



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

DOKUMENTACE K PROJEKTU Z PŘEDMĚTU IMS

ODPADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ - INFRASTRUKTURA VYVÁŽENÍ RECYKLOVANÉHO ODPADU

PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE

PROJECT DOCUMENTATION

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ADAM BRYCHTA, DAVID HÉL

BRNO 2018

Obsah

1	Úvod	2
1.1	Zdroje	2
1.2	Ověření validity modelu	2
2	Rozbor tématu a použitých metod	3
2.1	Vůz MAN TGS 28.320 6x2 Euro 6	3
2.2	Kontejnery	3
2.3	Místa s kontejnery	3
2.4	Rozloha a vzdálenost	4
2.5	Použité metody	5
2.6	Původ použitých metod	5
3	Koncepce	6
3.1	Popis konceptuálního modelu	6
3.2	Forma konceptuálního modelu	7
4	Architektura modelu	8
4.1	Třída Garbage Truck	8
4.2	Třída Place	8
4.3	Třída Area	8
5	Experimenty	9
5.1	Experiment 1	9
5.1.1	Závěr experimentu	9
5.2	Experiment 2	10
5.2.1	Závěr experimentu	10
5.3	Experiment 3	11
5.3.1	Závěr experimentu	11
5.4	Experiment 4	12
5.4.1	Závěr experimentu	12
6	Závěr	13
7	Zdroje	14

Kapitola 1

Úvod

Tato technická zpráva se zabývá simulací problematiky infrastruktury odpadového hospodářství sběru kontejnerů na tříděný odpad ve městě Třebíč, které je rozděleno do devíti městských částí. V každé čtvrti se nachází hned několik míst s kontejnery na recyklovaný odpad, mezi něž patří papír, sklo, plasty a bio odpad. Kromě toho. K dispozici jsou obyvatelům Třebíče také sběrné dvory, kde je ukládán objemnější odpad. O zpracování veškerého odpadu se starají technické služby města, které disponují popelářskými vozy pro odvoz a prostory, kam je smetí sváženo.

Tato práce zkoumá zda nelze optimalizovat proces svozu kontejnerů na recyklovaný odpad, aby vozidla projezdila co nejméně paliva.

V následující kapitole se zaměříme na rozbor tématu a získání potřebných údajů k vytvoření odpovídajícího modelu. Dále se budeme zabývat architekturou simulačního modelu [1, slajd 44], simulačními experimenty [8, str. 41] a informacemi o tvorbě simulátoru prostřednictvím knihovny SIMLIB [2] k programovacímu jazyku C++.

1.1 Zdroje

Jako odporného konzultanta jsme použili zaměstnance Esko-T, který má na starosti vzdělávání a osvětu. tento zaměstnanec chodí na základní školy, společenské akce (trhy) a snaží se propagovat třídění odpadu. Komunikaci jsme vedli přes email.

1.2 Ověření validity modelu

Výsledky prováděných simulací jsme konzultovali se zaměstnancem pro vzdělávání a osvětu. Další kontrola proběhla pozorováním vozidla v terénu. Pomocí simulačních experimentů byla z vytvořeného modelu získána sada dat. Tato data byla následně prezentována a konzultována se zaměstnancem.

Kapitola 2

Rozbor tématu a použitých metod

Jako zdroje faktů jsou využity internetové stránky výrobců techniky pro odvoz a ukládání recyklovaného odpadu, články zabývající se recyklací odpadu, mapy s rozložením popelnic ve městě a konzultace s pracovníkem technických služeb města Třebíče. Dále bylo podniknuto zkoumání v terénu, kdy byly zjištěny dodatečné informace o popelářském voze a trasách odvoz a ukládání recyklovaného odpadu.

2.1 Vůz MAN TGS 28.320 6x2 Euro 6

Pro odvoz odpadu využívají technické služby popelářské vozy MAN TGS 28.320 6x2 Euro 6 [7]. Dle technického popisu pojme tento vůz až 9000 kg odpadu. Palivová nádrž pojme podle informací od zaměstnance 450 litrů nafty. Spotřeba tohoto vozu je 47 litrů nafty na 100 kilometrů. Rychlost auta je dána dopravními předpisy pro dané místo. Vyložení naloženého odpadu zabere dle měření vozidlu 4 až 5 minut.

