

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra využití strojů



Diplomová práce

**System sběru tříděných komodit z komunálního
odpadu ve vybrané lokalitě**

Bc. Jiří Čelikovský, DiS.

© 2021/2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jiří Čelikovský, DiS.

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Systém sběru tříděných komodit z komunálního odpadu ve vybrané lokalitě

Název anglicky

System of sorted commodities collection from municipal waste in a chosen locality

Cíle práce

Analýza současného stavu sběru tříděných komodit a návrh systému „door to door“.

Metodika

- 1 Úvod
- 2 Současný stav řešené problematiky
- 3 Cíl práce a použitá metodika
- 4 Vlastní práce
- 5 Diskuse a doporučení pro praxi
- 6 Závěr
- 7 Seznam použité literatury

Doporučený rozsah práce

50 – 60 stran

Klíčová slova

separovaný sběr, "door to door", analýza, systém

Doporučené zdroje informací

ALTMANN,V.,VACULÍK,P.,MIMRA, M.: (2010). Technika pro zpracování komunálního odpadu, ČZU Praha, Powerprint s.r.o., ISBN 978-80-213-2022-2, 1. vydání, 120 s.

CIRCLE ECONOMY A KOL., 2018a. 'Linear Risks': How Business As Usual Is A Threat To Companies And Investors – Insights – Circle Economy. Circle Economy [online] [vid. 2021-01-09]. Dostupné z: <https://www.circle-economy.com/resources/linear-risks-how-business-as-usual-is-a-threat-to-companies-and-investors>

MVIEW A KOL., 2019. Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2019-2023 [online]. Haag: Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, mede namens de ministeries van Economische Zaken en Klimaat, Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking. Dostupné z: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/02/08/uitvoeringsprogramma-2019-2023>

VOŠTOVÁ,V.,ALTMANN,V.,FRIES,J.,JEŘÁBEK,K.: (2009). Logistika odpadového hospodářství. ČVUT Praha, 5 – Technické vědy, ISBN 978-80-01-04426-1, 1. vydání, 349 s.

Předběžný termín obhajoby

2021/2022 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Vlastimil Altmann, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra využití strojů

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2021

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 13. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Systém sběru tříděných komodit z komunálního odpadu ve vybrané lokalitě" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30. 3. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Vlastimilovi Altmannovi, Ph.D. za ochotu, pomoc a cenné rady při zpracování této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Janu Šonskému za odborné informace z praxe, které mi pomohli zpracovat praktickou část této práce.

Abstrakt

Diplomová práce s názvem Systém sběru tříděných komodit z komunálního odpadu ve vybrané lokalitě má za cíl analyzovat, vyhodnotit a porovnat svoz klasických nádob na tříděný odpad o objemu 1 100 l se svozem nádob v systému door-to-door o objemu 240 l a navrhnout zavedení tohoto systému v lokalitě Praha-Suchdol. Metodika práce spočívá v měření procesu vyprazdňování nádob na odpad do odvozových prostředků, následně analyzování naměřených dat a s jejich pomocí vypočítání finanční náročnosti svozu odpadu. Celkem bylo provedeno 50 měření u svozu nádob o objemu 1 100 l, měřeno bylo na třech svozových automobilech stejného typu. u nádob o objemu 240 l bylo provedeno rovněž 50 měření, tato měření byla prováděna na dvou svozových automobilech stejného typu. Měření pro následnou analýzu bylo uskutečněno ve dvou různých oblastech. První pozorování a měření vyprazdňování nádob o objemu 1100 l probíhalo na území městské části Praha-Suchdol a druhé bylo realizováno v obci Babice ležící ve Středočeském kraji, kde bylo měřeno vyprazdňování nádob o objemu 240 l.

Výsledky analýzy jsou aplikovány na svoz papíru v konkrétní lokalitě. Při aplikaci zjištěných hodnot ve vybrané lokalitě bylo zjištěno, že v případě zavedení systému door-to-door sběru papíru vzrostou náklady na svoz papíru v prvním roce o 298 496,- Kč. Hlavním důvodem vysokých nákladů je, že systém nelze zavést plošně v celé oblasti, neb musí být alespoň částečně zachován původní donáškový systém sběru papíru. Po zavedení systému door-to-door se vytríděnost papíru z komunálního odpadu zvýší asi o 45 % a tím se sníží náklady za jeho uložení na skládku. Snížení nákladů na skládkování komunálního odpadu však nedosahuje takových hodnot, jako nárůst ceny za svoz odpadu. Zavedení systému-door-to-door pro třídění papíru v lokalitě Praha-Suchdol se městské části finančně nevyplatí a současně by se to nevyplatilo ani občanům, jelikož by to znamenalo zvýšení nákladů na svoz odpadu v dané lokalitě.

Výsledkem je, že zavedení systému door-to-door pro sběr papíru v lokalitě Praha-Suchdol by snížilo skládkování papíru o 19,4 tuny a snížilo by četnost svozových automobilů v ulicích městské části, ale náklady na svoz by oproti stávajícímu systému vzrostly v prvním roce o 298 496,- Kč, a to by bylo pro městskou část finančně nevýhodné.

Klíčová slova: separovaný sběr, "door-to-door", analýza, systém

System of sorted commodities collection from municipal waste in a chosen locality

Summary:

The diploma thesis entitled The system of collection of sorted commodities from municipal waste in a selected locality aims to analyse, evaluate and compare the waste-collecting carried by conventional containers for sorted waste with a volume of 1 100 l, with the waste-collecting by containers in the door-to-door system with a volume of 240 l and propose the introduction of this system in the locality of Prague-Suchdol. The methodology of the work consists of measuring the process of emptying waste containers into transport means, then analysing the measured data and, with their help, calculating the financial demands for waste-collecting. a total of 50 measurements was performed on the waste-collecting of 1 100 l containers and measured on three waste collection vehicles of the same type. a total of other 50 measurements was also taken with 240 l containers and performed on two identical waste collection vehicles. Measurements carried out for subsequent analysis were taken in two different areas. The first observation and measurements of emptying of 1 100 l containers took place in the Prague-Suchdol district; the others, where the emptying of 240 l containers was measured, in the village of Babice located in the Central Bohemian Region.

The results carried out in the research were applied to the waste-paper collection in a specific locality. The findings concluded that in the case of the introduction of a door-to-door paper waste collection system, the costs of paper waste collection increased by CZK 298,496 in the first year. The prime cause of the high expenses is that the system cannot be implemented throughout the area as the original paper collection of the delivery system must be at least partially maintained. The implementation of the door-to-door system collection led to the reduction in the cost of landfilling since the paper waste sorting from municipal waste increased by about 45%. The introduction of a door-to-door system of paper-waste sorting in the Prague-Suchdol locality do not pay off for the city district, yet, it would not pay off for the citizens either, since it would lead to an increase in waste collection costs in the locality.

As a result, the door-to-door system of paper-waste sorting system implementation in Prague-Suchdol would reduce paper landfilling by 19.4 tonnes and reduce the frequency of waste collection vehicles in the city's streets. However, the costs

of waste paper collection would increase in the first year by CZK 298,496, which would be financially disadvantageous for the city district.

Keywords: separate waste collection, "door-to-door", analysis, system

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod | 1 |
| 2 | Současný stav řešené problematiky | 2 |
| 2.1 | Novodobé trendy svozu odpadu | 4 |
| 2.1.1 | Svoz více druhů odpadu najednou | 5 |
| 2.1.2 | Svoz více druhů nádob | 6 |
| 2.1.3 | Informační technologie | 6 |
| 2.1.4 | Alternativní paliva | 7 |
| 2.2 | Legislativa | 8 |
| 2.2.1 | Zákon o odpadech | 8 |
| 2.2.2 | Katalog odpadů | 9 |
| 2.2.3 | Plán odpadového hospodářství | 10 |
| 2.2.4 | Vyhláška o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel | 11 |
| 2.3 | Využití odpadů | 12 |
| 2.4 | Metody shromažďování odpadu podle technického vybavení | 13 |
| 2.5 | Metody shromažďování podle dostupnosti | 14 |
| 2.6 | Objem odpadu | 19 |
| 2.7 | Nádoby na odpad | 20 |
| 2.7.1 | Označení nádob na tříděný odpad | 20 |
| 2.7.2 | Sběrné místo | 25 |
| 2.7.3 | Klasické nádoby | 27 |
| 2.7.4 | Podzemní nádoby | 27 |
| 2.7.5 | Polopodzemní nádoby | 29 |
| 2.8 | Svozová technika | 30 |
| 2.8.1 | Malá svozová technika | 30 |
| 2.8.2 | Střední svozová technika | 33 |
| 2.8.3 | Velká svozová technika | 36 |
| 3 | Cíl práce a použitá metodika | 42 |
| 4 | Vlastní práce | 47 |
| 4.1 | Měření | 47 |
| 4.2 | Analýza | 48 |
| 4.3 | Výpočet nákladů na svoz odpadu ve vybrané lokalitě | 50 |
| 4.3.1 | Klasické nádoby 1 100 1 | 50 |
| 4.4 | Výpočet nákladů pro systém door-to-door | 52 |
| 4.4.1 | Door-to-door systém nádoby 240 1 | 52 |
| 4.4.2 | Klasické nádoby 1 100 1 | 54 |

| | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| 4.5 | Výsledky | 56 |
| 5 | Diskuse a doporučení pro praxi | 62 |
| 6 | Závěr | 64 |
| 7 | Seznam použité literatury | 66 |
| 8 | Přílohy | 73 |

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 Fotografie popelářského vozu Dempster Dumpster | 4 |
| Obrázek 2 Fotografie nástavby B 339 BICOMPAC..... | 5 |
| Obrázek 3 Fotografie nástavby Zoeller MEDIUM XXL s hydraulickým ramenem | 6 |
| Obrázek 4 Fotografie pohonné jednotky na CNG firmy Volvo..... | 7 |
| Obrázek 5 Schéma číslování odpadů | 10 |
| Obrázek 6 Fotografie pytlového sběru odpadu | 14 |
| Obrázek 7 Schéma donáškového systému sběru odpadu..... | 16 |
| Obrázek 8 Schéma odvozového systému sběru odpadu | 17 |
| Obrázek 9 Graf s procentem vytríděného odpadu po zavedení door-to-door systému..... | 18 |
| Obrázek 10 Fotografie informační etikety pro plast | 21 |
| Obrázek 11 Fotografie informační etikety pro papír | 22 |
| Obrázek 12 Fotografie informační etikety pro barevné sklo | 23 |
| Obrázek 13 Fotografie informační etikety pro nápojové kartony..... | 23 |
| Obrázek 14 Fotografie informační etikety pro kovové odpady | 24 |
| Obrázek 15 Fotografie nádoby na elektroodpad | 25 |
| Obrázek 16 Mapa sběrných míst tříděného odpadu v ČR | 26 |
| Obrázek 17 Mapa komplexního systému nakládání s komunálním odpadem.... | 26 |
| Obrázek 18 Schéma podzemního kontejneru spojeného s vhazovací šachtou ... | 28 |
| Obrázek 19 Schéma polopodzemního kontejneru | 29 |
| Obrázek 20 Fotografie svozového automobilu Multicar Fumo M30 | 31 |
| Obrázek 21 Fotografie svozového automobilu Mitsubishi FUSO Canter s nástavbou SIMED LN 4200 | 32 |
| Obrázek 22 Fotografie svozového automobilu Mercedes-Benz Sprinter | 32 |
| Obrázek 23 Fotografie svozového automobilu Mercedes-Benz s nástavbou Zoeller MINI..... | 34 |
| Obrázek 24 Fotografie svozového automobilu MAN TGM s nástavbou MINI XL | 34 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 25 Fotografie svozového automobilu DAF LF 260 s nástavbou MINI XL-H | 35 |
| Obrázek 26 Fotografie svozového automobilu Mercedes-Benz Antos 2533 s nástavbou Zoeller MEDIUM XL | 37 |
| Obrázek 27 Fotografie svozového automobilu Renault D26 380E6 s nástavbou Semat 20 m3..... | 37 |
| Obrázek 28 Fotografie svozového automobilu MAN 26.320 s nástavbou Zoeller MEDIUM XXL | 38 |
| Obrázek 29 Fotografie soupravy s velkoobjemovými kontejnery | 39 |
| Obrázek 30 Fotografie svozového automobilu Mercedes-Benz Arocs 2545 s lisovacím kontejnerem..... | 40 |
| Obrázek 31 Graf s poměry časů jednotlivých pracovních operací u klasických nádob na odpad | 49 |
| Obrázek 32 Graf s poměry časů jednotlivých pracovních operací u klasických nádob o objemu 240 l | 50 |
| Obrázek 33 Mapa aktuálních sběrných míst | 52 |
| Obrázek 34 Mapa redukovaných sběrných míst | 54 |
| Obrázek 35 Graf s porovnáním nákladů na svoz podle zavedeného systému | 56 |
| Obrázek 36 Predikce množství odpadu v Praze-Suchdol pro zavedení door-to-door systému sběru papíru | 57 |
| Obrázek 37 Zvyšování poplatků za ukládání odpadu na skládky v následujících letech | 58 |
| Obrázek 38 Náklady na skládkování odpadů v Praze - Suchdol při současném systému sběru odpadu | 59 |
| Obrázek 39 Náklady na skládkování odpadů v Praze - Suchdol při zavedení door-to-door na papír | 59 |
| Obrázek 40 Porovnání nákladů na skládkování SKO podle systému sběru odpadu v lokalitě Praha - Suchdol | 60 |
| Obrázek 41 Porovnání ročních nákladů na door-to-door systém a na donáškový systém sběru papíru..... | 61 |
| Obrázek 42 Skladba SKO z obcí v ČR za rok 2020 | 62 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 Cíl procenta recyklace odpadů v roce 2025 a 2030 | 11 |
| Tabulka 2 Hmotnostní limity vozidel v ČR | 11 |
| Tabulka 3 Rozměrové limity vozidel v ČR | 12 |
| Tabulka 4 Celkové množství odpadů 2013 – 2020..... | 13 |
| Tabulka 5 Rozdělení systémů a jejich charakteristika | 15 |
| Tabulka 6 Objemová hmotnost domovních odpadů při sběru | 20 |
| Tabulka 7 Rozdělení nádob..... | 27 |
| Tabulka 8 Vlastnosti malé svozové techniky..... | 33 |
| Tabulka 9 Vlastnosti střední svozové techniky..... | 35 |
| Tabulka 10 Vlastnosti velké svozové techniky..... | 38 |
| Tabulka 11 Technické údaje lisovacích kontejnerů Husmann..... | 40 |
| Tabulka 12 Parametry natahovacích kontejnerů | 41 |
| Tabulka 13 Výpočet nákladů současného systému..... | 51 |
| Tabulka 14 Výpočet nákladů door-to-door systém..... | 53 |
| Tabulka 15 Nový výpočet svozu donáškového systému | 55 |
| Tabulka 16 Množství odpadu v městské části Praha-Suchdol za období 2017-2020 | 56 |
| Tabulka 17 Predikce množství odpadu v Praze-Suchdol pro zavedení door-to-door systému sběru papíru..... | 57 |

Seznam použitých zkratk

| | |
|------|---|
| CD | Kompaktní disk (Compact disc) |
| CNG | Stlačený zemní plyn |
| ČR | Česká republika |
| EU | Evropská unie |
| HVO | Hydrogenovaný rostlinný olej |
| MEŘO | Metylester řepkového oleje |
| MS | Microsoft |
| PET | Polyethylentereftalát |
| RFID | Radiofrekvenční identifikace |
| RME | Metylester řepkového oleje |
| ZEVO | Zařízení pro energetické využití odpadů |

1 Úvod

Do nejnovějších trendů ve sběru odpadu jsou řazeny chytré technologie, podzemní nádoby na sběr odpadu a systém sběru odpadu door-to-door. u nejnovějších typů sběrných nádob lze pomocí nejmodernější výpočetní techniky pozorovat aktuální zaplněnost jednotlivých nádob. Tyto technologie umožňují upravovat jednotlivé trasy svozových automobilů, tím ušetřit náklady na svoz a snížit uhlíkovou stopu svozového automobilu. Nově jsou vybaveny tímto systémem i klasické nadzemní sběrné nádoby v systému door-to-door a v donáškovém systému sběru odpadu. Systém door-to-door na svoz tříděného odpadu v dnešní době není v Čechách moc rozšířený, města k němu začínají přecházet především z důvodu větší zodpovědnosti občanů při třídění odpadu. Systém umožňuje třídít jednotlivé komodity odpadu do nádob u rodinných domů, separovat lze bio odpad, papír, plasty a sklo.

Zodpovědnost občanů spočívá ve zvýšení vytřídění jednotlivých druhů odpadů do sběrných nádob, které mají u rodinných domů. Občané nemusí chodit k veřejným sběrným místům, ale mohou odpad vhodit do nádoby, kterou mají u dveří svého domu. Tyto nádoby jsou většinou měst nabízeny zdarma a na jejich financování lze využít dotaci. Hlavním záměrem tohoto systému je snížení množství komunálního odpadu z domácností a snížení poplatků za jeho likvidaci.

Praktická část se věnuje technologii svozu papíru v klasických nádobách o objemu 1 100 l umístěných na sběrném místě a technologií svozu papíru z nádob 240 l v systému door-to-door ve vybrané lokalitě. Vyplatí se systém door-to-door pro sběr papíru zavést v lokalitě Praha-Suchdol?

2 Současný stav řešené problematiky

V 19. století se s rozrůstajícími městy rozrůstal i problém s odpady. v té době neexistoval funkční systém na odvoz odpadů z měst, odpady se hromadily v ulicích a lákaly zvěř, která do měst nosila nemoci. z toho důvodu se odpad začal sypat do jam, kde byl následně zasypáván. Dalo by se říct, že tento způsob skládkování s velkým množstvím úprav se využívá dodnes. Před začátkem používání motorových popelářských vozů se ke svozu odpadu z měst používala koňská spřežka. Problém byl, že pro svoz odpadu koňskou spřežkou byly používány klasické vozy, které měly vysoké bočnice. Vysypání odpadu do těchto vozů bylo fyzicky náročné a složité. (Woods, 1999)

Popelářské vozy se spalovacím motorem se začaly rozvíjet až od roku 1920, jednalo se ovšem o klasická nákladní auta, která nebyla nijak upravena, a tak nebyl problém s náročným vysypáváním odpadu vyřešen. Navíc ložný prostor vozidla nebyl nijak zakrytován, což způsobovalo odlétávání drobných částí odpadu z nákladního vozidla a tím docházelo k znečišťování okolního prostoru. Tento problém byl vyřešen ve Velké Británii, kde byl ložný prostor vybaven krytem nebo plátěným potahem. (The History of the Garbage Man, 2012)

Výrazný pokrok přišel v roce 1933, kdy Francouzský konstruktér Fernand Reye navrhl první popelářský vůz vybavený lisovacím zařízením. Objem ložného prostoru byl 16 m³ a pohon hydraulického čerpadla nejprve zajišťoval elektromotor, který byl napájen z alternátoru. Později bylo toto řešení vylepšeno a čerpadlo bylo poháněno přímo spalovacím motorem. (Voytko, 2014)

K dalším předním výrobcům v Evropě patří firma KUKA (Keller und Knappich), která v roce 1927 navrhla popelářský vůz, který měl nákladový prostor ve tvaru válce, ve kterém byla spirála. Tato spirála měla za úkol posouvat odpad dále do vozu. Při vyprazdňování nákladového prostoru se spirála začala otáčet opačným směrem a tím došlo k vyprázdňení. Tento systém je vhodný pro svoz sypkého materiálu, komunálního dopadu a odpadu organického původu. Nevhodný je ale pro svoz vánočních stromků, neb smůla a větve se dostávají mezi spirálu a stěnu válce. Tento systém se používá dodnes a setkáme se s ním pod označením rotopress. (The History of the Garbage Man, 2012)

Za velmi zásadní bod historie popelářských vozů je považován rozvoj hydrauliky. v roce 1938 americká společnost Garwood Industries uvedla popelářský vůz Load Packer, který byl vybaven hydraulickým lisem odpadu v ložném prostoru. Jednalo se o první

popelářský vůz, vybavený hydraulickým lisem, který byl prodáván a sériově vyráběn po druhé světové válce v USA. Díky hydraulickému lisu bylo do tohoto vozidla možno naložit až o polovinu více odpadu než do popelářského vozu, který lisovacím mechanismem vybaven nebyl. Nástavba popelářského vozu se skládala z uzavřeného ložného prostoru, který byl vodotěsný a měl výklopnou zadní část. v zadní části byly uloženy panely, které posouvaly přímočaré hydromotory a tím docházelo ke stlačování odpadu, který byl lisován dále do vozu. Tento systém se používá dodnes, je možné se s ním setkat například pod názvem variopress. (Voytko, 2014)

V 50. letech 20. století se do vývoje specializovaného vybavení pro svoz odpadu zapojili i soukromí dopravci. Vznikl systém velkoobjemových kontejnerů, které bylo možno odpojit od popelářského vozu. Ložný prostor těchto kontejnerů byl 1,5 m³. Systém fungoval tak, že popelářský vůz přivezl prázdný kontejner, ten složil na předem určené místo a naložil plný kontejner, který odvezl. Nejprve se pro nakládku a vykládku kontejneru používal systém s kladkostrojí, který lze vidět na obrázku 1, tento systém byl později nahrazen výkonnějšími hydraulickými rameny. Za vznikem tohoto systému stojí G. R. Dempster, jehož výrobkem byl Dempster Dumpster. Původně byl systém zaměřen na stavební firmy a odvoz sutí. Firma se začala specializovat na odvoz odpadů až v roce 1937, kdy použila speciálně upravený kontejner, který měl odklápěcí spodní část, odpad mohl být snadno z kontejneru vysypán. Tento systém se používá i dnes, lze se s ním setkat při sběru velkoobjemového odpadu. (Voytko, 2014)



Obrázek 1 Fotografie popelářského vozu Dempster Dumpster, dostupné z:
<https://www.budgetdumpster.com/blog/wp-content/uploads/2017/02/DE4169.jpg>

Celý tento systém byl později upraven a popelářské vozy byly vybaveny ložným prostorem a speciálním čelem pro vyklápění kontejnerů do ložného prostoru vozu. Tento systém umožňoval, aby zůstávaly kontejnery na svém místě a nebylo potřeba je vyměňovat. (Voytko, 2014)

K dalším způsobům vyprazdňování nádob v USA sloužil vůz konstruktérů P. Gentila a S. V. Bowlese z roku 1952. Tento vůz měl ložný prostor umístěn jako všechny vozy v zadní části. Jediný rozdíl byl, že odpad se nakládá pomocí vidlice, která byla umístěna v přední části. Tato vidlice se otáčela směrem nahoru přes kabinu řidiče. Vidlice i ložný prostor byl ovládán pomocí přímočarých hydromotorů. Značná výhoda tohoto vozu byla jeho snadná obsluha, nebo pro obsluhu tohoto vozu stačil pouze jeden člověk. Tento systém se v dalších letech vyvíjel a v některých amerických státech je tento systém nakládky odpadu používán dodnes. (Hickman, 2000)

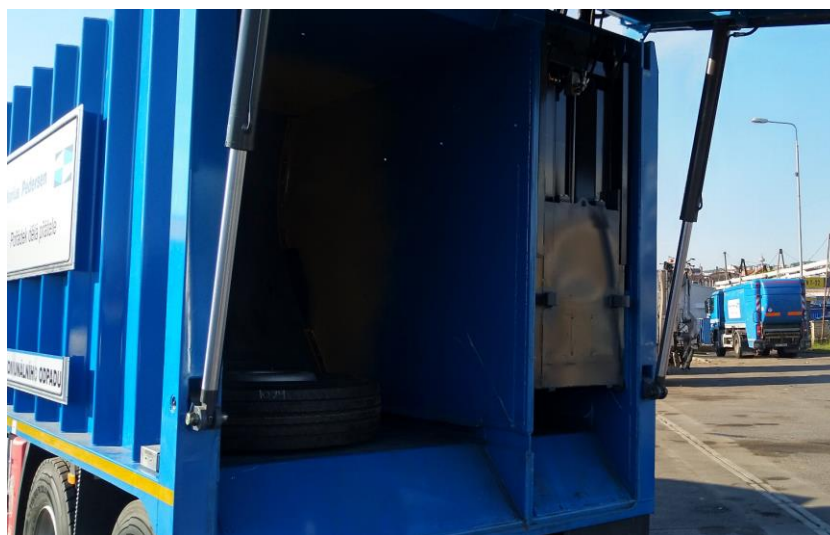
2.1 Novodobé trendy svozu odpadu

Inovace jsou v každém oboru, k moderním trendům ve svozu odpadu patří speciálně upravené nástavby svozových automobilů. Některé nástavby jsou upraveny tak, aby bylo možné svážet klasické nadzemní nádoby, zároveň podzemní a zvonové nádoby které mají spodní výsyp. Mezi další nástavby patří ty, které mají rozdělen ložný prostor na dvě části.

