Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství

Bakalářská práce

Analýza dopravních tras pro obchodní zástupce

Kateřina Dolejšová

Česká zemědělská univerzita v Praze | Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství | Akademický rok 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kateřina Dolejšová

obor Systémové inženýrství

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Analýza dopravních tras pro obchodní zástupce**

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Literární rešerše
4. Případová studie
5. Závěr
6. Seznam literatury
7. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

Jablonský, J.: Operační výzkum – kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování. Professional Publishing, Praha 2002, ISBN 80-86419-23-1

Gros, I. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Grada, Praha, 2003, ISBN 80-247-0421-8

Jakubíková, D. Marketing v cestovním ruchu. Grada, Praha, 2009, ISBN 978-80-247-3247-3

Novák, R. Nákladní doprava a zasílatelství. ASPI, Praha, 2005, 80-7357-086-6

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Houška, Ph.D.**

Termín odevzdání bakalářské práce: březen 2011

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE Provozně ekonomická fakulta

.... Vedoucí katedry

.... Děkan

V Praze dne: 19. 3. 2010

Evidováno děkanátem PEF pod č.j.: KSI-047-10B

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Analýza dopravních tras pro obchodního zástupce" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 1.4.2011 ___________________________

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce panu Ing. Milanu Houškovi za odborné konzultace a cenné rady, které mi v průběhu zpracování této práce poskytoval. Dále bych chtěla poděkovat obchodnímu zástupci firmy První novinová společnost a.s., který poskytl podkladová data pro tuto práci.

Analýza dopravních tras pro obchodního zástupce

Analysis of traffic routes for salesmen

Souhrn

Tato bakalářská práce analyzuje plán jízd, který v současné době využívá obchodní zástupce První novinové společnosti a.s. Základem je sestavení pracovního postupu pro vytvoření nového plánu dopravních tras. K řešení problému budou využity metody, jejichž popis je součástí práce. Získané řešení bude porovnáno se stávajícím a dle možností bude navrženo zlepšení dané situace a způsob, jak sestavenou metodiku aplikovat na podobné problémy.

Summary

This bachelor thesis analysis plan of travel routes, which is currently being used by salesman at První novinová společnost a.s. A fundamental of work is assembling and applying a methodic for drawing up a new travel plan. Methods, which will be used, are described later in this work. In the next step, new solution will be compared to the actual, which might be possibly improved to better fit current situation. Last part shows the way to apply the method in similar situations.

Klíčová slova: operační výzkum, víceokruhový dopravní problém, problém obchodního cestujícího, NP-úplné problémy, Mayerova metoda, metoda větví a mezí, minimální Hamiltonova kružnice

Keywords: operation research, multiple-tours travelling salesman problem, travelling salesman problem, NP-complete problems, Mayer method, branch and bound method, minimal Hamilton circle

Obsah

1 Úvod

Cestování z jednoho místa na jiné je spjato s člověkem odjakživa. Ať už jde o cesty nutné, zajišťující základní lidské potřeby, cesty ve volném čase, nebo například cesty v rámci prodeje zboží či služeb, člověk je často nucen se rozhodovat o volbě konkrétní trasy. Některé cesty se pro určitého člověka v průběhu času často opakují. V takových případech je obvyklá zvýšená snaha o zvolení co nejkratší trasy a to ze zřejmého důvodu, aby opakovaně nedocházelo ke zbytečným ztrátám času.

Speciální případ volby trasy nastává, když není potřeba pouze přemístit se z jednoho místa na druhé, ale je nutné postupně navštívit několik různých míst a vrátit se do výchozího místa. S touto situací se člověk setkává v moderní společnosti s rozvinutým sektorem služeb velmi často. Například v případě rozvozu jakýchkoli výrobků od jednoho dodavatele k několika odběratelům. Rozvoz může být u některých komodit nutný velmi často, například u pekárenských výrobků nebo denního tisku. V tomto případě bývají opět kladeny velké nároky na racionalitu volby trasy pro tyto opakující se okružní jízdy.

V praxi se pro řešení takových problému používají ekonomicko-matematické metody, které jsou zejména při složitějších problémech velmi důležité. Pokud by totiž byl například plán okružní jízdy sestaven pouze intuitivně, mohlo by u většího počtu míst dojít k tomu, že by řešení bylo mnohem horší než při použití nějaké ekonomicko-matematické metody. Zejména při častém opakování jízdy by pak docházelo ke stálému zvyšování nákladů a časové náročnosti na zajištění okružních jízd. Hlavním významem těchto metod je tedy v úspoře času a peněz a jejich důležitost je podtržena velkým množstvím situací, které nastávají v běžném životě a vedou k formulaci těchto problémů.

Některé ekonomicko-matematické metody pro řešení dopravních problémů budou použity pro sestavení plánu jízd obchodního zástupce První novinové společnosti a.s., který poskytl reálná data pro tuto práci. K dispozici je seznam míst, která obchodní zástupce navštěvuje, požadavky na periodicitu návštěv a požadavky na počty návštěv v jednotlivých pracovních dnech a týdnech. Téma práce a jeho praktická aplikace je v souladu s oborem systémové inženýrství.

2 Cíl práce a metodika

Prvním cílem práce je prověřit racionalitu současného plánu jízd, který obchodní zástupce využívá. Bude sestaven nový plán a výsledek bude porovnán se současným řešením. Pokud bude nalezeno zlepšení, bude to znamenat možnost opakované časové úspory, protože nynější plán je využíván dlouhodobě.

Dalším cílem je najít způsob, jak sestavenou metodiku pro tento problém aplikovat na podobné problémy. Toho by mohlo být využito v případě, že by se požadavky na plán obchodního zástupce změnily a nebylo by již možné využívat původní plán.

Nejprve budou v teoretické části popsány základní pojmy, principy a metody důležité pro řešení daného problému. V praktické části bude problém specifikován a vyřešen pomocí popsaných metod. Podkladem pro případovou studii budou reálná data získaná od obchodního zástupce První novinové společnosti a.s.

Sestavování nového plánu bude probíhat ve třech krocích. Nejprve budou místa rozdělena do okruhů, které reprezentují čtyři opakující se pracovní týdny. Při tomto postupu budou respektovány požadavky na periodicitu návštěv. Ve druhé fázi budou v rámci týdnů rozdělena do jednotlivých dnů. Oba předchozí kroky budou řešeny pomocí Mayerovy metody, jejíž použití bude upraveno pro tento konkrétní případ. V poslední fázi budou místa seřazena v rámci dnů použitím metody větví a mezí. Výpočet této metody proběhne pomocí programu TSPKOSA, který byl vytvořen v programovacím jazyku Microsoft Visual Basic 6.5.

3 Literární rešerše

3.1 Operační výzkum

Operační výzkum neboli operační analýzu lze podle Jablonského (2002, s. 9) charakterizovat jako vědní obor nebo lépe jako souhrn víceméně samostatných vědních oborů, které se zabývají zkoumáním celé řady různorodých rozhodovacích problémů. Základním principem je výzkum operací v systémech, tedy jejich analýza a uvádění do vzájemného souladu. Cílem metod operačního výzkumu je přinášet informace o systému a určit úroveň operací a jejich vzájemný vztah tak, aby byl systém uveden do stavu co nejefektivnějšího fungování, přičemž je brán ohled na stanovená kritéria.

Vznik operačního výzkumu jako samostatné vědní disciplíny není v podstatě možné přiřadit ke konkrétnímu datu. Počátky jeho zrodu sahají do 30. a 40. let minulého století. V této době byly první poznatky z operačního výzkumu spojeny například se jmény jako George Bernard Dantzig a Leonid Kantorovich, nositel Nobelovy ceny za ekonomii. Další rozvoj této disciplíny probíhal během druhé světové války z důvodu potřeby řešit složité strategické a taktické problémy. (Jablonský, 2002, s. 9). V roce 1937 byl ve Velké Británii zkoumán systém správného nasazení radarů v protiletecké obraně. Tato studie patřila k prvním v oblasti operačního výzkumu. Později vznikla první skupina operačního výzkumu, a to v roce 1939 v rámci Královského letectva. V poválečném období zažil operační výzkum svůj největší vývoj, který byl spjat s rozvojem výpočetní techniky. Operační výzkum postupně pronikal do civilního průmyslu i do dalších oblastí. (Brožová, Houška, 2008, s. 10).

Jedním ze základních principů operačního výzkumu je používání matematických modelů, kterých v současné době existuje celá řada, a stále vznikají nové. Povaha těchto modelů je různá, ale základní princip zůstává stejný. Výsledným uspořádáním je matematické schéma, například soustava rovnic a funkcí. Modely operační analýzy musí jasně popisovat všechny významné faktory dané situace, aby bylo možné zkoumat všechny důležité vazby mezi prvky daného systému. Mezi klasické modely operačního výzkumu patří například optimalizační modely, simulační modely, stochastické modely, modely strukturální analýzy, modely plánování a řízení projektů, teorie rozhodování a teorie her a také distribuční a dopravní modely, jejichž velká část je založena na optimalizačních modelech a na prostředcích teorie grafů (Brožová, Houška, 2008, s. 11).

3.2 Vybrané pojmy z teorie grafů

„Grafem budeme rozumět takové útvary, které lze v rovině znázornit pomocí bodů a spojnic mezi nimi. Tyto body budeme označovat jako uzly. Spojnice mezi jednotlivými uzly jsou potom hrany grafu“ (Jablonský, 2002, s. 169). „Graf G je uspořádaná dvojice (V, E), kde V je neprázdná množina vrcholů a E je množina dvouprvkových podmnožin množiny V, zvaných hrany“ (Fronček, 1999, s. 7).

