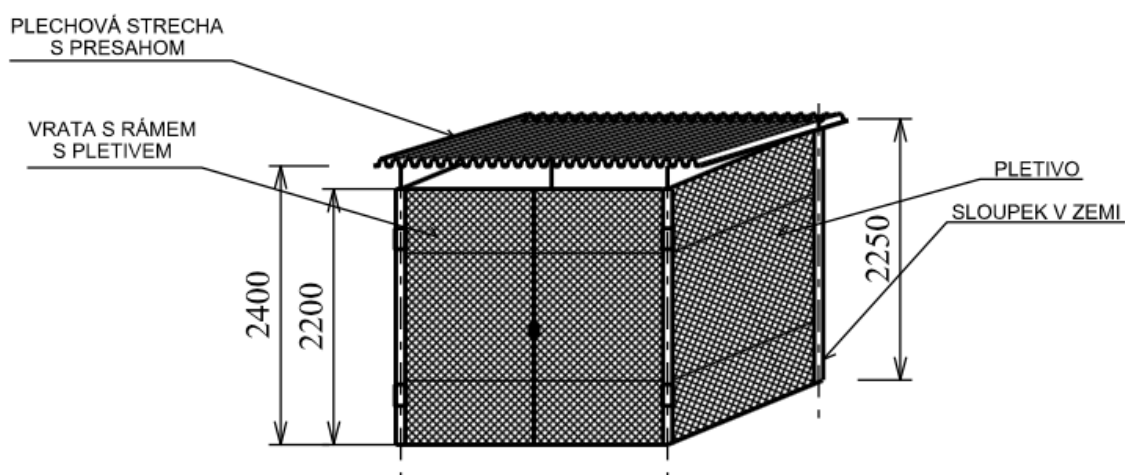
Ceny vychází z odborné nabídky firmy zabývající se výstavbou těchto skladů.

Náklady na vybudování 10 skladů jsou rovny 429 000 Kč.

Stručná specifikace skladu:

- Betonový základ;
- Železná konstrukce se čtyřmi sloupky;
- Po obvodu ochranné pletivo;
- Střecha s lehkou montovanou konstrukcí;
- Uzamykatelná vrata. [16]

Schématický náčrt skladu je na obrázku 48.



Obrázek 48: Schématický náčrt skladu

zdroj: [16]

Náklady na obsluhu skladů

O každý sklad se bude starat odpovědná osoba, která bude mít na starost zejména příjem a výdej zboží. Tento pracovník na zavolání přijede do skladu a přijme nebo vydá tlakové láhve technikovi. Odpovědná osoba nebude muset být celou pracovní dobu ve skladu. Oproti původní verzi dojde k navýšení o 7 pracovníků. Náklady na 1 pracovníka budou ve výši 500 Kč/měsíc.

V tabulce 19 jsou zobrazeny náklady na obsluhu skladů.

Tabulka 20: Výpočet nákladů na obsluhu skladů

Náklady na obsluhu za rok	
Náklady na 1 pracovníka [Kč]	6 000
Počet pracovníků	7
Celkové náklady [Kč]	42 000

zdroj: [autor]

V tabulce 20 jsou zobrazeny celkové náklady na projekt pro první rok. Náklady na vybudování skladů jsou pouze v prvním roce, v dalších letech se počítá pouze s náklady na obsluhu skladů.

Tabulka 21: Celkové náklady pro první rok

Celkové náklady za 1 rok	
Vybudování 10 skladů [Kč]	429 000
Obsluha skladů [Kč]	42 000
Celkem [Kč]	471 000

zdroj: [autor]

Celkové náklady pro 1. rok činí 471 000 Kč.

9.2 Výnosy projektu

Do výnosů projektu je započítána pouze úspora ujeté vzdálenosti. Dle interní informace je cena za přepravu materiálu stanovena v rozsahu 11–14 Kč/km. Pro přepočítání úspory kilometrů byla použita cena ve výši 12 Kč.

V tabulce 21 jsou zobrazeny roční výnosy projektu.

Tabulka 22: Výnosy projektu

Roční výnos (úspora)	
Náklady na 1 km [Kč]	12
Počáteční ujetá vzdálenost [km]	20 578
Ujetá vzdálenost dle nej. varianty [km]	10 258
Rozdíl [km]	10 319
Výnos (úspora) [Kč]	123 829

zdroj: [autor]

Celkový roční předpokládaný výnos (úspora) činí 123 829 Kč.