Toto řešení umožňuje svážet dva druhy odpadu v jednom vozidle. Nové sběrné nádoby jsou opatřeny RFID čipy, které odesílají informace ohledně zaplnění nádoby. v některých případech lze díky tomu upravovat svozovou trasu automobilu podle zaplněnosti a svozové společnosti tak mohou ušetřit náklady a současně snížit uhlíkovou stopu vozidel. v současné době jsou svozovými společnostmi zkoušena vozidla na alternativní pohon jako je například CNG.

2.1.1 Svaz více druhů odpadu najednou

K nejnovějším trendům patří speciálně upravené nástavby, jedná se nástavby, které mají rozdělen ložný prostor do dvou komor a lze tedy svážet dva druhy odpadu v jednom vozidle. Jedním z výrobců nástaveb, který rozdělenou nástavbu vyrábí je firma FAUN, která nabízí tři různé poměry rozdělení 70/30, 50/50 a 30/70. Firma Zoeller následně dodává na tyto nástavby výklopné mechanismy. s pomocí tohoto mechanismu lze svážet například domovní odpad ve vesnicích z nádob od 120 l do 360 l a tříděný odpad z nádob od 660 l do 1100 l. Nástavbu umožňující svaz dvou druhů odpadu vyrábí firma FAUN společně s firmou Zoeller pod názvem B 339 BICOMPAC. Tomuto systému odvozu odpadu se přizpůsobují i sběrné nádoby, do těchto nádob se instaluje přepážka, které odděluje dva různé druhy separovaného odpadu, například papíru a plastu. Taková sběrná nádoba má víko dvoubarevné – žluté a modré. (První vozidlo s dvoukomorovou nástavbou v ČR, 2021)



Obrázek 2 Fotografie nástavby B 339 BICOMPAC, dostupné z:

<https://www.ktech.cz/aktuality/index/view/id/25/prvni-vozidlo-s-dvoukomorovou-nastavbou-v-cr>

2.1.2 Svoz více druhů nádob

S postupným rozvojem podzemních a polopodzemních nádob nastává problém s jejich vyprázdňováním. Pro vyprázdnění je potřeba svozové vozidlo vybavené hydraulickou rukou. Vzhledem k tomu, že jsou stále rozšířeny klasické sběrné nádoby s horním výsypem a nádoby podzemní a polopodzemní jsou pouze na některých místech, bylo potřeba přizpůsobit svozová vozidla tak, aby dokázala svážet oba typy těchto nádob.

Firma Zoeller nabízí speciálně upravené nástavby MEDIUM XXL, které jsou vybaveny navíc i hydraulickým ramenem pro výsyp zvonových, podzemních a polopodzemních nádob. Rameno je montováno za kabinou vozidla, a v zadní části je výklopná stěna, která umožňuje vyprázdnění nádoby do ložného prostoru vozidla. (Medium XL/CLH-II, 2020)



Obrázek 3 Fotografie nástavby Zoeller MEDIUM XXL s hydraulickým ramenem, dostupné z:

<https://zoeller.cz/mb-2532-medium-xxl-s-hr-249/>

2.1.3 Informační technologie

S pomocí chytrých technologií můžeme sledovat aktuální zaplnění svozového automobilu a zároveň průměrnou zaplněnost nádob na odpad. Tyto údaje můžeme získávat z kamer a senzorů na vozidle. Evidence nádob může být zajištěna pomocí RFID čipů a čtečky umístěné na vozidle. Hmotnost odpadu může být měřena dvěma způsoby, pomocí váhy na výsypném zařízení, nebo pomocí statické hmotnosti odpadu v celém voze. Kamery a senzory odesílají získaná data do centrálního systému. Monitorování odpadů nám dále umožňuje sledovat počty výsypů, zaznamenávat hmotnosti odpadů v jednotlivých nádobách, online sledovat sběrné nádoby, zjistit polohu nebo poškození nádoby. Za pomoci těchto dat lze optimalizovat plán tras v závislosti zaplněnosti nádob, druhu odpadu a četnosti svozů.

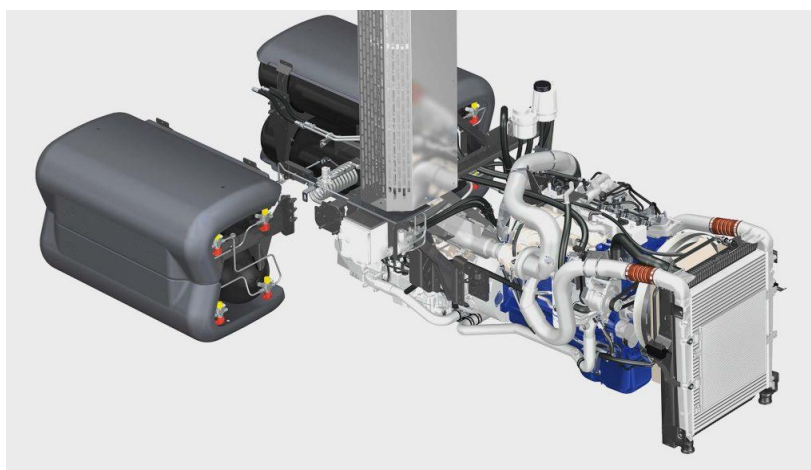
Dále je možné přesně lokalizovat poškozenou nádobu a její přesnou polohu. Také bylo zjištěno, že některé svozové automobily využívají svou kapacitu jen z 60 %. Pomocí softwarů lze svozové trasy přizpůsobovat tak, aby byly co nejefektivnější, snížila se uhlíková stopa a náklady na svoz odpadu. (Tomášková, 2021)

Dopady na životní prostředí snížením uhlíkové stopy nebyly zatím publikovány. v ekonomické rovině podniku již k hodnocení úspor došlo. Po zavedení chytrých technologií byla úspora nákladů kolem 30 %. (Hannan, 2011)

2.1.4 Alternativní paliva

K moderním trendům dnešní doby patří snížení uhlíkové stopy při svozu odpadu. Proto se výrobci nákladních vozidel zaměřují na alternativní paliva. k alternativním palivům patří zemní plyn (CNG), syntetická nafta (HVO), bionafta (RME) a elektřina.

Zemní plyn je směs plynných uhlovodíků a nehořlavých složek (85 % metanu (CH_4), 10 % dusíku (N) a 5 % vyšších uhlovodíků). Zemní plyn výrazně snižuje škodliviny ve výfukových plynech. v případě porovnání s benzínem snižuje o 25 % emise oxidu uhličitého, o 75 % emise oxidu uhelnatého a až o 80 % emise aromatických uhlovodíků. Oproti benzínu je pro zapálení stlačeného zemního plynu potřeba až dvojnásobná teplota. Ve svozových vozidlech se můžeme setkat se stlačeným zemním plynem – CNG. (Vencovská, 2016)



Obrázek 4 Fotografie pohonné jednotky na CNG firmy Volvo, dostupné z:
<https://assets.volvo.com/is/image/VolvoInformationTechnologyAB/volvo-fe-cng-engine?qlt=82&wid=1024&ts=1580919853286&fit=constrain>

Bionafta se vyrábí ze semen řepky olejky. První fází při zpracování je lisování za působení katalyzátorů při vysoké teplotě. Řepka se mění na metylester řepkového oleje (MEŘO), který je použitelný jako palivo. Vnikne nám nafta, která obsahuje 100 % metylesterem, té se říká „bionafta první generace“. Bionafta první generace se ale v České republice nepoužívá, protože její výroba je dražší než běžná nafta. z toho důvodu se přidávají do nafty první generace lehké ropné produkty nebo alfa-olefiny, díky kterým se cena sníží. Této naftě se pak říká „bionafta druhé generace“, ta musí obsahovat minimálně 30 % metylesteru řepkového oleje, kterým zaručuje výhřevnost a velmi dobrou biologickou odbouratelnost. Při porovnání s obyčejnou naftou dochází při spalování bionafty druhé generace k výraznému úbytku nespálených uhlovodíků a také neobsahuje žádné síry. Pro snížení obsahu aldehydů a ketonů, které jsou známé svým značným zápachem se pak používají oxidační katalyzátory. (Vencovská, 2016)

2.2 Legislativa

Česká republika se vstupem do Evropské unie zavázala k plnění cílů v odpadovém hospodářství. Evropská unie přijala v roce 2018 Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU Balíček oběhového hospodářství, ten přinesl myšlenku využití odpadu jako zdroje surovin, případně energie. Tím by mělo dojít ke snížení spotřeby primárních zdrojů a se tím snížit závislost na importu zboží či těžbě surovin. (Moravec, 2019)

V České republice je odpadové hospodářství vázáno na legislativu Evropské unie, musíme tedy brát v úvahu její ustanovení a postupně je umisťovat do české legislativy. Při vstupu České republiky do Evropské unie se změnil přístup k požadavkům na zlepšování životního prostředí. (Moravec, 2019)

2.2.1 Zákon o odpadech

„Účelem tohoto zákona je zajistit vysokou úroveň ochrany životního prostředí a zdraví lidí a trvale udržitelné využívání přírodních zdrojů předcházením vzniku odpadů a nakládáním s nimi v souladu s hierarchií odpadového hospodářství za současné sociální únosnosti a ekonomické přijatelnosti tak, aby bylo dosaženo cílů odpadového hospodářství stanovených v příloze č. 1 k tomuto zákonu a umožněn přechod k oběhovému hospodářství.“ (Zákon č. 541/2020 Sb. - Zákon o odpadech)

Zákon o odpadech dále definuje některé základní pojmy v odpadovém hospodářství, k základním pojmům patří pojmy jako odpadové hospodářství, odpad, komunální odpad. Odpadové hospodářství je v zákoně definováno jako:

„Činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadu, na nakládání s odpadem, na následnou péči o místo, kde je odpad trvale uložen, zprostředkování nakládání s odpady a kontrola těchto činností.“ (Zákon č. 541/2020 Sb. - Zákon o odpadech)

Odpad je v zákoně definován následovně:

„Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje, nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.“ (Zákon č. 541/2020 Sb. - Zákon o odpadech)

Komunální odpad je definován jako:

„Veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.“ (Zákon č. 541/2020 Sb. - Zákon o odpadech)

V zákoně je definován pojem původce odpadu. Původcem odpadu se rozumí obce, které jsou povinni ustanovit vlastní systém nakládání s odpady formou obecně závazné vyhlášky. Tato vyhláška by měla být veřejně dostupná na internetových stránkách obce. Obce dále musí zajistit místa, pro shromažďování komunálního odpadu a jeho separaci. Zároveň vyhláška opravňuje obce vybírat poplatek za odpady. Poplatky za odpady musí být ve vyhlášce stanoveny. Dle zákona o odpadech se nakládání s odpady rozumí shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů. (Zákon č. 541/2020 Sb. - Zákon o odpadech)

2.2.2 Katalog odpadů

Katalog odpadů je seznam, který se skládá z katalogových čísel, podle kterých se odpady řadí do 20 skupin. Každé z katalogových čísel se skládá celem z šesti číslic. První dvojice označuje skupinu odpadů. Druhá dvojice čísel stanovuje podskupinu odpadu, třetí dvojčíslí označuje druh odpadu. (Voštová, 2009)



Obrázek 5 Schéma číslování odpadů

2.2.3 Plán odpadového hospodářství

Plán odpadového hospodářství České republiky byl pro období 2015 až 2024 schválen vládou České republiky 22. 12. 2014. Vláda zároveň schválila i nařízení vlády č. 352/2014 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015 až 2024, kterým se vyhlašuje část Plánu odpadového hospodářství ČR. (Ministerstvo životního prostředí, 2020)

Plán odpadového hospodářství České republiky se používá jako nástroj pro řízení odpadového hospodářství ČR a pro realizaci dlouhodobé strategie odpadového hospodářství. Strategické cíle uvedené v Plánu odpadového hospodářství ČR jsou:

1. Předcházení vzniku odpadů a snižování měrné produkce odpadů.
2. Minimalizace nepříznivých účinků vzniku odpadů a nakládání s nimi na lidské zdraví a životní prostředí.
3. Udržitelný rozvoj společnosti a přiblížení se k evropské „recyklační společnosti“.
4. Maximální využívání odpadů jako náhrady primárních zdrojů a přechod na oběhové hospodářství. (Ministerstvo životního prostředí, 2020)

Dle Směrnice evropského parlamentu a rady (EU) 2018/851 ze dne 30. května 2018 mají být procenta recyklace v letech 2025 a 2030 dosahovat hodnot z tabulky 1. (Směrnice evropského parlamentu a rady (EU) 2018/851, 2018)

Tabulka 1 Cíl procenta recyklace odpadů v roce 2025 a 2030 (Směrnice evropského parlamentu a rady (EU) 2018/851, 2018)

| Rok | Komunální odpad [%] | Plasty [%] | Kov [%] | Sklo [%] | Kartony [%] |
|-------------|----------------------------|-------------------|----------------|-----------------|--------------------|
| 2025 | 55 | 50 | 50 | 70 | 75 |
| 2030 | 60 | 55 | 60 | 75 | 85 |

2.2.4 Vyhláška o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel

Tato práce se věnuje dopravní problematice, a proto je nutné se zabývat i legislativní úpravou v oblasti dopravy. Jeden z klíčových dokumentů v dopravní problematice je Vyhláška č. 209/2018 Sb. Vyhláška o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel, která udává technická specifika vozidel, tzn. v § 5 hmotnostní a v § 7 rozměrové limity na území ČR. (Vyhláška č. 209/2018 Sb., o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel.)

Tabulka 2 Hmotnostní limity vozidel v ČR (Vyhláška č. 209/2018 Sb.)

| Počet náprav | Typ vozidla | Největší povolené zatížení [t] |
|---------------------|--------------------|---------------------------------------|
| 2 | Hnací | 18 |
| 3 | Hnací | 25 |
| 4 a více | Hnací | 32 |
| 1 | Přípojně | 10 |
| 2 | Přípojně | 18 |
| 3 | Přípojně | 24 |
| 4 a více | Přípojně | 32 |
| | Jízdní souprava | 48 |

Hmotnost z tabulky č. 1 může být navýšena o 1 t v případě, že se jedná o vozidlo na alternativní paliva, tato výjimka může být povolena pouze na základě dokumentace, která je poskytnuta výrobcem při schvalování daného vozidla. (Vyhláška č. 209/2018 Sb., o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel.)

Tabulka 3 Rozměrové limity vozidel v ČR, (Vyhláška č. 209/2018 Sb.)

| Typ vozidla | Šířka [m] | Výška [m] | Délka [m] |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Jednotlivé vozidlo | 2,55 | 4 | 12 |
| Tahač s návěsem | 2,55 | 4,08 | 16,5 |
| Motorové vozidlo s přívěsem | 2,55 | 4 | 18,75 |
| Jízdní souprava s návěsem a přívěsem | 2,55 | 4 | 22 |

2.3 Využití odpadů

Vhledem k prioritám danými Zákonem o odpadech č. 541/2020 Sb. má největší prioritu předcházení vzniku odpadu, v případě, že nelze vzniku odpadu předejít, následuje jeho příprava k opětovnému použití, recyklace či jinému využití včetně energetického. Není-li možný ani jeden z uvedených způsobů, je nutné jeho odstranění. Tabulka 4 zobrazuje celkové množství odpadů a způsoby jejich upracování od roku 2013 až 2020. z tabulky 4 je patrné, že je snaha o co největší využití odpadů a o co nejmenší procento odstranění odpadů. v roce bylo energetické využití odpadů až 56 % a celkem bylo využito 84 % všech odpadů, to je celkem 376,8 kt. (Zákon č. 541/2020 Sb. - Zákon o odpadech)

Pod pojmem energetické využití se rozumí použití odpadů způsobem obdobným jako palivo, za účelem získání energetického obsahu nebo jiným způsobem k výrobě energie. Při využití odpadu jako paliva musí být splněna podmínka, že odpad po zapálení nepotřebuje žádné další podpůrně palivo a teplo, které vzniká musí být využito pro potřebu vlastní nebo dalších osob. Tyto podmínky splňuje například spalovna ZEVO Malešice. Od roku 2002 je škvára a popílek z procesu spalování skládkován a ukládán na skládku v Benátkách nad Jizerou. (Zákon č. 541/2020 Sb. - Zákon o odpadech)

Materiálové využití v roce 2020 představuje 28 % z veškerých produkovaných odpadů. Od roku 2013 se množství materiálového využití zvyšuje, procentuálně oproti předchozím rokům množství stagnuje. Za účelem zvýšení materiálového využití dopadů zavádí města nové způsoby sběru dopadu. Patří k nim především sběr bioodpadu a sběr gastro odpadu, který lze využít ke kompostování. (Vyhodnocení systému odpadového hospodářství hl. m. Prahy v letech 1998-2020, 2021)

V roce 2020 bylo na skládky celkem uloženo 14,23 % z celkového množství odpadů. Jedná se především o část produkce směsného opadu, objemného odpadů a uličních smetků. 2 % z celkového množství odpadů bylo odstraněno jiným způsobem, z toho asi 0,03 % bylo

odstraněno termicky, u těchto odpadů se jedná o nebezpečné odpady, které byly odevzdány do sběrných dvorů. (Vyhodnocení systému odpadového hospodářství hl. m. Prahy v letech 1998-2020, 2021)

Tabulka 4 Celkové množství odpadů 2013 – 2020 (Vyhodnocení systému odpadového hospodářství hl. m. Prahy v letech 1998-2020, 2021)

| Rok | Celkové množství odpadů [kt] | Odstranění [kt] | | | Využití [kt] | | |
|------|------------------------------|-----------------|-----------------|----------|--------------|-------------|----------------|
| | | Skládkování | Jiné odstranění | Termické | Energetické | Materiálové | Celkem využití |
| 2013 | 400,9 | 77,5 | | 1,8 | 226,6 | 95,0 | 321,4 |
| 2014 | 405,8 | 65,7 | | 0,5 | 241,9 | 97,8 | 339,7 |
| 2015 | 408,2 | 55,7 | | 0,1 | 251,7 | 100,0 | 351,9 |
| 2016 | 423,5 | 50,8 | 13,2 | 0,6 | 245,9 | 113,0 | 358,9 |
| 2017 | 430,3 | 54,8 | 16,9 | 0,6 | 241,3 | 116,7 | 358,1 |
| 2018 | 432,8 | 62,7 | 7,7 | 0,7 | 245,3 | 116,4 | 361,7 |
| 2019 | 440,9 | 63,8 | 7,5 | 0,7 | 249,1 | 119,6 | 368,6 |
| 2020 | 451,8 | 64,3 | 10,7 | 0,1 | 251,3 | 125,5 | 376,8 |

2.4 Metody shromažďování odpadu podle technického vybavení

Nádobový sběr

Sběr do nádob spočívá v tom, že lze jednoduše vyprázdnit odvozním prostředkem a mohou se na rozdíl od pytlového sběru opakovaně použít. Navíc jsou oproti pytlovému sběru lehce uzavíratelné. Obecně lze říct, že se jedná o nejrozšířenější způsob sběru odpadu. Nádoby lze rozdělit podle velikostí a konstrukce. Podrobněji se tématem nádob na sběr odpadu zabývá kapitola 2.7 Nádoby na odpad. (Voštová, 2009)

Pytlový sběr

S pytlovým sběrem odpadů se můžeme setkat například na vesnicích nebo v chatových oblastech. Lidé si od obce pořídí speciálně označené pytle, do kterých dávají svůj odpad. Tyto pytle mohou být barevně rozlišeny podle druhu odpadu který se do nich dává. Modrý pytel na papír, žlutý na plasty, černý na komunální odpad. v případě, že je jejich pytel s odpadem naplněn, zaváže se, aby se do něj nedostala vlhkost a případně zvěř a položí

se na kraj silnice. Svozový automobil pak pouze sbírá ve své trase pytle. Obec může mít také určené místo, kam lidé tyto pytle mohou nosit, například sběrný dvůr. (Voštová, 2009)



Obrázek 6 Fotografie pytlového sběru odpadu

Bez nádobový sběr

Tímto způsobem se nejčastěji sbírá papír, v domácnosti lidé sbírají papír a v předem známý termín jsou odloženy na předem známém místě v určitý den. v ten den je odpad vyzvednut svozovou společností a papír odveze. Na stejném principu funguje sběr odpadu na základních školách. (Voštová, 2009)