2.2 Kontejnery

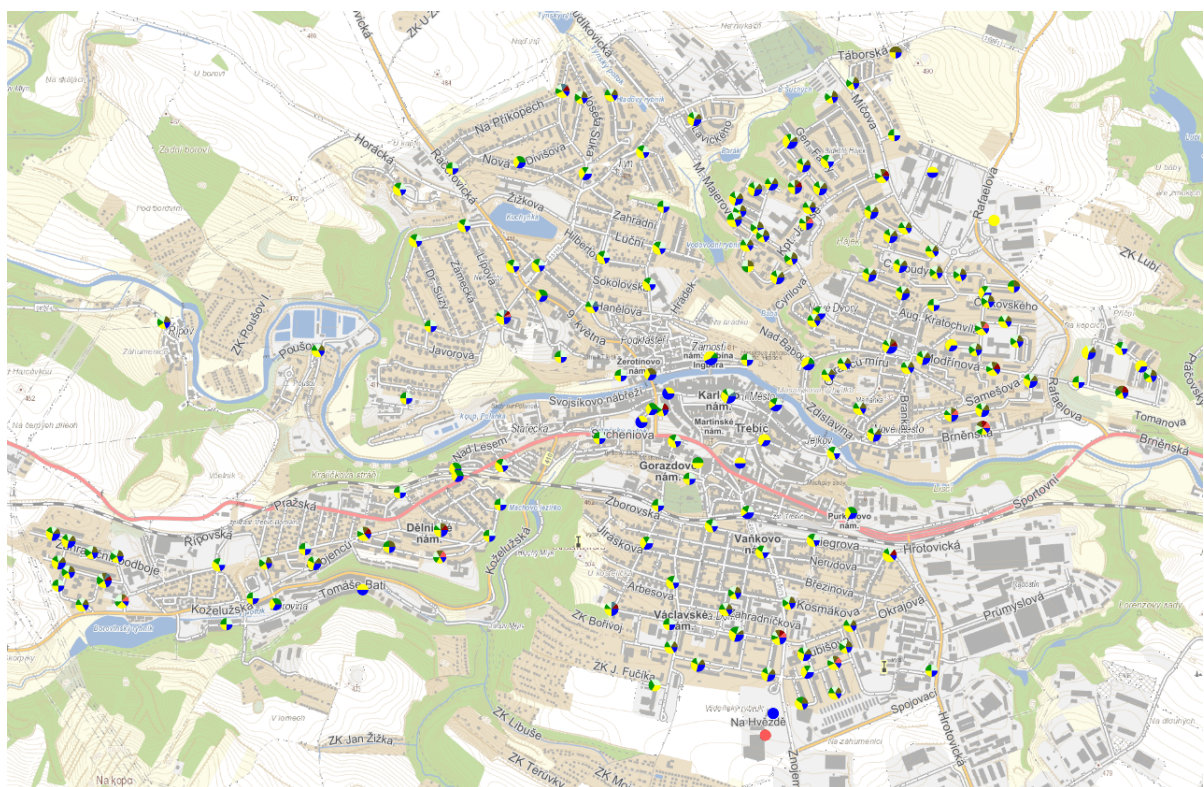
Typy nádob na komunální odpad se kromě účelu rozdělují také podle kapacity. Jak již bylo zmíněno, jednotlivé popelnice jsou rozděleny na barevné sklo, bílé sklo, papír, plasty a bio odpad. Důležitý je však objem kontejnerů, který je typicky 240 litrů a 1100 litrů. Váha jednotlivých odpadů nelze zjistit od zaměstnance technických služeb, tudíž bylo využito tabulky pro převod odpadu z objemu na hmotnost [4]. Dle záznamů se do 240 litrové popelnice vejde 41 kg papíru, 16 kg plastů a 76 kg skla. Pro popelnice o objemu 1100 litrů je to pak 188 kg papíru, 73 kg plastů a 348 kg skla.