9.3 Doba návratnosti investice

Úspěšnost projektu a jeho případná realizace je hodnocena pomocí zjednodušeného výpočtu doby návratnosti investice.

Pro zjištění doby návratnosti investice je nutné stanovit kromě každoročních příjmů a nákladů, také životnost celého projektu. Po konzultaci se zaměstnanci společnosti XY byla stanovena životnost projektu na 10 let (s vysokou mírou jistoty, skutečná reálná životnost bude zřejmě podstatně delší). Po tuto dobu se nepředpokládají žádné další náklady. Největší náklady jsou v prvním roce. Mimo nákladů na obsluhu skladů jsou v tomto roce počítány ještě náklady na vybudování 10 skladů. V dalších letech se počítá pouze s náklady na obsluhu skladů. Výnosy jsou předpokládány každý rok ve stejné výši.

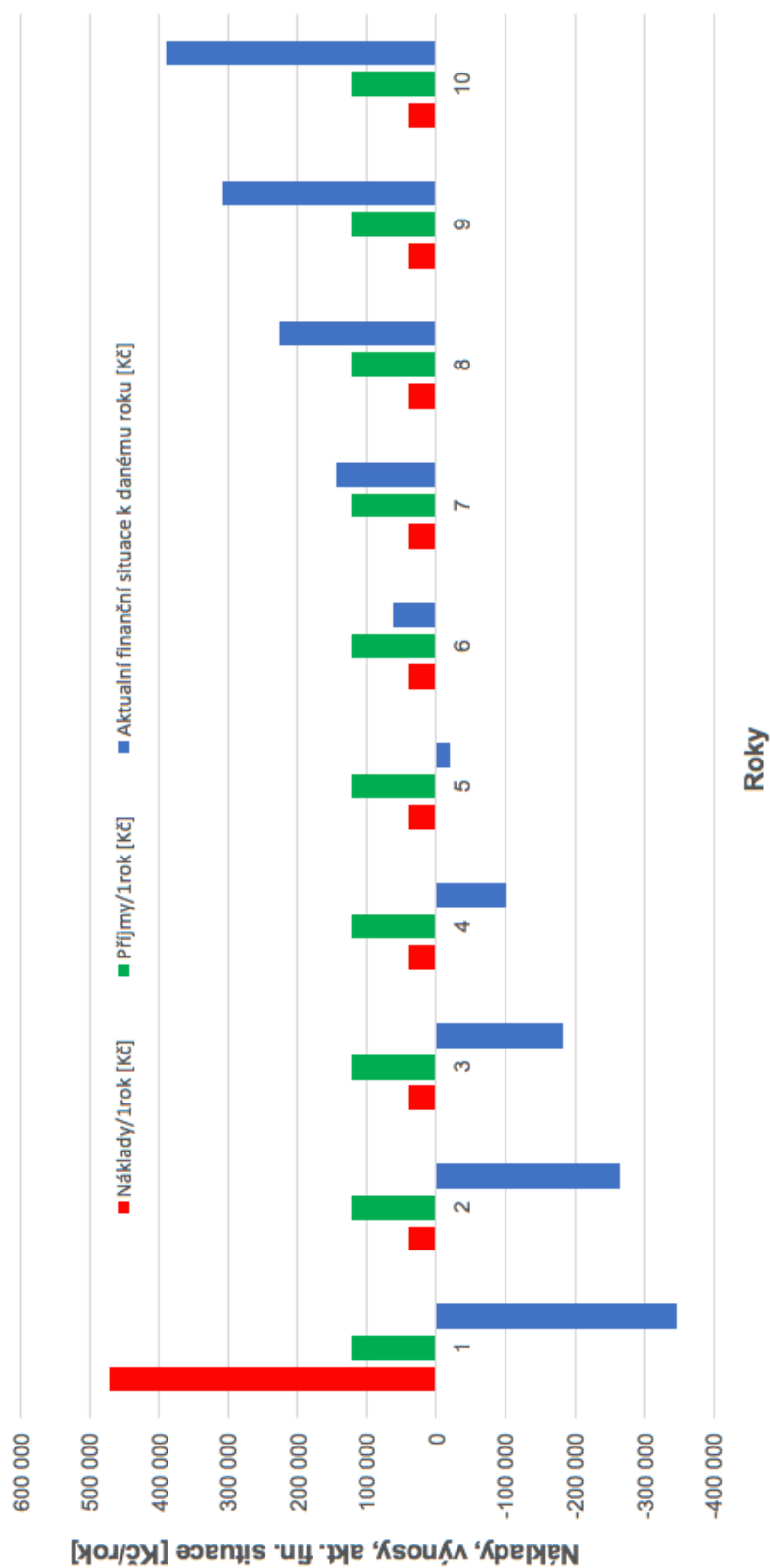
V tabulce 22 jsou zobrazeny náklady a výnosy a aktuální finanční situace v každém roce po celou dobu životnosti projektu. Na obrázku 49 je zobrazena doba návratnosti investice ve formě grafu.

