

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ**

Tadeáš Müller

**VYUŽITÍ DOPRAVNÍ TELEMATIKY PŘI ŘEŠENÍ LOGISTICKÝCH
PROBLÉMŮ VE MĚSTECH**

(Bakalářská práce)

Praha, 2015



K620..... Ústav dopravní telematiky

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Tadeáš Müller

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Využití dopravní telematiky při řešení logistických problémů ve městech**

Název tématu (anglicky): The Use of Transport Telematics in Solving of Logistics Issues in the Cities

Zásady pro vypracování

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

- Analyzujte telematické aplikace využitelné ve městech a aglomeracích, zejména aplikace veřejných služeb a dopravní obslužnosti
- Popište logistický problém čínského poštáka v souvislosti se zajištěním svozu komunálního odpadu ve městech a aglomeracích
- Na vybraném pilotním městě proveďte analýzu stávajícího stavu svozu komunálního odpadu
- Pro pilotní město navrhnete využití telematických aplikací pro optimalizaci stávajícího stavu
- Zhodnoťte navržené změny a proveďte jejich SWOT analýzu

Rozsah grafických prací: 10 obrázků

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Zelinka, T., Svítek, M.: Telekomunikační řešení pro informační systémy síťových odvětví, Grada 2009
u-Blox: Essentials of Satellite Navigation
Odborné časopisy
Internet

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Lokaj, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **24. října 2014**

(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 bakalářské práce: **30. listopadu 2015**

- 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. Pavel Hrubeš, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravní telematiky




prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Tadeáš Müller
jméno a podpis studenta

V Praze dne25. srpna 2015

Prohlášení

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

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).

V Praze dne 20. srpna 2015

.....

Podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

**VYUŽITÍ DOPRAVNÍ TELEMATIKY PŘI ŘEŠENÍ LOGISTICKÝCH PROBLÉMŮ VE
MĚSTECH**

Bakalářská práce

Srpen 2015

Autor: Tadeáš Müller
Obor: Inteligentní dopravní systémy
Druh práce: Bakalářská práce
Vedoucí práce: doc. Ing. Zdeněk Lokaj, Ph.D.
Ústav dopravní telematiky K620
Rok vydání: 2015

Anotace (abstrakt)

Pomocí optimalizace je možné docílit větší efektivity provozu, snížení nákladů i celou koordinovanost firmy. Abychom mohli určitou sféru optimalizovat, je nutné podrobně poznat, jak stávající systém funguje. Po prozkoumání a nalezení nedostatků můžeme navrhnout určité změny. Podkladem pro tuto bakalářskou práci byl systém svozové společnosti Marius Pedersen a.s.

Klíčová slova

Optimalizace, telematické aplikace, odpadové hospodářství, svozová společnost, svozová technika, komunální odpad.

**THE USE OF TRANSPORT TELEMATICS IN SOLVING OF LOGISTICS ISSUES IN THE
CITIES**

Bachelor`s thesis
August 2015

Author: Tadeáš Müller
Branch: Intelligent transport systems
Document type: Bachelor`s thesis
Thesis advisor: doc. Ing. Zdeněk Lokaj, Ph.D.
Department of Transport Telematics K620
Year of publication: 2015

Abstract

It is possible to achieve higher efficiency of operation, reduction of expenses and improve the whole co-ordination by using optimization. In order to optimize a certain area, it is necessary to identify, how is the present system functioning. After exploring and finding shortcomings, it is possible to design certain changes. The background for this bachelor`s thesis was the systém of the collection company Marius Pedersen.

Key words

Optimalization, telematics applications, waste management, take-away company, take-away engineering, utility waste.

Obsah

Seznam použitých zkratk	5
Slovník pojmů	6
Poděkování	7
Úvod	8
1 Využití telematických aplikací ve městě	10
1.1 Dopravní telematika	10
1.1.1 Dopravní řetězec	10
1.1.2 Dopravní telematika a dopravní řetězec	11
1.1.3 Telematická aplikace	12
1.2 Veřejné služby a jejich problémy s dopravní obslužností	12
1.2.1 Pošta	12
1.2.2 Zimní údržba komunikací	13
1.2.3 Svoz odpadu	13
1.2.4 Školní autobus	13
2 Algoritmy	14
2.1 Problém čínského pošťáka	14
2.1.1 Eulerovský tah	14
2.1.2 Fleuryho algoritmus	14
2.1.3 Edmondsův algoritmus	15
2.2 Problém okružních jízd	16
2.2.1 Algoritmus Clakra a Wrighta	16
3 Řešený problém	17
3.1 Popis problematiky	17
4 Analýza pilotního města Říčany	19
4.1 Popis řešeného města	19
4.1.1 Vymezení lokality	19
4.1.2 Popis základních parametrů města	19
4.1.3 Vývoj města a předpoklad růstu	19
4.1.4 Silniční síť města Říčany	20
4.2 Sběr odpadu ve městě Říčany	20
4.2.1 Historický vývoj sběru odpadu, působící firmy	20
4.2.2 Marius Pedersen a.s.	21
4.2.2.1 Marius Pedersen v číslech	21
4.2.3 Popis provozovny Říčany	21
4.2.3.1 Provozované služby v Říčanech	22
4.2.4 Zákon o odpadech	22
4.2.4.1 Základní vysvětlení	22
4.2.4.2 Nutné podmínky splnění	23

4.2.4.3	Stručné shrnutí	23
4.2.5	Popis systému sběru odpadu ve městě.....	24
4.2.6	Matice odpovědnosti.....	26
4.3	Technické řešení sběru odpadu	27
4.3.1	Vozový park a specifikace vozů	27
4.3.2	Počet zaměstnanců a jejich úlohy.....	31
4.3.3	Likvidace odpadu	31
4.3.4	Plánování tras vozidel pro sběr komunálního odpadu.....	32
4.3.5	Sledování tras vozidel z GPS, vyhodnocování dat.....	34
5	Návrh zlepšení systému	36
5.1	Návrh zlepšení systému za předpokladu využití stávající infrastruktury	36
5.1.1	Optimalizace tras za využití algoritmů.....	36
5.1.2	Aplikace na modelové situaci	37
5.1.2.1	Úloha čínského pošťáka	37
5.1.2.2	Úloha okružních jízd.....	42
5.1.3	Aplikace algoritmu do stávajícího systému	44
5.1.4	Zefektivnění práce zaměstnanců zajišťující sběr a svoz odpadu	45
5.1.5	Roadmap a ekonomické zhodnocení.....	46
5.1.4	SWOT analýza	48
5.2	Návrh zlepšení systému za předpokladu rozšíření stávající infrastruktury	48
5.2.1	Možná řešení	49
5.2.1.1	ITS řešení v oblasti svozových nádob	49
5.2.1.2	Elektronická komunikace	50
5.2.1.3	Docházkový systém	50
5.2.1.4	Vozový park.....	50
5.2.2	Roadmap a ekonomické zhodnocení.....	51
5.2.3	SWOT analýza	53
	Závěr	54
	Seznam použitých zdrojů	56
	Seznam obrázků.....	59
	Seznam tabulek a grafů.....	60
	Seznam příloh	61

Seznam použitých zkratek

GPS – Globální polohovací systém

GPRS - General Packet Radio Service

CAN - Controller Area Network

GSM - Global System for Mobile

SW - Software

ITS - Inteligentní dopravní technologie

RFID - Radio Frequency Identification

SMS - Short message service

Slovník pojmů

Sled – posloupnost po sobě jdoucích vrcholů a hran, která začíná a končí ve vrcholu.

Tah – je sled, ve kterém se neopakuje žádná hrana.

Cesta – je sled, ve kterém se neopakuje žádný vrchol.

Eulerovský graf – souvislý neorientovaný graf s uzly sudého stupně.

Matice odpovědnosti - tento nástroj slouží k vymezení kompetencí jednotlivých členů projektového týmu.

GPS systém – globální polohový systém na stanovení polohy.

GPRS – jedná se o mobilní datovou síť, která nám umožňuje přenos dat a připojení k internetu.

Systém GSM – globální systém pro mobilní komunikaci.

Sběrnice CAN – sběrnice Controller Area Network, sériový komunikační protokol, nejvíce využívaný v automobilovém průmyslu.

Road map – nástroj sloužící k zobrazení finanční náročnosti řešeného problému na časové ose.

SWOT analýza – tato metoda definuje čtyři skupiny položek: silné stránky (z angl. strengths=S), slabé stránky (z angl. weaknesses=W), příležitosti (z angl. opportunities=O) a hrozby (z angl. threats=T), používá se například při tvorbě marketingových plánů.

Poděkování

Chtěl bych především poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Zdeňku Lokajovi, Ph.D. za vedení mé práce a za jeho věcné připomínky a rady. Dále bych chtěl poděkovat Bc. Františkovi Sedláčkovi za jeho pomoc při získávání podkladů.

Úvod

Jako občan města si každodenně všímám logistických, dopravních, ekologických i lidských problémů ve veřejných službách, které nikdo neřeší. Tyto služby, které ovlivňují naše životy, fungují již desítky let bez jakékoliv změny. Jako student inteligentních dopravních systému vidím řešení v rozvíjejícím se oboru dopravní telematiky. Jeví se jako ideální nástroj pro snížení nákladů, zefektivnění práce, zlepšení kvality života ve městě a získávání podstatných informací pro budoucí rozvoj. Telematické aplikace mohou být řešením pro mnoho problému, které spojují města po celé republice. Například pošta nedoručuje zásilky včas, zimní údržba nestíhá obsluhovat zasněžené silnice, odpadové hospodářství je zahlcené. Ve své práci se budu zabývat tím, co to vůbec dopravní telematika je, popíši její využití ve veřejných službách a zaměřím se konkrétně na jednu službu, která mě nejvíce zajímá. Analyzuji tento systém a navrhnou řešení, která povedou k zdokonalení této služby, a tato řešení následně porovnam. Pro podrobný popis, analýzu a návrh řešení jsem si vybral sféru odpadového hospodářství a to především proto, že popelářské práce jsem obdivoval již od mala, jako mnozí z nás, a rád bych navrhl inovativní řešení v tomto odvětví.

Odpad je dlouhodobým problémem lidstva. Jeho sběr, likvidace a procesy s tím spojené jsou každodenní činností měst po celém světě. Pokud bychom se těmito problémy nezabývali, ovlivnilo by to životy všech obyvatel na světě. Tento systém je velmi rozsáhlý a poskytuje mnoho prostoru pro inovace, především v České Republice, konkrétně v menších obcích.

Ve své bakalářské práci se budu zabývat optimalizací a zlepšováním sběru komunálního odpadu a to pouze na jednom konkrétním místě. Vybral jsem si město Říčany, protože v něm žiji, znám ho a chtěl bych svou prací navrhnout změnu, která může ovlivnit mé okolí.

Abych pochopil, jak celý systém v Říčanech funguje, zajistil jsem si krátkodobou stáž ve firmě Marius Pedersen, která zde zajišťuje sběr odpadu. Jeden den jsem strávil v kanceláři, kde jsem měl možnost se ptát na vše, co mě zajímalo od zákonů, povinností až po know how firmy. Vyzkoušel jsem si práci dispečera, pochopil jsem, jakým způsobem se získávají nové zakázky, a co obsahuje práce odpadového hospodáře. Druhý den jsem strávil v terénu, abych pochopil, jaké problémy potkávají zaměstnance při jejich každodenní práci. Jak dlouho trvá vyvézt popelnici, jakým způsobem vybírají řidiči trasu nebo jak předávají informace dispečerovi o průběhu směny. Na základě těchto zkušeností jsem začal psát bakalářskou práci s cílem ušetřit náklady na tuto službu za využití dopravní telematiky.

Již existuje mnoho měst v České Republice, které se zabývají touto problematikou. Zavádějí čipové systémy pro zkvalitnění evidence výsypu nádob, optimalizují trasy vozidel z důvodu velmi nákladného provozu dopravních prostředků, analyzují data a kontrolují své zaměstnance. Já se ve své práci budu těmito městy inspirovat. Jedná se o velká města, která mají nesrovnatelně větší roční rozpočet a tyto inovace si mohou dovolit. Je tedy velmi důležité vždy posoudit, zda navržené zlepšení se v určitém časovém horizontu opravdu vyplatí. Dalším problémem je součinnost našich spoluobčanů, kteří nemusí vždy respektovat pravidla, která jsou potřeba k správnému fungování nově navrženého zlepšení. Všechny tyto aspekty je třeba vzít v potaz a navrhnout takové ITS řešení, které bude ve prospěch všem stranám systému.

1 Využití telematických aplikací ve městě

1.1 Dopravní telematika

Dopravní telematika spojuje telekomunikační a informační technologie s dopravním inženýrstvím a dalšími obory (systémová analýza, teorie řízení, ekonomika apod.) za účelem zlepšení bezpečnosti dopravy, přepravních výkonů, komfortu dopravy a za využití stávající infrastruktury komunikací.

Tento obor je poměrně mladý a prochází velmi intenzivním vývojem skoro po celém světě. Začal vznikat zhruba před 50 lety a to především z důvodu zvýšení bezpečnosti dopravy. V dnešní době má dopravní telematika velmi široké spektrum uplatnění. Například při přepravě zboží, snižování nákladů dopravních firem, ochraně životního prostředí nebo omezování kongescí.

1.1.1 Dopravní řetězec

Základem dopravní telematiky je dopravní řetězec (Obrázek 1.):



Obrázek 1: Dopravní řetězec

Objekt přepravy – je samotný dopravní prostředek s nákladem (například zboží, suroviny) nebo přepravní systém sloužící pro přepravu nákladu (např. plovoucí kontejnery, silniční nástavba). Přepravní jednotku můžeme vybavit informačním systémem globálním, lokálním i veřejným a to za účelem sledování směru přepravy, polohy nákladu nebo jeho identifikace.

Dopravní prostředek – definuje dopravní element nebo komplet, který se pohybuje po dopravní cestě. Dopravní prostředek může také obsahovat informační systém, který identifikuje jeho polohu a další žádoucí parametry.

Dopravní cesta – určuje nám prostor, ve kterém se pohybují dopravní prostředky. Rozdělujeme ji dle druhů dopravy a poté dle dalších charakteristik. ITS technologie musí být navržena na charakteristiku dopravní cesty.

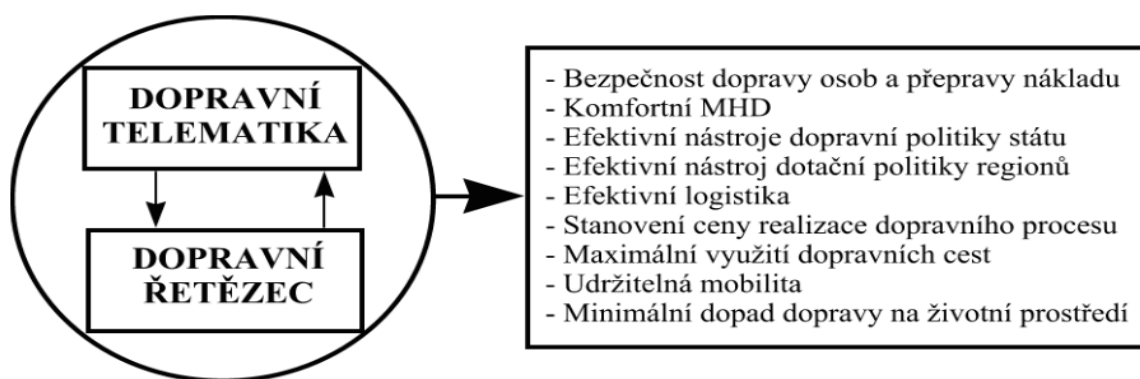
Dělení:

- Silniční doprava (např.: dálnice, silnice I., II., III. třídy)
- Železniční doprava (např.: celostátní, regionální)
- Letecká doprava (např.: dle vzdušného prostoru)
- Vodní doprava (např.: dle hloubky ponoru)

Dopravní terminál – je prostor, kde dochází k změně druhu dopravy, nakládce, vykládce nebo překládce zboží. Například pro automobilovou dopravu je to parkoviště, pro veřejnou dopravu nádraží, pro leteckou dopravu letiště a pro vodní dopravu přístav.

