UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2025 Bc. Barbora Pravcová

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Sběr a analýza dat o odpadovém hospodářství menzy jako podklad pro stanovení uhlíkové stopy

Diplomová práce

Autor: Bc. Barbora Pravcová

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	**Bc. Barbora Pravcová**
Osobní číslo:	**C23302**
Studijní program:	**N0711A130013 Chemické a procesní inženýrství**
Specializace:	**Ochrana životního prostředí**
Téma práce:	**Sběr a analýza dat o odpadovém hospodářství menzy jako podklad pro stanovení uhlíkové stopy**
Zadávající katedra:	**Ústav environmentálního a chemického inženýrství**

Zásady pro vypracování

1. Proveďte literární rešerši zaměřenou na problematiku odpadového hospodářství ve stravovacích zařízeních, se zvláštním důrazem na metody sběru a analýzy dat o produkci odpadu a jejich využití pro výpočet uhlíkové stopy. Zaměřte se na kategorie odpadu, jako jsou biologický odpad, obalové materiály a další složky, a jejich environmentální dopady.

2. Získejte a analyzujte data o množství a složení odpadu generovaného v menze. Proveďte kategorizaci odpadu a vyhodnoťte efektivitu stávajícího systému nakládání s odpady. Identifikujte hlavní faktory ovlivňující produkci odpadu a možnosti jeho minimalizace.

3. Vyhodnoťte environmentální dopady současného systému odpadového hospodářství menzy a navrhněte opatření ke snížení uhlíkové stopy. Zpracujte výsledky analýzy a diskutujte možnosti optimalizace nakládání s odpady, včetně potenciálních inovativních přístupů ke zpracování a využití odpadu.

4. Diplomovou práci zpracujte v souladu se Směrnicí UPa č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací v platném znění.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Anna Krejčová, Ph.D.**
Ústav environmentálního a chemického inženýrství

Konzultant diplomové práce: **Ing. Lenka Audrlická Vavrušová**
Ústav environmentálního a chemického inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **5. února 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Liběna Tetřevová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 5. února 2025

Prohlašuji:

Práci s názvem Sběr a analýza dat o odpadovém hospodářství menzy jako podklad pro stanovení uhlíkové stopy jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Bc. Barbora Pravcová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí diplomové práce, doc. Ing. Anně Krejčové, Ph.D., za její odborné vedení, cenné rady a konzultace poskytnuté během vypracování práce. Děkuji rovněž konzultantce diplomové práce, Ing. Lence Audrlické Vavrušové, za odbornou pomoc a připomínky k praktické části. Poděkování patří také Ing. Markovi Tykvovi za konzultace při realizaci praktické části práce. Závěrem děkuji své rodině za poskytnutou podporu během celého studia.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá problematikou odpadového hospodářství ve velkokapacitních stravovacích zařízeních, se zaměřením na kvantifikaci uhlíkové stopy produkovaného odpadu. Teoretická část analyzuje legislativní rámec a politiku odpadového hospodářství v České republice, specifikuje hlavní kategorie odpadu v gastronomickém sektoru a hodnotí environmentální dopady. Dále definuje uhlíkovou stopu, včetně metodik jejího výpočtu, a zkoumá možnosti jejího snižování. Experimentální část se zaměřuje na sběr a analýzu dat z menzy Univerzity Pardubice, kde je vypočtena uhlíková stopa produkovaného odpadu. Výsledky zahrnují hodnocení kvality dat a návrh praktických doporučení pro provozovatele s cílem minimalizace ekologické zátěže. Práce přispívá k pochopení environmentálních dopadů odpadu ve stravovacích provozech a nabízí konkrétní opatření pro udržitelnější hospodaření.

KLÍČOVÁ SLOVA

odpadové hospodářství, uhlíková stopa, stravovací zařízení, skleníkové plyny, udržitelnost, posuzování životního cyklu

TITLE

Collection and analysis of canteen waste management data as a basis for carbon footprinting.

ANNOTATION

The thesis deals with the issue of waste management in large-scale catering facilities, with a focus on quantifying the carbon footprint of the waste produced. The theoretical part analyses the legislative framework and waste management policy in the Czech Republic, specifies the main categories of waste in the catering sector and assesses the environmental impacts. It also defines the carbon footprint, including methodologies for its calculation, and explores options for its reduction. The experimental part focuses on the collection and analysis of data from the canteen of the University of Pardubice, where the carbon footprint of the waste produced is calculated. The results include an assessment of the data quality and a proposal of practical recommendations for operators to minimize

the ecological burden. The work contributes to the understanding of the environmental impacts of waste in catering operations and offers concrete measures for more sustainable management.

KEYWORDS

Waste management, Carbon footprint, Catering, Greenhouse gases, Sustainability, Life Cycle Assessment

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ 11
SEZNAM TABULEK 12
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK 13
1 Úvod 15
2 Teoretická část 17
2.1 Legislativní rámec a politiky v oblasti odpadového hospodářství 17
2.1.1 Národní legislativa 19
2.1.2 Strategie a politiky v oblasti odpadového hospodářství 20
2.1.3 Výzvy a budoucí vývoj 21
2.2 Hlavní kategorie odpadu ve stravovacích zařízeních 22
2.3 Odpadové hospodářství ve velkokapacitních stravovacích zařízeních v ČR . 25
2.3.1 Specifika provozu menz a obdobných stravovacích zařízení 27
2.3.2 Produkce odpadu v menzách 28
2.3.3 Příklady dobré praxe a inovativní přístupy ke snižování odpadu ... 32
2.3.4 Bariéry a výzvy při implementaci udržitelných opatření 33
2.4 Environmentální dopady odpadů z gastronomického sektoru 34
2.5 Definice a význam uhlíkové stopy 37
2.5.1 Protokol o skleníkových plynech 39
2.6 Příspěvky k uhlíkové stopě 39
2.6.1 Přímá uhlíková stopa 39
2.6.2 Nepřímá uhlíková stopa 40
2.6.3 Možnosti snížení uhlíkové stopy 41
2.7 Výpočet uhlíkové stopy produkovaného odpadu 43
2.7.1 Metodiky výpočtu uhlíkové stopy 43
2.7.2 Využití dat z analýz odpadu pro kvantifikaci emisí 45
2.7.3 Možnosti snižování uhlíkové stopy ve stravovacích provozech 47
3 Experimentální část 49
3.1 Metodika hodnocení odpadového hospodářství menzy 49
3.2 Charakteristika stravovacích zařízení Univerzity Pardubice 50

4 Výsledky 52
4.1 Datový soubor k výpočtu uhlíkové stopy menzy Univerzity Pardubice 52
4.1.1 Hodnocení kvality a dostupnosti dat 53
4.1.2 Výpočet uhlíkové stopy 54
4.1.3 Definice cílů a rozsahu 54
4.1.4 Inventarizační analýza 57
4.1.5 Hodnocení dopadů 57
4.1.6 Interpretace výsledků z hlediska uhlíkové stopy 76
4.1.7 Získaná uhlíková stopa v kontextu ESG 78
4.1.8 Doporučení pro univerzitní menzu 80

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1: Hierarchie nakládání s odpady 19
Obrázek 2: LCA analýza produktu v restauraci 35
Obrázek 3: Přehled přímých a nepřímých emisí 40
Obrázek 4: Hlavní scénář nakládání s odpady 55
Obrázek 5: Modelový scénář nakládání s odpady 55

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Scénáře nakládání s odpady 56
Tabulka 2: Scénáře k jednotlivým typům odpadů 58
Tabulka 3: Scénář A - Odvoz gastroodpadu do bioplynové stanice 60
Tabulka 4: Scénář B - Uložení gastroodpadu na skládku 61
Tabulka 5: Srovnání scénářů odvozu gastroodpadu 62
Tabulka 6: Scénář C - Odstranění komunálního odpadu na skládce 63
Tabulka 7: Scénář D - Odstranění komunálního odpadu ve spalovně 65
Tabulka 8: Srovnání scénářů skládkování a spalování komunálního odpadu 65
Tabulka 9: Scénář E - Recyklace skla (výroba obalového skla) 67
Tabulka 10: Scénář F - Ukládání skla na skládku 68
Tabulka 11: Srovnání scénářů recyklace a skládkování odpadu ze skla 69
Tabulka 12: Scénář G - Recyklace plastového odpadu 70
Tabulka 13: Scénář H - Spalování plastového odpadu 72
Tabulka 14: Srovnání scénářů recyklace a spalování plastového odpadu 72
Tabulka 15: Scénář I - Recyklace papírového odpadu 74
Tabulka 16: Scénář J - Odstranění papírového odpadu ve spalovně odpadů 75
Tabulka 17: Srovnání scénářů recyklace a spalování papírového odpadu 76

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

BioCNG	Biomethan
CFP	Uhlíková stopa výrobku
CFC	Chlorfluoruhlovodíky
CH_4	Methan
CHP	Kombinovaná jednotka pro výrobu tepla a elektřiny
CO_2	Oxid uhličitý
CTUe	Relativní toxicita chemických látek pro ekosystémy
ČR	Česká republika
ČSN	České státní normy
EFG	Energy financial group
EPA	Agenturou pro ochranu životního prostředí
EPR	Rozšířená odpovědnost výrobce
ESG	Faktory environmentálního, sociálního a správního řízení
EU	Evropská unie
GHG	Emise skleníkových plynů
GWP	Globální oteplování
HFCs	Fluorované uhlovodíky
IPPC	Mezivládní panel pro změnu klimatu
ISPOP	Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností
LCA	Posuzování životního cyklu
LCI	Inventarizační analýza
LCIA	Hodnocení dopadů životního cyklu
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
N	Dusík
N_2O	Oxid dusný
O_3	Ozón
PEF	Provozně ekonomická fakulta
PFCs	Perfluorované uhlovodíky
$PM_{2.5}$	Tuhé částice o velikosti do 2,5 mikrometru
POH ČR	Plán odpadového hospodářství ČR
SDGs	Cíle udržitelného rozvoje

SO_2	Oxid siřičitý
USA	Spojené státy americké
VOC	Těkavé organické sloučeniny
WBCSD	Světovou radou pro udržitelný rozvoj
WRI	Světovým institut zdrojů
ZEVO	Zařízení pro energetické využití odpad

1 Úvod

Vhodné nakládání s odpady představuje klíčovou součást udržitelného rozvoje a ochrany životního prostředí. Stravovací zařízení, zejména velkokapacitní provozy, jako jsou menzy, generují značné množství odpadu, včetně biologických zbytků, obalových materiálů a dalších složek. Nedostatečná správa těchto odpadů přispívá k negativním environmentálním důsledkům, jako je znečištění, plýtvání surovinami a emise skleníkových plynů.