„U hran orientovaných rozlišujeme počáteční a koncový vrchol a říkáme, že hrana vede z počátečního do koncového vrcholu. Neorientované hrany chápeme jako symetrické spojení dvou vrcholů. Orientovaný graf má všechny hrany orientované, neorientovaný graf neorientované“ (Demel, 2002, s. 11).

„Sled v neorientovaném grafu G je posloupnost vrcholů $v_0, \ldots v_k$, kde pro každé v_i a v_{i+1} existuje hrana $\{v_i, v_{i+1}\}$ pro $i = 1, 2, \ldots, k$. Jestliže se ve sledu žádný vrchol neopakuje, pak se nazývá cesta“ (Brožová, Houška, 2008, s. 147).

„Sled, který má alespoň jednu hranu a jehož počáteční a koncový vrchol splývají, nazýváme uzavřeným sledem. Uzavřená cesta je uzavřený sled, v němž se neopakují vrcholy (kromě toho že $v_0 = v_k$) a navíc se neopakují ani hrany. Kružnice je neorientovaná uzavřená cesta, cyklus je orientovaná uzavřená cesta. Platí, že cyklus je zároveň i kružnicí, ale naopak to neplatí“ (Demel, 2002, s. 19-20).

„Orientovanou cestou v grafu se rozumí cesta v orientovaném grafu, která respektuje orientaci hran. Hraně nebo uzlu lze přiřadit jednu či více charakteristik. Graf, ve kterém jsou všechny hrany (uzly) ohodnocené budeme označovat jako hranově (uzlově) ohodnocený graf.“ (Jablonský, 2002, s. 170-171).

„Kořenový strom je orientovaný graf, v němž existuje význačný vrchol r, tzv. kořen takový, že do kořene nevede žádná hrana. Do každého jiného vrcholu vede přesně jedna hrana a navíc jsou všechny vrcholy z kořene r orientovaně dostupné“ (Demel, 2002, s. 21).

„Hamiltonovskou kružnici a Hamiltonovský cyklus definujeme jako kružnici nebo cyklus procházející přes všechny vrcholy grafu.“ (Demel, 2002, s. 197).

3.3 NP-úplné problémy

Optimální řešení některých složitějších problémů operačního výzkumu nelze v reálném čase najít ani s pomocí nejrychlejších počítačů, protože neexistuje algoritmus, který by nalezl optimální řešení dostatečně rychle a efektivně. Většina takových problémů patří do skupiny tzv. NP-úplných problémů. Při jejich řešení je nutné prozkoumat všechny možnosti řešení, nebo takový jejich počet, který se blíží počtu všech možností. Pokud počet vstupních údajů je *n*, pak takového počtu možností lze docílit jen exponenciální funkcí podle počtu vstupních údajů *n*. Například pokud je nutné určit všechny permutace dané množiny, je nutné provést *n*! kroků. Mezi nejznámější NP-úplné problémy patří například problém obchodního cestujícího (Hanuš, 1992, s. 10-11).

Přesné matematické optimum nelze u takovýchto problému efektivně najít z toho důvodu, že počet omezujících podmínek roste velmi rychle s počtem vstupních údajů. Doba, která je pak potřebná na výpočet, by již u středně velkých úloh byla nesrovnatelně delší než např. délka lidského života. Řešení, která lze získat pomocí některých aproximačních metod vyvinutých pro tyto problémy, je možné přijmout jako ekonomické optimum (Brožová a kol., 2007, s. 37).

Heuristické algoritmy pro řešení NP-úplných úloh bývají poměrně rychlé, ale není zaručeno nalezení optimálního řešení nebo nemusí být nalezeno žádné přípustné řešení, i když existuje. Pro problémy s malým množstvím vstupních údajů lze použít tzv. „metodu hrubé síly“, což znamená projít všechny možnosti, které přicházejí v úvahu a vybrat z nich tu nejlepší. Pro některé úlohy lze použít metody, které nezkoumají všechny možnosti, protože vylučují ta přípustná řešení, která nemohou být optimální. Díky tomu naleznou tyto metody řešení výrazně rychleji, než kdyby skutečně zkoumaly úplně všechny možnosti. Příkladem je metoda větví a mezí (Demel, 2002, s. 189).

3.4 Okružní dopravní problém (ODP)

V běžném životě se například podle Grose (2003, s. 118) často vyskytují případy, které vedou k formulaci tzv. okružních dopravních úloh. Například při rozvozu výrobků k odběratelům je nutné absolvovat uzavřenou okružní cestu mezi jednotlivými odběratelskými místy a vrátit se zpět do výchozího místa. Je zřejmé, že řešením tohoto problému bude nalezení takového pořadí obsluhovaných míst, které bude mít minimální přepravní náklady a zároveň zajistí dodání požadovaného objemu výrobků.

Tento problém bývá v literatuře označován jako problém obchodního cestujícího nebo problém listonoše. Pro výpočet musí být známa konečná množina míst, které má obchodní cestující navštívit a sazby udávající hodnotu spojení pro každou dvojici z množiny míst. Cílem řešení je najít takové pořadí těchto míst, které bude mít minimální součet sazeb zařazených spojení a zároveň bude do tohoto sledu každé místo zařazeno právě jednou s výjimkou prvního, které bude zařazeno znovu jako poslední, čímž dojde k uzavření okruhu. Sazbami úlohy může být například vzdálenost v km mezi danými dvěma místy, nebo náklady na cestu z jednoho místa do druhého. Pokud má obchodní cestující navštívit n míst, pak vzdálenost mezi i-tým a j-tým místem je c_{ij}, i, j=1,2,…, n. To, že každé místo musí být ve výsledné posloupnosti zařazeno jen jednou, neznamená, že se tímto místem skutečně smí projet jen jednou. Mezi každými dvěma místy nemusí nutně existovat unikátní spojení, což může být zapříčiněno například odbočkami na koncová místa (Havlíček, Získal, 2010, s. 66).

Pro označení, zda se z místa i do místa j koná cesta, se používají bivalentní proměnné x_{ij}, i=1,2,…, n. Pokud má tato proměnná hodnotu 1 znamená to, že mezi místy je cesta v rámci zvoleného okruhu a naopak, pokud x_{ij}=0, toto spojení nebylo do okruhu zařazeno. Všechna místa musí být zařazena do jednoho jediného okruhu. Aby bylo zajištěno, že nevznikne několik dílčích nezávislých okruhů, zařazuje se do matematického modelu problému podmínka:

$$\delta_i - \delta_j + nx \leq n - 1, \qquad i, j = 2, 3, \dots, n,$$

kde proměnné δ_i a δ_j nabývají libovolných hodnot (Jablonský, 2002, s. 112-113).

Poprvé tento problém definoval Karl Manger na matematickém kolokviu ve Vídni v roce 1930. Okružní dopravní problém je konečný kombinatorický problém, takže se dá teoreticky řešit úplnou enumerací. Prakticky ale téměř není možné porovnat všechny existující možnosti. Problém sice je konečný, ale například již při počtu míst *n*=20 je celkový počet všech možných kombinací tak vysoký, že pokud by výpočet této úlohy úplnou enumerací prováděl počítač s operační rychlostí 1 mil. operací za sekundu, trval by tento výpočet zhruba 77 tisíc let. R. M. Karp ukázal, že problém obchodního cestujícího patří do skupiny NP-úplných problémů, tedy že není znám efektivní algoritmus, který vede k nalezení optimálního řešení. (Hanuš, 1992, s. 58). Řešení problému obchodního cestujícího by v praxi nemělo znamenat spokojit se s jakýmkoli řešením získaným aproximačními metodami, ale zkusit najít co nejlepší řešení v čase, který je k dispozici. Když nemůže být určeno řešení optimální, je pomocí některých metod možné získat řešení s odhadem přesnosti vzhledem k optimálnímu řešení (Reinhelt, 1994, s. 200).

3.4.1 Matematický model ODP

Minimalizovat:

$$z = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} \, x_{ij}$$

za podmínek:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1, \qquad i = 1, 2, \dots, n,$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1, \qquad j = 1, 2, \dots, n,$$

$$\delta_i - \delta_j + nx \leq n - 1, \qquad i, j = 2, 3, \dots, n,$$

$$x_{ij} = 0, (1), \qquad i, j = 1, 2, \dots, n$$

(Jablonský, 2002, s. 113).

3.4.2 Řešení ODP z pohledu teorie grafů

„Mnoho reálných systémů je možné znázornit ve formě grafů, které jsou tvořeny uzly a hranami. Takový graf může znázorňovat například distribuční síť. Uzly grafu v takové síti mohou být reprezentovány jako distribuční centra, hrany potom jako spojnice mezi nimi. Grafická reprezentace reálného systému je velmi názorná a srozumitelná i pro neodborníky v matematickém modelování, což přispívá k tomu, že jsou modely tohoto typu aplikovány poměrně často“ (Jablonský, 2002, s. 169).

Okružní dopravní problém lze formulovat pomocí teorie grafů takto: vrcholy (uzly) grafu představují místa, která mají být obchodním cestujícím navštívena a ohodnocené hrany reprezentují sazbu příslušného spojení. Důležitou charakteristikou problému je úplnost či neúplnost sítí cest. Pokud existuje přímé spojení mezi každými dvěma místy úlohy, jedná se o problém s úplnou sítí cest. Naopak problém s neúplnou sítí cest je případ, kdy pro některou dvojici míst přímé spojení neexistuje, protože nesmí nebo nemůže být realizováno (Brožová, Houška, 2008, s. 156).

