



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

ANALÝZA ROZMÍSTĚNÍ SBĚRNÝCH MÍST A KONTEJNERŮ PRO KOMUNÁLNÍ ODPADY

ANALYSIS OF THE LOCATION OF COLLECTION POINTS AND CONTAINERS FOR MUNICIPAL WASTE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Silný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Vlastimír Nevrlý, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav procesního inženýrství
Student: **Marek Silný**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Vlastimír Nevrlý, Ph.D.**
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Analýza rozmístění sběrných míst a kontejnerů pro komunální odpady

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Klíčovou oblastí řetězce nakládání s odpadem je jeho svoz, který je úzce navázán na infrastrukturu sběrných míst. V souladu s environmentálními cíli probíhá zahušťování sítě kontejnerů, aby bylo dosaženo nižší docházkové vzdálenosti, stejně tak se zavádí nové typy odpadu ke sběru. Pro rozložení sběrných míst v rámci obcí lze využít optimalizační modely, které mají za cíl minimalizovat docházkovou vzdálenost v kombinaci a počet sběrných míst. Práce se bude zabývat výpočty pro návrh sběrné sítě odpadu pro různé nastavení vstupních parametrů. Dále budou zkoumány rozdíly v přesnosti pro více možností odhadu vzdálenosti adresních bodů a sběrných míst. Výsledky modelů jsou velice citlivé na vstupní údaje, a proto je nutné testování a vyhodnocení z pohledu reálné implementace v obci. Výstupy budou srovnány pomocí základních statistických postupů s cílem nalézt vhodné výchozí hodnoty pro rozmístění sběrných míst. Vyhodnocení bude zahrnovat různé pohledy na docházkovou vzdálenost, nákladovost navržené infrastruktury a potenciálně environmentální dopad. Práce může posloužit starostům obcí jako nástroj pro podporu rozhodování v oblasti zavádění sběru nových typů odpadu.

Cíle bakalářské práce:

Identifikování klíčových parametrů, které ovlivňují rozmístění sběrných nádob.
Rozšíření znalostí ve vybraných oblastech matematické statistiky.
Analýza výsledků optimalizačních úloh pro různé nastavení vstupních parametrů a omezení.
Vyhodnocení navržených sběrných sítí a doporučení postupu při zavádění sběru nových typů odpadu.

Seznam doporučené literatury:

NEVRLÝ, V., ŠOMPLÁK, R., SMEJKALOVÁ, V., LIPOVSKÝ, T., JADRNÝ, J. Location of municipal waste containers: Trade-off between criteria. Journal of Cleaner Production, 278, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123445.

MATUŠINEC, J., HRABEC, D., ŠOMPLÁK, R., NEVRLÝ, V., REDUTSKIY, Y. Cooking oils and fat waste collection infrastructure planning: a regional-level outline. Clean Technologies and Environmental Policy, 2021. DOI: 10.1007/s10098-021-02087-y.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

V odpadovém hospodářství je klíčové vhodně navrhnout sběrnou síť. Tato práce měla za úkol identifikovat hlavní faktory, které ovlivňují motivaci občanů ke třídění odpadu a na jejich základech vytvořit optimalizovanou sběrnou síť pro využitelné složky komunálního odpadu. Byla provedena podrobná rešerše, která popsala platnou legislativu v ČR v oblasti odpadového hospodářství, objasnila systém třídění a sběru odpadu a na základě předchozích studií našla faktory, které by mohly ovlivňovat motivaci ke třídění. Na základě této rešerše pak byl sestaven dotazník, který těmto faktorům přiřadil jejich důležitost a následně byly navrženy dvě sítě, které využívali rozdílných metod měření vzdálenosti. Práce zjistila, že dostatečná kapacita sběrného místa je důležitějším aspektem než docházková vzdálenost k tomuto místu. Pro návrh sběrné sítě není vhodné uvažovat jako vzdálenost mezi sběrnými body vzdálenost vzdušnou, ale spíše vzdálenost po infrastruktuře.

ABSTRACT

In waste management, it is crucial to design the collection network appropriately. This paper was aimed at identifying the main factors that influence the motivation of citizens to sort waste and, based on these factors, to design an optimized collection network for the recoverable components of municipal waste. A detailed research was carried out to describe the current legislation in the Czech Republic in the field of waste management, to explain the waste sorting and collection system and to find factors that could influence the motivation to sort based on previous studies. Based on this research, a questionnaire was then designed to assign importance to these factors and two networks were subsequently designed using different distance measurement methods. The paper found that sufficient capacity of a collection point was a more important aspect than the walking distance to that point. For the design of a collection network, it is not appropriate to consider the distance between collection points as the distance by air, but rather the distance by infrastructure.

KLÍČOVÁ SLOVA

komunální odpad, sběrná síť, třídění odpadu, motivace k třídění, odpadové hospodářství, dotazník, docházková vzdálenost

KEYWORDS

municipal waste, collection network, waste sorting, motivation for sorting, waste management, questionnaire, walking distance

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SILNÝ, Marek. *Analýza rozmístění sběrných míst a kontejnerů pro komunální odpady*. Brno, 2022. 61 s. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140674>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Vlastimír Nevrlý, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Analýza rozmístění sběrných míst a kontejnerů pro komunální odpady* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Vlastimíra Nevrlého, Ph.D. s použitím materiálů uvedených v seznamu použitých zdrojů a literatury.

V Brně 20. 5. 2020

.....
Marek Silný

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Vlastimíru Nevrlému, Ph.D. za jeho skvělý přístup, trpělivost, ochotu, připomínky a rady, které mi během psaní této práce poskytl. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Radovanu Šomplákovi, Ph.D. za pomoc při zpracování dotazníku.

OBSAH

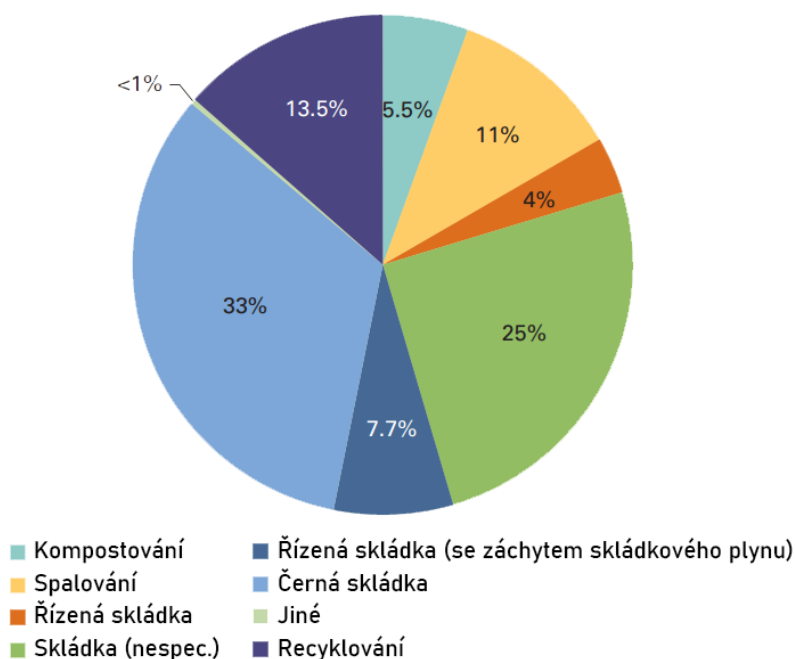
1	Úvod.....	3
2	Teoretická část.....	5
2.1	Definice základních pojmů	5
2.2	Legislativní úprava.....	6
2.2.1	Odpadové hospodářství	6
2.2.2	Evropské směrnice	7
2.2.3	Plán odpadového hospodářství České republiky.....	7
2.2.4	Zákon o odpadech	8
2.2.5	Zákon o obalech	8
2.2.6	Právní předpisy krajů a obcí.....	8
2.2.7	Katalog odpadů	8
2.3	Systém třídění a sběru komunálního odpadu v České republice	9
2.3.1	Autorizovaná obalová společnost.....	9
2.3.2	Výrobci obalů.....	10
2.3.3	Původci a zdroje komunálního odpadu	11
2.3.4	Metody sběru.....	11
2.3.5	Svoz odpadu	12
2.3.6	Úpravci odpadu	13
2.3.7	Odstranění odpadu.....	14
2.4	Motivace třídění odpadu	16
2.4.1	Psychologický faktor.....	16
2.4.2	Faktor edukace veřejnosti.....	16
2.4.3	Socioekonomický faktor	17
2.4.4	Faktor systému sběru.....	17
2.4.5	Polohový faktor	18
2.5	Studie zpracované na základě dotazníků	18
3	Dotazníkové šetření.....	21
3.1	Vytvoření dotazníku.....	21
3.1.1	Forma dotazníku.....	21
3.1.2	Metoda sběru dat	21
3.2	Otázky dotazníku	21
4	Základní vyhodnocení dotazníkového šetření.....	24
5	Analýza sběrné sítě.....	30
5.1	Referenční obec	30
5.2	Analýza vzdáleností jednotlivých bodů.....	31
5.3	Analýza vzdáleností vůči referenčnímu bodu.....	34

5.4	Optimalizační úloha pro návrh sběrných míst	38
6	Závěry a další postup.....	41
	Seznam použitých zdrojů a literatury	43
	Seznam použitých zkratk	49
	Seznam použitých symbolů a indexů	50
	Seznam obrázků.....	51
	Seznam tabulek.....	52
	Seznam příloh.....	53

1 ÚVOD

Odpady vznikají téměř při každé lidské činnosti a nakládání s nimi zůstává v dnešní době celosvětovým problémem. Produkce některých typů odpadu stále stoupá a vzhledem k masivní industrializaci celé planety, zvyšování kvality života v rozvojových zemích a prudkému růstu populace ještě zcela jistě poroste. Podíváme-li se, jak se lidstvo jako celek vypořádává s odpady (viz obr. 1), zjistíme, že je tento stav kritický, environmentálně neudržitelný, a že se za několik generací bude odpad nacházet zřejmě úplně všude.

Globální zpracování a likvidace odpadu



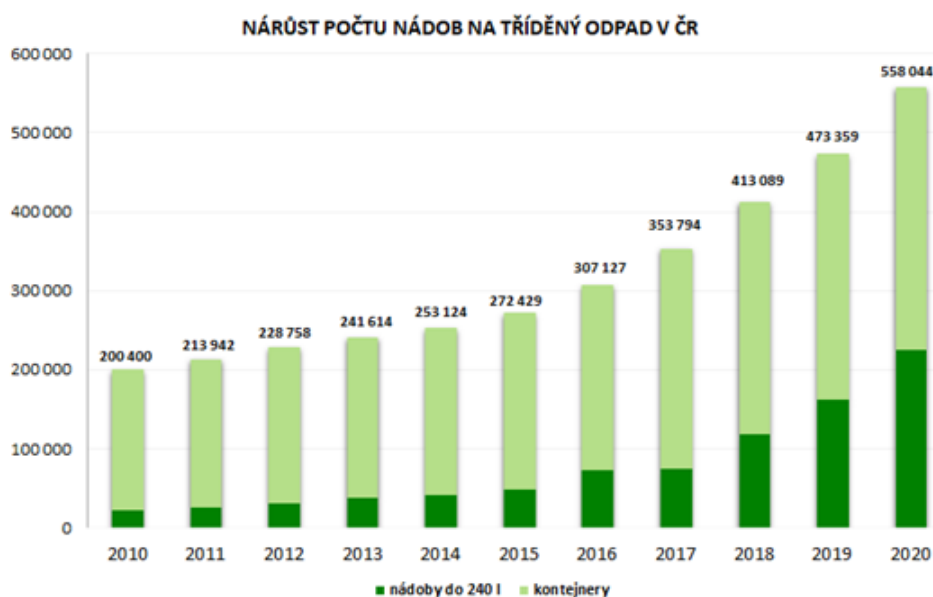
Obr. 1 Globální zpracování a likvidace odpadu (Kaza, 2018)

Ačkoliv produkce pevného odpadu je nejvyšší ve vyvinutých státech, rozvojové země trpí problémy spojenými s nedostatečnou úrovní nakládání s odpady a jeho zpracování. Jednotlivé systémy sběru odpadu se totiž diametrálně liší. Zatímco v zemích s vysokým průměrným příjmem je již zavedena infrastruktura pro efektivní sběr a recyklaci odpadu, v zemích s nízkým HDP na obyvatele často chybí jakýkoliv systém sběru a technologie pro jeho následné zpracování (Ibáñez-Forés, 2018). Bohužel, nepomůže ani slepá implementace metod recyklace odpadu, především kvůli slabé motivaci obyvatel nakládat s odpadem jako s nebezpečím pro celou planetu a jejich socioekonomické situaci (Valenzuela-Levi, 2021). Pozorujeme zde nevhodné způsoby nakládání s odpady, které mají za následek znečištění moří, podzemních vod (Przydatek, 2019), půdy i vzduchu (Ferronato, 2019). Například na Srí Lance občané vyprodukují 7210 tun pevného odpadu denně (Basnayake, 2019), v Teheránu, hlavnímu městu Iránu, více než 7500 tun denně (Zand, 2020) a v Bangladéši téměř 23700 tun denně (Alam, 2020). Předpokládá se, že do roku 2030 dosáhne světová produkce pevného odpadu 2,59 miliardy tun ročně, což odpovídá nárůstu množství odpadu o 28,85 % oproti roku 2016 (Kaza, 2018). Proto je třeba optimalizovat staré postupy zpracování odpadů, nalézat zcela nové, či ideálně nalézt způsob, jak redukovat jeho vznik, což se jeví jako nejefektivnější a nejekonomičtější řešení této otázky. To s sebou ale nese spoustu závazků a změny návyků

a postojú jak jednotlivců, tak především společností, které se podílejí na jeho vytváření (Taylor, 2000), což je v dnešní industrializované a konzumní společnosti těžko proveditelné.

Jedna z nejdůležitějších cest eliminace odpadu je recyklace (Marques, 2014). Název pochází z anglického slova „recycling“, což v překladu znamená „opětovné vracení do výrobního cyklu“. Při tomto procesu vznikají z odpadových surovin druhotné materiály, které mohou mít pozměněnou nebo i původní formu. Díky recyklování tedy nemusíme vytvářet či těžit nové suroviny, snižujeme spotřebu energie a znečištění ovzduší a vody, a tím napomáháme ochraně životního prostředí. Samotný proces recyklace urychlujeme tříděním odpadu. Jedná se oddělený sběr a soustřeďování jednotlivých složek komunálního odpadu, který probíhá mnoha způsoby, nejčastěji však ve speciálních a řádně označených kontejnerech (Beňo, 2011).

V roce 2022 bylo v České republice umístěno více než 558 000 nádob (obr. 2) na tříděný odpad a průměrná docházková vzdálenost k nejbližším takzvaným „barevným kontejnerům“ se pohybuje kolem 90 metrů. Právě docházková vzdálenost je jedním z nejdůležitějších parametrů pro třídění odpadu. S rostoucí docházkovou vzdáleností totiž významně klesá ochota obyvatel využívat ke třídění kontejnerových stání, jelikož to pro ně je již příliš nepohodlné (EKO-KOM, 2021).



Obr. 2 Nárůst počtu nádob na tříděný odpad v ČR (EKO-KOM, 2021)

V odpadovém hospodářství sledujeme trend zvyšování počtu sběrných míst. Z důvodu vysokých provozních nákladů spojených s obsluhou kontejnerových stání však nelze tento počet neustále navyšovat. Navíc vysoký počet sběrných míst, společně s delšími svozovými trasami, znamená vyšší uhlíkovou stopu svozových vozidel. Změnou hustoty rozmístění kontejnerů můžeme významně ovlivnit svozové i celkové náklady na zpracování odpadu, a proto by síť rozmístění sběrných míst měla být navržena efektivně. (Nevrlý, 2021)

Cílem této bakalářské práce je nalézt přijatelný kompromis mezi co nejekonomičtější variantou sběrné sítě a spokojeností samotných uživatelů kontejnerových stání. Práce má za úkol identifikovat faktory, které motivují obyvatele k třídění odpadu do oddělených kontejnerů. Výsledky poté mohou pomoci při optimalizaci rozmístění sběrných nádob. Pro získání potřebných parametrů k optimalizaci bude sestaven dotazník.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Definice základních pojmů

Pro potřeby této bakalářské práce je vhodné si nejprve definovat některá z často používaných slov. Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech vymezuje tyto pojmy:

- *odpad* je každá movitá věc, které se osoba zbavuje, má úmysl nebo povinnost se jí zbavit,
- *původce odpadu* je každý, při jehož činnosti vzniká odpad, právnická nebo podnikající fyzická osoba, která provádí úpravu odpadů nebo jiné činnosti, jejichž výsledkem je změna povahy nebo složení odpadu, nebo obec od okamžiku, kdy osoba odloží odpad na místo obcí k tomuto účelu určenému,
- *komunální odpad* je směsný a tříděný odpad z domácností, zejména papír a lepenka, sklo, kovy, plasty, biologický odpad, dřevo, textil, obaly, odpadní elektrická a elektronická zařízení, odpadní baterie a akumulátory, a objemný odpad, zejména matrace a nábytek, a dále směsný odpad a tříděný odpad z jiných zdrojů, pokud je co do povahy a složení podobný odpadu z domácností; komunální odpad nezahrnuje odpad z výroby, zemědělství, lesnictví, rybolovu, septiků, kanalizační sítě a čistíren odpadních vod, včetně kalů, vozidla na konci životnosti ani stavební a demoliční,
- *biologicky rozložitelný odpad* je odpad, který podléhá aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu,
- *nebezpečný odpad* je odpad, který vykazuje alespoň jednu z nebezpečných vlastností uvedených v příloze přímo použitelných předpisů Evropské unie o nebezpečných vlastnostech odpadů, zařazuje se do druhu odpadu, kterému je v Katalogu odpadů přiřazena kategorie nebezpečný odpad, nebo je s některým z těchto odpadů smísen nebo znečištěn,
- *oddělené soustředování odpadu* je soustředování odpadů, kdy jsou jednotlivé odpady rozříděny podle druhu, kategorie a materiálů odpadu s cílem usnadnit jejich následné zpracování,
- *sběr odpadu* je soustředování odpadů právnickou osobou nebo podnikající fyzickou osobou od jiných osob pro účely předání do zařízení ke zpracování odpadu, pokud uložení odpadu v zařízení ke sběru odpadů nepřesáhne dobu 9 měsíců,
- *nakládání s odpadem* je soustředování odpadu, shromažďování odpadu, skladování odpadu, sběr odpadu, úprava odpadu, využití odpadu, odstranění odpadu, obchodování s odpadem nebo přeprava odpadu,
- *recyklace* je způsob využití odpadu, jímž je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky, ať pro původní nebo pro jiné účely; recyklace odpadu zahrnuje přepracování organických materiálů, ale nezahrnuje energetické využití a přepracování na materiály, které mají být použity jako palivo nebo jako zásypový materiál,
- *skládka* je zařízení pro odstranění odpadů pomocí jejich řízeného povrchového nebo podpovrchového ukládání,
- *opětovné použití* jsou postupy, kterými jsou výrobky nebo jejich části, které nejsou odpadem, znovu použity ke stejnému účelu, ke kterému byly původně určeny. (Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech)

Další pojmy:

- *obal* je výrobek zhotovený z materiálu jakékoli povahy a určený k pojmutí, ochraně, manipulaci, dodávce, popřípadě prezentaci výrobku nebo výrobků určených spotřebiteli

nebo jinému konečnému uživateli (Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů),

- *směsný komunální odpad* je zbytkový odpad po vytrídění materiálově využitelných složek, nebezpečných složek a biologicky rozložitelných odpadů, které budou dále přednostně využity (Plán odpadového hospodářství ČR pro období 2015-2024),
- *oběhové hospodářství* je model výroby a spotřeby, který minimalizuje vstup přírodních zdrojů, odpady, emise a úniky energie za pomoci recyklace, prodloužení životního cyklu výrobků, jejich oprav a znovupoužití. Jeho opakem (lineární hospodářství) je model *vytěžit-vyrobít-použít-vyhodit*,
- *míra separace* je procentuální vyjádření vytríděnosti jednotlivých složek odpadu.

2.2 Legislativní úprava

2.2.1 Odpadové hospodářství

Činnosti, které se zaměřují na předcházení vzniku odpadu a na nakládání s ním, společně se starostí o místo, na kterém je odpad uskladněn a zpracováván obecně nazýváme odpadovým hospodářstvím. Tento systém je založen na tzv. *hierarchii odpadového hospodářství* (Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech), která určuje korektní postup zpracování odpadů (obr. 3). Prioritním a nejvíce výhodným scénářem je chovat se tak, abychom předcházeli vzniku odpadu a minimalizovali tak jeho množství. Není-li možné vzniku odpadu předejít, je preferováno odpad připravit k jeho opětovnému použití. Jestliže produkt nebo jeho část nelze znovu využít, dáváme přednost jeho materiálovému využití jakožto druhotné suroviny. Zde je preferována recyklace nebo kompostování materiálu před jeho jiným využitím, jako je například využití k výrobě energie. Posledním a nejméně výhodným stupněm hierarchie je odstranění odpadu na skládce či ve spalovně. Od hierarchie odpadového hospodářství je možné se odchýlit, pokud by to znamenalo lepší výsledek z hlediska ochrany životního prostředí a zdraví lidí. (Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech)



Obr. 3 Hierarchie odpadového hospodářství (Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech)

V České republice spadá odpadové hospodářství pod Ministerstvo životního prostředí, které dohlíží na postup všech ústředních orgánů správy České republiky ve věcech životního prostředí a je ústředním správním úřadem. V době psaní této práce (2022) je ministryní životního prostředí Ing. Bc. Anna Hubáčková (KDU-ČSL).

2.2.2 Evropské směrnice

Jedním z cílů Evropské unie v rámci jejich hranic je chránit a zvyšovat kvalitu životního prostředí. Svými směrnicemi o odpadech stanovila právní rámec a klade tak důraz na řádné nakládání s odpadem – předcházení jeho vzniku, recyklaci přímou i nepřímou, nebo jeho materiálového využití v jiných formách než např. v energetice.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/851 nahrazuje dále zmiňovanou směrnicí 2008/98/ES o odpadech, a to z důvodu navýšení jejích cílů takovým způsobem, aby lépe napomáhala ambici EU přejít na *oběhové hospodářství* a do roku 2050 se stát uhlíkově neutrální. Chce toho dosáhnout zvyšováním účinnosti využívání přírodních zdrojů, snižováním závislosti EU na dovozu surovin a vytvářením efektivní infrastruktury pro nakládání s odpady a jejich zpracování ve všech členských státech. Stanovuje pravidla, jak nakládat s problémovými složkami odpadu, jako jsou například biologický nebo nebezpečný odpad. Členské státy by měly podniknout kroky, které výrobce přimějí vytvářet výrobky znovupoužitelné, technicky trvanlivé, snadno recyklovatelné, nebo z recyklovaného materiálu vytvořené a spotřebitele přesvědčí ke snižování množství vzniklého odpadu. Směrnice dále napomáhá rychlejší zpětné vazbě a lepší komunikaci mezi členskými státy a Evropskou komisí.