2.3 Místa s kontejnery

Město Třebíč se dělí na 8 dílčích městských částí, z nichž každá obsahuje různý počet míst s nádobami na odpad, různé typy a různý počet nádob. Dle mapy odpadového hospodářství [5] byly zjištěny potřebné informace o počtu míst i kontejnerů a zaznamenány do následující tabulky.

	Místa	Papír	Plasty	Barevné sklo	Bíle sklo	Bio
Nová Borovina	10	14	18	10	10	9
Stará Borovina	11	15	20	11	11	10
Vnitřní město	10	16	21	10	10	8
Horka domy	27	38	49	27	27	22
Nové město	41	58	73	40	40	27
Kopce	6	8	11	7	7	3
Hájek	24	29	36	14	14	11
Týn	27	35	47	23	23	18

Tabulka 2.1: Počet kontejnerů v jednotlivých částech Třebíče



Obrázek 2.1: Rozložení kontejnerů ve městě Třebíč

2.4 Rozloha a vzdálenost

Kromě počtu nádob na odpad je důležitou informací týkající se městských částí také celková rozloha a vzdálenost od depa, ze kterého auta pro svoz recyklovaného odpadu vyjíždějí. Pro větší přehlednost jsou získaná data umístěna do následující tabulky.

	Rozloha (m^2)	Vzdálenost (m)
Nová Borovina	66480.6	5400
Stará Borovina	386000	3300
Vnitřní město	200000	2500
Horka domy	870000	1900
Nové město	628000	3200
Kopce	55958	3900
Hájek	344000	4100
Týn	1240000	5100

Tabulka 2.2: Počet kontejnerů v jednotlivých částech Třebíče

2.5 Použité metody

Jak již bylo zmíněno v úvodu, k získávání potřebných informací pro tvorbu modelu byly kromě konzultace se zaměstnancem technických služeb využity také články, mapy a osobní pozorování.

Pro vytvoření abstraktního modelu [1, slajd 42] byla zvolena petriho síť, která je pro řešení daného problému nejvhodnější. Jedná se totiž o diskretní systém [1, slajdy 119 až 122], jenž je definován stavy a vzájemnou komunikací daných prvků, která za určitých podmínek způsobí změnu stavu.

K tvorbě simulačního programu byl využit programovací jazyk C++ a jeho knihovna SIMLIB.

2.6 Původ použitých metod

- Petriho síť [1, slajd 123]
- SIMLIB [2, slajdy 163 až 206]
- C++ [3]