V rovinném grafu, který reprezentuje problém obchodního cestujícího je pro nalezení řešení nutné najít kružnici, která prochází právě jednou každým uzlem a má ze všech takových kružnic nejmenší součet ohodnocení zařazených hran. V řeči teorie grafů je tedy řešením ODP minimální Hamiltonovská kružnice (Svoboda, 2004, s. 50-51).

Podle Demela (2002, s. 198-206) se také často mluví orientované variantě problému obchodního cestujícího. Pak se hledá nejkratší Hamiltonovský cyklus v úplném orientovaném grafu. Tento cyklus lze najít například pomocí metody větví a mezí.

„Problém obchodního cestujícího lze asi nejjednodušeji řešit takzvanou metodou hrubé síly, tedy jednoduchým, ale pracným vyzkoušením všech přípustných řešení, tj. všech permutací vrcholů. Pro každou permutaci vypočteme délku odpovídající Hamiltonovské kružnice a vybereme z nich nejkratší. Počet přípustných řešení však roste jako faktoriál počtu vrcholů, proto přidání i jediného vrcholu prodlouží výpočet mnohonásobně“ (Demel, 2002, s 203-204).

3.4.3 Metoda nejbližšího souseda

Metoda nejbližšího souseda je aproximační metoda patřící do skupiny tzv. hladových metod, které během sestavování okruhu zařazují v danou chvíli vždy ten nejvýhodnější prvek. Část okruhu, která je již sestavena se nemění a zařazují se opět další nejvíce výhodná místa. Tyto metody poskytují řešení velice rychle a kromě toho i s poměrně velkou přesností. Například pro problémy, které mají symetrickou matici sazeb a zároveň splňují trojúhelníkové pravidlo (přímá vzdálenost mezi dvěma místy není ani v jednom případě delší než trasa přes nějaké další místo), poskytuje většina z hladových metod řešení takové, které má hodnotu účelové funkce maximálně dvakrát větší než je matematické optimum. Metoda nejbližšího souseda tvoří výjimku ve své skupině, díky čemuž je použitelná i pro problémy s nesymetrickou maticí sazeb, ale není zaručená uvedená přesnost (Kučera, 1999).

Princip metody nejbližšího souseda je jednoduchý. Obchodní cestující začíná v nějakém městě a jako další navštíví město, které je nejblíže tomu počátečnímu. Odtud pokračuje opět do dalšího nejbližšího města, které ještě nebylo navštíveno atd., dokud nejsou navštívena všechna města. Pak se obchodní cestující vrací do města, ve kterém začal (Reinhelt, 1994, s. 73).

Při tomto postupu je výsledek závislý na tom, které místo bylo zvoleno jako výchozí. Proto se obvykle celý proces několikrát opakuje s různými výchozími místy a vybere se to řešení, které vykazuje nejlepší výsledek (Hanuš, 1992, s. 59).

3.4.4 Vogelova aproximační metoda (VAM)

Tato metoda využívá předpokladu, že pro zařazení určitého spojení do okruhu není nejdůležitější absolutní výše sazby, ale relativní výhodnost této sazby vzhledem k možnému zhoršení řešení, pokud bude muset být využito až druhé nejvýhodnější spojení. Tato relativní výhodnost se určuje pomocí řádkových a sloupcových diferencí, které jsou rozdílem mezi nejvýhodnější a druhou nejvýhodnější sazbou v dané řadě. Ze všech diferencí se vybere ta největší a v odpovídajícím řádku nebo sloupci se obsadí nejvýhodnější spojení. V matici sazeb se posléze vyškrtne řádek i sloupec, ve kterém se zařazované spojení nachází. Dále je nutné vyloučit spojení, která by okruh uzavřela dříve, než by byla zařazena všechna místa. V dalším kroku se přepočtou diference a postupuje se stejným způsobem, dokud není okruh kompletní. Pokud se při volbě řady vyskytne několik stejných maximálních diferencí, obsazuje se to spojení, které má nejvýhodnější sazbu z hlediska všech polí v matici, tzv. sedlové pole. Pokud takových spojení existuje více, vybírá se to, pro které je součet řádkové a sloupcové diference nejvyšší. V případě, že ani toto pravidlo jednoznačně neurčí, které pole má být zařazeno do okruhu, určují se druhé diference. Druhé diference jsou rozdílem mezi druhou nejvýhodnější sazbou v řadě s nejvyšší první diferencí a nejvýhodnější sazbou v kolmé řadě, která prochází uvažovanou druhou nejvýhodnější sazbou. Do okruhu se zařadí spojení s nejvýhodnější sazbou v řádku nebo sloupci, kde je druhá diference nejvyšší (Brožová, Houška, 2008, s. 134-158).

3.4.5 Habrova metoda absolutních výhodností

Tato přibližná metoda vybírá do okruhu spojení, která jsou co nejvýhodnější v porovnání ke všem ostatním spojením. Určit tuto výhodnost umožňují tzv. Habrovy frekvence, které se vypočtou pro všechna spojení existující v dopravní síti. Jako první je zařazeno spojení s nejvýhodnější frekvencí a následně navazující spojení s nejvýhodnější frekvencí, čímž je vytvořen první úsek okruhu. Tento postup se opakuje, až dojde k vytvoření celého okruhu (Havlíček, Získal, 2010, s. 70).

3.4.6 Metoda větví a mezí

Požadavek, aby byla všechna místa zahrnuta do jednoho celistvého okruhu, komplikuje hledání optimálního řešení problému obchodního cestujícího. Dlouhou dobu nebyl znám žádný zaručený algoritmus, který by alespoň pro menší úlohy vedl k jeho nalezení optimální hodnoty účelové funkce. Až Littleův algoritmus uvádí postup založený na metodě větví a mezí neboli větví a hranic (Hanuš, Píšek, 1996, s. 61). Principem této metody je dělení množiny, která obsahujíce všechna přípustná řešení, na stále menší podmnožiny. Pro každou z těchto podmnožin se určuje hranice minimální dosažitelné délky cyklu. Řešením problému je nalezení cyklu s nejmenší hodnotou spojení rovné nejnižší určené hranici (Brožová, Houška, 2008, s. 159).

„Množinu přípustných řešení úlohy U označme symbolem $Př(U)$. Mějme optimalizační úlohu U s účelovou funkcí f. Úlohu U můžeme řešit tak, že vytvoříme úlohy $U_1, \dots U_n$ se stejnou účelovou funkcí takové, že

$$Př(U) = Př(U_1) \cup \dots \cup Př(U_n).$$

Optimální řešení úlohy U pak lze získat tak, že vybereme nejlepší ze všech optimálních řešení podúloh $U_1, \dots U_n$. Nalezení optimálního řešení je snadné, pokud pro každou podúlohu U_i:

1. buď najdeme optimální řešení U_i,

2. nebo prokážeme, že úloha U_i nemá žádné přípustné řešení,

3. nebo prokážeme, že řešení úlohy U_i není lepší než nějaké v té době již známé přípustné řešení úlohy U." (Demel, 2002, s. 191).

„Při vylučování podmnožin přípustných řešení se využívá skutečnosti, že hodnota účelové funkce kteréhokoli přípustného řešení je při minimalizaci horním odhadem hodnoty účelové funkce optimálního řešení. Máme-li k dispozici přípustné řešení, můžeme z dalšího zpracování vylučovat všechny podmnožiny, jejichž odhady hodnot účelové funkce dosáhnou hodnoty účelové funkce již známého řešení. Výpočet končí vyhledáním optimálního řešení" (Daněk, Teichmann, 2005, s. 129).

Postup řešení lze znázornit na grafu typu strom. Podúlohy U_i úlohy U přitom pokládáme za vrcholy kořenového stromu. Kořenem stromu je úloha U. Hrany vedou od větvených úloh k jejich podúlohám. Pokud je podúloha rozvětvena, její list zaniká a vzniká několik nových listů. Listy grafu reprezentující podúlohy se dělí na tzv. „mrtvé" a „živé". Mrtvé podúlohy jsou vyloučeny z dalších úvah, protože buď nemají přípustné řešení, nebo bylo nalezeno jejich optimální řešení, nebo je již známo nějaké lepší řešení původní úlohy U. Splněním jedné z těchto podmínek se každý živý list stává mrtvým. Výpočet končí ve chvíli, kdy jsou všechny listy mrtvé a je nalezeno nejlepší možné řešení (Demel, 2002, s. 192).

3.5 Víceokruhový dopravní problém

„Rozšíření klasického jednookruhového problému o podmínky, které způsobí, že jeden okruh nestačí, se nazývá víceokruhový problém. Nejčastěji jde o podmínku kapacitní. Každé místo má jistý požadavek na kapacitu okruhu a je zadána celková kapacita jednotlivých okruhů. Pokud součet požadavků kapacit jednotlivých míst přesáhne kapacitu jednoho okruhu, nutně musí být vytvořeno okruhů více“ (Ghaliová, 2010, s. 3).