V kontextu rostoucího důrazu na udržitelnost se organizace stále častěji zaměřují na zásady ESG (Environmental, Social, Governance), které hodnotí environmentální, sociální a správní aspekty jejich činnosti. Odpadové hospodářství ve stravovacích zařízeních spadá přímo do oblasti environmentálního hodnocení ESG, neboť efektivní řízení odpadu a jeho kvantifikace přispívají k snižování uhlíkové stopy a optimalizaci využívání přírodních zdrojů. Firmy a veřejné instituce jsou stále více motivovány implementovat opatření zaměřená na minimalizaci environmentálních dopadů, a to nejen v důsledku platných regulací, ale také s cílem posílit svou reputaci a naplnit požadavky společenské odpovědnosti.

Pro adekvátní vyhodnocení dopadů odpadového hospodářství je nezbytné systematicky shromažďovat a analyzovat data o produkci odpadu. Tato data mohou sloužit jako podklad pro výpočet uhlíkové stopy stravovacího zařízení a pro návrh opatření ke snížení negativních environmentálních dopadů. V současnosti však v českém kontextu chybí jednotné metodiky pro sběr a interpretaci těchto dat, což ztěžuje efektivní řízení odpadu a hodnocení jeho environmentálních dopadů.

Mezi hlavní cíle této práce patří identifikace klíčových kategorií odpadu, které vznikají ve stravovacích zařízeních, s důrazem na menzy a obdobné velkokapacitní provozy. Dále bude provedena analýza současného stavu metod používaných pro měření a hodnocení produkce odpadu, s cílem posoudit jejich efektivitu a aplikační využitelnost. Součástí práce bude rovněž zmapování situace v České republice, zejména ve vztahu k velkokapacitním stravovacím zařízením, a vyhodnocení environmentálních dopadů jednotlivých složek odpadu včetně možností jejich minimalizace.

V rámci výzkumu budou zodpovězeny klíčové otázky, které umožní lepší pochopení problematiky odpadového hospodářství ve stravovacích zařízeních. Mezi tyto otázky patří, jaké druhy odpadu jsou nejběžnější ve stravovacích provozech, jaké metody

se používají pro sběr a analýzu dat o produkci odpadu, a jak je možné na základě těchto dat vypočítat uhlíkovou stopu. Další významnou otázkou je současný stav odpadového hospodářství ve velkokapacitních stravovacích zařízeních v České republice a možnosti jeho optimalizace. Odpovědi na tyto otázky poskytnou podklady pro návrh efektivnějších strategií v oblasti nakládání s odpady a minimalizace jejich environmentálních dopadů.

Kromě literární rešerše, která bude vycházet z odborných databází jako Scopus, Web of Science a Google Scholar, budou analyzovány legislativní dokumenty, vyhlášky a zákony České republiky týkající se nakládání s odpady ve stravovacích zařízeních, stejně jako zprávy organizací zaměřených na udržitelnost a environmentální problematiku. Bude proveden sběr dat v menze Univerzity Pardubice, což umožní získat konkrétní údaje o produkci a složení odpadu z velkokapacitního stravovacího zařízení. Tato data budou následně využita k výpočtu uhlíkové stopy menzy, což poskytne cenné podklady pro hodnocení environmentální složky ESG. Tato data budou součástí celkového hodnocení ESG pro Univerzitu Pardubice, což umožní univerzitě posoudit a optimalizovat její environmentální dopady a strategii udržitelnosti.

2 Teoretická část

Odpadové hospodářství ve stravovacích zařízeních představuje důležitou součást udržitelného provozu gastronomických podniků. Restaurace, jídelny a další provozy generují široké spektrum odpadů, od biologicky rozložitelného odpadu přes obaly až po nebezpečné látky, jako jsou použité oleje nebo textilie nasáklé čistícími prostředky, které vyžadují speciální způsob likvidace. Efektivní nakládání s odpady přispívá nejen k ochraně životního prostředí, ale také ke snížení provozních nákladů a splnění legislativních požadavků. Stále roste množství důkazů o tom, že významná část potravin na celém světě končí jako odpad, což má negativní dopady na udržitelnost [1]. Výzkum realizovaný odborníky z Ústavu marketingu a obchodu PEF Mendelovy univerzity odhalil, že téměř třetina uvařených pokrmů ve školních jídelnách končí jako odpad. Projekt Prague Food Waste, zaměřený na sledování potravinového odpadu, zjistil, že 31 % hmotnosti pokrmů se nevyužije. Měření probíhalo ve školních jídelnách, které navštěvuje 400 až 600 žáků denně. Organizace INESAN uvedla, že z celkového odpadu tvoří zbytky vydaného jídla 48 %, nevydané pokrmy pak tvoří 43 % a zbytky z přípravy 9 % [2]. Tento výzkum ukazuje, že snižování plýtvání potravinami představuje klíčovou výzvu v oblasti udržitelnosti pro sektor stravovacích služeb. Navzdory významu tohoto problému pro globální potravinářský průmysl byla vazba mezi inovačními postupy a řízením potravinového odpadu v akademické literatuře dosud jen omezeně zkoumána [1,2].

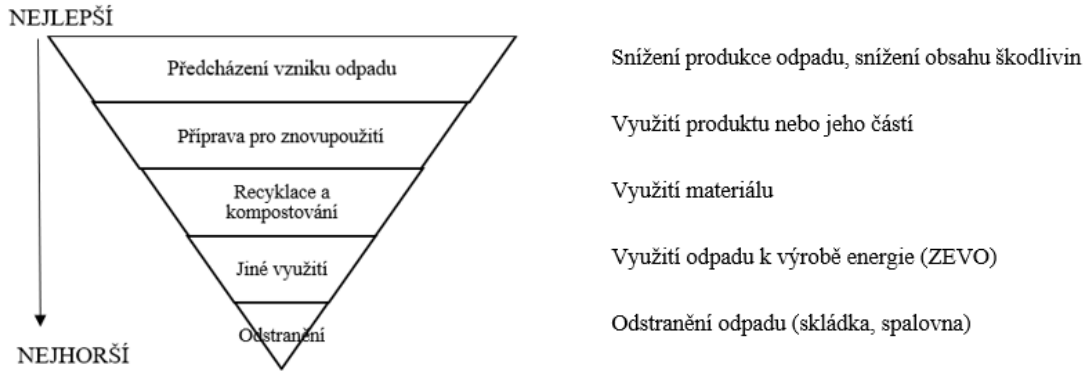
2.1 Legislativní rámec a politiky v oblasti odpadového hospodářství

Odpadové hospodářství je regulováno rozsáhlým legislativním rámcem, který vychází z mezinárodních, evropských i národních právních předpisů. Cílem těchto právních norem je minimalizace vzniku odpadu, podpora recyklace a udržitelného nakládání s odpady, a tím snížení negativních dopadů na životní prostředí a lidské zdraví. Z hlediska mezinárodní a evropské legislativy je klíčovým dokumentem **Basilejská úmluva o kontrole pohybu nebezpečných odpadů přes hranice států a jejich zneškodňování** (1989), která reguluje nakládání s nebezpečnými odpady a jejich přepravu mezi státy. Basilejská úmluva si klade za cíl omezit přeshraniční pohyb nebezpečných a dalších odpadů na nezbytné minimum, a to v souladu s principy

ekologicky šetrného nakládání s těmito odpady. Důraz je kladen na jejich likvidaci co nejblíže místu vzniku a na snižování objemu i nebezpečnosti těchto odpadů. Úmluva také stanovuje přísnou kontrolu přeshraniční přepravy nebezpečných odpadů a prevenci jejich nelegálního obchodování. Zakazuje transport těchto odpadů do zemí, které nemají odpovídající legislativní, administrativní ani technickou infrastrukturu k jejich bezpečnému zpracování. Součástí cílů je i podpora rozvojových zemí a států s transformující se ekonomikou při zavádění systémů ekologicky odpovědného nakládání s odpady, které v těchto regionech vznikají [3].

Dalším významným dokumentem je **Agenda 2030 OSN pro udržitelný rozvoj**, která obsahuje i cíle týkající se snižování odpadu a podpory oběhového hospodářství. Je zaměřená na lidi, planetu a prosperitu a usiluje o vymýcení chudoby a dosažení udržitelného rozvoje prostřednictvím spolupráce všech zemí a zainteresovaných stran. Se 17 cíli udržitelného rozvoje a 169 konkrétními cíli se zaměřuje na realizaci lidských práv, dosažení genderové rovnosti a vyvážení ekonomických, sociálních a environmentálních dimenzí udržitelného rozvoje [4]. Cílem odpadového hospodářství je snížení produkce odpadů do roku 2030 prostřednictvím prevence, snižování množství odpadů a recyklace. Tento cíl je podporován základními principy oběhového hospodářství, známými jako 3R, což znamená snížení množství odpadu (reduce), znovu použití předmětů a materiálů (reuse) a recyklování odpadu za účelem vytvoření nových výrobků (recycle) [5].

Evropská unie přijala řadu směrnic a nařízení zaměřených na efektivní řízení odpadového hospodářství. Mezi nejdůležitější patří (i) **Rámcová směrnice o odpadech** (2008/98/ES), která stanovuje hierarchii nakládání s odpady (Obrázek 1), mezi které patří prevence → opětovné použití → recyklace → energetické využití → skládkování. Zavádí princip „znečišťovatel platí“ a podporuje rozšířenou odpovědnost výrobce. Nejvyšší prioritou je tedy prevence vzniku odpadu. Jedná se o programový právní nástroj, který stanovuje agendu pro udržitelnou výrobu a spotřebu, zdůrazňuje význam rozšířené odpovědnosti výrobce prostřednictvím návrhu produktu, uzavírá cyklus mezi produktem a odpadem zavedením principu myšlení o životním cyklu [6].



Obrázek 1: Hierarchie nakládání s odpady (vlastní obrázek)

Dále sem patří (ii) **Směrnice o skládkách odpadů** (1999/31/ES), která omezuje skládkování biologicky rozložitelného odpadu a stanovuje přísnější požadavky na provoz skládek. Cílem této směrnice je předejít či případně eliminovat negativní dopady skládek na povrchové vody, podzemní vody, půdu, ovzduší a lidské zdraví prostřednictvím implementace důsledných technických kritérií [7]. Poslední významnou směrnicí v rámci evropské legislativy je (iii) **Akční plán EU pro oběhové hospodářství** (2020), který klade důraz na snižování odpadů, recyklaci a zavedení oběhového principu ve všech odvětvích. Jedná se i o podporu udržitelných výrobků, zlepšení postavení spotřebitelů v souvislosti se zelenou transformací, přezkum nařízení o stavebních výrobcích a strategii pro udržitelné textilie [8].