2.5 Metody shromažďování podle dostupnosti

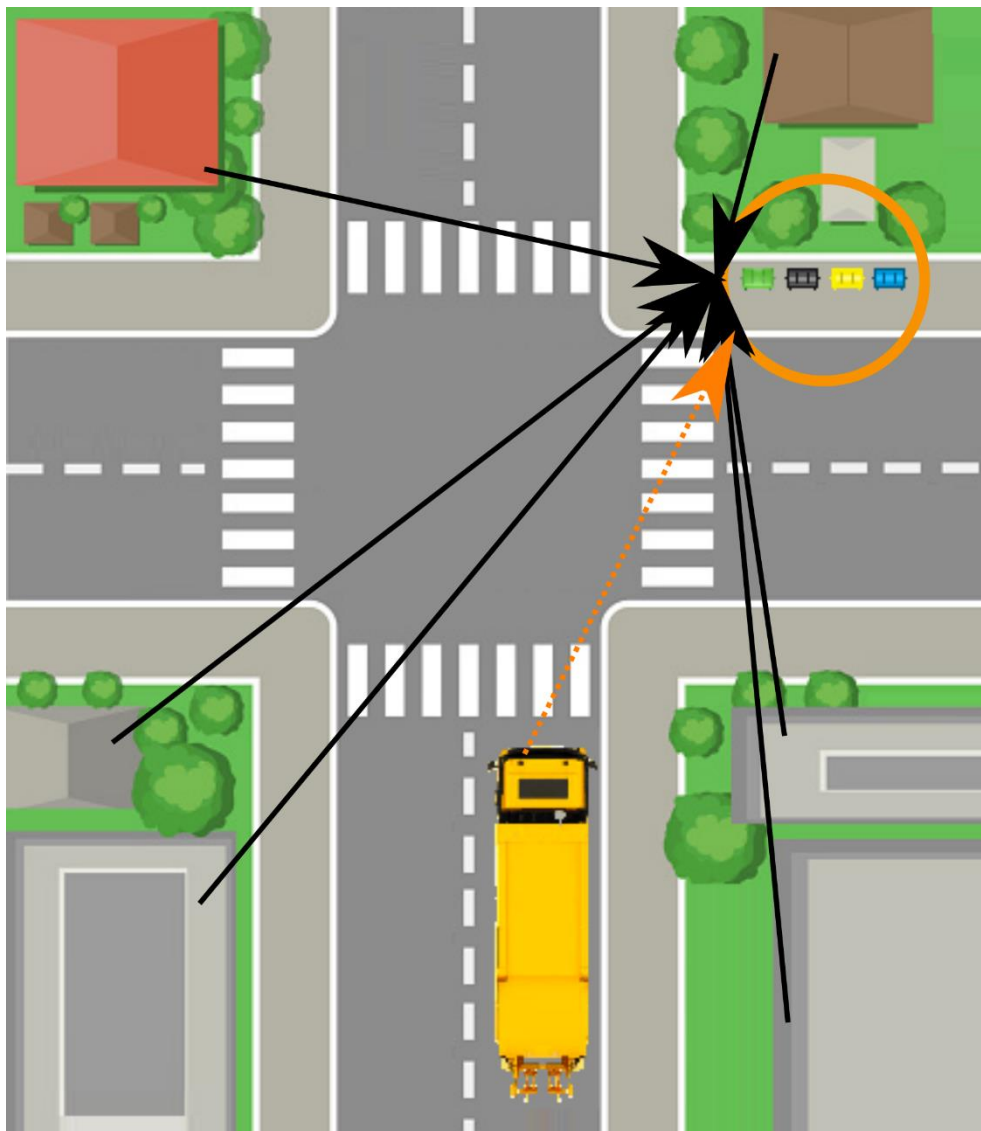
Pro sběr odpadu se rozlišují celkem tři druhy sběru odpadu. Jedním je tak zvaný donáškový systém, druhý je odvozočný systém, třetí systém sběru odpadu je na sběrných místech zvaných sběrné dvory, které se dělí na sběrné dvory a mobilní sběrné dvory. Jednotlivé systémy lze rozdělit a charakterizovat dle tabulky 5. (Voštová, 2009)

Tabulka 5 Rozdělení systémů a jejich charakteristika (Laurieri et al., 2020)

| Systém | Popis | Charakteristika |
|-------------------------|--|---|
| Donáškový systém | Občané odevzdávají odpad do sběrných nádob, které jsou na určených místech. Sběrná vozidla je jezdí pravidelně dle harmonogramu vyprazdňovat. | Méně časově náročné pro obsluhu Hospodárné Není potřeba vyndávat nádoby z pozemku Nižší výtěžnost a kvalita složek komunálního dopadu |
| Door-to-door | Vozidla jezdí v předem určený čas a jezdí od domu k domu. Občané mají nádoby na pozemku a v určitý den je vyndají před pozemek na ulici, aby mohla být nádoba vyprázdněna. | Vyšší procento tříděných komodit Pohodlné pro občany Nutnost vyndání nádoby na ulici Časově náročnější Větší množství nádob na pozemku Nákladnější |
| Sběrný dvůr | Méně manuální práce pro obsluhu Nejméně nákladné Občané sami odpad přivezou a umístí ho do velkoobjemového kontejneru | Není potřeba sběrných nádob na ulicích Nejméně nákladné |

1. Donáškový systém

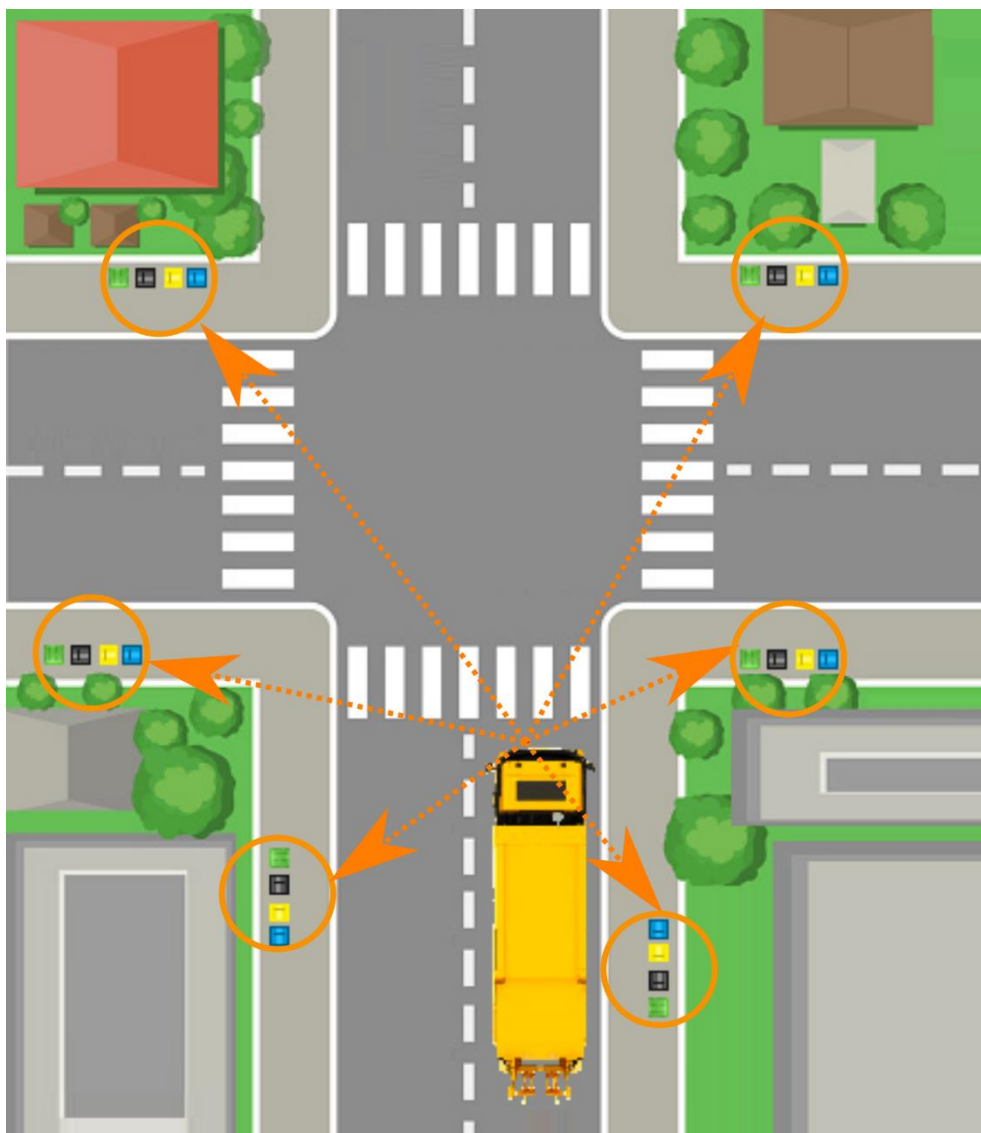
Donáškový způsob sběru disponuje menším množstvím sběrných nádob na úkor donáškové vzdálenosti. Vzdálenost k těmto nádobám by měla být do 100 metrů od bydliště. Tímto způsobem probíhá sběr jak komunálního odpadu, tak směsného komunálního odpadu. Nádoby se nacházejí na veřejně dostupných místech a jsou zaevidovány aplikace, která je podrobněji popsána v kapitole 2.7.2 Sběrné místo. Nádoby na těchto stanovištích mají nejčastěji objem 1,1 m³. u tohoto způsobu sběru odpadu se využívají i podzemní a polopodzemní nádoby. (Laurieri et al., 2020)



Obrázek 7 Schéma donáškového systému sběru odpadu, zdroj: Vlastní zpracování

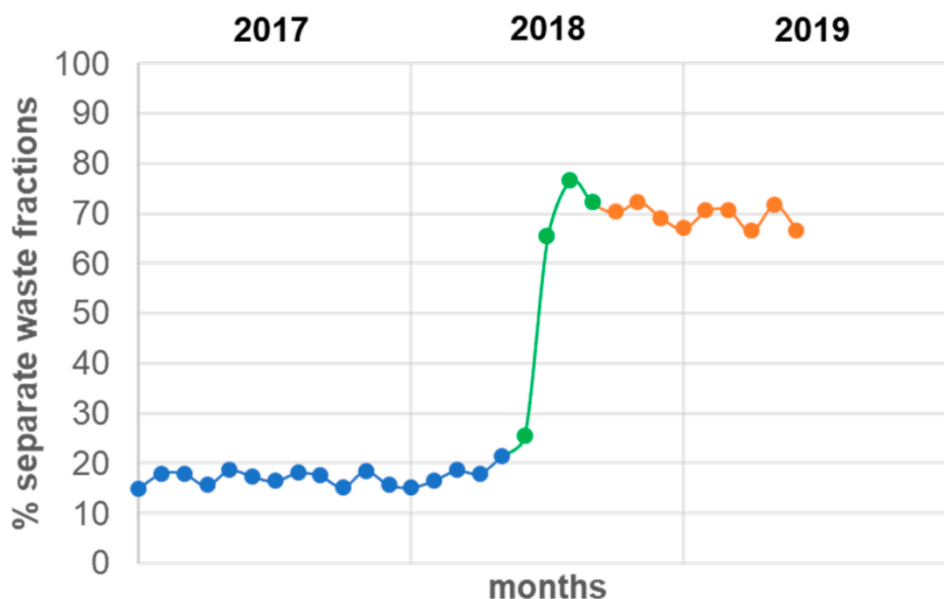
2. Odvozový systém „door-to-door“

Systémem door-to-door se myslí takový způsob sběru odpadu, kdy odvozové auto zastavuje zvlášť u každého domu a sbírá odpad ze sběrných nádob či pytlů ležících u domů. Pytle pak musí být náležitě označeny logem svozové společnosti, aby nedocházelo k podvodům. Nádoby na separovaný odpad jsou umístěny u nemovitostí, kde nejsou dostupné z veřejného prostranství. Vzhledem k počtu stanovišť, kde musí svozový automobil zastavit je způsob door-to-door nákladnější oproti donáškovému způsobu sběru odpadu. (Waste Management, 2012)



Obrázek 8 Schéma odvozového systému sběru odpadu, zdroj: Vlastní zpracování

Je dokázáno, že v případě použití door-to-door systému se procento vytríděných částí odpadu výši přibližně o 45 %. v Itálii ve městě Altamura, které má přibližně 70 775 obyvatel změnili systém z donáškového na systém door-to-door a zjistili, že za 5 měsíců se procento vytríděného odpadu zvedlo o 45 % jak dokládá obrázek 9. Modrá čára ukazuje stav v době, kdy byl pro svoz odpadu využíván klasický donáškový systém, zelená čára ukazuje fázi zavádění systému a oranžová používání již zavedeného systému. (Laurieri et al., 2020)



Obrázek 9 Graf s procentem vytríděného odpadu po zavedení door-to-door systému (Laurieri et al., 2020)

3. Sběrná místa

Na území Prahy je aktuálně 27 míst na tříděný sběr odpadů prostřednictvím sběrných dvorů města. Celkový počet sběrných dvorů v České republice činí 720. Sběrné dvory jsou místa, kde mohou občané odkládat následující druhy odpadů: objemný odpad dřevo, stavební odpady bez nebezpečných vlastností do 1 m³ na osobu a měsíc, bioodpad rostlinného původu, kovové odpady, papír, sklo, plasty, nápojové kartony, nebezpečné komunální odpady a pneumatiky. Do některých sběrných dvorů nelze odevzdávat všechny druhy odpadu, existují druhy odpadů, které mají některé sběrné dvory zakázáno přebírat. Jedná se například o výrobky obsahující azbest, nebo nebezpečné odpady obsahující dehet, a pneumatiky. Od roku 2016 je také možné ve sběrných dvorech odevzdávat použité potravinářské oleje a tuky. Sběrné dvory přijímají také elektrospotřebiče v rámci zpětného odběru a komodity v režimu předcházení vzniku odpadů. (Ekokom, 2019; Voštová, 2009)

K zavedeným novinkám ve sběrných dvorech je tak zvaný re-use point. v rámci pilotního projektu se zapojily dva sběrné dvory v Praze. Tyto sběrné dvory jsou vybaveny speciálním velkoobjemovým kontejnerem pro uložení objemných předmětů jako je: nábytek, sportovní vybavení, kočárky, zdravotní pomůcky atd. Kromě velkoobjemového kontejneru je dvůr vybaven i stavební buňkou, pro uložení drobných předmětů jako je nádobí, knihy, hračky atd. Proškolená obsluha při předání předměty posoudí, zdokumentuje a odborně uskladní podle jejich povahy. Po uskladnění obsluha tyto předměty zadá do speciální aplikace, kde se tyto předměty zobrazují partnerským organizacím, ke kterým patří:

městská nábytková banka, sociální odbory města a neziskové organizace. v případě, že tyto organizace nemají o tyto předměty zájem, nabídnou se lidem v přístupné části aplikace a následně si je mohou zdarma vyzvednout. Aplikace je veřejně dostupná na webových stránkách www.praha.nevyhazujto.cz. v projektu re-use bylo za rok 2020 vybráno celkem předáno 1820 ks předmětů. (Praha dává použitým věcem druhou šanci – statistika, 2021)

Mezi sběrné dvory řadíme i tak zvané mobilní sběrné dvory. Důvodem pro jejich zavedení bylo omezení pro výstavbu klasických sběrných dvorů v centru Prahy. Pod pojmem mobilní sběrný dvůr se rozumí, že v určitém čase a místě bude přistaveno několik velkoobjemových kontejnerů s odborným zajištěním třídění odpadů obsluhou. Mobilní sběrné dvory jsou nejčastěji realizovány na větších plochách jako jsou například parkoviště, kde je možné umístit více velkoobjemových kontejnerů pro různé druhy odpadů. Toto místo musí být schváleno Magistrátem hl. m. Prahy a svozovou společností. Mobilní sběrné dvory se realizují po dobu 6 hodin, kdy ve všední dny se jedná o odpolední hodiny a o víkendech o dopolední i odpolední. v těchto sběrných dvorech lze odkládat tyto druhy odpadu: objemný odpad, dřevěný odpad, bioodpad, od roku 2015 místo kovů nově stavební odpady s omezením množství do 1 m³ za měsíc. (Elektronické zprávy o životním prostředí v Praze, 2018)

2.6 Objem odpadu

Pro odpadové hospodářství je důležitou charakteristikou objemová hmotnost odpadu neboli hustota odpadu. Objemová hmotnost odpadu se mění v jednotlivých fázích nakládání s odpadem. Odpad má největší objem při sběru, tedy ve sběrných nádobách. Následně se objem odpadu zmenšuje díky lisovacímu zařízení v odvozovém automobilu. (Vrbová, 2009)

V případě, že známe objemovou hmotnost odpadu, lze jednodušeji stanovit předpokládané množství sběrných nádob, které budou potřeba pro svoz odpadu v dané lokalitě a četnost svozů jednotlivých druhů odpadů. Tyto informace lze využít i pro určení kapacity dotřídňovacích linek, zařízení pro recyklaci, spaloven a skládek. Objemové hmotnosti jednotlivých druhů odpadů jsou popsány v tabulce 6. Jedná se o hodnoty, které má odpad při sběru do sběrné nádoby. (Vrbová, 2009)

Tabulka 6 Objemová hmotnost domovních odpadů při sběru (Vrbová, 2009)

| Komodita | [kg.m ⁻³] |
|--|-----------------------|
| Směsný papír (karton, noviny, obaly, ostatní papír) | 50-110 |
| Směsné plasty (PET lahve, fólie, plastové obaly, ostatní plasty) | 17-40 |
| Sklo | 120-360 |
| Směsný komunální odpad | 91-260 (průměr 155) |

2.7 Nádoby na odpad

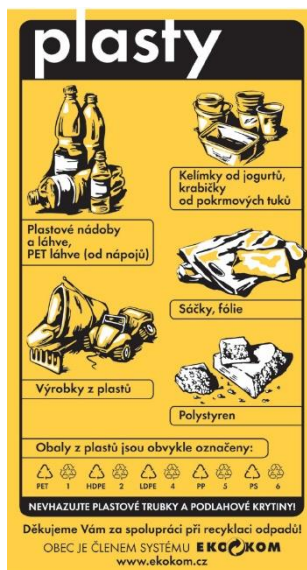
Pro shromažďování odpadu se využívá v dnešní době nádobový sběr odpadu. Odpad můžeme sbírat i do pytlů, tento způsob sběru odpadu se využívá především v chatových oblastech. Lidé nebo chataři vždy před svozem odpadu umístí označený pytel s odpadem na kraj určené silniční komunikace, po které jezdí svozové vozidlo. Ve městech se odpad sbírá do nádob, v případě donáškového systému musí být na tyto nádoby vyčleněno určité místo – sběrné místo. v případě, že se jedná o odvozový systém sběru odpadu, nádoby jsou umístěny na pozemku osoby, která nádoby využívá. (Vrbová, 2009)

2.7.1 Označení nádob na tříděný odpad

Každá nádoba určená na sběr tříděného odpadu má určitou barvu a označení podle toho, jaký druh odpadu do ní patří. Toto označení pomáhá jak lidem, kteří odpad do nádob vhazují, tak závozníkům svozového vozidla, kteří se podle barev orientují. v České republice se setkáváme s nádobami na tříděný odpad, které mají žlutou, modrou, zelenou nebo šedou barvu. Žluté nádoby se používají na plastové odpady. Nejčastěji se používá nádoba o objemu 1 100 l a má na sobě žlutou etiketu s nápisem „plasty“ a obrázky toho, které odpady do této nádoby patří. Jak je zřejmé z etikety, do takto označené nádoby patří:

Plastové tašky, sáčky, folie, sešlápnuté PET lahve, obaly od pracích, čistících a kosmetických přípravků, kelímky od jogurtů, mléčných výrobků, balicí fólie od spotřebního zboží, obaly od CD disků a další výrobky z plastů. Do těchto nádob patří i polystyren, který musí být po menších kusech. (Jak třídit, 2021)

Do této nádoby nepatří, obaly od žiravin, barev a jiných nebezpečných látek, mastné obaly se zbytky potravin nebo čistících přípravků, podlahové krytiny. (Jak třídit, 2021)



Obrázek 10 Fotografie informační etikety pro plast, dostupné z:

http://ekontejnery.cz/images/ekontejnery/ekokom_samolepka_plasty.jpg

Nádoby modré se používají na sběr kartonů a papíru. Stejně jako u nádob na plasty se nejčastěji používá nádoba o objemu 1 100 l. Stejně tak jako nádoba na plasty má i nádoba na papír samolepku. v případě papíru se jedná o etiketu modrou a nápisem „papír“ a je na ní též vyznačen odpad, který do nádoby patří. Obaly, které lze vhazovat do takto označené nádoby nalezneme značku s označením: PAP, 20, 21 a 22. Do nádoby lze dále hodit následující odpad:

Noviny, sešity, papírové obaly, lepenku, knihy, časopisy. Do těchto nádob lze vhazovat i dopisové obálky, které mají fóliové okénko. v případě bublinkových obálek lze vhodit pouze bez plastového vnitřku – bublinkového vnitřku. Vhazovat lze i papíry, které jsou sepnuty kancelářskou sponkou. Do této nádoby nelze vhazovat znečištěný, mastný a promáčený papír či karton. (Jak třídit, 2021)

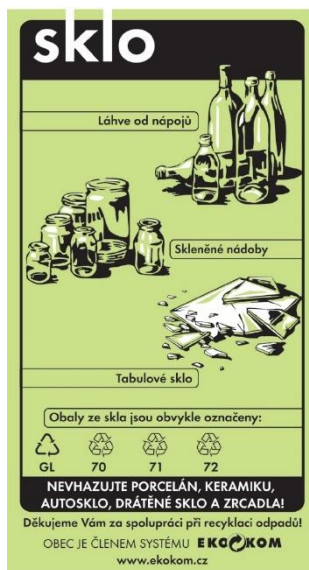


Obrázek 11 Fotografie informační etikety pro papír, dostupné z:

http://ekontejnery.cz/images/ekontejnery/ekokom_samolepka_papir.jpg

K dalším nádobám patří nádoby na sklo. Ty se dělí na čiré a barevné. Nádoby jsou ale od nádob pro plast a papír odlišné. Jedná se o tak zvané „zvonové“ nádoby. Tyto nádoby mohou mít vnitřní prostor rozdělen na dvě části. Do jedné části patří barevné sklo a do druhé čiré sklo. Nádoba je pak rozdělena i barevně. Barevné sklo patří do zelené části, čiré sklo pak do bílé části. Na takovéto nádobě pak nalezneme etikety dvě, podle rozdělení nádoby je na etiketě „sklo směs“ pro sklo barevné a „sklo čiré“ pro čiré sklo. Do nádoby na sklo patří tyto odpady:

Láhve od vína, láhve od mléka, láhve od všech alkoholických i nealkoholických nápojů, sklenice od marmelády, od kečupu či zavařenin. Do této nádoby lze vhadzovat i tabule skla z oken či dveří. Pokud je nádoba rozdělena na dvě části nebo stojí vedle sebe nádoby na barevné a čiré sklo, tak čiré sklo se vhadzuje do nádoby na čiré sklo. (Jak třídit, 2021)



Obrázek 12 Fotografie informační etikety pro barevné sklo, dostupné z:
http://ekontejnery.cz/images/ekontejnery/ekokom_samolepka_sklo.jpg

Nádoby na nápojové kartony mají černou barvu s oranžovým víkem. Pro nápojové kartony se používají nádoby o objemu 1 100 l nebo 240 l. Na nádobě je nalepena etiketa, na které je uvedeno, že se jedná o nápojové kartony a obrázky kartonů, které do nádoby patří. (Jak třídit, 2021)



Obrázek 13 Fotografie informační etikety pro nápojové kartony, dostupné z:
https://www.ekokom.cz/uploads/images/kontejnery/NAPOJ_KARTONY.jpg

Nádoby na kovové odpady v České republice zatím moc rozšířeny nejsou. Jedná se nejčastěji o zvonové nádoby šedé barvy o objemu 1 100 l. Typ vhozu se velmi podobá tomu na plastové odpady. Nádoba má stejně jako všechny ostatní nádoby na sobě etiketu

s nápisem „kovové odpady“ a po nápisem jsou naznačeny obrázky odpadů, které do nádoby patří. (Jak třídit, 2021)



Obrázek 14 Fotografie informační etikety pro kovové odpady, dostupné z:

<https://www.ekokom.cz/uploads/images/kontejnery/KOVnahled.jpg>

Nádoby na elektroodpad nejsou u sběrných míst moc rozšířené. Nejčastěji nádoby na elektroodpad potkáme v obchodních centrech, kde se jedná o malé nádoby určené většinou na baterie. Celkový počet nádob na elektroodpad v Praze činí 304. Tyto nádoby jsou speciálně upraveny a mají červenou barvu. Atypický je i vhoz pro vkládání odpadu do nádoby, který je zabezpečen proti vniknutí. Na nádobě je etiketa s nápisem „Zpětný odběr baterií a drobného elektrozařízení“. Pro lepší nalezení sběrného místa na elektroodpad lze využít mapu na stránkách ministerstva životního prostředí. Mapa funguje na principu aplikace s mapovými podklady, kde lze pomocí filtru vyhledat nádobu na konkrétní zařízení. Tato mapa je veřejně dostupná na webových stránkách: www.iso.mzp.cz/registrmistelektro. (Jak třídit, 2021; Registr míst zpětného odběru elektrozařízení, 2022)



