



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Adéla Bačová

**ZAVEDENÍ SMART ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ
V BYTOVÉM DOMĚ**

Diplomová práce

2021

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Adéla Bačová

Studijní program (obor/specializace) studenta:

navazující magisterský – LA – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Zavedení smart odpadového hospodářství v
bytovém domě**

Název tématu (anglicky): Implementation of smart waste management in an
apartment house

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- analýza odpadového hospodářství v ČR
- možnosti smart řešení odpadového hospodářství
- průzkum a zhodnocení současného stavu v bytovém domě
- návrh na zavedení smart odpadového hospodářství
- zhodnocení navrhovaného řešení



- Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech
Věra Voštová, Vlastimil Altmann, Jiří Fries, Karel Jeřábek: Logistika odpadového hospodářství.
Anna Bernstad Saraiva Schott, Henrik Aspegren, Mimmi Bissmont, Jes la Cour Jansen: Modern Solid Waste Management in Practice.
- Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.**
Ing. Daniel Pilát

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2020**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **1. prosince 2021**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Adéla Bačová
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....20. srpna 2021

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této diplomové práce. Zvláště pak děkuji panu Ing. Edvardu Březinovi, CSc. a panu Ing. Danielu Pilátovi za odborné vedení a konzultování a za rady, které mi poskytli během její tvorby. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze, Fakultě dopravní.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

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

V Praze dne 1.12.2021



podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

ZAVEDENÍ SMART ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ V BYTOVÉM DOMĚ

diplomová práce

prosinec 2021

Bc. Adéla Bačová

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce „Zavedení smart odpadového hospodářství v bytovém domě“ je analýza současného stavu odpadového hospodářství v daném bytovém domě, návrh řešení jeho nedostatků pomocí smart technologie a následně zhodnocení toto řešení.

KLÍČOVÁ SLOVA

odpadové hospodářství, logistika odpadového hospodářství, Internet of Things, ultrazvukové senzory, monitorování odpadu, naplněnost odpadových nádob

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE
FACULTY OF TRANSPORTATION SCIENCES

IMPLEMENTATION OF SMART WASTE MANAGEMENT IN AN APARTMENT HOUSE

Diploma thesis

December 2021

Bc. Adéla Bačová

ABSTRACT

The subject of the diploma thesis “Implementation of smart waste management in an apartment house” is the analysis of the current state of waste management system in the apartment house, the smart technology solution proposal and the subsequent evaluation of this proposal.

KEYWORDS

waste management, logistics of waste management, Internet of Things, ultrasounds sensor, waste monitoring, waste level in container

Obsah

Obsah.....	5
Seznam použitých zkratk	7
Úvod	8
1 Odpadové hospodářství v ČR.....	9
1.1 Klasifikace odpadů.....	9
1.2 Komunální odpad	11
1.3 Logistika odpadového hospodářství.....	12
1.3.1 Druhy sběru odpadu	12
1.3.2 Technika pro shromažďování odpadu.....	13
1.3.3 Přeprava komunálního odpadu	14
1.3.4 Možnosti odstraňování a využití odpadu.....	17
1.4 Cíle odpadového hospodářství ČR	22
1.4.1 Plán odpadového hospodářství ČR	22
1.4.2 Program předcházení vzniku odpadu	23
2 Smart řešení odpadového hospodářství	25
2.1 Pojem Smart City.....	25
2.1.1 Koncepce Smart Cities	25
2.2 Internet of Things.....	26
2.3 Používání IoT v odpadovém hospodářství	26
2.4 Situace ve vybraných místech	28
2.4.1 Praha, Česká republika	28
2.4.2 Nitra, Slovensko	30
2.4.3 Irsko	31
2.4.4 Melbourne, Austrálie.....	32

2.4.5	Dubaj, Spojené arabské emiráty	33
3	Analýza současného stavu v bytovém domě	34
3.1	Současný stav	34
3.2	Náklady na svoz	34
3.3	Efektivita svozu.....	35
3.4	Shrnutí.....	38
4	Návrh řešení	40
4.1	Aplikace.....	43
4.2	Senzory Sensoneo	43
4.3	Možná rozšíření.....	45
5	Zhodnocení navrhovaného řešení	46
5.1	Náklady	46
5.2	Úspory	47
5.3	Analýza.....	47
5.3.1	PESTLE analýza	48
5.3.2	SWOT analýza stavu odpadového hospodářství bez projektu	50
5.3.3	SWOT analýza odpadového hospodářství s projektem.....	57
5.3.4	Porovnání stavu bez projektu a stavu s projektem.....	64
	Závěr	65
	Seznam tabulek	67
	Seznam grafů	68
	Seznam obrázků.....	69
	Zdroje	70

Seznam použitých zkratk

ČR	Česká republika
DPH	Daň z přidané hodnoty
EU	Evropská unie
Hl. m. Praha	Hlavní město Praha
IoT	Internet of Things
Kč	Koruna česká
KO	Komunální odpad
POH ČR	Plán odpadového hospodářství České republiky
SVJ	Společenství vlastníků jednotek
ZEVO	Zařízení pro energetické využití odpadu

Úvod

Veškerá činnost člověka je doprovázena vznikem odpadu. V roce 2015 byly celosvětově vyprodukovány 2 miliardy tun komunálního odpadu, v roce 2050 by jeho produkce mohla dosáhnout 3,5 miliardy tun [1]. Vyprodukovaný odpad je nutné shromažďovat, třídít, recyklovat, zpracovávat nebo likvidovat. Nakládání s odpady vyžaduje i legislativní opatření.

Pro odpadové hospodářství důležitá přeprava spolu s manipulací a skladováním. Je nutné manipulovat s velkými objemy odpadu a různou skladbou látek, při vysokých nárocích na spolehlivost a časovou návaznost souvisejících procesů. Další komplikací je velký počet zdrojů, rozdíly v přepravních vzdálenostech, sezónní výkyvy v množství odpadu. Je potřeba množství různých palet, kontejnerů, manipulačních a přepravních prostředků. To vyjadřuje důležitou roli logistiky v odpadovém hospodářství.

Likvidace odpadů vyžaduje investice a náklady, zisky ale přináší jen zřídka. Je proto většinou mimo zájem podnikatelských subjektů. Ze společenského a ekologického hlediska je ale nezbytné se této oblasti věnovat.

Přestože v mnoha případech lze odpad využít jako surovinu, je nutné jeho vzniku nejprve předcházet, což je i prioritou Zákona o odpadech a jedním z cílů Plánu odpadového hospodářství ČR. Přesto z každodenního života víme, že zejména na obalech se nešetří a obalového materiálu je často více než požadovaného produktu, což přináší starosti s likvidací a náklady.

V této práci se budu věnovat chytrým technologiím usnadňujícím nakládání s odpady, jsou to zejména ultrazvukové senzory monitorující hladiny naplněnosti odpadových nádob, díky čemuž je možné následně odpad stlačit nebo optimalizovat jeho svoz. Použití smart technologie navrhnu i pro potřeby menšího bytového domu. Díky tomu bude možnost rozúčtovat náklady obyvatel domu podle jejich skutečné produkce odpadu a zefektivnit svoz odpadu. Zároveň sledování produkce odpadu jednotlivých domácností a s tím spojených výdajů způsobí větší motivaci k třídění a předcházení vzniku odpadu.

1 Odpadové hospodářství v ČR

Odpadové hospodářství se zaměřuje na nakládání s odpady, ale i na předcházení jejich vzniku a péči o odpady uložené. Jeho hlavními činnostmi tedy je jejich shromažďování, sběr, třídění, doprava a přeprava, skladování, výkup odpadů, úprava, využívání a odstraňování.

Dle Zákona o odpadech č. 541/2020 Sb. (účinný od 1.1.2021) je odpadové hospodářství založeno na hierarchii, podle níž je prioritou předcházení vzniku odpadu, a nelze-li vzniku odpadu předejít, následuje jeho příprava k opětovnému použití, recyklace, jiné využití (energetické využití) a není-li možné ani to, jeho odstranění. Hierarchie je znázorněna na obrázku 1.[2]



Obrázek 1. Hierarchie způsobů nakládání s odpady dle směrnice EU [3]

1.1 Klasifikace odpadů

Odpady řadíme do dvou kategorií: nebezpečný odpad a ostatní odpad.

Vedle toho je dle Katalogu odpadů třídíme stanoveným postupem do 20 skupin, které se dělí na další podskupiny. Každá skupina má přidělené šestimístné číslo. Základní skupiny jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1. Skupiny katalogu odpadů [4]

01	Odpady z geologického průzkumu, těžby, úpravy a dalšího zpracování nerostů a kamene
02	Odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a z výroby a zpracování potravin
03	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky
04	Odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu
05	Odpady ze zpracování ropy, čištění zemního plynu a z pyrolytického zpracování uhlí
06	Odpady z anorganických chemických procesů
07	Odpady z organických chemických procesů
08	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání nátěrových hmot (barev, laků a smaltů), lepidel, těsnících materiálů a tiskařských barev
09	Odpady z fotografického průmyslu
10	Odpady z tepelných procesů
11	Odpady z chemických povrchových úprav, z povrchových úprav kovů a jiných materiálů a z hydrometalurgie neželezných kovů
12	Odpady z tváření a z fyzikální a mechanické úpravy povrchů kovů a plastů

- 13** Odpady olejů a odpady kapalných paliv (kromě jedlých olejů a odpadů uvedených ve skupinách 05 a 12)
- 14** Odpady organických rozpouštědel, chladiv a hnacích médií (kromě odpadů uvedených ve skupinách 07 a 08)
- 15** Odpadní obaly, absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené
- 16** Odpady v tomto katalogu jinak neurčené
- 17** Stavební a demoliční odpady (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst)
- 18** Odpady ze zdravotní nebo veterinární péče a/nebo výzkumu s nimi souvisejícího (s výjimkou kuchyňských odpadů a odpadů ze stravovacích zařízení, které bezprostředně nesouvisejí se zdravotní péčí)
- 19** Odpad ze zařízení na zpracování (využívání a odstraňování) odpadu, z čistíren odpadních vod pro čištění těchto vod mimo jejich vzniku a z výroby vody pro spotřebu lidí a vody pro průmyslové účely
- 20** Komunální odpady (odpady z domácnosti a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru

1.2 Komunální odpad

Komunální odpad (KO) je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.

Součástí komunálního odpadu je domovní odpad, tj. odpad vznikající v domácnostech jako spotřební odpad jejich obyvatel. Tato diplomová práce se bude věnovat zejména domovnímu odpadu.

Objemný odpad je komunální odpad, který nelze vzhledem k jeho rozměrům/hmotnosti odkládat do sběrných nádob určených pro pravidelný sběr komunálního smíšeného odpadu. [4]

Podle Katalogu odpadů je skupina Komunální odpady rozdělena na tři podskupiny a to: Složky z odděleného sběru, Odpady ze zahrad a parků, Ostatní komunální odpady.

Složky z odděleného sběru jsou například plasty, papír, sklo, oděvy, jedlý olej a tuk, baterie a akumulátory a další. Odpady ze zahrad a parků zahrnují biologicky rozložitelný odpad, zeminu a kameny a jiný biologicky nerozložitelný odpad. Do skupiny Ostatní komunální odpady patří smíšený komunální odpad, uliční smetky, odpad z čištění kanalizace, objemný odpad atd.[5]

1.3 Logistika odpadového hospodářství

Odpady vznikají v průmyslu, stavebnictví, zemědělství, dopravě i v běžném životě člověka ve společnosti. Zejména komunální odpad je produktem všech obyvatel.

Podle dat Ministerstva životního prostředí bylo v České republice v roce 2019 vyprodukováno celkem 37,4 milionu tun odpadu. Z toho téměř 16 % tvoří odpad komunální.[6]

S takovýmto množstvím odpadu je spojena rozsáhlá přeprava, manipulace a skladování velkých objemů. Je zde zastoupeno velké množství látek s různými chemickými a fyzikálními vlastnostmi, vysokými nároky na spolehlivost a časovou návaznost jednotlivých procesů. Zároveň je potřeba pracovat s velkým počtem sběrných míst, zpracovatelů, různými přepravními vzdálenostmi a výkyvy v množství odpadů v závislosti na sezóně. To vše zdůrazňuje důležitou roli logistiky v odpadovém hospodářství.

Úkolem logistiky v odpadovém hospodářství je tedy plánování, realizace, řízení a kontrola toků hmot a informací.

1.3.1 Druhy sběru odpadu

Sběr odpadu můžeme rozdělit na následující systémy sběru:

- donáškový
- odvozový

Oba systémy se liší především vzdáleností místa sběru od bydliště občana.

V případě donáškového sběru by se sběrné nádoby neměly nacházet dál než 150 m od bydliště. Na vytříděné složky odpadu se používají barevně odlišené nádoby o objemu 660 – 3 200 l, které jsou volně přístupné, umístěné na veřejném stanovišti. Do donáškového systému sběru se řadí i tzv. sběrné dvory. Ty mají určenou provozní dobu a obsluhu, která řídí provoz sběrného dvora a kontroluje přivážené odpady.

Odvozový sběr je charakteristický menšími nádobami (40 – 1 100 l) a malou vzdáleností od bydliště občana – do 50 m. Nádoby jsou umístěné u vchodu bytových domů nebo u každého rodinného domu.

Výhodou donáškového systému jsou nižší investiční náklady, výhodou odvozového systému je vyšší výtěžnost a kvalita složek KO. [4]

1.3.2 Technika pro shromažďování odpadu

Rozmanitost odpadu a podmínek, za nichž je shromažďován, vyžaduje i rozmanitost nádob. Pro směsný i tříděný odpad jsou využívány nejčastěji plastové nebo kovové nádoby o různých objemech – od 70 do 2 500 l. Pro nebezpečné složky komunálního odpadu (vyjeté motorové oleje, baterie, léky, barvy a rozpouštědla) jsou kovové nebo plastové nádoby opatřené atestem.

Umístění nádob zejména v ulicích měst někdy působí komplikace (nedostatek prostoru, velký provoz), stále častěji se dnes proto využívají zabudované podzemní kontejnery. To přináší výhody z hlediska estetického i provozního. Nad zemí je viditelně umístěný jen menší odpadkový koš, který nemá dno a odpad propadává do sběrné nádoby. Pro vyzvednutí kontejneru je potřeba auto s hydraulickými kleštěmi, které rozevívá a zavírá dno vyzdviženého kontejneru. Obsluhu zajišťuje pouze řidič. Po vyzvednutí kontejneru se automaticky vysunuje bezpečnostní rošt, aby zabránil případnému pádu osoby do otevřené šachty. Na obrázku 2 jsou podzemní kontejnery na směsný a tříděný odpad.[4]



Obrázek 2. Podzemní kontejnery [7]

1.3.3 Přeprava komunálního odpadu

Převahu komunálního odpadu lze rozdělit na jednofázovou, dvoufázovou nebo vícefázovou.

Jednofázová doprava znamená odvoz odpadu ze sběrného místa přímo na místo odstranění nebo využití, je využíván pouze jeden dopravní prostředek.