Tato směrnice předepisuje členským státům závazné dlouhodobé cíle pro nakládání s odpady v EU:

- *do roku 2025 zvýšit materiálové využití komunálního odpadu na nejméně 55 % hmotnosti*
- *do roku 2030 zvýšit materiálové využití komunálního odpadu na nejméně 60 % hmotnosti*
- *do roku 2035 zvýšit materiálové využití komunálního odpadu na nejméně 65 % hmotnosti*

s maximálním možným odložením o pět let. (Evropský parlament, 2018)

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/852 pozměňuje směrnicí 94/62/ES, která sjednocovala opatření členských států týkající se obalů a obalových odpadů. Nové znění má za cíl předcházet tvorbě obalových odpadů a prosazovat jejich opakované použití, recyklaci nebo jiné podoby opětovného využití.

Členské státy jsou zavázány plněním následujících cílů:

- *do roku 2025 zvýšit materiálové využití obalového odpadu na nejméně 65 % hmotnosti, z toho cíle recyklace jednotlivých obalových materiálů jsou 50 % plastů, 25 % dřeva, 70 % železných kovů, 50 % hliníku, 70 % skla a 75 % papíru a lepenky*
- *do roku 2030 zvýšit materiálové využití obalového odpadu na nejméně 70 % hmotnosti, z toho cíle recyklace jednotlivých obalových materiálů jsou 55 % plastů, 30 % dřeva, 80 % železných kovů, 60 % hliníku, 75 % skla a 85 % papíru a lepenky* (Evropský parlament, 2018)

2.2.3 Plán odpadového hospodářství České republiky

Dle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech byla Česká republika povinna zpracovat plán nakládání s odpady na jejím území. Plán odpadového hospodářství České republiky (POH ČR) je souhrn dlouhodobých cílů, opatření a strategií při nakládání s odpady, jedná se proto o důležitý dokument v oblasti odpadového hospodářství. POH ČR se zpracovává na 10 let a v současnosti (2022) je v platnosti pro období 2015–2024.

Hlavními strategickými cíli uvedenými v POH 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.*

(Plán odpadového hospodářství ČR pro období 2015-2024)

2.2.4 Zákon o odpadech

V současnosti v České republice stanovuje základní pravidla pro nakládání s odpady zákon č. 541/2020 Sb., *o odpadech* a jeho prováděcí právní předpisy. Tento zákon má za úkol zajistit ochranu přírodního prostředí a zdraví lidí, předcházení vzniku odpadů a nakládání s nimi, zastřešuje práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství, a to v souladu s příslušnými předpisy a směrnicemi Evropské unie, na kterých je částečně založen. (Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech)

2.2.5 Zákon o obalech

Zákon č. 477/2001 Sb., *o obalech*, ve znění pozdějších předpisů se zaměřuje na nakládání se všemi druhy obalů, které jsou uvedeny na trh České republiky. Jeho cílem je snižovat množství, hmotnost, objem a škodlivost obalů. Dále stanovuje právní normy pro správní úřady a pro fyzické a právnické osoby, které se účastní uvádění obalů na trh nebo do oběhu. Nevztahuje se na nepodnikající fyzické nebo právnické osoby, ani na vývoz obalů. Jedná se o podpůrný zákon k zákonu o odpadech. (Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů)

2.2.6 Právní předpisy krajů a obcí

Každý z krajů vydává také svůj vlastní dokument popisující strategii pro nakládání s odpady na jejich území. Plány odpadového hospodářství krajů jsou v souladu s POH ČR, přibližují ale lépe konkrétní lokální problémy a reagují na ně.

Obce si pro plnění svých povinností nastavují svůj systém odpadového hospodářství obecně závaznou vyhláškou. Tyto vyhlášky určují všeobecná pravidla pro nakládání s odpady na obecním území a určuje stanoviště sběrných nádob pro oddělené soustředování složek komunálního odpadu, jeho nebezpečných složek, objemného odpadu a směsného komunálního odpadu.

2.2.7 Katalog odpadů

Pro rozlišení a popsání druhů odpadů vydalo Ministerstvo zdravotního prostředí *Katalog odpadů* (vyhláška č. 8/2021 Sb.), který odpadům přiřazuje šestimístný kód. Odpady se kategorizují do skupin podle odvětví, oboru nebo technologického procesu, ve kterém odpad vzniká (první dvojčíslí), uvnitř skupiny se člení na podskupiny (druhé dvojčíslí) a ty jsou dále rozdělovány dle jejich druhu (třetí dvojčíslí)¹. Tato práce se zaměřuje především na odpadní obaly, jejichž první dvojčíslí je 15, a komunální odpady, zařazené do skupiny 20. Odpady

¹ Nebezpečné odpady jsou navíc označeny symbolem „*“.

zmíněné v této bakalářské práci jsou uvedeny v tab. 1 (Vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů)).

Tab. 1 Výběr z Katalogu odpadů (Vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů))

Skupina	Podskupina	Druh	Název
15	01	01	Papírové a lepenkové obaly
15	01	02	Plastové obaly
15	01	04	Kovové obaly
15	01	07	Skleněné obaly
20	01	01	Papír a lepenka
20	01	02	Sklo
20	01	08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
20	01	10	Oděvy
20	01	11	Textilní materiály
20	01	25	Jedlý olej a tuk
20	01	33*	Baterie a akumulátory
20	01	35*	Vyřazené elektrické a elektronické zařízení
20	01	39	Plasty
20	01	40	Kovy
20	02	01	Biologicky rozložitelný odpad
20	03	01	Směsný komunální odpad
20	03	07	Objemný odpad

2.3 Systém třídění a sběru komunálního odpadu v České republice

2.3.1 Autorizovaná obalová společnost

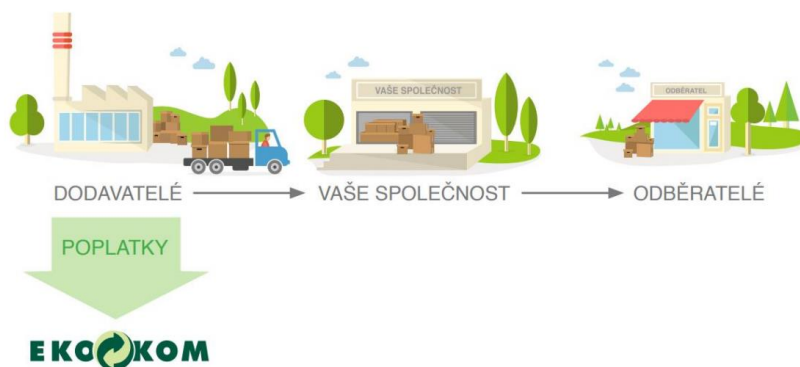
Autorizovanou obalovou společností rozumíme akciovou společnost, která je ze zákona „oprávněna zajišťovat sdružené plnění povinnosti zpětného odběru a využití odpadu z obalů a k tomuto účelu uzavírat smlouvy o sdruženém plnění“ (Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů). V České republice je autorizací pověřena pouze nezisková akciová společnost EKO-KOM, legislativa ale počítá s možností udělení autorizace většímu množství společností. Tato společnost zajišťuje, že obaly, které byly jejími klienty uvedeny na trh nebo oběhu, budou vytríděny, svezeny a zpracovány, a zaznamenávají jejich tok zejména pro sestavování statistik. Aby byla dosažena co největší efektivita těchto činností, byl vytvořen celorepublikový systém, založený především na spolupráci mezi jejími klienty. Systém EKO-KOM je přiblížen na obr. 4.



Obr. 4 Schéma systému EKO-KOM (EKO-KOM, 2022a)

2.3.2 Výrobci obalů

Každá firma, jejíž celková produkce obalů překročí 300 kg, je povinna plnit povinnosti jejich zpětného odběru, využití a evidence. To může konat tzv. „ve vlastní režii“, uzavřít smlouvu s nezávislým odpadovým sdružením, nebo se samotnou autorizovanou obalovou společností. Poslední možnost se jeví jako nejjednodušší a je preferována. Firmy, které s EKO-KOMem spolupracují, pravidelně evidují, jaké množství obalů vytvořily, a na základě tohoto množství platí poplatky, které jsou hlavním zdrojem financí celého systému. Jsou z nich placeny především výdaje spojené se tvorbou a správou sběrné sítě, samotným sběrem a recyklací obalového odpadu. Smlouva o sdruženém plnění zajišťuje, aby se za jeden a tentýž obal platil poplatek pouze jednou. Pokud už tedy dodavatel obalu poplatek zaplatil, nemusí za něj další uživatelé platit znovu, viz obr. 5.



Obr. 5 Jeden z možných způsobů vykazování množství obalů (Průvodce systémem EKO-KOM, 2022)

Z hlediska ochrany životního prostředí je při uvádění obalu na trh důležité, aby jeho hmotnost a objem byly co nejmenší. Musí při tom být dodrženy všechny ostatní požadavky, a to, aby obal zachovával určitou úroveň bezpečnosti, hygieny a přijatelnosti výrobku a umožňoval opakované použití nebo recyklaci.

2.3.3 Původci a zdroje komunálního odpadu

Každý původce odpadu, ať už je to osoba fyzická, právnická, či obec, musí podle zákona předcházet jeho vzniku, omezovat jeho množství a soustřeďovat všechny odpady odděleně. Na provozovnách, kde je možné odkládat odpad, musí být zajištěno místo pro oddělené soustřeďování papíru, plastů, skla, kovů a biologický odpad.

Na základě zákona o odpadech jsou obce zodpovědné za všechny komunální odpad, který na jejich správním území vznikne při činnosti nepodnikajících fyzických osob a je předán na místo určené obcí. Musí zajistit možnost odděleného soustřeďování složek komunálních odpadů, a to alespoň nebezpečných odpadů, papíru, plastů, skla, kovů, biologického odpadu, jedlých olejů a tuků a od ledna 2025 také textilu. Jsou také zodpovědné za plnění cílů odpadového hospodářství. Metody tohoto soustřeďování jsou více popsány v oddílu Metody sběru. Pokud komunální odpad vzniká při podnikání fyzické nebo právnické osoby, má tato osoba povinnost odpad odstranit. Pokud chtějí využívat obecního systému, musí s obcí nejprve podepsat smlouvu. (Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech)

2.3.4 Metody sběru

Každá obec si sama může zvolit způsob svozu jak směsného komunálního odpadu, tak vytríděných složek komunálního odpadu. Některé z těchto složek (papír, plast, sklo) jsou tvořeny převážně z obalových odpadů. Obce zapojené do systému EKO-KOM mají nárok na odměnu ve výši podle množství vytríděných odpadů (EKO-KOM, 2022b). Způsob sběru není nijak vázán zákonem, je tedy na každé z obcí, jaký model si vybere. Převažují ale především modely donáškové a odvozové. Každý z těchto systémů má své výhody i nevýhody, proto většina obcí tyto systémy pro různé složky komunálního odpadu kombinuje.

Donáškový systém sběru je prováděn pomocí nádob většího objemu. Na jednom kontejnerovém stání (tzv. „sběrné hnízdo“), zobrazeném na obr. 6 by mělo být lokalizováno dostatečné množství kontejnerů na jednotlivé využitelné složky komunálního odpadu, příp. kontejnerů na směsný komunální odpad, díky kterému by nemělo docházet k jejich přeplňování. Bohužel, i přes to se mnohdy nádoby přeplní a odpad je pak zanecháván vedle kontejneru. Kontejnerová stání jsou po obcích strategicky rozmístěna tak, aby na jednotlivá stání připadal co největší počet obyvatel. Občan poté na tato místa donáší vytríděné složky odpadu. Hlavní překážkou tohoto systému je docházková vzdálenost ke kontejneru, která demotivuje občany k řádnému třídění a odpad poté častěji končí v černých popelnicích na směsný odpad (viz oddíl Polohový faktor). Docházková vzdálenost se může pohybovat v závislosti na velikosti obce a typu zástavby řádově v desítkách až stovkách metrů. Tento systém není vhodný v husté městské zástavbě, jelikož kontejnery zabírají velkou plochu. Můžeme do něj zařadit také sběrné dvory, resp. sběrná místa, které obvykle pokrývají větší spádovou oblast. Tato místa slouží především ke zbavování se objemnějších odpadů, které by se do běžných kontejnerů nevešly, nebo do nich vůbec nepatří – např. nebezpečné odpady. Pokud obec sběrný dvůr nebo sběrné místo neprovozuje, je povinna dvakrát ročně zorganizovat mobilní sběr odpadu. (Havránková, 2005)



Obr. 6 Příklad kontejnerového stání, Brno, ul. Tučkova (vlastní foto autora)

Odvozový systém sběru (tzv. „dům od domu“) je pro občany pohodlnější. Nádoby na složky odpadu jsou umístěny přímo u domů, docházková vzdálenost se tedy velmi snižuje. Není také potřeba tak vysokého objemu, respektive počtu nádob. Nejčastěji se využívá barevně odlišených plastových popelnic postavených hned vedle těch na směsný odpad. Je zde tedy vyšší pravděpodobnost, že obyvatelé domu odpad vytrídí. Využití najde v místech, kde nelze situovat kontejnery, tudíž především u městských bytových domů, jak tomu je např. na obr. 7. Vzhledem k náročnosti svozu je ale tento systém značně komplikovanější a nákladnější. Jeho alternativou je pytlový svoz, jež místo plastových nádob a popelnic používá pytlů. Tím bohužel vzniká plastový odpad na jedno použití. Pytlový svoz se využívá obzvláště v menších obcích, se zástavbou rodinných domů. (Havránková, 2005)



Obr. 7 Příklad odvozového sběru, Brno, ul. Tučkova (vlastní foto autora)

2.3.5 Svoz odpadu

Když už je odpad občany roztríděn na jednotlivé složky, přichází na řadu jeho svoz. Výdaje na svoz odpadu tvoří značnou část celkového rozpočtu na nakládání s odpady (u malých měst a obcí více než čtvrtinu), a to především kvůli cenám pohonných hmot (IURMO, 2016). Dle seznamu dopravců odpadu operuje na území České republiky 486 aktivních svozových

firem. Tři z těchto firem mají své sídlo mimo ČR – dvě v Polsku a jedna v Rakousku. (Seznam dopravců odpadu, 2021) Tyto firmy provozují sběr a svoz odpadů v jednotlivých obcích a skrz ně jsou téměř vždy nepřímo zapojeny do systému EKO-KOM. Mezi největší svozové firmy, působící na celém území ČR, patří například FCC Česká republika, Marius Pedersen, a.s. nebo AVE CZ. Mezi významné lokální svozové firmy se řadí kupříkladu Pražské služby, a.s., které zajišťují svoz komunálního odpadu nadpoloviční většiny území hlavního města, nebo SAKO Brno, zajišťující svoz a zpracování komunálního odpadu v Brně.

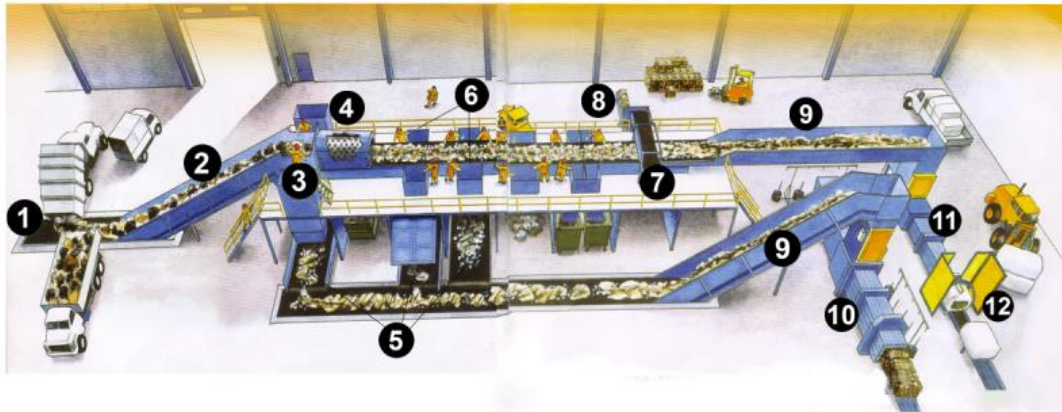
Svoz je realizován pomocí speciálních svozových vozů, často vybavených lisovacím zařízením, které významně redukuje objem sváženého odpadu. Tyto vozy mají za úkol na jednotlivých místech v obci posbírat co největší množství odpadu a ten převést k následnému zpracování. Účinným nástrojem pro zvýšení efektivity svozu z hlediska ekonomického i enviromentálního je využívání tzv. překládacích stanic. Zde svozový automobil může vyprázdnit svůj nákladový prostor do velkokapacitních kontejnerů, které jsou ke zpracování převezeny nákladními auty s vysokou nosností, nebo po železnici. Svozové auto tak nemusí s nákladem jezdit až ke zpracovateli.

Svoz odpadu probíhá většinou pravidelně, v intervalech závislých na systému sběru a velikosti obce, například jednou za týden. Intervalový svoz však mnohdy není ideální, jelikož množství vyprodukovaného odpadu závisí na mnoha proměnných – například na roční době (Abel, 2007a) nebo turistické aktivitě (Mateu-Sbert, 2013). Často se tak stává, že jsou kontejnery přeplněny dlouho před svozem, což snižuje efektivitu sběru a zvyšuje náklady na údržbu okolí sběrného místa. Jedním z typů odpadů významně ovlivněných roční dobou je například bioodpad. V některých obcích se proto v reakci na tento fakt mění frekvence pravidelného svozu SKO a na sběrných místech jsou přistavovány velkoobjemové kontejnery na bioodpad.

Problému přeplňování nádob se samozřejmě jednotlivé obce snaží předcházet. Jedním z moderních řešení se jeví zavedení informačního systému, do kterého sami občané za pomoci aplikace nebo internetového formuláře evidují zaplněnost kontejnerů a jiných závad. Obec má poté možnost mnohem rychleji zareagovat a odpad odstranit. Zároveň se občané mohou na základě této databáze rozhodnout pro jiné, nezaplňené kontejnerové stání. Tohoto řešení využívá například Brno, Praha, Olomouc, Liberec či České Budějovice. Systém však stojí a padá na zapojení občanů. Čím víc lidí se zapojí, tím efektivněji může svoz probíhat. Proto je hlavní překážkou nízká informovanost obyvatel a jejich ochota zjišťovat zaplněnost kontejnerů. V Praze proto byly navíc nově nainstalovány tzv. chytré kontejnery, které zaplněnost hlásí do systému samy (Brněnská Drbna, 2021)

2.3.6 Úpravci odpadu

Kvalita vytríděnosti jednotlivých složek odpadů je závislá na mnoha proměnných, především je však úzce spojena s informovaností obyvatel, jak který typ odpadu třídit. Míra separace odpadu však nikdy není stoprocentní. Některé druhy odpadů jsou vhozené do špatné nádoby, jiné jsou příliš znečištěné, nebo přímo nerecyklovatelné. Proto je před recyklací potřeba oddělit ty složky, které mezi tento odpad nepatří, a dle druhu materiálu či použití ještě jednou odpad roztřídit do podkategorií dané složky. Jakékoliv další třídění je sice nákladné, ale nutné pro zajištění kvality recyklovaného materiálu, od které se odvíjí jeho výkupní cena. Nežádoucí příměsi můžou odpad jako surovinu zcela znehodnotit. Provozovatelé dotřídňovacích (resp. třídících) linek jsou proto důležitou součástí systému nakládání s odpady.



- | | | | |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1) přijímací dopravník | 4) bubnové síto | 7) magnetický separátor | 10) balíčka netříděného odpadu |
| 2) plnicí dopravník | 5) zásobníkový dopravník | 8) kovový lis | 11) balíčka tříděného odpadu |
| 3) předtříd'ovací stanoviště | 6) třídící stanoviště | 9) plnicí dopravník | 12) balíčka fólie |

Obr. 8 Příklad třídící linky (Schwäkov, 2015)

Třídící procesy si organizují jednotliví provozovatelé sami. Odpad ale v praxi do jisté míry prochází strojovou i manuální separací. Na obr. 8 je znázorněna třídící linka firmy Schwäkov s.r.o., která může sloužit jako jeden příklad za všechny. Odpad, který přiveze svozový vůz k úpravě, je uskladněn v hale, kde je následně zvážěn a je provedena prvotní kontrola jeho kvality. Nakladači je poté přesunut na dopravník, který jej převáží do dalších částí třídící linky. Nejprve je na předtříd'ovacím stanovišti manuálně vytříděn nevhodný nebo znehodnocený materiál, dále pokračuje do bubnového síta, které dělí odpad na základě jeho velikosti. Manuálně je pak na třídícím stanovišti roztříděn do shozů dle jednotlivých kategorií a následně magnetický separátor vytrídí kovové materiály na základě jejich magnetických vlastností. Všechny vytríděné složky jsou slisovány a uskladněny pro odkoupení a další materiálové využití, nevyužitá materiálu jsou odvážena k odstranění.

2.3.7 Odstranění odpadu

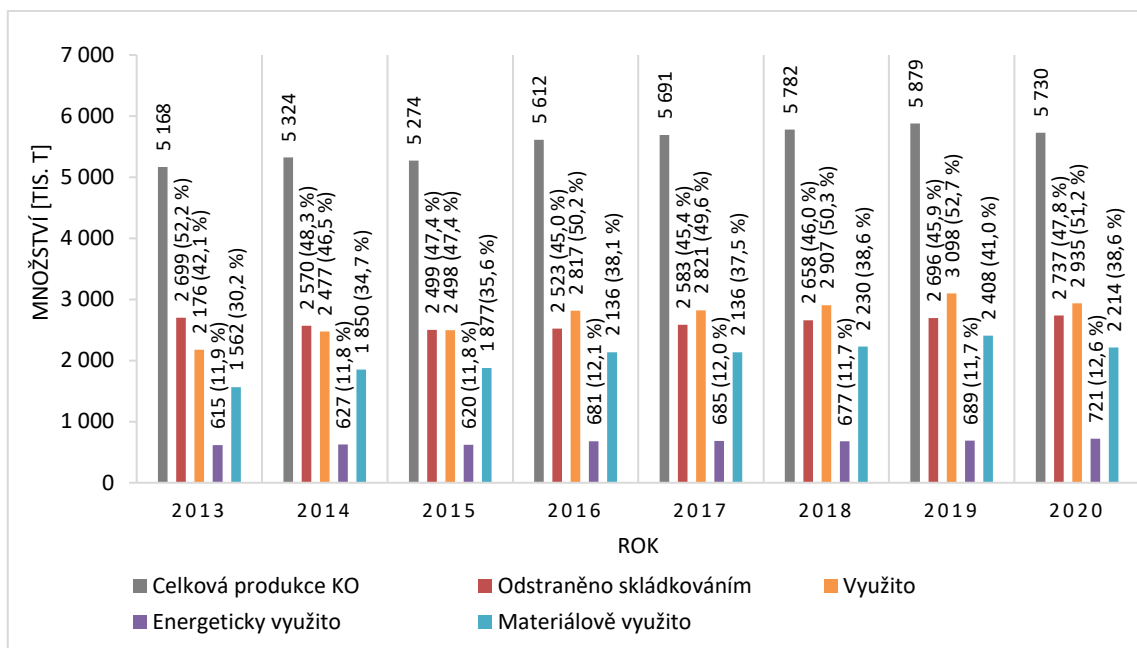
Postupně komunální odpad doputoval hierarchií odpadového hospodářství až na její samotné dno. Tento odpad už není možno materiálově využít, nebo by to bylo příliš nákladné, a musíme jej nějakým způsobem odstranit.