Tabulka 23: Doba návratnosti investice

Vyhodnocení investice										
Roky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Náklady/trok [Kč]	471 000	42 000	42 000	42 000	42 000	42 000	42 000	42 000	42 000	42 000
Příjmy/trok [Kč]	123 829	123 829	123 829	123 829	123 829	123 829	123 829	123 829	123 829	123 829
Aktuální finanční situace k danému roku [Kč]	-347 171	-265 342	-183 512	-101 683	-19 854	61 975	143 804	225 634	307 463	389 292

zdroj: [autor]

Doba návratnosti investice



Obrázek 49: Doba návratnosti investice

zdroj: [autor]

Z výpočtu je patrné, že investované náklady na vybudování 10 nových skladů při jejich suboptimálním umístění se vrátí na počátku 6. roku provozu, kdy životnost investice je uvažována na dobu 10 let. Tímto je považována investice za efektivní a je možné toto rozhodnutí doporučit.

10. Závěr

Diplomová práce se zabývá analýzou počátečního řešení skladů a následným návrhem suboptimálního řešení umístění nových skladů na území ČR pro společnost XY. Podle požadavku společnosti došlo k navržení 10 nových skladů s chladičem oproti původním 3.

Pro řešení této úlohy bylo nutné seznámit se s počátečním stavem a získat nezbytná data ke splnění úlohy.

Teoretická část obsahuje seznámení s řešenou problematikou a společností XY (základní informace o společnosti, nabízený sortiment, informační systém, logistiku a servisní činnost), seznamuje s oblastí operačního výzkumu (disciplíny Teorie grafů a Lokační analýzy), a iterativním algoritmem, který byl použit na řešení úlohy v upravené podobě. Popisuje, jakým způsobem byly vytvořeny matice orientovaných grafů včetně vysvětlení ohodnocení hran v distančních maticích a stanovení jednotlivých vah vrcholů pro praktickou část diplomové práce.

V praktické části byly vytvořeny jednotlivé návrhy řešení. Na začátku byl představen program obsahující upravený iterativní algoritmus, který byl nejprve validován. Vzhledem k neúplným datům, která byla k dispozici pro počáteční řešení, byl tento stav nasimulován. Následně byly navrženy 3 varianty řešení (při použití distanční matice vzdálenosti a matice časové), lišící se hodnotou váhy vrcholů.

Po provedení návrhové části byly navrhované varianty porovnány s počátečním řešením dle hodnoty kritériální funkce, množství potřebného chladiče v depech a ujeté vzdálenosti vozidla při použití distanční matice vzdálenosti (pořadí variant dle hodnoty kritériální funkce a ujeté vzdálenosti vyšlo shodně i při použití distanční matice časové). U všech navrhovaných variant bylo dosaženo podstatně lepších výsledků než u počátečního řešení. Nejlepších výsledků je dosaženo u varianty 1, u které byla použita nezměněná vstupní reálná data. Hodnota kritériální funkce byla u této varianty snížena oproti počátečnímu řešení o kritériální hodnotu 1 633 138, stejně jako ujetá vzdálenost, u které tak bylo dosaženo úspory 10 320 km (cca 50 % úspora). Pozitivní roli k docílení tak vysoké úspory sehrálo navýšení počtu dep v síti.

Nakonec autor provedl zjednodušené ekonomické zhodnocení investičního projektu pomocí doby návratnosti, přičemž životnost projektu byla nastavena na dobu 10 let (s vysokou mírou jistoty, skutečná reálná životnost bude zřejmě podstatně delší), do celkových ročních nákladů byly zahrnuty náklady na vybudování nových 10 skladů, které činí 429 000 Kč, a náklady na jejich obsluhu, které činí 42 000 Kč. Celkové roční výnosy (úspory) díky realizaci navrhovaných opatření dosáhnou 123 829 Kč.

Dle zvolených cen a výpočtů se návratnost investice projektu předpokládá na počátku 6. roku provozu od jeho realizace. Na základě této skutečnosti lze investici považovat za velmi výhodnou.