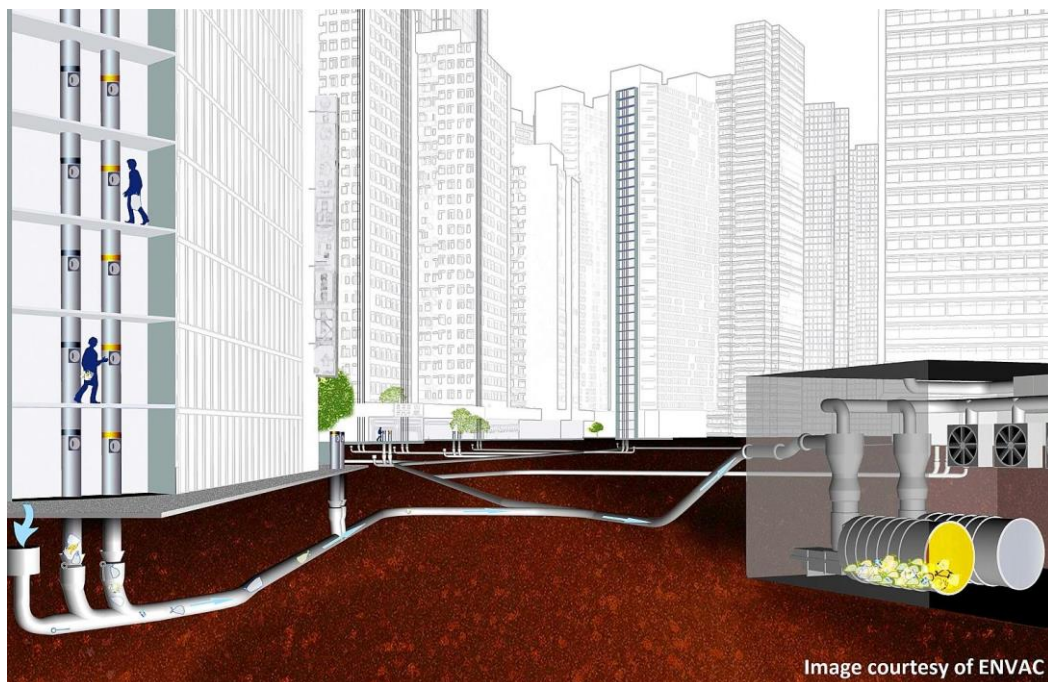
Dvou a vícefázová přeprava se používá zejména při přepravě na delší vzdálenosti. V první fázi je odpad převezen svozovým automobilem do překládací stanice nebo třídírny odpadu. Tady je odpad většinou lisován nebo tříděn a nakládán do velkoobjemových kontejnerů. Dále je přepravován nákladními vozy, případně lodní nebo železniční dopravou do další překládací stanice a odtud opět automobily do místa využití nebo odstranění.

Převahu komunálního odpadu můžeme rozlišit také podle dopravního prostředku.

Doprava lodní a železniční se používá na delší vzdálenosti jako součást vícefázové dopravy. Odpady jsou přepravovány v kontejnerech nebo slisovaných balících.

Na krátké vzdálenosti se stále častěji využívá vzduchových potrubních systémů. Pracují na principu podtlaku a jsou vhodné pro kancelářské budovy, sídliště, nemocnice, letiště, hotely a další. V domech jsou vybudované uzavíratelné shozové šachty, v určitých intervalech se odpady ze šachet vysávají a dopravují potrubím do kontejnerů. Tento

system lze použít i pro tříděný odpad vybudováním více šachet. Potrubní systém je znázorněn na obrázku 3.



Obrázek 3. Vzduchový podtlakový systém pro dopravu odpadu[8]

Nejběžnějším způsobem přepravy odpadu je doprava automobily. Jsou speciálně konstruované pro dopravu komunálního odpadu a můžeme je zařadit do tří skupin:

- svozové odpadkové automobily
- nosiče přepravníků
- přepravní odpadkové automobily

1.3.3.1 Svozové odpadkové automobily

Svozový automobil má nádrž na odpadky, stlačovací zařízení a vyklápěč nádob. Používají se dva způsoby stlačování – rotační a lineární.

Vozidla s rotačním stlačováním mají válcovou nádrž na odpadky, která se otáčí kolem své osy a lopatkami v zadní části nádrže nabírá a zatlačuje odpad dovnitř. Uvnitř nádrže je posouván dvouchodou šroubovicí, přitom dochází k drcení, promíchávání a stlačování odpadu. Vysypávání odpadu probíhá obráceným chodem otáčení nádrže.[4]

Vozidla s lineárním stlačováním mají nádrž obdélníkového průřezu. Přední stěna je posuvná, v zadní části je vyklápěcí a stlačovací zařízení, které nabírá odpad z násypné

vany a následně ho zatlačuje do nádrže proti tlaku přední stěny. Toto vozidlo je zachyceno na obrázku 4.



Obrázek 4. Svozový odpadkový automobil [9]

Oba typy vozidel se liší svými výkonnostními parametry, každé je vhodné pro jiný typ odpadu. Zároveň manipulace s odpadkovými nádobami a svoz zejména v úzkých uličkách, historických centrech a peších zónách bývá složitý. Proto výrobci nabízejí více typů a velikostí svozových automobilů. [4]

1.3.3.2 Nosiče přepravníků

Odvoz kontejneru může probíhat výměnou prázdného kontejneru za naplněný. To se využívá zejména pro velkoobjemový odpad, nebo bioodpad. Druhou variantou je přesypání odpadu do kontejneru na vozidle. K tomu slouží hydraulická ruka, která zvedne nádobu do výšky a obsah nádoby do kontejneru vysype. Tento způsob je používán nejvíce u separovaného odpadu (sklo, papír, aj.) u zvonových nebo podzemních kontejnerů.

Pro odvoz biologicky rozložitelného odpadu je vhodné vozidlo vybavené zařízením pro odvod vody z převáženého odpadu.[4]

1.3.3.3 Přepravní odpadkové automobily

Pro sběr odpadu ze sběrných nádob se používají menší vozidla, která shromažďují odpad ve velkoobjemových kontejnerech. Přepravní odpadkové automobily pak dokážou odvézt současně až 3 kontejnery do míst zpracování nebo odstranění odpadu. Tento systém je používán v zahraničí, např. v řadě měst v Německu a Nizozemsku. Výhodou je oddělení sběru a dopravy odpadu a zvýšení produktivity práce a využití vozidel.[4]

1.3.4 Možnosti odstraňování a využití odpadu

Metody odstraňování odpadu jsou především skládkování a spalování. Skládkování v ČR stále tvoří významnou část odstraňování odpadu, přestože politika EU směřuje k radikálnímu omezení skládkování. Mezi problémy skládkování patří velký zábor půdy, výtoky průsakových vod z tělesa skládky, vznik skládkového plynu, stabilita tělesa skládky, prašnost, úlety materiálu, zápach, koncentrovaný výskyt hlodavců v prostoru skládky atd. Nevýhodou spalování jsou především vysoké investiční náklady na pořízení objektu s výkonným zařízením na čištění spalin.[4]

Možnosti využití vyprodukovaného odpadu můžeme rozdělit následovně:

- Materiálové využití: jakýkoliv způsob využití odpadu, zahrnuje opětovné použití a recyklaci. Příprava k opětovnému použití zahrnuje kontrolu, očištění, případně opravu, která zajistí obnovu funkčnosti.
- Energetické využití odpadu: použití jako palivo k výrobě tepelné nebo elektrické energie.

1.3.4.1 Recyklace

Recyklace je proces, který vede ke zpracování odpadu a jeho dalšímu využití na výrobu nových produktů. Před zpracováním odpadu je potřeba ho nejdříve vytřídit. Odpad z tříděných kontejnerů je svozovou firmou odvážen na dotřídovací linky, obsluha linky odpady dál dotřídí podle materiálového složení nebo podle požadavků konečných zpracovatelů. Takto roztříděné obaly se pak lisují do balíků, nebo drtí, a putují ke zpracovatelům. Vytříděné odpady, které nelze zpracovat, putují na skládku nebo do spalovny. Z odpadu z domácností se třídí zejména papír, plast, kov, sklo a nápojové kartony. Z PET lahví lze recyklací získat např. textilní vlákna, nebo je použít na výrobu nových PET lahví, z fólií vznikají pytle na odpadky, z pevných jednodruhových plastů

květináče nebo přepravky. Z recyklovaného papíru se vyrábí lepenkové krabice, toaletní papír, nebo nový papír. Během recyklace ztrácejí ale vlákna své vlastnosti a lze ho tak recyklovat přibližně 5krát. Na rozdíl od papíru lze sklo a kov recyklovat neomezeně.[10]

1.3.4.2 Spalovna ZEVO Malešice

Příkladem energetického využití odpadu je spalovna v Praze, Malešicích. Význam zkratky ZEVO je Zařízení pro energetické využití odpadu. V tomto zařízení končí 95 % směsného komunálního odpadu vyprodukovaného v Praze a blízkém okolí. Není zde přijímán nebezpečný odpad. Celkem je zde přijato 310 000 tun odpadu za rok. Odpad je využíván k výrobě elektřiny – 60 000 MWh za rok, spalováním vzniká také škvára (75 000 t/rok), kterou lze využít ve stavebnictví.[11]

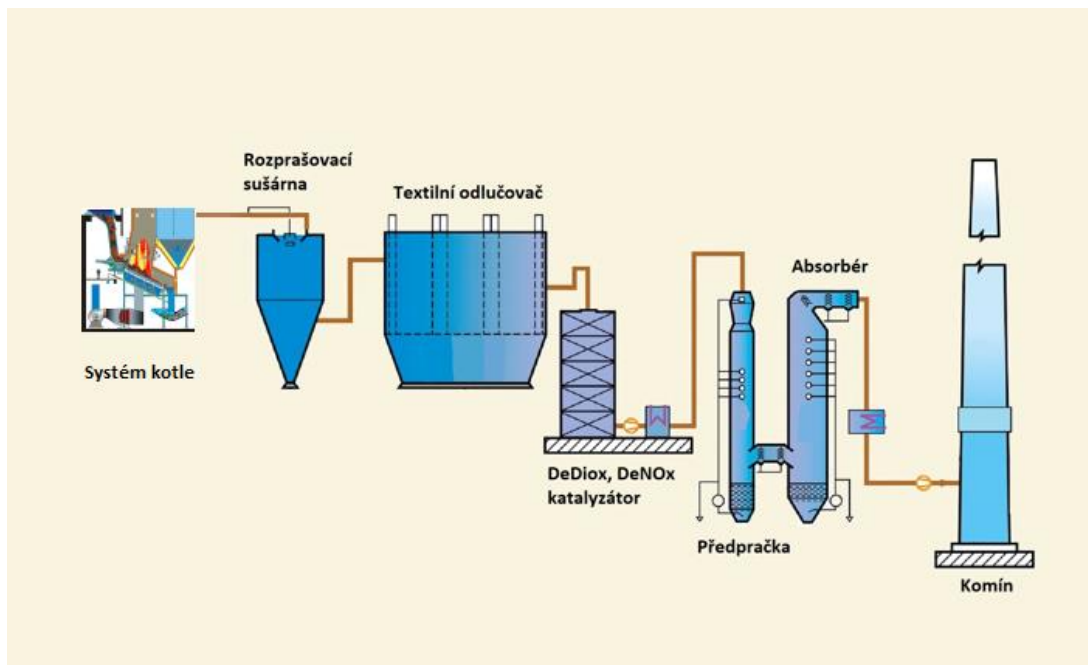
1.3.4.2.1 Princip technologie

Odpad je do spalovny přivážen pomocí svozových aut. Nejprve probíhá kontrola přítomnosti radiace a dvojí kontrola odpadu. Následuje vážení a evidence odpadu. V případě nadměrné velikosti odpadu probíhá jeho stříhání. Další třídění neprobíhá a odpad se shromažďuje v tzv. bunkru, jehož kapacita je cca týdenní produkce odpadu Prahy. Odpad je zde promícháván z důvodu nesusoudného složení a pomocí dvou drapáků přidáván do kotlů. Průměrná hmotnost jedné dávky přidané drapákem do kotle je 2,5 t. Rošt v kotli je nakloněn a pohybuje se, aby byl nový odpad promícháván s žhavými částmi. Odpad se zapaluje plynovými hořáky, dochází k primárnímu i sekundárnímu spalování. Kapacita kotle je 9–15 t odpadu za hodinu. Vznikající tepelná energie je předávána vodě a vzniká pára. Veškerý pevný oddíl zbylý po spalování odpadu - tzv. škvára – je shromažďována, je z ní elektromagneticky separován železný šrot (cca 4% škváry), který je pak využit k recyklaci. Škvára se dále používá např. na stavbu silnic. Dalším produktem spalovny je tzv. popílek, ten se využívá na zasypávání kalových jezírek po těžbě uranu. Spalování probíhá při teplotě 900–1200°C.

Na elektrickou energii je energie obsažená v páře přeměněna přes mechanickou práci na lopatkách turbíny a generátor.

Dále zde dochází k čištění spalin. Nejdříve v tzv. rozprašovací sušárně, jejíž funkcí je zachycení tuhých nečistot unášených spalinami. Dalším stupněm je tkaninový filtr, kde se zachytí až 99,9 % prachových částic. Následuje katalyzátor, kde dochází k odstranění dioxinů furanů a oxidů dusíku z procházejících spalin. Součástí čištění spalin je i mokrá vápenná vypírka (předpračka a absorbér). Zde se odstraňují emise chloru, fluoru, těžkých

kovů a oxidy síry. Komín vysoký 177,5 m se skládá z keramického pouzdra a betonového pláště, probíhá zde nepřetržité měření vyprodukovaných emisí. Spaliny jím proudí rychlostí 10 m/s a jejich teplota na výstupu je 110 °C. Schéma technologie spalování odpadu ZEVO je znázorněné na obrázku 5.[12]

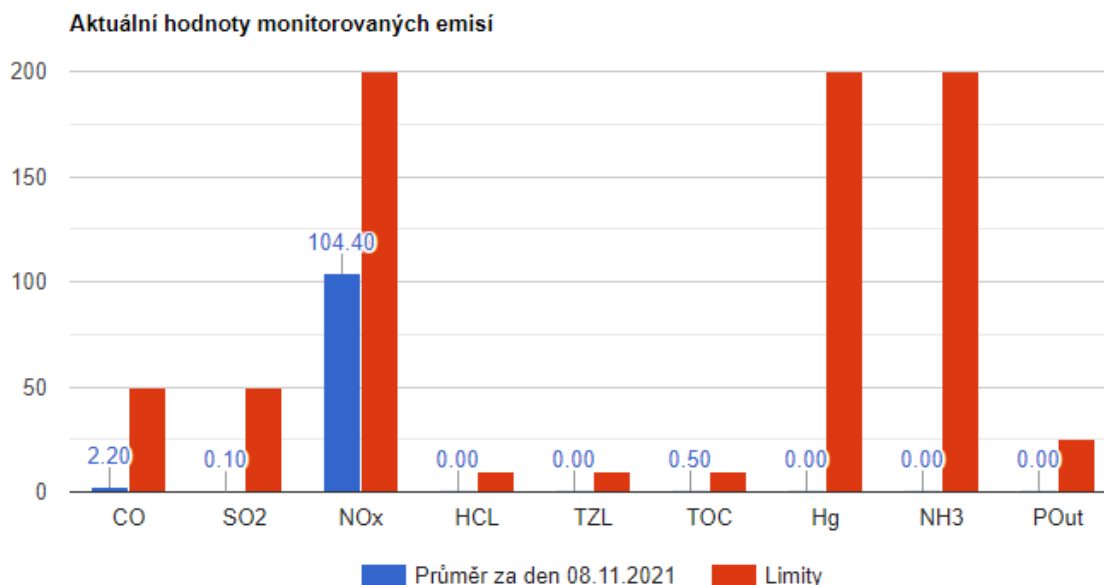


Obrázek 5. Princip technologie ZEVO [12]

1.3.4.2.2 Monitoring emisí

Ze spalin procházejících komínem je každou minutu odebráno 6 vzorků, z kterých se počítá minutový průměr, z těchto je dále počítán denní průměr. Tento údaj je pro veřejnost vizualizován na světelné tabuli u vstupu do spalovny a zároveň zveřejňován na webových stránkách. Výsledky měření jsou také jednou ročně posílány pro kontrolu na Českou inspekci životního prostředí, pražský magistrát a Státní hydrometeorologický ústav. Kromě spalin uvolňovaných do ovzduší jsou monitorovány také vzniklá škvára a popílek. Na grafu 1 jsou zaznamenány hodnoty emisí ze dne 8.11.2021.[13]

Graf 1. Hodnoty monitorovaných emisí ZEVO Malešice [13]



1.3.4.3 Skládkování

Skládka je technické zařízení určené k ukládání určeného druhu odpadu za daných technických a provozních podmínek. Při výstavbě skládky je nutné postupovat podle příslušných zákonů a norem. Na skládky lze ukládat různé druhy odpadů v závislosti na jejím typu – např. komunální odpad, nebezpečný odpad, odpad ze stavebnictví. Nelze na ni ukládat odpady, které mohou způsobit dlouhodobé ekologické problémy a znehodnocovat půdu (např. toxické a hořlavé látky).