Jednou z možností, jak tento odpad odstranit, je jeho spálení. Tato cesta je přednostní před skládkováním, jelikož při spalování odpadu vzniká teplo a tepelná energie, které lze znovu využít, například pro vytápění domácností. Zároveň při spalování dochází k výraznému snížení objemu a hmotnosti odpadu. Současně s energií však vznikají emise, které musí být ze zákona měřeny autorizovanou osobou, prachové částice, zachycované pomocí filtrů před vypuštěním do atmosféry, a škvára. Spalování lze rozdělit podle teploty spalování na nízkoteplotní (do 1000 °C) a vysokoteplotní (nad 1000 °C) (Enviwiki, 2019).

Skládkování je historicky nejstarší způsob odstraňování odpadu, který vznikl lidskou činností. Odborníci se shodují na faktu, že skládkování je nejhorší legální způsob nakládání s odpadem (Beňo, 2011), bohužel je stále ekonomicky nejvýhodnější a nejrozšířenější. Skládkování s sebou nese mnoho negativních následků jak pro zdraví člověka, tak pro životní prostředí, jako je například znečišťování podzemních vod skládkovým výluhem, znečišťování půdy těžkými kovy, vznik skládkového plynu, nebo vysoký výskyt hmyzu, hlodavců a ptáků.

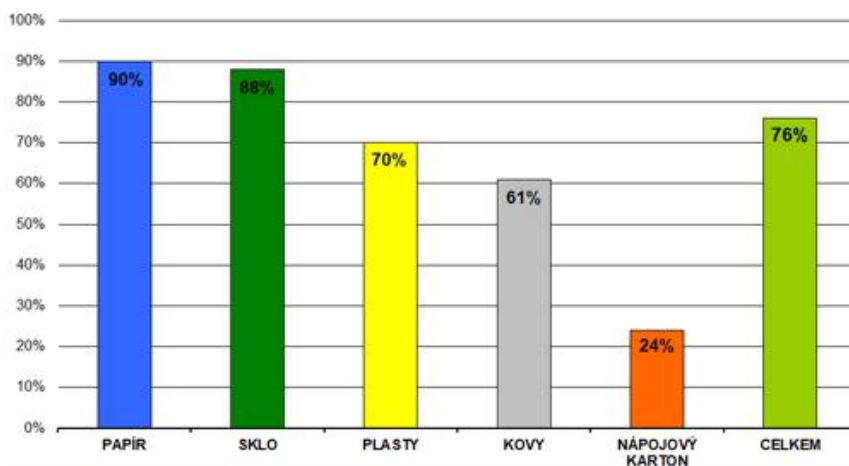
Data z obr. 9 ukazují, že za rok 2020 bylo v ČR využito pouze 38,6 % vyprodukovaných komunálních odpadů. Ačkoliv množství vyprodukovaného KO oproti roku 2019 kleslo, množství odpadů využitých energeticky i odpadů uložených na skládkách vzrostlo. Důvodem

může být například změna složení komunálního odpadu kvůli pandemii COVID-19, která s sebou přinesla vyšší množství plastových obalů, osobních ochranných prostředků a zdravotnických odpadů. Od roku 2013 do roku 2019 můžeme pozorovat trend postupného zvyšování materiálového využití KO. Na dosažení cílů směrnice EU 2018/851 a zákona o odpadech ale musí ČR toto tempo zvýšit.



Obr. 9 Produkce komunálních odpadů a nakládání s nimi v ČR v letech 2013-2020 (Veřejné informace o produkci a nakládání s odpady, 2021)

Na druhou stranu u obalových odpadů již teď Česká republika splňuje (dle dat poskytnutých společností EKO-KOM na obr. 10) závazek směrnice EU 2018/852 na rok 2030 materiálového využití alespoň 70 % jejich hmotnosti. Cílů je dosaženo také u některých konkrétních materiálů. Papírové obaly jsou zde využity nebo recyklovány z 90 %, skleněné o pouhé 2 % méně a obaly vyrobené z plastů s mírou 70 %. U kovových obalů je potřeba zvýšit míru alespoň o jednu pětinu, toto číslo je ale nejspíš ovlivněno nižším počtem (zpravidla) šedých nádob pro jejich separaci, tento problém by však mohl být v budoucnu vyřešen společným sběrem plastů a kovů v jednom kontejneru. Ten je možný kvůli poměrně jednoduchému vytrídění kovů pomocí magnetických separátorů na třídící lince (Procházka, 2020). Ke zhodnocení plnění závazků u dřevěných a hliníkových obalů nemáme data.



Obr. 10 Dosažená míra recyklace a využití odpadů z obalů 2020 (EKO-KOM, 2022c)

2.4 Motivace třídění odpadu

Smýšlení ohledně třídění se u každého jedince může výrazně lišit. Nikdy však nelze nastavit systém tak, aby byli všichni účastníci naprosto spokojeni. Proto na věc nemůžeme nahlížet subjektivně, ale musíme ji chápat kolektivně. Faktorů k pozitivnímu, respektive negativnímu pohledu na věc je celá řada, pro správnou lokalizaci kontejnerových stání je proto třeba tyto faktory identifikovat a určit, do jaké míry přispívají k separaci odpadu.

2.4.1 Psychologický faktor

Za psychologickým faktorem může stát cokoliv, co se odehrává v mysli obyvatel a ovlivňuje postoj a proaktivní přístup k separaci. Tím může například být *zájem o životní prostředí*: Čína – environmentálně pozitivní přístup významně ovlivňuje množství roztríděného odpadu (Wang, 2021); *sociální nátlak*: Uganda – pro zvýšení míry separace by měl být společenský vliv využit v co nejvyšší míře (Ekere, 2009), Čína – doporučení druhých a pozorování jejich ekologických návyků zvyšuje zájem o třídění (Zheng, 2020); *subjektivní návyky obyvatel*: Spojené království – lidem, kteří již třídí některé složky odpadu mají větší předpoklady ke třídění nových typů složek odpadu (McDonald, 1998), Čína – více než 60 % dotazovaných si ještě nevyvinulo návyk automatického roztrídění odpadu (Jin, 2021); nebo *časový tlak*: EU – studenti, kteří mají málo času na oběd častěji vyhazují zbytky jídla (Lorenz, 2017).

Poměrně jedinečným případem je Čína, kde vládní tlak v podobě celostátní supervize přispívá ke třídění. Separování odpadu je státem považováno za dobré chování, za které lidé získávají sociální kredity, naopak za špatné roztrídění jsou odebrány. Díky nim mají občané nárok na různé sociální výhody, jako jsou například sleva na cestování či bydlení, vyšší úvěr v bance, nebo menší čekací doba u lékaře (Li, 2022).

2.4.2 Faktor edukace veřejnosti

Nízké povědomí o metodách třídění je jednou z hlavních překážek fungujícího systému. Studie z Lotyšska (Matiuk, 2021) ukazuje, že informační kampaň je společně s finanční motivací významným motivátorem ke správnému roztrídění komunálního odpadu. Studie také říká, že je v současné době málo dbáno na veřejnou edukaci.

V současnosti v ČR existuje několik edukačních programů. Nejvýraznějším edukátorem je zřejmě EKO-KOM, který provozuje například stránku Samosebou.cz. Na této stránce se nachází všechny potřebné informace pro správné roztrídění odpadu, kde jsou umístěny nejbližší kontejnery na zvolený typ odpadu, nebo zde lze najít zábavné hry s recyklační tematikou. EKO-KOM také provozuje interaktivní stránku Tonda Obal, která je zaměřená na zvýšení povědomí o správném třídění především u dětí. Tato stránka také poskytuje učitelům náměty na hry a kvízy a organizuje školní projekty, jako je například Tonda Obal na cestách. Dále je pod záštitou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky organizován celorepublikový recyklační program Recyklohraní. Ten ve školách pořádá výjezdní programy a pomocí celoroční hry a průběžných úkolů školy motivuje ke třídění a učí děti předcházet vzniku odpadu. V rámci Dne Země po celé republice už od roku 1990 probíhají různorodé aktivity, festivaly či hromadné úklidy, jejichž cílem je posílit veřejný zájem o problematiku životního prostředí.

2.4.3 Socioekonomický faktor

Mezi tyto faktory lze zařadit věk, výši vzdělání, výši příjmu, životní úroveň obyvatel, hustotu osídlení, ale také poplatky za svoz odpadu, či finanční odměny za správné rozřídění odpadu.

Studie v Íránu našla přímou korelaci produkce odpadu s velikostí rodiny, výši vzdělání a výši příjmů (Monavari, 2012), podobných výsledků dosáhli i v Mexiku (Ojeda-Benítez, 2008). Na Srí Lance bylo množství odpadu proporcionální s životní úrovní jednotlivých rodin a výši příjmů. Významnými faktory ale byly také kulturní a náboženské přesvědčení, vzdělání a podnebí, ve kterém rodina žila (Bandara, 2007). V České republice roste produkce odpadu úměrně s věkem. Nejvýznamnější vliv na produkci komunálního odpadu a na výdaje spojené s jeho nakládáním mají senioři ve věku průměrného nástupu do důchodu (Soukopová, 2017). Finanční hledisko je taktéž důležitým motivátorem. Studie z Číny dokazuje, že i u třídění jsou peníze „až na prvním místě“ (Lu, 2022).

Systém *Pay As You Throw* (PAYT), který tvůrcům odpadu účtuje sazbu podle toho, kolik jej odevzdají obci ke svozu, významně napomáhá ke snížení jeho množství a míře třídění (Seacat, 2018). Tohoto systému se využívá zejména v USA, ale postupně je implementován i do legislativy EU (Elia, 2015). Po zavedení systému PAYT se ve Francii zvýšila míra třídění o 26 % (Le Bozec, 2008), o 12 % v německých Drážďanech (Reichenbach, 2008) a ze studie provedené v USA vyplývá, že PAYT efektivně snižuje množství odpadu asi 17 % (Skumatz, 2008).

Tato cesta je však doprovázena složitým technickým provedením – každá domácnost by měla mít smlouvu se svozovou firmou, která následně musí provést korektní individuální vyhodnocení odevzdaného množství odpadu. To je samozřejmě podmíněno správnou kalibrací váhy svozových aut. Může docházet k situacím, kdy popelnice využije i někdo jiný než její majitel a ten poté nebude chtít zaplatit plnou výši poplatku. Navyšuje se také riziko tzv. černých skládek či ilegálního spalování odpadu (Altman, 2017); (Šauer, 2008).

Dalším příkladem finanční motivace jsou výkupová střediska. V ČR tento systém funguje dle § 9 zákona o obalech například u zálohovaných lahví od piva. Některé z členských států Evropského hospodářského prostoru (Dánsko, Estonsko, Finsko, Německo, Island, Norsko, Švédsko) již zavedly povinné systémy vratných záloh na plastové nádoby na jedno použití. Tento systém velmi úspěšně snižuje množství odpadků, a to při dosažení vysoké míry recyklace a sběru této složky odpadu. Nevýhodou je zneužívání tohoto systému, jelikož spotřebitelé mohou nakoupit nápoj v jedné zemi a obal vrátí ve druhé, kde je záloha vyšší (např. Německo-Dánsko). Navíc, podobných výsledků lze dosáhnout i levnějšími způsoby, například zavedením tzv. *kerbside*² sběru a jeho propagace (Schneider, 2011).

2.4.4 Faktor systému sběru

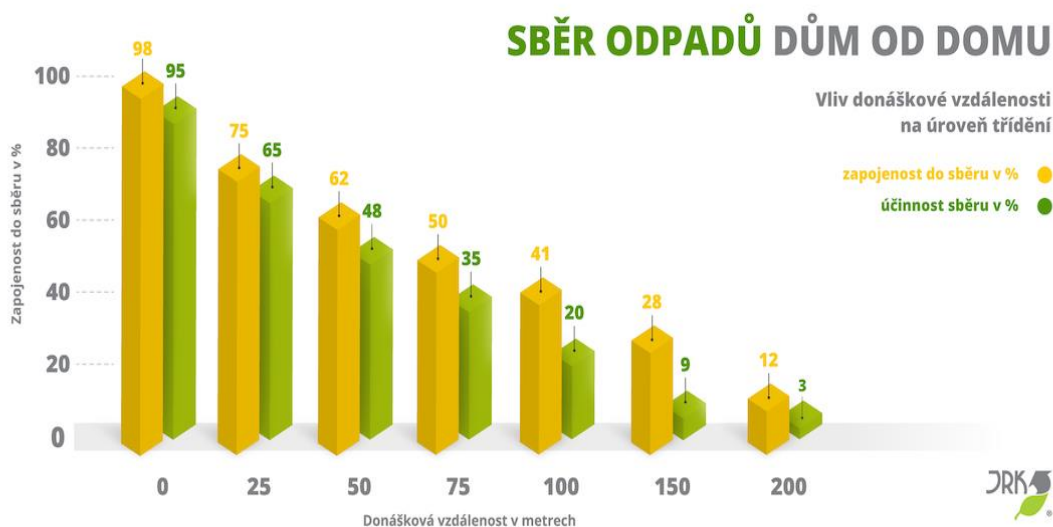
Italská studie (Gadaleta, 2022) si dala za úkol porovnat metody svozu ve městě o podobném počtu obyvatel jako má Brno (317 tis.). Stanovila tři scénáře odděleného sběru komunálního odpadu, přičemž první uvažoval systém sběru pouze donáškový, druhý scénář pouze odvozový a třetí scénář jejich kombinaci. Výsledek ukázal, že nejlepším řešením z environmentálního a sociotechnického hlediska i míry separace je scénář číslo dva, ovšem z důvodu vysoké nákladnosti (téměř 66 EUR na jednoho obyvatele) doporučují spíše třetí scénář a to kombinovaný sběr.

² kerbside = obrubník; jedná se o systém pouličního sběru odpadu, který je necháván podél okraje vozovky

Míru separace také ovlivňuje fakt, zda má občan prostor ke skladování odpadu. Při dostatečném vnitřním prostoru pro třídění a skladování recyklovatelných materiálů míra vytrídění odpadu roste. Problém místa ke skladování lze vyřešit dodáním nádob na využitelné složky komunálního odpadu do domácnosti, či vytvořením nového kontejnerového stání v blízkosti obydlí (Ando, 2005).

2.4.5 Polohový faktor

Neposledním a velmi důležitým motivačním faktorem je poloha kontejneru vůči obyvateli. Jak lze vyčíst z obr. 11, s rostoucí docházkovou vzdáleností ke kontejneru se nelineárně snižuje ochota zapojit se do sběru. Řídká, nebo nevhodně navržená sběrná síť snižuje dostupnost kontejnerů a s tím spojenou efektivitu sběru odpadu, která může vézt až k ilegálním způsobům jeho odstraňování (Sotamenou, 2019). Proto ve světě sledujeme trend zhušťování a optimalizování sběrné sítě. Fenomén „*Not In My Back Yard*“ (Ne na mém dvorku) tento úkon značně komplikuje, ukazuje totiž, že občané sice chtějí mít kontejnerové stání co nejbližší k místu bydliště, zároveň však ne příliš blízko. Občané se tak chtějí vyhnout nepříjemným okolnostem, které jsou s kontejnery spojené – nepořádek, hluk nebo zápach (Coutinho-Rodrigues, 2012), nebo pokles ceny nemovitostí v okolí sběrných míst (Di Felice, 2014). Také nelze neustále zvyšovat počet kontejnerů z důvodu jejich pořizovací ceny a nákladů spojených s jejich údržbou. S rostoucím počtem kontejnerů se totiž zvyšuje doba, potřebná na obsluhu celé sítě a s tím sdružené výdaje (Barrena, 2020), (Nevrlý, 2021). Mezi těmito kritérii je nutné najít rovnováhu. Pro víceobjektivní optimální rozvržení sítě však stále nebyl nalezen účinný algoritmus. Z důvodu vysoké výpočetní a časové náročnosti se proto k řešení využívají zpravidla velmi výkonné výpočetní technologie (Rossit, 2022).



Obr. 11 Vliv donáškové vzdálenosti na úroveň třídění (JRK, b. r.)

2.5 Studie zpracované na základě dotazníků

Pro zpracování dotazníku k této práci byla vytvořena krátká rešerše již vzniklých studií zabývajících se odpadovým hospodářstvím a motivací k zvýšení míry separace komunálního odpadu, které ke svým závěrům přišly na základě statistického šetření. Tři z vybraných studií byly vytvořeny v Evropě, dvě v USA, dvě v Africe a jedna v Asii. Rok vydání jednotlivých studií se pohybuje v rozmezí od roku 2005 do 2022. Přehled chronologicky seřazených použitých studií je k nalezení v tab. 2.

Tab. 2 Studie zpracované na základě dotazníků

Číslo	Studie	Místo	Zaměření práce	Počet respondentů
1	(Ando, 2005)	USA, Urbana	časové náklady	214
2	(Abel, 2007a)	Nigérie, Ogbomoso	složky odpadu	718
3	(De Feo, 2010)	jižní Itálie	vzdělávací kampaně	903
4	(Stoeva, 2017)	Švédsko a Bulharsko	recyklační programy	113 a 114
5	(Seacat, 2018)	USA, Massachusetts	sociodemografické faktory	245 obcí
6	(Okonta, 2020)	JAR, Johannesburg	motivační faktory	480
7	(Lu, 2022)	Čína	motivační faktory	611 a 482

První ze studií vyvozuje pomocí dat z dotazníku souvislost mezi pohodlností recyklace a mírou recyklace. Dotazník, který byl rozeslán mezi 214 domácností, se ptá na množství vyprodukovaného odpadu, docházkovou vzdálenost k recyklačním nádobám, patro, ve kterém respondent bydlí, a možnost skladovat odpad v domácnosti. Míra recyklace je dle této studie vyšší v domácnostech, které mají dostatečný vnitřní prostor pro skladování recyklovatelných materiálů, tento faktor však nelze nijak optimalizovat, jelikož nelze změnit velikost bytových jednotek. Studie také identifikuje fakt, že s rostoucí docházkovou vzdáleností klesá míra recyklace odpadu (Ando, 2005).

I přes to, že se studie 2 zabývá především proměnlivostí složek odpadu v závislosti na roční době v Nigérii a studie 6 motivačními faktory k recyklování odpadu, docházejí obě tyto africké studie k podobným závěrům. Obě totiž srovnávají respondenty se základním vzděláním s respondenty s vyšším vzděláním. S rostoucí mírou vzdělání a s tím spojenými rostoucími příjmy a sociálním statutem klesá množství vyprodukovaného odpadu. Motivace finanční pobídkou je tak účinná především u lidí s nižším vzděláním (Abel, 2007b), (Okonta, 2020).

Dotazník ze studie číslo 3 byl vytvořen na základě 24 dotazníků vytvořených v letech 1998 až 2009. Zde se autoři zaměřili na analýzu znalostí lidí o životním prostředí, aby mohli následně vytvořit cílenou vzdělávací kampaň pro každou z věkových skupin. Nejméně informovanými byli nejmladší a nejstarší respondenti, a zatímco nejmladší věková skupina byla schopná sebereflexe a uznala, že jejich neinformovanost je jedním z faktorů nízké míry separace odpadu, ostatní věkové skupiny toto popíraly a přisuzovaly jej neschopnosti politiků tento problém řešit (De Feo, 2010).

Podobným tématem se zabývala studie číslo 4. Ta zkoumala vliv recyklačních programů na motivaci ke třídění ve dvou členských státech EU, a to konkrétně u vysokoškolských studentů ve švédském Kalmaru a bulharském Plodivu. Oba státy vycházejí ze stejných právních předpisů (směrnic EU), avšak dosahují odlišných průměrných měr separace odpadu. Ve srovnání s Bulharskem má Švédsko delší tradici ve třídění odpadu, optimalizovanou sběrnou síť i systém svozu komunálního odpadu. Proto byla u švédských studentů pozorována vyšší spokojenost s místními zařízeními. V Bulharsku sice byl systém třídění komunálního odpadu zaveden roku 2004, dle výsledků studie však mezi bulharskými studenty stále převládá obecná nespokojenost s celkovým nakládáním s odpady, společně s nedostatkem zkušeností s recyklací. Právě tyto faktory výrazně demotivovaly studenty odpad separovat, rozvoj účinného a pro obyvatele uspokojivého sběru odpadů je tedy nezbytnou podmínkou pro dosažení vysoké míry opětovného použití a recyklace. Studie doporučuje přednostně navrhnout

účinný systém sběru odpadu, ideálně s možností separovat odpad přímo v domácnosti, a až poté organizovat motivační recyklační programy (Stoeva, 2017).

Studie číslo 5 porovnávala data z dotazníku, který rozeslala do 351 obcí v americkém státě Massachusetts, s pět let starými daty, které poskytlo Massachusettské ministerstvo ochrany životního prostředí. Autoři dochází k závěru, že účinné programy s vysokou mírou účasti veřejnosti, které jsou realizovány v širším společenském měřítku, představují jednu z důležitých strategií, jak snížit míru komunálního odpadu. Zároveň jsou ale tyto programy úzce spojeny s místní politikou obcí. Studie také pozorovala sociodemografické faktory, ovlivňující míru separace jednotlivých obcí. Nejvýraznějším motivačním faktorem bylo zavedení programu PAYT. U obcí, ve kterých byl tento program zaveden, byla v průměru dosahována vyšší míra separace odpadu než v obcích, které tento program nezavedly. Budoucím výzkumníkům studie doporučuje zaměřit se na rozdíl v motivačních faktorech u venkovských a městských obcí (Seacat, 2018).