Obrázek 15 Fotografie nádoby na elektroodpad, dostupné z: https://i3.cn.cz/15/1273565664_P1000717.JPG

2.7.2 Sběrné místo

V ulicích hlavního města Prahy je celkem 3 429 sběrných míst na odpad, z toho 135 stanovišť s podzemními kontejnery. Nejčastěji se používá donáškový systém sběru odpadu, jsou tedy v ulicích nádoby s horním, nebo spodním výsypem a lidé nosí odpad na určené místo, kde se tyto nádoby nachází. v centru Prahy je ale rozšířen odvozový systém, kdy jsou sběrné nádoby menší a jsou umístěny přímo v bytových objektech. Celkem je v Praze domovních stanovišť 2 222. Průměrně v přepočtu na počet obyvatel vychází na jedno stanoviště 236 obyvatel. Je tedy splněn cíl Plánu odpadového hospodářství, kdy má být na jedno sběrné místo maximálně 300 obyvatel. (Portál životního prostředí, 2006)

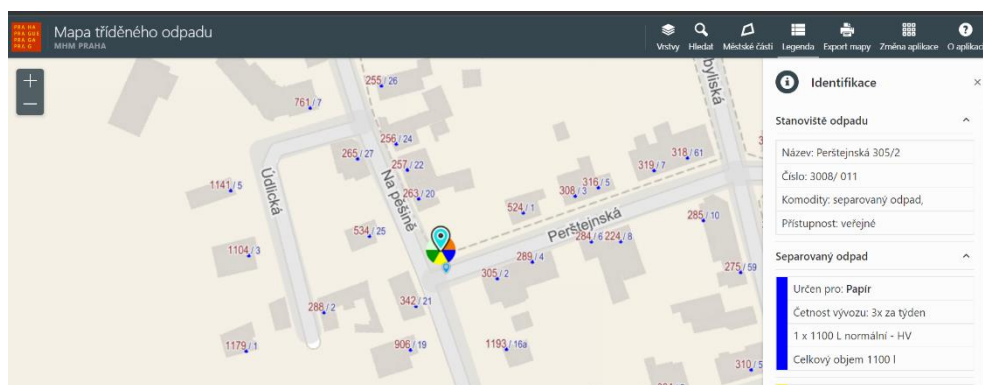
Umístění těchto sběrných míst určuje příslušná městská část po konzultaci se svozovými společnostmi. Každé sběrné místo, které je umístěno na pozemní komunikaci nebo chodníku, musí mít udělen souhlas se zvláštním užíváním komunikace. (Portál životního prostředí, 2006)

Občanům k snadné orientaci a k jednoduššímu nalezení sběrných míst pomůže mapa, která je veřejně dostupná na webových stránkách. Tyto mapy jsou vytvořeny společností T-MAPY spol. s r. o. dohromady s Magistrátem hlavního města Prahy. Součástí tohoto

projektu je i komplexní systém nakládání s komunálním odpadem. (Portál životního prostředí, 2006)

Mapa tříděného odpadu

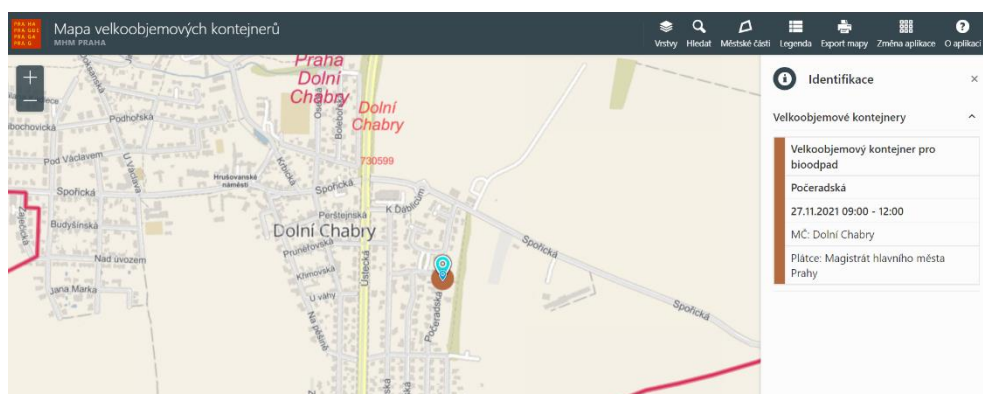
Mapa tříděného opadu je aplikace, která ukazuje na mapě jednotlivá stanoviště, kde jsou umístěny nádoby na separovaný odpad. Aplikace po kliknutí na určité místo dokáže ukázat, jaké druhy separovaného odpadu zde lze vložit do sběrné nádoby. Navíc ukáže, zda se jedná o veřejné místo, nebo soukromé, které je určeno výhradně obyvatelům přilehlého domu. (T-Mapy, 2022)



Obrázek 16 Mapa sběrných míst tříděného odpadu v ČR

Komplexní systém nakládání s komunálním odpadem

Jedná se podobnou webovou aplikaci jako u Mapy sběrných míst na tříděný odpad. Na mapových podkladech uživatelé zobrazí umístění velkoobjemových kontejnerů, velkoobjemových kontejnerů na BIO odpad a mobilní sběrné dvory na území hlavního města Prahy. (T-Mapy, 2022)



Obrázek 17 Mapa komplexního systému nakládání s komunálním odpadem

2.7.3 Klasické nádoby

Jak pro donáškový, tak pro odvozový systém se používají stejné druhy nádob. Rozdíl bývá nejčastěji u velikosti a počtu nádob. s odvozovým systémem se nejčastěji setkáváme na vesnici nebo u rodinných domů kde je kombinace odvozového a donáškového systému. Na zahradě je nádoba na směsný odpad a na tříděné komodity je vyhrazené sběrné místo. Ve městech je pak nejčastěji používán donáškový systém, kdy je v blízkosti cca do 100 metrů od domu sběrné místo. Aktuálně používané nádoby jsou popsány v následující tabulce 7. (Vrbová, 2009)

Tabulka 7 Rozdělení nádob

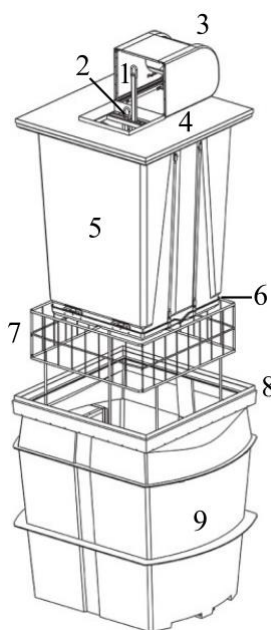
| Vybavení pro sběr odpadu | Použitý materiál | Obrázek | Objem [l] |
|-----------------------------------|----------------------|---|--|
| Plastový pytel | Plast |  | 60 120 |
| Nádoby s horním výsypem | Plech Plast |  | 70 90 110 |
| Nádoby s horním výsypem a kolečky | Plast |  | 60 80 90 120 240 340 360 |
| Nádoba s horním výsypem | Plech Plast |  | 660 770 1100 |
| Nádoba zvonová se spodním výsypem | Plech Sklolaminát |  | 1100 1500 2100 3200 |

2.7.4 Podzemní nádoby

Podzemní nádoby se velmi rozvíjí v západní Evropě, ale u nás ještě tolik rozšířeny nejsou. Jedná se speciální nádobu, která je umístěna v zemi a nad zemí je pouze otvor na

vhazování odpadu, který při vhození spadne na dno nádoby. Výhodou těchto nádob je, že se do nich může hodit odpad takových rozměrů, které do nádob opravdu patří. Je tedy důležité, aby se lidé naučili nádoby používat. Často jsou tyto podzemní nádoby obklopeny lepenkovými krabicemi, nebo odpadem, který se do otvoru nevešel. v Čechách se tyto nádoby zatím moc nepoužívají, důvodem jsou vysoké pořizovací náklady na výstavbu.

Pro svoz těchto podzemních nádob je potřeba speciálně vybavený odvozový prostředek, tyto nádoby se vyprazdňují stejným způsobem jako zvonové nádoby na sklo. Je tedy potřeba aby bylo vozidlo vybaveno hydraulickou rukou a kontejnerem, do kterého se odpad vysype. Výhodou těchto nádob je jejich objem, který může být až několikanásobně větší než u klasických nádob. Další výhodou je, že se do nádob dá vložit pouze odpad určitých velikostí, nejsou pak nádoby plné nerozložených lepenkových krabic jako je tomu u nádob klasických. Dále lze považovat za výhodu i zkrášlení krajiny či města (Unterflursysteme II, 2020).

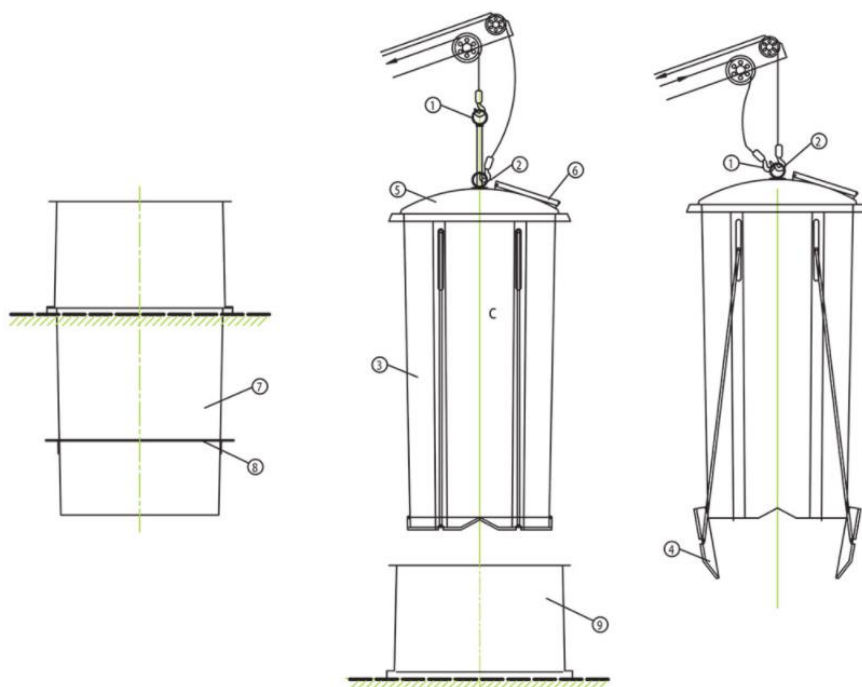


Obrázek 18 Schéma podzemního kontejneru spojeného s vřazovací šachtou, dostupné z: <http://www.reflex-zlin.cz/wp-content/uploads/2016/11/CITY-Q-net.pdf>

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1. pohyblivý hák | 6. dno |
| 2. pevný hák | 7. bezpečnostní zábrana |
| 3. vřazovací šachta | 8. laminátový adaptér |
| 4. pochozí plošina | 9. laminátová šachta |
| 5. kontejner | |

2.7.5 Polopodzemní nádoby

Polopodzemní nádoby fungují na stejném principu jako podzemní nádoby. Jak již z názvu vyplývá, nádoba není zcela zapuštěna pod zemský povrch, nejčastěji je nádoba zapuštěna 1 metr. Dalším rozdílem je, že vhozový otvor bývá větší než u zcela zapuštěných nádob. Systém výsypu je totožný s výsypem zcela zapuštěných nádob. v České republice se používá dvouoký úchyt, v případě duálních podzemních nádob, které slouží ke dvousložkovému sběru odpadu, jako je například čiré a barevné sklo se používá tříoký systém. Tyto podzemní a polopodzemní nádoby mají ještě speciální zabezpečení proti pádu do sila. k pádu by mohlo dojít při výsypu vytríděného odpadu. Zabezpečení spočívá v bezpečnostních podlahách a klapkách (Unterflursysteme II, 2020).



Obrázek 19 Schéma polopodzemního kontejneru, dostupné z: <http://www.reflex-zlin.cz/podzemni-kontejnery-castecne-zapustene-semi/konstrukce-kontejneru/>

- | | |
|------------------|------------------------------|
| 1. pohyblivý hák | 6. malé víko (vhoz) |
| 2. pevný hák | 7. laminátová šachta |
| 3. kontejner | 8. prstenec |
| 4. dno | 9. vystupující část nad zemí |
| 5. velké víko | |

2.8 Svozová technika

Svozové automobily můžeme dělit podle:

1. podle druhu lisování odpadu lineární a rotační,
2. objemu ložného prostoru,
3. podle typu nádob které sváží,
4. podle způsobu vykládky odpadu.

Standardně výrobci nákladních automobilů nenabízejí kompletní svozové vozidlo včetně nástavby. Nástavby zajišťuje externí firma, která se výrobou a montáží nástaveb zabývá. Vozidlo je pak konfigurováno dle přání zákazníka. k hlavním výrobcům nákladních automobilů patří firma Mercedes-Benz, Scania, MAN, Renault a IVECO. v ostatních Evropských státech se můžeme dále setkat s dalšími výrobci jako je DAF a Volvo. u výrobců malé svozové techniky se nejčastěji setkáváme s výrobcí Mercedes-Benz, Isuzu, Mitsubishi a Multicar.

Podvozky zmíněných výrobců lze kombinovat s nástavbami od několika výrobců. Výrobci nabízí velké množství nástaveb od malých bez stlačování odpadu po velké, které umožňují stlačování odpadů. Podle přání zákazníka mohou být různé typy nástaveb kombinovány s různými výklopnými zařízeními. k nejdůležitějším výrobcům patří firmy Zoeller Systems s.r.o., FAUN Umwelttechnik GmbH & Co. KG, Geesinknorba Headquarters, Tecme Ete S.r.l. a SIMED s.r.o.

2.8.1 Malá svozová technika

Malá svozová technika se nejčastěji používá v historických centrech měst. Díky jejich malým rozměrům nemají tyto vozy v úzkých uličkách problém s manévrovatelností. Tyto vozy mají nejčastěji dvoučlennou posádku a nakládání odpadu provádí posádka vozu. Nejčastěji se používají pro vyvážení odpadkových košů a malých sběrných nádob o objemu do 240 litrů. Některá vozidla se speciální nástavbou dokážou vysypat i sběrnou nádobu o objemu 1 100 litrů. Cena malé svozové techniky se pohybuje okolo 1 750 000,- Kč za vozidlo včetně nástavby, cena je ovšem závislá na požadavcích zákazníka.

Do skupiny malých svozových automobilů patří popelářský vůz MULTICAR Fumo M30 který má nosnost 770 kg a má speciálně upravenou nástavbu. z jedné strany nástavby lze vysypávat odpadkové koše a z druhé strany je hydraulický mechanismus, který

dokáže vysypat sběrnou nádobu o objemu 240 litrů. Objem ložného prostoru je v tomto případě 5 m³. Rozměry vozidla jsou d×š×v 4385 × 1620 × 2190 mm. u tohoto vozidla lze použít i speciální nástavbu od firmy Zoeller Micro HGHK 4, která umožňuje výsyp 770 litrových kontejnerů v zadní části vozu. Nástavby HGHK mohou vysypávat i kontejnery 1100 litrů, tento typ nástavby ale nelze použít na podvozku Multicar. (Nástavby pro užitková vozidla do 3,5 t)



Obrázek 20 Fotografie svozového automobilu Multicar Fumo M30, dostupné z:

<https://www.veacom.cz/cs/vehicle/detail/36>

Druhé svozové vozidlo lze zařadit Mitsubishi Fuso Canter 3S13, které lze osadit stejnými typy nástaveb jako vůz MULTICAAR Fumo ale lze použít i nástavby od firmy SIMED typu LN 4200 s objemem 4,2 m³. Tato nástavba může být dovybavena sklápěčem pro sběrné nádoby do 240 litrů. Nosnost vozidla je 430 kg. Rozměry vozidla jsou d×š×v 4808 × 1870 × 2 100 mm. (Nástavby pro užitková vozidla do 3,5 t)



Obrázek 21 Fotografie svozového automobilu Mitsubishi FUSO Canter s nástavbou SIMED LN 4200

Jako třetí svozové vozidlo, které lze zařadit do kategorie malých je Mercedes Sprinter. Toto vozidlo může být osazeno nástavbami typu HGL a HG. Nástavby typu HGL jsou bez hydraulického výsypu, lze je tedy použít pouze pro vysypání odpadkových košů. Nástavby HG jsou vybaveny hydraulickým systémem, díky kterému lze vyvážet sběrná nádoby až o objemu 770 litrů. Nástavby jsou rozděleny do tří podkategorií. Nástavby Micro HG jsou rozděleny do čtyř kategorií podle objemu ložného prostoru na Micro HG 3,5, Micro HG 4,5, Micro HG 5 a Micro HG 6. u nástaveb Micro HGL jsou rozděleny pouze do dvou kategorií Micro HGL 3,5 a Micro HGL 4. Některé z těchto nástaveb lze použít i u vozidel Multicar. Nosnost vozidla je 1 225 kg. Rozměry vozidla jsou $d \times š \times v$ 5496 × 2175 × 2274 mm. (Valníkové vozidlo Sprinter, 2021; Products - ZOELLER, 2021)



Obrázek 22 Fotografie svozového automobilu Mercedes-Benz Sprinter, dostupné z: https://www.zoellerkipper.de/wp-content/uploads/MICRO_hg-mercedes-GB.pdf

V následující tabulce 8 lze vidět srovnání popisovaných svozových vozidle. Byly srovnávány nejdůležitější hodnoty, které patří k hlavním kritériím při pořizování malé svozové techniky.

Tabulka 8 Vlastnosti malé svozové techniky

| Vozidlo | Nosnost [kg] | Délka [mm] | Šířka [mm] | Výška [mm] | Řidičský průkaz sk. |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|
| MULTICAR Fumo M30 | 770 | 4 385 | 1 620 | 2 190 | B |
| Mitsubishi Fuso | 430 | 4 808 | 1 870 | 2 100 | B |
| Mercedes-Benz Sprinter | 1 225 | 5 496 | 2 175 | 2 274 | B |

2.8.2 Střední svozová technika

Střední svozová technika se využívá především na vesnicích, chatových a horských oblastech kde kvůli rozměrům komunikace a menšímu množství odpadu není potřeba velká svozová technika. Cena střední svozové techniky se pohybuje okolo 2 850 000,- Kč za vozidlo včetně nástavby, cena je ovšem závislá na požadavcích zákazníka. Objem nástaveb u střední svozové techniky je obvykle od 8 do 17 m³. Tyto nástavby jsou vybaveny lineárním liselem a zadním nakládáním odpadu.

Do této skupiny se řadí nákladní vůz Mercedes-Benz Atego 1324, který lze kombinovat s nástavbou od firmy Zoeller MINI. Nástavby typu MINI jsou rozděleny do tří kategorií podle objemu ložného prostoru na MINI 8 m³ až 10 m³, MINI XL 9 m³ až 12 m³ a MINI XL-H 10 m³ až 14 m³. Nosnost vozidla Mercedes-Benz Atego 1324 s nástavbou MINI 8,5 m³ je 8 565 kg. Rozměry vozidla jsou d×š×v 7700 × 2400 × 3000 mm. (Products - ZOELLER, 2021)



Obrázek 23 Fotografie svozového automobilu Mercedes-Benz s nástavbou Zoeller MINI, dostupné z:
<https://www.mascus.cz/preprava/popelarske-vozy/mercedes-benz-atego-1324/h4ey954w.html>

Druhé vozidlo, které lze zařadit do této skupiny je MAN TGM 18.250, toto vozidlo může být vybaveno stejně jako Mercedes-Benz nástavbami typu MINI a MINI XL. Nosnost vozidla MAN TGM 18.250 s nástavbou MINI XL 11 m³ je 6 815 kg. Rozměry vozidla jsou d×š×v 7800 × 2400 × 3 300 mm. (Products - ZOELLER, 2021)



Obrázek 24 Fotografie svozového automobilu MAN TGM s nástavbou MINI XL, dostupné z:
<https://www.mascus.cz/preprava/popelarske-vozy/man-tgm-18-250-zoeller-11m3/dxiyg14q.html>

Jako třetí svozové vozidlo, které lze zařadit velikostně ke středním je DAF LF 260 s nástavbou Zoeller MINI XL-H která patří mezi nástavbami MINI k těm největším. Objem této nástavby může být od 10 do 14 m³. DAF LF je vybaven největší nástavbou o objemu 14 m³. Výhoda tohoto vozidla je, že je vybaveno manipulační nápravou. Nosnost DAFu LF 260 s nástavbou Zoeller MINI XL-H činí 10 660 kg. Rozměry vozidla činí d×š×v 8 100 × 2 550 × 3 200 mm. (Products - ZOELLER, 2021)



Obrázek 25 Fotografie svozového automobilu DAF LF 260 s nástavbou MINI XL-H, dostupné z:
<https://www.mascus.cz/preprava/popelarske-vozy/daf-lf260/54gtc56y.html>

Následující tabulka 9 porovnává nejdůležitější hodnoty, které patří k hlavním kritériím při výběru středně velké svozové techniky.

Tabulka 9 Vlastnosti střední svozové techniky

| Vozidlo | Nosnost [kg] | Délka [mm] | Šířka [mm] | Výška [mm] | Kompresní poměr [-] | Řidičský průkaz sk. |
|---------------------------------|--------------|------------|------------|------------|---------------------|---------------------|
| Mercedes-Benz Atego 1324 | 8 565 | 7 700 | 2 400 | 3 000 | 1:6 | C |
| MAN TGM 18.250 | 6 815 | 7 800 | 2 400 | 3 300 | 1:6 | C |
| DAF LF 260 | 10 660 | 8 100 | 2 550 | 3 200 | 1:6 | C |

2.8.3 Velká svozová technika

S velkou svozovou technikou se setkáváme ve velkoměstech, kde je velké množství odpadu a dopravní technické vlastnosti komunikace umožňují použití velkých nákladních vozidel. Stejně jako u malé a střední svozové techniky i velká svozová technika může kombinovat různé výrobce šasi a nástaveb. v České republice je nejvíce používanou kombinací podvozek Mercedes-Benz Antos a nástavba Zoeller s lineárním lisem, tato kombinace se používá pro svoz nádob s horním výsypem, se speciální nástavbou ji lze použít i pro svoz nádob s horním výsypem i pro svoz zvonových nádob nebo podzemních nádob. Další kombinací je Mercedes-Benz Antos a Actros s nástavbou FAUN Variopress 522. Pro svoz zvonových nádob a podzemních nádob se nejčastěji používá svozový automobil bez nástavby s hydraulickou rukou, nástavbu pak tvoří vyměnitelný kontejner. Cena velké svozové techniky se pohybuje okolo 5 210 000,- Kč za vozidlo včetně nástavby, cena je pouze přibližná, protože je závislá na konkrétních požadavcích zákazníka.