2.1.1 Národní legislativa

Každý členský stát EU implementuje evropské směrnice do svého právního řádu. V České republice je klíčovým právním předpisem **zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech**, který nahrazuje starší právní úpravu a přináší přísnější pravidla pro nakládání s odpady, třídění a recyklaci. Cílem tohoto zákona je zajistit vysokou úroveň ochrany životního prostředí a lidského zdraví a zároveň umožnit trvale udržitelné využívání přírodních zdrojů prostřednictvím prevence vzniku odpadů a jejich nakládání v souladu s hierarchií odpadového hospodářství. Tato opatření musí být zároveň sociálně únosná a ekonomicky přijatelná. Mezi hlavní opatření zákona č. 541/2020 patří (i) zvýšení poplatků za skládkování s cílem motivovat k vyššímu třídění odpadu, (ii) povinné třídění

bioodpadu, elektroodpadu a dalších složek komunálního odpadu a (iii) podpora oběhového hospodářství prostřednictvím dotací a legislativních pobídek [9].

Další důležité předpisy zahrnují **zákon č. 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou životností**, který reguluje zpětný odběr elektrozařízení, baterií či pneumatik, a vyhlášky Ministerstva životního prostředí, které stanovují specifické požadavky na nakládání s jednotlivými druhy odpadů. Zákon č. 542/2020 se vztahuje na konkrétní produkty bez ohledu na to, zda jsou na trh uváděny samostatně nebo jako součást nebo příslušenství dalších produktů, a to v celém životním cyklu (to znamená od výroby a představení na trhu až po vyhození v podobě odpadu) [10].

2.1.2 Strategie a politiky v oblasti odpadového hospodářství

Vedle legislativy hrají důležitou roli i národní a evropské strategické dokumenty zaměřené na udržitelné hospodaření s odpady. Mezi klíčové patří například **Strategie oběhového hospodářství ČR 2040**, která stanovuje cíle v oblasti recyklace a snižování skládkování. Dokument **Cirkulární Česko 2040** (ČR 2040) představuje strategický plán pro rozvoj oběhového hospodářství v České republice v následujících desetiletích. Stanovuje vizi a globální cíl, spolu s deseti strategickými cíli a konkrétními cíli pro každou z deseti prioritních oblastí. Tento plán a jeho Akční plán reagují na rostoucí spotřebu materiálů a potřebu efektivnějšího využívání zdrojů, přičemž podporují přechod od lineárního k cirkulárnímu podnikání. Cílem je zvýšit konkurenceschopnost, technologickou vyspělost, bezpečnost dodávek surovin a odolnost vůči vnějším vlivům. Cirkulární Česko 2040 má také za cíl posílit odolnost vůči environmentálním hrozbám, jako jsou změna klimatu a úbytek biodiverzity, a podporovat udržitelný společenský systém. Navrhované kroky v Akčním plánu reflektují trendy v oblasti oběhového hospodářství jak na úrovni EU, tak i globálně [11].

Mezi další klíčové strategie patří **Plán odpadového hospodářství ČR** (POH ČR), který konkretizuje opatření pro jednotlivé sektory. POH ČR je založen na principu dodržování hierarchie nakládání s odpady: předcházení vzniku odpadů, příprava k opětovnému použití, recyklace odpadů, jiné využití, například energetické a odstranění odpadů. Prostřednictvím POH má být dosaženo 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 [12].

Posledním klíčovým prvkem je **Strategie pro snižování potravinového odpadu**, která se zaměřuje na prevenci plýtvání potravinami v domácnostech i ve stravovacích zařízeních. Cílem je do roku 2030 (i) snížit kvantitu odpadu v odvětví zpracování a výroby potravin o deset procent v porovnání s průměrným množstvím potravinového odpadu, jež byl v těchto odvětvích vyprodukován v letech 2021–2023. Dále pak (ii) snížit kvantitu odpadu, která se tvoří v maloobchodě, restauracích, ve stravovacích službách a v domácnostech o třicet procent na obyvatele v porovnání s průměrným množstvím potravinového odpadu, který byl v těchto odvětvích vyprodukován v letech 2021 až 2023 [13].

2.1.3 Výzvy a budoucí vývoj

Přestože současná legislativa klade důraz na recyklaci a oběhové hospodářství, existují také výzvy spojené s efektivním vymáháním pravidel, nedostatečnou infrastrukturou pro zpracování odpadu a změnou chování spotřebitelů a podniků. Například Evropská unie stanovila cíle pro recyklaci komunálního odpadu, kde do roku 2035 má být recyklováno minimálně 65 % odpadu [14]. Nicméně Eurostat 2022 uvádí, že třídění v takové míře takto rychle nelze dosáhnout [15].

Jednou z hlavních překážek je nedostatečná infrastruktura pro třídění a zpracování odpadu. Například v některých regionech stále chybí moderní recyklační zařízení nebo efektivní systémy sběru odpadu, což vede k vyšší míře skládkování [16]. Kromě toho je třeba se zaměřit na změnu chování spotřebitelů, kteří často nejsou dostatečně motivováni nebo informováni o správném nakládání s odpadem [17]. Motivace může být posílena prostřednictvím ekonomických nástrojů, jako jsou poplatky za skládkování, zálohové systémy nebo daňové úlevy pro firmy investující do cirkulární ekonomiky [18].

Budoucnost odpadového hospodářství spočívá v podpoře inovativních technologií, digitalizace systému sledování odpadu a rozšiřování principů cirkulární ekonomiky. Moderní technologie, jako je umělá inteligence pro automatizované třídění odpadu nebo chemická recyklace plastů, mohou významně zvýšit efektivitu recyklačních procesů [19]. Digitalizace umožňuje transparentnější sledování toku odpadu a jeho lepší využití v průmyslu [20]. Celkově legislativní rámec a politiky v oblasti odpadového hospodářství směřují k udržitelnějšímu a efektivnějšímu nakládání s odpady s cílem minimalizovat

negativní dopady na životní prostředí a maximalizovat využití surovin v oběhovém hospodářství. V tomto směru hrají klíčovou roli nejen vlády a regulační orgány, ale i průmyslové podniky a občanská společnost, které se musí aktivně podílet na zavádění inovativních řešení a změně spotřebitelského chování [21].

2.2 Hlavní kategorie odpadu ve stravovacích zařízeních

Stravovací zařízení, ať už jde o restaurace, jídelny, cateringové společnosti nebo fast foody, generují širokou škálu odpadů. Tyto odpady je nutné správně identifikovat, třídit a zpracovávat, aby se minimalizoval jejich negativní dopad na životní prostředí a zajišťovala se efektivní ekonomická a environmentální udržitelnost. Hlavní kategorie odpadu ve stravovacích zařízeních zahrnují biologicky rozložitelný odpad, obaly, nebezpečné odpady, a další specifické druhy odpadu, které mají různé způsoby nakládání a zpracování [22,23].

Gastroodpad je definován jako **biologicky rozložitelný odpad** a je jedním z nejvýznamnějších odpadů ve stravovacích zařízeních. Dělí se podle původu na průmyslový (z potravinářské výroby), institucionální (z nemocnic, škol) a domovní (z domácností). Dále se gastronomický odpad dělí podle stavu potravin na prošlé potraviny, odpad z přípravy pokrmů a dále více nespecifikovaný. Podle nutnosti přímé spotřeby se dělí na odpady z provozoven, kde se vyrábí jídlo k přímé spotřebě (např. restaurace, jídelny), a na odpady z maloobchodních prodejen či potravinářských podniků [24].

Gastroodpad zahrnuje potravinový odpad, který je zbytečně vyhozený, například zbytky jídel, ovoce a zeleniny, nebo odpad vznikající při přípravě a servírování jídel v restauracích, jídelnách, stravovacích a jiných podobných zařízeních. Jedná se o potravinový odpad z výroby, produkce a také o potravinářské výrobky, které neodpovídají kvalitativně, nebo o nespotřebované zbytky jídel a potravin. Tento druh odpadu představuje nejen ekologický problém, ale i značné ztráty materiálních zdrojů. Mnoho stravovacích zařízení se v současnosti zaměřuje na kompostování tohoto odpadu, což je šetrné k životnímu prostředí a pomáhá uzavřít materiálové cykly v souladu s principy oběhového hospodářství. V České republice jsou tyto odpady označeny ve vyhlášce č. 8/2021 Sb., katalog odpadů, jako biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven s katalogovým číslem 20 01 08 [22, 23, 25].

Odpad z obalových materiálů je dalším významným odpadem v gastronomii, jelikož je obal nedílnou součástí většiny potravin a nápojů. Restaurace i další stravovací

zařízení produkují široké spektrum obalových odpadů, jako jsou plastové, skleněné, kovové nebo papírové obaly. Plastové obaly, jako jsou obaly na nápoje, plastové kelímky, sáčky a fólie, jsou zvlášť problematické, protože jsou často jednorázové a těžko se recyklují. Nadměrné a jednorázové používání obalů však může mít negativní dopady na životní prostředí v podobě velkého množství vznikajícího odpadu. V souladu s legislativními požadavky, jako je evropská směrnice o odpadech a předpisy o nakládání s obaly, by měla stravovací zařízení minimalizovat používání jednorázových obalů, preferovat materiály, které jsou recyklovatelné nebo biologicky rozložitelné, a efektivně třídit odpad [26].

Nebezpečné odpady se od dříve uvedených odpadů liší tím, že vykazují alespoň jednu z nebezpečných vlastností uvedených v seznamu nebezpečných vlastností odpadů. V případě odpadů z gastronomických zařízení mezi tyto vlastnosti patří hořlavost, zdravotní škodlivost, toxicita ale také infekčnost. Nebezpečné odpady ve stravovacích zařízeních mohou zahrnovat různé chemikálie, jako jsou čisticí prostředky, dezinfekční prostředky, čisticí oleje, nebo jiné toxické látky, které se používají během údržby a čištění zařízení. Tento typ odpadu vyžaduje speciální zacházení, protože může představovat riziko pro zdraví lidí i pro životní prostředí. Stravovací zařízení by měla mít jasně stanovené postupy pro bezpečné skladování, třídění a likvidaci těchto odpadů podle platné legislativy [27].

I když **elektroodpad** není v gastronomii nejběžnější, stravovací zařízení mohou produkovat elektroodpad ve formě starých spotřebičů, jako jsou ledničky, mixéry, kávovary nebo mikrovlnné trouby. Tyto produkty obsahují nebezpečné materiály, jako jsou těžké kovy, které musí být zlikvidovány v souladu s přísnými environmentálními normami. Správné zpracování elektroodpadu je klíčové pro prevenci znečištění životního prostředí a pro recyklaci cenných materiálů. Podle pokynů pro implementaci pravidel o nakládání s elektroodpadem (Management) z roku 2016 jsou výrobci elektrických a elektronických zařízení odpovědni za zajištění toho, aby elektroodpad byl předán autorizovanému demontážnímu nebo recyklačnímu zařízení. Tento princip je známý jako rozšířená odpovědnost výrobce (Extended Producer Responsibility – EPR). Výrobci mohou EPR realizovat třemi způsoby (i) zpětným odběrem elektroodpadu, (ii) zřízením sběrných center, (iii) nasměrováním elektroodpadu k autorizovaným demontážním zařízením. Pokud se elektroodpad vyhodí spolu s organickým odpadem na skládky, dochází k úniku těžkých kovů, jako jsou nikl, kadmium a olovo, do životního prostředí.