Vzhledem k značné míře urbanizace Číny (60 % populace), velikostí rodin a celkově odlišnému životnímu stylu obyvatel není vhodné používat pro popis motivačních faktorů čínských obyvatel výsledky studií, které vznikají na západě. Poslední studie proto provedla dva experimenty, v nichž zpracovává data ze dvou podobně strukturovaných dotazníků. První experiment byl zaměřen na vhodnost vládních intervencí a finančních pobídek a zkoumal vliv morálních a enviromentálních motivačních faktorů. Ve druhém experimentu se studie zaměřuje na vliv sociálních skupin a jejich norem na enviromentální smýšlení občanů. Z výsledků studie vyplývá, že nejvíce motivují finanční odměny za správné vytrídění odpadu a nejmenší vliv má vlastní morální přesvědčení. Studie dodává, že se jednotlivci v rámci sociální skupiny vzájemně motivují a dosahují tak lepšího celkového enviromentálního smýšlení společnosti (Lu, 2022).

3 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ

3.1 Vytvoření dotazníku

Tato část bakalářské práce se zaměřuje na dotazníkové šetření. Jeho cílem bylo identifikovat hlavní parametry ovlivňující motivaci k separaci odpadu. Tyto údaje budou později využívány v optimalizačních úlohách k rozmístění kontejnerů na využitelné složky komunálního odpadu a jeho následného svozu. Dotazník byl sestaven na základě předchozí rešerše a je k nalezení v příloze této bakalářské práce.

3.1.1 Forma dotazníku

Pro vytvoření a samotné vyplňování dotazníku byl použit online software Formuláře Google³. Respondenti odpovídali na 14 uzavřených, 3 polouzavřené a 1 otevřenou otázku, které byly rozděleny do dvou sekcí. První sekce pokládá otázky socioekonomického zařazení, aby mohly být zkoumány rozdíly jednotlivých kohort a parametrů na přístup k separaci odpadu. Následující sekce se týká samotné problematiky docházkové vzdálenosti, spokojenosti s rozmístěním, frekvencí svozu a četností nádob na různé typy tříděného odpadu.

3.1.2 Metoda sběru dat

Odkaz na dotazník byl rozeslán elektronickou poštou a umístěn na sociální síť. Byli osloveni respondenti ze všech částí České republiky a všech věkových kategorií. Cílem také bylo oslovit každou socioekonomickou skupinu a reprezentovat ji alespoň nějakou četností. Metoda sběru dat pomocí online dotazníku je anonymní, beznákladová a vhodná pro rychlou analýzu. Její silnou stránkou je relativní snadnost sběru dat. Nevýhodou této metody je neschopnost ověření správnosti a důvěryhodnosti odpovědí (je vhodná kontrola odpovědí, zda jsou konzistentní a věrohodné), nízká odezva respondentů (tj. kolik z celkového počtu osob, které si dotazník zobrazili, skutečně odpovědělo), nutnost zaujmout a motivovat k vyplnění a nezbytnost použití internetu pro vyplnění (MUNI, 2019). I z těchto důvodů byl dotazník konstruován tak, aby jeho vyplnění netrvalo příliš dlouho – optimálně aby doba potřebná k jeho vyplnění nepřesahovala 7 minut. Schopnost zaujmout je spojena také s faktem, že osoby, kterým toto téma není dostatečně blízké, dotazník nevyplní, a naopak osoby s kladným vztahem k problematice budou k vyplnění tíhnout více. Kvůli tomuto nechtěnému zaměření na určitou skupinu respondentů pak data nemusí být v souladu s názorem, který zastává společnost jako celek. (Singh, 2021)

3.2 Otázky dotazníku

První část dotazníku je zaměřena na socioekonomické rozdělení respondentů.

- **Otázka č. 1 až 5** – otázky se zaměřují na pohlaví, věk, místo bydliště a vzdělání respondentů. Odpovědi na tyto otázky byly vytvořeny na základě dat Českého statistického úřadu tak, aby bylo možné data srovnávat s již existujícími statistikami nebo výsledky případně využít pro budoucí výzkumné práce. Na základě odpovědí jsou dotazovaní roztrženi do sociodemografických podskupin. Tyto podskupiny je možné dále agregovat na základě množství dostupných dat a výsledků *statistických testů hypotézy* (testů významnosti). Pokud tedy bude statistickým testem na vhodné *hladině významnosti* α ověřena *hypotéza H*, že v rámci jednoho motivačního faktoru (například

³ <https://www.google.cz/intl/cs/forms/about/>

vliv frekvence vyprazdňování sběrných nádob na typy odpadu, které respondent třídí) není z hlediska výsledku rozdíl mezi dvěma nebo více podskupinami (například věk do 35 let), lze tyto podskupiny sloučit a vyhodnotit společně. Slučování lze provádět v podstatě u všech kategorií, například seskupit obce do 10 000 obyvatel a nad 10 000 obyvatel, kraje sloučit na Čechy, Moravu a Slezsko, nebo sloučit vyšší odborné a vysokoškolské vzdělání.

- **Otázka č. 6** – *Typ obvyklého bydliště*, tj. místo, kde respondent skutečně bydlí, je důležitý pro ověření hypotézy, že zástavba významně ovlivňuje možnosti třídění. Například bytové domy se obecně vyskytují spíše v městské zástavbě, kde je síť sběrných míst hustější, v rodinných domech je oproti tomu více prostoru pro skladování odpadu v domácnosti.
- **Otázka č. 7** – *Počet lidí v domácnosti*. Vyšší počet lidí v domácnosti zpravidla znamená větší produkci komunálního odpadu. Ta může motivovat ke třídění na více složek odpadu – například pokud respondent žije v domácnosti sám, nemusí mít tak velkou motivaci třídít nápojové kartony, jelikož jich nevyprodukuje takové množství, aby se mu je vyplatilo skladovat. Na druhou stranu ve vícečlenné domácnosti je větší pravděpodobnost chybného vyřídění odpadu.

Druhá část dotazníku se již zabývá samotnou problematikou třídění, docházkovou vzdáleností ke kontejnerovému stání a kvalitou svozu odpadu.

- **Otázka č. 8** – zde měli respondenti za úkol určit, jakou mírou třídí danou využitelnou složku komunálního odpadu. Tato data ukáží, v jaké míře jsou dané složky tříděny a pomohou zjistit, pro které druhy materiálu by bylo vhodné rozšířit sběr. Odpovědi jsou úzce spojeny s počtem nádob na jednotlivé využitelné složky komunálního odpadu. Jestliže respondent nemá ve své blízkosti nádobu na daný odpad, nebude jej vyřídovat a odpad pravděpodobně skončí ve směsném komunálním odpadu.
- **Otázka č. 9** – *K třídění využitelných složek komunálního odpadu využívám...* Data ukáží, s jakou mírou jsou využívána kontejnerová stání pro třídění a které jiné způsoby třídění jsou mezi respondenty využívány. Některé z možností (například pytlový svoz odpadu) nejsou dostupné pro všechny respondenty, jelikož si obce určují systém sběru a svozu odpadu samy. Také lze zjistit, jaké procento respondentů třídí odpad na pracovišti/ve škole.
- **Otázka č. 10** – *Ke skladování využitelných složek komunálního odpadu v domácnosti využívám...* Skladování odpadu v domácnosti může mít vliv na motivaci ke třídění a kvalitě rozřídění jednotlivých složek. Je optimální situovat sběrné nádoby na jednotlivé složky odpadu v blízkosti místa jeho vzniku, například nádoba na bioodpad v kuchyni, nádoba na papír v blízkosti tiskárny a podobně.
- **Otázka č. 11** – *Jak spokojeni byste byli se vzdáleností nejbližšího kontejnerového stání pro plast, papír a sklo od bydliště?* Podle spokojenosti, resp. nespokojenosti respondentů se může každé vzdálenostní kategorii přiřadit „koeficient neochoty“, který upraví vstupní data do návrhu sítě.
- **Otázka č. 12** – *Jaká maximální vzdálenost (v metrech) kontejnerového stání pro plast, papír a sklo od bydliště je pro Vás ještě akceptovatelná?* Stanoví maximální přípustnou docházkovou vzdálenost. Síť by měla být navržena tak, aby u většiny obyvatel (ideálně všech obyvatel) nedocházelo k překročení této vzdálenosti.
- **Otázka č. 13** – *Jak moc jste spokojený/á s umístěním kontejnerových stání ve Vaší obci?* Ukáže, do jaké míry je možné využít stávající síť kontejnerových stání, nebo zda by si ji obyvatelstvo přálo upravit.
- **Otázka č. 14** – *O jaké lokality by bylo vhodné rozšířit systém kontejnerových stání ve Vaší obci?* Pomůže nám zvolit vhodné kandidáty na nové uzly v síti, případně nám

umožní automaticky rozhodovat o umístění např. k autobusovým zastávkám, před potravinové prodejce apod.

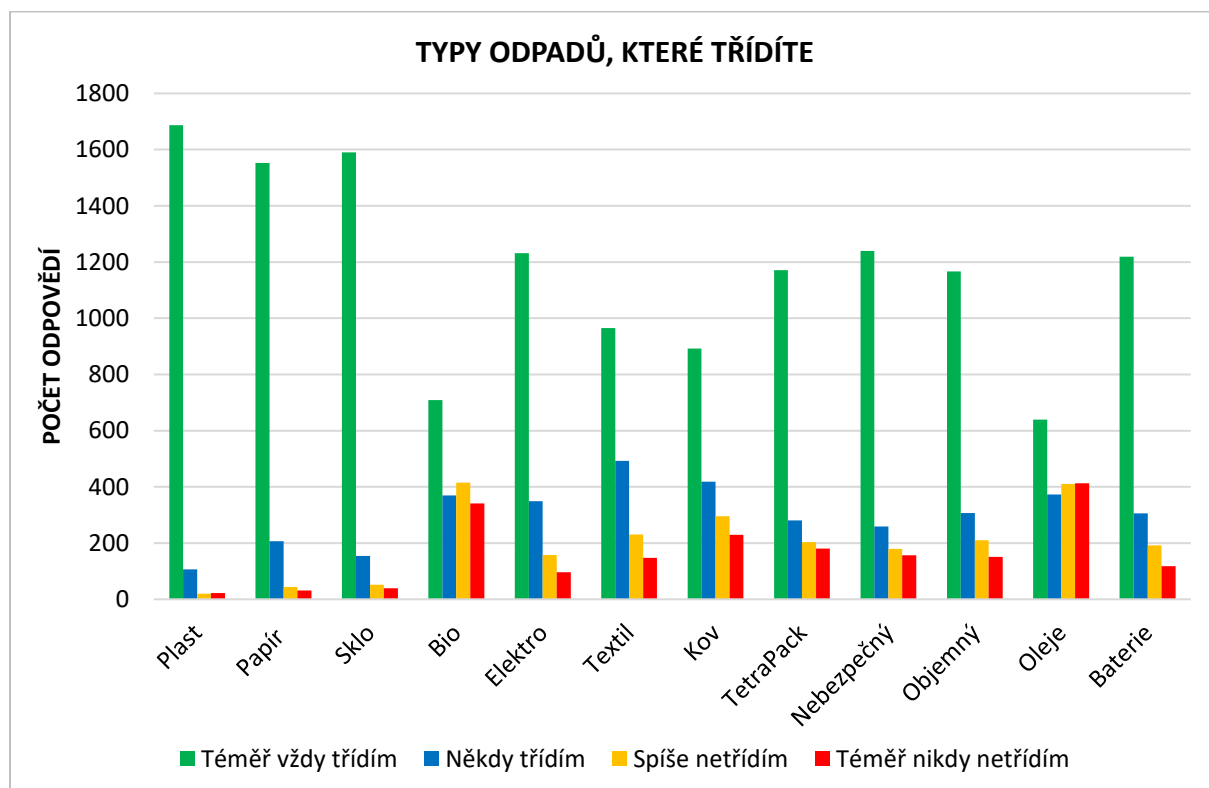
- **Otázka č. 15** – *Jak moc jste spokojený/á s frekvencí, s jakou jsou sběrné nádoby vyprazdňovány?* Míra vyprazdňování je důležitým motivačním faktorem systému třídění odpadu. Pokud pravidelně dochází k přeplňování kontejneru, snižuje se ochota občanů třídít odpad a celková míra separace odpadu. Očekává se, že optimalizací frekvence vyprazdňování nádob lze významně zvýšit míru separace v jednotlivých obcích, respektive jejích částí.
- **Otázka č. 16** – *Ke kontejnerovému stání odpad přepravuji...* Pohodlnost třídění je pro účastníka systému jedním z nejdůležitějších požadavků. Místo pro kontejnerová stání je tedy vhodné umístit do míst, kde je možnost přístupu preferovaným způsobem. V případě časté přepravy odpadu automobilem jsou proto vhodnými kandidáty místa s možností parkování, u pěšího transportu je příhodné umístit nádoby tak, aby byla minimalizována docházková vzdálenost.
- **Otázka č. 17** – *V případě plného kontejneru odpad...* Touto běžnou překážkou identifikujeme míru edukace a správného přístupu k separaci. Není vhodné nechávat odpad vedle nádob, jelikož se tím znečišťuje okolí nádob, v případě silného větru i celé ulice. Nepatřičné je také vkládat separovaný odpad do směšného komunálního odpadu, jelikož se tím znehodnocuje a stává se tak nerecyklovatelným. Odpověď „odstráním jinak“ není již vůbec žádoucí – může to znamenat odstraňování na tzv. černých skládkách, případně spalování v kotlech na tuhá paliva či další nevhodné způsoby odstraňování odpadu. Otázka může přispět ke správnému doporučení počtu nádob na stávajících kontejnerových stáních.
- **Otázka č. 18** – *Které z níže uvedených aspektů by zvýšily Vaši ochotu využívat k třídění odpadu kontejnerová stání?* Pomůže identifikovat hlavní aspekty, které zvyšují ochotu třídít. Na základě odpovědí lze odhadnout, zda je docházková vzdálenost důležitým faktorem, nebo by se měla optimalizace zaměřit na zvýšení počtu nádob na tříděný komunální odpad na již existujících kontejnerových stáních.

4 ZÁKLADNÍ VYHODNOCENÍ DOTAZNÍKOVÉHO ŠETŘENÍ

Vzhledem ke složitosti stanovení a ověřování hypotéz a celkové časové náročnosti zpracování dat dotazníku byly vyhodnoceny pouze některé základní charakteristiky. Datový soubor odpovědí je však k dispozici v příloze této bakalářské práce a může být výchozím předmětem pro případné budoucí práce.

Na dotazník odpovědělo celkové množství 1837 respondentů a byl otevřen k vyplnění od 4. prosince 2021 do 4. května 2022. Většinu respondentů tvořily ženy (72,4 %), reprezentativním počtem dotazovaných však byly pokryty všechny velikosti obce, kraje (nejméně v Olomouckém kraji – 32 odpovědí) a téměř i všechny věkové skupiny (pouze jedna odpověď u skupiny pod 15 let a skupiny nad 85 let).

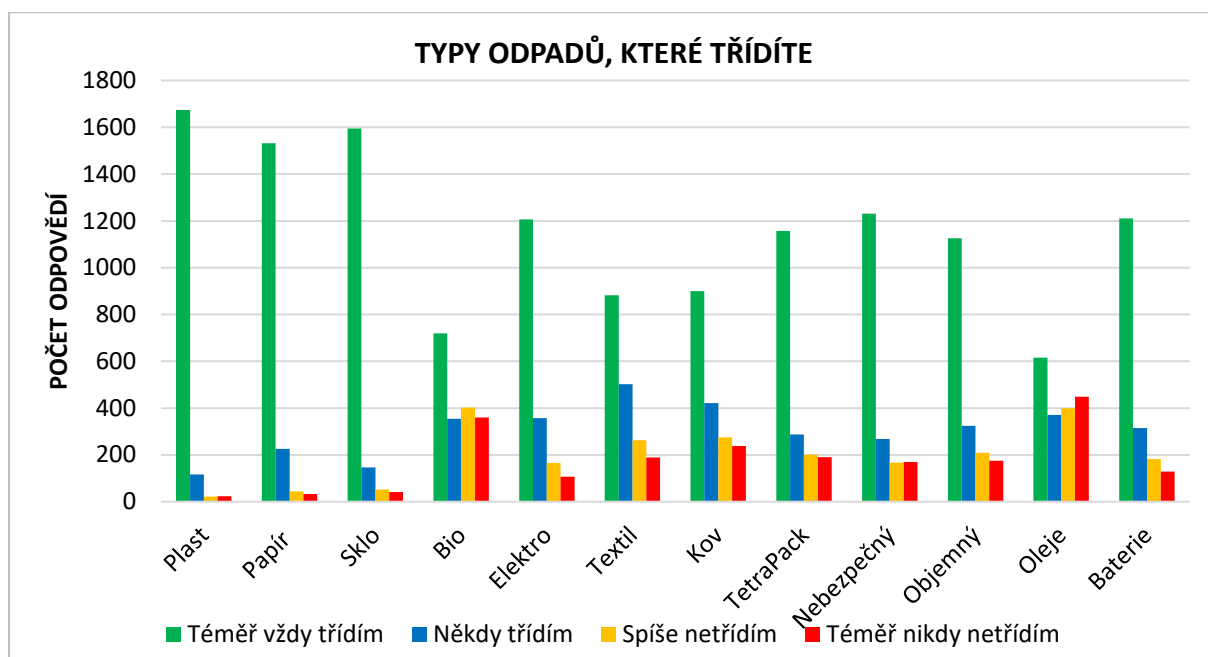
Jedna z klíčových otázek (otázka č. 8) byla zaměřena na aktuální třídění jednotlivých typů odpadů. Obr. 12 znázorňuje histogram četnosti odpovědí vztahovaný k dílčím komoditám popisující míru třídění. Z obrázku je patrné, že třídění tří základních využitelných složek komunálního odpadu (plast, papír, sklo) je společností již přijato téměř jako samozřejmost a je žádoucí je nadále třídit. Tento jev je opodstatnitelný jak z vývojového hlediska, jelikož je snaha třídit tyto odpady nejdříve, tak i z důvodu největší četnosti zastoupení těchto kontejnerů na území ČR. Ostatní komodity jsou již tříděny méně, avšak dle odpovědí lze v rámci společnosti konstatovat, že většina populace je v ohledu třídění dobře edukována a svědomitě tuto činnost plní u široké škály odpadů.



Obr. 12 Histogram četností míry třídění odpadu jednotlivých typů odpadů

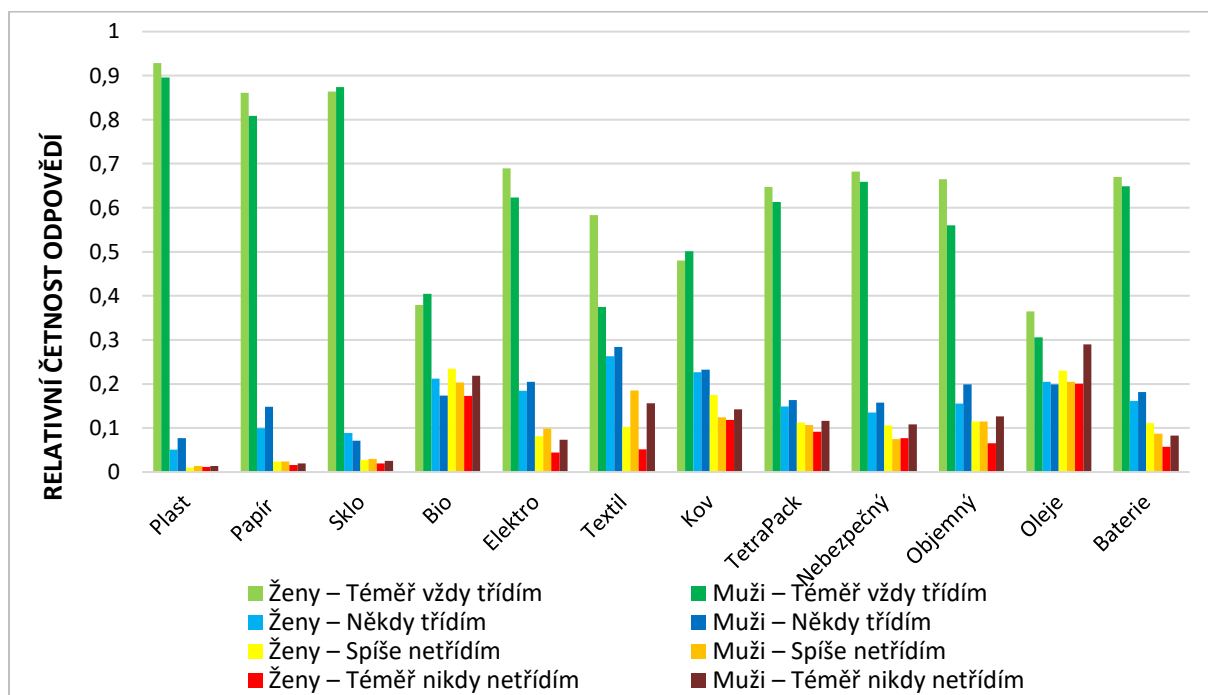
Z výsledků dotazníkového šetření lze identifikovat dva klíčové prvky, které mohou mít vliv na míru třídění odpadu. Jedná se o pohlaví dotazovaného a počet lidí žijících v domácnosti. Aby bylo možné považovat výsledky za reprezentativní pro celou ČR, je nutné posoudit zastoupení dotazovaných skupin vzhledem k průměru v ČR. Rozdíly mezi pohlavím lze analyzovat v rámci relativní četnosti vztahované na jednu osobu. Vzhledem k tomu, že dotazováno bylo 27,6 % mužů a 72,4 % žen a dle dat ČSÚ z roku 2021 bylo v ČR v průměru

49,3 % mužů a 50,7 % žen (ČSÚ, 2021), bylo vhodné upravit váhy odpovědí pro získání reprezentativních výsledků za ČR. Výsledky míry třídění jednotlivých typů odpadů po korekci, aby četnosti odpovědí v daných skupinách odpovídaly obyvatelstvu v ČR, jsou zobrazeny na obr. 13.