Jak již bylo řečeno v předchozím odstavci, k jedné z používaných svozových technik, která patří do kategorie velké spadá Mercedes-Benz Antos 2533 s nástavbou Zoeller. Konkrétně se jedná o nástavby typu Zoeller MEDIUM, které se dělí na tři velikosti. MEDIUM XL-S, MEDIUM XL, MEDIUM XXL. Kapacita těchto nástaveb je od 18 m³ do 24 m³. Nástavba typu MEDIUM XXL může být vybavena speciální hydraulickou rukou, díky tomu je nástavba schopna vyvážet jak klasické nádoby s horním výsypem, tak zvonové nádoby se spodním výsypem. Nosnost tohoto vozidla s nástavbou Zoeller MEDIUM XL činí 10 735 kg, objem nástavby je 21,5 m³. Rozměry vozidla činní d×v×š 10 000 × 2 500 × 3 550 mm. (Nákup vozu na svoz domovního odpadu, 2015; Products - ZOELLER, 2021)



Obrázek 26 Fotografie svozového automobilu Mercedes-Benz Antos 2533 s nástavbou Zoeller MEDIUM XL, Dostupné z: <https://www.mascus.cz/preprava/popelarske-vozy/mercedes-benz-antos/cv8z4u4x.html>

Jako druhý odvozový prostředek, který lze zařadit do kategorie velké svozové techniky řadíme Renault D26 380E6 s nástavbou Semat 20 m³ a výklopným zařízením od firmy Zoeller. Nosnost vozidla v této konfiguraci je 9 711 kg. Rozměry vozidla činní d×v×š 1 010 × 2 550 × 3 450 mm. (Products - ZOELLER, 2021)



Obrázek 27 Fotografie svozového automobilu Renault D26 380E6 s nástavbou Semat 20 m³, dostupné z: <https://www.ktech.cz/blog/nove-svozove-vozidlo-pro-ave-kolin>

Třetí svozové vozidlo, které patří do kategorie velkých je MAN TGS 26.320 s nástavbou Zoeller XXL. Jedná se o největší nástavbu, která je na trhu nabízena firmou Zoeller. Objem nástavby MEDIUM XXL je 24 m³, nosnost vozidla s touto nástavbou činí 9 550 kg. Rozměry vozidla činí d×v×š 9 750 × 2 550 × 3 520 mm. (Products - ZOELLER, 2021)



Obrázek 28 Fotografie svozového automobilu MAN 26.320 s nástavbou Zoeller MEDIUM XXL, dostupné z: <https://zoeller.cz/man-26-320-medium-xxl-356/>

V následující tabulce 10 jsou srovnány všechny důležité hodnoty, které hrají hlavní roli při výběru nové svozové techniky.

Tabulka 10 Vlastnosti velké svozové techniky

| Vozidlo | Nosnost [kg] | Délka [mm] | Šířka [mm] | Výška [mm] | Kompresní poměr [-] | Řidičský průkaz sk. |
|---------------------------------|--------------|------------|------------|------------|---------------------|---------------------|
| Mercedes-Benz Antos 2533 | 10 735 | 10 000 | 2 500 | 3 550 | 1:6 | C |
| Renault D26 380E6 | 9 711 | 1 010 | 2 550 | 3 450 | 1:6 | C |
| MAN TGS 26.320 | 9 550 | 9 750 | 2 550 | 3 520 | 1:6 | C |

Velké odvozové systémy

Velké odvozové systémy odpadu se používají pro převoz jak velkoobjemového odpadu na skládku, tak domovního odpadu do spaloven. Stejná technika může být použita při svozu odpadu z podzemních nádob nebo zvonových nádob. Vozidlo ovšem musí být vybaveno hydraulickým ramenem. (Koutná, 2018)

Nejčastější variantou převozu odpadu na skládky je použití nákladního vozidla s přívěsem. Tato souprava uveze dva kontejnery dle normy DIN 30722 o celkovém objemu 72 m³ a nosnost soupravy činí 28 000 kg odpadu. Díky hákovému nosiči kontejnerů je tato souprava zcela soběstačná a obejde se bez další manipulační techniky. Nákladní automobil dokáže naložit kontejner jak na vlastní podvozek, tak na přívěs. Výhodou této soupravy je, že lze použít nákladní vozidlo s kontejnerem i samostatně. Není tedy potřeba přívěs vozit i v případě, že by jel prázdný. (Koutná, 2018)



Obrázek 29 Fotografie soupravy s velkoobjemovými kontejnery, dostupné z: https://kovosrot-alba.cz/data/filecache/21/obrazek_55.jpg

Pro svoz podzemních kontejnerů a zvonových nádob je potřeba odvozové vozidlo, které je vybaveno hydraulickým ramenem. Dle typu může být dále vybaveno klasickým velkoobjemovým kontejnerem, nebo speciálním lisovacím kontejnerem, nebo nástavbou, která umí vyklápat klasické nádoby, a navíc umí vyvážet i již zmíněné zvonové nádoby nebo podzemní kontejnery. Jako příklad lze uvést nástavbu od firmy Zoeller MEDIUM XXL s hydraulickým ramenem. (Products - ZOELLER, 2021)

Svozové vozidlo Mercedes-Benz Arocs 2545 které je vybaveno hydraulickým ramenem HMF 1800 a natahovacím hákem pro natažení kontejneru. Toto vozidlo v konfiguraci s lisovacím kontejnerem Husmann 22 SEN-E uveze 8 500 kg odpadu. Díky hydraulické ruce může vyložit jak zvonové kontejnery, tak podzemní kontejnery. (HMF Cranes, 2021)



Obrázek 30 Fotografie svozového automobilu Mercedes-Benz Arocs 2545 s lisovacím kontejnerem

Tabulka 11 Technické údaje lisovacích kontejnerů Husmann, dostupné z: https://husmann-umwelt-technik.de/wp-content/uploads/Download_SPB-fuer-Abroller_SEN-E_SEL-E_Prospekt.pdf

| Typ kontejneru | Délka [mm] | Délka ložné plochy [mm] | Vnitřní šířka [mm] | Vnitřní výška [mm] | Objem [m ³] | Kompresní poměr [-] |
|----------------|------------|-------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| 18 SEN-E | 5 960 | 3 950 | 2 450 | 1 860 | 18 | 1:5 |
| 20 SEN-E | 6 360 | 4 390 | 2 450 | 1 860 | 20 | 1:5 |
| 22 SEN-E | 6 760 | 4 828 | 2 450 | 1 860 | 22 | 1:5 |
| 24 SEN-E | 7 230 | 5 266 | 2 450 | 1 860 | 24 | 1:5 |

Jako další vozidlo, které sváží odpad ze zvonových kontejnerů a podzemních kontejnerů je Mercedes-Benz Econic 2629 s hydraulickou rukou HIAB 122 E-3 a natahovacím hákem. Ten se využívá především pro svoz podzemních nádob v centrech velkých měst. Jeho maximální nosnost je 13 840 kg, objem ložného prostoru závisí na velikosti kontejneru. Lze použít kontejner o objemu 22,1 m³.

Třetí vozidlo, které může svážet podzemní kontejnery a zvonové kontejnery je Mercedes-Benz Actros 2641, které je vybaveno hydraulickým ramenem PALFINGER PK 19502 a natahovacím hákem. Toto vozidlo má konfiguraci podvozku 6×2 a zadní říditelnou nápravu, která zlepšuje manipulaci v ulicích měst. Objem ložného prostoru je závislý na použití kontejneru. Kontejnery lze volit dle tabulky 12. (Palfinger, 2022; Kontejnery ABROLL, 2022)

Tabulka 12 Parametry natahovacích kontejnerů, dostupné z: <http://www.realpractic.cz/kontejnery-abroll>

| Délka ložné plochy [mm] | Vnitřní šířka [mm] | Výška [mm] | Objem [mm] | Nosnost [t] | Výška háku [mm] |
|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| 3 750 – 7 000 | 2 400 | Individuální | 5 – 41 | 10 – 26 | 1 570 |
| 4 500 – 5 000 | 2 400 | Individuální | 5 – 30 | 12 | 1340 |
| 3 000 – 5 000 | 1 100 – 2 400 | Individuální | 2,5 – 23 | 3 – 8 | 1 000 |
| 3 000 – 4 500 | 2 000 – 2 200 | Individuální | 1,5 – 18 | 5 – 8 | 9 000 |

3 Cíl práce a použitá metodika

Cíl práce

Cílem práce je provedení analýzy procesu svozu tříděného odpadu z klasických nádob na sběr tříděného odpadu o objemu 1 100 l a svozu nádob na sběr tříděného odpadu o objemu 240 l v systému door-to-door, následná komparace a vyhodnocení, který z těchto procesů svozu odpadu je pro městskou část výhodnější a k jaké změně dojde v poměru odpadu u jednotlivých komodit.

Mezi dílčí cíle této diplomové práce patří:

1. Měření jednotlivých úkonů pracovníků svozové společnosti při vyprazdňování klasických nádob na odpad o objemu 1 100 l.
2. Měření jednotlivých úkonů pracovníků svozové společnosti při vyprazdňování podzemních nádob na odpad o objemu 240 l.
3. Komparace naměřených hodnot svozu klasických nádob a nádob umístěných u domů obyvatel systémem door-to-door.
4. Aplikace získaných dat na vybranou oblast
5. Vyhodnocení výsledků práce

Metodika – Měření doby potřebné pro vyprázdnění sběrných nádob

Měření bylo prováděno na území městské části Praha-Suchdol a v obci Babice u Říčan. Všechna měření byla prováděna od 3. ledna 2022 do 4. března 2022.

Jako první krok je nezbytné změřit čas, který potřebuje posádka pro vyprázdnění nádoby do odvozového prostředku. Měření bylo zaznamenáváno do archů a následně byly časy sečteny a zprůměrovány. Měření bylo provedeno u nádob o objemu 1 100 l a u nádob o objemu 240 l. u obou typů nádob se jednalo o 50 měření. Měření bylo prováděno pouze u svozu jedné komodity tříděného odpadu. Komoditou, která byla vyvážena byl, jak v případě nádob o objemu 1 100 l, tak u nádob o objemu 240 l, papír. Ve všech případech bylo měření prováděno na stejném typu svozového automobilu, aby nebyly časy zkresleny jiným druhem výsypného zařízení.

Cílem měření je zjistit, jakou dobu průměrně trvá posádce vyprázdnění nádob o objemu 1 100 l umístěnou na sběrném místě a jak dlouhý časový úsek je potřebný pro vyprázdnění nádob o objemu 240 l u rodinných domů. Posádka, která vyprazdňuje sběrné nádoby o objemu 1 100 l se skládá ze tří členů. Prvním členem je řidič svozového vozidla, který je zároveň velitelem posádky a další dva členové posádky, závozníci, vykonávají práci

spojenou s manipulací sběrné nádoby. Dobu, která je potřebná pro vyprázdnění nádoby lze rozdělit podle jednotlivých úkonů, které posádka vykonává. Při vyprazdňování klasických sběrných nádob o objemu 1 100 l se jedná o následující úkony:

- T1 – příprava posádky na vyvezení nádoby [s]
- T2 – manipulace s nádobou k odvozovému prostředku [s]
- T3 – uchycení nádoby na vyklápěcí zařízení odvozového prostředku [s]
- T4 – vyklopení obsahu nádoby do odvozového prostředku [s]
- T5 – sundání nádoby z vyklápěcího zařízení odvozového prostředku [s]
- T6 – umístění nádoby na původní místo [s]
- T7 – vrácení posádky na místo vhodné pro přemístění svozového vozidla [s]
- Tc – celkový čas potřebný pro vyprázdnění nádoby [s]

Vztah pro výpočet je následující:

$$T_c = T1 + T1 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \text{ [s]} \quad /1/$$

Svoz nádob o objemu 240 l zajišťuje tříčlenná posádka. Skládá se ze dvou závozníků, kteří dávají sběrné nádoby na výklopné zařízení a po vyprázdnění nádoby ji umisťují na původní místo. Třetí člen a zároveň velitel posádky je řidič, ten má za závozníky během svozu zodpovědnost. Dobu, která je potřebná pro vyprázdnění nádoby lze rozdělit podle jednotlivých úkonů, které posádka vykonává. Oproti vyprazdňování nádob o objemu 1 100 l nemusí posádka nádobu uchycovat na hák tak složitě, z toho důvodu je tento čas zahrnut v čase T2 manipulaci s nádobou. Proces sundávání nádoby z výsypného zařízení je také jednodušší a rychlejší, proto je zahrnut do času, který je spojen s manipulací nádoby T4. Při vyprazdňování nádob o objemu 240 l se jedná o následující úkony:

- T1 – příprava posádky na vyvezení nádoby [s]
- T2 – manipulace s nádobou k odvozovému prostředku a uchycení na vyklápěcí zařízení [s]
- T3 – vyklopení obsahu nádoby do odvozového prostředku [s]
- T4 – sundání z vyklápěcího systému a umístění nádoby na původní místo [s]
- T5 – vrácení posádky na místo vhodné pro přemístění svozového vozidla [s]
- Tc – celkový čas potřebný pro vyprázdnění nádoby [s]

Vztah pro výpočet je následující:

$$T_c = T1 + T1 + T3 + T4 + T5 \text{ [s]} \quad /2/$$

Pro účely této diplomové práce bylo provedeno měření vyprazdňování klasických sběrných nádob o objemu 1 100 l celkem 50x. Měření vyprazdňování klasických nádob o objemu 240 l bylo provedeno také 50x. Potup měření byl následující, na sběrných místech byly zapisovány do záznamového archu jednotlivé časy, které byly sečteny dle vzorců podle toho, o jaký svoz se jednalo. Tyto údaje byly zaznamenány zároveň do tabulky v programu MS Excel, která je přiložena jako příloha 2.

Vyhodnocení získaných dat

Všechna získaná data z měření jsou v tabulce v programu MS Excel sečtena a následně zprůměrována. V případě sečtení všech časů T_c lze zjistit, který svoz je pro posádku časově nejméně náročný.

Díky těmto datům lze vypočítat náklady na svoz odpadu o stejném objemu různými technologiemi svozu. Do tohoto výpočtu vstupují další proměnné, ke kterým patří:

- Počet členů posádky [počet]
- Počet nádob [počet]
- Mzdové náklady [Kč.h⁻¹]
- Průměrná spotřeba vozidla [l.km⁻¹]
- Počet ujetých kilometrů [km]
- Cena pohonných hmot [Kč.l⁻¹]
- Náklady na údržbu (pryžové obruče, olej, materiál) [Kč]
- Odpisy [Kč]
- Ochranné pomůcky [Kč]
- Ostatní služby spojené se svozem [Kč]
- Pojištění a silniční daň [Kč]
- Podniková režie [Kč]
- Podíl na zisku svozové společnosti [Kč]

Tyto proměnné se počítají vždy pro jednu konkrétní svozovou trasu. Délka jedné svozové trasy činí průměrně 96 kilometrů, z toho je 31 kilometrů trasy tvoří doprava z výchozího místa k první sběrné nádobě a cesta od poslední sběrné nádoby do překladiště nebo do areálu dotřídňovací linky. Objem svezeneho odpadu v našem případě činí 55 m³.

Pro výpočet celkových nákladů na svoz jedné nádoby bude použit následující vzorec:

$$C_c = \frac{R_c}{C} \text{ [Kč]} \quad /3/$$

kde:

- C_c – celkové náklady na svoz jedné sběrné nádoby [Kč],
- R_c – náklady na jednu svozovou trasu [Kč],
- C – počet sběrných nádob na trase [počet].

Náklad na svoz jedné tuny odpadu, bude vypočítán pomocí vzorce:

$$t_c = \frac{R_c}{t} \text{ [Kč]} \quad /4/$$

kde:

- t_c – náklad na svoz jedné tuny odpadu [Kč],
- R_c – náklady na jednu svozovou trasu [Kč],
- t – počet svezných tun na trase [t].

Výpočet mzdy pro obsluhu bude vypočítán následujícím vzorcem:

$$A_p = H_w \times N_h \text{ [Kč]} \quad /5/$$

kde:

- A_p – částka k vyplacení obsluze [Kč],
- H_w – hodinová mzda [Kč],
- N_h – počet odpracovaných hodin [h].

Výpočet hmotnosti odpadu v nádobě se vypočítá následujícím způsobem:

$$m_o = z_n \times oh_o \text{ [kg]}, \quad /6/$$

kde:

- m_o – hmotnost odpadu v nádobě [kg],
- z_n – zaplněnost nádoby [%],
- oh_o – objemová hmotnost odpadu [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$].

Výpočet celkové hmotnosti odpadu na svozové trase se vypočítá:

$$m_c = m_o \times C \text{ [kg]} \quad /7/$$

kde:

- m_c – celková hmotnost odpadu na trase [kg],
- m_o – hmotnost odpadu v nádobě [kg],
- C – počet sběrných nádob na trase [počet].

Výpočet celkového objemu odpadu na svozové trase bude vypočítán následujícím způsobem:

$$obj_c = z_n \times C \text{ [m}^3\text{]} \quad /8/$$

kde:

- obj_c – objem odpadu [m^3],
- z_n – průměrná zaplněnost nádob [%],
- C – počet sběrných nádob na trase [počet].

Objem odpadu, který se vejde bez komprese do svozového automobilu se vypočítá:

$$obj_c = obj_{lp} \times kp \text{ [m}^3\text{]} \quad /9/$$

kde:

- obj_c – objem odpadu [m^3],
- obj_{lp} – objem ložného prostoru svozového automobilu [m^3],
- kp – kompresní poměr [-].

4 Vlastní práce

Pro vyprazdňování nádob o objemu 1 100 l byl použit odvozový prostředek Mercedes-Benz Antos 2533 s nástavbou FAUN Variopress 522 s objemem ložného prostoru 22 m³, kompresním poměrem 1:6 a nosností 11 766 kg. Pro vyprazdňování nádob o objemu 240 l byl použit odvozový prostředek MAN TGS 28.320 s nástavbou Haller 21 s automaticky děleným vyklápěčem MOBA. Objem ložného prostoru svozového automobilu MAN TGS 28.320 je 21 m³, kompresní poměr 1:6 a maximální nosnost 10 800 kg.

4.1 Měření

Během měření vyprazdňování klasických sběrných nádob byla data zapisována do záznamového archu, který je přiložen jako příloha 1. Celkem bylo provedeno 50 měření, během kterých bylo vyprázdněno do odvozových prostředků 55 m³ papíru, to odpovídá 4 400 kg. Průměrně trvá tříčlenné posádce vyprázdnit jednu klasickou sběrnou nádobu o objemu 1100 l 41,75 sekund. Zaznamenané údaje byly použity pro výpočet celkového času dle následujícího vzorce:

$$T_c = T1 + T1 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \text{ [s]} \quad /1/$$

kde:

- T1 – příprava posádky na vyvezení nádoby [s],
- T2 – manipulace s nádobou k odvozovému prostředku [s],
- T3 – uchycení nádoby na vyklápěcí zařízení odvozového prostředku [s],
- T4 – vyklopení obsahu nádoby do odvozového prostředku [s],
- T5 – sundání nádoby z vyklápěcího zařízení odvozového prostředku [s],
- T6 – umístění nádoby na původní místo [s],
- T7 – vrácení posádky na místo vhodně pro přemístění svozového vozidla [s],
- Tc – celkový čas potřebný pro vyprázdnění nádoby [s].

Hodnoty naměřené při vyprazdňování nádob o objemu 240 l jsou uvedeny v příloze 2, celkem bylo provedeno 50 měření, během kterých bylo odvezeno 6 m³ papíru, to odpovídá 480 kg. Vyprazdňování nádob o objemu 240 l trvá tříčlenné posádce průměrně 25,5 sekundy. Výpočet času byl spočítán dle následujícího vzorce:

$$T_c = T1 + T1 + T3 + T4 + T5 \text{ [s]} \quad /2/$$

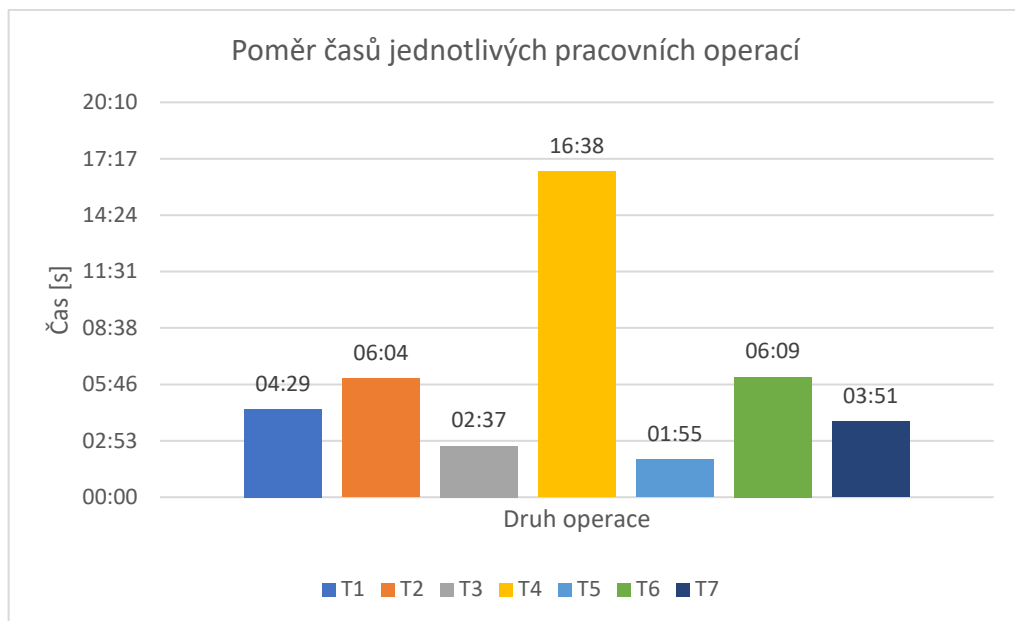
kde:

- T1 – příprava posádky na vyvezení nádoby [s],
- T2 – manipulace s nádobou k odvozovému prostředku a uchycení na vyklápěcí zařízení [s],
- T3 – vyklopení obsahu nádoby do odvozového prostředku [s],
- T4 – sundání z vyklápěcího systému a umístění nádoby na původní místo [s],
- T5 – vrácení posádky na místo vhodně pro přemístění svozového vozidla [s],
- Tc – celkový čas potřebný pro vyprázdnění nádoby [s].