Skládky lze rozdělit podle umístění v terénu na podúrovňové (v prohlubních terénu), nadúrovňové, kombinované (základ pod úrovní terénu s převýšením nad jeho úroveň) a podzemní (přirozené nebo uměle vytvořené dutiny pod povrchem země). Dále se dají skládky klasifikovat dle požadavků na jejich výstavbu na 6 tříd. Ty se liší množstvím a skladbou podkladových vrstev. Podle těchto tříd je na skládky možné ukládat nebezpečné odpady.

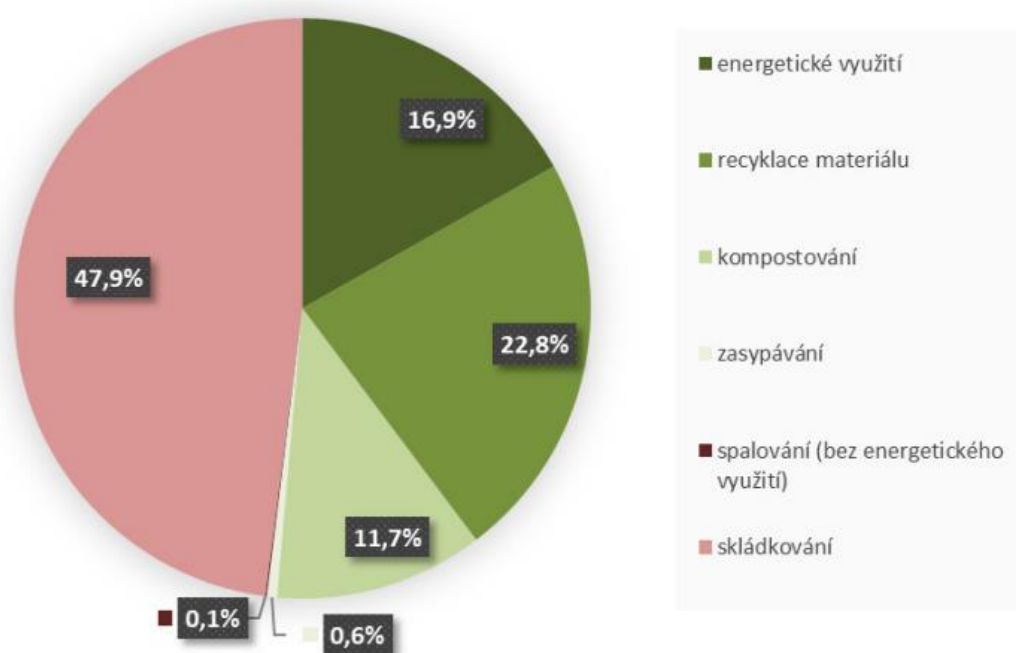
Ke znečištění podzemních a povrchových vod na skládce může dojít splachem přívalového deště nebo průsakem do podloží. Dalším nebezpečím skládek je skládkový plyn. Jeho složení se mění v závislosti na stáří skládky, je v něm obsažen především metan a oxid uhličitý. Množství závisí především na stáří skládky, skladbě odpadu a technologii jeho ukládání. Největší produkce skládkového plynu je po uzavření skládky a trvá 5 až 13 let, jeho produkce v menší míře trvá ale dalších 20 až 30 let.[4]

1.3.4.4 Kompostování

Další možností odstranění odpadu je kompostování, to se ale týká pouze biologicky rozložitelného odpadu, jako je např. kuchyňský odpad nebo odpad ze zahrad. Za přítomnosti mikroorganismů se odpad rozkládá na kompost. K tomu je potřeba správný poměr uhlíku a dusíku, dostatečná vlhkost, vhodná teplota a provzdušnění.

Nakládání s komunálním odpadem v ČR v roce 2019 dle dat Českého statistického úřadu znázorňuje graf č. 2. Největší podíl má skládkování - 47,9 % odpadu, energeticky se využije 16,9 %, recykluje se 22,8 % komunálního odpadu, kompostováno je 11,7 % odpadů.[14]

Graf 2. Nakládání s komunálními odpady v roce 2019 [14]



1.4 Cíle odpadového hospodářství ČR

1.4.1 Plán odpadového hospodářství ČR

Povinnost ČR zpracovat plán nakládání s odpady na jejím území (POH ČR) je stanovena ve Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech. Ministerstvo životního prostředí podle zákona o odpadech zpracovalo POH ČR ve spolupráci s příslušnými orgány veřejné správy a veřejností.

Plán je klíčovým nástrojem pro realizaci dlouhodobé strategie nakládání s odpady pro roky 2015-2024. Jeho hlavním cílem je vzniku odpadu předcházet, dále recyklace a materiálové využití odpadu.[15]

Strategické cíle POH ČR:

- Předcházení vzniku odpadů a snižování měrné produkce odpadů.
- Minimalizace nepříznivých účinků vzniku odpadů a nakládání s nimi na lidské zdraví a životní prostředí.
- Udržitelný rozvoj společnosti a přiblížení se k evropské „recyklační společnosti“.
- Maximální využívání odpadů jako náhrady primárních zdrojů a přechod na oběhové hospodářství.[15]

Na projekty v souladu s POH ČR lze čerpat finanční podporu z dotačního programu EU Operační program Životní prostředí.[16]

O plnění cílů Plánu odpadového hospodářství se po dvou letech zpracovává vyhodnocení. Dle druhé hodnotící zprávy za období 2017–2018 je plán celkově plněn. Nicméně dva ze čtyř strategických cílů jsou „plněny částečně“. Jedním z nich je cíl „*Předcházení vzniku odpadů a snižování měrné produkce odpadů*“. Produkce všech odpadů vzrostla – ostatního i nebezpečného. Produkci komunálního odpadu na jednoho obyvatele se nedaří dostatečně snížit. Celková produkce odpadu ve sledovaném období vzrostla o 9,5 %, jinak o 297 kg/obyvatel. Největší část tvoří odpady stavební a demoliční (v roce 2018 62,7 %), komunální odpad 14,9 %. Produkce odpadu se liší v jednotlivých krajích, v roce 2018 byla nejvyšší produkce na obyvatele v kraji Jihomoravském, HI. m. Praze a Olomouckém.

Druhým strategickým cílem, který je plněn částečně je „*Maximální využívání odpadů jako náhrady primárních zdrojů a přechod na oběhové hospodářství*“. Přestože převažuje materiálové využití odpadu a jeho podíl vzrostl, problémem zůstává vysoká míra

skládkování – v ČR je 46 % komunálního odpadu uloženo na skládky. Cílem na další období je tedy razantně snížit podíl skládkování a zvýšit jeho materiálové a energetické využití. K tomu by měla přispět nová legislativa (např. poplatky za skládkování) a motivovat tak k třídění komunálního odpadu.[15]

Součástí druhé hodnotící zprávy plnění POH ČR je následující doporučení zaměřit se v dalším období na:

- Přípravu a přijetí nové legislativy odpadového hospodářství, která přispěje ke zlepšení nakládání zejména s komunálními odpady.
- Zlepšení nakládání s komunálními odpady, zvýšení jejich materiálového využití.
- Omezování množství ukládaných komunálních odpadů na skládky.
- Předcházení vzniku všech odpadů, zejména komunálních a nebezpečných odpadů.
- Snižování produkce komunálních odpadů.
- Zvýšení materiálového využití nebezpečných odpadů.
- Zvýšení materiálového využití biologicky rozložitelných komunálních odpadů.[15]

1.4.2 Program předcházení vzniku odpadu

Plán odpadového hospodářství zahrnuje také Program předcházení vzniku odpadu. Jeho hlavním cílem je koordinovaným a jednotným přístupem vytvořit podmínky k nižší spotřebě primárních zdrojů a postupnému snižování produkce odpadů.

Díličními cíli pak jsou informační podpora o problematice, včetně zavedení problematiky předcházení vzniku odpadů do školních osnov a osvětových a vzdělávacích aktivit souvisejících s ochranou životního prostředí. Dále vytvoření podmínek a nastavení motivačních prvků pro snižování surovinových a energetických zdrojů ve výrobních odvětvích, podpora nízkoodpadových a inovativních technologií šetřící vstupní suroviny, zajistit vhodné legislativní prostředí pro realizaci Programu předcházení vzniku odpadu, věnovat se odpadům z potravin a snižování produkce komunálního odpadu na úrovni veřejné správy i občanů. [17]

Jednotlivá opatření jsou rozdělena do čtyř bloků:

- Blok 1: Informační podpora, vzdělávání, osvěta (volně přístupná informační základna, příručka pro občany, technické zajištění šíření osvětových programů, vypracování studijních materiálů)

- Blok 2: Regulace a plánování (analýza pro stanovení nových legislativních požadavků s ohledem na vývoj předpisů EU, vypracování studie o možnostech finančních pobídek pro firmy využívající druhotné suroviny)
- Blok 3: Metodická podpora a dobrovolné nástroje (vytvoření metodik pro vyhodnocení Programu předcházení vzniku odpadu, pro hodnocení toku odpadů z potravin, produkce textilu atd., prosazovat zohledňování environmentálních aspektů při zadávání zakázek z veřejných rozpočtů)
- Blok 4: Výzkum, experimentální vývoj a inovace (podpora programů výzkumu, experimentálního vývoje a inovací v oblasti využívání druhotných surovin při výrobních procesech, nízkoodpadových technologií, předcházení vzniku odpadu)[17]

Z druhé hodnotící zprávy vyplývá, že se daří rozvíjet aktivity související s předcházením vzniku odpadu, zejména v oblasti potravin, také se rozšiřují iniciativy zaměřené na opravy výrobků a re-use projekty. Co se naopak nedaří je stabilizace produkce jednotlivých složek komunálního odpadu.

V následujícím období je nutné se dále zaměřit na oblasti osvěty a environmentálního vzdělávání, výchovy dětí a žáků, intenzivnější podporu aktivit v oblasti opětovného použití, opravárenských služeb a aktivit, které vedou k prodloužení životnosti výrobků. Dále je potřeba větší podpora výzkumu a vývoje v rámci inovačních projektů a technologií a především na stabilizaci jednotlivých toků komunálních odpadů. [18]

2 Smart řešení odpadového hospodářství

2.1 Pojem Smart City

Počet obyvatel ve městech stále roste. To znamená i větší nároky na dopravu, energii, vyšší spotřebu vody, produkci odpadu atd. Koncept Smart City má za cíl optimalizovat řízení měst a zlepšit tak kvalitu života jejich obyvatel. Přináší úspory na spotřebách energie, rychlejší a bezpečnější dopravu, zlepšení životního prostředí nebo rychlejší komunikaci s úřady. Oblasti, kterými se koncept Smart City může zabývat, jsou znázorněny na obrázku 6.



Obrázek 6. Smart City [19]

2.1.1 Koncepce Smart Cities

V květnu 2021 vláda schválila Koncept Smart Cities. Ministerstvo pro místní rozvoj chce tímto motivovat a podporovat obce v České republice k SMART řešení problémů, což lze chápat jako používání nových technologických nástrojů a inovativních přístupů. Cílem je vyšší kvalita života, veřejných služeb a dobré podmínky pro život lidí v kterémkoli místě České republiky.[20]

Jednotlivá SMART řešení by měla respektovat 7 principů, na kterých je tato koncepce založena:

- **Princip změny směru:** vytvářet podmínky pro doručování služeb a vykonávání práce a podnikání z domova nebo z místa blízkého bydlišti

- **Princip odolnosti:** odolnost lidí a komunit, lokální ekonomiky, životního prostředí a soudržnosti v území na základě digitalizace a inovativních řešení
- **Princip jednoho řešení s několika efekty:** očekává se řešení, které vyřeší více věcí najednou
- **Princip „krátkých vzdáleností“:** vše co lze zajistit lokálně, je třeba zajistit lokálně
- **Princip spolupráce a finanční udržitelnosti k dosažení efektivity řešení:** spolupráce s partnery v území, využití vícezdrojového financování
- **Princip koheze a komplementarity, horizontálního a vertikálního propojení:** nová řešení na sebe navazují, vedou k vyrovnávání příležitostí, spolupráce a propojení na všech úrovních i všech úrovních veřejné správy je základním předpokladem pro dosažení odolnosti a soudržnosti
- **Princip řešení založený na relevantních informacích a faktech (evidence based) na základě faktů, otevřenosti a sdílení dat, transparentnosti a rovných příležitostech:** generují se data srozumitelná a přístupná pro inovační aplikace a rozvoj životů lidí, komunit, a pro podnikání[20]

2.2 Internet of Things

Internet of Things (IoT) neboli internet věcí je síť fyzických zařízení, které jsou vybaveny senzory, elektronikou a softwarem, které umožňují těmto zařízením připojit se k internetu, komunikovat a vyměňovat si data. Díky tomuto konceptu se mohou síťově propojit nejen chytré telefony, ale i vozidla, domácí spotřebiče, systémy obytných nebo kancelářských domů a umožňuje je tak vzdáleně kontrolovat, monitorovat, vyhodnocovat.

2.3 Používání IoT v odpadovém hospodářství

Správa odpadu je důležitá v souvislosti s řízením města i kvalitou života v něm, a také z finančního a environmentálního hlediska. IoT nám může pomoci správu a svoz odpadu časově i finančně zefektivnit a zmírnit tak ekologickou i dopravní zátěž.

Pro monitorování odpadu jsou vhodné ultrazvukové senzory. Dají se použít pro všechny typy odpadu i velikosti kontejneru. Senzory jsou voděodolné, narázuvzdorné a jejich spolehlivost se nesnižuje v závislosti na okolním prostředí ani teplotních podmínkách. Data se následně přenášejí a pomocí aplikace je lze zobrazit a vyhodnotit v reálném čase. Ultrazvukové odpadové senzory jsou vidět na obrázku 7.[21]

Ultrazvukové senzory snímají naplněnost popelnice. Na základě naměřených dat lze optimalizovat svoz a plánovat trasy. Tím lze snížit provozní náklady a zároveň snížit emise.

Díky této technologii lze zároveň potvrdit, zda byl kontejner vysypán a ověřit tak, zda svozová firma plní smluvní závazky.[21]



Obrázek 7.Odpadové senzory [21]

Součástí IoT je zároveň software, který dokáže data vyhodnotit a zpracovat.

Vedle ultrazvukových senzorů existuje také možnost záznamu naplněnosti odpadové nádoby pomocí aplikace. Na nádoby se umístí na samolepce například QR kód a lidé vyhazující odpad mohou prostřednictvím tohoto kódu a aplikace ručně zadat stav, z kolika procent je nádoba naplněna. Pomocí těchto kódů lze také evidovat výsypy.

K monitoringu odpadu se využívají také váhy, a to umístěné buď přímo v odpadové nádobě nebo ve svozovém vozidle.