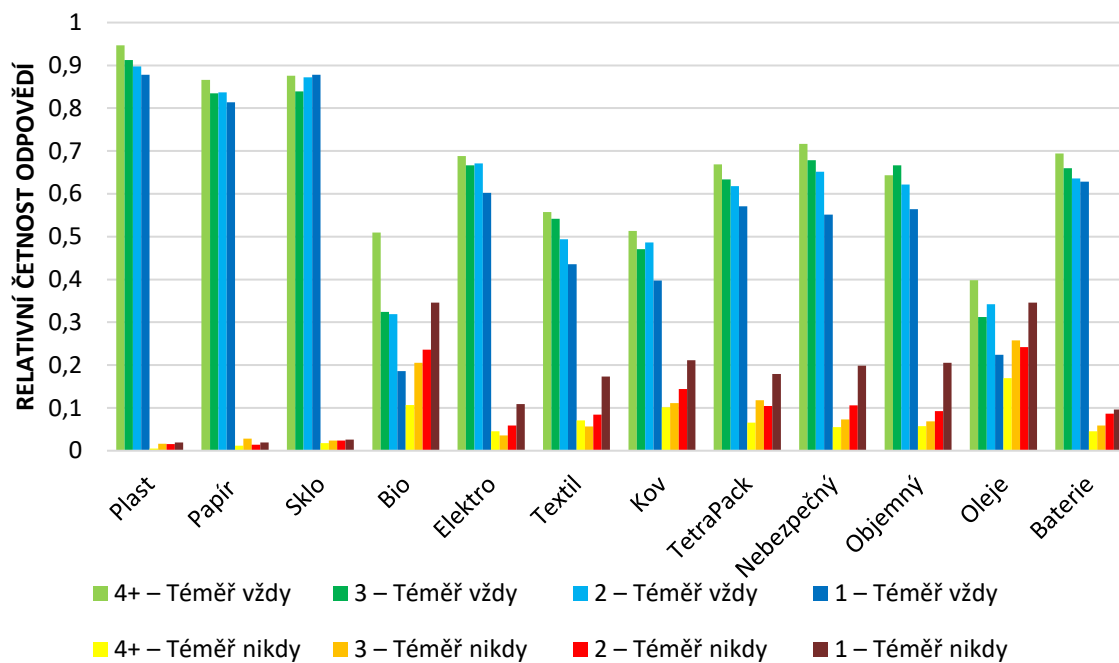
Obr. 13 Histogram četnosti míry třídění odpadu jednotlivých typů odpadů po korekci zastoupení z pohledu pohlaví

Při porovnání obou histogramů (obr. 12 a obr. 13) lze pozorovat pouze drobné odchylky v rozdělení odpovědí. Obr. 14 pak dává do souvislosti míru třídění jednotlivých odpadů mezi ženami a muži, přepočítanou na korektní procentuální zastoupení pohlaví v ČR. Jsou zde patrné určité rozdíly v odpovědích. Lze obecně konstatovat, že ženy ke třídění tíhnou větší mírou než muži.



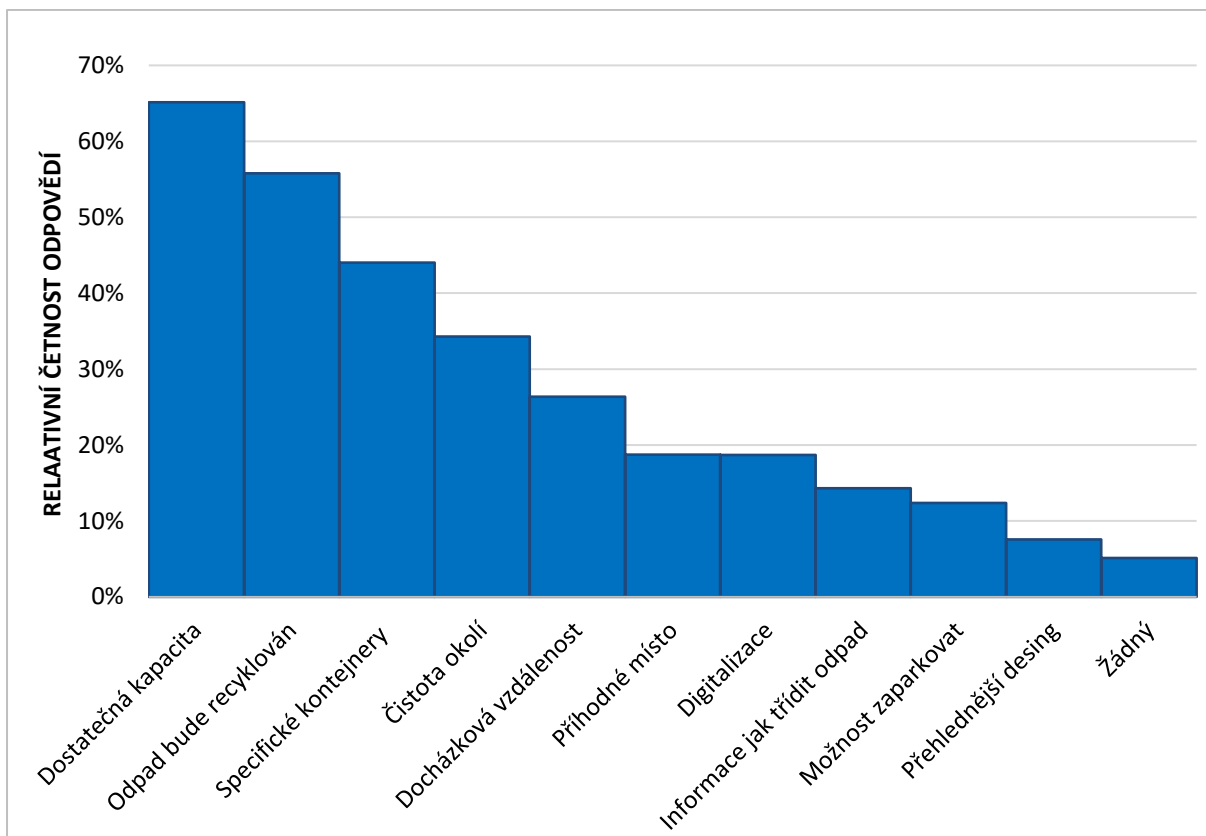
Obr. 14 Histogram relativní četnosti míry třídění odpadu mezi pohlavím

Stejně nevýznamné změny se objevují také v případě korekce z pohledu počtu lidí žijících v domácnosti. Pro tuto korekci byla zjištěna sestupná tendence míry třídění odpadu se snižujícím se počtem lidí v domácnosti, což je v souladu s naší predikcí v kapitole Otázky dotazníku. Tento jev je možné pozorovat na obr. 15. Pro zjednodušení jsou v histogramu zobrazeny pouze odpovědi „téměř vždy třídím“ a „téměř nikdy netřídím“. Procentuální zastoupení dotazovaných skupin (počtu lidí žijících v domácnosti) téměř odpovídá republikovým průměrům z roku 2011 (ČSÚ, 2011) a korekce tak zde nemá opodstatnění.



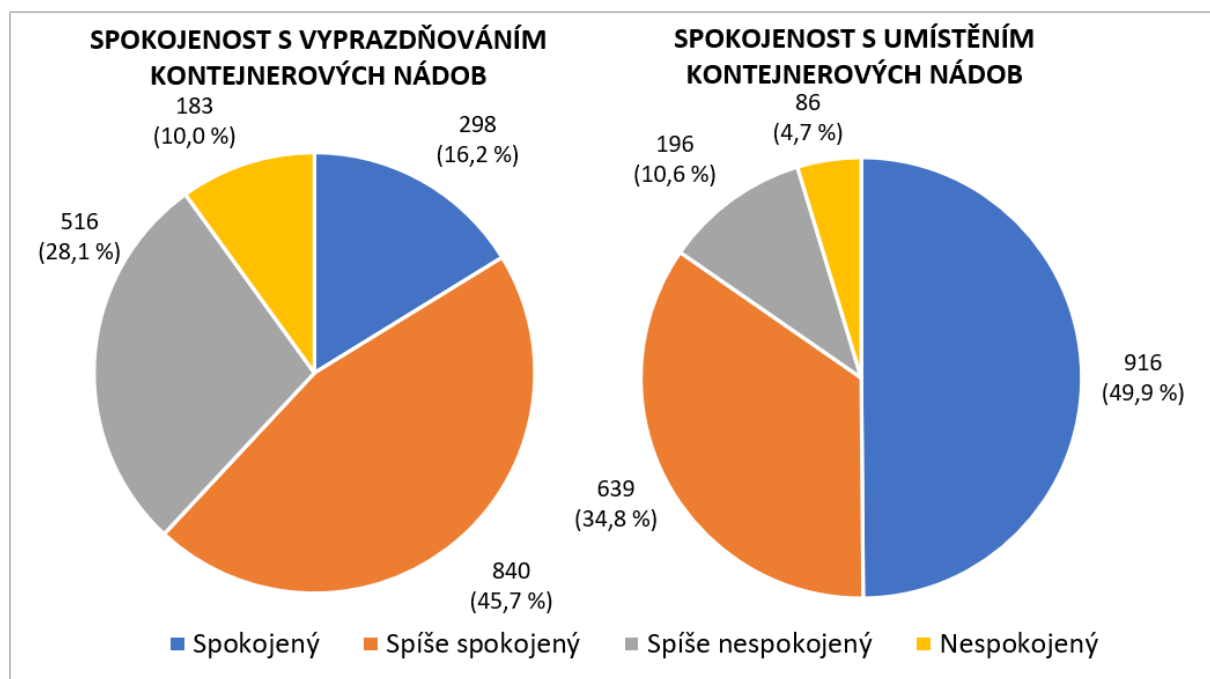
Obr. 15 Histogram relativní četnosti míry třídění odpadu v domácnostech

Zásadní pro další zvyšování materiálového využití odpadu je zajištění patřičného komfortu občanů při třídění. Jen tak lze úspěšně směřovat k nastaveným recyklačním cílům v rámci EU. Obr. 16 vyhodnocuje otázku č. 18 a ukazuje základní aspekty, které jsou pro občany klíčové z pohledu využívání kontejnerových stání. Dle odpovědí není docházková vzdálenost nejdůležitějším aspektem třídění, ale je jí dostatečná velikost nádob, případně takový jejich počet, aby nedocházelo k jejich přeplnování. Druhá nejčtetnější odpověď, tedy jistota, že bude odpad skutečně recyklován, je zřejmě ovlivněna obecnou nedůvěrou v systém třídění, sběru a zpracování odpadu v ČR. V tomto případě by mohlo být vhodným řešením vytvoření vzdělávacího recyklačního programu, který ukáže, co se děje s odpady po jejich vytrídění. Kontejnerová stání by měla být rozšiřována o specifické kontejnery (například kontejnery na jedlé tuky a oleje), jelikož ne všichni občané mají možnost navštěvovat vzdálenější místa s kontejnery či sběrné dvory, a udržována v čistotě pro zvýšení motivace tato stání využívat pro třídění odpadu. Naopak design nádob je nejméně podstatným aspektem.



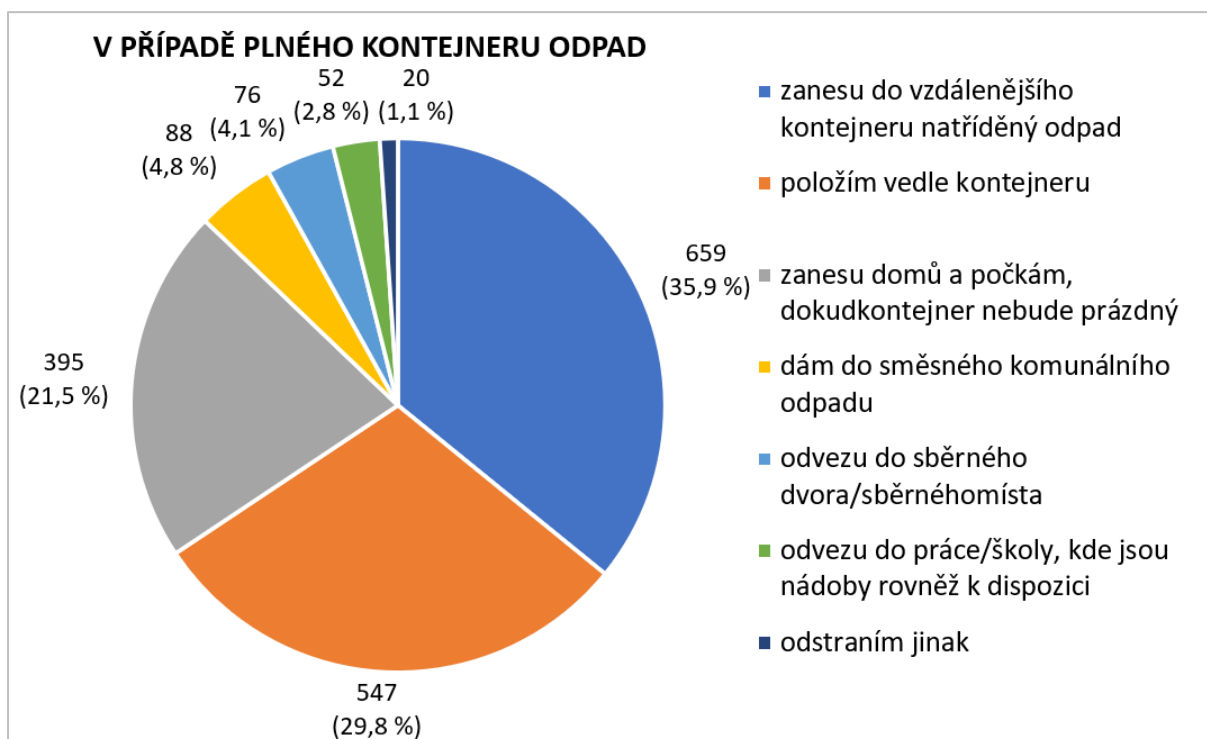
Obr. 16 Histogram důležitosti aspektů ke zvýšení ochoty třídit odpad

Pro další analýzu je důležité posoudit současnou spokojenost s kontejnerovým stáním. Z koláčových grafů (obr. 17) je patrné, že občané jsou s umístěním kontejnerových nádob z většiny spokojeni. Mnohem problematičtější faktor je v současnosti vyprazdňování kontejnerů, ohledně kterého již panuje jistá nespokojenost – téměř 40 % respondentů není do jisté míry spokojeno s frekvencí vyprazdňování. Primárně je důležité tento problém v budoucnu odstranit, zvýšit počet kontejnerových stání, případně zvýšit frekvenci svozu.



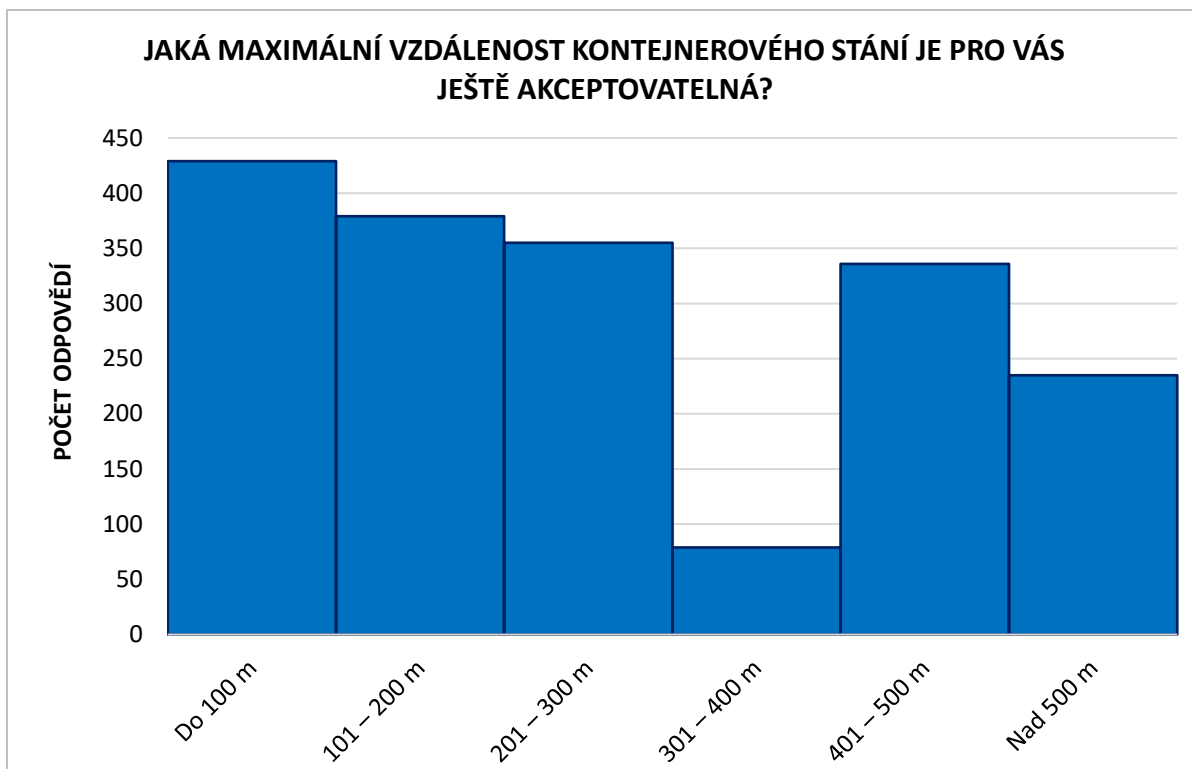
Obr. 17 Koláčové grafy popisující spokojenost s umístěním a vyprazdňování kontejnerových nádob

Dále je také vhodné vyhodnotit, jak občané postupují v případě plných kontejnerů a jak s odpadem dále nakládají. Jak lze vyčíst z obr. 18, 29,8 % všech respondentů by odpad nechalo vedle kontejneru. Tato možnost je oproti ostatním vyžaduje po občanech nejméně úsilí spojeného s přepravou odpadu. Bohužel, tento postup není optimální, jelikož se odpadem znečišťuje nejenom bezprostřední, ale často i širší okolí kontejnerů. Možnost „dám do směsného kontejneru“ může být opodstatněná malým množstvím odpadu (např. kelímek od kávy, PET lahev), není však žádoucí pro jeho větší množství. Naprostá většina respondentů by však odpad zanesla či zavezla do vzdálenějších kontejnerů, nebo by odpad odnesla zpět domů a vyčkala na vyprázdnění kontejnerů.



Obr. 18 Koláčový graf popisující další nakládání s odpadem v případě plného kontejneru

Ačkoliv z obr. 17 plyne, že je většina respondentů s aktuálním rozmístěním kontejnerových stání spokojená, pro další optimalizaci sítě je nutné zjistit maximální přípustnou hranici docházkové vzdálenosti. Většina uvedených vzdáleností, uvedených v obr. 19 je menších než 300 metrů, což je potvrzeno i mediánem s hodnotou 300 metrů. Častou odpovědí občanů však bylo, že vzdálenost příliš nerozhoduje a dotyčný by třídil odpad i přes větší vzdálenost – odpad by vynesl při příležitosti cesty na nákup či do práce, často spojenou s odvozem automobilem či jiným dopravním prostředkem. Dopravní prostředky však nemají k dispozici všichni, je proto nutné brát ohled na dostupnost kontejnerů z pěší perspektivy.



Obr. 19 Histogram maximálních docházkových vzdáleností ke kontejnerovým stánům

5 ANALÝZA SBĚRNÉ SÍTĚ

5.1 Referenční obec

Pro vzorovou analýzu sběrné sítě komunálního odpadu byla vybrána obec Huštěnovice ve Zlínském kraji. Obec má rozlohu 6,6 km². K datu 1.1.2022 zde žilo 1002 obyvatel, z toho 506 mužů a 496 žen (MVČR, 2022). Na území obce se v současné době nachází dvě stanoviště sběrných nádob pro oddělené soustředování využitelných složek komunálního odpadu. Na obou těchto stanovištích se nacházejí kontejnery na papír, sklo, plast, kov a textil. Obec od roku 1995 provozuje sběrné místo tříděných odpadů, tudíž se řadí mezi nejstarší ve Zlínském kraji. Sběrné místo je otevřeno dvakrát týdně. Obecní svoz směsného komunálního odpadu probíhá v režimu „dům od domu“, nově s možností každoměsíčního dobrovolného pytlového svozu plastového odpadu. Obec pro efektivitu pytlového svozu podle počtu residentů do každé domácnosti distribuuje označené žluté pytle, které rezidenti nechávají v den svozu plné a zavázané u patníku. Svozová auta pak objíždějí ulice a sbírají všechny pytle, které uvidí (Obec Huštěnovice, b.r.). Pro lepší orientaci v obci a její popis jsou na obr. 20 uvedeny názvy jednotlivých ulic a vyznačena místa kontejnerových stání a sběrného místa.



Obr. 20 Huštěnovice, názvy ulic: 1 – Náves, 2 – Staroměstská, 3 – K Družstvu, 4 – Klínky, 5 – Chaloupky, 6 – Předbrání, 7 – Nová, 8 – Sušická, 9 – Kvítková, 10 – Babická, 11 – Dvořiště, 12 – Farní, 13 – K Moravě, 14 – Dolní Konec, 15 – Ke Hřišti, 16 – Blahutov, 17 – U Myslivny (Obec Huštěnovice, b.r.)

5.2 Analýza vzdáleností jednotlivých bodů

Pro účely této práce byl vytvořen soubor hodnot *vzdušných a skutečných vzdáleností* mezi jednotlivými referenčními body, ve formě horní trojúhelníkové matice. Tyto body představují jednotlivá adresní místa (domy v obci). Pro zjednodušení výpočtu se předpokládá, že se kontejnerová stání budou nacházet na některých z těchto bodů. Cílem bylo nalézt vzájemný vztah těchto vzdáleností, zjistit, zda jsou obecně zaměnitelné a určit, zda zjednodušení ve formě využívání vzdušných vzdáleností je dostatečné pro vytvoření sběrné sítě.

Vzdušnou vzdáleností je myšlena ortodromická vzdálenost dvou souřadnicových bodů, které jsou popsány geografickými souřadnicemi (zeměpisná šířka/zeměpisná délka) definovanými na elipsoidu WGS-84 (World Geodetic System) (Seznam.cz, c1996–2022). Tento geocentrický elipsoid je popsán hlavní poloosou $a = 6\,378\,137,0$ m a vedlejší poloosou $b = 6\,356\,752,3$ m. Systém tohoto elipsoidu je pravotočivý a určen pomocí soustavy kartézských souřadnic, kdy její střed je v těžišti Země, osa z prochází severním pólem, osa x prochází průsečíkem nultého poledníku a rovníku a osa y je na obě tyto osy kolmá. Kartézský systém se však v praxi běžně nevyužívá a je nahrazován systémem sférickým (zeměpisným). Odklon od osy x značíme φ a nazýváme jej zeměpisnou šířkou a odklon od osy z značíme θ a nazýváme jej zeměpisnou délkou. Vzdálenost od počátku souřadnic (těžiště Země) R se z praktických důvodů zpravidla nahrazuje nadmořskou výškou. Mezi kartézskými a sférickými souřadnicemi existují následné převodové vztahy:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1)$$

$$\varphi = \arctg 2(x, y) \quad (2)$$

$$\theta = \arccos\left(\frac{z}{R}\right) \quad (3)$$

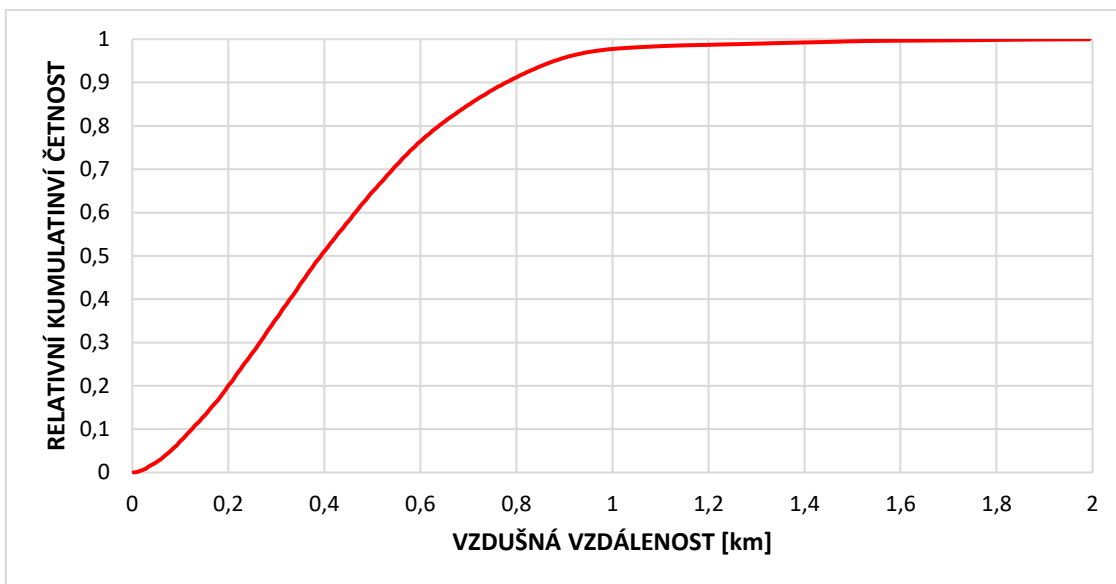
kde $\arctg 2(x, y)$ je zobecnění funkce arkus tangens.