1.1.2 Dopravní telematika a dopravní řetězec

Souvislost mezi dopravní telematikou a dopravním řetězcem vychází z následujícího schématu (Obrázek 2.)



Obrázek 2: Souvislost mezi dopravní telematikou a dopravním řetězcem

Cílem dopravní telematiky je nabízet uživatelům dopravy inteligentní služby, které sahají do více částí tohoto systému a následně tyto subsystemy propojovat a vytvářet centrální informační systém.

1.1.3 Telematická aplikace

Jedná se o systém, kde informační technologie ukládají a zpracovávají informace o jednotlivých prvcích dopravního řetězce. A kde telematický systém umožňuje sběr, přenos, výměnu a zpracování informací mezi uživateli dopravního řetězce. Cílem je propojovat následující prvky telematického systému:

- Technické prostředky – akční prvky, senzory
- Prostředky řízení procesů - management
- Prostředky organizační podpory – pasportní a ekonomické systémy

Architekturu dopravní telematické aplikace můžeme rozdělit:

1. Referenční – popisuje základní procesy v systému a určuje cílové charakteristiky systému a vztahy s okolím
2. Funkční – definuje jednotlivé funkce prvků a vazby mezi nimi
3. Informační – definuje parametry a tvorbu informačního subsystému
4. Fyzickou – definuje zařízení, která vykonávají požadované funkce
5. Komunikační – popisuje přenos informace
6. Organizační – přiřazuje funkce jednotlivým úrovním managementu

1.2 Veřejné služby a jejich problémy s dopravní obslužností

Každé město se potýká s dopravními problémy ve veřejných službách, které ovlivňují kvalitu života v nich. Dopravní infrastruktura není přizpůsobena narůstajícímu počtu obyvatel v některých městech, a tak vznikají problémy. Rozšiřování a přetvoření infrastruktury je velmi nákladné, časově náročné a v některých případech i nemožné. Z mnoha projektů je již patrné, že dopravní telematika je jedním z řešení.

1.2.1 Pošta

Problém mnoha měst po celé republice je s doručováním zásilek. Pošta je příliš zahlcená a nestíhá obsluhovat své zákazníky nebo zaměstnanci firmy neplní správně svoji práci. V tento moment je ideální přemýšlet nad řešením optimalizace tras. Město rozdělíme na jednotlivé úseky, které budou vozidla obsluhovat. Do každého vozidla se přidělá GPS modul. Dále je třeba vybrat správný algoritmus vhodný pro optimalizace tras tohoto problému a ten dynamicky naprogramovat na míru pro dané město. To znamená, že je třeba vycházet z testovacích dat,

kdy musíme přihlížet k vytiženosti některých komunikací v určitých časech. Cílem je dosáhnout toho, aby každý vůz měl ráno sestavený plán jízd nejrychlejší možnou trasou, který se bude promítat řidiči na displej ve vozidle. Dle tohoto plánu se budou rovnat balíky do dopravního prostředku a zároveň informovat zákazníci s přibližnou dobou doručení jejich zásilky. Vozidla jsou sledována a lze tak kontrolovat důvod odchýlení od trasy či hledat důvod nedoručení zásilky.

1.2.2 Zimní údržba komunikací

Vozy zimní údržby velmi často jezdí naprosto nelogicky a tím ztrácí drahocenný čas na protažení komunikací. Tento nebezpečný problém se nejvíce týká menších měst, kde nejsou řešeny trasy vozidel a většinou vše zůstává na vůli řidiče a to je velkou chybou. Pokud bychom opět využili vhodného algoritmu a našli nejkratší trasy pro vozidla v daném úseku, ušetřili bychom mnoho peněz za pohonné hmoty i za čas zaměstnanců. Každé vozidlo by bylo napojeno na GPS modul a synchronizováno s veřejně přístupnou aplikací, tudíž by obyvatelé viděli jakou cestou se vydat, a tím mohou předejít nebezpečí z dopravních nehod. Zároveň by docházelo ke kontrole práce ze strany obyvatel a tím by byla zaručena kontrola zaměstnanců.

1.2.3 Svoz odpadu

Provoz vozidel sbírající odpad je velmi nákladný, tedy každá cesta navíc nebo čas kdy vozidlo nesbírá odpad, je pro firmu (město) naprosto neefektivní. Zároveň kontrola provedené práce a její plánování na základě nasbíraných dat zásadně ovlivňuje finance. Naskytuje se tedy prostor pro optimalizace tras za pomoci vhodného algoritmu a využití dopravní telematiky k sledování vozidel, výsypu nádob na odpad a sběru důležitých dat. Cílem je najít řešení, které půjde implementovat do stávajícího systému. Touto kapitolou se budu podrobněji zabývat v další části práce.

1.2.4 Školní autobus

Velmi často se stává, že školní autobus má zpoždění z různých důvodů (dopravní nehoda, dopravní omezení, špatný stav komunikace) a děti jsou nuceni čekat na zastávkách. Jednoduchým propojením GPS modulu, který je umístěn v autobuse s veřejně přístupnou aplikací se dá této situaci předcházet. Rodič si bude schopný v aplikaci zjistit polohu autobusu a zároveň nastavit upozornění na přiblížení autobusu k určitému bodu. Je velmi důležité, aby aplikace byla uživatelsky jednoduchá.

2 Algoritmy

Pro řešení logistických problémů za využití optimalizace tras dopravních prostředků je možné využít více druhů matematických nástrojů. Každý nám určitým způsobem limituje výsledné řešení a je třeba si hned na počátku určit očekávaný výsledek. Na základě požadovaných parametrů je třeba zvolit vhodný algoritmus. Ve své práci budu pracovat s dvěma algoritmy.

2.1 Problém čínského pošťáka

Úloha čínského pošťáka spočívá v problematice procházení ulic daného území tak, aby nachodil co nejméně kilometrů. Pokud v grafu daného území lze sestrojít eulerovský tah, je právě tento tah optimálním řešením úlohy. Nelze-li v grafu vytvořit eulerovský tah, musí pošťák projít některými ulicemi vícekrát. V tomto případě musí být minimalizován součet délek opakovaně procházených ulic.

2.1.1 Eulerovský tah

Eulerovský tah je definován jako tah, který obsluhuje všechny hrany grafu právě jednou. Eulerovský tah může, ale nemusí začínat a končit ve stejném vrcholu. Podle toho následně označujeme tento tah za uzavřený nebo otevřený eulerovský tah.

Graf, jehož každý vrchol má sudý stupeň (inciduje se sudým počtem hran), se nazývá eulerovský graf. V tomto grafu lze sestrojít uzavřený eulerovský tah. Pro sestrojení takového tahu se využívá Fleuryho algoritmus.

Graf obsahující právě dva vrcholy stupně lichého lze sestrojít jedním otevřeným eulerovským tahem, který v jednom vrcholu lichého stupně začíná a ve druhém končí. Stejně jako v předchozím případě se v tomto využívá Fleuryho algoritmus.

V konečném souvislém grafu s počtem vrcholů lichého stupně $2 \cdot t$ pro $t \geq 1$ se každé minimální pokrytí grafu skládá z t otevřených eulerovských tahů, z nichž každý spojuje dvojici vrcholů s lichým stupněm. V těchto grafech se pro sestrojení otevřeného eulerovského tahu využívá Edmondsův algoritmus.

2.1.2 Fleuryho algoritmus

Fleuryho algoritmus se dá vyjádřit následnými dvěma kroky:

- 1) Konstrukci tahu začneme ve zvoleném nebo libovolném vrcholu grafu. Vybereme libovolnou hranu incidující s tímto vrcholem. Tuto hranu projdeme a označíme ji (vypustíme z grafu).
- 2) Po příchodu do dalšího vrcholu nikdy nesmí být zvolena hrana, jejíž odstraněním by se graf rozpadl na dvě komponenty. Tím by se podgraf složený z hran, které nebyly odstraněny, stal nesouvislým a výchozí vrchol tahu by se nacházel v jiné komponentě než vrchol, ve kterém jsme po průchodu hranou skončili. Nastala by jedna ze dvou situací:
 - Podgraf je tvořen dvěma netriviálními komponentami;
 - Graf tvoří netriviální komponenta a vrchol, ve kterém tah začíná.

Pokud je Fleuryho algoritmus použit správně, tah začíná a končí ve shodném vrcholu.

Tento algoritmus lze použít rovněž, pokud nemá graf pouze vrcholy sudého stupně, ale i dva vrcholy stupně lichého. Pak musí být algoritmus rozšířen o následující kroky:

- Propojení vrcholů lichého stupně fiktivní hranou;
- Jeden z vrcholů lichého stupně musí být zvolen jako počáteční vrchol tahu;
- První se uskuteční průchod fiktivní hranou;
- Dále se postupuje dle Fleuryho algoritmu;
- Po dokončení tahu dojde k vypuštění fiktivní hrany z grafu, tím vznikne otevřený eulerovský tah.

2.1.3 Edmondsův algoritmus

Edmondsův algoritmus se využívá pro určení uzavřeného eulerovského sledu s minimální délkou v grafech, které mají sudý počet lichých vrcholů. Postupuje se podle následujících kroků:

- 1) Určit v grafu vrcholy lichého stupně;
- 2) Sestrojit kompletní graf (jeho vrcholy jsou vrcholy lichého stupně);
- 3) Ohodnotit hrany kompletního grafu vzdáleností příslušných vrcholů v původním grafu;
- 4) Určit párování minimální délky;
- 5) Hrany minimálního párování přidat do původního grafu mezi příslušné vrcholy, vznikne eulerovský graf;
- 6) Sestrojit uzavřený eulerovský tah Fleuryho algoritmem v grafu z 5. kroku, vznikne eulerovský tah minimální délky;

- 7) Nahradit v eulerovském tahu každou hranu párování odpovídající cestou minimální délky, vznikne uzavřený sled minimální délky pokrývající všechny hrany původního grafu.

2.2 Problém okružních jízd

Metodou okružních jízd je možné se zabývat pouze tehdy, je-li kapacita obslužného vozidla dostatečná pro obslužení více než jednoho požadavku. Algoritmus pro řešení tohoto typu úloh vymysleli pánové Clarke a Wright.

2.2.1 Algoritmus Clakra a Wrighta

Je dána síť pozemních komunikací, křižovatek a sdílených míst příslušného území s umístěním centrálního skladu a jeho poboček. Síť je vyjádřena pomocí grafu. Ohodnocení hran určuje vzdálenosti jednotlivých úseků silniční sítě, ohodnocení vrcholů vyjadřuje požadavek příslušného skladu na dodávku z centrálního skladu. Na této síti se vypočte matice přímých vzdáleností Floydovým algoritmem. Algoritmus řešení je popsán šesti kroky:

- 1) Výpočet $\lambda_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - d_{ij}$ pro všechna $i, j = 1, 2, \dots, n$, sestavit do trojúhelníkové matice ve formě tabulky;
- 2) Inicializační řešení je řešení triviální obsahující celkem n cyklů. $\{\{V_0 - V_1 - V_0\}, \{V_0 - V_2 - V_0\}, \dots, \{V_0 - V_i - V_0\}, \dots, \{V_0 - V_j - V_0\}, \dots, \{V_0 - V_n - V_0\}\}$.
Položit $\lambda_i = 1, i = 1, 2, \dots, n$;
- 3) Sestavit tabulku úspor, existuje-li nějaké $\lambda_{ij} > 0$, které nebylo vybráno. Mohou nastat dvě možnosti:
 - $\lambda_{ij} > 0$ existuje, dále krok 4;
 - $\lambda_{ij} > 0$ neexistuje, dále krok 6;
- 4) Určit $\max_{ij} \lambda_{ij} > 0$, které nebylo doposud vybráno. Pro další postup je rozhodující splnění podmínek α a β .
 - Podmínky α a β jsou splněny, označit příslušné $\lambda_{ij} > 0$ jako použitelné, dále krok 5;
 - Alespoň jedna podmínka není splněna, označit příslušné $\lambda_{ij} > 0$ jako nepoužitelné, dále krok 4;
- 5) Sjednotit cykly obsahující V_i a V_j do jednoho cyklu, určit znovu příslušná γ_i pro $i = 1, 2, \dots, n$, dále krok 3;
- 6) Řešení je optimálním řešením okružních jízd na síti.

3 Řešený problém

3.1 Popis problematiky

Pro podrobnější analýzu a návrh řešení jsem si vybral veřejnou službu města Říčany a to v oblasti odpadového hospodářství. Sběr odpadu ve městě je typickým logistickým problémem. Abych byl konkrétní a mohl se cíleně zaměřit na detaily, vybral jsem si jen určité odvětví této služby a to na konkrétním místě. Sběr odpadu je velmi široký pojem a každý jeho úsek má své specifické parametry, požadavky a činnosti. Sběr komunálního odpadu probíhá jinak, než sběr tříděného odpadu nebo biologického odpadu. Tato služba je každé obci přizpůsobena na míru, přesně dle platných vyhlášek a domluv. Tak abych mohl navrhnout inovaci, přesně ji specifikovat a popsat její aplikaci do stávajícího systému, musel jsem si vybrat konkrétní činnost. Budu se zabývat optimalizací sběru komunálního odpadu ve městě Říčany. Tato činnost spočívá ve sběru odpadu od obyvatel města nebo soukromých subjektů, převozu odpadu na lokální středisko, následné přeložení do kontejnerů a odvoz do likvidačních zařízení.

Hlavní procesy, které budu řešit:

- Plánování tras vozidel
- Předání informací o průběhu směny dispečerovi
- Výběr poplatků za službu
- Sběr a analýza dat
- Kontrola a monitoring zaměstnanců

Vozidla používaná k sběru odpadu mají průměrnou spotřebu 80 litrů nafty na 100 km a jejich pořizovací cena je kolem 5 milionů českých korun, je tedy velmi nákladné pokud vozidla nejezdí nejkratšími možnými trasami nebo nepracují vůbec. Z toho důvodu se zaměřím především na optimalizaci tras.

Vzhledem k různým velikostem vozidel a jejich spotřebě, je třeba do plánování tras zahrnout tento parametr. Zhodnotit zda vůbec daná vozidla jsou efektivní pro určitou oblast.

Sebraný odpad se přiváží na lokální středisko, kde se překládá do volných kontejnerů, které jsou následně odváženy do likvidačních zařízení. Je zapotřebí mít správně naplánovaný odvoz kontejnerů, jejich rozmístění a počet.

Při vyvážení odpadu z určených nádob může nastat několik problémů, které je třeba řešit. Popelnice nemusí obsahovat komunální odpad, což na první pohled nemusí být zjizitelné. Obyvatel nemusí mít tuto službu oficiálně zaplacenou a může pracovníky zkoušet podplácet

nebo může mít zaplacený sběr odpadu do určitého množství, přitom toto množství překračuje. Dalším problémem může být, že zaměstnanci zapomenout obsloužit určité stanoviště či danou ulici.