Monitoring odpadů může poskytnout řadu informací (dle vybrané technologie sběru dat) např.:

- počet výsypů
- hmotnost odpadu v nádobě
- aktuální stav naplněnosti
- zjištění polohy/poškození/převrácení nádoby

Analýzou těchto dat lze zlepšit systém nakládání s odpady. Například pomocí optimalizace svozových tras, počtu odpadových nádob, četnosti svozů, lepších instrukcí pro obsluhu – hlášení poškození nádoby, lokalizace nádoby.

2.4 Situace ve vybraných místech

2.4.1 Praha, Česká republika

Koncepce Smart Prague 2030 vznikla v reakci na celosvětový koncept Smart Cities a má za úkol proměnit město v příjemnější místo pro život za použití moderních technologií. Vznikla na základě dlouhodobých priorit města stanovených zejména jeho Strategickým plánem a sledováním světových trendů v technologickém vývoji. Je zde definováno šest klíčových oblastí:

- Mobilita budoucnosti
- Chytré budovy a energie
- Bezodpadové město
- Atraktivní turistika
- Lidé a městské prostředí
- Datová oblast[22]

Většina projektů je zaváděna nejprve v pilotním režimu provozu, kdy je projekt otestován a teprve po vyhodnocení přínosů zaveden do rutinního provozu. Snižuje se tak riziko zmařených investic.[22]

V rámci koncepce Smart Prague běží aktuálně dva programy týkající se odpadu:

2.4.1.1 Chytrý svoz odpadu

Cílem tohoto pilotního projektu bylo vytvoření nástroje pro kontrolu stavu a naplněnosti nádob na separovaný odpad (papír, plast, sklo barevné, sklo čiré, nápojové kartóny, kovové obaly).

K tomu se využívají ultrazvukové IoT senzory. Jsou instalované především v podzemích sběrných nádobách a nádobách se spodním výsypem. Informace o zaplněnosti a výtěžnosti nádob jsou dostupné zaměstnancům města a městským částem, příslušným svozovým firmám a občanům v aplikaci Moje Praha.[23]

Díky informacím ze senzorů je možné zajistit optimální svoz odpadu zejména z podzemních kontejnerů. Přínosem je pak snížení nákladů na svoz odpadu, snížení zátěže na životní prostředí, zvýšení komfortu na silnicích. Svozy jsou uskutečňovány na základě pevného harmonogramu, který je průběžně aktualizován (1 - 2x do roka) v závislosti na požadavcích města a městských částí. Aktuálně tedy není možné realizovat dynamický svoz na základě aktuální zaplněnosti, ale lze optimalizovat harmonogram četnosti svozů.

Během pilotního provozu bylo nainstalováno 424 senzorů (380 ks v podzemních, 44 ks v nadzemních nádobách), technologie v rámci pilotního provozu přinesla očekávané přínosy a od července 2020 došlo k zahájení rutinního provozu projektu a postupnému rozšiřování senzorů do dalších sběrných nádob. Do konce roku 2022 by měly být senzory nainstalovány až do šesti tisíc kontejnerů. Město tak může ušetřit až 1200 Kč na jeden kontejner. [23]

Dle hodnotící zprávy bylo prokázáno, že pomocí senzorů lze identifikovat problematické nádoby (100 % zaplněné, nebo naopak zaplněné při svozu z méně než 80 %) a následně optimalizovat frekvenci svozů, aby lépe odpovídala vytíženosti nádob. Vlivem přeplnění dochází k hromadění odpadu okolo nádob, poté je potřeba dodatečný úklid. Toto se týká především nádob na sklo a papír, naopak u nádob na nápojové kartony, kov a sklo je často možné frekvenci svozu snížit.

V rámci projektu byla vyvinuta aplikace uzpůsobená požadavkům pracovníků městských částí. Zobrazuje stanoviště na separovaný odpad vybavená senzory. U nádob lze zobrazit historii vytíženosti, dále je možno získat reporty k sledovaným nádobám o 100% zaplněnosti, zaplněnosti v době svozu nebo nádobách vyvážených pod hranicí zaplněnosti a další.

Zároveň jsou data integrována do aplikace Moje Praha a jsou tak dostupná občanům. Občan má tedy možnost najít nejbližší stanoviště, typ komodity, kterou lze separovat, frekvenci svozu, informaci co do nádoby patří/nepatří a u nádob se senzorem je zobrazena i poslední známá hladina zaplněnosti.

[23]

2.4.1.2 Kompresní koše

Kompresní koše jsou určeny na směsný odpad. Jsou vybaveny fotovoltaickým panelem a zabudovaným lisem. Ten stlačuje odpad v případě zaplnění nádoby. Zároveň je koš

online a poskytuje informace o aktuální naplněnosti, na základě těchto dat dochází k optimalizaci svozových tras. Do takto upravených nádob se vejde až 8x více odpadu. [24]



Obrázek 8. Kompresní koš v Praze [24]

Mezi přínosy tohoto projektu lze zařadit:

- Maximální využití vnitřního prostoru koše
- Pořádek ve městě
- Optimalizace nákladů na svoz odpadu
- Snížení zátěže na životní prostředí
- Sběr dat pro další použití a optimalizaci veřejného prostoru[24]

Během pilotního projektu bylo na území Prahy 1 a 2 umístěno 30 kompresních košů. Dle závěrečné zprávy byla efektivita vyčíslena na 95 % uspořené svozů běžných košů za období 6 měsíců, úspora nákladů byla za stejné období 834 653,- Kč bez DPH.

Tento systém byl na základě pilotního provozu doporučen a nyní probíhá příprava na rutinní provoz.[24]

2.4.2 Nitra, Slovensko

Ve slovenském městě Nitra se společnost Nitrianske komunálne služby rozhodla využít potenciál narůstajícího počtu polopodzemních kontejnerů pomocí instalace ultrazvukových senzorů. Cílem bylo efektivnější řízení odpadu, snížení nákladů na svoz, nevyvážení prázdných kontejnerů a snížení environmentálního dopadu svozových služeb.[25]

V roce 2015 bylo do kontejnerů nainstalováno 130 ultrazvukových IoT senzorů na monitorování odpadu. V roce 2016 a 2017 byl projekt rozšířen a v současnosti je monitorováno 180 kontejnerů na sklo a 302 polopodzemních kontejnerů.

Data jsou uchovávána a analyzována pomocí Smart waste management systému, který poskytuje přehled o naplněnosti a také umožňuje optimalizaci svozových tras a prognózu vývoje.

Díky tomuto systému byl snížen počet svozových tras, což představuje snížení nákladů na pohonné hmoty, opotřebení vozidel a náklady na zaměstnance. Dle ředitele společnosti došlo k úspoře 30 % nákladů souvisejících se svozem odpadu. Vozidla jezdí jen k nádobám, které skutečně potřebují vývoz, je tedy i menší provoz a společnost tak snižuje dopad svých služeb na životní prostředí. [25]

Na grafu 3 je znázorněno snížení nákladů (zeleně) s nárůstem počtu nainstalovaných senzorů (modře).

Graf 3. Počet senzorů a náklady na svoz odpadu[25]



2.4.3 Irsko

Společnost Clean Ireland provozující svozové služby pronajímá zákazníkům dvě popelnice lišící se barvou víka a jednu přepravku na sklo. Do popelnice se zeleným víkem patří komunální odpad. Do popelnice s modrým víkem patří recyklovatelný, tzv. suchý odpad.

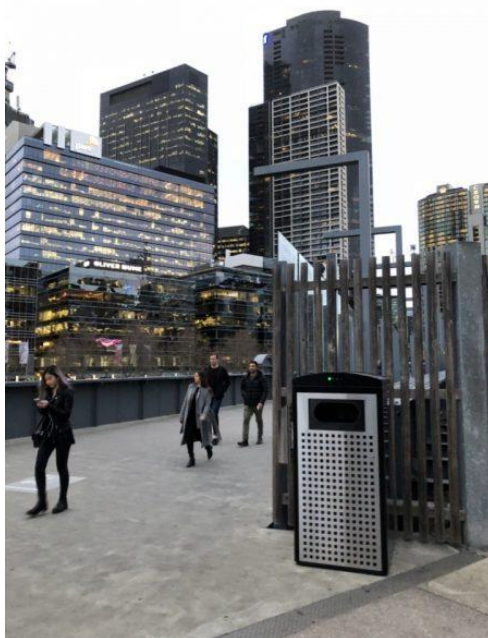
Popelnice na sklo a „suchý“ odpad nejsou zpoplatněné. Vyprodukovaný směsný odpad se váží v popelářském autě, které má zabudovanou váhu. Hodnota je dle čárového kódu připsána na účet občana, který odpad vyprodukoval. Popelnice s modrým víkem bývají kontrolovány, aby neobsahovaly směsný odpad a nedocházelo tedy k podvádění.

Tímto způsobem je vytvářen tlak na veřejnost, aby co nejvíce třídila odpadky. [4]

2.4.4 Melbourne, Austrálie

V australském Melbourne bylo v roce 2018 instalováno 397 nádob CleanCUBE společnosti Ecube Labs. Ty jsou vybaveny solárním panelem, monitorují hladinu naplněnosti a odpad v nádobě je stlačován. Pro dostatečnou bezpečnost je u otvoru do nádoby detektor a pokud někdo vloží ruku do nádoby, je stlačování okamžitě přerušeno. Nádoba má také detektor požáru s poskytuje informace o naplněnosti, historii vývozů atd. Je nabízena v několika variantách na různé druhy odpadu a v různých velikostech.

Měsíční frekvence vývozů klesla po zavedení těchto odpadových nádob z původního vývozu každých 6 hodin na jeden vývoz za 7 dní. Zároveň klesl počet případů, kdy byly nádoby přeplněné a město je tak čistší. [26]



Obrázek 9. Smart odpadové nádoby v Melbourne [26]

2.4.5 Dubaj, Spojené arabské emiráty

V Dubaji bylo v roce 2018 instalováno 169 senzorů pro recyklační centra, kde monitorují 12 druhů komodit. Cílem bylo získat data o naplněnosti v reálném čase, využití dat k řízení svozových tras a zhodnocení efektivnosti. Byly použity senzory společnosti Sensoneo.

Senzory v tomto případě pracují v tzv. Master-Slave režimu, kdy v jednom recyklačním centru je jeden Master senzor a další Slave senzory. Master neboli hlavní senzor sbírá data od Slave senzorů. Až v okamžiku, kdy má všechna data, odesílá je všechny najednou. Sběr dat tak probíhá efektivněji.

Díky tomuto řešení má odpadová společnost kontrolu nad kvalitou svých služeb a recyklační centra zůstávají čistá a nepřeplněná. Zároveň bylo umožněno efektivnější plánování a odpadové nádoby se nevyvážením nenaplněné. [27]

3 Analýza současného stavu v bytovém domě

Předmětem této práce je návrh smart odpadového hospodářství pro bytový dům s 36 bytovými jednotkami. Cílem je umožnit sběr informací o množství vyprodukovaného směsného odpadu, na základě kterého bude prováděno rozúčtování za svoz odpadu mezi jednotlivé domácnosti. Tento systém bude spravedlivý a zároveň bude motivovat k pečlivějšímu třídění odpadu.

3.1 Současný stav

Odpadové nádoby na směsný odpad pro bytový dům s 36 bytovými jednotkami se nacházejí přímo v domě v prostorách garáže v oddělené místnosti. Do místnosti jsou dvoje dveře – jedny vedou z garáží a jsou využívány obyvateli domu, druhé dveře, vedoucí ven, jsou určeny pro vstup pracovníků svozové firmy. Oboje dveře jsou uzamykatelné na klíč.

Odpadových nádob je zde umístěno celkem 7, každá má objem 240 l. Jsou určeny na směsný odpad a jejich vývoz se uskutečňuje dvakrát týdně, a to v pondělí a ve čtvrtek.

Nádoby na tříděný odpad a bioodpad se nacházejí v ulici cca 200 m od domu a jsou společné pro několik domů.

3.2 Náklady na svoz

V současné době jsou náklady na za odvoz a likvidaci odpadu rozúčtovány podle velikosti vlastnického podílu. Takové rozúčtování nákladů za odvoz a likvidaci odpadu ale nedokáže reflektovat skutečnou produkci odpadu dané domácnosti. V projektu pro tento dům jsou bytové jednotky různých velikostí. V žádném případě ale nelze konstatovat, že by menší byty obývalo méně lidí než větší byty. Například v jednom z větších bytů o ploše 135 m² žije manželský pár v důchodovém věku, který platí za tuto službu částku 2 677 Kč. Pro mladé manžele se třemi dětmi ve věku 1-7 let v bytě o rozloze 70 m² jsou náklady na svoz odpadu 1 151 Kč (údaje z vyúčtování služeb za rok 2020).

Dalším obvyklým a velmi častým způsobem rozúčtování nákladů za odpad je metoda podílu podle skutečného počtu obyvatel. V tomto případě jsme narazili na problém, že v poměrně velkém množství bytů nebylo možné počet lidí, kteří jednotku obývají, určit.

Jedná se o byty, kde se počty lidí často mění, například o apartmány pronajímané prostřednictvím ubytovacích portálů krátkodobě nebo i dlouhodobě, ale také o byty, kde se majitelé zdržují často v zahraničí nebo mají střídavou péči o děti. Ani k tomuto způsobu rozúčtování se proto společenství vlastníků nepřiklonilo.

Dále se nabízí rozúčtování nákladů za odpad podle počtu jednotek v domě. To znamená, že se na nákladech za odvoz odpadu podílejí vlastníci jednotlivých bytů stejnou měrou (rovným dílem). I tímto způsobem rozúčtování by se někteří členové společenství cítili znevýhodněni.

Ani jeden ze způsobů neodráží skutečnou produkci odpadu jednotlivých domácností. Proto žádný z výše uvedených způsobů vyúčtování není ideální a spravedlivý pro všechny.

Náklady na odpad navíc rostou – v roce 2019 byly celkové náklady 45 986 Kč, v roce 2020 57 646 Kč.

3.3 Efektivita svozu

Po dobu 30 dní byl zaznamenávám stav naplněnosti všech popelnic, viz následující tabulka. Kontrola stavu probíhala vždy ve večerních hodinách. Dny, kdy byly popelnice vyvezeny jsou označeny zeleně. Vývoz probíhá dopoledne.