Proto je nezbytné, aby elektroodpad byl tříděn již u zdroje a předáván autorizovaným recyklačním zařízením [28].

Odpady vznikající při údržbě a hygieně prostor stravovacích zařízení zahrnují například jednorázové čisticí pomůcky (houbové podložky, papírové utěrky), čištění a výměnu filtrů v digestořích, nebo použité kartáče a hadice. Tento odpad, i když může být zčásti recyklován, často končí na skládkách nebo je spalován. Vzhledem k tomu, že některé z těchto materiálů mohou obsahovat chemikálie nebo toxické látky, je důležité, aby byla tato kategorie odpadu správně tříděna a zpracována [29].

Textilní odpad ve stravovacích zařízeních zahrnuje převážně oblečení pracovníků (zástěry, rukavice, čepice) a další textilie používané v kuchyni, jako jsou utěrky nebo ubrusy. Tento odpad je možné recyklovat nebo znovu použít, pokud je zachován v dobrém stavu. V některých případech může být textilní odpad považován za nebezpečný, pokud obsahuje znečištění chemikáliemi z čisticích prostředků nebo jiných látek, což vyžaduje speciální zacházení. Čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné tkaniny jsou zařazeny dle katalogu odpadů pod číselným kódem 15 [25, 30].

Efektivní nakládání s odpady ve stravovacích zařízeních je zásadní pro ochranu životního prostředí a zajištění udržitelného provozu těchto podniků. Každý opad vyžaduje specifické postupy třídění, zpracování a likvidace, aby bylo možné minimalizovat negativní dopady na životní prostředí. V současnosti se stále více stravovacích zařízení zaměřuje na implementaci oběhového hospodářství, což vede k většímu důrazu na prevenci vzniku odpadu, recyklaci a opětovné využití materiálů [31].

V České republice, stejně jako v dalších zemích, čelí sektory stravování, včetně školních jídelen, restaurací a dalších stravovacích zařízení, významným výzvám v oblasti odpadového hospodářství. Zajištění efektivního nakládání s odpady je klíčové nejen z hlediska legislativy, ale i s ohledem na udržitelnost a ekologické dopady. Restaurace i další stravovací zařízení musí plnit zákonné povinnosti vyplývající ze zákona č. 541/2020 Sb. o odpadech [9]. Zařízení, jako jsou školní menzy, univerzitní jídelny nebo závodní stravování, produkují různé typy odpadů jako je gastroodpad (největší část odpadu tvoří zbytky potravin, nevyužité porce a potraviny, které jsou vyřazeny kvůli překročení data spotřeby), obalový odpad, kdy mezi hlavními obaly dominují plastové obaly, jednorázové nádobí, papírové obaly a fólie, které jsou často těžko recyklovatelné. Dále tukové a olejové odpady vznikají při vaření a přípravě jídel, obvykle při smažení nebo fritování. Dalším významným odpadem jsou chemikálie a čisticí prostředky. Čisticí prostředky a dezinfekce používané z důvodu hygieny v kuchyních a jídelnách, pokud

nejsou správně likvidovány, mohou mít negativní dopad na životní prostředí. V České republice je odpadové hospodářství v zařízeních srovnatelných s menzami stále v procesu zlepšování. Důležitými faktory, které ovlivňují současný stav, jsou legislativní rámec, třídění odpadu a kompostování. Česká legislativa v oblasti odpadového hospodářství je v souladu s evropskými směrnicemi, zejména s cílem snižování množství odpadu ukládaných na skládkách. V roce 2020 byla implementována novela zákona o odpadech, která stanovuje cíle pro recyklaci a minimalizaci odpadu [9,32-34].

Co se týče třídění odpadu, tak v některých školních a závodních jídelnách se třídí odpad na jednotlivé druhy, jako jsou plast, papír, sklo a bioodpad. Nicméně, implementace těchto postupů není vždy jednotná, a u některých zařízení stále existují problémy s dodržováním zásad třídění odpadu. Mnoho školních jídelen a restaurací začíná využívat kompostování potravinového odpadu, což je krok směrem k ekologičtějšímu nakládání s odpady. Tento přístup je však zatím spíše v pilotní fázi. Z hlediska katalogu odpadů se v menzách vyskytují nejčastěji odpady 150101 – Papírové a lepenkové obaly, 150102 – Plastové obaly, 150105 – Kompozitní obaly jako je Tetrapack a další nápojové kartony, 150107 – Skleněné obaly, 190809 – Směs tuků z odlučovačů oleje, což jsou obsahy tukového lapolu, 200108 – Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven, 200125 – Jedlý olej a tuk a 200301 – Směsný komunální odpad [32-34].

2.3 Odpadové hospodářství ve velkokapacitních stravovacích zařízeních v ČR

Zmapování situace v oblasti odpadového hospodářství ve velkokapacitních zařízeních srovnatelných s menzami v České republice ukazuje, že v oblasti třídění a recyklace odpadu existují pozitivní kroky, ale i mnoho výzev. Úspěch v této oblasti bude záviset na spolupráci mezi vládními institucemi, školami, restauracemi a občany, a na přijetí efektivních systémů pro minimalizaci odpadu, jeho recyklaci a zpracování. Implementace ekologických metod v každodenním provozu školních a závodních jídelen může vést k významnému snížení environmentálních dopadů a podpořit udržitelnost v oblasti stravování [32-34].

Jedním z cílů zákona o odpadech bude podpora třídění komunálního odpadu a efektivní zpracování gastroodpadu s živočišnou složkou, který dosud převážně končí

na skládkách bez dalšího využití. Po jeho vstupu v platnost na začátku roku 2027 nebo 2028 by obce měly mít povinnost oddělovat gastroodpad od směsného komunálního odpadu. Ve více než dvaceti českých městech a obcích již úspěšně probíhá sběr tohoto typu odpadu prostřednictvím projektu „tridimgastro.cz“, který spustila společnost Energy financial group (EFG). Tímto způsobem chce pomoci vytvořit funkční systém nakládání s odpady v obcích. To by mělo nejen snížit objem odpadu na skládkách, ale také přispět k výrobě zelené energie. [35,36].

Objem odpadu končící na skládkách v České republice by se mohl snížit tříděním kuchyňského odpadu neboli gastroodpadu, který běžně tvoří až třetinu obsahu černých popelnic. Místo skládkování mohou zbytky z domácností sloužit jako obnovitelný zdroj a být zpracovány na zelenou elektřinu, teplo a biomethan (BioCNG). Ministerstvo životního prostředí proto plánuje podpořit efektivní využití tohoto odpadu prostřednictvím vyhlášky č. 273/21 Sb., O podrobnostech nakládání s odpady. Vyhláška by měla vstoupit v platnost roku 2025, přičemž její účinnost se aktuálně projednává pro leden 2027 nebo 2028 [35].

Přestože se jedná o aktuální téma, dostupné informace nejsou ucelené a specifická data o nemocničních jídelnách se nepodařilo dohledat – většina zdrojů se zaměřuje na školní jídelny. Vzhledem k tomu, že do roku 2025 probíhá monitoring množství vyhozeného odpadu, nejsou k dispozici novější publikace, spíše webové stránky z let 2024 a 2025 s konkrétními příklady. Sektory veřejného stravování, jako školní jídelny, nemocnice a sociální služby, jsou významnými producenty potravinového odpadu, proto organizace Zachraň jídlo zahájila měření odpadů ve čtyřech školních jídelnách, čtyřech domovech pro seniory a dvou nemocnicích v Praze. Měření se zbývá kvantifikací odpadů v kuchyni, při výdeji a po konzumaci jídel, a identifikací zbylých pokrmů vhodných k darování [37, 38].

Příkladem efektivního darování je pilotní projekt na První jazykové základní škole v Praze 4, která během tří měsíců darovala 1 522 jídel z toho 668 porcí polévky, 614 hlavních chodů, 155 porcí příloh a 85 svačin místo jejich vyhození. Tato jídla by jinak skončila jako odpad. Škola je s výsledky natolik spokojená, že se rozhodla v darování pokračovat i po skončení pilotní fáze. Tyto pokrmy pomohly podpořit azylový dům pro rodiny s dětmi. Tento přístup ukazuje, jak lze spojit prevenci plýtvání s pomocí potřebným. Obědy jsou ve školní jídelně vyzvedávány zaměstnanci azylového domu, kteří je následně předávají klientům ve společné kuchyni, čímž je zajištěn rychlý a efektivní přenos pokrmů [37, 38].

Dalším příkladem z České republiky je, že v Tanvaldu na Jablonecku byla otevřena první Zero Waste školní jídelna, která minimalizuje produkci potravinového odpadu. Nespotřebované jídlo je darováno potřebným, přičemž zbylé potraviny, jejichž množství je minimální, jsou likvidovány prostřednictvím kompostování. Tento model vychází ze skandinávských zkušeností se školním stravováním a prokázal svou efektivitu již při testování na škole ve Šumburku, kde došlo k redukci odpadu o 80–90 %. Ve všech tanvaldských základních školách byly zavedeny samoobslužné pulty, které umožňují žákům samostatně si volit porce, čímž se významně snižuje množství vyhozeného jídla. Tento přístup zároveň podporuje zodpovědné chování dětí vůči potravinám. Město Tanvald díky této inovaci šetří nejen náklady na suroviny, ale i na pracovní síly, přičemž v jídelnách se používají kvalitní biopotraviny, čerstvé ryby a domácí produkty [39].

Z univerzitního prostředí v České republice je příkladem menza na Mendelově Univerzitě v Brně, která zaznamenala v roce 2025 pozitivní změny díky novému samoobslužnému systému. V porovnání s předchozím výdejem, kdy bylo produkováno 60–70 litrů odpadu denně, se množství potravinového odpadu snížilo na průměrných 17 litrů denně. Tento pokles je výsledkem toho, že si strávníci nyní mohou volit množství i složení jídel [40].