4.2 Analýza

Klasické nádoby 1 100 l

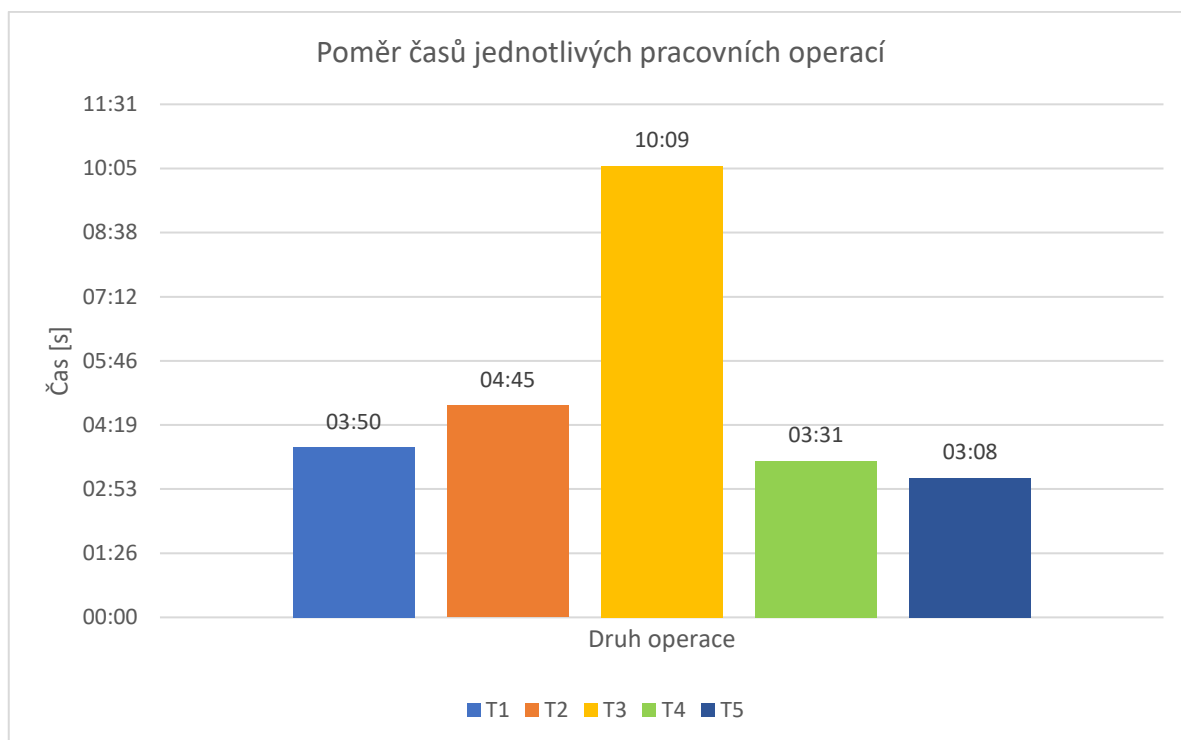
Naměřená data jsou graficky zpracována do obrázku 31. Zdrojovými daty obrázku jsou průměrné časy jednotlivých operací T1 až T7. Časy T1 a T7 jsou závislé na vzdálenosti umístění sběrných nádob od svozového vozidla. Čas T2 naznačuje, jak dlouho trvá posádce odbrzdít sběrnou nádobu a dostat ji k odvozovému prostředku. Čas T3 je závislý na tom, zda posádka při předchozí operaci sklopí vyklápěcí mechanismus na sběrnou nádobu. Nejdéle trvá posádce čas T4, jedná se o vyprázdnění nádoby do odvozového prostředku. Doba času T5 je vždy závislá od toho, zda posádka sklápí vyklápěcí mechanismus na sběrnou nádobu. Čas T6 je téměř shodný s časem T2, důvodem je že prázdnou nádobu na původní místo umístí jen jeden člen posádky. U času T2 s nádobou manipulují oba členové posádky.



Obrázek 31 Graf s poměry časů jednotlivých pracovních operací u klasických nádob na odpad o objemu 1 000 l

Klasické nádoby 240 l

Poměr doby trvání jednotlivých operací graficky znázorňuje obrázek 32, čas T1 značí dobu, kterou potřebuje posádka na přemístění od svozového automobilu k nádobě, tato doba činí průměrně 3,83 sekundy. Doba T2 je čas, který potřebuje posádka pro přemístění nádoby k odvozovému prostředku a její umístění na výsypné zařízení na vozidle. Průměrně tato doba trvá 4,75 sekund. Nejdelší čas je čas, který je potřebný pro vyprázdnění nádoby do ložného prostoru odvozového prostředku. Tento čas je označen jako T3, průměrná doba vyprázdnění nádoby je 10,15 sekund. Po vyprázdnění nádoby musí posádka nádobu sundat z výsypného zařízení a umístit ji na původní místo, tento čas je označen jako T4, průměrná doba trvání této operace je 3,52 sekundy. V poslední operaci se posádka musí vrátit zpět na své pozice na odvozový prostředek. Průměrná doba návratu od nádoby je označena jako T5 a trvá 3,13 sekund.



Obrázek 32 Graf s poměry časů jednotlivých pracovních operací u klasických nádob o objemu 240 l

4.3 Výpočet nákladů na svoz odpadu ve vybrané lokalitě

Vybranou lokalitou je městská část Praha-Suchdol. v této městské části je nyní pro svoz tříděného odpadu používán donáškový systém. Občané nosí tříděný odpad ke sběrným místům. Pro sběr tříděného odpadu je k dispozici 27 sběrných míst a celkem 33 nádob na sběr papíru. Tyto nádoby jsou vyváženy 3× týdně. Za týden se vyveze 99 nádob na sběr papíru s celkovým objemem odpadu 108,9 m³. Za jeden svoz se sveze 36,3 m³ odpadu. Náklady na jeden svoz jsou uvedeny v tabulce 13. Aktuální umístění sběrných míst je vyznačeno na obrázku 34.

4.3.1 Klasické nádoby 1 100 l

Popis činnosti jedné svozové trasy

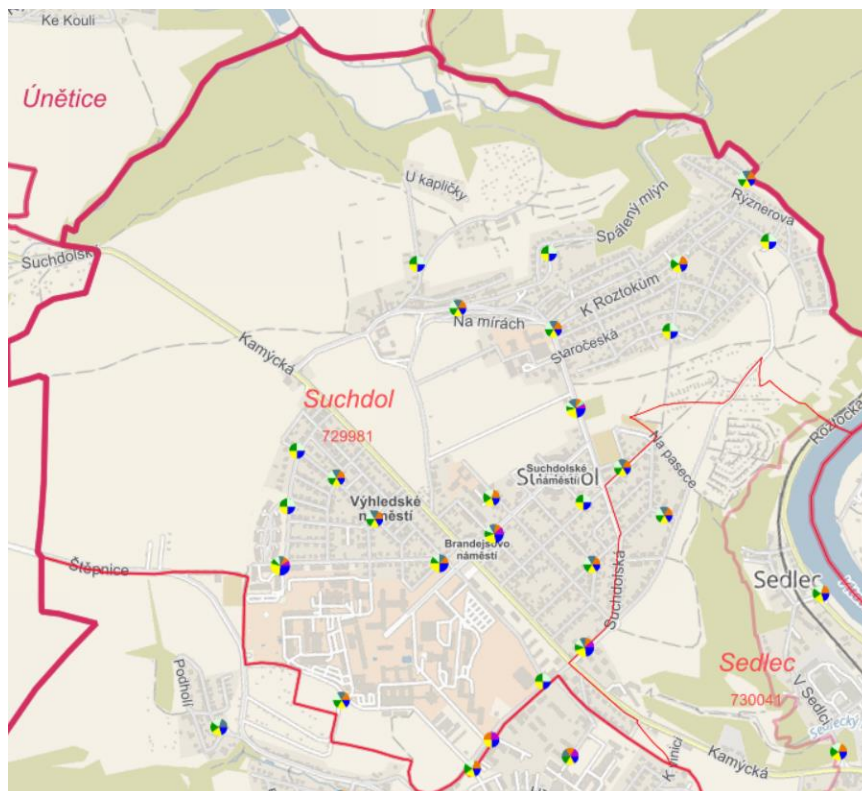
- Řidič + 2 závozníci
- Potřebných odvozových automobilů – 1 ks
- Svoz 3× za týden
- Počet najetých km jednoho svozu – 96 km
 - Z toho 65 km samotný svoz

- Z toho 31 km doprava do překladiště/dotřídovací linky
- Průměrná spotřeba paliva $55,9 \text{ l} \times 100 \text{ km}^{-1}$
- Počet vyvezených nádob 33 [počet]
- Objem nádob 1 100 l (průměrná zaplněnost 100 %)
- Hmotnost svezeneho odpadu 2 904 kg
- Objem odpadu $36,3 \text{ m}^3$
- Objem ložného prostoru nástavby 22 m^3 před zhutněním 132 m^3
- Doba přejezdu z výchozího stanoviště k první nádobě cca 45 minut
- Doba procesu vyprazdňování nádob 23 minut
- Doba přejezdů mezi sběrnými místy 2 hodiny
- Doba přejezdu od poslední nádoby do koncového stanoviště 45 minut
- Celková doba svozu 3 hodiny a 28 minut

Tabulka 13 Výpočet nákladů současného systému

| Druh nákladu | Výpočty | Náklady na jeden svoz [Kč] |
|--|---|----------------------------|
| Řidič | $185 \times 3,63$ | 671,55 |
| Závozník 1 | $175 \times 3,63$ | 635,25 |
| Závozník 2 | $175 \times 3,63$ | 635,25 |
| Průměrná spotřeba | $96 \text{ km} \times (55,9 \text{ l} / 100 \text{ km}) \times 36,1 \text{ Kč}$ | 1937,27 |
| Náklady na údržbu (pryžové obruče, olej, materiál) | | 379,33 |
| Odpisy | | 1808,60 |
| Ochranné pomůcky | | 107,99 |
| Ostatní služby | | 6,92 |
| Pojištění a silniční daň | | 233,45 |
| Podnikový režie | | 1965,29 |
| Podíl na zisku | | 513,96 |
| Součet | | 8894,86 |
| Náklady na svoz nádoby | $8894,86 / 33$ | 269,54 |
| Náklady za týdenní svoz | $8894,86 \times 3$ | 26 684,58 |
| Náklady za rok | $26 684,58 \times 52$ | 1 387 598,16 |

Svozová společnost si účtuje za svoz papíru v donáškovém systému sběru odpadu v oblasti Praha-Suchdol za rok 1 387 598,16 Kč.



Obrázek 33 Mapa aktuálních sběrných míst, zdroj: Vlastní zpracování

4.4 Výpočet nákladů pro systém door-to-door

V případě přechodu na door-to-door systém je potřeba rozdělit městskou část podle druhu zástavby. v městské části je 1 213 rodinných domů a 92 bytových domů, ve kterých je celkem 1 024 bytů. Systém door-to-door by se vztahoval pouze na rodinné domy, jednalo by se tedy o 1 213 sběrných nádob o objemu 240 l. Pro bytové domy musí v městské části zůstat i 9 klasických sběrných nádob, které by byly svázeny zvlášť. Navíc by muselo vzniknout jedno nové sběrné místo v oblasti Suchdolského náměstí, kde je velké množství bytových jednotek. Mapa těchto sběrných míst je vložena jako obrázek 35.

4.4.1 Door-to-door systém nádoby 240 l

Popis činnosti jedné svozové trasy

- Řidič + 2 závozníci
- Potřebných odvozových automobilů – 2 ks
- Mercedes-Benz Antos 2533 s nástavbou FAUN Variopress 522
- Svoz 1× za 14 dní

- Počet najetých km jednoho svozu – 96 km
 - Z toho 65 km samotný svoz
 - Z toho 31 km doprava do překladiště/dotřídňovací linky
- Průměrná spotřeba paliva $68 \text{ l} \times 100 \text{ km}^{-1}$
- Počet vyvezených nádob 607 ks
- Objem nádob 240 l (průměrná zaplněnost 64,58 % - 155 l)
- Hmotnost svezeného odpadu 7 527,2 kg
- Objem odpadu $94,09 \text{ m}^3$
- Objem ložného prostoru nástavby 22 m^3 před zhutněním 132 m^3
- Doba přejezdu z výchozího stanoviště k první nádobě cca 45 minut
- Doba procesu vyprazdňování nádob 4 hodiny a 13 minut
- Doba přejezdů mezi sběrnými místy 2 hodiny
- Doba přejezdu od poslední nádoby do koncového stanoviště 45 minut
- Celková doba svozu 7 hodiny a 28 minut

Tabulka 14 Výpočet nákladů door-to-door systém

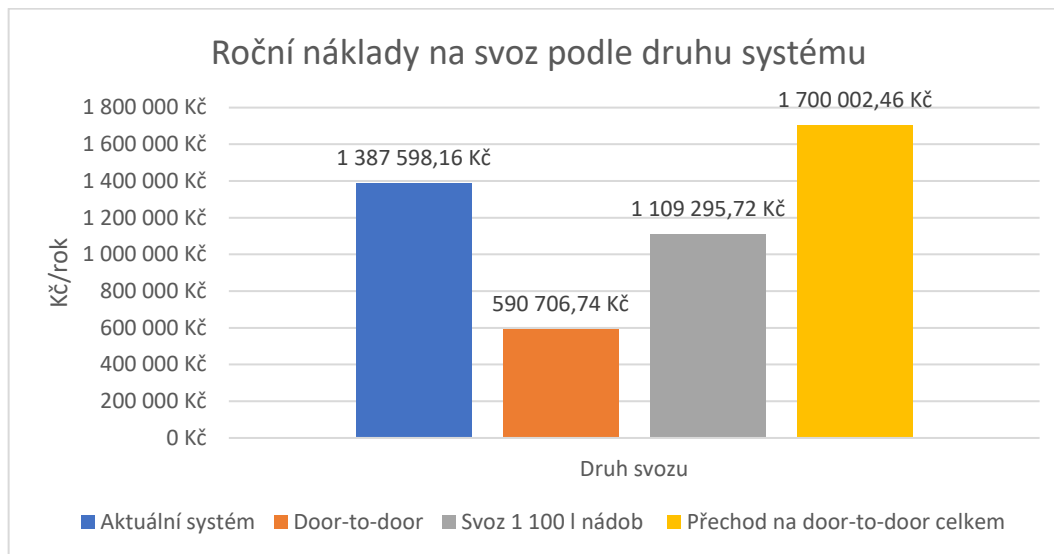
| Druh nákladu | Výpočty | Náklady na jeden svoz [Kč] |
|--|---|----------------------------|
| Řidič | $185 \text{ Kč} \times 7,47 \text{ h}$ | 1381,95 |
| Závozník 1 | $175 \text{ Kč} \times 7,47 \text{ h}$ | 1307,25 |
| Závozník 2 | $175 \text{ Kč} \times 7,47 \text{ h}$ | 1307,25 |
| Průměrná spotřeba | $96 \text{ km} \times (68 \text{ l} / 100 \text{ km}) \times 36,1 \text{ Kč}$ | 2356,61 |
| Náklady na údržbu (pryžové obruče, olej, materiál) | | 379,33 |
| Odpisy | | 1808,6 |
| Ochranné pomůcky | | 107,99 |
| Ostatní služby | | 6,92 |
| Pojištění a silniční daň | | 233,45 |
| Podniková režie | | 1965,29 |
| Podíl na zisku | | 513,96 |
| Součet | | 11368,60 |
| Celkem za svoz jedné nádoby | $11368,6 / 607$ | 18,73 |
| Náklady na svoz 1213 nádob ve vybrané oblasti | $18,73 \times 1213$ | 22 719,49 |
| Náklady za týdenní svoz | $22 719,49 \times 0,5$ | 11 359,75 |
| Náklady za rok | $11 359,75 \times 52$ | 590 706,74 |

- Z toho 10 km samotný svoz
- Z toho 31 km doprava do překladiště/dotříd'ovací linky
- Průměrná spotřeba paliva $55,9 \text{ l} \times 100 \text{ km}^{-1}$
- Počet vyvezených nádob 9 ks
- Objem nádob 1 100 l (průměrná zaplněnost 100 %)
- Hmotnost svezeneho odpadu 792 kg
- Objem odpadu $9,9 \text{ m}^3$
- Objem ložného prostoru nástavby 22 m^3 před zhutněním 132 m^3
- Doba přejezdu z výchozího stanoviště k první nádobě cca 45 minut
- Doba procesu vyprazdňování nádob 7 minut
- Doba přejezdů mezi sběrnými místy 1 hodina
- Doba přejezdu od poslední nádoby do koncového stanoviště 45 minut
- Celková doba svozu 2 hodiny a 22 minut

Tabulka 15 Nový výpočet svozu donáškového systému

| Druh nákladu | Výpočty | Náklady na jeden svoz [Kč] |
|--|---|----------------------------|
| Řidič | $185 \times 2,37$ | 438,45 |
| Závozník 1 | $175 \times 2,37$ | 414,75 |
| Závozník 2 | $175 \times 2,37$ | 414,75 |
| Průměrná spotřeba | $41 \text{ km} \times (55,9 \text{ l} / 100 \text{ km}) \times 36,1 \text{ Kč}$ | 827,38 |
| Náklady na údržbu (pryžové obruče, olej, materiál) | | 379,33 |
| Odpisy | | 1808,60 |
| Ochranné pomůcky | | 107,99 |
| Ostatní služby | | 6,92 |
| Pojištění a silniční daň | | 233,45 |
| Podnikový režie | | 1965,29 |
| Podíl na zisku | | 513,96 |
| Součet | | 7110,87 |
| Celkem za svoz jedné nádoby | $7110,87 / 9$ | 790,1 |
| Náklady na týdenní svoz | $7110,87 \times 3$ | 21 332,61 |
| Náklady za rok | $21 332,61 \times 52$ | 1 109 295,72 |

4.5 Výsledky



Obrázek 35 Graf s porovnáním nákladů na svoz podle zavedeného systému

Z měření a vyhodnocení dat je zřejmé, že přechod na systém door-to-door by znamenal jednorázovou investici do sběrných nádob o objemu 240 l. Tato investice by činila částku 1 212 800,- Kč. Investici na nádoby by hradila městská část, která by motivovala občany tím, že by jim nádobu poskytla zdarma. Městská část by mohla žádat o dotaci na sběrné nádoby, maximální výše této dotace by pokryla 80 % nákladů na pořízení nádob. Roční náklady na svoz odpadu jsou v systému door-to-door vyšší i přes to, že by byl svoz pouze jednou za 14 dní. Důvodem je nutnost zachovat i klasické nádoby o objemu 1 100 l pro obyvatele bytových domů. Rozdíl této částky je ročně vyšší o 312 404,- Kč. Důvod vyšších nákladů na svoz odpadu v systému door-to-door jsou nutnost zachování klasického svozu nádob v bytové zástavbě.

Tabulka 16 Množství odpadu v městské části Praha-Suchdol za období 2017-2020

| Množství odpadu v městské části Praha-Suchdol | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Rok | Papír [t×rok⁻¹] | Plast [t×rok⁻¹] | SKO [t×rok⁻¹] |
| 2017 | 100,53 | 62,13 | 1118,50 |
| 2018 | 104,37 | 64,98 | 1122,35 |
| 2019 | 107,95 | 68,51 | 1116,52 |
| 2020 | 103,80 | 67,0 | 1117,45 |

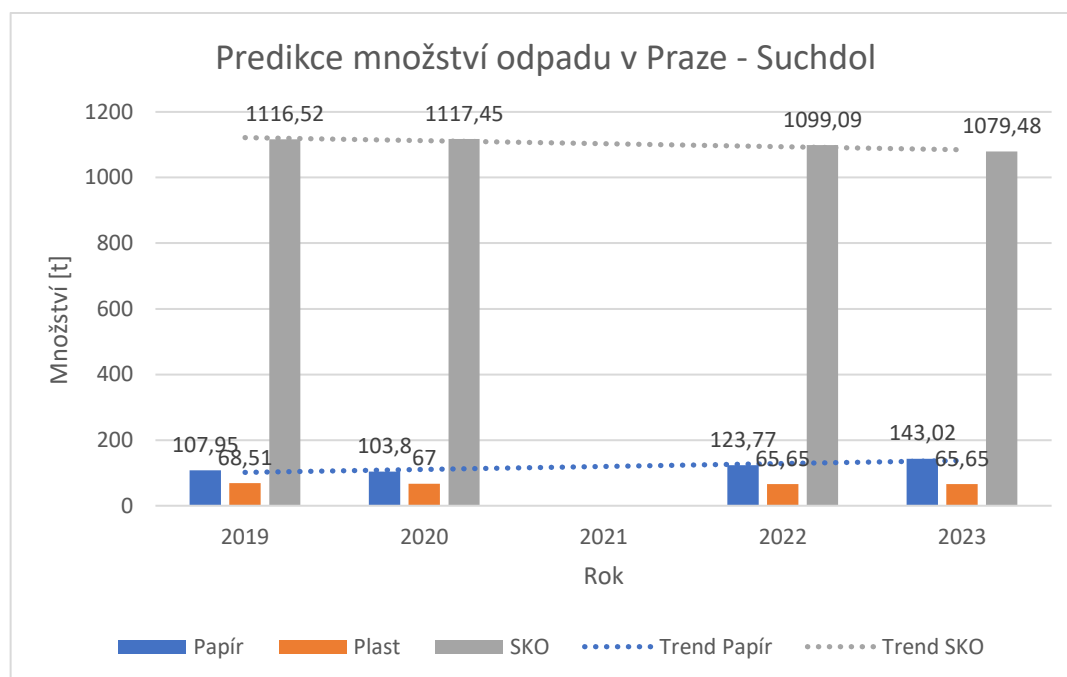
Po zavedení systému sběru odpadu door-to-door se množství směsného komunálního odpadu začne zmenšovat na úkor množství papíru. Dle studie Laurieri se procento

vytříděnosti odpadu po zavedení systému sběru odpadu door-to-door zvýší o 45 %. Ve směsném komunálním odpadu je přibližně 7,8 % papíru. z toho 45 % lze ještě vytřídít. Zbytek tvoří papíry, které nelze vytřídít, do této skupiny patří papíry, které jsou znečištěné a nelze je tedy vložit do nádoby na tříděný odpad. Po zavedení systému by trvalo přibližně půl roku, než by se začalo projevovat jeho zavedení. z toho důvodu je pokles vytříděného odpadu v roce 2022 nižší než v roce 2023. Predikce vytříděnosti odpadů by se změnila následovně.

Tabulka 17 Predikce množství odpadu v Praze-Suchdol pro zavedení door-to-door systému sběru papíru

| Predikce množství odpadu v městské části Praha-Suchdol | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Rok | Papír [t×rok⁻¹] | Plast [t×rok⁻¹] | SKO [t×rok⁻¹] |
| 2022 | 123,77 | 65,65 | 1099,09 |
| 2023 | 143,02 | 65,65 | 1079,48 |

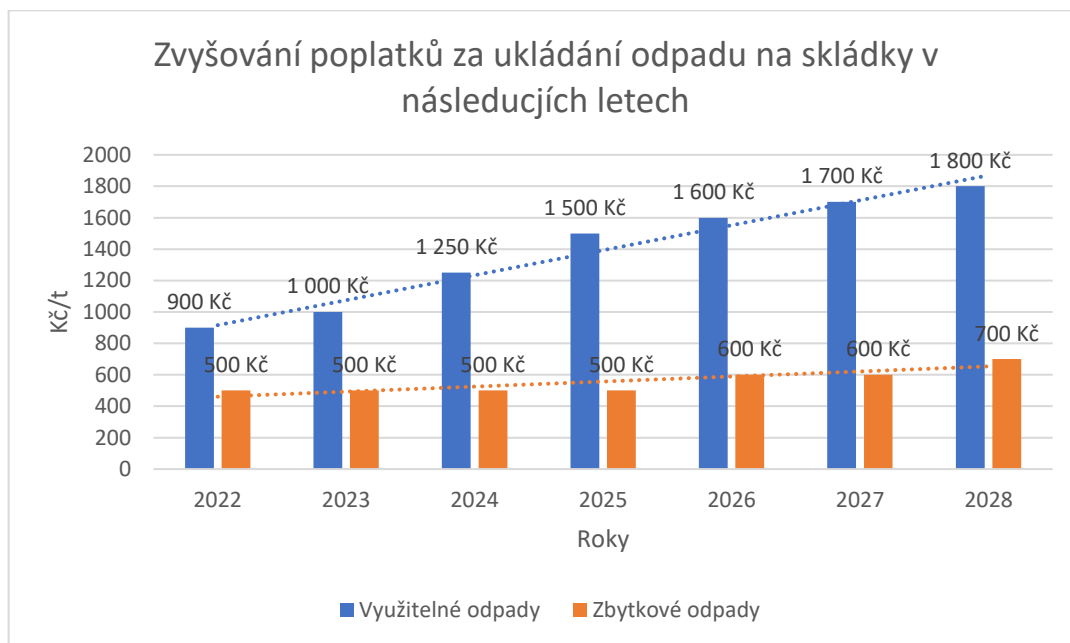
Data z tabulek 16 a 17 jsou graficky znázorněny v obrázku 36. Díky zvýšení vytřídění papíru ze směsného komunálního odpadu stoupne množství papírového odpadu, ale množství směsného komunálního odpadu klesne.