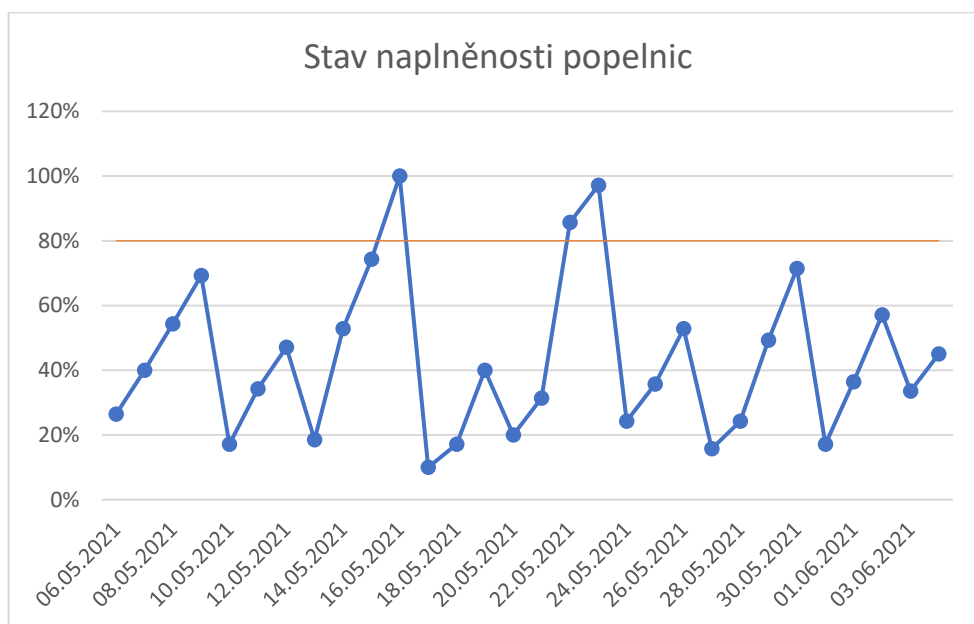
Tabulka 2. Naplněnost popelnic

datum	den v týdnu	naplněnost						
		1	2	3	4	5	6	7
06.05.2021	čtvrtek	100%	50%	5%	0%	10%	0%	20%
07.05.2021	pátek	100%	80%	20%	0%	10%	10%	60%
08.05.2021	sobota	100%	100%	50%	0%	10%	20%	100%
09.05.2021	neděle	100%	100%	100%	0%	20%	65%	100%
10.05.2021	pondělí	60%	30%	10%	0%	0%	10%	10%
11.05.2021	úterý	100%	50%	60%	0%	0%	10%	20%
12.05.2021	středa	100%	100%	60%	0%	20%	30%	20%
13.05.2021	čtvrtek	20%	40%	0%	60%	0%	0%	10%

14.05.2021	pátek	50%	70%	0%	60%	80%	50%	60%
15.05.2021	sobota	100%	80%	50%	80%	80%	50%	80%
16.05.2021	neděle	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
17.05.2021	pondělí	10%	50%	0%	0%	0%	0%	10%
18.05.2021	úterý	20%	60%	5%	0%	20%	0%	15%
19.05.2021	středa	100%	100%	20%	0%	20%	0%	40%
20.05.2021	čtvrtek	50%	0%	0%	10%	45%	5%	30%
21.05.2021	pátek	70%	20%	10%	25%	60%	5%	30%
22.05.2021	sobota	90%	90%	60%	90%	100%	100%	70%
23.05.2021	neděle	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%
24.05.2021	pondělí	0%	90%	0%	0%	0%	10%	70%
25.05.2021	úterý	20%	70%	10%	10%	20%	50%	70%
26.05.2021	středa	60%	20%	40%	40%	60%	70%	80%
27.05.2021	čtvrtek	30%	20%	10%	0%	0%	0%	50%
28.05.2021	pátek	50%	30%	10%	0%	0%	0%	80%
29.05.2021	sobota	95%	100%	15%	20%	20%	15%	80%
30.05.2021	neděle	100%	100%	50%	100%	20%	30%	100%
31.05.2021	pondělí	30%	0%	10%	30%	0%	50%	0%
01.06.2021	úterý	40%	30%	30%	30%	25%	80%	20%
02.06.2021	středa	65%	30%	30%	30%	70%	80%	95%
03.06.2021	čtvrtek	20%	30%	10%	50%	100%	25%	0%
04.06.2021	pátek	10%	90%	5%	60%	100%	35%	15%

V grafu 4 je znázorněn stav naplněnosti všech popelnic dohromady.

Graf 4. Stav naplněnosti popelnic



Efektivita svozů znamená procento zaplněnosti nádoby v době svozu. V tabulce 3 jsou uvedeny průměrné hodnoty naplněnosti všech nádob před svozem:

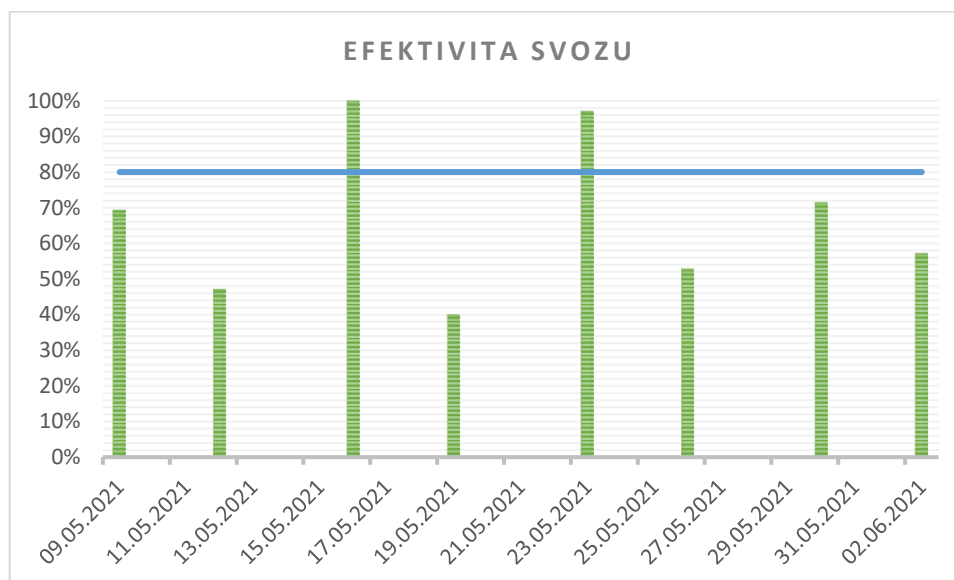
Tabulka 3. Naplněnost popelnic v době svozu

datum	naplněnost
09.05.2021	69%
12.05.2021	47%
16.05.2021	100%
19.05.2021	40%
23.05.2021	97%
26.05.2021	53%
30.05.2021	71%
02.06.2021	57%

Průměrně jsou odpadové nádoby před svozem naplněny z 67 %.

Naplněnost nádob v době svozu je znázorněna v grafu 5 zeleně. Modrou barvou je vyznačena 80 % naplněnost. Tato naplněnost byla pro účely této diplomové práce stanovena jako vhodná pro vývoz popelnic.

Graf 5. Efektivita svozu



80 % naplněnosti přesáhly jen dvakrát. Stalo se tak o dvou po sobě jdoucích víkendech v době, kdy se majitelé jedné bytové jednotky stěhovali pryč, a odpadové nádoby byly naplněné zejména objemným odpadem, který do směsného odpadu nepatří (tiskárna). Další objemný odpad (matrace, klec) se nacházel i jinde v místnosti mimo odpadové nádoby. Tato situace je tedy mimořádná a zkresluje výsledky. Za běžných podmínek se zaplněnost v době svozu pohybovala okolo 50 % - 60 %.

I těmito situacím, kdy jsou odpadové nádoby používány nesprávně, by mělo monitorování odpadu předcházet.

Procentuální podíl svozů, které proběhly pod zaplněností 80 % je 75 %.

3.4 Shrnutí

Prvním problémem je neshoda vlastníků ohledně způsobu rozúčtování za svoz odpadu. Žádný z možných způsobů nevyhovuje všem a neodpovídá reálné produkci odpadu. Někteří vlastníci se cítí znevýhodnění.

Druhým problémem je neefektivní svoz odpadu – ve většině případů jsou popelnice vyváženy nenaplněné ani z 80 %. Nabízí se úprava počtu odpadových nádob nebo změna četnosti svozu, ale k takovému rozhodnutí jsou získaná data o stavu naplněnosti nedostačující. Byly by potřeba údaje minimálně za jeden rok, protože produkce odpadů je závislá na sezóně.

Třetí nedostatek je, že obyvatelé domu využívají popelnice na odpad, který do směsného odpadu nepatří, např. objemný odpad, elektro, kartony a další. Některé tyto případy jsou zachyceny na obrázku 10 a 11.



Obrázek 10. Popelnice na směsný odpad s tiskárnou



Obrázek 11. Popelnice na směsný odpad naplněná kartony

4 Návrh řešení

Návrhem řešení je monitorování vyprodukovaného odpadu jednotlivými bytovými jednotkami prostřednictvím chytrých popelnic.

Hlavní cíl:

- rozúčtování nákladů na odvoz odpadu podle skutečného podílu uživatelů bytových jednotek na jeho produkci

Vedlejší cíle:

- přehled uživatelů o skutečných nákladech vlastní domácnosti
- motivace k důkladnějšímu třídění odpadu
- zjištění, zda je nastavená frekvence svozu optimální
- ušetření nákladů na svoz (v budoucnu – nutné zavedení služby dynamického svozu ze strany svozových společností; nebo optimalizace svozového harmonogramu dle získaných dat)
- možnost kontroly skutečně realizovaných svozů oproti harmonogramu

Popelnice na směsný odpad se nacházejí v oddělené místnosti v prostorách podzemní garáže. Vstup je na klíč. Klíč by byl nahrazen čipem, ve kterém bude informace o tom, ke které bytové jednotce patří. Popelnic je celkem sedm, v každé z nich bude umístěn ultrazvukový senzor, který měří úroveň naplněnosti popelnice. Data ze senzorů v popelnici budou měřena každých 5 vteřin a odesílána na server. Uložení proběhne pouze v případě zaznamenání odlišné hodnoty od hodnoty předchozí.

Při příchodu do místnosti bude nutné přiložit čip ke čtečce, tím se odemkne zámek dveří a zároveň se zaznamená ID daného uživatele. Při odchodu z místnosti bude nutné opět přiložit čip ke čtečce, přestane se tak zaznamenávat vhozené množství na účet daného uživatele. Pokud by uživatel podruhé čip nepřiložil, uzavře se jeho „okno“ při příchodu a přiložení čipu následujícího uživatele. Zapomenutí načtení čipu při odchodu by se dalo zabránit uzamčením dveří i ze strany ven z místnosti, takové řešení by ale nebylo v souladu s bezpečnostními protipožárními předpisy.

Tímto způsobem bude zajištěno, že budou k dispozici aktuální informace o stavu naplněnosti popelnic. Zároveň se při správném používání (načtení čipu při příchodu i odchodu) zabrání tomu, aby byl odpad načten na účet uživatele při vstupu neoprávněné osoby do prostoru.

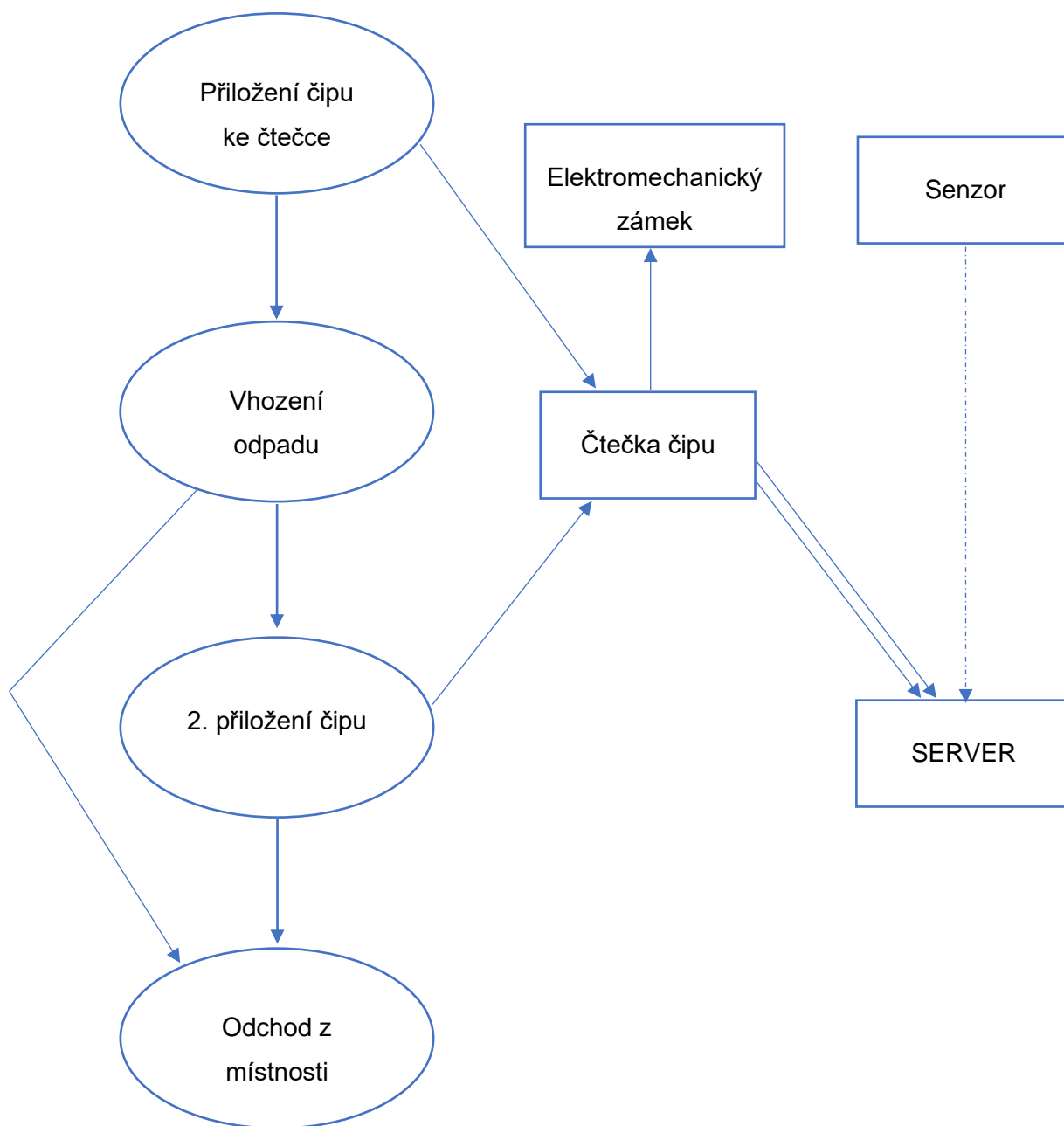
Pracovníci svozové služby mají svůj klíč, který by byl také nahrazen čipem. Dojde tedy i k zaznamenání jejich vstupu těsně před svozem.

Množství vyprodukovaného odpadu pro danou domácnost bude tedy výsledkem rozdílu mezi dvěma naměřenými hodnotami a tato hodnota bude přiřazena k danému uživateli dle ID na čipu. Získaná data se zpracují a vyhodnotí se množství vyprodukovaného odpadu pro každou domácnost. Tyto informace budou poskytnuty účetní správcovské firmě daného bytového domu. Data budou uložena po dobu jednoho zúčtovacího období za svoz popelnic.

Další možností zjištění množství vyprodukovaného odpadu je odpad vážit (např. po vzoru Irska, viz kapitola 2.4.3). Nedostatkem tohoto způsobu je, že by se nedalo určit, kdy je popelnice plná. Zároveň by lidé nebyli motivováni k třídění kartonů a plastů. Tento odpad má poměrně malou váhu, zabere ale hodně místa.

Na grafu 6 je graficky znázorněno navrhované řešení.

Graf 6. Znáornění navrhovaného řešení



4.1 Aplikace

Uživatelům bude k dispozici webová aplikace, která umožňuje prohlížet požadované informace získané ze senzorů.

Bude možné zobrazit také reporty k monitorovaným nádobám, např.:

- křivka vytíženosti nádob
- efektivita svozů – zaplněnost nádob v čase svozu
- efektivita svozů – svozy pod hranicí zaplněnosti (zobrazuje procentuální podíl svozů, které proběhly pod nastavenou úrovní hranice naplněnosti 80 %)
- plné nádoby (zobrazuje, v jakém období byla nádoba naplněna ze 100 %)
- kontrola vývozu (zobrazí dobu, kdy byly nádoby vyvezené – prázdné)

4.2 Senzory Sensoneo

Pro monitorování hladiny naplněnosti byly zvoleny senzory od společnosti Sensoneo. Jedná se o slovenskou společnost, která se zabývá vývojem a výrobou senzorů i potřebným softwarem.

Ultrazvukové senzory jsou odolné vůči nárazům, vodě i teplotě. Dokážou velmi přesně monitorovat odpad ve vzdálenosti od 15 do 400 cm. Lze je připojit do sítí IoT Sigfox, LoRaWAN, NB-IOT, Cat-M nebo GPRS. Jsou vybavené vyměnitelnou baterií, která vydrží až několik let. Lze je použít na všechny druhy odpadu v kontejnerech různých typů a velikostí.