2.3.1 Specifika provozu menz a obdobných stravovacích zařízení

Provozní specifika menz a dalších stravovacích zařízení se týkají nejen technického a personálního zajištění, ale i úpravy jídelníčku, provozní doby, struktury strávníků a efektivity rozdělení porcí. Prvním významným faktorem je **organizace provozu**. V menzách jsou různé modely výdeje jídla, jako jsou výdejní pulty, bufety nebo stoly, kde si strávníci sami vybírají jídlo. Dále mohou existovat možnosti platby předem (např. formou předplatného nebo kreditní karty) nebo platba na místě. Druhým ggbvýznamným faktorem je **provozní doba**, která je obvykle rozdělena do několika časových bloků (snídaně, oběd, večeře), přičemž se mění v závislosti na denní době a specifických potřebách strávníků, například při zajištění stravování pro školní a univerzitní akce. A posledním klíčovým aspektem je množství lidí, kteří mohou být obslouženi, a struktura strávníků (např. studenti, zaměstnanci, veřejnost) ovlivňují organizaci výdeje a správu čekacích dob. Dalším klíčovým aspektem pro zmapování specifika menz a dalších stravovacích zařízení je **optimalizace jídelníčku**, což konkrétně znamená zajištění pestré a vyvážené stravy pro širokou veřejnost, která odpovídá

legislativním normám a zároveň zohledňuje preference strávníků. Prvním důležitým bodem je tedy vyváženost stravy. Jídelníček je sestaven tak, aby vyhovoval legislativním požadavkům a současně byl pestrý a zdravý. Zohledňují se nutriční hodnoty, alergeny a speciální požadavky strávníků (například vegetariánská, veganská nebo bezlepková jídla). Dalším bodem je dostupnost a sezónnost surovin. Menza se často zaměřuje na využívání sezónních a lokálních surovin, což zajišťuje čerstvost jídla a podporuje ekologickou udržitelnost. Posledním bodem z hlediska optimalizace jídelníčku jsou speciální nabídky a systémy pro přizpůsobení jídel (například možnost volby velikosti porce nebo individuálních preferencí). Neméně důležité je **personální zajištění** s důrazem na školení zaměstnanců pro správné třídění odpadu, hygienické požadavky a přípravu jídel. Personální zajištění má tři důležité body, a to kvalifikovaný personál, což znamená zajištění kvalifikovaných pracovníků pro přípravu jídla, údržbu hygienických standardů a obsluhu strávníků. Druhým bodem je **š**kolení a osvěta, kdy je personál pravidelně školen na správné postupy v oblasti hygieny, bezpečnosti potravin, třídění odpadu a komunikace se strávníky. Posledním bodem je zákaznický servis, což znamená efektivní komunikace a řešení případných problémů, jako je výběr jídel, alergeny, nebo přizpůsobení pokrmů podle individuálních potřeb strávníků [41-44].

2.3.2 Produkce odpadu v menzách

Produkce odpadu v menzách je významným environmentálním tématem, které zahrnuje jak potravinový odpad, tak i obalový materiál. Poskytovatel stravovacích služeb je nejvýznamnější faktor ovlivňující vznik potravinového odpadu ve školách; dalšími relevantními faktory jsou množství připraveného jídla, velikost porcí, umístění kuchyně, jídlo poskytované na dopolední přestávku, složení menu a geografická oblast [45]. Vysokoškolské menzy, školní jídelny i závodní stravovací zařízení produkují značné množství odpadu, jehož složení a objem závisí na počtu strávníků, způsobu výdeje jídel, používaných surovinách a efektivním skladování. Dostupné studie a zprávy uvádějí, že potravinový odpad může tvořit 30–50 % celkového odpadu generovaného v menzách. Studie Ministerstva životního prostředí ČR uvádí, že průměrná menza vyprodukuje přibližně 70–100 gramů potravinového odpadu na jednoho strávníka za den. Analýza ProVeg International z roku 2023 zkoumala složení odpadu ve vysokoškolských menzách v Evropě a zjistila, že největší podíl potravinového odpadu tvoří nevyužité porce a zbytky nedojedeného jídla. Výzkum Univerzity Karlovy ukázal, že efektivní plánování

jídelníčku a možnost předobjednávek může snížit množství potravinového odpadu až o 20 % [46].

Současně se Univerzita Karlova zapojila do projektu zaměřeného na výzkum a prevenci plýtvání potravinami mezi mladými lidmi, známého jako "Nejsme Generace Trash". Tento projekt se soustředí na generaci Z, která podle prvotních výsledků plýtvá potravinami více než předchozí generace, zejména při samostatném bydlení na kolejích. Výzkum probíhá na vybraných univerzitních kolejích v České republice a zahrnuje dotazníková šetření, analýzu komunálního odpadu a deníkové záznamy studentů o vyprodukovaném potravinovém odpadu. Cílem je získat relevantní data o vlivu komunikačních strategií na změnu chování směrem k udržitelnosti a snížit plýtvání potravinami nejen mezi mladými lidmi, ale i v celé společnosti [47]. Výsledky těchto studií zdůrazňují potřebu efektivního plánování jídelníčků a zavedení systémů předobjednávek v menzách, což by mohlo významně přispět ke snížení potravinového odpadu. Implementace těchto opatření by mohla vést k odpovědnějšímu nakládání s potravinami a podpořit udržitelnější stravovací návyky mezi studenty [47].

Dalšími studiemi a projekty je například projekt „Zero Waste Menza“ ve Švédsku, kde byl testován systém měření odpadu a zpětné vazby pro kuchaře a strávníky. Po půl roce došlo k 35% snížení vyhozených jídel [48]. Tento úspěch podtrhuje efektivitu transparentního sledování odpadu a aktivního zapojení všech zúčastněných stran do procesu jeho minimalizace. Například německé město Kiel se jako první v zemi připojilo k iniciativě Zero Waste, čímž projevilo závazek k udržitelnosti a snižování produkce odpadu [49]. V České republice se organizace jako Zerowasters věnují osvětě a vzdělávání v oblasti udržitelné spotřeby a šetrného životního stylu. Mezi jejich projekty patří například "Týden bez odpadu", který motivuje jednotlivce, školy, firmy a další subjekty k aktivnímu zapojení do minimalizace odpadu a přechodu na udržitelnější způsoby života [50].

Významná byla taktéž iniciativa „Stop Food Waste in Canteens“ ve Francii, která se zaměřila na edukaci personálu i studentů, což vedlo k výraznému poklesu vyhozených jídel [51]. Dalšími významnými projekty ve světě jsou například Guardians of Grub (Spojené království), ResQ Club (Finsko, Švédsko, Estonsko), Food Waste Challenge (USA) nebo Studierendenwerk Thüringen (Německo). Guardians of Grub je iniciativa vedená organizací WRAP (Waste and Resources Action Programme), která si klade za cíl snížit potravinový odpad v sektoru pohostinství a stravovacích služeb. Kampaň poskytuje profesionálům praktické nástroje, jako jsou kalkulačky úspor, vzdělávací kurzy

a případové studie, které jim pomáhají identifikovat a implementovat opatření ke snížení plýtvání potravinami. Důraz je kladen na principy "Target-Measure-Act" (Cílit-Měřit-Jednat), které podporují systematický přístup k řešení problému. Iniciativa také organizuje akce, jako je "Food Waste Action Week", zaměřené na zvýšení povědomí a sdílení osvědčených postupů v boji proti potravinovému odpadu [52]. ResQ Club je mobilní aplikace, která propojuje restaurace, kavárny a obchody s potravinami s uživateli, kteří mohou zakoupit přebytečné jídlo za sníženou cenu. Cílem je snížit množství potravinového odpadu tím, že se neprodané pokrmy nabídnou spotřebitelům místo toho, aby byly vyhozeny. Uživatelé si mohou prostřednictvím aplikace prohlédnout dostupné nabídky ve svém okolí, zaplatit online a následně si jídlo vyzvednout. Tímto způsobem ResQ Club nejen pomáhá snižovat plýtvání potravinami, ale také poskytuje spotřebitelům možnost kvalitního stravování za výhodnější ceny [53]. Food Waste Challenge je iniciativa americké Agentury pro ochranu životního prostředí (EPA), která vyzývá organizace, včetně školních jídelen a univerzitních menz, aby se zavázaly ke snížení potravinového odpadu. Program poskytuje účastníkům zdroje a nástroje pro měření a snižování odpadu, podporuje sdílení osvědčených postupů a nabízí platformu pro hlášení pokroku. Cílem je nejen snížit množství potravinového odpadu, ale také zvýšit povědomí o jeho dopadech na životní prostředí a ekonomiku [54]. Studierendenwerk Thüringen je projekt realizovaný v německých univerzitních menzách, který se zaměřuje na snižování používání plastů. Například od března 2019 jsou na všech salátových barech používány jednorázové misky, které jsou kompostovatelné [55].

Studie Kasavana a kol. zjistila, že celkové množství potravinového odpadu generovaného v deseti školních jídelnách v Malajsii je přibližně 101,3 kg/den. Studie také zjistila, že průměrný potravinový odpad ve školách je 6,4 g na porci denně a 12,2 g na osobu denně. Základní potraviny a zelenina jsou nejčastěji vyhazované položky, zatímco ostatní druhy potravin představují menší odpad. Hmotnostní bilance surovin v procesu výroby jídel ukazuje, že 82,6 % celkového vstupu potravin je využito k přípravě jídel, zatímco zbývajících 17,4 % skončí jako potravinový odpad. Tyto výsledky zdůrazňují význam kvantifikace potravinového odpadu ve školních jídelnách a mohou pomoci při identifikaci oblastí s největším potenciálem pro snížení odpadu. Studie doporučuje implementaci strategií zaměřených na prevenci plýtvání potravinami a zvyšování povědomí mezi studenty a personálem školních jídelen [56].

Boschini a kol. provedli průzkum na 4 základních školách současně, kde bylo denně monitorováno 576 studentů pod dohledem a v průměru každý účastník denně

vyprodukoval 107 g zbytečného odpadu na talíři [45]. Měření zahrnovala kvantifikaci připraveného jídla, zbytků na talířích a nevyužitého jídla, přičemž každá složka byla vážena zvlášť pro jednotlivé chody. Hlavní zjištění studie ukazují, že klíčovým faktorem ovlivňujícím množství potravinového odpadu je poskytovatel stravovacích služeb. Další významné faktory zahrnují množství připraveného a servírovaného jídla, velikost porcí, umístění kuchyně, složení jídelníčku a geografickou oblast. Tyto faktory mají vliv na množství nezkonzumovaného jídla a naznačují oblasti, na které by se měly zaměřit strategie pro snížení potravinového odpadu ve školních jídelnách. Studie zdůrazňuje důležitost porozumění těmto faktorům pro efektivní implementaci opatření ke snížení plýtvání potravinami v školních stravovacích zařízeních [57].