Kapitola 3

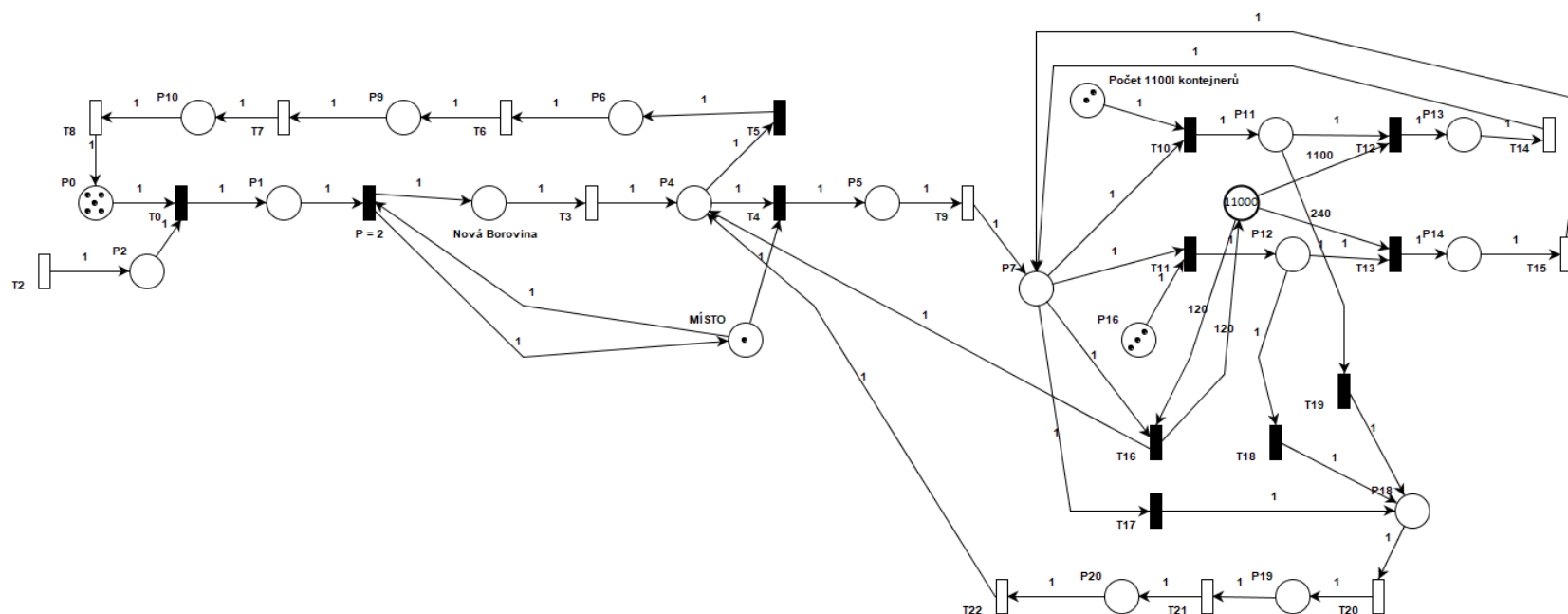
Koncepce

Konceptuální model je vytvořen na základě faktů o modelovaném systému zmíněných v předchozí kapitole. V této kapitole se zaměříme na veškerá zjednodušení a úpravy provedené při sestavování modelu.

3.1 Popis konceptuálního modelu

Vozy svážející tříděný odpad začínají v depu vedle sběrného střediska P0. Jsou vygenerovány požadavky na dovezení odpadu do sběrného střediska časovaným přechodem [8, str. 32] T2. V P1 si vůz vybere oblast, kde jsou nevysypané kontejnery s odpadem, který je tímto vozem zpracováván. Některé vozy můžou nakládat pouze skleněný odpad. Časovaný přechod T3 reprezentuje jízdu do oblasti. Těchto oblastí je celkem 8, ale v petriho síti je uvedena pouze jedna oblast z důvodu zjednodušení. Pokud je místo s popelnicemi stále volné, projde přechodem T4. Pokud není žádné místo volné, vůz odjíždí z oblasti do depa P6. V P4 je vůz v oblasti a může začít jezdit na místa s popelnicemi. Doba jízdy k místu (T9) se liší v každé oblasti podle její rozlohy. Vůz je na místě (P7), které je reprezentováno třídou Place dědicí z Facility. Obsadí toto místo a začne nakládat odpad z kontejnerů. V přechodech T10 a T11 se rozhodne jaký kontejner se bude nakládat. Vůz musí mít kapacitu na naložení odpadu. Pokud takovou kapacitu nemá (T18 a T19), odjíždí do sběrného střediska (P18). Pokud vůz kapacitu má (P13 a P14), kontejner se vysype do vozu. Čas, který je potřeba k vysypání kontejneru je dán dle toho zda je kontejner 240 litrový nebo 1100 litrový. To je reprezentováno časovanými přechody T14 a T15. Tak pokračuje dokud zbývají kontejnery nebo nedojde kapacita.

3.2 Forma konceptuálního modelu



Obrázek 3.1: Zjednodušená PN infrastruktury svozu recyklovaného odpadu

Kapitola 4

Architektura modelu

Simulační model byl implementován v jazyce C++ s využitím dostupné knihovny SIMLIB. Model se skládá z tříd Garbage Truck, Place a Area. Výchozí výstup je směřován na stdout.