Senzory mohou být vybaveny i doplňkovými funkcemi jako: měření teploty, požární alarm, GPS pozice, hlášení převrácení.

Cena senzoru se dle informace poskytnuté společností Sensoneo pohybuje okolo 2 500 Kč.

V nabídce jsou dva typy senzorů – SIGLE a QUATRO. Parametry, kterými se liší jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 4. Parametry senzorů společnosti Sensoneo [21]

	SINGLE	QUATRO
Technologie měření	ultrazvuk	ultrazvuk
Min. a max. vzdálenost měření	3–170 cm	15–400 cm
Informace	Procentuální naplněnost nádoby	Procentuální naplněnost
Přenos dat	Sigfox / LoRaWAN / NB-IoT	Sigfox / LoRaWAN / NB-IoT / GPRS
Napájení	Vyměnitelná baterie	Vyměnitelná baterie
Životnost	7–10 let	7–10 let
Požární alarm	ano	ano
Nastavení senzoru	Mobilní aplikace přes Bluetooth	Mobilní aplikace přes Bluetooth
Rozměry senzoru	50 mm/120 mm/54 mm	68 mm/200 mm/85 mm

4.3 Možná rozšíření

System chytrých popelnic by se dal v budoucnosti rozšířit a propojit se s poskytovateli svozových služeb, kteří díky této informaci můžou optimalizovat vývoz popelnic.

Trasa pro svoz bude pokaždé jiná podle aktuálního stavu popelnic. System by byl monitorován nepřetržitě, čímž by se maximálně uspořily svozové náklady, čas i dopady na životní prostředí. Dražší by v tomto případě byly náklady na vyspělejší technologii, případně na zaměstnance, který by data průběžně vyhodnocoval.

Další variantou je využít data o naplněnosti (efektivita svozu) získaná ze senzorů v určitém sledovaném období a přizpůsobit plánování svozu v delším horizontu, jak často a ve kterých dnech bude svoz probíhat, případně upravit počet popelnic.

Ideální rozšíření technologie by nastalo vypracováním řešení popelnic s možností stlačování odpadu v samotných nádobách ještě před svozem. Lisem by bylo možné automatické stlačení obsahu. Společně s technologií monitorování stavu by takové řešení dosáhlo maximální efektivity.

5 Zhodnocení navrhovaného řešení

5.1 Náklady

Na pořízení a uvedení navrhovaného systému do provozu bude potřeba nakoupit sedm ultrazvukových senzorů – jeden do každé odpadové nádoby. Jeho cenu jsem uvedla dle nabídky firmy Sensoneo. Další položky jsou baterie do senzorů, čtečka čipů, čipy, elektromechanický dveřní zámek a modem. Náklady na jejich pořízení jsem odhadla podle běžných cen dostupných na internetu. Čipů bude potřeba přibližně 110 ks – tj. cca 3 ks na jednu domácnost. Také je nutné počítat s náklady na vytvoření softwaru, připojení k internetu a instalaci. Náklady na všechny položky jsou vyčísleny v tabulce 6.

Tabulka 5. Náklady na pořízení systému monitorování odpadu

Položka	Počet	Cena
Ultrazvukový senzor	7 ks	2 500 Kč
Baterie	7 ks	100 Kč
Čtečka čipu	1 ks	1 000 Kč
Čipy	110 ks	36 Kč
Elektromechanický zámek	1 ks	1 000 Kč
Modem	1 ks	1 000 Kč
Instalace senzorů a zámku	-	6 000 Kč
Vytvoření softwaru a databáze	-	200 000 Kč
Konfigurace	-	10 000 Kč

Celkové náklady činí 241 160 Kč. V několika následujících letech provozu by neměly vzniknout žádné další náklady kromě poplatků za internetové připojení – cca 300 Kč měsíčně, tedy 3 600 Kč za rok.

5.2 Úspory

Použití navrhovaného systému nepřinese domácnostem okamžité úspory. K tomu by mohlo dojít až v případě, že by se díky nasbíraným datům zjistila potřeba menšího množství odpadových nádob nebo méně častého svozu. K tomu by mohlo dojít i díky větší motivaci domácností třídít a produkovat méně odpadu. V oblastech se zavedenou evidencí výskyt směsného odpadu klesá o 20–30 %.

Sazba poplatku za směsný komunální odpad, svoz 2x týdně, objem nádoby 240 l je 762 Kč. Pokud by dle vyhodnocení naměřených dat bylo vhodné umístit o jednu nádobu méně, úspora by byla 9 144 Kč za rok, při zmenšení počtu o dvě nádoby 18 288 Kč.[28]

K dalším významnějším úsporám by došlo v případě zavedení služby dynamického svozu svozovými společnostmi. To zejména pokud by k tomuto řešení přistoupil větší počet bytových domů. Příkladem může být hl. m. Praha, které má v plánu zavést tisíce senzorů do podzemních kontejnerů na tříděný odpad, úspora by mohla dosáhnout až 1 200 Kč na jeden kontejner. [29]

5.3 Analýza

Pro analýzu současného i navrhovaného řešení byla použita analýza SWOT. SWOT je zkratka z anglického Strengths – silné stránky, Weaknesses – slabé stránky, Opportunities – příležitosti a Threats – hrozby a byla vyvinuta Albertem Humphreyem ze Stanfordovy univerzity. Je jednou z metod strategické analýzy, spočívá v rozboru stavu zkoumané organizace. Je používána především pro plánování činnosti. Při jejím použití se identifikují silné a slabé stránky (tj. vnitřní faktory) a příležitosti a hrozby (tj. vnější faktory). Pro jejich určení se využívá např. metoda brainstorming. K určení vnějších faktorů je v této práci využita analýza PESTLE.

5.3.1 PESTLE analýza

Pro identifikaci vnějších faktorů byla použita PESTLE analýza, která se zabývá těmito faktory:

- politické
- ekonomické
- sociální
- technologické
- právní (legal)
- environmentální

5.3.1.1 Politické faktory

Evropská unie svými politickými opatřeními chrání životní prostředí a snaží se minimalizovat rizika, která mohou ohrozit naše klima, zdraví obyvatel a biologickou rozmanitost. 11. prosince 2019 byla představena Zelená dohoda, která stanovuje cíle v oblasti klimatu. Cílem Zelené dohody je učinit Evropu prvním klimaticky neutrálním světadílem do roku 2050 skrze transformaci na udržitelnější ekonomiku. K tomu se zavázalo všech 27 členských států. Předložené návrhy se zabývají hospodářstvím, dopravou, energetikou, zemědělstvím, průmyslem, výzkumem a inovacemi. Dohoda plánuje ekologizaci zemědělství, ochranu biodiverzity, snížení znečištění přírody, efektivnější nakládání s odpady, přechod na obnovitelné zdroje atd. [30, 31]

Dalším důležitým mezinárodním dokumentem týkajícím se odpadu je tzv. Basilejská úmluva o kontrole pohybu nebezpečných odpadů přes hranice států a jejich zneškodňování, která vstoupila v platnost v roce 1992 a byla přijata více než 100 státy. Cílem je omezit pohyb nebezpečných odpadů přes hranice států na minimum v souladu s postupy pro správné nakládání s odpady z hlediska životního prostředí, zneškodňovat tyto odpady co nejbližší k jejich zdroji, minimalizovat vznik nebezpečných odpadů a zakázat jejich přepravu do zemí, které nedisponují prostředky k jejich zneškodnění. Zavazuje stát ustanovit dva státní orgány, které budou provádět kontrolu nad plněním opatření této úmluvy.[32]

Skládkování odpadu se věnuje směrnice EU 1999/31/ES o skládkách odpadů. Stanovuje omezení v množství skládkovaného komunálního odpadu, zejména jeho biologicky rozložitelné složky, která představuje jeho velkou část a má velké negativní účinky na

životní prostředí – zejména díky produkci skleníkových plynů, znečišťování vod, půdy i ovzduší. Směrnice má také za cíl urychlit přechod na oběhové hospodářství.[33]

5.3.1.2 Ekonomické faktory

Mezi ekonomické faktory patří růst mezd, inflace a s tím spojené zdražování energií, pohonných hmot a služeb.

5.3.1.3 Sociální faktory

Jedním ze sociálních faktorů je zvyšující se průměrný věk obyvatel. Struktura obyvatelstva se mění od konce 80. let 20. století. Lidé se dožívají vyššího věku a mají méně potomků. V posledním desetiletí významně vzrostl počet obyvatel ve věku nad 85 i nad 90 let. Průměrný věk obyvatele v roce 2020 byl 42,5 roku. Na jednu ženu připadalo 1,7 dítěte. K zajištění prosté reprodukce obyvatelstva by ale bylo potřeba 2,1 dítěte. Demografické stárnutí se týká nejen ČR, ale i značného počtu dalších států. Důsledkem stárnutí populace je snižující se podíl lidí v produktivním věku a větší výdaje na starobní důchody, ale i např. na zdravotní péči.[34]

Dalším sociálním faktorem je zvyšující se zájem obyvatel o zdravý životní styl a ekologii. K tomu přispívá mnoho osvětových a vzdělávacích kampaní např. o předcházení vzniku odpadu, třídění odpadu, nebo péči o psychické i fyzické zdraví.

5.3.1.4 Technologické faktory

V posledních letech dochází k velkému rozmachu a rozvoji technologií a systémů IoT. Tyto systémy mohou pomocí senzorů, detektorů atd. sbírat data a informace nebo na ně i reagovat. Lze je uplatnit v budovách, továrnách, zemědělství, městech, v sociálních službách atd.

5.3.1.5 Právní faktory

23.12.2020 vstoupil v platnost nový Zákon o odpadech (Zákon č. 541/2020 Sb.), jehož účelem je ochrana zdraví lidí a životního prostředí, předcházení vzniku odpadů a nakládání

s nimi dle dané hierarchie (předcházení vzniku, opětovné použití, recyklace, jiné využití, odstranění). [2]

Dalším dokumentem je Plán odpadového hospodářství ČR, jehož cílem je zlepšení nakládání s komunálním odpadem a snížení jeho produkce.[18]

5.3.1.6 Environmentální faktory

V posledních letech je stále více zdůrazňována nutnost snížit vliv lidské činnosti na změnu klimatu. To se týká i odpadového hospodářství. Je třeba hledat efektivnější způsoby nakládání s odpady, omezit skládkování a předcházet vzniku odpadu.

5.3.2 SWOT analýza stavu odpadového hospodářství bez projektu

Tato kapitola se bude věnovat SWOT analýze odpadového hospodářství bez navrhovaného projektu, tedy současnému stavu.

Tabulka 6. SWOT analýza stavu odpadového hospodářství bez projektu

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none">▪ bezpečnost – prostor na nádoby je chráněn proti vandalismu a užívání cizími osobami▪ pro obyvatele domu pohodlně dostupný prostor přímo z domu▪ estetické hledisko▪ hygiena – nešíří se zápach mimo místnost▪ možnost zvolit četnost svozu a dny svozu	<ul style="list-style-type: none">▪ rozúčtování nákladů neodpovídá reálné produkci jednotlivých domácností▪ neefektivní svoz odpadu▪ nesprávné využívání popelnic (např. objemný odpad, recyklovatelný)▪ nutnost odemykat klíčem▪ špatná přístupnost pro svozové auto▪ nutnost údržby prostor (úklid)

Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> ▪ rozvoj IoT technologií ▪ zájem obyvatel o investice do inovativních a úsporných řešení ▪ dostatek naspořených finančních prostředků na investice ▪ zvyšující se zájem o ekologii 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zdražování poplatků za svoz ▪ zvyšující se průměrný věk obyvatel → neochota financovat investice ▪ nedůvěra lidí v nové technologie ▪ nesouhlas nadpoloviční většiny vlastníků s realizací nových projektů ▪ vloupání a vandalismus

5.3.2.1 Silné stránky

5.3.2.1.1 Bezpečnost

Díky umístění prostoru s odpadovými nádobami uvnitř domu v oddělené místnosti nemohou nádoby využívat cizí osoby a zároveň jsou chráněné proti vandalům.

5.3.2.1.2 Pohodlně dostupné

Odpadové nádoby jsou obyvatelům domu pohodlně přístupné z prostor garáže bez nutnosti vyjít ven, což přináší jistý komfort především při nepřízní počasí.

5.3.2.1.3 Estetické hledisko

Další silnou stránkou je estetické hledisko. Nádoby s odpadem nejsou odnikud vidět.

5.3.2.1.4 Hygiena

Zápach z odpadových nádob se nešíří dál do domu. Směrem ven z místnosti jsou průduchy, směrem do domu jsou protipožární dveře. Zároveň jsou nádoby chráněny proti povětrnostním vlivům, což brání rozlétání a přispívá k snazšímu udržování čistoty.

5.3.2.1.5 Možnost zvolit četnost svozu

Svozová společnost nabízí volbu četnosti svozu, např. jednou týdně, dvakrát týdně. Také je možné zvolit dny v týdnu ve kterých bude svoz probíhat – v tomto případě pondělí

a čtvrtek. Nelze však nastavit svoz například každé 4 dny (pondělí, čtvrtek, neděle, středa, sobota)

5.3.2.2 Slabé stránky

5.3.2.2.1 Rozúčtování neodpovídá reálné produkci odpadu jednotlivých domácností

Problém s rozúčtováním je častým předmětem diskusí na shromážděních SVJ. Platby za svoz neodpovídají skutečné produkci vlastníků a někteří se tak cítí znevýhodněni.

5.3.2.2.2 Neefektivní svoz odpadu

Při většině svozů je kapacita popelnic naplněna z méně než 80 % (viz kapitola 3.1.2 Efektivita svozu).

5.3.2.2.3 Nesprávné využívání popelnic

Často jsou popelnice použity na objemný odpad, recyklovatelný odpad, elektroniku atd., který do nádob na směsný komunální odpad nepatří. Někdy je objemný odpad uložen i mimo odpadové nádoby. To pak vyžaduje náklady navíc na odvoz a úklid, protože odvoz tohoto odpadu neproběhne zároveň s pravidelným svozem.

5.3.2.2.4 Nutnost odemykat klíčem

Původně byl pro tuto místnost samostatný klíč, dnes už je pro všechny společné prostory klíč centrální. V případě, kdy je potřeba poškozený klíč vyměnit za nový, může odemýkání nějaký čas působit mechanické obtíže.

5.3.2.2.5 Špatná dostupnost pro svozové auto

Vjezd k místnosti s odpadem je umístěn v prudkém svahu, do kterého je nutné odbočit z rušné hlavní komunikace. Pro svozové auto tento svah představuje komplikaci a pro SVJ tím vznikají náklady navíc. Vůz se nedostane bezprostředně ke dveřím do odpadové místnosti, nezbytná je lidská síla a pracovníci musejí s nádobami manipulovat asi 5 metrů v prudkém svahu, proto je nutné odpadové společnosti připlácet za vynášení a zanášení nádob.

5.3.2.2.6 Nutnost údržby prostor

Prostory je nutné pravidelně uklízet. Za tímto účelem je najatá úklidová firma.

5.3.2.3 Příležitosti

5.3.2.3.1 Rozvoj IoT technologií

IoT technologie se uplatňují stále více. V odpadovém hospodářství zejména k monitorování hladiny odpadu a následnému uzpůsobení svozu nebo stlačování odpadu. Jejich používání se ale rozšiřuje i v jiných oblastech – v chytrých budovách, na parkovištích, v osvětlení, v dopravě.