V roce 2024 byla provedena studie na Univerzitě Palackého v Olomouci na téma plýtvání jídlem v menze, kdy se tato práce zabývala analýzou množství potravinového odpadu v menzách Univerzity Palackého v Olomouci a zkoumala možné strategie ke snížení tohoto plýtvání a zjišťovala názory strávníků na danou problematiku. Výzkum ukázal, že strávníci jsou odpovědní za více než polovinu veškerého odpadu, přičemž nejvíce se plýtvá přílohami, zejména bramborami a rýží. Autorka práce navrhla konkrétní opatření ke snížení plýtvání, jako je zavedení objednávkového systému nebo nabídka různých velikostí porcí. Tato doporučení by měla vést k efektivnějšímu nakládání s potravinami v univerzitních menzách. Kromě toho tato práce získala první místo v soutěži Czech Envi Thesis 2024 [57]. Dle práce z roku 2025 s názvem „Téměř třetina pokrmů ve školních jídelnách se vyhodí“ [58], který informuje o výzkumu provedeném ve čtyřech školních jídelnách v Praze, a který ukázal, že odpad z talířů žáků a nevydané pokrmy tvoří dohromady 31 % z hmotnosti uvařených pokrmů. Studie je součástí projektu Prague Food Waste, zaměřeného na měření potravinového odpadu v příspěvkových organizacích a domácnostech v Praze. Cílem projektu Prague Food Waste je analyzovat množství potravinového odpadu produkovaného ve školních jídelnách, domovech pro seniory, nemocnicích a různých typech domácností v Praze. Na realizaci projektu se podílela organizace Zachraň jídlo, Mendelova univerzita v Brně a výzkumné instituce INESAN a GREEN Solution. Vše začalo na přelomu let 2023 a 2024, kdy proběhlo první anonymizované měření ve 4 školních jídelnách, které denně připravují jídlo pro 400 až 600 žáků. Výsledky ukázaly, že z celkového objemu odpadu vznikajícího v těchto jídelnách (33,8 %) pochází téměř polovina (48 %) z nesnědených jídel na talířích žáků, 43 % tvoří nevyužité pokrmy ve výdejní části a 9 % představují zbytky z přípravy jídel [58].

2.3.3 Příklady dobré praxe a inovativní přístupy ke snižování odpadu

Školní jídelny představují klíčovou oblast, kde lze efektivně implementovat strategie ke snižování potravinového odpadu. Inovativní přístupy a příklady dobré praxe se zaměřují nejen na změny v procesu přípravy a distribuce jídla, ale i na změnu chování strávníků a zaměstnanců. Následující příklady ukazují, jak školní jídelny mohou efektivně snižovat množství odpadu a zároveň přispět k environmentální udržitelnosti [59,60].

Některé školní jídelny jako je třeba První jazyková základní škola v Praze 4 se zaměřují na **využití zbytkového jídla na další zpracování** spolupracují s organizacemi zaměřenými na záchranu potravin, které převádějí nevyužité potraviny na další produkty, například svačiny pro studenty nebo občerstvení pro různé akce. Tato praxe nejen snižuje plýtvání, ale také pomáhá vyřešit problém s přebytky potravin. Účel je snížení odpadu, efektivní využití potravin a pomoc komunitám v nouzi [38,59,60]. Některé školy jako je základní škola v Tanvaldu na Jablonecku zavádějí kompostování organického odpadu, který se následně využívá k hnojení školních zahrad. Výhodou je zvýšená informovanost o odpadech a jejich správném nakládání, podpora ekologických praktik mezi studenty, snížení množství směsného odpadu. V této škole je zaveden i **systémy na třídění odpadu** přímo ve školní jídelně. Žáci jsou školeni, jak správně třídit odpady, včetně organického odpadu, plastů a papírových obalů [39, 59 ,60]. Inovativní přístup zahrnuje také **přípravu jídel na míru s ohledem na sezónní a místní suroviny**, které mohou snížit množství odpadu spojeného s importem potravin. Jídelny, které zohledňují preference studentů a omezují předpřipravené pokrmy, mohou snížit množství odpadu díky lepší kontrole nad ingrediencemi a porcemi. Výhodou je zajištění čerstvosti jídla, snížení obalového odpadu, podpora místních farmářů, minimalizace plýtvání díky větší flexibilitě v přizpůsobování jídelního lístku. Tento přístup je zahrnut do jisté míry i v menze na Mendelově Univerzitě v Brně díky novému samoobslužnému systému, kde si studenti můžou volit velikost porcí a také v již zmíněném Tanvaldu, kde díky samoobslužnému pultu, který významně snižuje množství jídla šetří nejen náklady na suroviny, ale i na pracovní síly, čímž mají dostatek financí na kvalitní biopotraviny, čerstvé ryby a domácí produkty a výrazně tím snižují vaření z mražených polotovarů [40, 59, 60]. Některé školy jako je třeba základní škola Mníšek pod Brdy a základní škola Hradec nad Moravicí jdou cestou **osvěty a angažovanosti studentů** a zavedly vzdělávací programy o výhodách správného nakládání s potravinami

a odpadem k tomu využívají i **předcházení vzniku potravinového odpadu pomocí transparentnosti** a implementují systémy, které umožňují sledování a analýzu potravinového odpadu v reálném čase, kdy ve vybraných týdnech přistoupili k vážení zbytků, což dává možnost přesně určit, jaké jídlo se nejčastěji vyhazuje. Tyto informace mohou být použity k úpravě jídelního lístku a procesů přípravy jídla s cílem minimalizovat plýtvání. Výsledkem může být efektivní řízení nabídky jídla podle poptávky, snížení odpadu, cílené zlepšení provozních procesů [59-61].

2.3.4 Bariéry a výzvy při implementaci udržitelných opatření

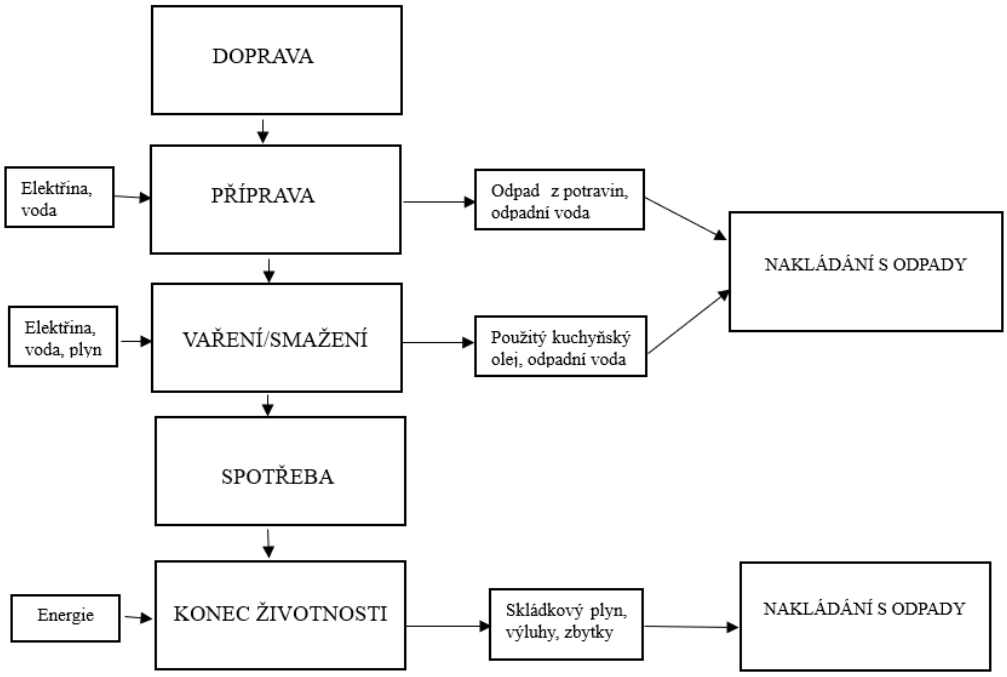
Implementace udržitelných opatření ve školních jídelnách a menzách čelí několika bariérám a výzvám, které mohou bránit efektivnímu dosažení cílů v oblasti snižování odpadu, zajištění ekologičtějšího provozu a zlepšení celkové udržitelnosti. Mezi hlavní překážky patří (i) finanční a materiální náročnost, (ii) nedostatek informovanosti a (iii) nedostatečné školení personálu a neprosazení změn ve stravování, například ve změně velikosti porcí [62,63].

Zavedení udržitelných opatření, jako je zavádění ekologických obalů, systémů na třídění odpadu, nebo investice do energeticky úsporných technologií, může být pro školní jídelny **finančně a materiálově náročné**. Mnoho školních zařízení čelí omezenému rozpočtu, což může zpomalit přijetí těchto inovativních postupů. Dalším problémem je i počáteční investice do nových technologií, které se však mohou v dlouhodobém horizontu vyplatit. Pro efektivní implementaci udržitelných opatření je nezbytné, aby personál menzy byl **dostatečně informován** o výhodách a způsobech zavádění udržitelných praktik. Bez adekvátního školení a osvěty může být náročné zajistit správné třídění odpadu, efektivní využívání zdrojů nebo vyváženou přípravu jídel, která by minimalizovala odpad. Pro mnoho lidí, včetně studentů a personálu, je těžké **měnit své stravovací návyky** nebo zvyky týkající se odpadového hospodářství. Zavedení nových stravovacích systémů, změny ve velikosti porcí nebo přechod na jiné formy stravování mohou být vnímány jako nepohodlné nebo nežádoucí. V některých případech může být implementace udržitelných opatření v menzách omezena administrativními nebo legislativními překážkami. Příkladem může být nedostatečná podpora od státu, nejasné legislativní normy nebo složitá byrokracie spojená s přechodem na ekologičtější postupy [62,63].

2.4 Environmentální dopady odpadů z gastronomického sektoru

Velkokapacitní stravovací zařízení zatěžují životní prostředí různou mírou podle typu používaných potravin, způsobu jejich přípravy, produkcí odpadu a nakládáním s ním. Potravinový odpad vzniká v různých fázích provozu, jako je příprava, servírování a zbytky vyhozené strávníky. Při hodnocení dopadů na životní prostředí je ke zjevným potravinovým a obalovým odpadům, odpadní vodě a provozním chemikáliím započítána energetická a emisní náročnost samotného procesu přípravy jídla, ale i dodavatelského řetězce a transportu, které přispívají k ekologickému zatížení. Množství a složení odpadu mají významné environmentální důsledky, jako jsou emise skleníkových plynů nebo plýtvání vodou a energií. Hodnocení dopadů gastroodpadů je klíčové pro posouzení environmentálních dopadů gastronomických provozů. Kromě vyřazených potravin a nesnězených porcí pochází značné množství odpadu z přípravy jídel. Tento odpad často končí na skládkách jako komunální odpad. Ekonomicky výhodné může být jeho energetické využití, například prostřednictvím výroby bioplynu biodegradací nebo spalováním smíšeného odpadu za účelem produkce syntézního plynu. Podrobná analýza fyzikálních a chemických vlastností odpadu pomáhá určit, zda je materiál vhodný pro termochemickou přeměnu. Spaliny vzniklé při pyrolýze mohou být využity jako palivo nebo po vyčištění jako surovina pro chemický průmysl. Tímto způsobem může energetické využívání potravinového odpadu přinést dlouhodobý ekonomický přínos. Pro plynulý provoz výroby syntézního plynu je zásadní zajistit pravidelný přísun odpadu, což často vyžaduje kombinaci potravinového odpadu s dalšími vhodnými surovinami [64].