4.1 Třída Garbage Truck

Tato třída dědí Process. Tato třída reprezentuje sběrné auto. Sběrné auto může vždy sbírat vždy jen jeden druh odpadu. Funkce `get_area_allowed()` vrací oblast, kde jsou volné místa s kontejnery na odpad vyvážený vozem. Funkce `goto_location()` implementuje přesun vozu z lokace do lokace. Funkce `get_place_w_bins()` vrací místo v oblasti, kde jsou nevyvezené kontejnery se sbíraným odpadem.

4.2 Třída Place

Třída Place dědí z Facility. Reprezentuje místo, kde jsou postavené kontejnery s tříděným odpadem. K místu se může vejít pouze jeden vůz.

4.3 Třída Area

Tato třída představuje oblast ve městě. Každá oblast má seznam míst s kontejnery, prioritu a plochu na které jsou místa rozmístěna.

Kapitola 5

Experimenty

Cílem těchto experimentů je zjistit zda nelze proces vyvážení tříděného odpadu optimalizovat přiřazením priority oblastem, snížením počtu vozů, tak aby byly kontejnery s plastem vyváženy alespoň 1x týdně, s bioodpadem 1x za 14 dní, sklo 2x do měsíce a papír 1x.

5.1 Experiment 1

V tomto experimentu je zkoumán odvoz odpadu z jedné městské části. Odvozu se účastní 1 popelářský vůz.

Tabulka 5.1: Vůz v experimentu 1

	Počet vyložení	odvezeno (litry)	odvezeno (kg)	odvezeno 240l
Garbage truck 0	2	59360	11338	9

Tabulka 5.2: Vůz v experimentu 1

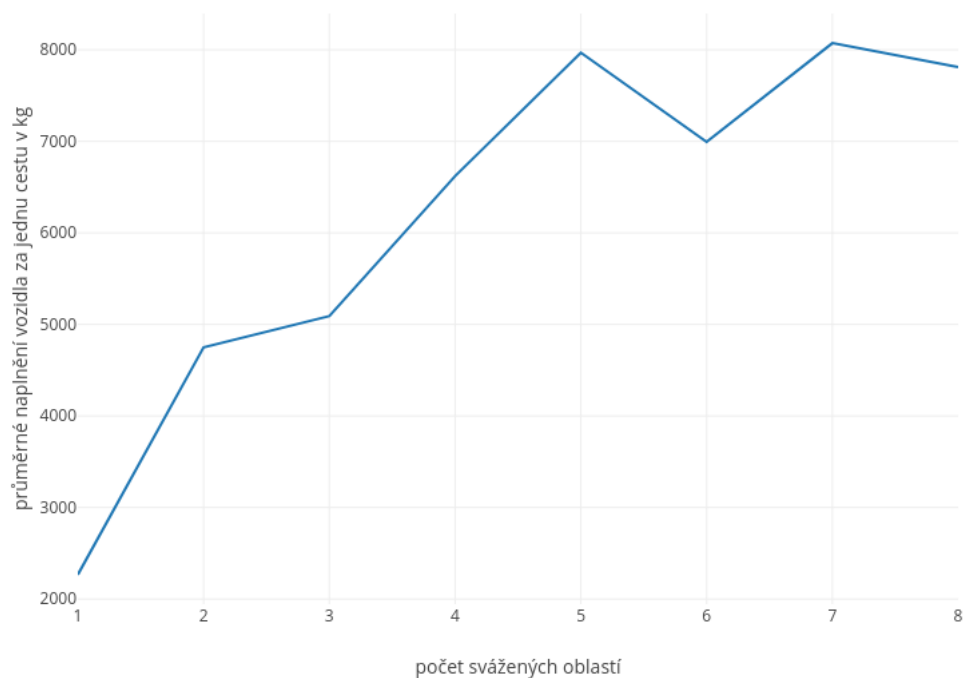
odvezeno 1100l	počet cest mezi oblastmi	počet cest mezi místy	doba práce	délka trasy
52	2	49	45.1889 min	11976 metrů

Odpad byl odvezen z jedné městské části. Vůz pracoval 45 minut a odvezl 11338 kg. Cestu na sběrný dvůr provedl 5, přitom odvezl necelé dvě kapacity. S každým druhem odpadu musí auto jedenkrát odjet do sběrného dvora. V průměru za jednu jízdu odveze 2267,6 kg suroviny.