3.5.1 Mayerova metoda

Jedním ze způsobů, jak vybrat místa pro jednotlivé okruhy, je metoda sestavení okružních jízd výběrem minimálních prvků, neboli Mayerova metoda. Tato přibližná metoda je vhodná pro problémy s úplnou sítí cest, které řeší sestavení svozných, nebo rozvozních plánů pro období několika dnů. Vychází ze symetrické matice sazeb, ve které jsou místa obvykle seřazena podle vzdálenosti od místa centrálního svozu. Nejvzdálenější místo se uvádí jako první, centrum úlohy jako poslední. Problém se řeší ve dvou krocích. Prvním krokem je výběr míst pro jednotlivé okružní trasy. Jako první je vždy vybráno místo nejvzdálenější od centra. Dále se pak vybírají místa, která jsou nejblíže všem již zařazeným v daném okruhu. Po každém výběru nového místa probíhá součet přepravních požadavků zařazených míst a jeho porovnání s kapacitou vozidla. Pokud je součet přepravních požadavků menší než kapacita, pokračuje se výběrem dalšího místa podle nejmenší vzdálenosti k již zařazeným místům. Pokud je kapacita naplněna, pokračuje se výběrem míst pro další okruh. Jako první místo bude zvoleno opět nejvzdálenější místo, které zatím nebylo vybráno. V dalším kroku se provádí řazení míst v jednotlivých trasách. Jsou při tom využívány intuitivní znalosti člověka např. o rozložení vlastností cestní sítě (Havlíček, Získal, 2010, s. 68). Pořadí míst v jednotlivých okruzích může být získáno také použitím některé z metod pro jednookruhový problém (Brožová a kol., 2007, s. 38).

3.6 Přehled souvisejících prací

Témata jako problém obchodního cestujícího nebo i víceokruhový dopravní problém jsou při zpracování bakalářských a diplomových prací poměrně oblíbená. Například Honsová (2006) se ve své práci zabývá řešením dopravních problémů v rámci firmy LC Union s.r.o. Tato firma se zabývá prádelenskou a čistírenskou činností. Součástí služeb firmy je také rozvoz prádla jednotlivým zákazníkům. Doprava probíhá prostřednictvím nákladních automobilů a vozů typu pick-up v oblasti západních, středních a jižních Čech. Podklady pro práci byly získány přímo od firemních zaměstnanců. Nejprve byl řešen víceokruhový dopravní problém s úplnou sítí cest pomocí Mayerovy metody. Dále byla místa v rámci jednotlivých okruhů seřazena. K tomuto účelu byla použita metoda nejbližšího souseda, VAM a program QSB. Z výsledků těchto třech metod byly vybrány trasy s nejmenším počtem najetých kilometrů. Práce obsahuje řešení problému formulovaného pro jeden pracovní den. V rámci tohoto dne má být navštíveno celkem 18 míst se zadanými požadavky na počet klecí s prádlem. Místa byla v první fázi rozdělena do čtyř okruhů, v rámci nichž byla následně seřazena. Výsledky získané použitými metodami byly následně zkonzultovány s vedoucím oddělení dopravy a změněny tak, aby byly skutečně použitelné v praxi.

Problém obchodního cestujícího ve své práci řeší také Patočka (2007). Podkladová data se týkají firmy Karlovarské minerální vody a.s. se sídlem v Karlových Varech. Toto město je zároveň centrálním místem ODP. Cílem práce bylo snížení nákladů pomocí ekonomicko-matematických metod. Pro účely práce byl použit modelový příklad, protože reálné trasy, které musí být každý den obslouženy, se mění. Dále bylo pro tuto část práce uvažováno, že kapacita obsluhujícího vozidla je dostačující a v průběhu výpočtů tedy nebyla dále zohledňována. Pro seřazení celkem 9 odběrových míst byla použita metoda nejbližšího souseda a VAM s tím, že jako definitivní výsledek bude opět vybráno nejlepší z dosažených řešení. Metoda nejbližšího souseda byla aplikována opakovaně, každé z odběratelských míst bylo jednou použito jako místo výchozí. Přestože u metody nejbližšího souseda existuje nebezpečí, že jako poslední bude zařazena vysoká sazba, bylo touto metodou dosaženo lepšího výsledku než VAM. V další části práce byly jednotlivým odběratelským místům přiřazeny požadavky a uvažována byla také omezená kapacita vozidel. Pro řešení tohoto rozšířeného problému byla použita Mayerova metoda, pomocí které byly vytvořeny 2 okruhy.

Pozděna (2004) se ve své práci zabývá analýzou tras expresní zásilkové firmy DHL. Tato firma nabízí především kurýrní služby. Systém rozvozu zásilek je založen na rozdělení obsluhovaných oblastí do zón (routů), připadajících jednotlivým kurýrům. Česká republika je rozdělena na území s centrálními pobočkami, které tyto zóny spravují. V práci je řešen víceokruhový dopravní problém na úrovni routů, což jsou poslední články logistického řetězce společnosti DHL. Kurýr vyjíždí z pobočky na konkrétní route a po dokončení všech svých zakázek se vrací. Konkrétně je v práci řešena analýza rozvozu a svozu v oblasti obsluhované pobočkou Prague airport, část country. Jedná se o okolí Prahy západně od Vltavy, které zahrnuje tři routy. Na základě konzultace s kurýry bylo pro modelový příklad určeno 20 míst, která jsou navštěvována často. Jsou to velká města nebo sídla důležitých zákazníků. Kurýři jezdí obvykle dvakrát za den okruh obsahující stejná místa, přičemž odpoledne doručují menší počet zásilek. Na dopolední okruh mají přibližně 5 hodin, na odpolední 3 hodiny. Pro účely práce byla přijata časová kapacita jednoho okruhu 300 minut, což odpovídá dopolednímu okruhu. K položkám v matici sazeb, které reprezentují čas potřebný k jízdě do uzlu, byla přičtena doba v něm strávená. Města, ve kterých kurýři tráví hodně času, se tím „vzdálila" od všech ostatních a došlo tak k rozšíření sítě. Při výpočtech nebyla brána v úvahu kapacita vozidel, protože objemné a těžké zásilky se přepravují jiným způsobem. Nejdříve byl tento problém řešen metodou nejbližšího souseda modifikovanou na víceokruhový dopravní problém. Jako první byl do okruhu vždy zařazen uzel nejvzdálenější od centra a pak uzel k němu nejbližší. Následně byly zařazovány vždy nejbližší uzly k poslednímu zařazenému, dokud součet sazeb uzlů nedosáhl 300 minut. Další okruhy byly tvořeny ze zatím nezařazených uzlů. Aby bylo zamezeno předčasnému zacyklení trasy, při zařazení uzlu byl vyškrtnut řádek města, ze kterého se do daného uzlu vyjíždí a sloupec zařazeného uzlu. Tímto způsobem byly vytvořeny 3 okruhy, přičemž celková doba na jejich obsluhu je 960 minut. Dalším způsobem řešení problému byla kombinace Mayerovy a Vogelovy metody. Při výběru míst do okruhů Mayerovou metodou byla uvažována kapacita okruhu 240 minut, protože výsledné pořadí míst může být jiné a spojení může být delší. Následně byla použita Vogelova metoda pro tvorbu jednotlivých okružních jízd. Vznikly tak 4 okruhu s celkovou dobou potřebnou na obsluhu 916 minut, ale pobočka má k dispozici pouze 3 kurýry, takže jeden okruh musel být rozložen. K tomuto účelu byl vybrán poslední vytvořený okruh, protože obsahoval nejméně míst a při jeho tvorbě zbývala na zařazení méně výhodná spojení, což vyplývá z principu Mayerovy metody. Tímto byly vytvořeny 3 požadované okruhy a doba na jejich obsluhu je 833 minut. Lepšího výsledku bylo tedy dosaženo kombinací Mayerovy metody a VAM.

4 Případová studie

4.1 Popis rozhodovací situace

4.1.1 Charakteristika firmy

Firma, v rámci které je problém řešen, je První novinová společnost a.s. (PNS a.s.). Je to moderní, dynamická firma evropské úrovně, která zastřešuje holding PNS – jedničku na českém trhu distribuce tisku do prodejní sítě. Mateřská společnost PNS a.s. má po fúzi k 1. prosinci 2005 tři dceřiné společnosti – PNS Grosso s.r.o., "R.E.T. s.r.o." a Maloobchodní prodej tisku, s.r.o. V roce 2008 vznikla další dceřiná společnost s názvem PNS Projektová s.r.o. Hlavním předmětem činnosti firmy je distribuce tisku. Na prodejní místa po celé republice zajišťuje dodávky periodického i neperiodického tisku, celostátních i regionálních deníků, časopisů, elektronických médií a dalšího odborného sortimentu od více než 450 dodavatelů. Od roku 2004 má PNS a.s. své stabilní místo mezi sty nejvýznamnějšími společnostmi České republiky (dle hodnocení Czech TOP100). V roce 2007 se také stala členem Distripressu - mezinárodní neziskové organizace, jejímž cílem je podporovat rozvoj nezávislé distribuce tisku na celém světě. Distribuované produkty plní významnou úlohu v procesu informovanosti a utváření názorů společnosti a napomáhají dynamickému hospodářskému i kulturnímu vývoji. Činnost firmy je důležitým dílčím procesem na cestě mezi vydavatelem a čtenářem, který je nutno uspořádat tak, aby tisk mohl naplňovat svoji informační funkci. Proto se také firma nesoustřeďuje jen na lukrativní prodejní místa, ale zajišťuje dostupnost tisku pro všechny občany. [1]

4.1.2 Účast akcionářů

Největší podíl vlastnictví má firma Ringier Axel Springer Media AG, která vlastní 27,02% akcií. Vydavatelství Ringier ČR, patřící pod švýcarsko-německý mediální koncern Ringier Axel Springer Media AG a je s více než 3,7 miliony čtenářů největším vydavatelem periodického tisku v České republice. Do portfolia tohoto vydavatelství patří náš nejčtenější deník Blesk,dále deníky Aha! a Sport a časopisy Reflex, ABC, Blesk pro ženy, Blesk zdraví, Blesk Křížovky a Blesk Hobby. Dalším akcionářem PNS a.s. je MAFRA, a.s. s podílem 26,27%. Do portfolia mediální skupiny MAFRA a.s., jejímž