S ohledem na výše uvedená konstatování autor práce doporučuje investici realizovat. Stejný postoj zaujala i společnost XY, která návrh hodlá realizovat ještě v tomto roce.

Řešení a výsledky úlohy potvrzují, že pečlivá optimalizace rozmístění skladů se vyplácí a vede k úspoře ujetých kilometrů a ke snížení celkových nákladů. Optimalizační metody a procesy mají pro plánování značný význam a mohou přinést významné úspory. Je tedy na místě dále se těmito procesy vážně zabývat, ať už v dopravě či v jiném odvětví.

Seznam literatury

Knihy a brožury

- [1] VOLEK, J. – LINDA, B. :*Teorie grafů - aplikace v dopravě a veřejné správě*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012, 190 s. ISBN 978-80-7395-225-9.
- [2] MOCKOVÁ, D. :*Základy teorie dopravy: úlohy*. Vyd. 1. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2007, 96 s. ISBN 978-80-01-03791-1.
- [3] JABLONSKÝ, J. :*Operační výzkum. Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha, 2002, ISBN 80-86419-42-8.
- [4] LAMBERT, Douglas M, James R STOCK a Lisa M ELLRAM. :*Logistika*. Vyd. 2. Brno: CP Books, 2005, 589 s. ISBN 80-251-0504-0.
- [5] COOPER L. *Location-allocation problems*. In: *Operations Research*, vol. 11, pp. 301-343, 1963. ISSN 0254-5330.
- [6] HAKIMI, S. L., *Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph*, *Operations Research*, 12, pp. 450–459, 1964. ISSN 0254-5330.
- [7] KLOSE, A. and A. DREXL: *Facility location models for distribution system design*, *European Journal of Operational Research* vol. 162, pp. 4-29, 2005.
- [8] TEITZ, M.B. a P. BART. *Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph*. In: *Operations Research* vol. 16, pp. 955-961, 1968. ISSN 0254- 5330.

Internetové stránky

- [9] *ELEGiS: Informační systémy, Plánování a řízení výroby, Business Intelligence* [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://www.elegis.cz/reseni-produkty/podnikovy-informacni-system-sap-business-one/>
- [10] KAS: *Tabulka vybraných chladiv* [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: http://www.kas.cz/dokumenty/tabulka_chladiv.pdf
- [11] Seznam.cz: *MAPY.CZ* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?navstivena-mista&x=15.4797871&y=49.6664882&z=7>
- [12] ArcGIS: *ARCDATA PRAHA* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis>
- [13] Global Transport & Logistics: *DSV* [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.dsv.cz/doprava-a-preprava/silnicni-doprava/nebezpecne-naklady-adr/>

[14] SCIENCE AND TECHNOLOGY: *What is location science?* [online]. [vid. 2017-04-21].
Dostupné z: <http://pages.jh.edu/jhumag/0497web/locate2.html>

[15] RYBIČKOVÁ, A.: Využití genetických algoritmů v úlohách diskrétní optimalizace [online].
[cit. 2012]. Dostupné z: https://www.fd.cvut.cz/projects/k617x1ol/wp-content/uploads/2014/11/DP_Alana-Rybickova.pdf

Ostatní

[16] interní zdroj

Seznam obrázků

Obrázek 1: Část hierarchie řízení korporace	11
Obrázek 2: Struktura XY	12
Obrázek 3: Nabízená zařízení	13
Obrázek 4: Rozhraní mezi dvěma systémy	15
Obrázek 5: Nákupní proces	17
Obrázek 6: Proces zasílání IDOC	18
Obrázek 7: Přehled sídel servisních techniků XY a partnerských firem v ČR	19
Obrázek 8: Bezpečnostní výstrahy	22
Obrázek 9: Sklad s tlakovými láhvemi	23
Obrázek 10: Proces - pohyb chladiva	24
Obrázek 11: Analýza zákazníků - počet poboček v %	26
Obrázek 12: Potenciální místa pro vybudování skladů	29
Obrázek 13: Základní princip iterativního algoritmu	38
Obrázek 14: Vývojový diagram - iterativní algoritmus	39
Obrázek 15: ArcGIS Vytvoření Origin - Destination Cost Matrix	41
Obrázek 16: ArcGIS Zobrazení úseku: Aš - Klatovy	41
Obrázek 17: Grafické zobrazení procesu určení vah	42
Obrázek 18: Ukázka z použitého programu	44
Obrázek 19: Počet obsluhovaných měst depem – počáteční řešení na základě matice vzdálenosti	47
Obrázek 20: Celkové množství chladiva – počáteční řešení na základě matice vzdálenosti	47
Obrázek 21: Počáteční řešení – umístění dep na základě matice vzdálenosti	48
Obrázek 22: Počet obsluhovaných měst depem – počáteční řešení na základě časové matice	52
Obrázek 23: Celkové množství chladiva – počáteční řešení na základě časové matice	52
Obrázek 24: Počáteční řešení – umístění dep na základě časové matice	53
Obrázek 25: Počet obsluhovaných měst depem – varianta 1 na základě matice vzdálenosti	56
Obrázek 26: Celkové množství odebraného chladiva – varianta 1 na základě matice vzdálenosti	56
Obrázek 27: Varianta 1 - umístění dep na základě matice vzdálenosti	57
Obrázek 28: Závislost počtu obsl. měst na množství chladiva na základě matice vzdálenosti	58
Obrázek 29: Počet obsluhovaných měst depem – varianta 1 na základě časové matice	60