Předávání informací o průběhu směny dispečerovi je každodenní činností pracovníků. Zaměstnanec zapisuje povinné údaje na předem připravený formulář a veškeré nestandardní situace, které za jeho směnu nastaly. Na konci služby tento formulář odevzdá dispečerovi, který zapsaná data dále zpracovává. Tato forma předávání informací do jisté míry funguje, ale je závislá na spolehlivosti, zodpovědnosti a paměti zaměstnanců obsluhující vozidlo.

Poplatek za službu vybírá město, které si následovně najímá firmu, která sběr odpadu zprostředkovává. Opět platí, že výběr poplatku se může dle lokality lišit. V Říčanech je nastaven systém ročního paušálu, který nijak nemotivuje obyvatele třídít ani podstatně neřeší neplatiče této služby.

Provozovna Marius Pedersen Říčany nevyužívá mnoho informačních systémů k chodu této služby. Má zaveden GPS systém ve vozidlech, který je napojený na web dispečink. Dále jsou nainstalovány kamery na vozidlech a čidla snímající počet výsypu odpadových nádob. Je zde tedy velký prostor pro inovaci.

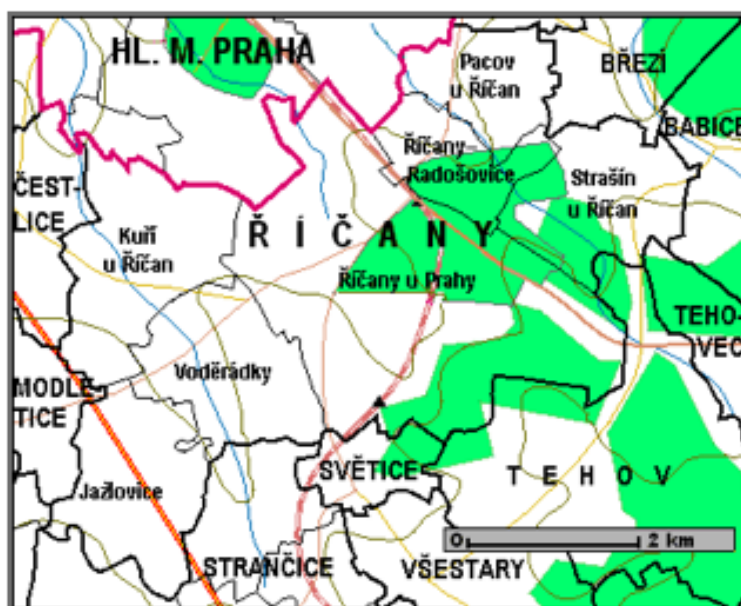
Kontrola zaměstnanců je prováděna pomocí web dispečinku a také náhodnými kontrolami vedením firmy. Je třeba zhodnotit, zda takové kontroly jsou dostačující a zda zaměstnanci firmu neokrádají.

4 Analýza pilotního města Říčany

4.1 Popis řešeného města

4.1.1 Vymezení lokality

Město Říčany se nachází ve Středočeském kraji, okres Praha – východ. Říčany se administrativně dále dělí na 7 katastrálních území (Jažlovice, Kuří u Říčan, Říčany u Prahy, Říčany-Radošovice, Pacov u Říčan, Strašín u Říčan a Voděrádky) a 8 městských částí (Jažlovice, Krabošice, Kuří, Říčany, Pacov, Radošovice, Strašín a Voděrádky) viz Obrázek 3.



Obrázek 3: Katastrální mapa [25]

4.1.2 Popis základních parametrů města

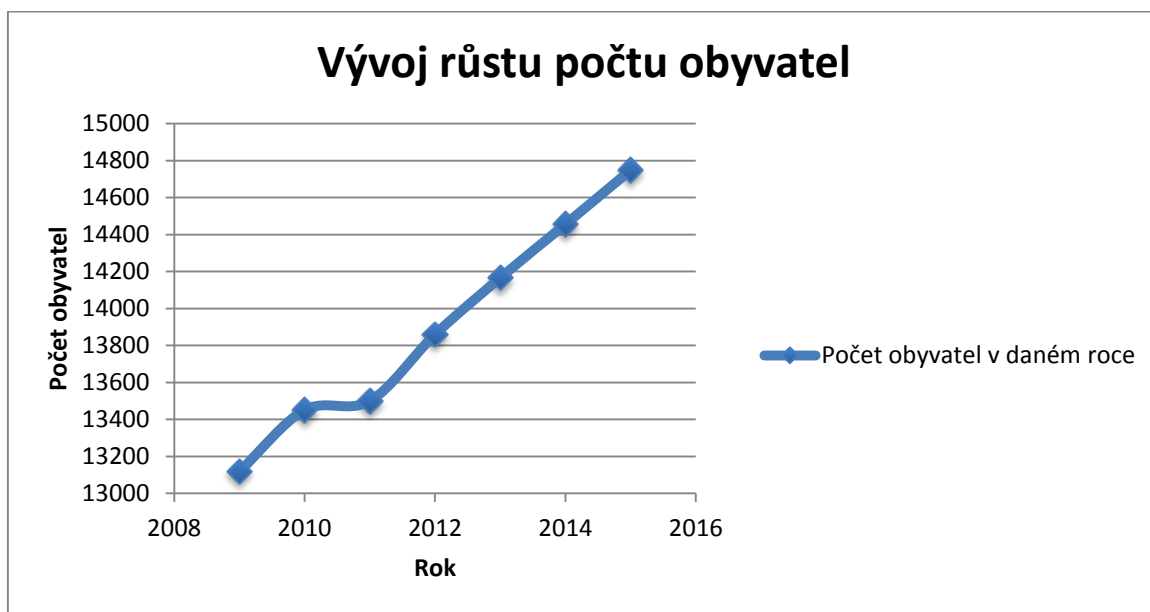
Základní informace k začátku roku 2015:

- Výměra města: 25,81 km²
- Počet obyvatel: 14 749
- Počet podnikatelských subjektů: 4859
- Počet komunikací: I. třídy = 1 , II. třídy = 2 , III. třídy = 10

4.1.3 Vývoj města a předpoklad růstu

První zmínky o obci Říčany pocházejí z roku 748, od té doby se město výrazně změnilo. V 1960 bylo město zařazeno do Středočeského kraje a odhadem mělo kolem 9 tisíc obyvatel. Jeho vývoj nadále pokračoval, rozšiřovala se celková infrastruktura a počet obyvatel nadále rostl. K roku 2010 bylo evidováno již 13 450 obyvatel a dnes na území Říčan žije 14 749 obyvatel. Vývoj

města by do budoucna neměl být takto prudký, protože stávající infrastruktura města již nepojme o mnoho více obyvatel. Nemůžeme počítat s tím, že se nárůst naprosto zastaví. Podíváme-li se do vývoje růstu obyvatel viz Graf 1., pokles za poslední roky není vidět. Pokud se nám ročně mění počet lidí žijící v obci, je třeba neustále aktualizovat naplánované trasy svozu odpadu a to z důvodu, že s rostoucím odpadem se vozidla rychleji plní a neobslouží naplánovanou oblast.



Graf 1: Vývoj růstu počtu obyvatel za posledních 6 let

4.1.4 Silniční síť města Říčany

Jelikož jsou Říčany úzce propojeny s pražskou aglomerací, nachází se zde hustá síť silničních komunikací a vysoká intenzita provozu. Do oblasti Jazlovic zasahuje dálnice D1 Praha-Brno-Vyškov. Mezi nejvýznamnější silnice, které prochází městem Říčany, můžeme zařadit silnice I/2 (pod názvem ul. Černokostecká), dále silnici II/101 (ul. Říčanská) – napojení na D1, tvoří vnější dopravní okruh kolem Prahy. A v neposlední řadě silnici II/107 (Říčany – Velké Popovice). Ostatní silnice spadají do nižších tříd (III. Třída a třída místních komunikací). Avšak některé komunikace III. Třídy jsou vystavovány stejně velkému provozu, jedná se zejména o silnici III/00312 (Říčany – Kuří – Čestlice), III/00325 (Modletice – Jazlovice – Otice) a další.

4.2 Sběr odpadu ve městě Říčany

4.2.1 Historický vývoj sběru odpadu, působící firmy

Do roku 1999 zajišťovala službu firma A.S.A., spol. s r.o., která byla založena v Říčanech. I přes tuto velkou výhodu nadnárodní společnost Marius Pedersen vyhrála výběrové řízení a

firmu A.S.A. vystřídala. Je důležité zdůraznit, že Marius Pedersen působí v Říčanech již 16 let a jejich práce vychází z dlouholeté zkušenosti.

4.2.2 Marius Pedersen a.s.

Jedná se o dceřinou společnost dánské firmy Marius Pedersen A/S. Tato akciová společnost vznikla v roce 1925 v Dánsku, tehdy se ale soustředila pouze na výstavbu silnic. Až v roce 1970 vstoupila do oblasti spojené s likvidací a využitím odpadu. Na český trh se dostává počátkem roku 1990 a o 5 let později na trh slovenský.

Společnost disponuje mnoha vlastními technologiemi v oblasti odpadového hospodářství – př. třídící linky, lisovací technologie, linky na výrobu alternativního paliva, linky na drcení plastů, solidifikační linky, kompostárny a další.

4.2.2.1 Marius Pedersen v číslech

- 57 provozoven a dceřiných společností v ČR
- celkem 112 měst a obcí ČR je propojeno se společností Marius Pedersen a.s.
- Marius Pedersen Group zaměstnává 2460 pracovníků, k dispozici má 1400 vozů
- Recyklace 300 000 tun odpadu za měsíc

4.2.3 Popis provozovny Říčany

Provozovna Říčany funguje jako samostatná firma. Jejím úkolem je zajišťovat chod provozovny, obstarávat zakázky, obsluhovat svoz odpadu a veškeré potřebné práce s tím související. Zodpovídají se celkovému vedení Marius Pedersen pro Českou Republiku a to formou výročních zpráv, jednání a kontrol. Vedení dozoruje nad celkovým chodem společnosti, schvaluje rozpočet a bussines plán na daný rok. Veškerý vozový park a přístroje používané ke sběru a zpracování odpadu má provozovna přiděleny, může zažádat o jejich rozšíření a to na základě podložených informací. Pokud provozovna nebude plnit schválený plán, společnost ji bude ze začátku vypomáhat a hledat řešení nápravy. Pokud se i přesto nepodaří naplnit dané podmínky, provozovna se zruší.

Provozovna se nachází na okraji města Říčany, součástí jsou kanceláře, sběrný dvůr, parkoviště pro vozidla a překladiště. Stará se o odpad v obci Říčany a v blízkém okolí do 50 km od střediska. Vzdálenost, kam až může sahat působnost firmy, je omezena konkurencí v oblasti.

Těžko lze garantovat nižší cenu za svoz odpadu, když vozidlo musí do určené oblasti urazit 50 km, oproti konkurenční firmě, která má středisko vzdálené například 10km.

Marius Pedersen Říčany disponuje 8 vozy sloužící k sběru a svozu odpadu, zaměstnává 45 zaměstnanců, obsluhuje 24 obcí. Palivo do svých vozidel tankují zaměstnanci na čerpacích stanicích Benzina, se kterou mají uzavřenou smlouvu a vyjednanou cenu.

4.2.3.1 Provozované služby v Říčanech

Marius Pedersen Říčany zajišťuje tyto služby:

- Sběr, svoz a odstraňování směsného i tříděného komunálního odpadu
- Svoz nebezpečného odpadu, bio odpadu, gastro odpadu, tekutého a kapalného odpadu, zdravotnického odpadu, dřevěného odpadu, elektro odpadu
- Svoz odpadkových košů
- Odstranění černých skládek
- Provoz sběrných dvorů
- Odvoz suti, velkoobjemových kontejnerů a pneumatik
- Údržba komunikací a zeleně

4.2.4 Zákon o odpadech

4.2.4.1 Základní vysvětlení

Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. stanovuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů, zpracování odpadů, povinnosti osob podnikající v tomto oboru a působnost veřejné správy. Je řízen předpisy Evropské unie. Firma poskytující službu sběru odpadu se musí tímto zákonem řídit a splňovat podmínky, které jsou tímto zákonem stanoveny. Stejně tak obec musí dodržovat pravidla, která jsou v zákonu napsána. Zákon nám definuje co to odpad je, jakým způsobem se dělí a na jaké odpady se vztahuje.

Základní pojmy:

- Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit. [4]
- Komunální odpad je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů. [4] Odpad podobný komunálnímu odpadu vzniká při činnosti právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.

- Sběr odpadů je soustředování odpadů právnickou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání od jiných subjektů za účelem jejich předání k dalšímu využití nebo odstranění. [4]

Velmi důležitou informací která ze zákona vyplývá je, že vlastníkem odpadu je nepodnikající fyzická osoba pouze do té doby než odpad odloží na veřejné místo k tomu určené. Dále se stává vlastníkem odpadu obec, která se musí postarat o jeho likvidaci.

Odpad je rozdělen:

- Nebezpečný odpad
- Ostatní odpad

Ostatní odpady se dělí do 20 kategorií například: komunální odpad, stavební a demoliční odpad, odpady olejů a dalších paliv, odpady z tepelných procesů atd. Každá kategorie má své podkategorie, které blíže specifikují druh odpadu. Celé rozdělení lze nalézt v katalogu, který vydává každý rok Ministerstvo životního prostředí.

4.2.4.2 Nutné podmínky splnění

Obec a firma zajišťující sběr odpadu musí ze zákona plnit určité povinnosti.

Základní povinnosti obce:

- Zajistit místa pro odkládání komunálního odpadu.
- Stanovit vyhlášku, která upravuje systém sběru odpadu.
- Zvolit zda za službu bude vybírán poplatek, popřípadě jakým způsobem

Základní povinnosti firmy:

- Zařazovat a shromažďovat odpad dle druhu do kategorií.
- Ověřovat nebezpečné vlastnosti odpadu a zabezpečit ho před odcizením.
- Vést evidenci o odpadech a jejich zpracování. Ustanovit odpadového hospodáře.
- Označit vozidla přepravující odpad dle předpisů

4.2.4.3 Stručné shrnutí

Zákon o odpadech je velmi rozsáhlý a obsahuje mnoho povinností, které musejí být plněny všemi stranami systému. Definiuje pojmy a vysvětluje procesy, které je třeba plnit. Vysvětlit tento zákon není předmětem práce, proto jsem zde shrnul jen opravdové základy, které jsou podstatné pro řešený problém.

4.2.5 Popis systému sběru odpadu ve městě

Město Říčany si pro likvidaci odpadu najímá výše zmíněnou svozovou společnost Marius Pedersen a.s., která je oprávněna na základě platné smlouvy s městem zajišťovat nakládání s komunálním odpadem, vzniklým na území města.

V Obecné vyhlášce č.4/2013, pomocí níž město Říčany stanovuje systém nakládání s komunálním a stavebním odpadem, je uveden režim shromažďování, sběru, přepravy, třídění, využívání a odstraňování komunálních a stavebních odpadů.

Pro obyvatele jsou po městě rozmístěny nádoby k třídění komunálního odpadu (popelnice, kontejnery, plastové pytle, odpadkové koše, nádoby na specifický druh odpadu). Tyto nádoby jsou osobním vlastnictvím svozové firmy Marius Pedersen a.s.

Uživatelé systému jsou povinni své sběrné nádoby přistavit na místo svozu (tím se rozumí rozhraní vozovky a chodníku, které je svými parametry dostupné technice svozové společnosti, není-li dohodnuto jinak.) a to nejpozději do 6. hodiny ranní svozového dne a odstranit je do 22. hodiny svozového dne. Dále jsou také povinni plnit sběrné nádoby pouze komunálním odpadem a to pouze do objemu uvedeného ve smlouvě.