Při zvýšení počtu oblastí na 3 se počet cest do sběrného dvora zvýšil na 7 a váha odvezeného materiálu na 35639 kg. Průměrně vůz vezl 5091,28 kg. Naložení vozu se zvýšilo o 124% oproti vozidlu, které sváželo malý počet kontejnerů.

5.1.1 Závěr experimentu

Odvoz odpadů z malého území je velmi neekonomický. Vůz jezdí do sběrného střediska naplněný pod 50% své maximální kapacity. Řešením je svážet suroviny z většího území, aby se vůz naplnil a neplýtvat palivem. Zamezí se tak situaci, že vůz přijede do oblasti, vyveze 1 až 4 popelnice a odjede znovu do sběrného dvora.



Obrázek 5.1: Průměrné zaplnění vozu v závislosti na počtu svážených oblastí.

5.2 Experiment 2

Tento experiment zkoumá nutný počet vozidel pro celé město, tak aby se stíhali vyvážet kontejnery. Plast se vyváží 1x týdně, papír 1x týdně, sklo 1x měsíčně, bio 1x týdně.

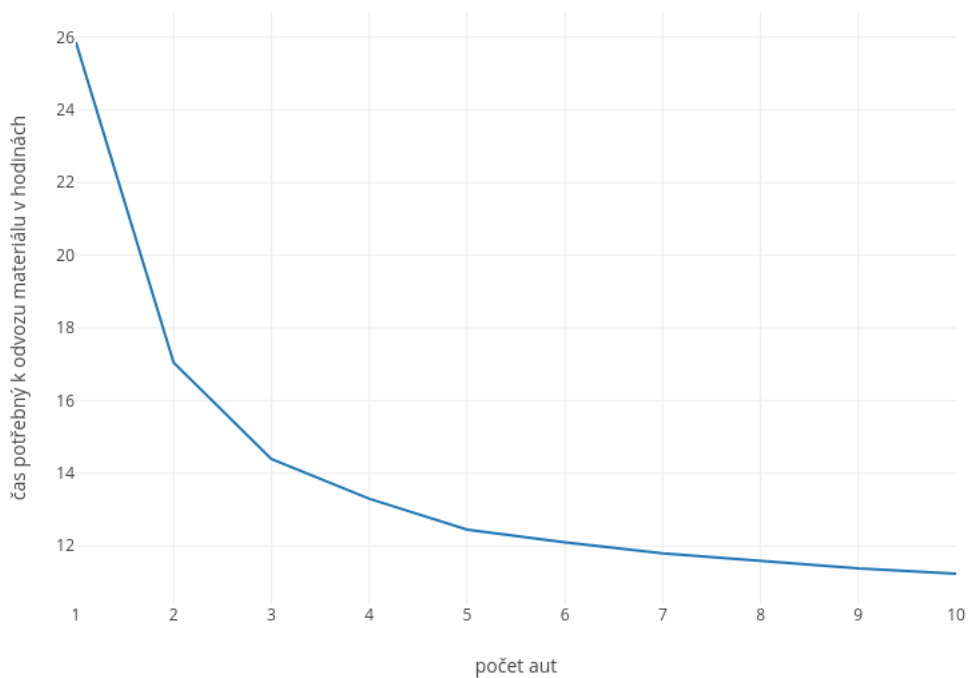
	odvezeno (kg)	odvezeno 240l	odvezeno 1100l
Garbage truck 0	164087	107	772
	počet cest mezi oblastmi	doba práce	délka trasy
	56	921.951 min	256.343 km

5.2.1 Závěr experimentu

Čas potřebný ke svozu odpadu vygenerovaného za měsíc je 25.8 hodin. to je týdně 6.45 hodin. Pokud bude vůz pracovat 2 krát týdně, jeho pracovní doba bude 3,225 hodiny za den. To může odjet v ranních hodinách kdy není hustý provoz. Pokud není třeba vyvážet kontejnery vícekrát denně, stačí pro tak malé město pouze jeden vůz.