---

[1] *Pns.cz : Distribuce tisku po celé ČR* [online]. c2011 [cit. 2011-02-21]. O PNS. Dostupné z WWW: <http://www.pns.cz/o-pns>.

majoritním vlastníkem je německý holding Rheinisch-Bergische Druckerei - und Verlagsgesellschaft mbH, patří mimo jiné deníky Mladá fronta DNES a Lidové noviny. Firma HKM Beteiligungs GmbH, která je na našem trhu reprezentován vydavatelem regionálních deníků v České republice – „Deník…“ (VLTAVA-LABE-PRESS, a.s.), má podíl vlastnictví 26%. Bauer Media, v.o.s., vydávající zejména tituly společenské, jako například Rytmus života, Pestrý svět atd., se do portfolia akcionářů zařazuje svými 11,24%. Jedná se o dceřinou společnost významného německého vydavatelství HEINRICH BAUER VERLAGSGRUPPE. S podílem na vlastnictví akcií ve výši 9% se mezi akcionáře zařazuje také Sanoma Media Praha, s.r.o., která je součástí finské společnosti Sanoma. V České republice je Sanoma Media Praha, s.r.o. významným vydavatelem časopisů, reprezentovaným například tradičními tituly Vlasta, Týdeník Květy, National Geographic, Story apod. [2]

4.1.3 Obchodní zástupci

Jak již bylo řečeno, jednou z dceřiných společností PNS a.s je PNS Grosso s.r.o. se svými sedmi pobočkami. Jednou z nich, ve které je zaměstnán obchodní zástupce, jehož dopravní trasy tato práce analyzuje, je pobočka Ústí nad Labem-Všebořice. Tato pobočka obstarává distribuci tisku v Ústeckém kraji prostřednictvím svých deseti obchodních zástupců. Jejich oblast působnosti přibližně odpovídá území bývalých okresů.

Podle vnitropodnikového dokumentu získaného od obchodního zástupce PNS a.s. jsou obchodní zástupci přímými podřízenými manažerů prodeje, reprezentují a budují dobré jméno a image firmy a prosazují její obchodní politiku. Mají stanoven konkrétní okruh prodejen, o který v rámci svých povinností pečují. Každý měsíc by měl každý z obchodních zástupců navštívit minimálně 200 prodejních míst. Optimální počet návštěv je odlišný dle hustoty přidělených prodejen. Denně před odjezdem na odběrní místa provádí obchodní zástupce kontrolu kontaktů, pohledávek a plánování cest v informačním systému SAP prostřednictvím založení mimořádných návštěv. Pro naplánované návštěvy si obchodní zástupce vyzvedne založené kontakty z kontaktního centra prostřednictvím formuláře v SAPu „Plán návštěv s kontakty“. Obchodní zástupce denně zadává výsledky jednotlivých návštěv do informačního systému tak, aby nejpozději v pondělí měl manažer

[2] *Pns.cz : Distribuce tisku po celé ČR* [online]. c2011 [cit. 2011-02-21]. Akcionáři. Dostupné z WWW: <http://www.pns.cz/akcionari/>.

prodeje k dispozici „Hodnotící report“. V reportu jsou vyplněny výsledky všech naplánovaných návštěv, včetně zpracování návštěv neuskutečněných. Pro požadavky odběrních míst, které nemůže vyřešit obchodní zástupce sám, zakládá kontakt. Další jeho povinností je připravování podkladů pro sepisování obchodních smluv, tedy vyplňování formulářů, provádění jejich aktualizací a předávání do evidence. Obchodní zástupce prezentuje novinky a rozšíření sortimentu, přijímá a vyřizuje požadavky a poskytuje celkovou poradenskou činnost prodejním místům (např. školení nových odběratelů, poskytnutí vyplněných vzorů všech formulářů stávajícím nebo novým odběratelům atd.). Dále monitoruje provoz svěřených míst a informuje manažera prodeje o změnách oproti běžnému provozu – změna pracovní doby, sezónní výkyvy apod. Prezentuje marketingové aktivity a projekty svým odběratelům v rámci pravidelných návštěv odběrních míst. Obchodní zástupce zodpovídá za zvýši a strukturu pohledávek svěřených prodejních míst. Pravidelně předává stav pohledávek manažerovi prodeje, dále aktualizuje zákaznická data nebo předává jejich změny k aktualizaci manažerovi prodeje. Dále je jeho úkolem řešení konkrétních požadavků na odběrních místech plynoucích z kontaktního centra (přijatých kontaktů). Obchodní zástupce provádí vyúčtování pracovních cest v souladu s platnou metodikou PNS a.s.

4.2 Specifikace řešeného problému

Obchodní zástupce, jehož dopravní trasy tato práce analyzuje, v současné době využívá plán jízd, ve kterém se cyklicky opakují čtyři týdny. Toto opakování tras vyplývá z vlastností sortimentu, který firma distribuuje (periodický tisk vychází nejčastěji jako deníky, týdeníky, čtrnáctideníky, popřípadě měsíčníky). Současný plán jízd s jeho časovou náročností je uveden v příloze č. 1. Tento plán byl sestaven obchodním zástupcem intuitivně, bez použití ekonomicko-matematických metod, pouze podle zadaných požadavků. Jeho celková časová náročnost za čtyři pravidelně se opakující týdny je 1328,7 minut. V prvním a třetím týdnu je nutné navštívit vždy 26 odběratelských míst, přičemž na každý den od pondělí do čtvrtka připadá míst šest a na pátek pouze dvě místa, čímž je získán čas na administrativní práce prováděné v místě bydliště obchodního zástupce (v místě centrálního svozu dopravní úlohy). Ve druhém a čtvrtém týdnu je vždy navštěvováno 30 míst, takže na jeden pracovní den připadá šest míst. Adresa centra, odkud obchodní zástupce každý den vyjíždí, je Plešivecká 615/1, 412 01 Litoměřice. Počty navštívených míst v jednotlivých dnech musí být dodrženy, aby byl zachován časový prostor pro mimořádné návštěvy, které jsou obchodnímu zástupci zadávány podle požadavků z kontaktního centra společnosti prostřednictvím informačního systému SAP. Rozdělení míst v rámci dnů ani týdnů nemusí být zachováno, mimořádné návštěvy jsou přidělovány jednotlivým obchodním zástupcům podle aktuálního využívaného plánu, který si sestavují sami. Při vytváření plánu jízd musí však respektovat požadavek, že jednotlivá odběratelská místa je nutné navštěvovat buď každý týden, nebo po čtrnácti dnech, nebo jednou za měsíc (jednou během čtyřech opakujících se týdnů). Seznam adres všech navštěvovaných míst je uveden v tabulce 4-1.

Tabulka 4-1 Seznam odběratelských míst

Adresa	Periodicita v týdnech	Vzdálenost od centra v minutách	Označení odběratelského místa
Komenského 55, 472 01 Doksy	4	52	A
Nám. Republiky 190, 472 01 Doksy	2	51	B
Zámecká 186, 472 01 Doksy	2	51	C
Sokolská 924, 472 01 Doksy	2	51	D
Valdštejnská 187, 472 01 Doksy	4	50	E
Za Chlumem 750, 418 01 Bílina	2	47	F
Litoměřická 863, 418 01 Bílina	4	46	G
Seifertova 12, 418 01 Bílina	2	46	H
Sídliště Za Chlumem 822, 418 01 Bílina	2	46	I
Kyselská, 418 01 Bílina (Bílina Kyselka)	2	45	J
Bílinská 835, 418 01 Bílina	4	45	K
Mírové náměstí 10, 418 01 Bílina	2	45	L
Nábřeží 463, 418 01 Bílina	4	44	M
471 61 Jestřebí	4	44	N
Břežanská 13, 418 01 Bílina	2	44	O
5. Května 4, 418 01 Bílina	4	42	P
Obchodní 536, 411 08 Štětí	2	31	Q
Obchodní 663, 411 08 Štětí	2	31	R
Neklanova 1791, 413 01 Roudnice nad Labem	2	26	S
Náměstí 5. května 56, 410 02 Libochovice	2	27	T
Havlíčkova 307, 410 02 Libochovice	2	26	U
Špindlerova 803, 413 01 Roudnice nad Labem	2	25	V
Mírové náměstí 45, 411 45 Úštěk	4	21	W
Mírové náměstí 78, 411 45 Úštěk	2	21	X