Analýza životního cyklu potravinového odpadu ukazuje, že největší environmentální dopad mají fáze přípravy a závěrečná fáze. Tradiční spalování zvyšuje zátěž téměř dvakrát více než skládkování, zatímco kompostování je šetrné k životnímu prostředí a spotřebovává méně energie. Kontrolované vaření také může přispět k efektivnějšímu využívání energie. Tyto výsledky mohou pomoci při tvorbě udržitelnějších metod stravování. Pro zmírnění dopadů je důležité minimalizovat potravinový odpad (lepší plánování, skladování a snížení plýtvání), kompostovat, recyklovat obaly, využívat energeticky úsporné technologie a používat ekologické čisticí prostředky. Tato opatření pomohou školním kantýnám stát se ekologičtějšími a udržitelnějšími [65].



Obrázek 2: LCA analýza produktu v restauraci [65]

Hodnocení environmentálních dopadů lidských činností, včetně provozu gastronomických zařízení, nabývá stále větší důležitosti. Jedním z nejvhodnějších nástrojů pro tento účel je posouzení životního cyklu (LCA), které umožňuje komplexní zhodnocení environmentálních aspektů a potenciálních dopadů produktu během celého životního cyklu od získání surovin až po nakládání s odpady (Obrázek 2). V gastronomických zařízeních pomáhá identifikovat oblasti s největším environmentálním zatížením, jako je produkce a přeprava potravin, spotřeba energií a vody, vznik odpadů, zejména potravinového odpadu, a jejich zpracování. Výsledky takové analýzy mohou sloužit k návrhu opatření ke snížení negativních dopadů a podpoře udržitelnějších praktik [66, 67].

Pro hodnocení gastroodpadů s využitím LCA se doporučuje přístup **kvantifikace a kategorizace potravinového odpadu**. Prvním krokem je systematické sledování a vážení odpadu. Je důležité rozlišovat různé zdroje odpadu a kategorizovat ho podle typu potraviny. Následuje **sběr dat o surovinách a procesech**, protože kromě odpadu je nezbytné shromáždit data o surovinách, technologiích a procesech, včetně nakládání s odpady. Další fází je **definice funkční jednotky a hranic systému**, tudíž je třeba definovat funkční jednotku (např. jedno jídlo) a stanovit hranice systému, které určují, které procesy budou zahrnuty do analýzy. Poté nastává **inventarizace životního cyklu**

(LCI), kdy se např. s využitím LCI databáze (např. Ecoinvent) shromažďují a kvantifikují vstupy a výstupy spojené s gastronomickým provozem. Následuje **hodnocení dopadů životního cyklu** (LCIA). V této fázi se kvantifikované vstupy a výstupy převádějí na environmentální dopady v kategoriích jako změna klimatu, acidifikace, eutrofizace a spotřeba zdrojů [66, 67].

Při hodnocení environmentálních dopadů je důležité zohlednit také časový aspekt působení jednotlivých látek. Některé škodlivé účinky se projeví bezprostředně po vnesení látky do prostředí, jiné mají dlouhodobý charakter, a jejich dopady mohou být patrné až s časovým odstupem. Například skleníkové plyny jako CO_2, zůstávají v atmosféře nebo jiných složkách životního prostředí po desítky až stovky let a jejich dopad se akumuluje v čase. To může vést ke globálně významným problémům, jako je změna klimatu. Tato časová proměnná komplikuje hodnocení dopadů, protože environmentální zátěž nelze vždy posuzovat pouze na základě aktuální koncentrace nebo okamžitého účinku. Podobně složitý časový vývoj dopadů lze pozorovat i u dalších environmentálních indikátorů [68].

Acidifikace, tedy okyselování prostředí, je způsobena emisemi oxidů síry a dusíku, které se v atmosféře mění na kyselé složky a následně v podobě kyselých dešťů dopadají na půdu a vodní plochy. Dopady acidifikace se často projeví až po letech, například v degradaci lesních porostů, změně složení půdy nebo úbytku vodních organismů. **Eutrofizace**, tedy nadměrné obohacení vod živinami, především dusíkem a fosforem, má rovněž dlouhodobý charakter. Její příčinou bývá zejména zemědělská činnost a splachy hnojiv. Následkem je přemnožení řas a sinic, úbytek kyslíku ve vodě a úhyn ryb, což se často projeví až po delší době hromadění těchto látek. Dalším příkladem je **poškození ozonové vrstvy**, způsobené látkami jako jsou chlorfluoruhlovodíky (CFC). Tyto látky se po uvolnění do ovzduší dostávají do stratosféry, kde narušují ozonovou vrstvu, která chrání před škodlivým ultrafialovým zářením. Proces rozkladu ozonu je pomalý a dlouhodobý a jeho důsledky, se mohou projevit až po mnoha letech. **Ekotoxicita**, tedy škodlivost chemických látek pro živé organismy v prostředí, je často spojena s látkami, které se hromadí v půdě, vodě nebo organismech a jejich účinky se mohou projevit až po dlouhodobé expozici. Tyto látky mohou ovlivnit celé potravní řetězce a přetrvávat v prostředí desítky let. **Tuhé částice v ovzduší** ($PM_{2.5}$) vznikají například při spalování fosilních paliv, v dopravě nebo při průmyslové činnosti. Vliv těchto částic na lidské zdraví může být bezprostřední například ve formě zhoršení dýchacích obtíží, ale jejich chronické působení může vést i k vážným onemocněním dlouhodobého charakteru. **Smog** se může

tvořit nárazově při specifických meteorologických podmínkách, látky, které k jeho tvorbě přispívají, se mohou v prostředí hromadit a působit opakovaně. Dlouhodobá expozice smogu má negativní vliv nejen na zdraví obyvatel, ale i na vegetaci či stav budov, proto při hodnocení environmentálních dopadů je nutné uvažovat nejen přítomnost škodlivých látek, ale také jejich setrvačnost, schopnost kumulace a časový aspekt působení jednotlivých látek [68].

Poslední fází je **interpretace výsledků**, která zahrnuje identifikaci klíčových faktorů s největším environmentálním dopadem a formulaci doporučení pro zlepšení výkonnosti a minimalizaci potravinového odpadu [66, 67].

V literatuře se objevuje stále více studií zaměřených na aplikaci metody posouzení životního cyklu (LCA) v gastronomii a hodnocení environmentálních dopadů potravinového odpadu. Lévesque a kol. (2023) analyzoval potravinový odpad v hotelech. Důraz byl kladen na hodnocení odpadu pomocí LCA, kde se ukázalo, že je důležité zaměřit se na druhy odpadu s největším environmentálním dopadem, jako je maso a mořské produkty [66]. Di Pierro a kol. (2023) se zaměřili na cíle udržitelného rozvoje v italském sektoru hotelů restaurací a kaváren. Tato studie hodnotila programy udržitelnosti. Zjistili, že tyto programy jsou v souladu s Cíli udržitelného rozvoje a podporují efektivní využívání zdrojů a prevenci odpadu [69]. Beretta a Hellweg (2019) kvantifikovali potravinový odpad ve švýcarském sektoru stravovacích služeb a hodnotili jeho environmentální dopady, přičemž se zaměřili na klimatické změny a biodiverzitu. Studie ukázala variabilitu v množství odpadu mezi různými zeměmi a sektory [66].

Mistretta a kol. (2019) analyzovali LCA environmentálních aspektů stravování v Itálii a zjistili, že klíčovým faktorem je fáze produkce potravin a minimalizace potravinového odpadu [66]. Filimonau a Ermolaev (2021) upozornili na nedostatečnou pozornost věnovanou potravinovému odpadu v ruském sektoru stravování a vyzvali k implementaci strategií pro jeho snížení [70]. Hodnocení environmentálních dopadů gastronomických zařízení pomocí metody LCA je důležitým nástrojem pro podporu udržitelnosti v tomto sektoru, zejména při minimalizaci potravinového odpadu a jeho negativních dopadů na životní prostředí [66].

2.5 Definice a význam uhlíkové stopy

Navzdory neustálému používání tohoto výrazu je zřejmé, že termín „uhlíková stopa“ nemá obecně přijímanou akademickou definici. Kromě toho existuje jistá míra nejasností

a možných nedorozumění ohledně toho, co tento termín znamená, co hodnotí a jaká jednotka by měla být použita. Původ tohoto termínu lze nalézt jako podmnožinu „ekologické stopy“, kterou navrhli Wackernagel a Rees (1996) [71]. Ta odkazuje na biologicky produktivní plochu souše a moře, která je potřebná k udržení určité lidské populace, a vyjadřuje se v globálních hektarech. Podle tohoto konceptu uhlíková stopa představuje plochu půdy potřebnou k asimilaci veškerého CO_2 produkovaného lidstvem během jeho životního cyklu. Ačkoli je tento výraz součástí ekologické stopy, obecně je přijímaný názor je, že uhlíková stopa představuje určité množství plynných emisí, které jsou považovány za významné pro změnu klimatu a jsou spojeny s výrobními a spotřebními aktivitami člověka. Toto je však téměř jediná oblast shody, protože neexistuje jednotný přístup k měření nebo kvantifikaci uhlíkové stopy. Uhlíková stopa může vycházet z přímých emisí CO_2 nebo může zahrnovat úplné emise skleníkových plynů v rámci životního cyklu. Přesné měrné jednotky nejsou jasně stanoveny. Otevřenou otázkou zůstává, co do uhlíkové stopy zahrnout, zda:

- pouze emise oxidu uhličitého,
- započítat i další skleníkové plyny jako je například methan,
- zahrnovat i jiné látky jako je oxid dusný, který ve své molekule uhlík neobsahuje
- omezit uhlíkovou stopu pouze na prvky s vysokým potenciálem globálního oteplování
- zahrnovat všechny zdroje emisí, včetně těch, jako jsou emise CO_2 z půdy, které pocházejí z fosilních paliv,
- zahrnovat pouze přímé emise spojené s výrobními procesy, nebo zohlednit i nepřímé emise.