Město od uživatelů systémů vybírá poplatky za služby svozové firmy. Výše roční úhrady se každý kalendářní rok liší, stanovuje ji Rada města s ohledem na předpokládané náklady na svoz a likvidaci odpadu. Po finanční úhradě je uživateli systému přidělena známka na svoz odpadu, která slouží k identifikaci sběrné nádoby určené ke svozu. Existuje totiž více velikostí sběrných nádob i více typů svozů.

Typy svozů a velikosti nádob:

- sběrná nádoba o objemu 80 l: 1x za 7 dní
- sběrná nádoba o objemu 120 l: 1x za 7 dní
- sběrná nádoba o objemu 240 l: 1x za 7 dní
- sběrná nádoba o objemu 1100 l: 1x za 7 dní

Tudíž sběr a svoz komunálních odpadů u typizovaných sběrných nádob se provádí 1x týdně, dále pak 2x týdně svoz košů na psí exkrementy a 3x týdně svoz odpadkových košů.

Občanům města je dále k dispozici sběrný dvůr, do kterého mohou přivést k likvidaci odpad větších rozměrů, který se nevejde do sběrné nádoby, dále pak bio odpad či odpad stavební.

Sankce za nesprávné nakládání s komunálním nebo stavebním odpadem jsou postihovány podle obecně závazných právních předpisů (nejčastěji se jedná o peněžní pokuty ve výši až 300 000 Kč pro fyzické osoby, ve výši až 10 000 000 Kč pro osoby právnické).

Město Říčany využívá k evidenci poplatníků vlastní informační systém. Zaznamenávají si data o tom, jaká nemovitost má zaplacený poplatek a na jak dlouho dobu. Dále jak velkou nádobu využívají a kolik osob v nemovitosti žije.

4.2.6 Matice odpovědnosti

Tabulka 1: Matice odpovědnosti

MATICE ODPOVĚDNOSTI	Město Říčany	Krajský úřad-S.K.	Občan	M.P. a.s.	M.P. Říčany-vedení	M.P. Říčany-Odpad. Hospodář	M.P. Říčany-obchod. odd.	M.P. Říčany-dispečer	M.P. Říčany-popeláři
Zajištění služby sběru a likvidace odpadu v Říčanech	P								
Výběr poplatků za službu	P								
Kontrola a penalizace neplacících osob využívajících službu	P								
Kontrola podnikajících osob a právnických osob	P								
Stanovení počtu opakování sběru odpadu	P								
Odpovědnost za správnost odpadu v daných nádobách			P						
Sběr odpadu z nádoby								S1	P
Označení vozidla pro daný odpad								S1	P
Vyplnění formuláře o průběhu směny									P
Obslužení všech obyvatel dle smlouvy					S1			P	
Vlastník nádob na odpad					P				
Výběr tras v dané lokalitě									P
Naplánování tras do lokalit							S1	P	
Převoz odpadu do koncového zařízení									P
Výběr koncového zařízení								P	
Správné nakládání s opady						P			
Kontrola správnosti nakládání s opady	S	P							
Řízení provozovny									
Odpovědnost za pohonné hmoty ve vozidle								S1	P
Odpovědnost za stav vozidel									P
Vlastník techniky provozovny (vozidla, kontejnery)				P	S1				
Vlastník prostorů střediska	P								
Schvalování rozpočtů				P					
Počet zaměstnanců provozovny					P				
Nákup nové techniky				P	S1				
Uzavírání nových smluv					S1		P		
Plnění business plánu					P		S1		
Kontrola zaměstnanců					S1		S2	P	
Vyhodnocování a analýza dat					P			S1	

*M.P... Marius Pedersen

*S.K... Středočeský kraj

*P... primární odpovědnost

*S... sekundární odpovědnost

4.3 Technické řešení sběru odpadu

4.3.1 Vozový park a specifikace vozů

Svozová společnost Marius Pedersen a.s. má ve svém vozovém parku ve městě Říčany k dispozici 8 vozů značky Mercedes. Cena jednoho auta je přibližně okolo 5 000 000 Kč, liší se podle objemu vozidla, typem nástavby a typem vyklápěčů. Každé vozidlo musí být řádně označeno, který odpad vyváží. Vozová technika je zaparkována v areálu sběrného dvora.

Provozovna Říčany využívá vyklápěče od firmy Zoeller. Používají se pouze manuální vyklápěče s vysypáváním odpadu v zadní části vozidla. Marius Pedersen Říčany využívá tyto typy vyklápěčů:

- **Manuální dělený hřebenový vyklápěč 301**
Tento typ je vhodný na odstranění odpadu v obydlých a průmyslových oblastech, konkrétně je vhodný pro nádoby 60-340 litrů (při vyprazdňování dvou nádob) nebo pro nádoby 500 - 1300 litrů (při vyprazdňování jedné nádoby). Časový cyklus závisí na velikosti nádoby, nádoby do 340 litrů jsou vyklápěny v rozmezí 6-8 sekund, nádoby 500 - 1300 litrů jsou vyklápěny v rozmezí 10-12 sekund.
- **Manuální nedělený hřebenový vyklápěč 321**
Tento typ je vhodný pro vyprázdnění dvou nádob 60-340 litrů nebo jedné nádoby 500-1300 litrů. Časový úsek je také závislý na velikosti nádoby a časové rozmezí je stejné jako u předešlého typu.
- **Otevřený hřebenový vyklápěč typ 356**
Pomocí tohoto typu lze vyprazdňovat vyklápěcí kontejnery 2,5 – 5 m³, velkoobjemové kontejnery i nádoby o velikosti 80 – 1300 litrů. Časový úsek je v rozmezí 15 – 45 sekund.

Spotřeba, při přímém svozu sběrných nádob je 80 litrů na 100 kilometrů. Při přejezdech do dané oblasti svozu se spotřeba pohybuje kolem 60 litrů na 100 kilometrů. Nádrže vozidel jsou 200 litrové

K dispozici jsou následující typy vozů:

1) **Vozidlo PRESS dvounápravové s lineárním lisováním**

Hmotnost tohoto vozu je 18 tun. Objem nástavby je maximálně 16 m³. A zatížení by nemělo přesahovat 7 tun. Toto vozidlo je vhodné pro nádoby 120 – 1100 litrů. Marius Pedersen a.s. Říčany má k dispozici dva takové vozy. Vozidla se využívají ke svozu komunálního odpadu, bio odpadu, skla a nápojových kartonů. Na jednom voze je instalován manuální dělený

hřebenový vyklápěč 301 a na druhém manuální nedělený hřebenový vyklápěč 321. Pro obsluhu vozidla jsou zapotřebí 2-3 zaměstnanci. (Obrázek 4)



Obrázek 4: Vozidlo PRESS dvounápravové s lineárním lisováním [26]

2) Vozidlo PRESS dvounápravové s lineárním lisováním

Hmotnost vozu je 12 tun. Maximální objem nástavby je 12 m³, zatížení by nemělo přesahovat 5,2 tuny. Vozidlo je vhodné pro svoz sběrných nádob od 60 do 1100 litrů. K dispozici je ve městě Říčany jeden vůz tohoto typu. Vozidlo se využívá ke svozu komunálního odpadu, bio odpadu, skla a nápojových kartonů. Na voze je instalován manuální dělený hřebenový vyklápěč 301. Pro obsluhu vozidla jsou zapotřebí 2-3 zaměstnanci. (Obrázek 5)



Obrázek 5: Vozidlo PRESS dvounápravové s lineárním lisováním [26]

3) Vozidlo PRESS třínápravové s lineárním lisováním

Hmotnost vozidla se pohybuje kolem 26 tun. Objem nástavby je maximálně 24 m³. Zatížení by nemělo přesahovat 12 tun. Vozidlo je vhodné pro sběrné nádoby 120-1100 litrů. V Říčanech je k dispozici 1 vozidlo. Využívá se ke svozu komunálního odpadu, bio odpadu, skla a nápojových kartonů. Na voze je instalován otevřený hřebenový vyklápěč typ 356. Pro obsluhu vozidla jsou zapotřebí 2-3 zaměstnanci. (Obrázek 6)



Obrázek 6: Vozidlo PRESS třínápravové s lineárním lisováním [26]

4) Vozidlo dvounápravové s hydraulickou rukou

Toto vozidlo váží 10 tun. Objem nástavby je 13 m³. A zatížení by nemělo přesahovat 4,5 tony. Vůz je vhodný na vývoz zvonů nebo svoz velkoobjemových kontejnerů. V Říčanech je k dispozici jeden vůz. Pro obsluhu vozidla je zapotřebí jeden zaměstnanec. (Obrázek 7)



Obrázek 7: Vozidlo dvounápravové s hydraulickou rukou [26]

5) Vozidlo třínápravové s velkoobjemovým kontejnerem a hydraulickou rukou

Hmotnost vozu je 26 tun. Objem jeho nástavby je 30 m³ a zatížení by nemělo přesahovat 10 tun. Je vhodné na svozy zvonů. K dispozici je jeden vůz. Pro obsluhu vozidla je zapotřebí jeden zaměstnanec. (Obrázek 8)



Obrázek 8: Vozidlo třínápravové s velkoobjemovým kontejnerem a hydraulickou rukou [26]

6) Vozidlo – nosič kontejnerů ABROL

Jeho hmotnost je 26 tun. Objem kontejnerů na nápravě je maximálně 38 m³. Zatížení včetně kontejnerů by nemělo přesahovat 13,5 tuny. Vhodné pro nádoby ABROL/MSTS. K dispozici jsou dva vozy, ke kterým je možno zapojit další soupravu. Využívá se k odvozu odpadu ze střediska do koncového zařízení. Pro obsluhu vozidla je zapotřebí jeden zaměstnanec. (Obrázek 9)



Obrázek 9: Vozidlo - nosič kontejnerů ABROL [26]

4.3.2 Počet zaměstnanců a jejich úlohy

Provozovna v Říčanech má celkem 45 zaměstnanců. Mezi ně patří ředitel, odpadových hospodář, obchodní zástupci, dispečeri, popeláři a zaměstnanci sběrného dvora.

- Ředitel se stará o celkový chod provozovny. Komunikuje s vedením Mariuse Pedersena, prezentuje chod firmy, vyjednává o rozpočtu, sestavuje business plán a plánuje inovace.
- Odpadový hospodář je odpovědnou osobou za správné nakládání s odpady. Musí dle zákona splňovat podmínky na vzdělání a praxi.
- Obchodní zástupci pracují na výběrových řízeních, prodávají služby firmy (velkoobjemové kontejnery, odvoz nadbytečného odpadu atd.), starají se o stávající klienty a domlouvají podmínky (např. o město Říčany)
- Dispečeri dostávají domluvené zakázky od obchodních zástupců a plánují jejich realizaci. Zajišťují vývoz abrolových kontejnerů do koncových zařízení, plánují oblasti svozu. Jsou neustále k dispozici při každé směně sběru a svozu odpadu, řeší náhle vzniklé problémy (např. nevyvezená popelnice, auto je přeplněné dříve než dle svozového plánu atd.), sledující průběh směny na web dispečinku a zpracovávají data o průběhu směny. Dispečeri pracují na dvě směny, dopolední a odpolední, stejně jako popeláři. Je to z důvodu vysokého využití vozidel.
- Popeláři se starají o praktickou část práce, obsluhují vozidla, zajišťují vývoz a sběr odpadu z nádob, jeho přemístění do kontejneru a zajišťují základní údržbu vozidel. Pracují na dvě směny, ranní od 6:00 do 14:00 a odpolední od 14:00 do 22:00 a to z důvodu co největšího využití vozidel. Pracovní doba je omezená vyhláškou města na noční klid.
- Zaměstnanci sběrného dvora se starají o evidenci a rozřazení přivezeného odpadu občany. Kontrolují jeho množství, evidují osoby a vybírají poplatky.

4.3.3 Likvidace odpadu

Marius Pedersen Říčany nemá možnost vlastní likvidace odpadu ani třídění (nevlastní třídící linku), musí tedy odpad odvézt. K likvidaci odpadu se využívají různá koncová zařízení, která se vybírají dle aktuální ceny za likvidaci nebo uskladnění.

Typy likvidace odpadu:

- Skládkování
Tento způsob likvidace odpadu je v dnešní době nejrozšířenější, avšak velmi nevhodný. Znečišťuje životní prostředí a zabírá velké plochy půdy. Trendem je tento způsob likvidace

používat pouze na odpad, který nelze jinak likvidovat a zvýhodňovat likvidaci odpadů jinými způsoby.

- Recyklace

Jedná se o opětovné využití materiálu. Nejdůležitějším prvkem recyklace je třídění odpadů již u jeho původce, což není možné zajistit u všech obyvatel a tím se snižuje efektivita recyklace.

- Kompostování

Přeměna bio opadu za přístupu vzduchu a činnosti mikroorganismů na kompost.

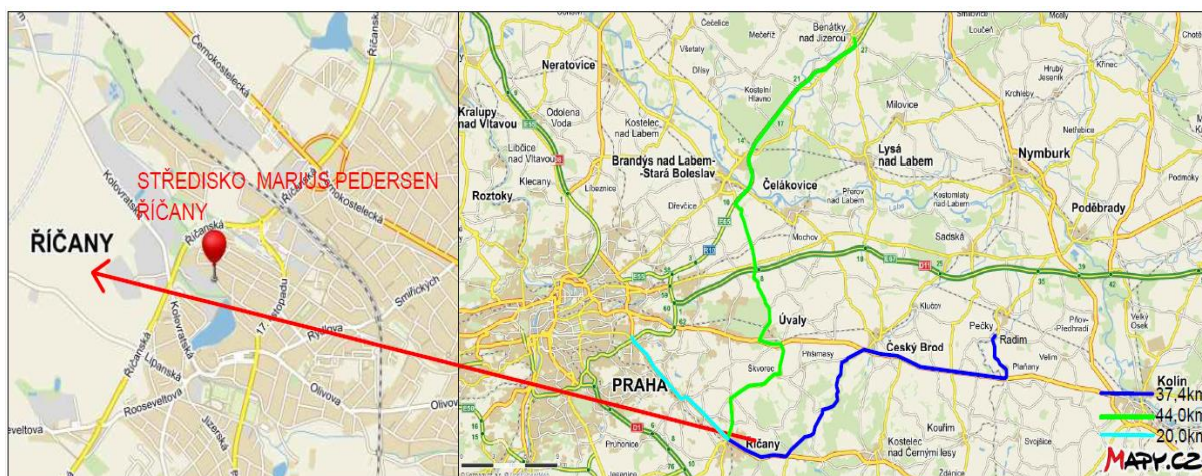
- Spalování

Za pomoci tepla se mění organické sloučeniny na vodu, CO₂ a popel. Odpad ve své podstatě není zničen, ale pouze přeměněn. Změní se jeho složení a objem. Při spalování mohou vznikat vysoce jedovaté látky, je třeba provádět čištění plynů.

- Pyrolýza

Způsob likvidace odpadu při vysokých teplotách 250 – 1600 °C za sníženého atmosférického tlaku, bez přístupu vzduchu.

Ze statistických údajů firmy vyplývá, že se nejčastěji vyváží komunální odpad a bioodpad na skládku v Radimi, papír a sklo se vyváží do spalovny na Praze 10 a plast k recyklaci do Benátek nad Jizerou viz Obrázek 10. Vzdálenosti do koncových zařízení, pokud vezmeme v potaz vysokou spotřebu vozidel, je poměrně velká, ale bohužel nám situace nenabízí lepší řešení.