Siřejovice 80, 410 02 Siřejovice	4	16	Y
8. května 13, 410 02 Lovosice	4	15	Z
Osvoboditelů 37, 410 02 Lovosice	2	15	AA
Terezínská 21, 410 02 Lovosice	4	14	AB
Terezínská 1120, 410 02 Lovosice	4	14	AC
Žižkova 28, 410 02 Lovosice	2	14	AD
Sebuzín 152, 403 02 Ústí nad Labem	2	12	AE
Želetická 32, 412 01 Litoměřice	4	6	AF
Želetická 2210/19, 412 01 Litoměřice	4	5	AG
Mírové náměstí 30, 412 01 Litoměřice	2	4	AH
Na Kocandě 35, 412 01 Litoměřice	2	4	AI
Mírové nám. 42, 412 01 Litoměřice	4	3	AJ
Stránského 35, 412 01 Litoměřice	4	2	AK
Novobranská 17, 412 01 Litoměřice	2	3	AL
Marie Majerové 20, 412 01 Litoměřice	2	2	AM
Pokratická 7, 412 01 Litoměřice	4	1	AN
Pokratická 73, 412 01 Litoměřice	4	1	AO
Masarykova 2, 412 01 Litoměřice	4	1	AP
Pokratická 16, 412 01 Litoměřice	4	0,9	AQ
Plešivecká 2, 412 01 Litoměřice	2	0,1	AR
Pivovarská 116, 418 01 Bílina	1	43	AS
Bílina 376, 418 01 Bílina	1	44	AT
Husovo nám. 711, 411 08 Štětí	1	29	AU
Alej 17. listopadu 2694, 413 01 Roudnice nad Labem	1	26	AV
Alej 17. listopadu 2692, 413 01 Roudnice nad Labem	1	26	AW
Hornická 2487, 413 01 Roudnice nad Labem	1	25	AX
Tovární 1173, 410 02 Lovosice	1	16	AY
Zámecká 1167, 410 02 Lovosice	1	15	AZ
8. května 9, 410 02 Lovosice	1	15	BA
M. Pomocné 38, 412 01 Litoměřice	1	6	BB
Na Kocandě 35, 412 01 Litoměřice	1	4	BC

V rámci analýzy dopravních tras bude prověřena racionalita plánu jízd a bude zjištěno, zda je možné stávající plán zlepšit a uspořit tak čas obchodního zástupce. Odběratelská místa (uzly dopravní úlohy) budou v první fázi analýzy pomocí Mayerovy metody a s ohledem na periodicitu jejich návštěv znovu přerozdělena do čtyř týdnů, což bude základem pro nový plán jízd. Jako sazby budou použity časové vzdálenosti mezi jednotlivými místy v minutách, protože jak již bylo řečeno, možným výsledkem bude úspora času. Matice sazeb pro všechna místa je přiložena na CD. Teoreticky je možná cesta mezi každými dvěma místy úlohy, takže se jedná o problém s úplnou sítí cest. Vzhledem k tomu, že matice sazeb není symetrická například díky jednosměrným ulicím nebo sjezdům z dálnice, budou Mayerovou metodou do okruhů vybírána místa s nejmenší sazbou u zatím nezařazených míst v řádcích nebo sloupcích míst již zařazených do daného okruhu. Kapacity pro jednotlivé týdny jsou dány požadovanými počty pravidelných návštěv, které je nutné zachovat.

Pokud bude do prvního týdne zařazeno místo, které má být navštíveno jedenkrát za dva týdny, pak při sestavování okruhu pro druhý týden bude toto místo ohodnoceno prohibitivní sazbou a pro třetí výhodnou, což zajistí, že toto místo bude zařazeno se správnou periodicitou. Prohibitivní sazba pro dané místo znamená, že místu bude fiktivně přiřazena velká vzdálenost od všech ostatních míst v obou směrech (od daného místa i k němu). Výhodná sazba je nulová, což znamená, že toto místo je v obou směrech od všech ostatních vzdálené 0 minut. Místa navštěvovaná každých čtrnáct dní, která nebudou vybrána do prvního týdne, musí být zahrnuta do týdne následujícího. To bude zajištěno opět výhodnou sazbou při výběru míst do druhého týdne a analogicky pro sestavování okruhu třetího týdne budou tato místa ohodnocena nevýhodnou sazbou a pro čtvrtý výhodnou. Pokud bude do některého týdne zařazeno místo s periodicitou jedenkrát za měsíc, bude ohodnoceno prohibitivní sazbou pro celý zbytek této části analýzy, tedy pro přerozdělování odběratelských míst do týnů. Místa, která jsou navštěvována každý týden, budou mít sazbu vždy nulovou, díky které budou zařazena do každého týdne.

Dvě nejvzdálenější skupiny míst jsou ve městech Bílina a Doksy, jak je vidět na mapě, která je přiložena na CD. V Bílině jsou navštěvována dvě místa každý týden, čtyři místa jednou za čtrnáct dní a čtyři místa jednou za měsíc. Tedy celkem 24x za měsíc je navštíveno nějaké místo v Bílině. Každý týden musí být navštíveno během jednoho dne šest z těchto míst, aby nebylo nutné do Bíliny jezdit vícekrát než čtyřikrát za měsíc. Pokud bude do seznamu míst pro daný týden již zařazeno šest míst v Bílině, ostatní místa v tomto městě budou ohodnocena prohibitivní sazbu do doby, než je vybrán požadovaný počet míst pro tento týden. A naopak, pokud by nebyl požadovaný počet míst v Bílině do okruhu zařazen, bude odpovídající počet posledních míst v okruhu nahrazen místy v Bílině, která budou co nejblíže těm již zařazeným. Doksy jsou navštěvovány tak, že tři místa je nutno navštívit jednou za dva týdny (tedy šestkrát za měsíc) a dvě místa jednou za měsíc. Dohromady je nutno navštívit nějaké místo v Doksech osmkrát za měsíc. Pokud tedy bude do nějakého týdne zařazeno místo v Doksech, musí být zařazeno minimálně další jedno, aby nebylo nutné do Doks jet vícekrát, něž dvakrát za měsíc. V tom případě by například připadala dvě místa na jeden týden a šest míst na jiný. Vzhledem k tomu, že cesta do Doks je nutná minimálně dvakrát za měsíc, nejvhodnější je navštívit čtyři místa v jednom týdnu a čtyři v jiném, aby zbyl prostor pro případnou návštěvu některých dalších míst, která leží stejným nebo podobným směrem od centra jako Doksy a jsou zařazena do stejného týdne. Pokud tedy budou již zařazena do některého týdne čtyři místa v Doksech, ostatní budou pro tento týden ohodnocena prohibitivní sazbou. Pokud budou v některém týdnu zařazena méně než čtyři místa z Doks (ale alespoň jedno), odpovídající počet posledních míst v okruhu bude nahrazen místy z Doks, která budou nejblíže těm již zařazeným.

Ve druhé vrstvě analýzy budou určena obchodní místa pro dílčí pracovní dny. Po přerozdělení míst do týdnů budou v rámci nich místa rozdělena do jednotlivých dnů opět pomocí Mayerovy metody, ale tentokrát již bez dalších omezení kromě dodržení kapacity jednotlivých dnů (šest míst každý den, kromě pátku v prvním a třetím týdnu, kdy jsou navštěvována pouze místa dvě). Vytvořené okruhy bude ještě nutné seřadit tak, aby každodenní okružní jízda byla co nejméně časově náročná, což je předmětem poslední, třetí fáze analýzy. K tomuto účelu bude využita metoda větví a mezí, která bude řešena pomocí programu TSPKOSA pro řešení okružních dopravních problémů. Tento program je vytvořen v programovacím jazyku Microsoft Visual Basic 6.5 a jeho autory jsou Ing. Igor Krejčí, RNDr. Petr Kučera Ph.D. a Ing. Hana Vydrová. Po získání nového plánu jízd bude vypočtena jeho časová náročnost, která bude srovnána s plánem původně využívaným, čímž bude prověřena jeho racionalita, popřípadě bude nalezeno zlepšení, které umožní úsporu času.

4.3 Výpočty a výsledky

Na základě matice sazeb pro všechna místa, která je přiložena na CD, Mayerovy metody, požadavků na periodicitu návštěv a výše popsaných dodatečných omezení, byla místa přerozdělena do čtyř týdnů tak, jak je uvedeno v tabulce 4-2. Místa AS až BC v této tabulce uvedena nejsou, protože jsou navštěvována každý týden.

Tabulka 4-2 Nové rozdělení do týdnů

1. týden	2. týden	3. týden	4. týden
AI	B	AI	B
Z	C	S	C
S	D	L	D
L	F	H	F
H	I	AA	I
P	J	AD	J
AA	O	V	O
AB	Q	AL	Q
AC	R	AH	R
AD	T	AP	T
G	U	M	U
V	X	AK	X
AL	AE	AN	AE
AH	AM	K	AM
	AR	AF	AR
	W		E
	AQ		N
	AO		Y

V rámci míst pro jednotlivé týdny (včetně míst navštěvovaných každý týden) byla opět aplikována Mayerova metoda pro víceokruhový dopravní problém, díky které byly získány seznamy míst pro jednotlivé pracovní dny. Výčet těchto míst, která zatím nejsou seřazena v rámci okruhů, je uveden v tabulkách 4-3 až 4-6.

Tabulka 4-3 Výčet míst pro první týden

Den v týdnu	Označení míst					
pondělí	G	L	H	AS	AT	P
úterý	AU	V	AW	AV	S	AX
středa	AY	Z	BA	AA	AZ	AB
čtvrtek	AC	AD	AI	BC	AL	AH
pátek	AJ	BB				

Tabulka 4-4 Výčet míst pro druhý týden

Den v týdnu	Označení míst					
pondělí	A	B	D	C	W	X
úterý	F	I	AS	O	AT	J
středa	Q	R	AU	AW	AV	AX
čtvrtek	T	U	AZ	BA	AY	BC
pátek	AE	AM	AR	AQ	AO	BB

Tabulka 4-5 Výčet míst pro třetí týden

Den v týdnu	Označení míst					
pondělí	H	L	AS	M	AT	K
úterý	AU	V	AW	AV	S	AX
středa	AY	BA	AA	AZ	AD	AF
čtvrtek	BB	AI	BC	AL	AH	AP
pátek	AK	AN				

Tabulka 4-6 Výčet míst pro čtvrtý týden

Den v týdnu	Označení míst					
pondělí	B	E	D	C	N	X
úterý	F	I	AS	AT	O	J
středa	Q	R	AU	AW	AV	AX
čtvrtek	T	U	Y	AZ	BA	AY
pátek	AE	AM	AR	AG	BC	BB

Získané okruhy pro jednotlivé dny byly seřazeny pomocí metody větví a mezí tak, aby časová náročnost při každodenním okruhu začínajícím v místě označené „Centrum“ (Plešivecká 615/1, Litoměřice) byla co nejmenší. Takto nalezené řešení pro ODP je optimální. Díky malému počtu míst v jednotlivých dnech a programu TSPKOSA je možné za poměrně krátký čas získat optimální hodnotu účelové funkce. Ne všechny zadané okruhy ale program dokázal optimalizovat. U některých okruhů, například u okruhu pro středu ve druhém týdnu, nebylo možné získat řešení z důvodu příliš vysokého počtu prohibitivních sazeb. V takových případech byla použita Vogelova aproximační metoda, která je také součástí programu TSPKOSA. Výsledné okruhy i s časem potřebným na jejich uskutečnění jsou uvedeny v příloze č. 2.