5.3 Experiment 3

V tomto experimentu je zkoumáno jak co nejrychleji a ekonomicky sesbírat odpad z města. Jsou použita vozidla v počtu od 1 do 10. Vozidla budou přidávána pokud sníží dobu sběru alespoň o 1 hodinu.



Obrázek 5.2: Čas potřebný k odvezení odpadu z města v závislosti na počtu vozů.

5.3.1 Závěr experimentu

Po přidání čtvrtého vozidla, kdy se čas svozu změnil o 65 minut, se úspora času začala razantně snižovat. Při přidání desátého vozidla se doba snížila pouze o 8 minut za cenu výjezdu jednoho vozidla.

5.4 Experiment 4

V tomto experimentu je testováno zda priorita oblastí změni čas a najetou vzdálenost. Nejprve jsou nejbližším oblastem dány nejvyšší priority. Poté jsou nejvyšší priority dány oblastem nejvíce vzdáleným.

Tabulka 5.3: Prioritu mají oblasti nejvzdálenější ke sběrnému středisku.

Čas potřebný k odvezení odpadu	najeto km
10.5059 hodin	479

Tabulka 5.4: Prioritu mají oblasti nejbližší ke sběrnému středisku.

Čas potřebný k odvezení odpadu	najeto km
10.9021 hodin	529

5.4.1 Závěr experimentu

Při použití vyšší priority u nejvzdálenějších oblastí je patrné snížení doby za kterou je odvoz vykonán a snížení ujeté vzdálenosti. To je způsobeno tím, že pokud vozy vyvázejí nejdříve nejvzdálenější oblasti, mohou se po naložení všech kontejnerů v dané oblasti a cestě do sběrného dvora, zastavit v oblasti kterou projíždí a nakládat další kontejnery.

Kapitola 6

Závěr

Tato práce modelovala sběrný dvůr, depo a sběrná vozidla pro sběr tříděného odpadu. Závěr této práce je, že v menším městě jako je Třebíč je ekonomické vozit tříděný odpad do sběrného střediska jedním sběrným vozidlem. Kontejnerů je málo na to, aby se vyplatilo použít další vozidlo.

Nevyplatí se odvážet odpad jednotlivě z malých oblastí. Vůz může být velmi málo naložen a plýtvá palivem. Nejlepší je odvážet odpad minimálně z 6 městských částí.

Sběr odpadu lze optimalizovat přiřazením priority nejvzdálenějším oblastem. Vozidla potom sbírají odpad v oblastech, kterými projíždějí po naložení všech kontejnerů dané suroviny v původně zpracovávané oblasti.

Kapitola 7

Zdroje

- [1] Petr Peringer, Martin Hrubý - Modelování a simulace [ONLINE]
www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf
- [2] Petr Peringer. Simlib - simulační knihovna pro c++ [ONLINE]
<http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/doc/html-cz/>
- [3] The C++ Resources Network [ONLINE]
<http://cplusplus.com/>
- [4] Tabulka pro převod hmotnosti odpadu [ONLINE]
<http://osof.org/wp-content/uploads/2016/03/OSOF-Waste-Conversion-Table.pdf>
- [5] Mapa pasportu odpadového hospodářství - TŘEBÍČ [ONLINE]
<http://gis.trebic.cz/mapa/pasport-odpadoveho-hospodarstvi/?lb=zm&ly=odse&c=-649992.95%3A-1152450&z=4&lbo=1&lyo=>
- [6] Typy nádob na směsný komunální a separovaný odpad [ONLINE]
<https://www.komwag.cz/odpady/typy-nadob>
- [7] MAN TGS 28.320 6x2 Euro 6 [ONLINE]
<https://cleanmat.eu/stock/man-tgs-28-320-6x2-euro-6>
- [8] Petr Peringer - Modelování a simulace (studijní opora) [ONLINE]
<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php?file=\protect\T1\textbraceleft>