5.3.2.3.2 Zájem obyvatel o investice do inovativních řešení

Investice do nových úsporných řešení pro bytový dům jsou častým předmětem diskuze na shromážděních vlastníků a mají všeobecnou podporu. Kromě smart odpadového hospodářství se zvažuje i pořízení solárních panelů na výrobu elektřiny. Ta by měla pokrýt spotřebu energie společných prostor (osvětlení, výtahy, garážová vrata atd.) i jednotlivých bytů.

5.3.2.3.3 Dostatek naspořených finančních prostředků

Společenství vlastníků má v současné době naspořeno dostatek finančních prostředků na investice.

5.3.2.3.4 Zvyšující se zájem o ekologická řešení

Ve společnosti se všeobecně zvyšuje povědomí o ekologii a nutnosti přistupovat k řešením, která jsou šetrná k životnímu prostředí.

5.3.2.4 Hrozby

5.3.2.4.1 Zvyšující se průměrný věk obyvatel

Zvyšující se průměrný věk obyvatel domu je důsledkem celorepublikového stárnutí populace. Zároveň se před 20 lety do nového bytového domu stěhovaly převážně mladé rodiny s dětmi. Nyní děti odcházejí a v domě přibývá lidí důchodového věku. V důsledku toho lze předpokládat hrozící neochotu vlastníků spořit na investice s dlouhodobou návratností.

5.3.2.4.2 Nedůvěra lidí v nové technologie

Rychlý vývoj technologií může bránit lidem orientovat se v nových řešeních a tím vyvolat nedůvěru k jakýmkoliv změnám.

5.3.2.4.3 Zvyšování poplatků za svoz

V důsledku zvyšování poplatků za skládkování, energie a pohonné hmoty se dá očekávat i zvyšování poplatků za svoz komunálního odpadu.

5.3.2.4.4 Nesouhlas nadpoloviční většiny s realizací nových projektů

K uskutečnění jakékoliv investice a následné realizaci je potřeba odhlasování návrhu nadpoloviční většinou vlastníků na schůzi SVJ.

5.3.2.4.5 Vloupání a vandalismus

Neoprávněné vniknutí cizích osob do objektu a vandalismus jsou hrozby se kterými je potřeba počítat. Dochází při nich ke značným škodám na společném majetku, jsou to například poškozené zámky a dveře. Taková rizika jsou krytá pojištěním.

5.3.2.5 Porovnání

Jednotlivé části matice lze mezi sebou porovnat a z tohoto srovnání případně vyvodit strategie a způsoby, jak eliminovat hrozby a slabé stránky a jak naopak využít příležitosti a silné stránky. Níže jsou porovnány silné stránky a příležitosti, silné stránky a hrozby, slabé stránky a příležitosti, slabé stránky a hrozby.

Při porovnání silných stránek a příležitostí vyplývá, že je zde díky vhodnému prostoru, rozvoji IoT technologií a dostatku naspořených finančních prostředků možnost zavedení smart technologie. K tomu by mohlo přispět i zvyšující se povědomí obyvatel o ekologii.

Ze srovnání silných stránek a hrozeb je patrné, že silné stránky významněji nepřispívají k eliminaci hrozeb.

Porovnáním slabých stránek a příležitostí můžeme identifikovat, jak využít příležitosti k zmírnění slabých stránek. Díky větší dostupnosti technologií a dostatku naspořených prostředků je příležitost investovat do zavedení smart technologií a zmírnit tak slabé stránky – např. poplatky nezohledňující reálnou spotřebu, neefektivnost svozu a motivovat ke správnému využívání popelnic.

Z porovnání slabých stránek a hrozeb je vidět, že setrvání u stávajícího stavu odpadového hospodářství by mohlo vést k tomu, že v důsledku zvyšování poplatků za svoz by rozúčtování mezi jednotlivé domácnosti odpovídalo ještě méně skutečné spotřebě a obyvatelé budou ještě více doplácet na neefektivitu svozu a nesprávné používání odpadových nádob.

5.3.2.6 Matematické vyhodnocení

Pro matematické vyhodnocení bylo pro každou položku SWOT analýzy stanoveno její hodnocení a důležitost. Důležitost a hodnocení položky pak byly vynásobeny. Položce s nejvyšším výsledkem bychom se měli nejvíce věnovat.

Hodnocení položky vyjadřuje, jak moc je stránka slabá, nebo silná, a jak moc je velká příležitost nebo hrozba na stupnici od 1 do 5 (1=málo, 5=velmi). Důležitost pro obyvatele domu je také vyjádřena na stupnici od 1 do 5, kdy 1 znamená méně důležitá, 5 velmi důležitá.

Tabulka 7. Matematické vyhodnocení varianty bez projektu

Slabá stránka	Hodnocení	Důležitost	Celkem
Rozúčtování nákladů neodpovídá reálné produkci	4	5	20
Neefektivní svoz odpadu	3	4	12
Nesprávné využívání popelnic	2	5	10
Nutnost odemkat centrálním klíčem	3	1	3
Špatná dostupnost pro svozové auto	3	2	6
Nutnost údržby prostor (úklid)	3	1	3

Silná stránka	Hodnocení	Důležitost	Celkem
Bezpečnost – chráněno proti vandalům a užívání cizími osobami	4	5	20
Estetické hledisko	4	2	8
Pohodlně přístupný prostor	3	4	12
Hygiena – zápach z odpadu se nešíří mimo místnost	3	3	9
Možnost zvolit četnost svozů a dnů svozu	3	5	15

Příležitost	Hodnocení	Důležitost	Celkem
Rozvoj IoT technologií	5	4	20
Zájem obyvatel o investice	4	5	20
Dostatek finančních prostředků	5	5	25
Zvyšující se zájem o ekologii	3	3	9

Hrozba	Hodnocení	Důležitost	Celkem
Zvyšující se průměrný věk obyvatel	3	2	6
Nedůvěra lidí v nové technologie	3	4	12
Zvyšování poplatků za svoz	3	4	12
Nesouhlas nadpoloviční většiny s investicí do nových projektů	5	5	25
Vloupání a vandalismus	3	5	15

Ze zhodnocení vyplývá, že nejsilnější stránkou je zabezpečení proti vandalům a krádežím, díky umístění odpadových nádob v odděleném uzamčeném prostoru přímo v domě. Naopak nejslabší stránkou současného řešení odpadového hospodářství je, že náklady jednotlivých domácností neodpovídají jejich skutečné produkci odpadu. Největší příležitostí je skutečnost, že SVJ má dostatek finančních prostředků na investice. K uskutečnění jakékoliv investice je ale potřeba odhlasování návrhu nadpoloviční většinou vlastníků. Nesouhlas této nadpoloviční většiny je největší hrozbou.

5.3.3 SWOT analýza odpadového hospodářství s projektem

V této kapitole bude provedena SWOT analýza pro variantu, kdy je pro odpadové hospodářství v daném bytovém domě zavedeno navrhované řešení monitorování a evidence vyprodukovaného odpadu pomocí ultrazvukových senzorů.

Tabulka 8. SWOT analýza stavu odpadového hospodářství s projektem

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> ▪ rozúčtování nákladů dle skutečné produkce ▪ monitorování efektivity vývozu ▪ kontrola uskutečnění vývozů 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ poškození nádob instalací senzorů ▪ vysoké pořizovací náklady ▪ nutná přítomnost nejvýše jednoho člověka v místnosti

<ul style="list-style-type: none"> ▪ automatické odemčení dveří po přiložení čipu ▪ bezpečnost – prostor na nádoby je chráněn proti vandalismu a užívání cizími osobami ▪ pro obyvatele domu pohodlně dostupný prostor přímo z domu ▪ estetické hledisko ▪ hygiena – nešíří se zápach mimo místnost ▪ možnost zvolit četnost svozů a dnů svozu 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ řešení nepřináší okamžitě úspory ▪ špatná přístupnost pro svozové auto ▪ nutnost údržby prostor (úklid)
<p>Příležitosti</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ rozšiřování služeb smart odpadového hospodářství ▪ snížení množství vyprodukovaného směsného odpadu ▪ zvýšení efektivity svozu ▪ zavedení smart odpadového hospodářství u většího množství domácností 	<p>Hrozby</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ zkrachování dodavatele systému ▪ nespolupráce svozových společností ▪ snaha lidí oklamat systém – umístění odpadu mimo nádoby ▪ zvyšování poplatků za svoz ▪ vloupání a vandalismus

5.3.3.1 Silné stránky

5.3.3.1.1 Rozúčtování nákladů dle skutečné produkce

Díky zavedení systému na monitorování odpadu bude možné náklady na svoz rozúčtovat podle skutečné produkce jednotlivých domácností.

5.3.3.1.2 Monitorování efektivity vývozu

Data o naplněnosti odpadových nádob poskytnou uživatelům informace o tom, jestli je svoz efektivní.

5.3.3.1.3 Kontrola uskutečněných svozů

Pomocí nasbíraných dat lze zjistit, zda svozová společnost plní domluvené závazky.

5.3.3.1.4 Automatické odemykání dveří pomocí čipu

Použití čipu pro odemčení dveří je snazší a rychlejší než odemykání klíčem.

5.3.3.2 Slabé stránky

5.3.3.2.1 Poškození nádob instalací senzorů

Vlivem instalací senzorů může dojít k nenávratnému poškození nádob.

5.3.3.2.2 Vysoké pořizovací náklady

Náklady na pořízení systému pro monitorování odpadu by se pohybovaly okolo 200 000 až 300 000 Kč a výnosy jsou nulové, úspory se projeví za delší dobu.

5.3.3.2.3 Nutná přítomnost nejvýše jednoho člověka v místnosti

Aby systém správně vyhodnocoval produkci odpadu, mohou být v místnosti s odpadem pouze členové jedné domácnosti, kteří načtou svůj čip. Mohlo by dojít k tomu, že půjdou odpadky vyhodit členové více domácností zároveň. Nově příchozí by pak musel počkat, než člověk před ním vyhodí všechny odpad a odejde, následně by mohl přiložit svůj čip a pak teprve vyhodit svůj odpad. Rizikem je, že by jeho odpad byl načten na účet předchozího návštěvníka.

5.3.3.2.4 Řešení nepřináší okamžité úspory

Vývoz odpadu bude optimalizován až po nasbírání dostatečného množství dat a jejich vyhodnocení.

5.3.3.3 Příležitosti

5.3.3.3.1 Rozšiřování služeb smart odpadového hospodářství

V budoucnu je možnost, že svozové společnosti začnou nabízet službu dynamického svozu dle aktuálních dat ze senzorů. Svoz by probíhal dle skutečné potřeby.

5.3.3.3.2 Snížení množství vyprodukovaného směsného odpadu

Elektronická evidence majitelů a množství vyprodukovaného odpadu za danou časovou jednotku, tedy situace, kdy občan platí za odpad, který skutečně vyprodukoval, výrazně motivuje k třídění nebo předcházení odpadu. V oblastech se zavedenou evidencí produkce směsného odpadu klesá o 20–30 %. Dochází tak k většímu využití popelnic na tříděný odpad (plast, papír, sklo, kov, nápojové kartony), které jsou zdarma a popelnic na bioodpad, které jsou proti směsnému odpadu výrazně levnější, jak je vidět v tabulce 10.

Tabulka 9. Porovnání cen za svoz směsného odpadu a bioodpadu

Typ odpadu	Objem	Četnost svozu	Cena
směsný	240 l	1x týdně	394 Kč
bioodpad	240 l	1x týdně	179 Kč

To by mohlo vést ke snížení potřebného počtu odpadových nádob nebo menšímu počtu vývozů.

5.3.3.3.3 Zvýšení efektivity svozu

Možnost díky nasbíraným datům lépe určit potřebné množství odpadových nádob a svozových dnů.

5.3.3.3.4 Zavedení smart odpadového hospodářství u většího množství domácností

Zavedení smart odpadového hospodářství i v dalších domácnostech by vedlo k významnějším úsporám díky efektivity svozu a snížení množství vyprodukovaného směsného odpadu.

5.3.3.4 Hrozby

5.3.3.4.1 Zkrachování dodavatele systému

Jednou z hrozeb je zkrachování dodavatele systému na monitorování odpadu a v důsledku toho ukončená podpora a servis monitorovacího zařízení a aplikace.

5.3.3.4.2 Problém s funkčností senzorů

Mohou nastat problémy s funkčností senzorů, např. kvůli poruše, mechanickému poškození, nebo nevhodnému zacházení.

5.3.3.4.3 Vandalství, krádež

Přestože je místnost s odpadovými nádobami uzamčena, mohou se do ní pokusit vloupat zloději a ukrást nebo poškodit vybavení.

5.3.3.4.4 Nespolupráce svozových společností

Hrozbou je také nezáměr svozových společností v budoucnu o zavedení služeb smart odpadového hospodářství a dynamického svozu, nebo problém s umístěním senzorů v popelnici (např. překáží při výsypu).

5.3.3.4.5 Odkládání odpadu mimo odpadové nádoby

Hrozí, že obyvatelé budou, ve snaze ušetřit, umisťovat odpad mimo odpadové nádoby. Takový odpad není odvezen s běžným svozem. Vzniknou tak navíc náklady na odvoz a úklid. Vícenáklady na odvoz a úklid jsou pak rozděleny rovnoměrně mezi jednotlivé domácnosti, což by mělo tyto problémy eliminovat.

5.3.3.5 Matematické zhodnocení

Tabulka 10. Matematické vyhodnocení varianty s projektem

Slabá stránka	Hodnocení	Důležitost	Celkem
Poškození nádob instalací senzorů	2	4	8
Vysoké pořizovací náklady	3	4	12
Nutná přítomnost nejvýše jednoho člověka v místnosti	3	5	15
Řešení nepřináší okamžité úspory	3	3	9
Špatná dostupnost pro svozové auto	3	2	6

Nutnost údržby prostor (úklid)	3	1	3
--------------------------------	---	---	---

Silná stránka	Hodnocení	Důležitost	Celkem
Rozúčtování nákladů dle skutečné produkce	5	5	25
Monitorování efektivity svozu	4	4	16
Kontrola uskutečněných svozů	4	4	16
Automatické odemčení dveří čipem	3	3	9
Bezpečnost – chráněno proti vandalům a užívání cizími osobami	4	5	20
Pohodlně přístupný prostor	3	4	12
Estetické hledisko	4	2	8
Hygiena – zápach z odpadu se nešíří mimo místnost	3	3	9
Možnost zvolit četnost svozů a dnů svozu	3	5	15

Příležitost	Hodnocení	Důležitost	Celkem
Rozšiřování služeb smart odpadového hospodářství	3	3	9
Snížení množství vyprodukovaného směsného odpadu	5	5	25
Zvýšení efektivity svozu	5	4	20
Zavedení smart odpadového hospodářství u většího množství domácností	3	2	8

Hrozba	Hodnocení	Důležitost	Celkem
Zkrachování dodavatele smart systému	2	5	10
Nespolupráce svozových společností	3	2	6
Snaha lidí oklamat systém	3	5	15
Zvyšování poplatků za svoz	3	4	12
Vloupání a vandalismus	3	5	15

Ze zhodnocení vyplývá, že nejslabší stránkou je nutnost přítomnosti členů nejvýše jedné domácnosti v místnosti s odpadovými nádobami, aby systém správně fungoval. Bytový dům je ale menší a k této situaci, kdy se setká v této místnosti více lidí, téměř nedochází. Obyvatelé domu by na tuto skutečnost byli upozorněni na domovní schůzi nebo e-mailem před uvedením systému do provozu. Zároveň by byly instrukce umístěny na vstupní dveře do místnosti s odpadovými nádobami.

Nejsilnější stránkou je rozúčtování nákladů odpovídající skutečné produkci odpadu, což bylo hlavním cílem navrhovaného řešení.

Největší příležitostí je dle zhodnocení snížení produkce směsného odpadu, v důsledku motivace uživatelů zpoplatněním jejich vlastní produkce.