4.4 Zhodnocení výsledků a doporučení

Základním principem sestavení nového plánu jízd pro obchodního zástupce bylo rozdělení odběratelských míst do pravidelně se opakujících čtyř týdnů pomocí Mayerovy metody s dodatečnými omezeními. Nový plán, který má celkovou časovou náročnost za všechny čtyři týdny 1286,8 minut, potvrdil racionalitu plánu původního. Stávající časový plán se podařilo zlepšit celkem o 41,9 minuty za čtyři opakující se týdny, přičemž základní charakteristiky původního plánu se shodují s plánem vytvořeným metodikou, která byla pro tento problém sestavena. Byl zachován požadavek, aby místa byla navštěvována s určenou pravidelností, přičemž byla nalezena možná časová úspora.

Aby tohoto výsledku mohlo být dosaženo, bylo nutné přijmout výše uvedená dodatečná omezení při průběhu sestavování okruhů Mayerovou metodou. Tato opatření vyplývají ze složitosti problému a podstaty Mayerovy metody, kterou je postupné zařazování míst, která jsou nejblíže k již zařazeným místům a zároveň jsou nejdále od centra centrálního svozu. Jako první je vybíráno místo nejvzdálenější od místa centrálního svozu. Některá místa jsou navštěvována každý týden. Aby toto bylo splněno, jsou ohodnocena nulovou sazbu (od všech míst jsou vzdálena 0 minut). Po počátečním výběru nejvzdálenějšího místa budou tedy přednostně zařazena tato místa s výhodnou sazbou a poté další místa, která jsou nejblíže těmto místům nebo prvnímu vybranému nejvzdálenějšímu místu a zároveň jsou nejdále od centra (vzdálenost od centra rozhoduje v případě více než jedné nejvýhodnější sazby). Bez popsaných opatření by mohlo dojít například k tomu, že by bylo do některého týdne zařazeno velké množství míst, která budou poměrně vzdálená od centra, ale i od sebe navzájem. Připomeňme, že nejvzdálenější skupiny odběratelských míst jsou v Bílině a Doksech. Například díky těm místům v Bílině, která jsou navštěvována každý týden, bude zařazeno několik míst v tomto městě, ale jako první, nejvzdálenější místo bude vybráno místo v Doksech (což je opačným směrem od centra). Potom by v tomto týdnu mohlo být více než šest míst v Bílině (byla by nutná opakovaná cesta do tohoto města, ale například jen kvůli jednomu místu) a zároveň by bylo zařazeno například jen jedno místo v Doksech (protože jiná místa by měla výhodnější sazbu vzhledem k již zařazeným místům), tedy opět by bylo nutné navštěvovat poměrně vzdálené místo za účelem návštěvy zbytečně malého počtu míst. Následkem toho by bylo více cest do vzdálených měst.

Požadavek, aby v každém týdnu bylo navštíveno právě šest odběratelských míst v Bílině, byl v novém plánu dodržen. Stejně tak tomu je i v plánu původním, což opět potvrzuje jeho racionalitu. Dalším předpokladem bylo navštívit buď žádné místo v Doksech, nebo právě čtyři, což také bylo díky sestavené metodice dodrženo. V původním plánu byly návštěvy tohoto města rozděleny do dvou týdnů tak, že v jednom byla navštívena pouze tři místa a v jiném míst pět, což ale nenarušilo původní požadavek, aby cest do Doks nebylo více než dvě za čtyři opakující se týdny. Pokud byla při tvorbě nového plánu některá místa zařazena do týdnů ve stejných skupinách, jako byla v plánu původním, byla ve většině případů zařazena následně i do stejného dne (např. místa AI, AH, AL, BC jsou v původním plánu první týden ve středu a stejná skupina míst se objevuje ve čtvrtek prvního týdne plánu nového). Tato provázanost plánů je dána charakterem rozložení sítě odběratelských míst. Několik míst je vždy koncentrováno v určité oblasti (ve městě a jeho okolí). Proto pokud bylo několik míst z takovéto oblasti vybráno do jednoho týdne, pak při určování denních okruhů pomocí Mayerovy metody byla po zařazení jednoho z těchto míst následně vybírána další místa nacházející se v jeho blízkosti a dále místa nejbližší těm již zařazeným, dokud nebyla zařazena všechna místa z této oblasti, nebo naplněna kapacita dne. Pokud byla zařazena všechna místa z dané oblasti a kapacita dne ještě nebyla naplněna, bylo podle Mayerovy metody jako další místo vybráno to, které bylo nejblíže kterémukoli místu již zařazenému do tohoto dne. Jak nový, tak původní plán vykazují poměrně velké rozdíly v časové náročnosti jednotlivých týdnů. Vždy první a třetí týden jsou podstatně méně časově náročné než druhý a čtvrtý týden. To vyplývá jednak z nutnosti během sudých týdnů navštívit o čtyři odběrní místa více než v týdnech lichých a jednak z charakteru rozdělení míst do týdnů. Doksy, jako jedna z nejvzdálenějších oblastí, kde se svěřená místa nacházejí, jsou v novém i starém plánu navštěvovány v sudém týdnu, což se nutně promítne do časové náročnosti těchto týdnů.

5 Závěr

Po porovnání nového plánu jízd s původním řešením byla zjištěna možnost časové úspory. Tato možnost je obzvláště významná z toho důvodu, že plán je využíván dlouhodobě a časová úspora se projeví při každém jeho využití. Původní plán má řadu společných rysů s plánem nově sestaveným a nalezené zlepšení není velké, což potvrzuje racionalitu původního řešením. Pro podobné, ale rozsáhlejší problémy by ale nemuselo být ani možné sestavit plán intuitivně. V takovém případě by mohla být použita použitá metodika.

Metodika, která byla pro řešení tohoto problému vytvořena, je použitelná i při úplné, nebo částečné změně seznamu míst. Pokud by došlo ke změně jen některých odběratelských míst, bylo by možné je do stávajícího plánu zakomponovat dvěma způsoby podle toho, jak vzdálená by byla od těch míst, která jimi byla nahrazena. Pokud by nová odběratelská místa nebyla příliš vzdálená od míst původních a nacházela by se ve stejných městech, bylo by možné tato místa v plánu pouze zaměnit, aniž by byla zásadně zvýšena časová náročnost celého plánu. Pokud by však nová místa byla významně vzdálená od míst z původního plánu, bylo by nutné všechny tři fáze analýzy opakovat. V první fázi by se opět odběrová místa rozdělila do týdnů s ohledem na požadavky opakování návštěv. Přitom by bylo nutné posoudit, zda k tomuto kroku není opět nutné přijmout nějaké omezení navíc, tedy jestli neexistuje nějaká nová skupina míst, která je podstatně vzdálená od ostatních. Pokud by takováto skupina odběratelských míst existovala, bylo by nutné zvážit, jak by tato skupina míst měla být navštěvována. Při tom by musel být brán ohled na to, aby nebylo nutné podnikat více cest do těchto vzdálených oblastí, než je nezbytně nutné. Ve druhé fázi analýzy by byla místa Mayerovou metodou rozdělena v rámci týdnů do jednotlivých dnů a nakonec ve třetí fázi by tyto okruhy byly seřazeny. Pokud by se změnil celý seznam odběratelských míst, postup sestavení nového plánu by byl obdobný. Opět by bylo nutné zvážit, zda je nutné nějaké dodatečné omezení pro první vrstvu analýzy. Sestavenou metodiku lze použít také pro řešení obdobných problémů, kdy je klasický víceokružní problém doplněn o požadavek na periodicitu návštěv.

6 Seznam literatury

BROŽOVÁ, Helena, a kol. *Ekonomicko matematické metody II : Aplikace a cvičení*. 2. vydání, 4. dotisk. Praha : Reprografické studio PEF ČZU v Praze, 2007. 152 s. ISBN 978-80-213-0721-6.

BROŽOVÁ, Helena; HOUŠKA, Milan. *Základní metody operační analýzy*. 1. vydání, 2. dotisk. Praha : Reprografické studio PEF ČZU v Praze, 2008. 250 s. ISBN 978-80-213-0951-7

DANĚK, Jan; TEICHMANN, Dušan. *Optimalizace dopravních procesů*. 1. vydání, dotisk. Ostrava : Ediční středisko VŠB -TU Ostrava, 2005. 191 s. ISBN 80-248-0996-6.

DEMEL, Jiří. *Grafy a jejich aplikace*. Praha : Academia - nakladatelství, 2002. 258 s. ISBN 80-200-0990-6.