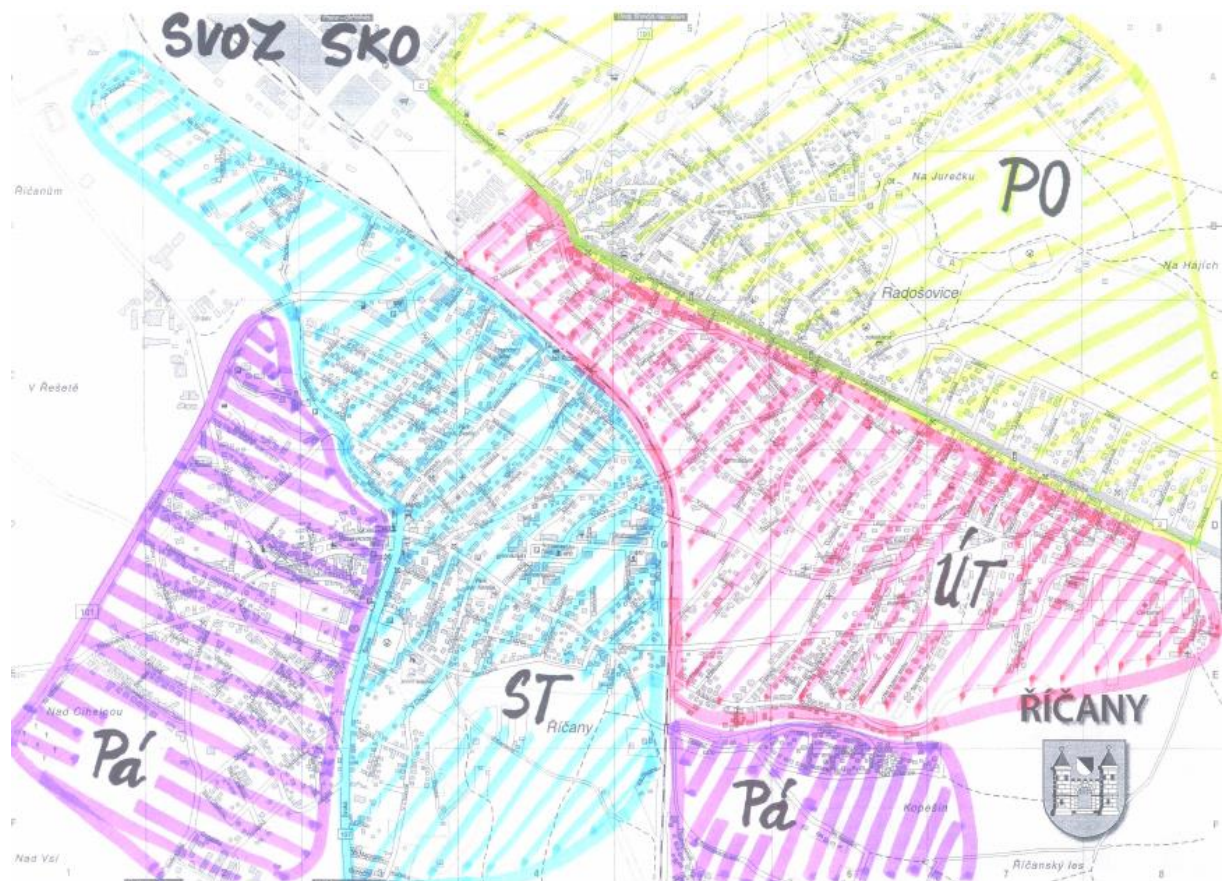


Obrázek 10 Mapa koncových zařízení a vzdáleností od provozovny [27]

4.3.4 Plánování tras vozidel pro sběr komunálního odpadu

Marius Pedersen Říčany nevyužívá k optimalizaci tras žádný software. Při plánování tras vychází z dlouholeté zkušenosti působením v této oblasti. Říčany jsou rozděleny dohromady

na 4 oblasti svozu, viz Obrázek 11. Svozové dny jsou pondělí, úterý středa a pátek. Danou oblast vždy obsluhuje pouze jedno vozidlo a to z důvodu, že oblasti nejsou příliš velké. Ostatní vozidla obsluhují svozové oblasti v jiných městech, kde Marius Pedersen Říčany působí. K tomuto řešení nebyl použit žádný algoritmus, pouze se vycházelo z dat získaných za dobu působení. Nebyla provedená žádná analýza a toto řešení firma považuje za optimální.



Obrázek 11: Oblasti svozu [28]

System momentálně funguje tak, že společnost dostane koncem roku od města informace o počtu popelnic, které mají vyvážet, avšak nedostane přesné adresy, kde se popelnice nacházejí. Předpokládá se, že stav z minulého roku je zachován. Zde nastává problém, že občané si službu nemusí zaplatit do data, kdy město předává informace svozové firmě. Nelze tedy přesně stanovit, zda bude třeba vyvážet více odpadu či méně. Město Říčany poté nekontaktuje firmu s každým dalším občanem, který službu zaplatí, pokud není třeba dodat novou nádobu. Marius Pedersen Říčany vyváží popelnice stejným způsobem jako v předešlém roce a to do konce ledna. Poté, když na nádobě na odpad není nalepena platná známka přidělená městem, popelnici odebere, ale to pouze za předpokladu, že není na soukromém pozemku. Pokud se vozidla

začnou v určité oblasti plnit rychleji, než se předpokládalo, dispečer upraví trasu vozidla tak aby obsluhovala co nejefektivněji. Opět k tomuto plánování není použit žádný algoritmus ani software, spoléhá se na zkušenosti dispečera.

Každoročně se počet popelnic, které má svozová společnost vyvážet, mění. S ohledem na růst počtu obyvatel ve městě se objem odpadu zvětšuje. Každým rokem je potřeba udělat malé změny v oblastech svozu. Samotné trasy nejsou optimalizovány vůbec. Řidičům je přidělena svozová oblast a je pouze na jejich rozmyšlení jakou trasu zvolí. Mají nařizeno svozovou oblast vyvážet vždy od nejvzdálenějšího místa od střediska. Důvodem svozu z koncového místa oblasti je, že pokud se vozidlo naplní a musí se vyprázdnit, tak aby se nemuselo vracet na nejvzdálenější místo, ale postupně se blížilo co nejvíce provozovně. Postupným svozem z těchto oblastí vědí, v jakém momentu je auto naplněno, optimalizace tudíž probíhá pouze zkušenostmi ze svozu.

4.3.5 Sledování tras vozidel z GPS, vyhodnocování dat

Vozidla jsou monitorována pomocí GPS systému, který byl zakoupen od firmy RADIUM s.r.o. Tato firma se specializuje na produkty v oblasti GPS technologií. Jejím hlavním produktem je systém Fleetware, který Marius Pedersen Říčany používá.

Hardwarová část systému je realizována jednotkou CarPosition, kterou si firma RADIUM vyvíjí sama. Jednotka CarPosition má integrovaný satelitní GPS přijmač s GPRS komunikací. Služba GPRS umožňuje přenos dat a připojení k internetu za využití systému GSM. Velkou výhodou systému je, že lze využívat jak off-line funkce, tak on-line. To znamená, že za normálního stavu se data přenáší v reálném čase, pokud se vozidlo ocitne mimo GPRS signál, je vedena komunikace pomocí SMS zpráv. Tato jednotka je připojena na sběrnici CAN, která zajišťuje komunikaci senzorů a jednotek ve vozidle a umožňuje získat potřebná data, která přenášíme do softwaru. CarPosition je integrována ve všech vozidlech Marius Pedersen Říčany.

Softwarová část sbírá data z jednotky a dále je zpracovává. Je rozdělena na více produktů, které si firma může zakoupit a popřípadě postupně rozšiřovat o další služby. Provozovna Říčany využívá službu Fleetware web, která je upravena na míru provozovně. Poskytuje tak informace skrze webové prostředí. Náhled do systému je k nahlédnutí v příloze A.

Používané služby:

- Zobrazuje v mapovém podkladu pohyb vozidel v reálném čase

- Informace o průběhu jízdy
- Kniha jízd
- Aktuální stav pohonných hmot
- Identifikace řidičů
- Účel jízdy
- Tachometr
- Monitoruje vyklápěč popelnic (eviduje jeho pohyb)

Monitorování vysypávání popelnic je realizováno pomocí jednoduchého systému. Na vozidle jsou umístěna dvě čidla, z toho v jednom je čip, který tato čidla ovládá. Jedno je umístěno na spodní pohyblivé části vyklápěče a druhé na horní pevné části vyklápěče. Při výsypu popelnice, se spodní část vyklápěče dotkne horní a čip zaznamená výsyp. Systém je napojený na sběrnici CAN a propojen s jednotkou CarPosition. Upravený software poté zobrazuje v mapě data pokaždé, kdy dojde k zvednutí vyklápěče. Systém nelze použít k detekování počtu popelnic, či řešení neplatičů služby. Pokud bude popelnice přeplněná a nedojde k jejímu vysypání na jedno zvednutí vyklápěče, je třeba opakovat vysypání a systém nám zapíše na jednom místě více dat, která jsou dále interpretována jako výsyp více popelnic.

Dále je na vozidlech nainstalován kamerový systém. Kamera je umístěna na čelní straně vozu a snímá projížděnou trasu. Data jsou z kamer přenášena pomocí paměťové karty do počítače dispečera. Čas kamer je manuálně synchronizován s časem vedeným na web dispečinku. Tento systém se využívá například při nahlášení nevyvezené popelnice. Dispečer se na web dispečinku podívá, v jaký čas bylo vozidlo na nahlášeném místě. Poté si vyhledá v kamerovém záznamu daný čas a zjistí, zda vůz popelnici přehlédl nebo zda popelnice nebyla přistavena ke komunikaci.

5 Návrh zlepšení systému

Zlepšení systému je možné realizovat dvěma způsoby, a to optimalizací systému nebo rozšířením infrastruktury. Ideálním případem je kombinace těchto řešení. Musíme však vzít v potaz, že ani jedno řešení není levné, a že finanční zdroje firmy jsou omezené.

5.1 Návrh zlepšení systému za předpokladu využití stávající infrastruktury

Pokud chceme navrhnout změnu v systému, která povede ke snížení nákladů, a nebudeme rozšiřovat infrastrukturu, musíme nejprve udělat kompletní analýzu systému. Zjistit jeho nedostatky, mezery a chyby. Podrobným popisem systému jsem se zabýval v předchozích kapitolách. Na základě zjištěných dat budu navrhopvat řešení, které povede ke snížení nákladů. Budu se zabývat změnami v těchto částech systému:

- Optimalizace tras za využití vhodného algoritmu
- Zefektivnění práce zaměstnanců

5.1.1 Optimalizace tras za využití algoritmů

Optimalizace tras sběru a svozu opadu je logistický problém, kde je třeba nalézt optimální cestu vozidla o určité kapacitě, které musí projet celou oblast a na daných místech naložit odpad o určitém objemu a vrátit se do depa, ze kterého vyjelo. Vzhledem k tomu, že Říčany jsou poměrně malé město, tak danou svozovou oblast obsluhuje pouze jedno vozidlo. Tento problém se dá řešit pomocí dvou algoritmů:

- Problém čínského pošťáka - jedná se o problém, kde se nepočítá s kapacitou vozidel, tedy i kapacitou svozových nádob. Algoritmus nám tedy neposkytne ideální řešení, avšak jeho použití je méně náročné a výsledek optimalizovaných tras spolehlivý.
- Problém okružních jízd – jedná se o kapacitní problém okružních jízd, kdy máme jedno vozidlo, které má určenou kapacitu. Tento algoritmus je velmi složitý na aplikaci a následnou implementaci. Je třeba vytvořit graf, kde každá svozová nádoba bude vrcholem grafu. Z toho vyplývá, že řešený graf bude mít stovky vrcholů a je zapotřebí velké výpočetní síly pro nalezení řešení, které nemusí být naprosto ideální.

5.1.2 Aplikace na modelové situaci

K aplikaci algoritmů pro určení optimální trasy vozidel svozu odpadu byla zvolena pouze část města Říčany, na které budou tyto postupy znázorněny. Vybraná část města je zobrazena na následujícím obrázku. (Obrázek 12)



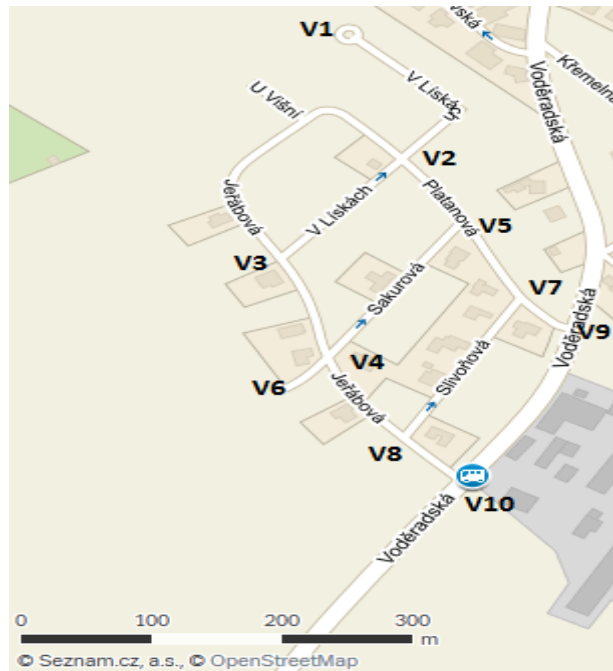
Obrázek 12: Zvolená část města [29]

V následující části budou stanoveny optimální trasy jízdy dvěma způsoby, a to úlohou čínského pošťáka a úlohou okružních jízd.

Tak abychom dokázali problém matematicky řešit, je zapotřebí určité názvy pojmů převést do správně terminologie. Mapa s trasou vozidla pro nás bude představovat orientovaný graf, kde vrcholy budou odpovídat křižovatkám nebo svozovým nádobám. Trasy mezi nimi budou odpovídat orientovaným ohodnoceným hranám.

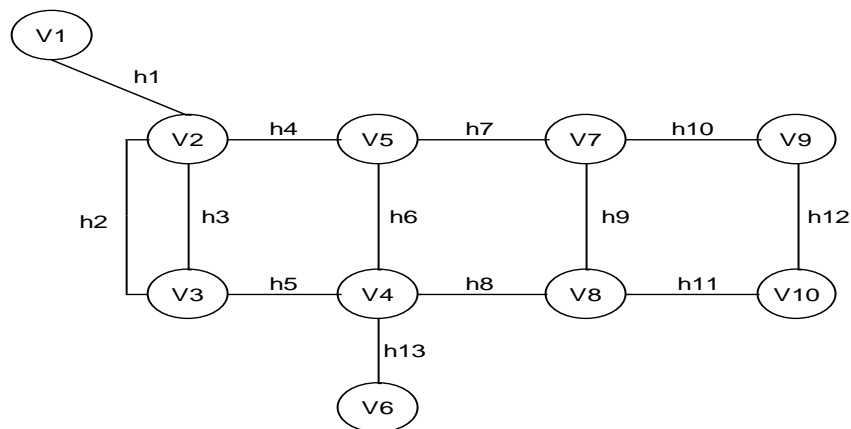
5.1.2.1 Úloha čínského pošťáka

V první řadě bylo nutné přetransformovat rozložení ulic a křižovatek do rovinného grafu. Z tohoto důvodu jsou pro názornost v následující mapě (Obrázek 13) zobrazující detailní situaci očíslovány jednotlivé křižovatky.



Obrázek 13: Detailní situace [30]

Mapa detailní situace byla následně převedena na rovinný graf. Tento graf obsahuje celkem dvanáct vrcholů s označením V1 – V10 a třináct hran označených h1 – h13 propojující uvedené vrcholy. Vytvořený graf je uvedený na následujícím obrázku. (Obrázek 14.)