Největší hrozbou je snaha lidí oklamat systém ukládáním odpadu mimo nádoby a zároveň stejně hodnocenou hrozbou je vloupání a vandalismus.

5.3.4 Porovnání stavu bez projektu a stavu s projektem

Realizace projektu by přispěla k odstranění většiny slabých stránek varianty bez projektu: umožnila by vyřešení neodpovídajícího rozúčtování, zefektivnění svozu, zabránila nesprávnému používání popelnic a usnadnila přístup do místnosti s odpadem díky výměně klíče za čip a elektromechanickému zámku u dveří.

Silné stránky varianty bez projektu by zůstaly zachovány, a to bezpečnost, dostupnost prostoru, estetické hledisko i možnost zvolit četnost a dny svozu.

Zároveň by přetrvaly i některé slabé stránky – špatná přístupnost pro svozová vozidla a nutnost údržby. Ty ale nemají dle zhodnocení rozhodující váhu.

Ve variantě s projektem zůstávají i některé hrozby, jako vandalismus, vloupání a zvyšující se poplatky. Těmto hrozbám se ale nedá zcela předejít, lze je jen zmírnit.

Uskutečněním projektu vznikají nové příležitosti k rozšíření smart odpadového hospodářství a snížení produkce odpadu. Zároveň byly využity příležitosti z varianty bez projektu.

Projekt splňuje stanovené hlavní cíle a přináší příležitosti ke zlepšení ostatních cílů. Celkově bych návrh hodnotila jako přínosný a doporučila jeho realizaci.

Závěr

Produkce odpadu je celosvětový problém. Stále větší důraz je proto kladen na ekologii a nutnost odpad znovu používat a zejména jeho vzniku předcházet.

Velký rozmach technologií IoT umožňuje pomocí senzorů usnadňovat a zefektivňovat život zejména ve městech. Stále více se s nimi setkáváme také v domácnostech, například na rozsvícení světel. V této diplomové práci jsem se zaměřila na možnost využití senzorů v bytovém domě pro odpadové hospodářství.

V první kapitole jsem se věnovala odpadovému hospodářství v České republice, klasifikaci odpadu dle platné legislativy, principy sběru odpadu a svozu, způsoby jeho zpracování a likvidace a cíli odpadového hospodářství.

V druhé kapitole jsem se zaměřila na smart řešení, která zlepšují a usnadňují nakládání s komunálním odpadem. Pomocí senzorů lze monitorovat množství odpadu v odpadových nádobách a díky tomu vyhodnocovat efektivitu svozu, nebo dynamicky svoz plánovat podle aktuálních potřeb. Jednou z možností je také odpad v nádobách stlačovat a ušetřit tak velké množství svozů, paliva i nákladů na zaměstnance. Zároveň se tak omezí vznik nepořádku v prostoru kolem odpadových nádob. Tyto systémy již fungují v Praze, ale i dalších zemích a městech jako Dubaj, Melbourne atd.

Ve třetí kapitole jsem se zabývala rozbořem současného stavu odpadového hospodářství v daném bytovém domě. Z rozboru vyplývá, že se množství obyvatel domu cítí znevýhodněno poplatky za svoz odpadu, protože jsou rozpočítány podle velikosti vlastnického podílu a neodpovídají tak skutečné produkci odpadu. Jako další problém se ukázal neefektivní svoz odpadu, kdy dle zaznamenaných údajů jsou v době svozu odpadové nádoby zaplněny pouze z cca 60 %. Nedostatkem je také nesprávné využívání popelnic na směsný odpad, například umístováním objemného odpadu a elektroodpadu. To způsobuje náklady navíc a zároveň je to neekologické.

Ve čtvrté kapitole jsem navrhla řešení smart odpadového hospodářství v bytovém domě s použitím ultrazvukových senzorů a čipů. Čip by sloužil zároveň místo klíče a jako identifikátor domácnosti, na jejíž účet bude množství odpadu připsáno. Senzory v odpadových nádobách by zaznamenávaly naplněnost. Toto řešení by umožnilo rozpočítávat náklady na svoz dle skutečné produkce odpadu jednotlivých domácností. Součástí řešení by byla i webová aplikace, ve které by bylo možné zobrazit údaje o využití popelnic a kontrola proběhlých svozů a případně pak upravit dny, četnost svozu nebo

množství odpadových nádob. V budoucnu by se tento systém dal rozšířit a propojit se svozovou společností tak, aby mohl probíhat dynamický svoz s ohledem na aktuální stav zaplněnosti odpadových nádob. Jako další rozšíření se nabízí popelnice vybavit lisem na stlačování odpadu.

V páté kapitole jsem hodnotila stávající i navržené řešení pomocí analýzy SWOT. K identifikaci vnějších faktorů jsem navíc použila analýzu PESTLE. Po určení silných stránek, slabých stránek, faktorů a hrozeb jsem provedla matematické zhodnocení, kde jsem stanovila hodnocení a důležitost jednotlivých položek. Z výsledků vyplývá, že slabou stránkou, kterou bychom se měli v současné době nejvíce zabývat, jsou poplatky za svoz neodpovídající skutečné produkci jednotlivých domácností. Největší hrozbou je nesouhlas nadpoloviční většiny vlastníků s realizací nového projektu, což může být překážkou v uskutečňování nových investic. Příležitostí naopak je dostatečné množství finančních prostředků společenství a silnou stránkou bezpečnost současného systému odpadového hospodářství díky umístění v odděleném uzamčeném prostoru přímo v domě.

Po zhodnocení varianty, která uvažuje realizaci navrhovaného řešení, se ukázalo, že tato varianta vyřeší většinu slabých stránek stávajícího stavu a zároveň zachová jeho silné stránky. Tuto variantu bych tedy k realizaci doporučila.

Předpokládám, že stále více lidí vnímá nutnost investovat do ekologických projektů. Můj návrh chytrého odpadového hospodaření v bytovém domě by mohl být přínosem nejen pro daný bytový dům. Oslovit by mohl také projektanty, kteří by při plánování nových obytných budov s takovým systémem mohli počítat. Zavedením chytrého odpadového hospodářství klesá produkce odpadu o 20–30 % a u většího počtu domácností by se pak jednalo nejen o významné snížení množství vyprodukované odpadu, ale také o značnou úsporu nákladů za služby. Tento projekt by mohl představovat moderní a efektivní řešení především pro rozsáhlejší developerské projekty.

Věřím, že poznatky, které jsem získala během tvorby této práce, budu mít příležitost využít i v budoucnu, a že dojde k realizaci podobných projektů v praxi.

Seznam tabulek

- Tabulka 1. Skupiny katalogu odpadů
- Tabulka 2. Naplněnost popelnic
- Tabulka 3. Naplněnost popelnic v době svozu
- Tabulka 4. Parametry senzorů společnosti Sensoneo
- Tabulka 5. Náklady na pořízení systému monitorování odpadu
- Tabulka 6. SWOT analýza stavu odpadového hospodářství bez projektu
- Tabulka 7. Matematické vyhodnocení varianty bez projektu
- Tabulka 8. SWOT analýza stavu odpadového hospodářství s projektem
- Tabulka 9. Porovnání cen za svoz směsného odpadu a bioodpadu
- Tabulka 10. Matematické vyhodnocení varianty s projektem

Seznam grafů

Graf 1. Hodnoty monitorovaných emisí ZEVO Malešice

Graf 2. Nakládání s komunálními odpady v roce 2019

Graf 3. Počet senzorů a náklady na svoz odpadu

Graf 4. Stav naplněnosti popelnic

Graf 5. Efektivita svozu

Graf 6. Znázornění navrhovaného řešení

Seznam obrázků

- Obrázek 1 Hierarchie způsobů nakládání s odpady dle směrnice EU
- Obrázek 2. Podzemní kontejnery
- Obrázek 3. Vzduchový podtlakový systém pro dopravu odpadu
- Obrázek 4. Svozový odpadkový automobil
- Obrázek 5. Princip technologie ZEVO
- Obrázek 6. Smart City
- Obrázek 7. Odpadové senzory
- Obrázek 8. Kompresní koš v Praze
- Obrázek 9. Smart odpadové nádoby v Melbourne
- Obrázek 10. Popelnice na směsný odpad s tiskárnou
- Obrázek 11. Popelnice na směsný odpad naplněná kartony

Zdroje

- [1] CHEN, David Meng-Chuen, Benjamin Leon BODIRSKY, Tobias KRUEGER, Abhijeet MISHRA a Alexander POPP. The world's growing municipal solid waste: trends and impacts. *Environmental Research Letters* [online]. 2020, **15**(7), 74021. ISSN 1748-9326. Dostupné z: doi:10.1088/1748-9326/ab8659
- [2] Zákon č. 541/2020 Sb. Zákon o odpadech. In: Sbírka zákonů. 23. 12. 2020. [online]. [vid. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541#f6946986>
- [3] EVROPSKÝ PARLAMENT. Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic [online]. 2008. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>
- [4] VOŠTOVÁ, Věra, Vlastimil ALTMANN, Jiří FRIES a Karel JEŘÁBEK. *Logistika odpadového hospodářství*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009. ISBN 978-80-01-04426-1.
- [5] Vyhláška č. 8/2021 Sb. Vyhláška o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů). 12.1.2021. [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-8#p3>
- [6] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Odpady* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/odpady_podrubrika
- [7] MEVA-TEC. *Podzemní kontejnery značky MEVA* [online]. [vid. 2021-08-10]. Dostupné z: <https://www.mevatec.cz/blog/podzemni-kontejnery-znacky-meva>
- [8] TIMES, The Straits. *Upgraded waste system for new private apartments* [online]. [vid. 2021-08-11]. Dostupné z: <https://www.straitstimes.com/singapore/housing/upgraded-waste-system-for-new-private-apartments>
- [9] *Komunální technika, s.r.o.. www.ktech.cz* [online]. [vid. 2005-05-10]. Dostupné z: <https://www.ktech.cz/vozidla-a-nastavby/rotacni-stlacovani>
- [10] SAMOSEBOU.CZ. *Třídění a recyklace* [online]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/trideni-a-recyklace/>
- [11] PRAŽSKÉ SLUŽBY A.S. *Spalovna - ZEVO* [online]. [vid. 2021-11-01]. Dostupné

- z: <https://www.psas.cz/spalovna-zevo>
- [12] PRAŽSKÉ SLUŽBY A.S. *Princip technologie ZEVO* [online]. [vid. 2021-11-01]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/princip-technologie-zevo>
- [13] PRAŽSKÉ SLUŽBY A.S. *Aktuální emise* [online]. [vid. 2021-11-01]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/aktualni-emise-zevo>
- [14] Český statistický úřad. *Produkce, využití a odstranění odpadů - 2019* [online]. [vid. 2021-07-01]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2019>
- [15] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Zpráva o plnění cílů Plánu odpadového hospodářství České republiky za období 2017-2018* [online]. 2019 [vid. 2021-04-22]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/plneni_narizeni_vlady/\\$FILE/OODP-Zprava_plneni_POH_CR_2017_2018-20191217.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/plneni_narizeni_vlady/$FILE/OODP-Zprava_plneni_POH_CR_2017_2018-20191217.pdf)
- [16] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *PRAVIDLA PRO ŽADATELE A PŘÍJEMCE PODPORY v Operačním programu Životní prostředí* [online]. 2020 [vid. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.opzp.cz/o-programu/podporovane-oblasti/prioritni-osa-3/>
- [17] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Program předcházení vzniku odpadu ČR* [online]. 2014 [vid. 2021-10-01]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/predchazeni_vzniku_odpadu_navrh/\\$FILE/OODP-PPVO-2014_10_27.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/predchazeni_vzniku_odpadu_navrh/$FILE/OODP-PPVO-2014_10_27.pdf)
- [18] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *2. HODNOTÍCÍ ZPRÁVA O PLNĚNÍ CÍLŮ PROGRAMU PŘEDCHÁZENÍ VZNIKU ODPADŮ ČESKÉ REPUBLIKY ZA OBDOBÍ 2017 - 2019* [online]. 2020 [vid. 2021-10-01]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/predchazeni_vzniku_odpadu_navrh/\\$FILE/OODP-2_hodnotici_zprava_2017_2019-20200416.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/predchazeni_vzniku_odpadu_navrh/$FILE/OODP-2_hodnotici_zprava_2017_2019-20200416.pdf)
- [19] *Czech Smart City Cluster* [online]. [vid. 2021-07-07]. Dostupné z: <https://czechsmartcitycluster.com/>
- [20] MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR. *Koncepce Smart Cities – odolnost prostřednictvím SMART řešení pro obce, města a regiony* [online]. 2021 [vid. 2021-06-20]. Dostupné z: <https://mmr.cz/getattachment/3ffecf72-c230-43f6-8c80->

b84956fb215d/Koncepce-Smart-Cities-odolnost-prostrednictvim-SMART-reseni-pro-obce,-mesta-a-regiony.pdf.aspx?lang=cs-CZ&ext=.pdf

- [21] Odpadové senzory. *Sensoneo* [online]. [vid. 2021-07-01]. Dostupné z: <https://sensoneo.com/sk/product/smart-senzory/>
- [22] SMART PRAGUE. *Inovace pro lepší život v Praze* [online]. [vid. 2021-07-01]. Dostupné z: <https://smartprague.eu/>
- [23] Chytrý svoz odpadu_zpráva o ukončení projektu. *Smart Prague* [online]. [vid. 2021-07-01]. Dostupné z: <https://www.smartprague.eu/projekty/chytry-svoz-odpadu>
- [24] Kompresní koše. *Smart Prague* [online]. [vid. 2021-07-01]. Dostupné z: <https://www.smartprague.eu/projekty/kompresni-kose>
- [25] SENSONEO. *Reference - Nitra* [online]. [vid. 2021-10-01]. Dostupné z: <https://sensoneo.com/sk/reference/nitra/>
- [26] ECUBE LABS. *Refences* [online]. [vid. 2021-10-01]. Dostupné z: <https://www.ecubelabs.com/references/melbourne/>
- [27] SENSONEO. *References - UAE* [online]. [vid. 2021-10-01]. Dostupné z: <https://sensoneo.com/reference/waste-management-company-uae/#>
- [28] MAGISTRÁT HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY. *Poplatek za komunální odpad* [online]. [vid. 2021-10-20]. Dostupné z: https://www.praha.eu/jnp/cz/potrebuji_resit/zivotni_situace/poplatky/poplatek_za_komunalni_odpad.html
- [29] LOŠKOVÁ, Natálie. Chytré kontejnery umí hlásit, že jsou plné. Praha jich pořídí šest tisíc. *novinky.cz* [online]. [vid. 2021-11-15]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/domaci/clanek/chytre-kontejnery-umi-hlasit-ze-jsou-plne-praha-jich-poridi-sest-tisic-40378043>
- [30] EVROPSKÁ KOMISE. *Zelená dohoda pro Evropu* [online]. [vid. 2021-11-03]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_cs#thebenefitsoftheeuropeangreendeal
- [31] CIRKULÁRNÍ HUB PRAHA. *Zelená dohoda pro Evropu* [online]. [vid. 2021-11-03]. Dostupné z: https://hub.cirkularnicesko.cz/wp-content/uploads/2020/10/10_info_green_deal.pdf

- [32] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Basilejská úmluva* [online]. [vid. 2021-11-05]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/basilejska_umluva_kontrola_pohybu
- [33] EVROPSKÁ UNIE. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2018/850 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 1999/31/ES o skládkách odpadů [online]. 2018. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/politika-druhotnych-surovin-cr/2018/11/Smernice-o-skladkach.pdf>
- [34] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Aktuální populační vývoj v kostce* [online]. [vid. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/aktualni-populacni-vyvoj-v-kostce>