Pro získání vzdálenosti nejkratší spojnice dvou bodů o souřadnicích $[\varphi_1; \theta_1]$ a $[\varphi_2; \theta_2]$ na kulové ploše d (ortodroma) se využívá vztahu:

$$d = R \cdot \arccos[\cos(90^\circ - \varphi_2) \cdot \cos(90^\circ - \varphi_1) + \sin(90^\circ - \varphi_2) \cdot \sin(90^\circ - \varphi_1) \cdot \cos(\theta_2 - \theta_1)] \quad (4)$$

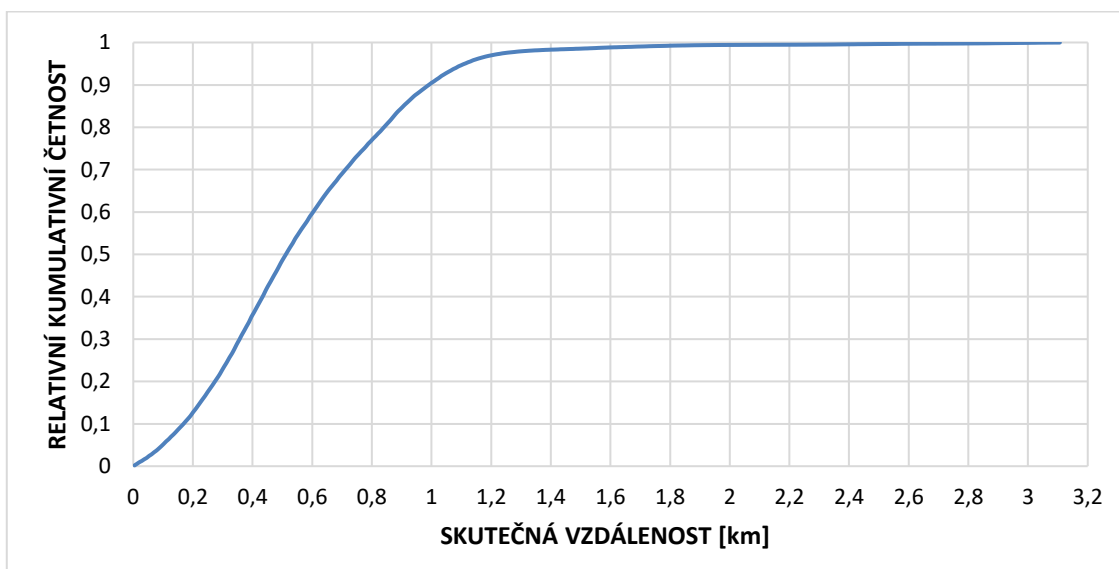
Data vzdušné vzdálenosti mezi jednotlivými adresními body byla získána pomocí služby Mapy API⁴. Empirická distribuční funkce vzdušné vzdálenosti zobrazená na obr. 21 vypovídá o tom, do jaké vzdálenosti od sebe leží určité procento bodů. Například 95 % bodů je ode všech ostatních vzdáleno méně než 880 metrů.

⁴ <https://api.mapy.cz>



Obr. 21 Empirická distribuční funkce vzdušné vzdálenosti

Skutečná vzdálenost je uvažována jako nejkratší vzdálenost mezi dvěma body po trase dané silniční a chodníkovou infrastrukturou. Skutečná vzdálenost je vždy delší než vzdálenost vzdušná, která je vyhodnocována pouze jako nejkratší spojnice mezi dvěma body, viz rovnice 4. Je to tedy trasa, po které se bude občan skutečně dopravovat. Data skutečné vzdálenosti byla získána stejně jako data vzdušné vzdálenosti na základě služby Mapy API. Tato metoda je ale do jisté míry nepřesná. Skutečná vzdálenost se nevypočítává přímo od zvoleného souřadnicového bodu, ale až od nejbližšího bodu na Mapami identifikované pozemní komunikaci. Nebere často v potaz vzdálenost, kterou musí občan ujit, aby se do tohoto bodu dostal (vzdálenost od dveří vchodu k chodníkové/silniční infrastruktuře). To samozřejmě platí i pro vzdálenost z koncové polohy skutečné trasy a polohou uvažovaného kontejnerového stání (druhého adresního bodu). Tato chyba se může pohybovat v rámci několika jednotek metrů, přičemž záleží na kvalitě zmapování dopravní infrastruktury, nebo např. velikosti předzahrádky obytného domu. Metoda také neuvažuje alternativní trasy, kterými jsou například zkratky nezanesené do mapy. Z empirické distribuční funkce skutečné vzdálenosti (obr. 22) lze pozorovat, že pro 95 % bodů v referenční obci je skutečná vzdálenost ke všem ostatním bodům do 1,11 kilometru.



Obr. 22 Empirická distribuční funkce skutečné vzdálenosti

Oba způsoby měření vzdálenosti byly porovnány pomocí základních charakteristik – aritmetického průměru hodnot, mediánu, modusu, rozptylu a směrodatné odchylky. Výsledky, které jsou zobrazeny v tab. 3, ukazují, že se tyto dvě metody významně odlišují, přičemž vzdušná vzdálenost dosahuje nižších hodnot ve všech srovnávaných charakteristikách.

Aritmetický průměr \bar{x} se vypočítá podle rovnice:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

Medián \tilde{x} se vypočítá podle rovnice:

$$\tilde{x} = \begin{cases} \frac{x_{n+1}}{2} & , \text{pokud je } n \text{ liché} \\ \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2} & , \text{pokud je } n \text{ sudé} \end{cases} \quad (6)$$

Modus \hat{x} je hodnota s nejvyšší četností.

Rozptyl s^2 se vypočítá podle rovnice:

$$s^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (7)$$

Směrodatná odchylka s se vypočítá podle rovnice:

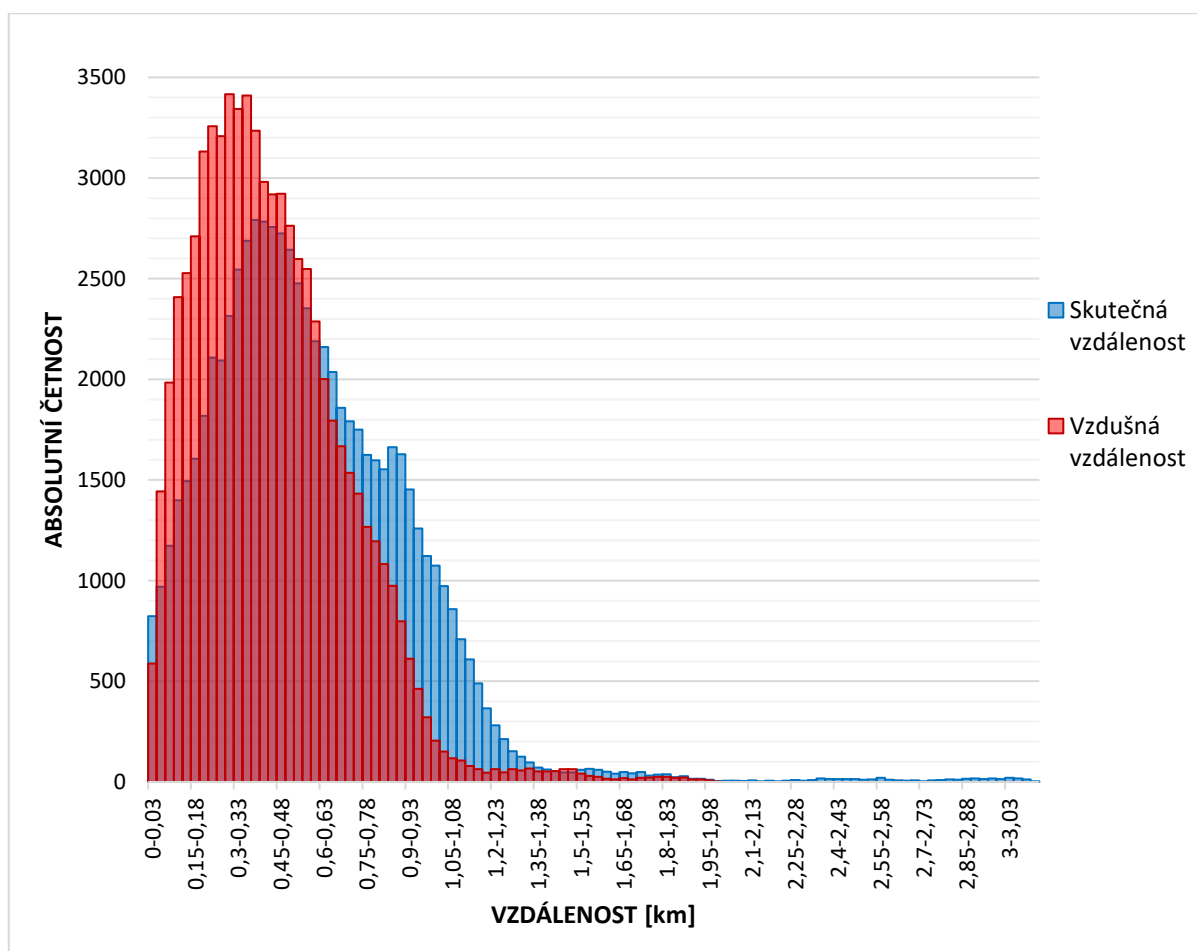
$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (8)$$

Přičemž n je rozsah statistického souboru a x_i je i -tá složka statistického souboru.

Tab. 3 Porovnání základních statistických charakteristik

Charakteristika	Skutečná vzdálenost	Vzdušná vzdálenost	Procentuální rozdíl
rozsah souboru	$n = 70500$	$n = 70500$	0 %
nejmenší hodnota	$x_{(1)} = 0 \text{ km}$	$x_{(1)} = 0 \text{ km}$	0 %
největší hodnota	$x_{(n)} = 3,111 \text{ km}$	$x_{(n)} = 1,996 \text{ km}$	55,9 %
aritmetický průměr	$\bar{x} = 0,588 \text{ km}$	$\bar{x} = 0,434 \text{ km}$	31 %
medián	$\tilde{x} = 0,516 \text{ km}$	$\tilde{x} = 0,395 \text{ km}$	30,6 %
modus	$\hat{x} = 0,337 \text{ km}$	$\hat{x} = 0,336$	0,003 %
rozptyl	$s^2 = 0,125 \text{ km}^2$	$s^2 = 0,0702 \text{ km}^2$	77,2 %
směrodatná odchylka	$s = 0,353 \text{ km}$	$s = 0,265 \text{ km}$	33,1 %

Pro názorné srovnání vzdušné a skutečné vzdálenosti jsou data zobrazena v obr. 23. Vzhledem k velkému rozsahu statistického souboru byla data roztržena podle vzdáleností do 104 tříd o stejné délce 30 metrů. V první třídě (0-30 metrů) má skutečná vzdálenost vyšší zastoupení než vzdušná, což by znamenalo že pro určité množství bodů je skutečná vzdálenost kratší než vzdušná. Tato chyba je dána již popsanou odchylkou metody měření skutečné vzdálenosti (například body, které leží na ulici naproti sobě, mohou mít společný začáteční i cílový bod na infrastruktuře). Histogram vzdušné vzdálenosti dosahuje svého maxima ve třídě 270-300 metrů, s celkovým počtem 3416 bodů. Od této vzdálenosti četnost prudce klesá. Histogram skutečné vzdálenosti má mírnější průběh než histogram vzdušné vzdálenosti. Svého maxima 2791 bodů dosahuje pro třídu 360-390 metrů. Oproti vzdušné vzdálenosti je tedy nejčastější vzdálenost delší o 90 metrů. Skutečná vzdálenost dále klesá, poté však dosahuje lokálního maxima pro třídu 840-870 metrů. Od tohoto místa poté klesá stejným tempem jako vzdušná vzdálenost.



Obr. 23 Histogramy absolutní četnosti skutečné vzdálenosti a vzdušné vzdálenosti

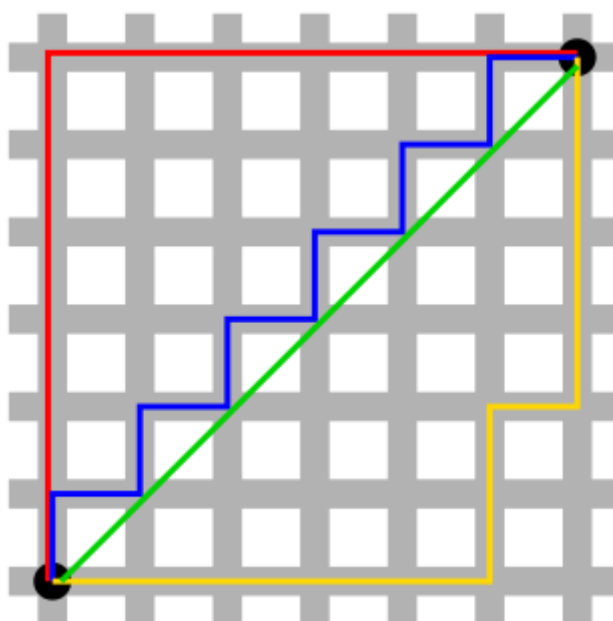
5.3 Analýza vzdáleností vůči referenčnímu bodu

Předchozí analýza byla vytvořena pro vzdálenosti mezi každou dvojicí bodů. Ačkoliv byla získána základní představa o jejich rozdílech, mnohem více vypovídající bude analyzovat celou síť pouze k jednomu bodu (viz tab. 4). Tento bod byl vybrán na začátku ulice Předbrání, konkrétně dům č.p. 378. Nejmenší hodnota skutečné vzdálenosti zde vychází kratší (o 16 %) než nejkratší vzdušná vzdálenost. Tuto chybu lze opět přisoudit odchylce měření skutečné vzdálenosti bodů.

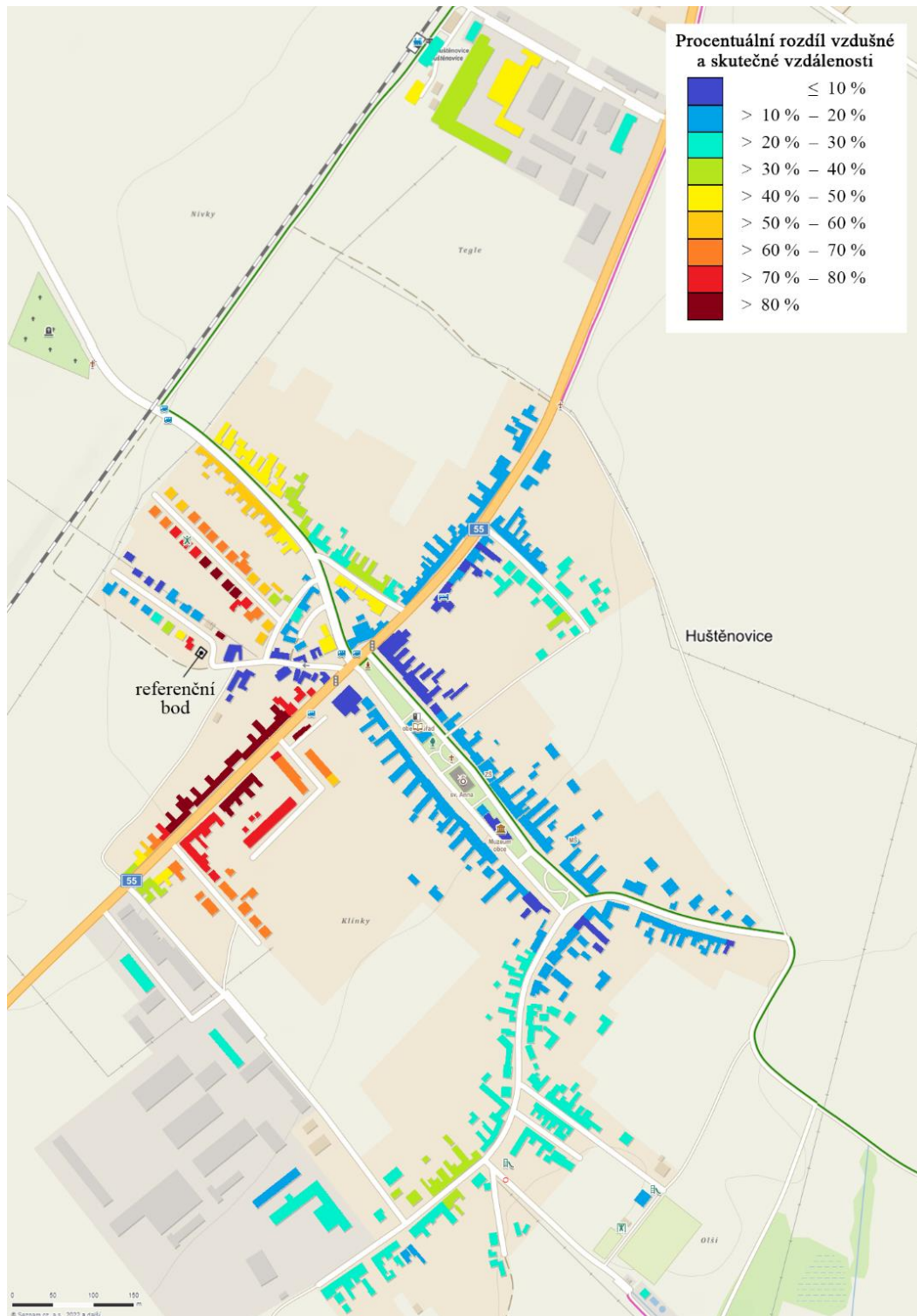
Tab. 4 Porovnání základních statistických charakteristik pro referenční bod

Charakteristika	Skutečná vzdálenost	Vzdušná vzdálenost	Procentuální rozdíl
rozsah souboru	$n = 375$	$n = 375$	0 %
nejmenší hodnota	$x_{(1)} = 0,016 \text{ km}$	$x_{(1)} = 0,019 \text{ km}$	-16 %
největší hodnota	$x_{(n)} = 2,902 \text{ km}$	$x_{(n)} = 1,872 \text{ km}$	55 %
aritmetický průměr	$\bar{x} = 0,498 \text{ km}$	$\bar{x} = 0,383 \text{ km}$	30 %
medián	$\tilde{x} = 0,426 \text{ km}$	$\tilde{x} = 0,305 \text{ km}$	40 %
modus	$\hat{x} = 0,231 \text{ km}$	$\hat{x} = 0,219 \text{ km}$	5 %
rozptyl	$s^2 = 0,0887 \text{ km}^2$	$s^2 = 0,059 \text{ km}^2$	50 %
směrodatná odchylka	$s = 0,298 \text{ km}$	$s = 0,243 \text{ km}$	23 %

Body, které leží v blízkosti referenčního bodu, jsou zatíženy již popisovanou chybou výpočtu skutečné vzdálenosti, tudíž nelze tyto hodnoty brát v potaz. V dostatečné vzdálenosti od referenčního bodu je možno vidět, že model vzdušné vzdálenosti je nevhodný pro značnou část ulic. Blízké domy, které se nachází v sousední ulici (ulice Staroměstská, Klínky, Nová), jsou jasným příkladem nevhodného modelu. Souřadnicově jsou tyto body blízkými „sousedy“, avšak z hlediska infrastruktury k nim nevede přímá cesta. Naopak u bodů, které jsou podél ulic shodným směru jako vzdušná vzdálenost, je tento rozdíl menší (ulice Chaloupky, Náves, Babická, K Moravě). Lze také vidět, že na delší vzdálenosti procentuální rozdíl klesá (konec ulic K Moravě a Ke Hřišti). Očekává se, že ve větších obcích s pravidelnější infrastrukturou by bylo možné od určité vzdálenosti najít relativně přesný koeficient převoditelnosti. V tomto modelu by dále mohla figurovat tzv. *Manhattanská metrika*, která předpokládá pravoúhlý systém ulic. Srovnání druhů vzdáleností pro tento případ je ukázáno na obr. 24. Pro výpočty na chodníkové a silniční infrastruktuře do 3 km jsou však tyto postupy nevhodné, jak ukazuje obr. 26 a obr. 27.