Obrázek 14: Rovinný graf situace

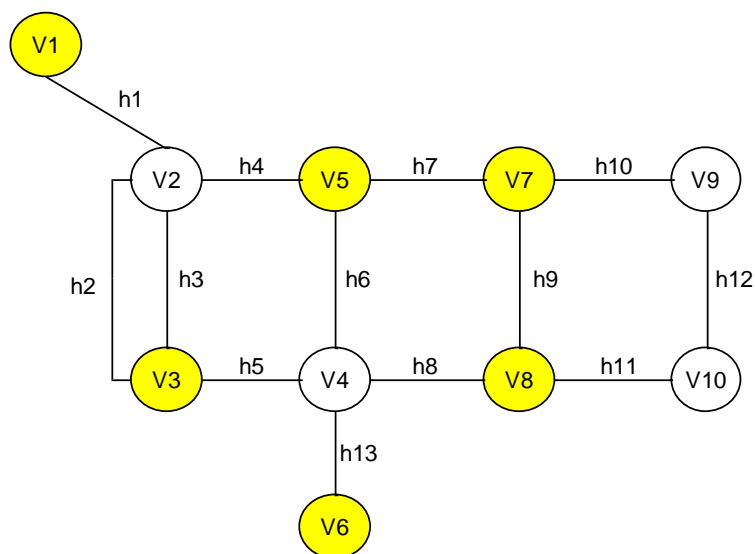
K uvedeným hranám grafu bylo přiřazeno ohodnocení dle vzdálenosti jednotlivých úseků mezi vrcholy. Po určení optimální trasy jízdy vozidel bude z tohoto ohodnocení hran stanovena celková délka trasy jízdy. Ohodnocení jednotlivých hran je uvedeno viz

Tabulka 2.

Tabulka 2: Ohodnocení hran

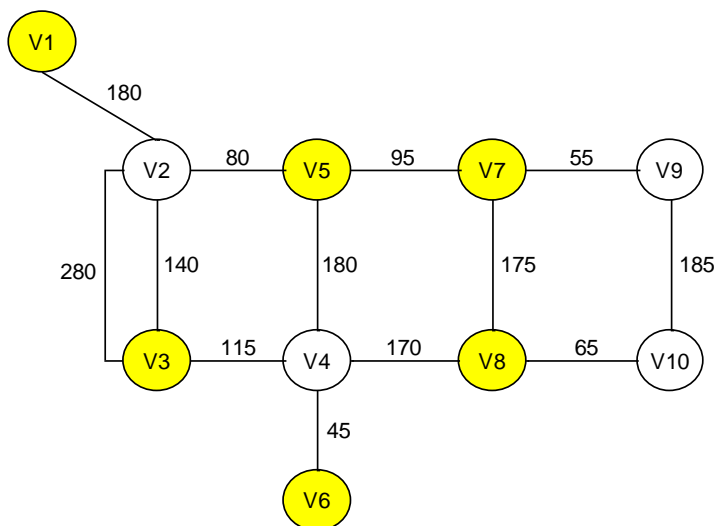
Název ulice	Hrana	Délka hrany[m]
V Lískách	h1	180
Jeřábová	h2	280
V Lískách	h3	140
Platanová	h4	80
Jeřábová	h5	115
Sakurová	h6	180
Platanová	h7	95
Jeřábová	h8	170
Slivoňová	h9	175
Platanová	h10	55
Jeřábová	h11	65
Voděradská	h12	185
Sakurová	h13	45

Vytvořený graf obsahuje šest lichých vrcholů. Jedná se tedy o graf s počtem $2 \cdot t$ lichých vrcholů. Proto byl využit Edmondsův algoritmus. Nejprve bylo nutné určit liché vrcholy (viz Obrázek 15).



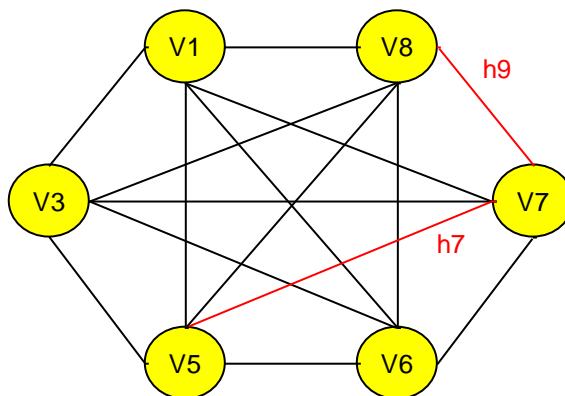
Obrázek 15: Označení lichých vrcholů

Pro názornost bylo doplněno ohodnocení hran z tabulky do následného grafu. (Obrázek 16).



Obrázek 16: Označení lichých vrcholů – ohodnocení hran

Určené vrcholy byly doplněny na kompletní graf (Obrázek 17). V tomto grafu jsou označeny z důvodu přehlednosti pouze reálné přímé hrany spojující dané vrcholy (červeně).



Obrázek 17: Kompletní graf lichých vrcholů

Propojení všech lichých vrcholů je uvedeno viz Tabulka 3. Jedná se o matici sousednosti. Zde jsou zvýrazněny reálné hrany (červeně) a ostatní (černě). Dále bylo potřebné nahradit označení hran reálnou vzdáleností viz Tabulka 4.

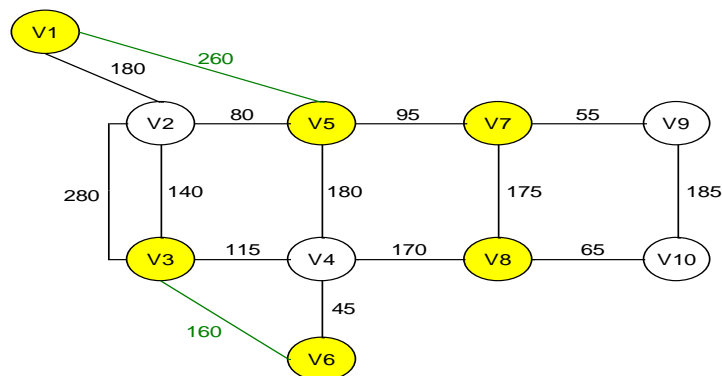
Tabulka 3: Matice sousednosti lichých vrcholů v kompletním grafu

	V1	V3	V5	V6	V7	V8
V1		hx13	hx15	hx16	hx17	hx18
V3	hx13		hx25	hx26	hx27	hx28
V5	hx15	hx25		hx56	h7	hx58
V6	hx16	hx26	hx56		hx67	hx68
V7	hx17	hx27	h7	hx67		h9
V8	hx18	hx28	hx58	hx68	h9	

Tabulka 4: Matice sousednosti lichých vrcholů v kompletním grafu – ohodnocení hran

	V1	V3	V5	V6	V7	V8
V1		320	260	480	355	530
V3	320		220	160	315	285
V5	260	220		225	95	270
V6	480	160	225		320	215
V7	355	315	95	320		175
V8	530	285	270	215	175	

Z kompletního grafu byly určeny hrany minimálního párování, o které musí být doplněn původní graf, aby se z něj stal graf eulerovský. Jako hrany minimálního párování vyšly hrany mezi vrcholy V1,V5 a V3,V6. Tyto hrany jsou zakresleny do grafu zeleně, viz Obrázek 18.

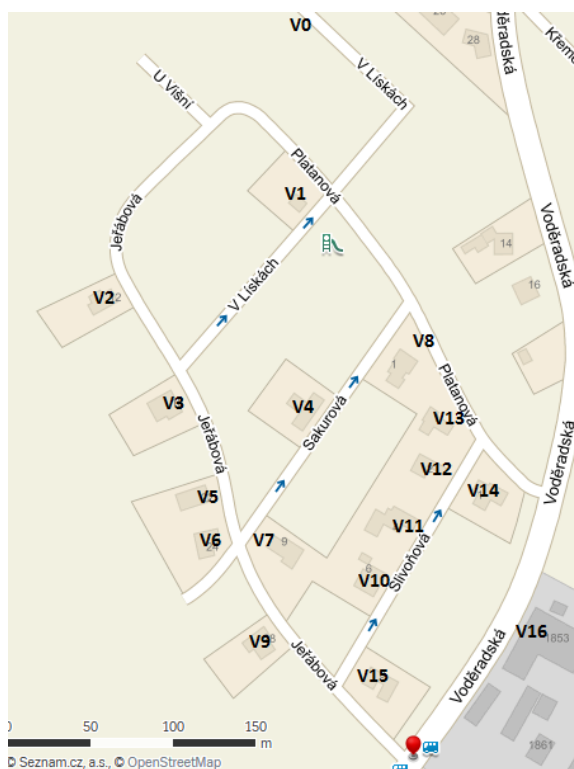


Obrázek 18: Graf s doplněnými hranami párování

Následně byl v doplněném grafu vytvořen otevřený eulerovský sled pomocí Fleuryho algoritmu. Jako počáteční vrchol musel být zvolen jeden ze zbylých lichých vrcholů (V7 a V8). Ve druhém lichém vrcholu musí sled končit. V tomto případě byla konstrukce započata ve vrcholu V7. Sled vrcholů průchodu byl stanoven na $V7 - V5 - V1 - V2 - V5 - V4 - V6 - V3 - V2 - V3 - V4 - V8 - V7 - V9 - V10 - V8$. Po vypuštění hran minimálního párování, musely být tyto hrany nahrazeny reálnými cestami v grafu. Z toho důvodu se výsledný sled změnil na $V7 - V5 - V2 - V1 - V2 - V5 - V4 - V6 - V4 - V3 - V2 - V3 - V4 - V8 - V7 - V9 - V10 - V8$. Celková délka sledu je stanovena jako součet ohodnocení všech hran průchodu. Tím pádem délka $d = 95 + 80 + 180 + 180 + 80 + 180 + 45 + 45 + 115 + 140 + 280 + 115 + 170 + 175 + 55 + 185 + 65 = 2185$ m.

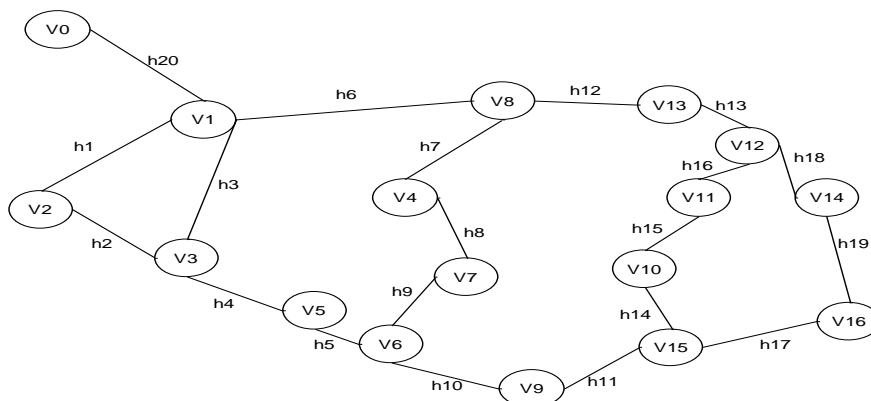
5.1.2.2 Úloha okružních jízd

Pro možnost využití metody okružních jízd musely být nejprve zavedeny všechna místa obsahující požadavek na odvoz odpadu zavedeny do grafu jako vrcholy a komunikace propojující je jako hrany. Mapa situace zobrazující rozložení vrcholů je zobrazena níže viz Obrázek 19.



Obrázek 19: Situace vrcholů pro okružní jízdy ve zvolené lokaci [30]

Toto rozložení vrcholů v síti bylo převedeno na následující graf (Obrázek 20) obsahující sedmnáct vrcholů a dvacet hran.



Obrázek 20: Graf pro okružní jízdy

Následně byly hrany ohodnoceny délkou reálných cest mezi jednotlivými vrcholy. Ohodnocení hran je uvedeno viz Tabulka 5.

Tabulka 5: Ohodnocení hran okružních jízd

Hrana	Délka[m]
h1	220
h2	70
h3	200
h4	65
h5	35
h6	125
h7	120
h8	80
h9	15
h10	70
h11	55
h12	75
h13	50
h14	60
h15	45
h16	35
h17	170
h18	40
h19	120
h20	180

Dosažením ohodnocení a dalším zpracováním byla vytvořena matice vzdáleností uvedená viz Tabulka 6.

Tabulka 6: Matice vzdáleností

	v0	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16
v0	0	180	400	380	425	445	480	495	305	550	510	465	430	380	470	570	590
v1		0	220	200	245	265	300	315	125	370	330	285	250	200	290	350	410
v2			0	70	265	135	170	185	345	240	355	400	435	420	475	295	465
v3				0	195	65	100	115	315	170	285	330	365	400	405	225	395
v4					0	130	95	80	120	165	280	300	245	195	285	220	390
v5						0	35	50	250	105	220	265	300	325	340	160	330
v6							0	15	215	70	185	230	265	290	305	125	295
v7								0	200	85	200	245	280	275	320	140	310
v8									0	285	205	160	125	75	165	265	285
v9										0	115	160	195	245	235	55	225
v10											0	45	80	130	120	60	230
v11												0	35	85	75	105	195
v12													0	50	40	140	160
v13														0	90	190	210
v14															0	180	120
v15																0	170
v16																	0

Jelikož v daném příkladu, nelze překročit kapacitu svozového vozidla ani při obsluze všech vrcholů jednou okružní jízdou, je tedy možné stanovit délku objízdné trasy, jako součet $d = d_{0,1} + d_{1,2} + \dots + d_{15,16} + d_{0,16} = 185 + 220 + \dots + 170 + 590 = 2605$ m. Je zřejmé, že pro tento typ problému není problém okružních jízd vhodným řešením. Výsledek, který byl stanoven metodou čínského poláka, je podstatně lepší.

5.1.3 Aplikace algoritmu do stávajícího systému

Pro optimalizaci tras vybraným algoritmem, který budeme aplikovat na jednotlivé svozové oblasti, musíme mít potřebná data. Jedná se o všechny ulice, které je třeba obsloužit a vybrané svozové nádoby, které je třeba vyvést. Tyto data můžeme získat exportováním ze softwaru Fleetware, který firma používá. Dále je třeba vybrat nejvhodnější algoritmus dle požadavků firmy, což je především pořizovací cena a efektivita. Pokud vezmeme v potaz, že firma nedostává každý rok přesný počet svozových nádob a informace o jejich kapacitě. A že implementace algoritmu Clarka a Wrigtha je velmi složitá z důvodu velkého počtu svozových

nádob a nemusí být tolik přesná, je ideální využít problému čínského pošťáka. Je třeba si uvědomit, že neřešíme kapacitu vozidel, tedy nevíme, kdy přesně dojde k naplnění vozu. Tento problém pro naše využití můžeme v podstatě zanedbat z důvodu toho, že Říčany jsou poměrně malé město a středisko je umístěno skoro ve středu města. Dále bude potřeba algoritmus naprogramovat. Je třeba zvážit, zda se vyplatí udělat řešení jednorázové, kde se nebude počítat s rozpínáním města, které není natolik výrazné a tím se zjednoduší celková implementace. Nebo udělat řešení, kdy firma bude mít možnost trasy optimalizovat kdykoliv, kdy se rozšíří oblast svozu. Vzhledem k rozpočtu firmy bych navrhoval řešení jednorázové, které by pro firmu mělo být dostačující. Dále se získaná data musí graficky interpretovat a to způsobem, který musí být pochopitelný pro všechny zaměstnance i dělníky. Řešení je nainstalovat do každého vozidla tablet, který bude sloužit i pro další účely, o kterých se budu zmiňovat později. V tomto zařízení budou nadefinované trasy, které řidič bude muset dodržovat. Zároveň pokud tyto trasy nebudou dodržovány, bude na to upozorněn dispečer, který situaci vyhodnotí.