Obrázek 36 Predikce množství odpadu v Praze-Suchdol pro zavedení door-to-door systému sběru papíru

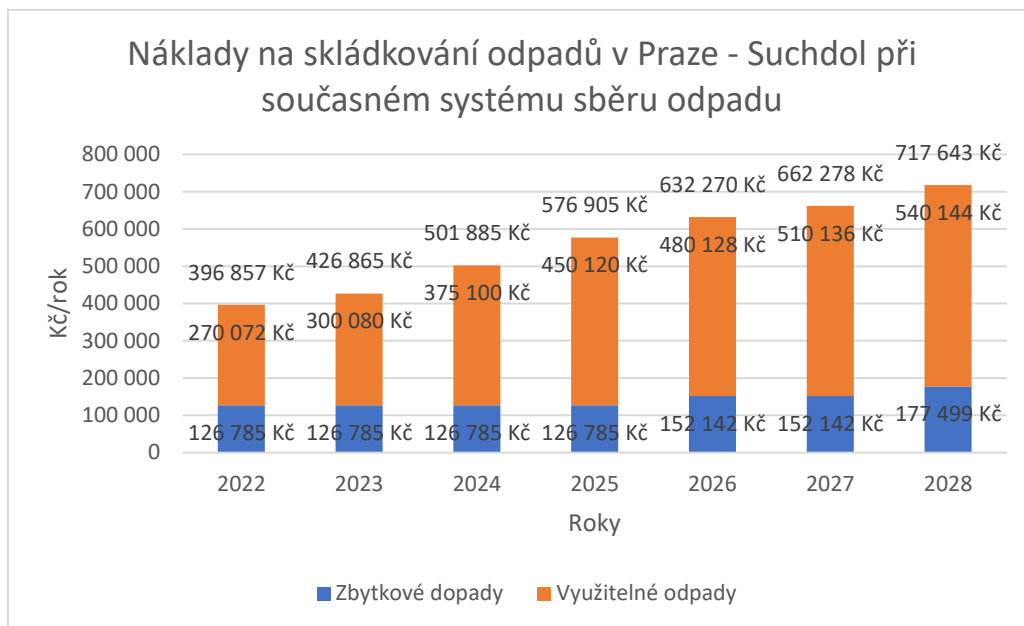
Podle Zákonu 541/2020 Sb. Zákonu o odpadech se poplatky za ukládání odpadů na skládku budou zvyšovat. Zákon rozlišuje zbytkové odpady a využitelné odpady. u každého z těchto položek bude poplatek růst jinak. Růst poplatků v následujících letech je zobrazen

v obrázku 37. Zdražování ukládání odpadů na skládky se promítne i v nákladech pro městskou část Praha-Suchdol.



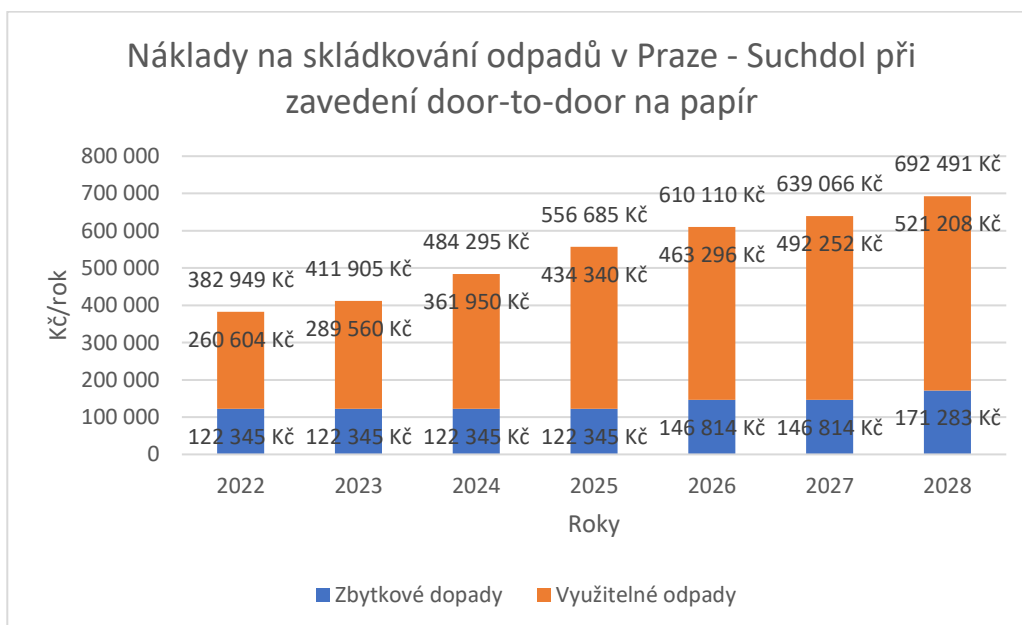
Obrázek 37 Zvyšování poplatků za ukládání odpadu na skládky v následujících letech

V komunálních dopadech je přibližně 45,8 % odpadu, je spalitelný anebo ho nelze dál recyklovat. Zbylých 54,8 % odpadu lze recyklovat, jedná se o 24,8 % bioodpadu, 10,1 % plastu 7,8 % papíru a 11,5 % ostatních tříditelných dopadů. v jedné tuně odpadu je více než polovina odpadu, který by mohl být dále vytříděn. v případě, že by v oblasti Praha-Suchdol zůstal donáškový systém sběru papíru, náklady na směsný komunální odpad by měly progresivní tendenci. Množství komunálního odpadu je průměr za roky 2017 až 2020. Obrázek 38 graficky znázorňuje výši poplatku za roky 2022 až 2028.



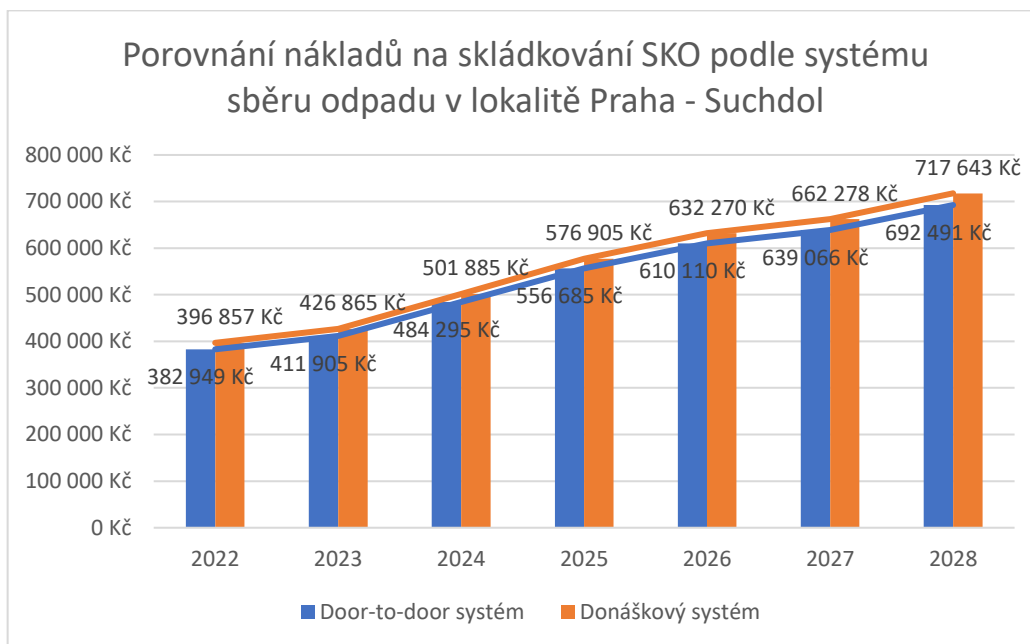
Obrázek 38 Náklady na skládkování odpadů v Praze - Suchdol při současném systému sběru odpadu

V případě, že by byl v oblasti Praha-Suchdol zaveden door-to-door systém sběru papíru, náklady na skládkování směsného komunálního odpadu by byly nižší. Na obrázku 39 je znázorněna výše poplatku za roky 2022 až 2028 se zavedením door-to-door systému. Množství komunálního odpadu je hodnota z predikce množství směsného komunálního odpadu po změně na systém door-to-door.



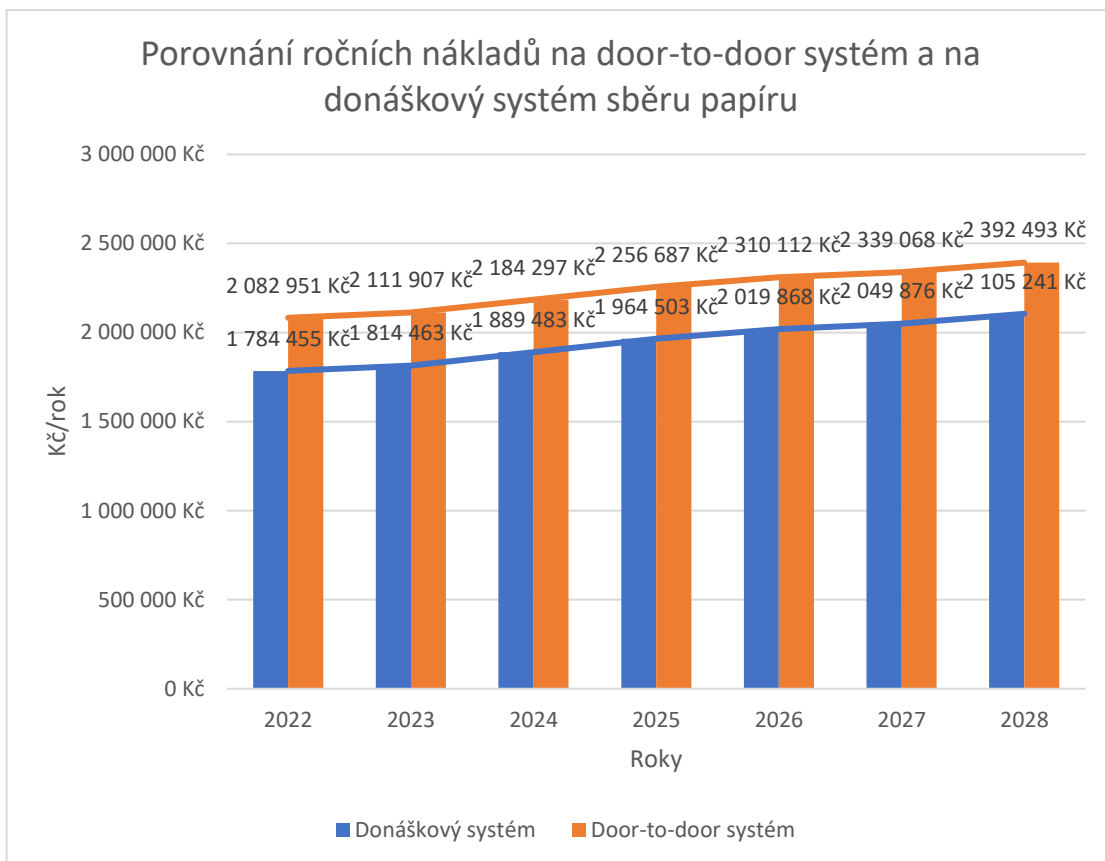
Obrázek 39 Náklady na skládkování odpadů v Praze - Suchdol při zavedení door-to-door na papír

Rozdíl nákladů na skládkování směšného komunálního odpadu podle systému sběru odpadu je graficky znázorněn na obrázku 40. Rozdíl nákladů v roce 2022 je za rok 13 908,- Kč. Při přechodu na door-to-door systém sběru papíru by městská část Praha-Suchdol ušetřila za skládkování směšného komunálního odpadu 13 908,- Kč. Rozdíl v částkách se v následujících letech zvyšuje, v roce 2028 by tato částka činila 25 152,- Kč. Podmínkou pro splnění tohoto cíle je, aby se do systému door-to-door zapojily všechny rodinné domy v oblasti.



Obrázek 40 Porovnání nákladů na skládkování SKO podle systému sběru odpadu v lokalitě Praha - Suchdol

Při přechodu na door-to-door systém sběru papíru klesnou náklady za skládkování směšného komunálního odpadu, zároveň vzrostou náklady na svoz. Aby bylo možné zjistit, který systém se finančně městské části Praha-Suchdol vyplatí, je potřeba sečíst nákladové částky za svoz papíru a skládkování směšného komunálního odpadu. Pro zjištění stačí sečíst tyto dvě hodnoty, protože ostatní náklady by se při přechodu na systém door-to-door nezměnily. Výsledek je graficky znázorněn na obrázku 41.



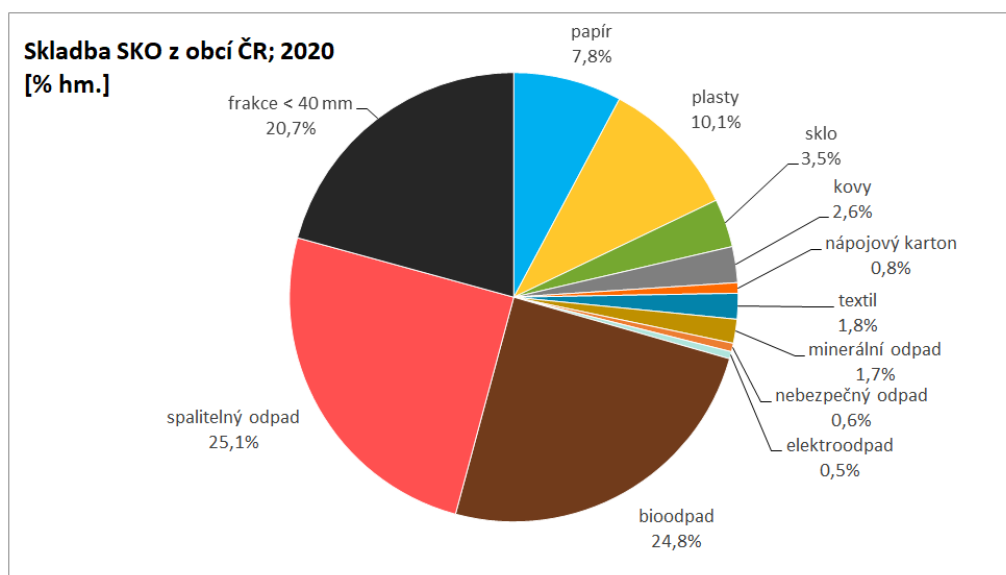
Obrázek 41 Porovnání ročních nákladů na door-to-door systém a na donáškový systém sběru papíru

Při součtu náklad na svoz a na skládkování směsného komunálního odpadu se zjistilo, že zavedení systému door-to-door pro sběr papíru se v městské části Praha-Suchdol s finančně nevyplatí. Pro rok 2022 by byl dražší o 298 496,- Kč a pro rok 2028 by byl dražší o 287 252,- Kč. Systém je pro městskou část Praha-Suchdol finančně nevýhodný a zároveň by městská část musela pořídit sběrné nádoby na které by mohla dostat dotaci, ale dotace by pokryla maximálně 80 % nákladů spojených s pořízením nádob. Městskou část by zavedení systému door-to-door pro sběr papíru s dotací stálo 242 560,- Kč. Zavedení tohoto systému by mělo smysl pouze z pohledu životního prostředí a snížení množství ukládání využitelného odpadu na skládku. Množství skládkovaného odpadu by se snížil ročně o 19,4 tuny.

5 Diskuse a doporučení pro praxi

Komunální odpad

Z pražského komunálního odpadu je využito 50,51 %, zbylý odpad je vyvážen na skládku. Skládkovaný odpad je z 54,2 % tvořen využitelnými odpady. Za využitelné odpady se považuje biologicky rozložitelný odpad, papír, plasty, sklo a kovy. Ze statistik Ekokomu pro rok 2020 vyplývá, že směsný komunální odpad tvoří z 24,8 % biologicky rozložitelný odpad, z 10,1 % plasty a 7,8 % papír. z těchto odpadů lze podle studie Laurieri et al. (2020) po zavedení systému door-to-door zvýšit procento vytrídění využitelných odpadů z 20 % na 75 % v průběhu několika měsíců. Městská část Praha-Suchdol se rozhodla v roce 2021 zavést od roku 2022 systém door-to-door pro sběr biologicky rozložitelného odpadu a tím se snaží snížit množství skládkovaného odpadu a snižovat náklady na skládkování.



Obrázek 42 Skladba SKO z obcí v ČR za rok 2020, dostupné z: <https://www.ekokom.cz/rozbory-skladby-smesneho-komunalniho-odpadu-z-obci-v-roce-2020/>

Obce mají snahu využitelný odpad ze směsného komunálního odpadu vytrídít z důvodu změny v legislativě, která zvyšuje poplatky za skládkování využitelného odpadu (viz obrázek 37). Systémem door-to-door motivuje občany k lepšímu vytrídění odpadu. Vyšší vytríděnost by měla zaručit nižší poplatky za směsné komunální odpady. Další výhodou systému je, že občané nemusí chodit k sběrným místům a lze vytríděný odpad vyhodit do nádoby před domem.

V některých obcích byl zaveden systém door-to-door se speciálně upravenými nádobami, které jsou rozděleny přepážkou a umožňují tak třídění dvou komodit odpadu do jedné nádoby. Tento systém se osvědčil při sběru papíru a plastu dohromady. Systém zavedlo město Hrob v Ústeckém kraji a starosta Ing. Jiří Füst uvedl, že tento systém zajišťuje kompromis mezi pohodlím, efektivitou, ekologií a udržitelností z pohledu nákladů. Sběr papíru a plastu do jedné nádoby by mohl být zaveden i v městské části Praha-Suchdol, to by mohlo snížit náklady na svoz plastů, papíru a na skládkování využitelného komunálního odpadu.

Doporučení pro praxi

Doporučení pro řešení stavu odpadového hospodářství v městské části Praha-Suchdol je zavedení systému svozu door-to-door pro svoz papíru s částečným zachováním donáškového systému sběru papíru v oblasti s bytovou zástavbou. Zavedení tohoto systému svozu odpadu může vést k výraznému snížení produkce směšného komunálního odpadu, snížení uhlíkové stopy svozových automobilů a snížení četnosti svozů v městské části. z ekonomické stránky je přechod na systém door-to-door pro sběr papíru finančně nákladnější než donáškový systém sběru odpadu. Náklady na skládkování se sníží, ale náklady na svoz se zvýší. Celkové náklady na svoz a skládkování odpadu se po změně systému se tedy zvýší za první rok o 312 404,- Kč. Množství skládkovaného využitelného odpadu po zavedení systému door-to-door klesne o 19,4 tuny za rok. Zavedení systému nedoporučuji z důvodu zvýšení nákladů městské části na svoz odpadu.

V případě zavedení systému door-to-door pro sběr papíru u rodinných domů navrhuji sběrné nádoby o objemu 240 l, které by byly poskytnuty všem majitelům rodinných domů. Náklady na tyto nádoby by byly z 80 % hrazeny z Operačního programu Životní prostředí 2014–2020 Ministerstva životního prostředí a z 20 % městskou částí. Frekvenci svozu papíru z nádob 240 l navrhuji 1 svoz za 14 dní. Pro svoz papíru z nádob o objemu 1 100 l navrhuji frekvenci 3 svozy za týden. Pro lepší přehled obce o třídících a netřídících domácnostech doporučuji vybavit nádoby RFID čipy. Změna systému sběru papíru by neměla na svoz směšného komunálního odpadu žádný vliv.

6 Závěr

V kapitole „Vlastní práce“ bylo provedeno měření vyprazdňování nádob na odpad a následně byla provedena analýza operací, které musí posádka při vyprazdňování vykonat. Časy všech operací pak byly sečteny a byl proveden průměr z 50 měření. Výsledky analýzy byly použity při kalkulaci nákladů na svoz nádob o objemu 1 100 l na papír v městské části Praha-Suchdol. Další měření bylo provedeno v obci Babice, kde mají zaveden door-to-door systém sběru papíru. Bylo provedeno 50 měření, která obsahovala 4 pracovní operace. Součty těchto pracovních operací byly sečteny a následně zprůměrovány. Poté byl navrhnout systém sběru papíru door-to-door v městské části Praha-Suchdol. Tento systém by mohl být zaveden pouze v oblasti rodinných domů, a v bytové zástavbě by musel být zachován donáškový systém sběru odpadu, protože v bytových domech není na sběrné nádoby místo.

Po kalkulaci nákladů na svoz odpadu bylo zjištěno, že pokud by v městské části došlo k zavedení systému door-to-door pro sběr papíru, znamenalo by to zvýšení cen za svoz ročně o 312 404,- Kč. Městská část by musela k této částce navíc připočítat náklady spojené s pořízením nových nádob. Na tyto nádoby by mohla od druhé poloviny roku 2022 žádat o dotaci, která by pokryla 80 % nákladů spojených s pořízením těchto nádob. i s dotací by však městská část musela zaplatit jednorázovou investici 242 560,- Kč.

Městské části a obce přechází na door-to-door systém sběru odpadu z důvodu ušetření nákladů za směsný komunální odpad, u kterého se bude cena za ukládání na skládku v následujících letech zvyšovat. v případě zavedení door-to-door systému se zvýší zodpovědnost občanů a vytříděnost papíru stoupne o 40 %. To způsobí pokles množství směsného komunálního odpadu a poplatky za skládkování nebudou mít tak rychlé tempo růstu.

V kapitole výsledky bylo spočítáno, jak velký rozdíl by byl mezi poplatky, v případě, že by byl zaveden systém door-to-door pro sběr papíru v městské části Praha-Suchdol a při ponechání/zachování stávajícího donáškového systému. Bylo zjištěno, že náklady by byly za první rok nižší o 13 908,- Kč oproti stávajícímu donáškovému systému. v následujících letech by se tato částka zvyšovala a v roce 2028 by městská část ušetřila za skládkování směsného komunálního odpadu 25 152,- Kč ročně.

Pro zodpovězení otázky v úvodu je potřeba sečíst náklady na svoz odpadu a připočítat k této částce náklady za skládkování směsného komunálního odpadu. Byly sečteny náklady na svoz papíru v donáškovém systému sběru odpadu a náklady na skládkování směsného komunálního odpadu od roku 2022 až do roku 2028. Stejným způsobem byly sečteny náklady na svoz papíru v systému door-to-door a náklady na skládkování směsného komunálního odpadu s vyšším procentem vytríděného papíru od roku 2022 až do roku 2028. Po porovnání nákladů z obou systémů bylo zjištěno, že systém door-to-door by byl v prvním roce používání dražší o 298 496,- Kč, v roce 2023 by byl dražší o 297 444,- Kč. Rozdíl byl spočítán až do roku 2028 kdy by náklady po zavedení door-to-door systému byly vyšší o 287 252,- Kč. Náklady spojené se svozem směsného komunálního odpadu by nebyly změnou systému sběru papíru ovlivněny.

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout systém door-to-door v městské části Praha-Suchdol. Výsledkem práce bylo, že zavedení tohoto systému by se finančně nevyplatilo a platila by za svoz odpadu více peněz než při zachování stávajícího donáškového systému sběru papíru. Náklady na skládkování směsného komunálního odpadu by se snížily, ale snížení těchto nákladů by nevykompenzovalo náklady spojené se změnou systému na door-to-door sběru papíru. Systém door-to-door by měl pozitivní vliv na množství vytríděného papíru ve směsném komunálním odpadu a po zavedení by se snížilo množství skládkovaného využitelného odpadu o 19,4 tuny za rok.