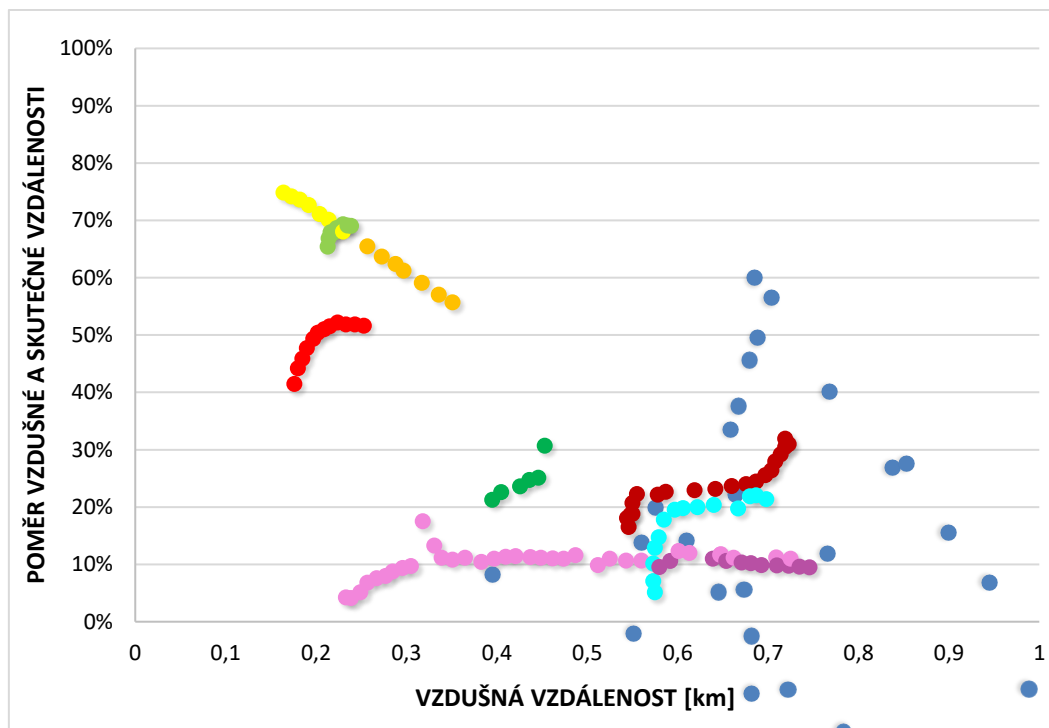


Obr. 24 Porovnání vzdušné vzdálenosti (zelená) a vzdálenosti Manhattanské metriky (červená, modrá i žlutá trasa je stejně dlouhá) (Wikipedia, 2001-2022)



Obr. 25 Grafické znázornění procentuálního rozdílu vzdáleností

Obr. 26 znázorňuje poměr obou metod měření vzdáleností a vzdušné vzdálenosti vztažené k referenčnímu bodu. Z grafu jdou rozpoznat závislosti těchto veličin na orientaci a zakřivení jednotlivých ulic. Pro lepší znázornění byly části některých ulic (Sušická, Dvořiště, Náves, K Moravě, Dolní Konec, Staroměstská, Klínky a K Družstvu) vyznačeny stejnou barvou jak na obr. 26, tak na obr. 27. Z grafu jsou patrné i další ulice, pro ty jsou jednotlivé body blízko sobě a jsou zakřiveny úměrně tvaru ulice. Jednotlivé strany ulic jsou k sobě zpravidla „rovnoběžné“.



Obr. 26 Závislost poměru vzdušné a skutečné vzdálenosti na vzdušné vzdálenosti



Obr. 27 Grafické znázornění bodů zvýrazněných na obr. 26

Ze všech výsledků jasně plyne, že velmi záleží na typu půdorysu obce (zastavěná oblast a typy objektů). Vzdušnou vzdálenost můžeme využívat u obcí lineárního nebo řadového charakteru, například u malých obcí podél rovných silnic. Skutečná vzdálenost, i přes svou chybovost na krátké vzdálenosti, lépe charakterizuje sběrnou síť a její využití se doporučuje pro optimalizaci rozmístění kontejnerů v obci.

5.4 Optimalizační úloha pro návrh sběrných míst

Výpočet umístění kontejnerových stání byl vytvořen na základě již existujícího matematického modelu, vytvořeného ve studii, která se zabývala plánováním infrastruktury pro sběr odpadních kuchyňských olejů a tuků (Matusinec, 2022). Modelu byly pro účely této práce nastaveny pevné optimalizační parametry – vytvoření šesti kontejnerových stání v referenční obci tak, aby maximální alokace na jedno stání byla 200 osob. Tyto parametry mohou být upraveny podle požadavků obce.

Jelikož je známý počet uvažovaných domů (adresních míst) v referenční obci (376), počet bytových jednotek (b.j.) v každém domě a celkový počet obyvatel v obci, lze vytvořit odhad, kolik osob v průměru bydlí v jednotlivých domech z rovnice (9) a tím určit hustotu osídlení obce. Do míst, kde je vyšší koncentrace osob, tak bude umístěno více kontejnerových stání.

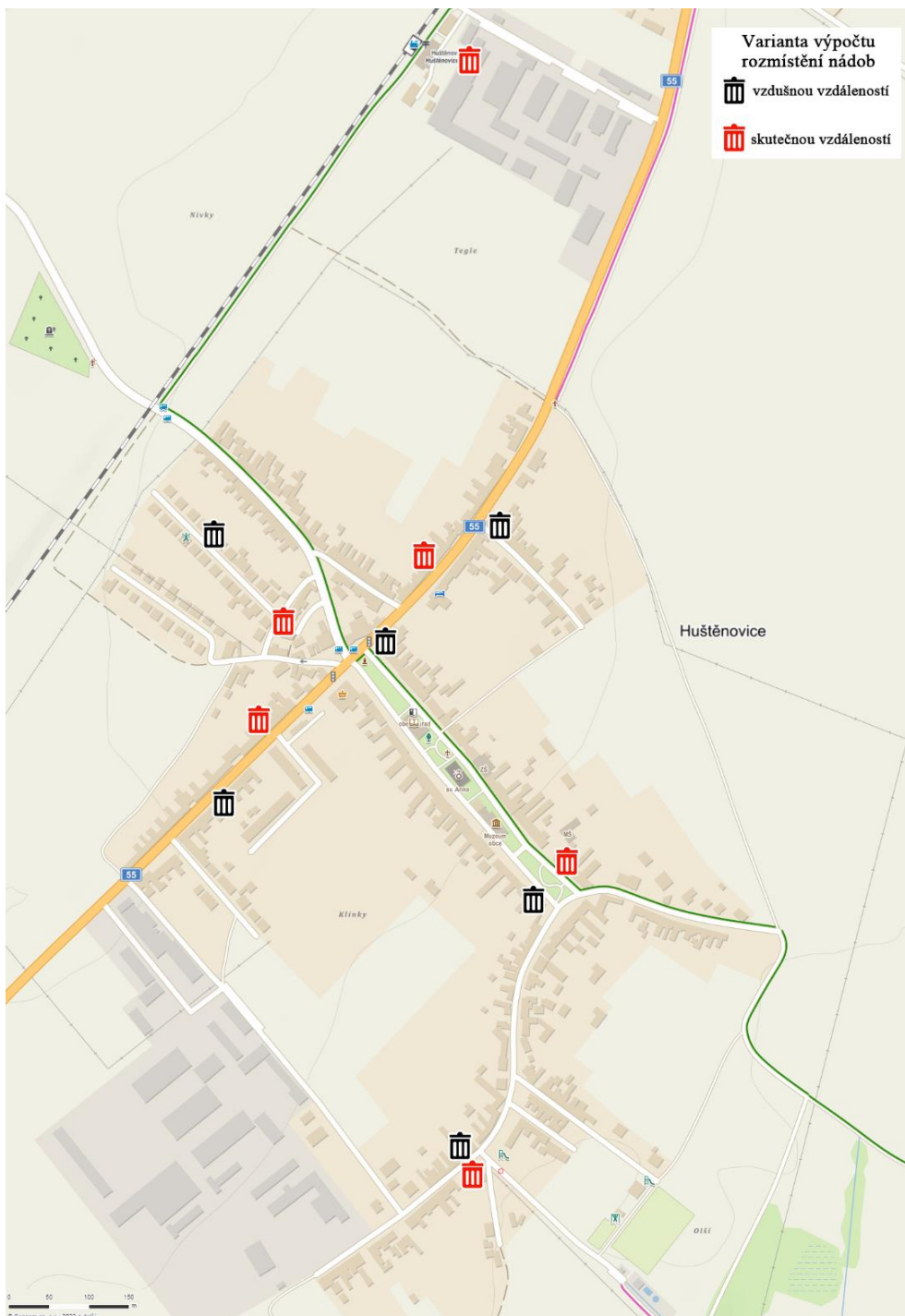
$$\text{Počet osob na adresním místě} = \frac{\text{Celkový počet osob v obci}}{\text{Celkový počet b.j. v obci}} \cdot \text{Počet b.j. na adresním místě} \quad (9)$$

Počet nádob na jednotlivých stáních pak může být určen pomocí sypaných hmotností (hustoty) jednotlivých typů odpadů, statistických dat roční produkce odpadu obce přepočítaných na jednoho obyvatele a frekvence vyprazdňování těchto nádob.

Účelová funkce modelu minimalizovala průměrnou docházkovou vzdálenost. Pro každý výpočet bylo nalezeno jedno optimální řešení, přičemž pro jeden výpočet byla jako docházková vzdálenost uvažována skutečná vzdálenost a pro druhý výpočet vzdálenost vzdušná.

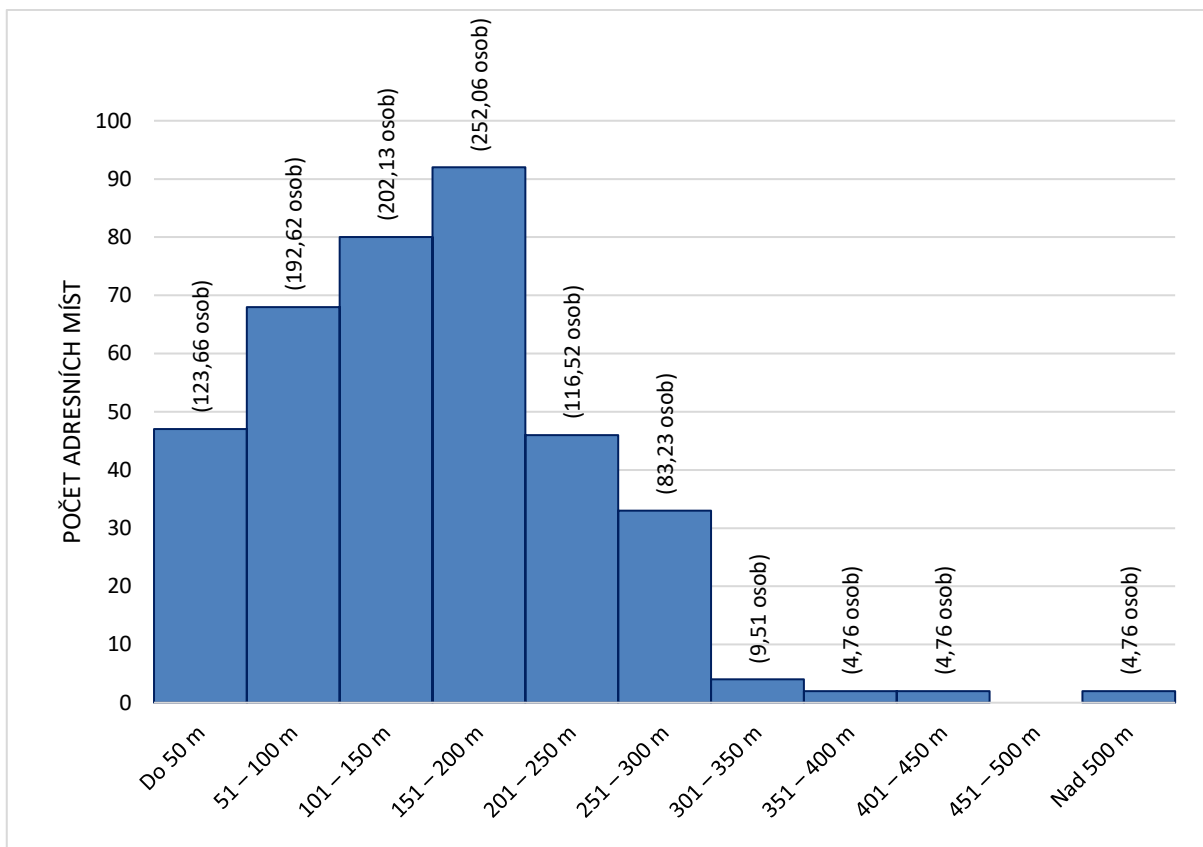
Výsledky potvrdily vyhodnocení získané v detailním srovnání obou přístupů k vzdálenostem. Při rozmístění bylo dosaženo průměrné hodnoty 112 m pro vzdušnou vzdálenost a 150 m pro skutečnou vzdálenost. Oproti vzdušné vzdálenosti jde tedy o nárůst o téměř 34 %. Jak ukazuje obr. 28, v rámci rozmístění sběrných míst našly obě metody podobné umístění kontejnerových stání na ulici Náves a ulici Blahutov, a to v blízkosti místa, kde již kontejnerové stání stojí. U ostatních míst se však metody rozcházejí. Významnou odlišností obou metod je stání v průmyslové oblasti, které uvažuje skutečnou vzdálenost. Zde by ovšem stání být umístěno nemělo, jelikož si místní firma zařizuje odvoz svého odpadu sama. To znamená, že pro výpočet by tyto body neměly být uvažovány, a pokud to lze před výpočtem udělat, měla by být průmyslová a firemní adresní místa odfiltrována. Stejně by tomu mělo být i pro odlehlá adresní místa, která nejsou z praktického hlediska podstatná, avšak na optimalizační výpočet mají značný vliv. Tato místa právě svou izolací od ostatních bodů zvyšují především průměrnou docházkovou vzdálenost a tím mohou výpočet umístění nádob významně ovlivnit – algoritmus by se pak pokoušel umístit nádoby blíže těmto místům. Za těchto důvodů by mohl vzniknout algoritmus na detekci a filtraci „šumu“ adresních bodů. Dále si lze všimnout, že na ulici Nová bylo stání při použití vzdušné vzdálenosti umístěno v jejím středu, kdežto u skutečné vzdálenosti bylo umístěno na jejím začátku. Umístění výpočtem určeným vzdušnou vzdáleností pak sice lépe pokrývá tuto oblast adresních bodů, neuvažuje však zástavbu obce a dopravní infrastrukturu (například slepé ulice, zákazy vjezdu apod.). Tyto „překážky“ musí fyzicky obcházet a tím se navyšuje docházková vzdálenost.

Pro demonstraci popisovaného rozdílu byl výsledek rozmístění nádob pro případ vzdušné vzdálenosti následně přepočítán na skutečnou vzdálenost. V průměru by v tomto případě vycházela docházková vzdálenost 161,7 m, tudíž by došlo k značnému zhoršení.



Obr. 28 Porovnání rozmístění kontejnerů při použití rozdílných metod měření vzdálenosti

Na obr. 29 je zobrazeno rozložení vzdáleností jednotlivých adresních bodů ke kontejnerovým stáním, které byly rozmístěny pomocí výpočtu se skutečnými vzdálenostmi. Nad každým sloupcem tohoto histogramu se nachází teoretický průměrný počet osob, který bude tuto vzdálenost muset překonávat. Nejčetnější třída je pro vzdálenosti od 151 do 200 m, kterou můžeme uvažovat pro více než čtvrtinu občanů Huštěnovic. Do vzdálenosti 200 m od nejbližšího kontejnerového stání tak bude bydlet cca 77,5 % obyvatel.



Obr. 29 Histogram docházkových vzdáleností k nejbližšímu kontejnerovému stání, umístěného pomocí skutečné vzdálenosti

6 ZÁVĚRY A DALŠÍ POSTUP

V předkládané práci byla provedena analýza rozmístění sběrných míst a kontejnerů pro komunální odpady. Práce byla rozdělena na teoretickou a praktickou část. První kapitola teoretické části byla určena pro definování základních pojmů v oblasti odpadového hospodářství. Z důvodu značného vývoje legislativy v oblasti nakládání s odpady v posledních letech byly v následující kapitole popsány jak závazné směrnice stanovené Evropskou unií, tak základní platné právní předpisy České republiky. Jednalo se o plán odpadového hospodářství, zákon o odpadech, zákon o obalech a nižších právních předpisů krajů a obcí. Pro lepší pochopení problematiky rozmístění kontejnerů na komunální odpad byl dále popsán systém jeho třídění a sběru v ČR, a to především na základě informací poskytnutých autorizovanou obalovou společností EKO-KOM. Byly zde srovnány základní metody sběru KO a diskutována vhodnost jejich použití.

Následně byla provedena rešerše literatury pro zjištění základních faktorů, které ovlivňují smýšlení jednotlivců ohledně třídění. Byly identifikovány psychologické, edukační, socioekonomické, systémové a polohové faktory, které by na motivaci mohly mít značný vliv. Dále se rešerše zaměřila na studie, které se zabývaly podobným tématem jako tato práce, a které použily ke sběru dat dotazníkové šetření. Na základě těchto šetření pak byl pro účely této bakalářské práce, ale i pro účely dalšího zkoumání, vytvořen online dotazník, složený z 18 otázek, který byl následně distribuován mezi širší veřejnost.

V praktické části byly vyhodnoceny nejzajímavější otázky dotazníku. Ten potvrdil, že s největší mírou se v České republice třídí plasty, papír a sklo, zatímco nejhorších výsledků dosahoval biologický odpad a odpad jedlých tuků a olejů. V budoucnu by se proto mělo zvýšit povědomí o recyklaci těchto složek komunálního odpadu a navýšit pro tyto materiály počet sběrných míst. Při porovnání vlivu pohlaví na sběr jednotlivých složek komunálního odpadu lze pozorovat, že ženy obecně třídí odpad více než muži. Výrazný rozdíl lze pozorovat například u textilu, objemných odpadů a jedlých tuků a olejů. Dále byly z hlediska třídění jednotlivých složek odpadu porovnány výsledky podle velikosti domácnosti respondentů. S klesajícím počtem obyvatel domácnosti byla pozorována klesající tendence třídění u všech složek. Nejvýraznější rozdíl se nacházel u bioodpadu – ten třídí zhruba 50 % všech domácností o více než 4 lidech, ale u respondentů, kteří v domácnosti bydlí sami, tomu tak činí v necelých 20 % případů. Dle odpovědí u dalších otázek by pak většinu respondentů (65 %) k vyššímu využívání kontejnerových stání motivovala jejich dostatečná kapacita, oproti tomu pouze čtvrtinu respondentů by motivovala kratší docházková vzdálenost. To koresponduje i s uvedenou mírou spokojenosti respondentů s jejich umístěním a vyprazdňováním. Z toho lze dojít k závěru, že aktuální rozmístění kontejnerů můžeme považovat za dostatečné a větší pozornost by se měla věnovat frekvenci svozu odpadu a velikosti, případně počtu sběrných nádob na kontejnerových stáních.

Poslední kapitola byla věnována analýze a optimalizaci sběrné sítě v jedné konkrétní obci. Z výpočetních důvodů byla vybrána obec Huštěnovice, ve které bylo uvažováno 376 adresních míst, jako potenciálních kandidátů pro umístění kontejnerového stání. Pro měření trasy mezi jednotlivými body lze využít dvou metod – vzdušné vzdálenosti a skutečné vzdálenosti. U měření pomocí vzdušné vzdálenosti je značnou výhodou jednoduchost výpočtu, jelikož se počítá pouze jako nejkratší vzdálenost mezi dvěma body na povrchu elipsoidu (Země). Jedná se však o poměrně nepřesnou metodu, jelikož v zástavbě obcí je taková trasa ve většině případů nerealizovatelná. Z tohoto důvodu nejsou sítě navržené touto metodou optimální u obcí, jejichž zástavba není pravidelná. V opačném případě, například u měst s pravoúhlým systémem ulic, by se tato chyba dala kompenzovat použitím násobného koeficientu. Metoda měření trasy pomocí skutečné vzdálenosti používá k výpočtu veřejně

dostupné datové soubory aplikace Mapy.cz. Tato trasa je uvažována po chodníkové a silniční infrastruktuře, která lépe popisuje zástavbu obce. Při výpočtu se však tato metoda dopouští chyby v rámci několika metrů, jelikož začátek i konec této trasy uvažuje uprostřed silniční, resp. chodníkové infrastruktury. Nebere tak v potaz vzdálenost adresních bodů od této infrastruktury. Chyba je nejvíce viditelná u dvou adresních bodů, které leží ve vzájemné blízkosti – chybou jsou tedy nejvíce zatížené trasy na krátkou vzdálenost. Obecně však tato metoda lépe charakterizuje sběrnou síť. Po provedení rozmístění bylo zjištěno, že je vhodné před výpočtem provést filtraci odlehlých adresních bodů a míst, které do výpočtu nemají být zahrnuty, například průmyslové zóny.

Předmětem dalších, navazujících prací by mělo být kompletní vyhodnocení dotazníku. To by mělo zahrnovat stanovení hypotéz a vytvoření vhodného matematického modelu pro jejich testování. Vyhodnocená data pak lze poskytnout starostům obcí a mohou tak sloužit jako nástroj pro rozhodování o zavedení nových typů odpadů ke sběru, případně navýšení kapacit kontejnerových stání. Na základě vyhodnocení dotazníku a poznatků této práce lze pokračovat v nalezení optimálního rozmístění kontejnerových stání pro všechny druhy obcí a druhy odpadu. Jedná se tak o vhodný podklad pro navazující diplomovou práci.