5.1.4 Zefektivnění práce zaměstnanců zajišťující sběr a svoz odpadu

Máme různé způsoby, jakými můžeme zefektivnit práci zaměstnanců:

- Motivací na základě finančního ohodnocení. Pokud bychom se inspirovali městskou částí v Londýně, která zaměstnance neplatí za hodinu práce, ale za obsluhu svozové oblasti. Mohli bychom docílit zrychlení práce a ušetření nákladů. Popeláři jsou tak motivováni k vlastní optimalizaci tras a urychlení své práce. Je třeba počítat s tím, že tyto lidé se snaží si svoji práci co nejvíce ulehčit, ale zároveň vydělat co nejvíce peněz.
- Nařízeními, která povedou k zrychlení práce. Těmito příkazy mohou být například předem stanovené pauzy, zákaz kouření v práci, jejich pracovní pomůcky musí mít své místo tak aby je zaměstnanec nemusel neustále hledat. Musejí mít předem stanovené úkoly a naplánované směny. Je důležité, aby tyto změny nevedly ke zhoršení morálky na pracovišti a zaměstnanci necítili příliš velké omezení.
- Určení vedoucího pracovníka směny, který odpovídá za provedenou práci. Tento zaměstnanec je lépe finančně ohodnocen, ale zároveň plní práci jako ostatní, za kterou je zodpovědný. Tedy je vždy na místě někdo, kdo dohlíží na průběh práce. Je velmi důležité správně vybrat tuto osobu.
- Finančními postihy v podobě pokut, udělovaných za špatně odvedenou práci, či neplnění pracovních úkolů. Z hlediska zkušenosti mnoha vedoucích pracovníků firem se tato metoda jeví jako neúspěšnější.

- Stmelování kolektivu je další důležitou částí. Je třeba neopomínat, že morálka na pracovišti zásadně ovlivňuje vykonanou práci, a že špatné vztahy mezi zaměstnanci mohou působit problémy. Firemní večírky či akce navazují mezi zaměstnanci lepší vztahy a tím i následný výkon jejich práce.

5.1.5 Roadmap a ekonomické zhodnocení

Na následujících obrázcích (Obrázek 21 a Obrázek 22) je zpracována postupná implementace navrženého řešení a zhodnocení návratnosti investice. Uvedené ceny jsou navrženy pouze orientačně dle předpokládané doby práce. Vycházel jsem z vlastních zkušeností a hodnoty svého času. Dle tohoto ekonomického zhodnocení bych firmě toto řešení nabídl. Je důležité si uvědomit, že se zabýváme pouze částí území, kde firma působí. Pokud bychom postupně rozšiřovali úseky a zařazovali další služby, úspory by mohli být nespočetně větší. I přesto je vidět, jak rychle se investice vrátí a jak rychle firma začne šetřit. Je nutné zdůraznit, že ceny uvedené v návratnosti investivce (Obrázek 22) jsou kumulativní.

ROADMAP	2017							
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen
Analýza systému	15 000 Kč							
Návrh specifického řešení dle požadavků	10 000 Kč							
Získání a zpracování dat potřebných pro optimalizaci		10 000 Kč						
Naprogramování algoritmu		30 000 Kč						
Implementace do stávajícího systému - naprogramování koncové aplikace, zakoupení tabletu do vozidla, implementace.				30 000 Kč				
Testovací režim na vybraném úseku					10 000 Kč			
Kompletní nasazení řešení - oprava chyb, vyhlazení, zaškolení, manažerská opatření, poradenství ohledně zaměstnanců.							20 000 Kč	
Celkem bez DPH 125 000 Kč								

Obrázek 21: Roadmap

Navratnost a uspora - předpokladány nejizší vydělék	2017					2018		
	Minimální uspora/vydělék							
	Srpen	Zaří	Říjen	Listopad	Prosinec	Leden	Únor	Březen
Pohonne hmoty - předpokládáme usporu 5km za den ve městě Říčany.	2 200 Kč	4 400 Kč	6 600 Kč	8 800 Kč	11 000 Kč	13 200 Kč	15 400 Kč	17 600 Kč
Práce zaměstnanců (3 zaměstnanci obsluhující 1 vozidlo, práce dispečera na směně, obsluha sběrného dvora, kde se odpad svází) - ušetření 30 minut práce zaměstnanců. V nakladu to stojí zaměstnavatele zhruba 500 Kč.	10 000 Kč	20 000 Kč	30 000 Kč	40 000 Kč	50 000 Kč	60 000 Kč	70 000 Kč	80 000 Kč
Efektivní vyzítzení vozidla - díky optimalizaci můžeme vozidlo vyzítřit o jeden den v měsíci navíc.	7 000 Kč	14 000 Kč	21 000 Kč	28 000 Kč	35 000 Kč	42 000 Kč	49 000 Kč	56 000 Kč
Snížení chybovosti zaměstnanců - předem naplanované trasy a kontrola od jejich odchýlení nutí zaměstnance projet všechny ulice a na žádnou nezapomenout. Tím se sníží chybovost a množství problémů s nevyvezenými nádobami apod. Dochází k úspoře pohonných hmot a času zaměstnanců.	2 000 Kč	4 000 Kč	6 000 Kč	8 000 Kč	10 000 Kč	12 000 Kč	14 000 Kč	16 000 Kč
Celkem uspora/vydělék	21 200 Kč	42 400 Kč	63 600 Kč	84 800 Kč	106 000 Kč	127 200 Kč	148 400 Kč	169 600 Kč

Obrázek 22: Navratnost investice (kumulativní ceny)

5.1.4 SWOT analýza

Tabulka 7: SWOT analýza

Strengths Investice do systému je dlouhodobá. Snížení doby sběru a svozu odpadu. Snížení spotřeby pohonných hmot. Snížení chybovosti zaměstnanců. Rychlá návratnost počáteční investice.	Weaknesses Finanční náročnost. Algoritmus nebere v potaz stav komunikací. Vozidlo se nemusí v naplánované trase například vytočit. Algoritmus nebere v potaz aktuální dopravní situaci. Dlouhá doba implementace
Opportunities Možnost postupného zdokonalování algoritmu. Možnost rozšiřování optimalizace do dalších úseků a služeb firmy.	Threats Zaměstnanci mohou chtít úmyslně poškodovat a obcházet systém.

Mezi silné stránky systému patří především finanční úspora, které je docíleno zkrácením svozových tras. Na základě toho dochází k snížení nákladů za pohonné hmoty, zaměstnance i vozidla. Investice do takové inovace se, dle finanční analýzy, vrátí firmě již za 6 měsíců a dále pouze šetří náklady. Velkou příležitostí tohoto systému je možnost postupného rozšiřování optimalizace do dalších obsluhovaných úseků a služeb firmy. Již odzkoušené řešení bude méně finančně náročné a mnohem rychlejší na implementaci. Velkou slabinou je, že algoritmus počítá s ideálním stavem komunikací, může tedy docházet ke zdržení v kolonách. Zde je za potřebí aby řidič vozidla použil selský rozum.

5.2 Návrh zlepšení systému za předpokladu rozšíření stávající infrastruktury

Základním předpokladem rozšíření infrastruktury v tomto oboru je nemalá investice. Což může být velký problém, protože ceny za tuto službu jsou poměrně nízké. V městě Říčany se vybírá

za sběr, svoz a likvidaci odpadu průměrný roční poplatek 2000 Kč. Pokud zjednodušíme situaci, tak svozová firma za tuto sumu musí po celý rok jednou týdně obstarávat vývoz popelnice. Z předchozích kapitol víme, jak velká je spotřeba vozidel, musíme do toho také zahrnout cenu za likvidaci odpadu a platy zaměstnanců. Je tedy velmi důležité, aby investice do inovace snižovala náklady systému od samého začátku a její návrat byl v poměrně krátkém časovém horizontu. Nebo aby se na investici podílelo například město, kterému investice může pomoci snížit počet neplacících osob využívající tuto službu.

5.2.1 Možná řešení

Pro navržení inovace systému je opět potřeba podrobná analýza systému, která byla provedena v předchozích kapitolách. Na základě zjištěných informací se naskytuje prostor pro inovace v těchto částech systému:

- Výběr poplatků od občanů
- Nelegálně obsluhované svozové nádoby
- Přepřehování svozových nádob
- Komunikace mezi řidičem vozidla a dispečerem
- Kontrola zaměstnanců
- Vozový park

5.2.1.1 ITS řešení v oblasti svozových nádob

Řešení je velmi jednoduché. Na vyklápěče vozidla se umístí dynamická váha, která je vybavena automatickým čtením RFID čipů. Tyto čipy budeme muset umístit na veškeré odpadové nádoby s informacemi o dané nádobě a jejich majitelích. U stávajících nádob se přilepí na stranu nádoby, u nových nádob se RFID čipy zakomponují přímo do výroby a jejich umístění bude uvnitř boční stěny. Při výsypu nádoby dojde k přečtení čipu a zvažení popelnice, což nám umožní její identifikaci a zkontrolování, zda nádoba není přeplněná. Dále je třeba tento systém propojit s informačním systémem, kde bude vedena veškerá evidence. Toho docílíme připojením systému na sběrnici CAN ve vozidle, která je propojena s jednotkou CarPosition. Tato jednotka dále odesílá data na server, kde se ukládají do informačního systému. Do tohoto systému by mělo mít město částečný přístup, tak aby vše bylo naprosto transparentní.

Zavedení RFID čipů a váhy do vyklápěče by řešilo mnoho stávajících problémů v systému. Dal by se ovlivňovat poplatek za tuto službu a tím zvýhodňovat občany, kteří třídí odpad. Naprosto

by se vyřešil problém neplatičů využívajících službu nelegálně. Měli bychom data o občanech, kteří přepřahují popelnice a tím je i ničí a také datové podklady pro podrobnější statistiky.

K implementaci systému je zapotřebí řídicí jednotka, váha, RFID čtečky, antény, kabeláž a vytvoření informačního systému dle požadavků.

5.2.1.2 Elektronická komunikace

Zlepšení komunikace mezi dispečerem a posádkou vozidla lze docílit zavedením elektronické komunikace za pomoci tabletu. Do vozidel by byl nainstalován tablet, který by komunikoval za pomoci mobilního připojení k internetu s počítačem dispečera. Na tabletu bude naprogramovaná aplikace s předem nastavenými situacemi, ke kterým dochází v průběhu směny. Řidič vozidla tak jednoduchým výběrem v aplikaci zvolí událost, ke které došlo a dispečer bude okamžitě informován o aktuální situaci. Nemusí tak čekat na konec směny a problém může řešit okamžitě. Zároveň systém eliminuje chybu, že řidič zapomene v průběhu směny na vzniklý problém a dispečera poté neinformuje.

5.2.1.3 Docházkový systém

Elektronická evidence zaměstnanců za pomoci snímání otisku prstu. Při vstupu do místností kde se zaměstnanci převlékají, bude instalován systém pro snímání otisku prstu, který bude propojen s centrální správou běžící na serveru. Každý zaměstnanec se bude muset přihlásit do systému a tak evidovat svůj příchod a stejně tak se bude muset odhlásit ze systému při jeho odchodu. Systém bude mít celkovou správu evidence zaměstnanců skrze webové rozhraní a odpovědná osoba bude mít přístup ke kontrole příchodů a odchodů zaměstnanců. Na základě získaných dat se mohou vyhodnocovat přesčasy zaměstnanců a vytvářet podklady pro jejich výplaty. Kontrolovat jejich pozdní příchody a eliminovat jejich snahu o podvod. Tento systém nelze obejít jako systém RFID karet, sdílením své karty.

5.2.1.4 Vozový park

Vozidlo pro svoz komunálního odpadu obsluhují 3 zaměstnanci firmy. Je tedy zapotřebí řidiče, podavače svozových nádob a člověka na ovládání vyklápěče. Tento nemalý počet zaměstnanců, který je pro firmu nákladný, se dá snížit zakoupením nového automatického vyklápěče.

Řešení nabízí firma Zoeller od které Marius Pedersen vyklápěče používá. Jedná se o moderní automatický dělený hřebenový vyklápěč typu 2301. Tento vyklápěč nabízí vysoký výkon, tedy i rychlost výsypu nádob, dvě samostatné jednotky pro výsyp nádob a především plně automatizované řešení výsypu popelnic. Vyklápěč lze nainstalovat na vozy, které využívá

Marius Pedersen k sběru komunálního odpadu, konkrétně na vozidlo PRESS dvounápravové i třínápravové. Díky takovému řešení je zapotřebí u vozidla pouze dvou zaměstnanců. Do budoucna je to velká úspora pro firmu, avšak takovéto řešení je velmi finančně náročné.

5.2.2 Roadmap a ekonomické zhodnocení

Na následujícím obrázku (Obrázek 23) je zobrazena implementace inovací systému na časové ose a zároveň její ekonomické zhodnocení. Ceny jsou pouze orientační a vychází z nasbíraných dat na internetu a informací získaných od firmy Marius Pedersen.

ROADMAP		2017							
		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen
ITS řešení v oblasti svozových nádob									
	Umístění RFID čipů na nádoby (cca 2000 nádob)	50 000 Kč							
	Implementace potřebných zařízení do vozidla a jejich nastavení	1 900 000 Kč							
	Vytvoření informačního systému	500 000 Kč							
	Propojení systémů a nastavení veškerých parametrů a vazeb			500 000 Kč					
	Testování a odstraňování chyb					100 000 Kč			
	Plnohodnotný provoz								
Celkem bez DPH 2 550 000 Kč									
Elektronická komunikace									
	Zakoupení tabletu a instalace do vozidla (možnost propojit s tabletem využívaným k navigaci)	20 000 Kč							
	Naprogramování aplikace	50 000 Kč							
	Testovací režim a vyhlazení chyb		10 000 Kč						
	Plnohodnotné nasazení								
Celkem bez DPH 80 000 Kč									
Docházkový systém									
	Zakoupení systému	40 000 Kč							
	Instalace snímače otisku prstů na požadované místo	10 000 Kč							
	Nastavení systému po softwarové stránce	3 000 Kč							
	Registrace zaměstnanců do systému								
	Testovací provoz								
	Plnohodnotný provoz								
Celkem bez DPH 53 000 Kč									
Automatický vyklápěč									
	Zakoupení a instalace vyklápěče na vozidlo	2 500 000 Kč							
	Školení								
	Plnohodnotné nasazení								
Celkem bez DPH 2 500 000 Kč									

Obrázek 23: Roadmap a ekonomické zhodnocení inovací

Návratnost investice do inovace systému v těchto případech není úplně předvídatelná. Hlavní výhodou těchto inovací je zkvalitnění služeb a každodenní práce. Je patrné, že tyto inovace povedou k finančním úsporám firmy nebo města.

ITS řešení v oblasti svozových nádob ušetří mnoho peněz, především z eliminování neplatičů služby svozu odpadu, kterých je ve městě Říčany přibližně 500. To znamená, že město ročně přijde o 1 000 000 Kč. Tato inovace nám poskytuje mnoho dalších výhod, jako nepřepřehňování popelnice případně pokutování tohoto přestupku, nasbíraná data by se dala využít k dalším opatřením vedoucím k úspoře financí.

Elektronická komunikace snižuje chybovost zaměstnanců a tím i čas vynaložení na jejich nápravu. Obecně zkvalitňuje provedenou práci.