7 Seznam použité literatury

- [1] ALTMANN, Vlastimil, Petr VACULÍK a Miroslav MIMRA, 2010. *Technika pro zpracování komunálního odpadu: vědecká monografie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN isbn978-80-213-2022-2.
- [2] CIRCLE ECONOMY a KOL., 2018a. 'Linear Risks': How Business As Usual Is a Threat To Companies And Investors - Insights - Circle Economy. Circle Economy [online] [vid. 2021-01-09]. Dostupné z: <https://www.circle-economy.com/resources/linear-risks-how-business-as-usual-is-a-threat-to-companies-and-investors>
- [3] *Ekokom: Počet sběrných dvorů v České republice stále roste* [online], 2019. [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/pocet-sbernych-dvoru-v-ceske-republice-stale-roste/>
- [4] *Elektronické zprávy o životním prostředí v Praze: Odpady a nakládání s chemickými látkami* [online], 2018. [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: https://envis.praha.eu/rocenky/Pr18_pdf/ElzpravaZP18_kapB4.pdf
- [5] *Enviweb: Ekologická varianta door to door? Zvýšení objemu recyklovatelného odpadu, nebo ekonomická past?* [online], 2021. 2.7. [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: <https://www.enviweb.cz/116633>
- [6] HANNAN, M.A., December 2011. Radio Frequency Identification (RFID) and communication technologies for solid waste bin and truck monitoring system [online]. [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X11003291>
- [7] HARÁK, Tomáš. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, ODBOR STATISTIKY OBCHODU, DOPRAVY, SLUŽEB, CESTOVNÍHO RUCHU a ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *PRODUKCE, VYUŽITÍ a ODSTRANĚNÍ ODPADŮ* [online]. 2019. Praha, 2021 [cit. 2021-11-28]. 280020-20. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/123243248/28002020.pdf/2b10e665-7aac-4baf-9ff9-d097203573c1?version=1.5>

- [8] HICKMAN, H. Lanier. a Brief History of Solid Waste Management in the US, 1950-2000. MSW Managment [online]. 2000, 31.8.2000 [cit. 2021-10-24]. Dostupné z: http://www.mswmanagement.com/MSW/Articles/A_Brief_History_of_Solid_Waste_Management_in_the_U_4562.aspx
- [9] *HMF Cranes* [online], 2021. Oddervej 200, DK-8270 Højbjerg [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.hmfcranes.com/>
- [10] *Jak třídit: Jak správně třídit - barevné kontejnery* [online], 2021. [cit. 2021-10-22]. Dostupné z: <https://www.jaktridit.cz/cz/trideni/jak-spravne-tridit---barevne-kontejnery/>
- [11] KADLEC, Jan, 2018. *Kontejner na svoz komunálního odpadu*. Praha. Dostupné také z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=191344. Diplomová práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Ing. Karel Petr, Ph.D.
- [12] *Kontejnery ABROLL* [online], 2022. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <http://www.realpractic.cz/kontejnery-abroll>
- [13] KOUŘIL, Čeněk. *PRODUKCE DRUHOTNÝCH SUROVIN z OBECNÍHO ODPADU* [online]. Brno, 2018 [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=193086. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ v BRNĚ. Vedoucí práce Ing. Jiří Kropáč, Ph.D.
- [14] KOUTNÁ, Marie, 2018. *Transportní systémy v odpadovém hospodářství*. Brno. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Jiří Gregor.
- [15] LAURIERI, Nicola, Andrea LUCCHESI, Antonella MARINO a Salvatore DIGIESI. a *Door-to-Door Waste Collection System Case Study: a Survey on its Sustainability and Effectiveness* [online]. 2020 [cit. 2021-11-28]. DOI: 10.3390/su12145520. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/14/5520/pdf>
- [16] MEDIUM XL/ XLH -II. Zoeller-kipper [online]. 2020 [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: <https://www.zoeller-kipper.de/en/produkte/medium-xl-2-2/>

- [17] *Ministerstvo životního prostředí: Plán odpadového hospodářství ČR* [online], 2020. Praha [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr
- [18] Moravec, A., 2019: Na lepší nakládání s odpady se jde cirkulární ekonomikou, Odpadové fórum, Ročník 20. CEMC – České ekologické manažerské centrum, Praha. ISSN: 1212-7779
- [19] MVIEW a KOL., 2019. Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2019-2023 [online]. Haag: Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, mede namens de ministeries van Economische Zaken en Klimaat, Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking. Dostupné z: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/02/08/uitvoeringsprogramma-2019-2023>
- [20] *Nákup vozu na svoz domovního odpadu: Kupní smlouva*, 2015. Brandýs nad Labem. Dostupné také z: <https://www.vhodne-uvarejneni.cz/index.php?m=xenorders&h=orderdocument&a=download&document=986186&r=https%3A%2F%2Fwww.vhodne-uvarejneni.cz%2Fzakazka%2Fnakup-vozu-na-svoz-domovniho-odpadu>
- [21] Odpady. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/odpady_podrubrika
- [22] *Palfinger: LOADER CRANE PK 19502 HIGH PERFORMANCE* [online], 2022. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: https://www.palfinger.com/en/products/loader-cranes/models/pk-19502-high-performance_p_2660
- [23] PODZEMNÍ KONTEJNERY ANEB KDYŽ TŘÍDÍME ODPAD „POD ZEM“. *Samosebou* [online]. 2021 [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2021/04/23/podzemni-kontejnery-aneb-kdyz-tridime-odpad-pod-zem/>
- [24] *Portál životního prostředí: Systém sběru komunálního odpadu v Praze* [online], 2006. [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: https://portalzp.praha.eu/jnp/cz/odpady/pro_obcany/system_sberu_komunalniho_odpadu_v_praze/index.html

- [25] Praha dává použitým věcem druhou šanci - statistika, 2021. *Portál životního prostředí* [online]. 4. května 2021 [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: https://portalzp.praha.eu/jnp/cz/odpady/predchazeni_vzniku_odpadu/praha_dava_pouzitym_vecem_druhou_sanci_statistika.html
- [26] *Products - ZOELLER* [online], 2021. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.zoeller-kipper.de/en/products/>
- [27] První vozidlo s dvoukomorovou nástavbou v ČR [online]. 2021 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.ktech.cz/blog/prvni-vozidlo-s-dvoukomorovou-nastavbou-v-cr>
- [28] *Registr míst zpětného odběru elektrozařízení* [online], 2022. [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://isoh.mzp.cz/registrmistelektro>
- [29] *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU a RADY (EU) 2018/851* [online]. 2018 [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/cs/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=EN>
- [30] The History of the Garbage Man. WASTE AND RECYCLING WORKERS WEEK INITIATIVES [online]. [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: <https://www.wasterecyclingworkersweek.org/history-of-the-garbage-man/>
- [31] Tigerdude: History of refuse collection (or the garbage truck) [online]. 2003, April 2003 [cit. 2021-10-24]. Dostupné z: <http://www.tigerdude.com/garbage/>
- [32] *T-Mapy: Mapa tříděného odpadu Praha* [online], 2022. [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.tmapy.cz/mapa-trideneho-odpadu-praha>
- [33] TOMÁŠKOVÁ, Hana, 2021. *Monitoring odpadů* [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.komunalniekologie.cz/info/projekt-kdyz-se-s-odpady-naklada-dobre-dil-druhy-monitoring-odpadu>
- [34] *Unterflursysteme II: Eine innovative Art der Hausmüllfassung* [online], 2020. Berlin [cit. 2022-03-17]. ISBN 978-3-87750-923-4. Dostupné z: https://www.vku.de/fileadmin/user_upload/Verbandsseite/Publikationen/2020/2007_06_Info101_Unterflur2.pdf
- [35] *Valníkové vozidlo Sprinter* [online], 2021. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.cz/vans/cs/sprinter/cab-chassis-with-a-platform/technical-data>

- [36] VENCOVSKÁ, Nikola. Analýza alternativních pohonů automobilů z pohledu vlivu na životní prostředí [online]. Pardubice, 2016 [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/epavm3/>. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce Ing. Roman Graja.
- [37] VOŠTOVÁ, V., ALTMANN, V., FRIES, J., JEŘÁBEK, K. (2009). Logistika odpadového hospodářství. ČVUT Praha, 5 - Technické vědy, ISBN 978-80-01-04426-1, 1. vydání, 349 s.
- [38] VOYTKO, Eric. Classic refuse trucks [online]. © 2014 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: <http://www.classicrefusetrucks.com/>
- [39] VRBOVÁ, Martina. *EKOABECEDA Odpady a obaly* [online]. Praha 4: EKO-KOM, a. s., Na Pankráci 19, Praha 4, 2010 [cit. 2022-02-06]. ISBN 978-80-904833-0-9. Dostupné z: http://www.recyklohrani.cz/images/uploaded/files/prirucka_pro_ucitele.pdf
- [40] Vyhláška č. 209/2018 Sb., o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel. Praha Sbírka zákonů České republiky, ročník 2018, číslo 209.
- [41] Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady., Platné znění. Praha: Sbírka zákonů České republiky, ročník 2001, číslo 383.
- [42] Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů. Praha: Sbírka zákonů České republiky, ročník 2016, číslo 93.
- [43] *VYHODNOCENÍ SYSTÉMU ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ HL. M. PRAHY v LETECH 1998–2020* [online]. 2021, 26 [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: https://portalzp.praha.eu/file/3263768/Vyhodnoceni_systemu_odpadoveho_hospodarstvi_HMP_1998_2020.docx
- [44] *Vyhodnocení systému odpadového hospodářství hl. m. Prahy v letech 1998-2020* [online], 2021. 28 [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: https://portalzp.praha.eu/file/3263768/Vyhodnoceni_systemu_odpadoveho_hospodarstvi_HMP_1998_2020.docx
- [45] *Waste Management: Pneumatic vs. door-to-door waste collection systems in existing urban areas: a comparison of economic performance* [online], 2012. [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.05.027>
- [46] WILSON, David. Waste Management Planning, Evaluation, Technologies. 1. Great Britan: The Pitman Press, Bath, 1981. ISBN 0-19-859001-6.

- [47] WOODS, Barrie C. Municipal refuse collection vehicles. Appleby-in-Westmorland: Trans-Pennine Pub, 1999. ISBN 978-095-2107-040.
- [48] Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů., Platné znění. Praha: Sběrka zákonů České republiky, ročník 2020, číslo 185.

Seznam příloh

| | |
|---|----|
| Příloha 1 Tabulka hodnot časů vyprazdňování nádob 1 100 1 | 73 |
| Příloha 2 Tabulka hodnot časů vyprazdňování nádob 240 1 | 74 |

8 Příloha

Příloha 1 Tabulka hodnot časů vyprazdňování nádob 1 100 l

| Klasická nádoba 1 100 l, odvozový prostředek Mercedes-Benz Antos 2533 s nástavbou Variopress 522, papír | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| Měření | T1 [s] | T2 [s] | T3 [s] | T4 [s] | T5 [s] | T6 [s] | T7 [s] | Celkem [s] |
| 1 | 02:34 | 04:02 | 02:40 | 15:51 | 01:24 | 07:03 | 02:34 | 36:08 |
| 2 | 03:04 | 04:52 | 01:02 | 10:59 | 01:22 | 06:37 | 03:35 | 31:31 |
| 3 | 05:55 | 09:12 | 03:03 | 19:30 | 01:21 | 07:46 | 05:01 | 51:48 |
| 4 | 02:00 | 05:13 | 02:52 | 17:09 | 02:19 | 04:15 | 03:36 | 37:24 |
| 5 | 05:17 | 08:31 | 05:19 | 12:18 | 03:01 | 07:11 | 04:32 | 46:09 |
| 6 | 04:26 | 06:40 | 02:44 | 13:54 | 02:10 | 05:18 | 03:25 | 38:37 |
| 7 | 02:55 | 05:08 | 03:01 | 11:55 | 01:50 | 07:12 | 02:10 | 34:11 |
| 8 | 05:42 | 07:21 | 02:19 | 12:38 | 03:25 | 06:52 | 04:30 | 42:47 |
| 9 | 04:34 | 06:33 | 05:02 | 18:10 | 01:28 | 06:17 | 02:07 | 44:11 |
| 10 | 06:22 | 07:11 | 04:32 | 17:45 | 01:20 | 05:51 | 05:09 | 48:10 |
| 11 | 09:59 | 09:37 | 02:24 | 07:21 | 02:11 | 07:05 | 06:08 | 44:45 |
| 12 | 05:43 | 06:36 | 03:13 | 15:26 | 02:05 | 05:41 | 04:22 | 43:06 |
| 13 | 05:28 | 05:37 | 04:16 | 21:46 | 02:49 | 03:13 | 04:16 | 47:25 |
| 14 | 03:30 | 06:36 | 01:27 | 16:27 | 02:13 | 04:18 | 03:34 | 38:05 |
| 15 | 04:23 | 09:11 | 03:38 | 22:04 | 02:56 | 08:12 | 04:28 | 54:52 |
| 16 | 03:09 | 04:46 | 02:19 | 16:29 | 01:18 | 06:27 | 03:32 | 38:00 |
| 17 | 02:48 | 03:59 | 01:18 | 17:44 | 02:01 | 05:16 | 03:16 | 36:22 |
| 18 | 03:36 | 07:36 | 02:03 | 19:52 | 01:48 | 07:45 | 03:27 | 46:07 |
| 19 | 02:59 | 03:16 | 01:12 | 17:37 | 01:03 | 04:32 | 02:48 | 33:27 |
| 20 | 06:03 | 07:54 | 01:39 | 12:48 | 01:17 | 08:32 | 03:09 | 41:22 |
| 21 | 03:38 | 06:27 | 01:12 | 15:42 | 03:23 | 08:29 | 02:41 | 41:32 |
| 22 | 05:54 | 08:32 | 06:19 | 13:10 | 02:01 | 07:56 | 03:23 | 47:15 |
| 23 | 04:42 | 07:29 | 01:42 | 13:28 | 02:59 | 06:15 | 04:34 | 41:09 |
| 24 | 03:56 | 06:18 | 02:06 | 15:32 | 02:23 | 07:18 | 03:23 | 40:56 |
| 25 | 02:39 | 04:13 | 02:36 | 16:03 | 01:18 | 06:51 | 02:32 | 36:12 |
| 26 | 04:55 | 07:12 | 04:03 | 19:32 | 01:12 | 07:25 | 04:02 | 48:21 |
| 27 | 05:18 | 05:31 | 03:18 | 13:17 | 03:01 | 06:14 | 04:16 | 40:55 |
| 28 | 03:12 | 05:03 | 01:06 | 14:18 | 01:02 | 06:48 | 02:34 | 34:03 |
| 29 | 02:59 | 06:12 | 03:12 | 16:02 | 02:26 | 07:13 | 02:47 | 40:51 |
| 30 | 02:19 | 05:26 | 02:43 | 15:09 | 02:19 | 04:26 | 03:02 | 35:24 |
| 31 | 05:04 | 05:37 | 02:37 | 14:47 | 01:55 | 05:21 | 04:24 | 39:45 |
| 32 | 07:01 | 06:23 | 03:42 | 16:44 | 02:20 | 05:58 | 06:19 | 48:27 |
| 33 | 03:09 | 04:33 | 02:56 | 16:12 | 02:18 | 06:02 | 02:42 | 37:52 |
| 34 | 04:13 | 05:24 | 01:26 | 19:29 | 02:12 | 06:28 | 03:44 | 42:56 |
| 35 | 03:38 | 04:16 | 01:12 | 15:32 | 01:04 | 04:42 | 03:10 | 33:34 |
| 36 | 02:17 | 06:13 | 01:32 | 21:49 | 01:13 | 05:15 | 02:26 | 40:45 |
| 37 | 05:23 | 07:34 | 01:23 | 18:36 | 01:21 | 06:23 | 03:12 | 43:52 |
| 38 | 07:12 | 08:11 | 01:17 | 16:35 | 01:08 | 06:01 | 05:00 | 45:24 |
| 39 | 04:15 | 05:16 | 01:55 | 14:38 | 01:47 | 04:53 | 04:43 | 37:27 |
| 40 | 02:42 | 05:14 | 02:42 | 16:09 | 01:18 | 05:51 | 02:11 | 36:07 |
| 41 | 07:01 | 06:37 | 02:26 | 15:21 | 02:10 | 06:02 | 06:38 | 46:15 |
| 42 | 04:41 | 05:30 | 02:02 | 19:05 | 01:23 | 06:57 | 03:07 | 42:45 |
| 43 | 04:38 | 06:43 | 05:13 | 22:13 | 01:07 | 06:26 | 03:07 | 49:27 |
| 44 | 05:17 | 04:36 | 02:16 | 21:24 | 02:51 | 04:12 | 05:42 | 46:18 |
| 45 | 03:29 | 05:16 | 02:12 | 19:43 | 01:11 | 05:24 | 03:54 | 41:09 |
| 46 | 06:15 | 04:23 | 03:31 | 17:46 | 02:43 | 04:27 | 06:19 | 45:24 |
| 47 | 04:23 | 04:14 | 02:15 | 21:01 | 01:42 | 05:52 | 03:36 | 43:03 |
| 48 | 05:41 | 05:41 | 02:13 | 20:15 | 01:14 | 06:17 | 05:16 | 46:37 |
| 49 | 04:24 | 05:02 | 01:32 | 18:47 | 02:00 | 05:35 | 04:57 | 42:17 |
| 50 | 03:39 | 04:32 | 02:27 | 15:39 | 01:26 | 04:43 | 03:21 | 35:47 |
| Průměr | 04:29 | 06:04 | 02:37 | 16:38 | 01:55 | 06:09 | 03:51 | 41:44 |
| Součet | | | | | | | | 34:46:16 |

Příloha 2 Tabulka hodnot časů vyprazdňování nádob 240 l

| Klasická nádoba 240 l, odvozový prostředek MAN TGS 28.320 s nástavbou Haller 21 a vyklápěčem MOBA, papír | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| Měření | T1 [s] | T2 [s] | T4 [s] | T6 [s] | T7 [s] | Celkem [s] |
| 1. | 04:03 | 04:12 | 08:59 | 03:37 | 02:00 | 22:51 |
| 2. | 02:59 | 03:37 | 09:10 | 02:24 | 03:31 | 21:41 |
| 3. | 06:07 | 06:36 | 09:11 | 04:21 | 04:23 | 30:38 |
| 4. | 08:10 | 04:42 | 10:12 | 03:42 | 03:01 | 29:47 |
| 5. | 04:32 | 04:51 | 15:04 | 03:11 | 03:00 | 30:38 |
| 6. | 01:28 | 03:37 | 10:51 | 02:17 | 03:16 | 21:29 |
| 7. | 02:31 | 07:59 | 08:02 | 03:06 | 03:11 | 24:49 |
| 8. | 03:27 | 07:26 | 10:18 | 04:35 | 04:27 | 30:13 |
| 9. | 03:33 | 05:29 | 08:36 | 02:07 | 03:32 | 23:17 |
| 10. | 04:47 | 05:13 | 10:31 | 03:39 | 03:20 | 27:30 |
| 11. | 04:36 | 04:48 | 13:03 | 04:03 | 03:53 | 30:23 |
| 12. | 04:12 | 05:48 | 09:08 | 03:24 | 03:05 | 25:37 |
| 13. | 04:19 | 05:13 | 11:04 | 02:26 | 03:23 | 26:25 |
| 14. | 02:50 | 03:47 | 10:27 | 02:34 | 02:43 | 22:21 |
| 15. | 02:26 | 04:37 | 08:26 | 03:30 | 03:18 | 22:17 |
| 16. | 03:44 | 05:43 | 09:59 | 02:48 | 04:27 | 26:41 |
| 17. | 03:27 | 03:55 | 11:21 | 03:39 | 04:57 | 27:19 |
| 18. | 04:23 | 04:31 | 09:19 | 05:48 | 03:17 | 27:18 |
| 19. | 04:19 | 06:28 | 10:34 | 03:10 | 03:32 | 28:03 |
| 20. | 04:04 | 05:35 | 11:17 | 05:27 | 03:11 | 29:34 |
| 21. | 04:56 | 05:12 | 09:21 | 04:26 | 05:09 | 29:04 |
| 22. | 01:13 | 02:31 | 09:38 | 02:00 | 01:02 | 16:24 |
| 23. | 05:21 | 08:19 | 10:22 | 02:38 | 02:09 | 28:49 |
| 24. | 03:26 | 05:15 | 10:07 | 04:12 | 02:40 | 25:40 |
| 25. | 04:17 | 04:24 | 11:08 | 03:16 | 03:01 | 26:06 |
| 26. | 03:28 | 04:12 | 11:14 | 02:30 | 03:06 | 24:30 |
| 27. | 04:49 | 04:58 | 08:20 | 03:06 | 03:11 | 24:24 |
| 28. | 03:36 | 04:47 | 08:37 | 03:25 | 03:00 | 23:25 |
| 29. | 04:21 | 05:32 | 11:37 | 02:57 | 02:02 | 26:29 |
| 30. | 04:18 | 05:58 | 09:11 | 03:26 | 02:58 | 25:51 |
| 31. | 04:34 | 05:39 | 11:15 | 04:28 | 03:45 | 29:41 |
| 32. | 03:32 | 04:11 | 11:04 | 04:21 | 02:57 | 26:05 |
| 33. | 04:02 | 04:34 | 12:11 | 04:15 | 02:56 | 27:58 |
| 34. | 03:18 | 04:05 | 09:31 | 04:14 | 03:21 | 24:29 |
| 35. | 03:27 | 04:15 | 11:08 | 03:20 | 03:01 | 25:11 |
| 36. | 03:11 | 03:58 | 08:59 | 03:13 | 02:47 | 22:08 |
| 37. | 04:10 | 04:28 | 10:03 | 04:27 | 03:48 | 26:56 |
| 38. | 03:25 | 03:56 | 11:07 | 02:36 | 02:15 | 23:19 |
| 39. | 03:42 | 04:10 | 10:29 | 03:59 | 03:37 | 25:57 |
| 40. | 02:27 | 03:18 | 09:25 | 03:17 | 02:51 | 21:18 |
| 41. | 04:08 | 04:42 | 12:26 | 04:28 | 03:34 | 29:18 |
| 42. | 03:54 | 04:13 | 11:04 | 03:28 | 01:43 | 24:22 |
| 43. | 02:39 | 03:02 | 09:18 | 03:12 | 02:10 | 20:21 |
| 44. | 01:28 | 02:43 | 08:02 | 02:58 | 02:33 | 17:44 |
| 45. | 03:46 | 03:57 | 07:56 | 03:32 | 03:12 | 22:23 |
| 46. | 02:34 | 03:16 | 08:02 | 03:25 | 01:29 | 18:46 |
| 47. | 04:42 | 04:29 | 10:07 | 04:19 | 03:48 | 27:25 |
| 48. | 04:38 | 04:32 | 10:13 | 03:46 | 03:12 | 26:21 |
| 49. | 04:21 | 04:32 | 11:27 | 03:02 | 02:56 | 26:18 |
| 50. | 03:35 | 04:38 | 08:25 | 03:46 | 03:12 | 23:36 |
| Průměr | 03:50 | 04:45 | 10:09 | 03:31 | 03:08 | 25:23 |
| Součet | | | | | | 21:09:09 |