FRONČEK, Dalibor. *Úvod do teorie grafů*. Opava : Ediční středisko FPF SU v Opavě, 1999. 105 s. ISBN 80-7248-044-8.

GHALIOVÁ, Celestina. *Analýza okružních dopravních systémů v logistických dopravních systémech*. Praha, 2010. 63 s. Bakalářská práce. Středočeský vysokoškolský institut, s.r.o.

GROS, Ivan. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2003. 432 s. ISBN 80-247-0421-8.

HANUŠ, František. *Systémová a operační analýza*. 1. vydání. Praha : Editační středisko ČVUT, 1992. 196 s. ISBN 80-01-00760-X.

HANUŠ, František; PÍŠEK, Milan. *Rozhodovací analýza : Vybrané modely a metody řešení na PC*. 1. vydání. Praha : Ediční středisko ČVUT, 1996. 78 s. ISBN 80-01-01534-3.

HAVLÍČEK, Jaroslav; ZÍSKAL, Jan. *Ekonomicko matematické metody II : Studijní texty pro distanční studium*. 2. vydání, 6. dotisk. Praha : Reprografické studio PEF ČZU v Praze, 2010. 204 s. ISBN 978-80-213-0664-6.

HONSOVÁ, Martina. *Řešení problému dopravní logistiky v podmínkách firmy LC Union s.r.o.* Praha, 2006. 57 s. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum : Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 2. vydání. Praha : Professional Publishing, 2002. 323 s. ISBN 80-86419-42-8.

KUČERA, Petr. Okružní dopravní problém a aproximační metody pro jeho řešení. In: Sborník konference Agrární perspektivy VIII, ČZU v Praze, Praha, 1999, pp. 254-257, ISBN 80-213-0563-0.

PATOČKA, Tomáš. *Optimalizace dopravních tras mezi firmou a jejími dodavateli a zákazníky*. Praha, 2007. 41 s. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

POZDĚNA, Jan. *Optimalizace tras pro firmy zabývající se zásilkovou službou*. Praha, 2004. 62 s. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

REINELT, Gerhard. *The Traveling Salesman : Computational Solutions for TSP Applications*. Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1994. 223 s. ISBN 3-540-58334-3.

SVOBODA, Vladimír. *Dopravní logistika*. 1. vydání. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2004. 115 s. ISBN 80-01-02914-X.

Pns.cz : Distribuce tisku po celé ČR [online]. c2011 [cit. 2011-02-21]. Dostupné z WWW: http://www.pns.cz /

Seznam tabulek

7 Přílohy

Příloha č. 1: Původní plán jízd

Tabulka 7-1 Původní časový plán pro první týden

Den v týdnu	**Místa v pořadí, ve kterém byla zařazena do okruhu**							**Denní časová náročnost v minutách**
pondělí	Centrum	AU	R	AW	AV	S	AX	Centrum	79,6
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		29	2	21	0,7	0,9	1	25	
úterý	Centrum	AC	AD	BA	AZ	AY	AA	Centrum	39
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		14	1	2	1	3	2	16	
středa	Centrum	AM	AL	AH	AI	BC	BB	Centrum	19,8
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		2	4	0,8	4	0	3	6	
čtvrtek	Centrum	AT	O	AS	L	H	I	Centrum	103,9
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		44	3	2	1	0,9	4	49	
pátek	Centrum	AR	AE	Centrum					25,1
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		0,1	12	13					
Časová náročnost celého týdne v minutách									**267,4**

Tabulka 7-2 Původní časový plán pro druhý týden

Den v týdnu	**Místa v pořadí, ve kterém byla zařazena do okruhu**								**Denní časová náročnost v minutách**
pondělí	Centrum	AU	Q	V	AW	AV	AX	Centrum	81,7
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		29	2	20	3	0,7	2	25	
úterý	Centrum	Z	BA	AZ	AY	U	T	Centrum	71,1
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		15	0,1	1	3	21	1	30	
středa	Centrum	AQ	AP	AJ	BC	BB	AF	Centrum	22,9
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		0,9	1	1	4	3	7	6	
čtvrtek	Centrum	AT	P	AS	F	K	J	Centrum	112
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		44	2	2	3	5	8	48	
pátek	Centrum	W	X	N	C	B	D	Centrum	110,2
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		21	0,2	25	9	2	2	51	
Časová náročnost celého týdne v minutách									**397,9**

Tabulka 7-3 Původní časový plán pro třetí týden

Den v týdnu	Místa v pořadí, ve kterém byla zařazena do okruhu								Denní časová náročnost v minutách
pondělí	Centrum	AU	R	AW	AV	S	AX	Centrum	79,6
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		29	2	21	0,7	0,9	1	25	
úterý	Centrum	AD	AB	BA	AZ	AY	AA	Centrum	38
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		14	1	1	1	3	2	16	
středa	Centrum	AM	AL	AH	AI	BC	BB	Centrum	19,8
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		2	4	0,8	4	0	3	6	
čtvrtek	Centrum	AT	O	AS	L	H	I	Centrum	103,9
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		44	3	2	1	0,9	4	49	
pátek	Centrum	AR	AE	Centrum					25,1
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		0,1	12	13					
Časová náročnost celého týdne v minutách									**266,4**

Tabulka 7-4 Původní časový plán pro čtvrtý týden

Den v týdnu	Místa v pořadí, ve kterém byla zařazena do okruhu								Denní časová náročnost v minutách
pondělí	Centrum	AU	Q	V	AW	AV	AX	Centrum	81,7
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		29	2	20	3	0,7	2	25	
úterý	Centrum	BA	AZ	AY	Y	U	T	Centrum	73
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		15	1	3	12	11	1	30	
středa	Centrum	AN	AO	AK	BC	BB	AG	Centrum	24,3
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		1	0,3	3	6	3	6	5	
čtvrtek	Centrum	AT	M	AS	G	F	J	Centrum	107
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		44	3	2	2	1	7	48	
pátek	Centrum	X	C	D	B	A	E	Centrum	111
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		21	32	2	1	1	2	52	
Časová náročnost celého týdne v minutách									**397**

Příloha č. 2: Nový plán jízd

Tabulka 7-5 Nový časový plán pro první týden

Den v týdnu	**Místa v pořadí, ve kterém byla zařazena do okruhu**								**Denní časová náročnost v minutách**
pondělí	Centrum	P	AT	AS	G	L	H	Centrum	97,9
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		42	1	2	2	2	0,9	48	
úterý	Centrum	AX	S	AV	AW	V	AU	Centrum	77,5
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		25	1	0,9	0,6	2	19	29	
středa	Centrum	Z	BA	AY	AA	AZ	AB	Centrum	36,1
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		15	0,1	1	2	1	2	15	
čtvrtek	Centrum	AL	AH	AD	AC	BC	AI	Centrum	32,5
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		3	0,8	12	0,7	12	0	4	
pátek	Centrum	AJ	BB	Centrum					14
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		3	5	6					
Časová náročnost celého týdne v minutách									**258**

Tabulka 7-6 Nový časový plán pro druhý týden

Den v týdnu	**Místa v pořadí, ve kterém byla zařazena do okruhu**							**Denní časová náročnost v minutách**
pondělí	Centrum	W	X	B	A	D	C	Centrum	108,2
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		21	0,2	31	1	1	2	52	
úterý	Centrum	AS	F	I	O	J	AT	Centrum	102,5
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		43	3	0,5	4	3	4	45	
středa	Centrum	AU	Q	R	AV	AW	AX	Centrum	80,6
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		29	2	1	21	0,6	2	25	
čtvrtek	Centrum	U	T	AY	BA	AZ	BC	Centrum	69
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		26	1	22	1	1	14	4	
pátek	Centrum	AM	AE	AO	AQ	AR	BB	Centrum	36,1
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		2	10	11	0,3	0,8	6	6	
Časová náročnost celého týdne v minutách									**396,4**

Tabulka 7-7 Nový časový plán pro třetí týden

Den v týdnu	**Místa v pořadí, ve kterém byla zařazena do okruhu**								**Denní časová náročnost v minutách**
pondělí	Centrum	AS	L	H	M	AT	K	Centrum	97,9
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		43	1	0,9	2	2	4	45	
úterý	Centrum	AX	S	AV	AW	V	AU	Centrum	77,5
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		25	1	0,9	0,6	2	19	29	
středa	Centrum	AY	BA	AZ	AA	AD	AF	Centrum	35
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		16	1	1	1	2	8	6	
čtvrtek	Centrum	BB	AI	BC	AL	AH	AP	Centrum	15,8
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		6	3	0	2	0,8	3	1	
pátek	Centrum	AK	AN	Centrum					6
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		2	3	1					
Časová náročnost celého týdne v minutách									**232,2**

Tabulka 7-8 Nový časový plán pro čtvrtý týden

Den v týdnu	**Místa v pořadí, ve kterém byla zařazena do okruhu**								**Denní časová náročnost v minutách**
pondělí	Centrum	X	N	C	B	E	D	Centrum	110
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		21	25	9	2	1	1	51	
úterý	Centrum	AS	F	I	O	J	AT	Centrum	102,5
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		43	3	0,5	4	3	4	45	
středa	Centrum	AU	Q	R	AV	AW	AX	Centrum	80,6
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		29	2	1	21	0,6	2	25	
čtvrtek	Centrum	T	U	Y	AZ	BA	AY	Centrum	67
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		27	2	9	10	1	1	17	
pátek	Centrum	AG	BB	BC	AM	AE	AR	Centrum	40,1
Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími místy v minutách		5	5	3	5	10	12	0,1	
Časová náročnost celého týdne v minutách									**400,2**