Docházkový systém ulehčuje práci finančnímu oddělení, tím šetří jejich čas a zároveň snižuje pravděpodobnost okrádání firmy.

Automatický vyklápěč je velkou finanční úsporou firmy. Zaměstnanec přijde společnost zhruba na 500 000 Kč ročně. Je patrné, že z dlouhodobého hlediska se toto řešení vyplatí. Avšak musíme počítat s tím, že se jedná pouze o stroj, který je třeba servisovat a jeho živnost není nekonečná. Dále je třeba počítat s tím, že snižování stavu zaměstnanců může velmi špatně působit na pracovní morálku a tím i vykonanou práci.

5.2.3 SWOT analýza

Tabulka 8: SWOT analýza

Strengths Získání nových dat pro další vyhodnocování. Řešení problému přeplňování nádob, neplatičů využívající službu a zvýhodnění obyvatel třídící odpad. Transparentnost celého systému Získání důležitých dat v krátkém časovém horizontu. Snížení chybovosti zaměstnanců. Úspora finančních prostředků.	Weaknesses Finanční náročnost Nutnost přestavit vozidla a instalovat systém. Vozidlo nebude moct plnit určitou dobu svoji práci. Pomalý návrat investice
Opportunities Získání zajímavých dat pro město. Možnost spolufinancování služby. Možnost získání nových zakázek. Rozšiřování systému o další inovace.	Threats Odcizení a zničení RFID čipů. Možnost opotřebování a zničení nově zakoupené techniky. Sabotování nové techniky zaměstnanci.

Mezi největší příležitosti patří implementace ITS řešení v oblasti svozových nádob, kde lze docílit spolufinancování služby ze strany města Říčany. Pokud by se obě strany dohodly, ušetřilo by to náklady na sběr komunálního odpadu a zkvalitnilo službu i pro občany. Možnost získávat data o svozu odpadu je pro město velkou výhodou. Celková transparentnost v tomto odvětví může systému pouze prospět. Získávání dat o plnění svozových nádob a následně jejich zpracování je velmi silnou stránkou pro firmu Marius Pedersen. Správné využití těchto informací povede ke snížení nákladu na provoz této služby. Velkou nevýhodou může být kriminalita města, kdy občané budou chtít úmyslně poškozovat nasazený systém a tím celkovou optimalizaci budou prodražovat.

Závěr

V práci jsem se zabýval popisem telematických aplikací využitelných ve městech, zejména ve veřejných službách. Popsal jsem základní problémy a nastínil jejich řešení. Dopravní telematika je ideální nástroj, kdy na základě stávající silniční infrastruktury je možné nalézt řešení, které vede ke zkvalitnění služby. Největší potenciál vidím v optimalizaci tras dopravních prostředků, kdy data o vozidlech jsou dále zpracovávána a vyhodnocována. K tomu abych mohl optimalizovat trasy vozidel, jsem musel vybrat vhodný algoritmus, kterým je možný zadaný problém řešit. Našel jsem dva způsoby řešení a to za pomoci problému čínského pošťáka a problému okružních jízd. Tato řešení jsem rozebral a obecně popsal jejich postupy k dosažení optimálních tras. Je třeba si uvědomit, že žádný algoritmus není ideální a určitým způsobem nám limituje řešení. Poté je třeba zvolit na základě stanovených kritérií lepší řešení. Základním rozdílem mezi oběma způsoby je, že čínský pošťák musí projít všechny hrany v grafu a musí se vrátit do výchozího vrcholu, tak aby urazil minimální vzdálenost. Jeho nevýhodou je, že nepočítá s kapacitou dopravního prostředku. Druhý způsob, kterým je možné dosáhnout optimalizovaných tras, jsou okružní jízdy. Tento problém je založen na principu toho, že musí projít všemi vrcholy grafu tak, aby urazil minimální vzdálenost. Zde nastává problém, že vrcholů v grafu se po většinu případů vyskytuje velmi mnoho a tím se celkové řešení stává složitějším. Výhodou je, že okružní jízdy počítají s kapacitou vozidla.

Cílem mé práce bylo na pilotním městě analyzovat stávající stav svozu komunálního odpadu a navrhnout jeho změny, které povedou k optimalizaci této služby. Jako pilotní město jsem si vybral Říčany, ve kterém žiji a znám je. Také jsem zde získal možnost krátkodobé stáže ve firmě Marius Pedersen. Prošel jsem si celkovým koloběhem firmy, kdy jsem viděl práci ředitele, odpadového hospodáře a vyzkoušel jsem si v praxi práci dispečera. Také jsem strávil jeden v terénu. Díky těmto zkušenostem jsem zjistil, jaké problémy firmu potkávají. Jedná se především o problémy s plánováním a optimalizací tras vozidel, výběrem poplatků za tuto službu, sběrem dat a kontrolou zaměstnanců.

Tak abych mohl navrhnout jakoukoliv změnu v tomto systému, musel jsem popsat celý systém. Od legislativy, přes parametry města po technické řešení sběru odpadu. Analyzoval jsem kompletně celý systém a poté navrhl dva typy změn. A to změny za využití stávající infrastruktury a změny za předpokladu investice do infrastruktury.

Levnějším řešením, které je jasně vidět z ekonomického zhodnocení, je optimalizace tras a zefektivnění práce zaměstnanců. Aplikoval jsem oba způsoby řešení optimalizace tras na určité

části Říčany, tak abych ukázal, které řešení je vhodnější. Problém čínského pošťáka se ukázal jako jednodušší řešení pro aplikaci, které nám poskytuje pro dané město dostačující výsledek. Problém s kapacitou vozidel, který tento algoritmus neřeší, se nejeví jako zásadní. A to díky poloze střediska firmy Marius Pedersen, které se nachází téměř v centru města. Okružní jízdy, kterými je možné tento problém eliminovat, jsou časově mnohem náročnější na aplikaci algoritmu a to z důvodu velkého počtu vrcholů, kdy každá svozová nádoba je vrcholem grafu. Toto řešení nám také poskytlo horší výsledek. Pro zadaný problém je vhodnější využít metodu čínského pošťáka. Naprogramováním optimalizačního algoritmu bych se chtěl zabývat ve své diplomové práci, tím bych chtěl dokázat firmě, že optimalizování tras má smysl. Dále jsem rozebral zefektivnění práce zaměstnanců na základě jejich motivace či finančních postihů. Z hlediska zkušeností vedoucích pracovníků firem se jeví lepším řešením pokutování přestupků. Práce s lidmi vykonávající tento druh povolání je velmi složitá a vyžaduje individuální přístup.

Druhou možností optimalizace této služby je investice do infrastruktury. Implementace ITS řešení v oblasti svozových nádob řeší mnoho problémů, které tíží jak město, tak společnost Marius Pedersen. Přepřehování svozových nádob, na černo obsluhované popelnice transparentnost, spravedlivý výběr poplatků. Všechny tyto důvody stojí za zvážení této nemalé investice a zkvalitnění sběru odpadu. Další řešení optimalizace svozu odpadu je zlepšení komunikace mezi řidičem vozidla a dispečerem, kontrola zaměstnanců či snižováním jejich stavů, jsou způsobem jak snížit náklady do budoucna, avšak návrat investice nemusí být v řádu měsíců. Zavedení těchto systémů není levnou záležitostí a firma Marius Pedersen Říčany bohužel nemá tolik finančních prostředků. Řešením v implementaci ITS do oblasti svozových nádob by mohla být finanční pomoc ze strany města Říčany, kterému by systém RFID čipů ušetřil nemálo peněz za občany, kteří neplatí poplatky za službu.

Ideálním řešením by bylo investovat do stávající infrastruktury a zároveň implementovat řešení optimalizace tras. Počáteční investice bude vysoká, ale dojde ke kompletnímu zkvalitnění této služby a postupnému navrácení finančního obnosu.

Seznam použitých zdrojů

Knihy

- [1] Příbyl, P.: Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 184 s. ISBN 80-01-03122-5.
- [2] Příbyl, P. Svítek, M: Inteligentní dopravní systémy. Praha: BEN -technická literatura, 2001, 543 s. ISBN 80-7300-029-6.
- [3] Svítek, M: Telematika nad dopravními sítěmi. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2004, 263 s., ISBN 80-01-03087-3.

Internetové zdroje

- [4] Zákon o odpadech. Zákony pro lidi [online]. 2001 [cit. 2015-08-23]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>
- [5] Zákon o odpadech. Wikipedia [online]. 2015 [cit. 2015-08-23]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zákon_o_odpadech
- [6] Správní působnost obce. Info Říčany [online]. 2014 [cit. 2015-08-10]. Dostupné z: <http://info.ricany.cz/mesto/spravni-pusobnost-obce-s-rozsirenou-pusobnost>
- [7] Vybrané statistické údaje o obci Říčany. Český statistický úřad [online]. 2013 [cit. 2015-08-10]. Dostupné z: http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?cislotab=MOS+ZV01&kapitola_id=5&voa=tabulka&go_zobraz=1&pro_1_154=538728&aktualizuj=Aktualizovat#pozn6
- [8] Profil společnosti. Marius Pedersen [online]. 2015 [cit. 2015-08-15]. Dostupné z: <http://www.mariuspedersen.cz/cs/o-marius-pedersen/profil-spolecnosti/>
- [9] Zajímavosti. Marius Pedersen [online]. 2015 [cit. 2015-08-15]. Dostupné z: <http://www.mariuspedersen.cz/cs/o-marius-pedersen/zajimavosti/>
- [10] Informace o odpadech. Info Říčany [online]. 2014 [cit. 2015-08-07]. Dostupné z: <http://info.ricany.cz/mesto/informace-o-odpadech-r659>
- [11] Strategický plán města. Info Říčany [online]. 2014 [cit. 2015-08-07]. Dostupné z: <http://info.ricany.cz/mesto/strategicky-plan-mesta>

- [12] Odpady. ČVUT [online]. 2014 [cit. 2015-08-07]. Dostupné z:
http://martin.feld.cvut.cz/~kudlacek/EKP/06_odpady.pdfsta
- [13] Služby. Marius Pedersen [online]. 2015 [cit. 2015-08-11]. Dostupné z:
<http://www.mariuspedersen.cz/cs/o-marius-pedersen/sluzby/1.shtml>
- [14] Kompostování. Wikipedia [online]. 2015 [cit. 2015-08-16]. Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Kompostován%C3%AD>
- [15] Car position. Radium [online]. 2010 [cit. 2015-08-16]. Dostupné z:
<http://www.radium.cz/produkty/vozidlove-jednotky-car-position/>
- [16] GPRS. Wikipedia [online]. 2011 [cit. 2015-08-22]. Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service
- [17] Vyklápěče. Zoeller [online]. 2010 [cit. 2015-08-22]. Dostupné z:
<http://www.zoeller.cz/vyklapece/>
- [18] Pyrolýza. EnviWeb [online]. 2008 [cit. 2015-08-21]. Dostupné z:
<http://www.eniweb.cz/clanek/odpady/94618/pyrolyza-odpadu-moderni-zpusob-jejich-zneskodneni>
- [19] Kronika města. Info Říčany [online]. 2015 [cit. 2015-08-21]. Dostupné z:
<http://info.ricany.cz/mesto/kronika-mesta>
- [20] Vyhlášky a nařízení. Info Říčany [online]. 2015 [cit. 2015-08-21]. Dostupné z:
<http://info.ricany.cz/mesto/vyhlasky-a-narizeni-r528>
- [21] BLECHA, Radek. Informační systém pro řízení optimálního sběru a svozu odpadů s využitím GIS [online]. Brno, 2009 [cit. 2015-11-30]. Dostupné z:
http://is.muni.cz/th/60807/fi_m/diplomka.pdf. Diplomová práce.
- [22] Kompletní řešení odpadů [online]. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z:
<http://www.botek.se/cz/produkt/rear-loader/>
- [23] TICHÝ, Tomáš. Řídicí systémy dopravy - dopravní telematika [online]. 2004 [cit. 2015-11-30]. Dostupné z: <http://www.lss.fd.cvut.cz/Members/tichy/dokumenty-k-vyuce/ITS>.
Učební text
- [24] . Český kosmický portál [online]. 2004 [cit. 2015-11-30]. Dostupné z:
<http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/its---dopravni-telematika/>

- [25] Město Říčany [online]. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z:
<http://info.ricany.cz/prilohyarchiv/3283/katastralni-mapa.pdf>
- [26] Marius Pedersen: Svozová technika [online]. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z:
<http://www.mariuspedersen.cz/cs/o-marius-pedersen/sluzby/1.shtml>
- [27] Mapy.cz: Zdroj mapového podkladu [online]. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z:
<http://mapy.cz/zakladni?x=14.6607164>
- [28] Město Říčany [online]. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z:
<http://info.ricany.cz/prilohyarchiv/3283/svoz-mapa.pdf>
- [29] Mapy.cz: Zdroj mapového podkladu [online]. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z:
<http://mapy.cz/zakladni?x=14.6615747&y=49.9944247&z=14&l=0>
- [30] Mapy.cz: Zdroj mapového podkladu [online]. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z:
<http://mapy.cz/zakladni?x=14.6524874&y=49.9855955&z=17&l=0>

Další zdroje zdroje

- [31] Firemní materiály společnosti Marius Pedersen Říčany

Seznam obrázků

Obrázek 1: Dopravní řetězec [23]	10
Obrázek 2: Souvislost mezi dopravní telematikou a dopravním řetězcem [23].....	11
Obrázek 3: Katastrální mapa [25].....	19
Obrázek 4: Vozidlo PRESS dvounápravové s lineárním lisováním [26].....	28
Obrázek 5: Vozidlo PRESS dvounápravové s lineárním lisováním [26].....	28
Obrázek 6: Vozidlo PRESS třínápravové s lineárním lisováním [26]	29
Obrázek 7: Vozidlo dvounápravové s hydraulickou rukou [26]	29
Obrázek 8: Vozidlo třínápravové s velkoobjemovým kontejnerem a hydraulickou rukou [26]	30
Obrázek 9: Vozidlo - nosič kontejnerů ABROL [26].....	30
Obrázek 10 Mapa koncových zařízení a vzdálenosti od provozovny [27].....	32
Obrázek 11: Oblasti svozu [28]	33
Obrázek 12: Zvolená část města [29]	37
Obrázek 13: Detailní situace [30].....	38
Obrázek 14: Rovinný graf situace	38
Obrázek 15: Označení lichých vrcholů	39
Obrázek 16: Označení lichých vrcholů – ohodnocení hran.....	40
Obrázek 17: Kompletní graf lichých vrcholů	40
Obrázek 18: Graf s doplněnými hranami párování	41
Obrázek 19: Situace vrcholů pro okružní jízdy ve zvolené lokaci [30]	42
Obrázek 20: Graf pro okružní jízdy.....	43
Obrázek 21: Roadmap	46
Obrázek 22: návratnost investice (kumulativní ceny)	47
Obrázek 23: Roadmap a ekonomické zhodnocení inovací.....	51

Seznam tabulek a grafů

Graf 1: Vývoj růstu počtu obyvatel za posledních 6 let	20
Tabulka 1: Matice odpovědnosti	26
Tabulka 2: Ohodnocení hran	39
Tabulka 3: Matice sousednosti lichých vrcholů v kompletním grafu	41
Tabulka 4: Matice sousednosti lichých vrcholů v kompletním grafu – ohodnocení hran.....	41
Tabulka 5: Ohodnocení hran okružních jízd	43
Tabulka 6: Matice vzdáleností.....	44
Tabulka 7: SWOT analýza	48
Tabulka 8: SWOT analýza	53

Seznam příloh

Příloha A: Náhled do webového rozhraní programu Fleetware, který používá firma Marius Pedersen k sledování vozidel.