Obrázek 30: Celkové množství odebraného chladiva – varianta 1 na základě časové matice	60
Obrázek 31: Varianta 1 - umístění dep na základě časové matice	61
Obrázek 32: Závislost počtu obsl. měst na množství chladiva na základě časové matice	62
Obrázek 33: Počet obsluhovaných měst depem – varianta 2 na základě matice vzdálenosti	65
Obrázek 34: Celkové množství odebraného chladiva – varianta 2 na základě matice vzdálenosti	65
Obrázek 35: Varianta 2 - umístění dep na základě matice vzdálenosti	66
Obrázek 36: Počet obsluhovaných měst depem – varianta 2 na základě časové matice.....	69
Obrázek 37: Celkové množství odebraného chladiva - 2. varianta na základě časové matice	69
Obrázek 38: Varianta 2 - umístění dep na základě časové matice	70
Obrázek 39: Počet obsluhovaných měst depem – varianta 3 na základě matice vzdálenosti	73
Obrázek 40: Celkové množství odebraného chladiva – varianta 3 na základě matice vzdálenosti	73
Obrázek 41: Varianta 3 - umístění dep na základě matice vzdálenosti	74
Obrázek 42: Počet obsluhovaných měst depem – varianta 3 na základě časové matice.....	77
Obrázek 43: Celkové množství odebraného chladiva – varianta 3 na základě časové matice	77
Obrázek 44: Varianta 3 - umístění dep na základě časové matice	78
Obrázek 45: Porovnání hodnoty kritériální funkce	80
Obrázek 46: Vliv variant na množství chladiv v depech	81
Obrázek 47: Porovnání ujeté vzdálenosti.....	82
Obrázek 48: Schématický náčrt skladu	85
Obrázek 49: Doba návratnosti investice.....	89

Seznam tabulek

Tabulka 1: Regulované látky - zákaz používání	21
Tabulka 2: Regulované látky - povoleny, zákaz doplňování lahví	21
Tabulka 3: Fluorované skleníkové plyny - povoleny bez omezení dle dovozní kvóty v rámci EU	22
Tabulka 4: Přírodní chladiva - povolena bez omezení	22
Tabulka 5: Seznam vybraných zákazníků	25
Tabulka 6: Seznam potenciálních míst	27
Tabulka 7: Počáteční řešení na základě matice vzdálenosti	46
Tabulka 8: Legenda	49
Tabulka 9: Počáteční řešení na základě časové matice	51
Tabulka 10: Návrh - Varianta 1 na základě matice vzdálenosti	55
Tabulka 11: Návrh - Varianta 1 na základě časové matice	59
Tabulka 12: Návrh - Varianta 2 na základě matice vzdálenosti	64
Tabulka 13: Návrh - Varianta 2 na základě časové matice	68
Tabulka 14: Návrh - Varianta 3 na základě matice vzdálenosti	72
Tabulka 15: Návrh - Varianta 3 na základě časové matice	76
Tabulka 16: Porovnání hodnoty kriteriální funkce	80
Tabulka 17: Porovnání ujeté vzdálenosti	82
Tabulka 18: Depo, rozměry a plochy skladů	84
Tabulka 19: Informace o skladech	84
Tabulka 20: Výpočet nákladů na obsluhu skladů	85
Tabulka 21: Celkové náklady pro první rok	86
Tabulka 22: Výnosy projektu	86
Tabulka 23: Doba návratnosti investice	88

Seznam příloh

Příloha 1: Výstup z programu – Varianta 1

Příloha 2: Výstup z programu – Varianta 2

Příloha 3: Výstup z programu – Varianta 3