SEZNAM POUŽITÝH ZDROJŮ A LITERATURY

- ABEL, Afon, 2007a. An analysis of solid waste generation in a traditional African city: the example of Ogbomoso, Nigeria. *Environment and Urbanization* [online]. **19**(2), 527-537 [cit. 2022-04-06]. ISSN 0956-2478. Dostupné z: doi:10.1177/0956247807082834
- ABEL, Afon, 2007b. An analysis of solid waste generation in a traditional African city: the example of Ogbomoso, Nigeria. *Environment and Urbanization*. **19**(2), 527-537. ISSN 0956-2478. Dostupné z: doi:10.1177/0956247807082834
- ALAM, Ohidul a Xiuchen QIAO, 2020. An in-depth review on municipal solid waste management, treatment and disposal in Bangladesh. *Sustainable Cities and Society* [online]. **52** [cit. 2022-04-05]. ISSN 22106707. Dostupné z: doi:10.1016/j.scs.2019.101775
- ALTMAN, Vlastimil, 2017. Moderní obec: Možná rizika tzv. PAYT systémů. In: *Česká asociace odpadového hospodářství* [online]. Praha: ČAOH [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <https://www.caoh.cz/aktuality/moderni-obec-mozna-rizika-tzv-payt-systemu.html>
- ANDO, Amy a Anne GOSSELIN, 2005. RECYCLING IN MULTIFAMILY DWELLINGS: DOES CONVENIENCE MATTER?. *Economic Inquiry*. **43**(2), 426-438. ISSN 00952583. Dostupné z: doi:10.1093/ei/cbi029
- BANDARA, Nilanthi, J. HETTIARATCHI, S. WIRASINGHE a Sumith PILAPIIYA, 2007. Relation of waste generation and composition to socio-economic factors: a case study. *Environmental Monitoring and Assessment* [online]. **135**(1-3), 31-39 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0167-6369. Dostupné z: doi:10.1007/s10661-007-9705-3
- BARRENA, Eva, David CANCA, Francisco ORTEGA a Ramón PIEDRA-DE-LA-CUADRA, 2020. Solidarity Behaviour for Optimizing the Waste Selective Collection. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. **15**(2), 133-140. ISSN 17437601. Dostupné z: doi:10.18280/ijstdp.150202
- BASNAYAKE, B., S. POPURI, C. VISVANATHAN, A. JAYATILAKE, I. WEERASOORI a R. ARIYAWANSHA, 2019. Concerted initiative for planned management of municipal solid waste in target provinces in Sri Lanka. *Journal of Material Cycles and Waste Management* [online]. **21**(3), 691-704 [cit. 2022-04-05]. ISSN 1438-4957. Dostupné z: doi:10.1007/s10163-018-0815-5
- BEŇO, Zdeněk, 2011. *Recyklace: efektivní způsoby zpracování odpadů*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství. ISBN 978-80-214-4240-5.
- BRNĚNSKÁ DRBNA, 2021. Jak města bojují s přeplněnými kontejnery? Lidé mohou problém hlásit přes aplikace, pro dlouhodobou změnu se musí obrátit na úřad. *Brněnská Drbna* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: https://www.drbna.cz/zpravy/spolecnost/8458-jak-mesta-bojuji-s-preplnenymi-kontejnery-lide-mohou-problem-hlasit-pres-aplikace-pro-dlouhodobou-zmenu-se-musi-obratit-na-urad.html?utm_source=copy
- COUTINHO-RODRIGUES, João, Lino TRALHÃO a Luís ALÇADA-ALMEIDA, 2012. A bi-objective modeling approach applied to an urban semi-desirable facility location problem. *European Journal of Operational Research*. **223**(1), 203-213. ISSN 03772217. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejor.2012.05.037
- ČSÚ, 2011. Byty podle Sčítání lidu, domů a bytů - Česká republika - 2011. In: *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/byty-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-ceska-republika-2011-z511882n9l>

ČSÚ, 2021. Výsledky sčítání 2021 - otevřená data: Obyvatelstvo podle pohlaví (data a schéma). In: *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vysledky-scitani-2021-otevrena-data>

DE FEO, Giovanni a Sabino DE GISI, 2010. Public opinion and awareness towards MSW and separate collection programmes: A sociological procedure for selecting areas and citizens with a low level of knowledge. *Waste Management*. **30**(6), 958-976. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2010.02.019

DI FELICE, Paolino, 2014. Integration of Spatial and Descriptive Information to Solve the Urban Waste Accumulation Problem: A Pilot Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. **147**, 592-597. ISSN 18770428. Dostupné z: doi:10.1016/j.sbspro.2014.07.636

EKERE, William, Johnny MUGISHA a Lars DRAKE, 2009. Factors influencing waste separation and utilization among households in the Lake Victoria crescent, Uganda. *Waste Management* [online]. **29**(12), 3047-3051 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2009.08.001

EKO-KOM, 2021. *Výsledky zpětného odběru a využití obalových odpadů za rok 2020* [online]. In: . [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/vysledky-zpetneho-odberu-a-vyuziti-obalovych-odpadu-za-rok-2020>

EKO-KOM, 2022a. *O společnosti a systému EKO-KOM* [online]. In: . [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/cz/ostatni/o-spolecnosti/system-eko-kom/o-spolecnosti-a-systemu/>

EKO-KOM, 2022b. Smluvní odměny obcí. In: *EKO-KOM* [online]. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/cz/obce-a-mesta/smluvni-odmeny-obci/>

EKO-KOM, 2022c. Dosažená míra recyklace a využití odpadů z obalů 2020. In: *EKO-KOM* [online]. Praha [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/cz/ostatni/o-spolecnosti/system-eko-kom/aktualni-stav/>

ELIA, Valerio, Maria GNONI a Fabiana TORNESE, 2015. Designing Pay-As-You-Throw schemes in municipal waste management services: A holistic approach. *Waste Management* [online]. **44**, 188-195 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2015.07.040

ENVIWIKI, 2019. Spalovna odpadů. In: *Enviwiki* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: https://www.enviwiki.cz/w/index.php?title=Spalovna_odpad%C5%AF&oldid=22991

EVROPSKÝ PARLAMENT, 2018. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/852*. In: . Štrasburk: Úřední věstník Evropské unie, ročník 61. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018L0852&from=EN>

EVROPSKÝ PARLAMENT, 2018. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/851*. In: . Štrasburk: Úřední věstník Evropské unie, ročník 61, 2018/851. Dostupné také z: <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/851/oj>

FERRONATO, Navarro a Vincenzo TORRETTA, 2019. Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. **16**(6) [cit. 2022-04-05]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph16061060

GADALETA, Giovanni, Sabino DE GISI, Francesco TODARO, Vincenzo CAMPANARO, Carmen TEODOSIU a Michele NOTARNICOLA, 2022. Sustainability assessment of municipal solid waste separate collection and treatment systems in a large metropolitan area.

Sustainable Production and Consumption [online]. **29**, 328-340 [cit. 2022-05-08]. ISSN 23525509. Dostupné z: doi:10.1016/j.spc.2021.10.023

HAVRÁNKOVÁ, Věra, ed., 2005. Komunální odpady. *PLANETA: odborný časopis pro životní prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, (112005), 27-29 [cit. 2022-04-05]. ISSN 1213-3393. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/F86001AC798514E7C12570A5001EF028/\\$file/planeta11_2korektura.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/F86001AC798514E7C12570A5001EF028/$file/planeta11_2korektura.pdf)

IBÁÑEZ-FORÉS, Valeria, Claudia COUTINHO-NÓBREGA, María BOVEA, Camila DE MELLO-SILVA a Júlia LESSA-FEITOSA-VIRGOLINO, 2018. Influence of implementing selective collection on municipal waste management systems in developing countries: A Brazilian case study. *Resources, Conservation and Recycling* [online]. **134**, 100-111 [cit. 2022-04-05]. ISSN 09213449. Dostupné z: doi:10.1016/j.resconrec.2017.12.027

IURMO, 2016. Hodnocení nákladů na hospodaření s komunálními odpady v obcích ČR (za rok 2015). In: *Institut pro udržitelný rozvoj měst a obcí, o.p.s.* [online]. Praha: Institut pro udržitelný rozvoj měst a obcí [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: http://www.institut-urmo.cz/images/Hodnoceni_nakladu_na_hospodaren_s_KO_2015.pdf

JIN, Yujing, Feiyu CHEN, Hong CHEN a Ruyin LONG, 2021. Influence of regulatory focus on proactive waste separation behavior by urban residents' mediating effect of anchoring breakthrough. *Sustainable Cities and Society* [online]. **70** [cit. 2022-04-01]. ISSN 22106707. Dostupné z: doi:10.1016/j.scs.2021.102884

JRK, b. r. Třídění využitelných odpadů. In: *JRK* [online]. Praha [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://www.meneodpadu.cz/trideni-vyuzitelnych-odpadu/>

KAZA, Silpa, Lisa YAO, Perinaz BHADA-TATA a Frank VAN WOERDEN, 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050* [online]. Washington, DC: World Bank [cit. 2022-04-02]. ISBN 978-1-4648-1329-0. Dostupné z: doi:10.1596/978-1-4648-1329-0

LE BOZEC, André, 2008. The implementation of PAYT system under the condition of financial balance in France. *Waste Management* [online]. **28**(12), 2786-2792 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2008.03.028

LI, Zhonglei, Tao ZHANG, Yucan SUN, Liping ZHENG, Han ZHOU, Hongtao WANG, Tan CHEN a Junchen YAN, 2022. Identifying the key policy drivers for behavioral improvement in waste source separation in the Yangtze Delta Region, China. *Journal of Cleaner Production* [online]. [cit. 2022-04-01]. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2022.131379

LORENZ, Bettina, Monika HARTMANN a Nina LANGEN, 2017. What makes people leave their food? The interaction of personal and situational factors leading to plate leftovers in canteens. *Appetite* [online]. **116**, 45-56 [cit. 2022-04-01]. ISSN 01956663. Dostupné z: doi:10.1016/j.appet.2017.04.014

LU, Bin a Jie WANG, 2022. How can residents be motivated to participate in waste recycling? An analysis based on two survey experiments in China. *Waste Management* [online]. **143**, 206-214 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2022.02.034

MARQUES, Rui, Nuno DA CRUZ, Pedro SIMÕES, Sandra FARIA FERREIRA, Marta PEREIRA a Simon DE JAEGER, 2014. Economic viability of packaging waste recycling systems: A comparison between Belgium and Portugal. *Resources, Conservation and Recycling* [online]. **85**, 22-33 [cit. 2022-04-05]. ISSN 09213449. Dostupné z: doi:10.1016/j.resconrec.2013.12.015

- MATEU-SBERT, Josep, Ignacio RICCI-CABELLO, Ester VILLALONGA-OLIVES a Elena CABEZA-IRIGOYEN, 2013. The impact of tourism on municipal solid waste generation: The case of Menorca Island (Spain). *Waste Management* [online]. **33**(12), 2589-2593 [cit. 2022-04-06]. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2013.08.007
- MATIIUK, Yuliia a Genovaitè LIObIKIENè, 2021. The impact of informational, social, convenience and financial tools on waste sorting behavior: Assumptions and reflections of the real situation. *Journal of Environmental Management* [online]. **297** [cit. 2022-05-05]. ISSN 03014797. Dostupné z: doi:10.1016/j.jenvman.2021.113323
- MATUŠINEC, Josef, Dušan HRABEC, Radovan ŠOMPLÁK, Vlastimír NEVRLÝ a Yury REDUTSKIY, 2022. Cooking oils and fat waste collection infrastructure planning: a regional-level outline. *Clean Technologies and Environmental Policy*. **24**(1), 109-123. ISSN 1618-954X. Dostupné z: doi:10.1007/s10098-021-02087-y
- MCDONALD, Seonaidh a Rob BALL, 1998. Public participation in plastics recycling schemes. *Resources, Conservation and Recycling* [online]. **22**(3-4), 123-141 [cit. 2022-04-01]. ISSN 09213449. Dostupné z: doi:10.1016/S0921-3449(97)00044-X
- MONAVARI, Seyed, Ghasem OMRANI, Abdolreza KARBASSI a Farzaneh RAOF, 2012. The effects of socioeconomic parameters on household solid-waste generation and composition in developing countries (a case study: Ahvaz, Iran). *Environmental Monitoring and Assessment* [online]. **184**(4), 1841-1846 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0167-6369. Dostupné z: doi:10.1007/s10661-011-2082-y
- MUNI, 2019. Kvantitativní výzkum. In: *Metodika ke zpracování závěrečné práce: pro vybrané lékařské zdravotnické obory* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js19/metodika_zp/web/pages/07-kvantitativni.html
- MVČR, 2022. Informativní počet občanů v ČR ve všech obcích, v obcích 3. typu a v městských částech. In: *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. Praha [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/statistiky-pocty-obyvatel-v-obcich.aspx>
- NEVRLÝ, Vlastimír, Radovan ŠOMPLÁK, Veronika SMEJKALOVÁ, Tomáš LIPOVSKÝ a Josef JADRNY, 2021. Location of municipal waste containers: Trade-off between criteria. *Journal of Cleaner Production* [online]. **278** [cit. 2022-04-05]. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2020.123445
- OBEC HUŠTĚNOVICE, b.r. Sběrný dvůr. In: *Huštěnovice* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.hustenovice.cz/obecni-urad/sberny-dvur/>
- OBEC HUŠTĚNOVICE, b.r. Historie obce. In: *Huštěnovice* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.hustenovice.cz/historie/historie/historie-obce/>
- OJEDA-BENÍTEZ, Sara, Carolina VEGA a Ma MARQUEZ-MONTENEGRO, 2008. Household solid waste characterization by family socioeconomic profile as unit of analysis. *Resources, Conservation and Recycling* [online]. **52**(7), 992-999 [cit. 2022-04-01]. ISSN 09213449. Dostupné z: doi:10.1016/j.resconrec.2008.03.004
- OKONTA, F.N. a M. MOHLALIFI, 2020. Assessment of factors affecting source recycling among metropolitan Johannesburg residents. *Waste Management*. **105**, 445-449. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2020.02.006
- Plán odpadového hospodářství ČR pro období 2015-2024. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr

- PROCHÁZKA, Martin, 2020. Do žlutých kontejnerů půjde i kov. *Právo* [online]. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/articles__20200527_Pravo_zlute_kontejnery_kov
- Průvodce systémem EKO-KOM* [online], 2022. Praha: EKO-KOM [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/wp-content/uploads/2021/06/Pruvodce-systemem-EKOKOM-Verze-22-02b.pdf>
- PRZYDATEK, Grzegorz a Włodzimierz KANOWNIK, 2019. Impact of small municipal solid waste landfill on groundwater quality. *Environmental Monitoring and Assessment* [online]. **191**(3) [cit. 2022-04-05]. ISSN 0167-6369. Dostupné z: doi:10.1007/s10661-019-7279-5
- REICHENBACH, Jan, 2008. Status and prospects of pay-as-you-throw in Europe – A review of pilot research and implementation studies. *Waste Management* [online]. **28**(12), 2809-2814 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2008.07.008
- ROSSIT, Diego a Sergio NESMACHNOW, 2022. Waste bins location problem: A review of recent advances in the storage stage of the Municipal Solid Waste reverse logistic chain. *Journal of Cleaner Production*. **342**. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2022.130793
- SEACAT, Jason a Nicholas BOILEAU, 2018. Demographic and community-level predictors of recycling behavior: A statewide, assessment. *Journal of Environmental Psychology* [online]. **56**, 12-19 [cit. 2022-04-01]. ISSN 02724944. Dostupné z: doi:10.1016/j.jenvp.2018.02.004
- Seznam dopravců odpadu, 2021. In: *Informační Systém Odpadového Hospodářství* [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://isoh.mzp.cz/SeznamDopravcu/Main/SeznamDopravcu>
- SEZNAM.CZ, c1996–2022. *Pokročilé vyhledávání a GPS souřadnice* [online]. In: . Praha [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://napoveda.seznam.cz/cz/mapy/vyhledavani/pokrocile-vyhledavani-gps-souradnice/>
- SCHNEIDER, Jürgen, Brigitte KARIGL, Hubert REISINGER, Judith OLIVA a Elisabeth SÜßENBACHER, 2011. A European refunding scheme for drinks containers. In: *Evropský parlament* [online]. Brusel: Evropský parlament [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2011/457065/IPOL-AFET_NT\(2011\)457065_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2011/457065/IPOL-AFET_NT(2011)457065_EN.pdf)
- SCHWÄKOV, 2015. Třídící linka. In: *Schwäkov* [online]. Svitavy [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <http://www.schwakov.cz/cs/recyklace-plastu>
- SINGH, Swarndeeep a Rajesh SAGAR, 2021. A critical look at online survey or questionnaire-based research studies during COVID-19. *Asian Journal of Psychiatry* [online]. **65** [cit. 2022-05-12]. ISSN 18762018. Dostupné z: doi:10.1016/j.ajp.2021.102850
- SKUMATZ, Lisa A., 2008. Pay as you throw in the US: Implementation, impacts, and experience. *Waste Management* [online]. **28**(12), 2778-2785 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2008.03.033
- SOTAMENOU, Joël, Simon DE JAEGER a Sandra ROUSSEAU, 2019. Drivers of legal and illegal solid waste disposal in the Global South - The case of households in Yaoundé (Cameroon). *Journal of Environmental Management*. **240**, 321-330. ISSN 03014797. Dostupné z: doi:10.1016/j.jenvman.2019.03.098
- SOUKOPOVÁ, Jana, Michal STRUK a Jiří HŘEBÍČEK, 2017. Population age structure and the cost of municipal waste collection. A case study from the Czech Republic. *Journal of Environmental Management* [online]. **203**, 655-663 [cit. 2022-04-01]. ISSN 03014797. Dostupné z: doi:10.1016/j.jenvman.2016.03.030

STOEVA, Katya a Stina ALRIKSSON, 2017. Influence of recycling programmes on waste separation behaviour. *Waste Management*. **68**, 732-741. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2017.06.005

ŠAUER, Petr, Libuše PAŘÍZKOVÁ a Alena HADRABOVÁ, 2008. Charging systems for municipal solid waste: Experience from the Czech Republic. *Waste Management* [online]. **28**(12), 2772-2777 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2008.03.030

TAYLOR, Donald C., 2000. Policy incentives to minimize generation of municipal solid waste. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy* [online]. **18**(5), 406-419 [cit. 2022-04-05]. ISSN 0734-242X. Dostupné z: doi:10.1177/0734242X0001800502

VALENZUELA-LEVI, Nicolás, Patricio ARAYA-CÓRDOVA, Sebastián DÁVILA a Óscar VÁSQUEZ, 2021. Promoting adoption of recycling by municipalities in developing countries: Increasing or redistributing existing resources?. *Resources, Conservation and Recycling* [online]. **164** [cit. 2022-04-05]. ISSN 09213449. Dostupné z: doi:10.1016/j.resconrec.2020.105173

Veřejné informace o produkci a nakládání s odpady, 2021. In: *Informační Systém Odpadového Hospodářství* [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <https://isoh.mzp.cz/visoh>

Vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů). In: *Sbírka zákonů České republiky*. částka 5. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-8>

WANG, Xiaonan, 2021. Analysis of influencing mechanism on waste separation behavior in Shanghai. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* [online]. **47** [cit. 2022-04-01]. ISSN 22131388. Dostupné z: doi:10.1016/j.seta.2021.101479

WIKIPEDIA, 2001-2022. Manhattanská metrika. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Manhattansk%C3%A1_metrika#/media/Soubor:Manhattan_dist](https://cs.wikipedia.org/wiki/Manhattansk%C3%A1_metrika#/media/Soubor:Manhattan_distance.svg)
[ance.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Manhattansk%C3%A1_metrika#/media/Soubor:Manhattan_dist)

Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. částka 172. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-477>

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech. In: *Sbírka zákonů České republiky*. částka 222. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>

ZAND, Ali a Azar HEIR, 2020. Emerging challenges in urban waste management in Tehran, Iran during the COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation and Recycling* [online]. **162** [cit. 2022-04-05]. ISSN 09213449. Dostupné z: doi:10.1016/j.resconrec.2020.105051

ZHENG, Junjun, Gang MA, Ju WEI, Wendong WEI, Yujie HE, Yangyang JIAO a Xue HAN, 2020. Evolutionary process of household waste separation behavior based on social networks. *Resources, Conservation and Recycling* [online]. **161** [cit. 2022-04-01]. ISSN 09213449. Dostupné z: doi:10.1016/j.resconrec.2020.105009

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
b. j.	bytová jednotka
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
GIS	Geografický informační systém
HDP	Hrubý domácí produkt
KDU-ČSL	Křesťanská a demokratická unie – Československá strana lidová
KO	Komunální odpad
PAYT	Pay As You Throw
POH ČR	Plán odpadového hospodářství České republiky
USA	Spojené státy americké

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A INDEXŮ

<i>Symbol</i>	Význam	Jednotka
n	rozsah statistického souboru	[-]
x_i	i-tá hodnota	km
$x_{(i)}$	i-tá hodnota seřazeného souboru	km
\bar{x}	aritmetický průměr	km
\tilde{x}	medián	km
\hat{x}	modus	km
s^2	rozptyl	km ²
s	směrodatná odchylka	km
φ	zeměpisná šířka	°
θ	zeměpisná délka	°
R	vzdálenost od těžiště Země	m

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Globální zpracování a likvidace odpadu (Kaza, 2018)	3
Obr. 2 Nárůst počtu nádob na tříděný odpad v ČR (EKO-KOM, 2021).....	4
Obr. 3 Hierarchie odpadového hospodářství (Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech).....	6
Obr. 4 Schéma systému EKO-KOM (EKO-KOM, 2022a).....	10
Obr. 5 Jeden z možných způsobů vykazování množství obalů (Průvodce systémem EKO-KOM, 2022).....	10
Obr. 6 Příklad kontejnerového stání, Brno, ul. Tučkova (vlastní foto autora).....	12
Obr. 7 Příklad odvozového sběru, Brno, ul. Tučkova (vlastní foto autora)	12
Obr. 8 Příklad třídící linky (Schwäkov, 2015)	14
Obr. 9 Produkce komunálních odpadů a nakládání s nimi v ČR v letech 2013-2020 (Veřejné informace o produkci a nakládání s odpady, 2021).....	15
Obr. 10 Dosažená míra recyklace a využití odpadů z obalů 2020 (EKO-KOM, 2022c).....	15
Obr. 11 Vliv donáškové vzdálenosti na úroveň třídění (JRK, b. r.).....	18
Obr. 12 Histogram četností míry třídění odpadu jednotlivých typů odpadů.....	24
Obr. 13 Histogram četností míry třídění odpadu jednotlivých typů odpadů po korekci zastoupení z pohledu pohlaví	25
Obr. 14 Histogram relativní četnosti míry třídění odpadu mezi pohlavím	25
Obr. 15 Histogram relativní četnosti míry třídění odpadu v domácnostech	26
Obr. 16 Histogram důležitosti aspektů ke zvýšení ochoty třídit odpad	27
Obr. 17 Koláčové grafy popisující spokojenost s umístěním a vyprazdňování kontejnerových nádob	27
Obr. 18 Koláčový graf popisující další nakládání s odpadem v případě plného kontejneru....	28
Obr. 19 Histogram maximálních docházkových vzdáleností ke kontejnerovým stání	29
Obr. 20 Huštěnovice, názvy ulic: 1 – Náves, 2 – Staroměstská, 3 – K Družstvu, 4 – Klínky, 5 – Chaloupky, 6 – Předbraní, 7 – Nová, 8 – Sušická, 9 – Kvítková, 10 – Babická, 11 – Dvořiště, 12 – Farní, 13 – K Moravě, 14 – Dolní Konec, 15 – Ke Hřišti, 16 – Blahutov, 17 – U Myslivny (Obec Huštěnovice, b.r.)	30
Obr. 21 Empirická distribuční funkce vzdušné vzdálenosti.....	32
Obr. 22 Empirická distribuční funkce skutečné vzdálenosti.....	32
Obr. 23 Histogramy absolutní četnosti skutečné vzdálenosti a vzdušné vzdálenosti	34
Obr. 24 Porovnání vzdušné vzdálenosti (zelená) a vzdáleností Manhattanské metriky (červená, modrá i žlutá trasa je stejně dlouhá) (Wikipedia, 2001-2022)	35
Obr. 25 Grafické znázornění procentuálního rozdílu vzdáleností.....	36
Obr. 26 Závislost poměru vzdušné a skutečné vzdálenosti na vzdušné vzdálenosti.....	37
Obr. 27 Grafické znázornění bodů zvýrazněných na obr. 26.....	37
Obr. 28 Porovnání rozmístění kontejnerů při použití rozdílných metod měření vzdálenosti ..	39
Obr. 29 Histogram docházkových vzdáleností k nejbližšímu kontejnerovému stání, umístěného pomocí skutečné vzdálenosti.....	40

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Výběr z Katalogu odpadů (Vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů))	9
Tab. 2 Studie zpracované na základě dotazníků.....	19
Tab. 3 Porovnání základních statistických charakteristik	33
Tab. 4 Porovnání základních statistických charakteristik pro referenční bod.....	35

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Data dotazníkového šetření