Je rovněž nutné zvážit, zda by uhlíková stopa měla odrážet většinu vlivů životního cyklu spojených s využívaným zbožím a službami. Pokud ano, mělo by být určeno, kde stanovit hranici a jaké dopady kvantifikovat. Nakonec samotné slovo „stopa“ naznačuje určitou formu měření v plošných jednotkách. Například ta „ekologická“ se měří v hektarech, konkrétně v „globálních hektarech“ a má několik podkategorií, mezi které patří stopa dusíková, uhlíková (CFP) využití půdy, biodiverzity a dále také stopa vodní nebo energetická atd. Z tohoto pohledu lze tvrdit, že výše uvedené otázky mají zásadní důsledky pro celkové hodnocení celého procesu, což vede k základnímu závěru, že uhlíková stopa by měla být vnímána jako jednoduchý ukazatel, který vyjadřuje pouze množství uhlíkových emisí. Mnohé z těchto otázek již byly předmětem ekologické ekonomie jako vědního oboru. Nejčastěji je uhlíková stopa definována jako „ekvivalent

oxidu uhličitého v tunách odpovídající skleníkovým plynům vyprodukovaným antropogenními aktivitami“, tedy představuje celkové emise skleníkových plynů pocházející z produktu, činnosti nebo organizace. CFP se uvádí jako ekvivalent CO_2 přepočtem methanu a oxidů dusíku na CO_2. Je dobře známo, že celosvětová uhlíková stopa na obyvatele způsobená antropogenními aktivitami není udržitelná a může vést k nárůstu globálního oteplování nad 2 °C [71-74].

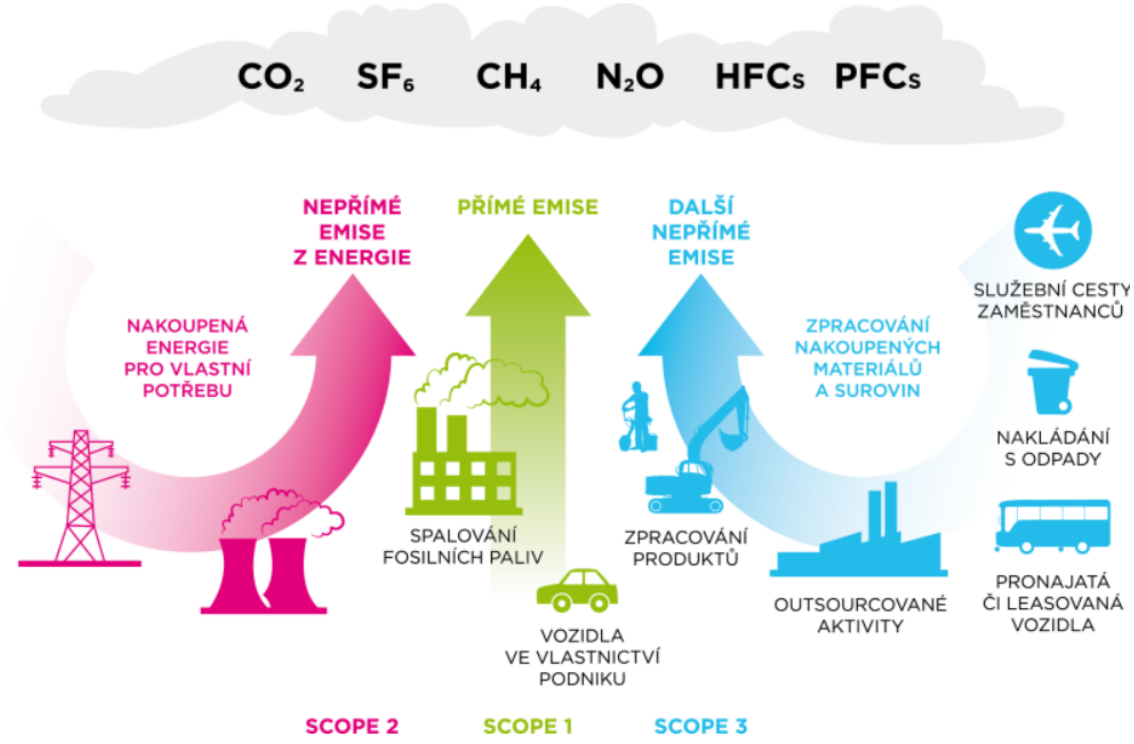
2.5.1 Protokol o skleníkových plynech

Protokol o skleníkových plynech (GHG Protokol) byl vypracován Světovou radou pro udržitelný rozvoj (WBCSD) a Světovým institutem zdrojů (WRI). Jeho základní dokument byl poprvé zveřejněn v roce 2004 a od svého vzniku se etabloval jako standardizovaný rámec pro vykazování emisí skleníkových plynů. Cílem GHG Protokolu je poskytnout organizacím nástroj pro kvantifikaci a efektivní řízení jejich emisí skleníkových plynů (GHG), čímž usnadňuje zodpovědné plnění závazků v oblasti klimatu. Podle GHG Protokolu jsou emise skleníkových plynů klasifikovány do tří kategorií (SCOPES). GHG Protokol pokrývá sedm skleníkových plynů, které jsou definovány Kjótským protokolem. Jedná se o oxid uhličitý, methan, oxid dusný, fluorované uhlovodíky (HFCs), perfluorované uhlovodíky (PFCs), fluorid sírový a fluorid dusitý. Pro účely vykazování se emise všech těchto plynů převádějí na ekvivalent oxidu uhličitého (CO_2 eq) pomocí koeficientů potenciálů globálního oteplování (GWP) [75].

2.6 Příspěvky k uhlíkové stopě

2.6.1 Přímá uhlíková stopa

Emise se dělí na přímé a nepřímé. **SCOPE 1** zahrnuje emise z vlastních nebo kontrolovaných zdrojů firmy, tyto emise se označují jako přímé. Přímé emise vznikají z procesů a aktivit, jež firma přímo vlastní nebo nad nimi má kontrolu. Emise zahrnuté ve SCOPE 1 jsou základní složkou při výpočtu uhlíkové stopy firmy a jsou klíčovým prvkem v rámci standardu GHG Protocol [76,77].



Obrázek 3: Přehled přímých a nepřímých emisí [48]

Mezi běžné zdroje přímých emisí uhlíkové stopy (Obrázek 3) patří stacionární spalování (emise ze spalování fosilních paliv v zařízeních, jako jsou továrny, elektrárny nebo kotle), mobilní spalování (emise z vozidel vlastněných společností, včetně nákladních automobilů, osobních vozidel a stavební techniky), procesní emise (emise z průmyslových procesů, například chemických reakcí při výrobě cementu, rafinaci nebo výrobě) a únikové emise (úniky z chladicích systémů, klimatizačních jednotek nebo plynovodů) [76,77].

2.6.2 Nepřímá uhlíková stopa

SCOPE 2 a SCOPE 3 zahrnují emise vznikající nepřímo, které jsou nazývány jako nepřímá uhlíková stopa. **SCOPE 2** zahrnují nepřímé emise vznikající při výrobě elektřiny, páry, tepla nebo chlazení, které si společnost nakupuje a spotřebovává. Mezi hlavní zdroje patří (i) spotřeba elektřiny (emise při výrobě nakoupené elektřiny od dodavatelů) (ii) nakoupené vytápění nebo chlazení (emise pocházející z centrálních systémů dodávajících tepelnou energii pro budovy) (iii) nakoupená pára (emise z páry používané v průmyslových procesech nebo k vytápění) [76,77]. Příkladem mohou být emise při výrobě elektřiny pro osvětlení, klimatizaci a používání elektrických spotřebičů

v kancelářských budovách, prodejních prostorách, elektřiny pro pohon zařízení ve výrobních závodech. Také kombinované systémy pro výrobu tepla a elektřiny (CHP) zahrnují emise vznikající při výrobě těchto energií v kombinovaných systémech (například v průmyslových nebo obytných komplexech), které organizace nakupuje pro vytápění nebo chlazení. Všechny tyto emise jsou zahrnuty ve SCOPE 2, protože organizace nemá přímou kontrolu nad způsobem, jakým jsou tyto energie vyráběny (pokud jde o způsob generování elektrické energie nebo tepla), ale jsou přímo ovlivněny její spotřebou těchto energií [77].

SCOPE 3 zahrnuje emise, které vznikají v celém hodnotovém řetězci, včetně upstream (dodavatelského řetězce) a downstream (využití a likvidace produktů) aktivit. Tyto emise často představují největší část uhlíkové stopy společnosti. Zdroje upstream aktivit jsou nakupované zboží a služby (emise z výroby materiálů a služeb nakupovaných společností), investiční majetek (emise z výroby aktiv, jako jsou stroje nebo budovy), doprava zaměstnanců (emise z cestování zaměstnanců do práce a zpět) a služební cesty (emise spojené s firemním cestováním – letecky, vlakem, autem). Mezi běžné zdroje donwstream aktivit patří použití prodaných produktů (emise vznikající při používání produktů zákazníky – například spalování paliva v automobilech), nakládání s odpadem na konci životního cyklu (emise z likvidace nebo recyklace produktů po jejich použití) a doprava a distribuce (emise ze zásobování zákazníků nebo maloobchodníků). SCOPE 3 pokrývá širokou škálu emisí a je klíčové, aby organizace identifikovaly ty nejvýznamnější ve svém hodnotovém řetězci a odhalují širší environmentální dopady organizace. Řešení těchto emisí podporuje spolupráci v celém hodnotovém řetězci a vede k systémovým změnám směrem k udržitelnosti [76,77].

2.6.3 Možnosti snížení uhlíkové stopy

Emise zařazené do **SCOPE 1** jsou plně pod kontrolou organizace, což umožňuje i jejich přímou redukci. Snižování emisí, které patří do SCOPE 1, ukazuje závazek k udržitelnému provozu a pomáhá firmám splnit regulační požadavky. Lze je snížit například elektrifikací provozu (nahrazením zařízení a vozidel poháněných fosilními palivy elektrickými alternativami), energetickou účinností (modernizací na energeticky úsporné stroje, izolace a systémy ke snížení spotřeby paliv), monitorováním a údržbou zařízení (pravidelnými kontrolami a opravami úniků v chladicích a plynových systémech pro minimalizaci fugitivních emisí), přechodem na obnovitelné zdroje (využitím biopaliv

nebo jiných nízkouhlíkových energetických zdrojů tam, kde elektrifikace není možná [77].

Nejčastějšími výzvami při snižování emisí zařazených do SCOPE 1 bývají kapitálové investice jako jsou počáteční náklady na modernizaci zařízení. Dále závislost na dodavatelském řetězci jako je přechod na nízkouhlíková paliva nebo elektrifikaci může být omezen dostupností surovin, výrobních kapacit nebo závislostí na fosilních palivech v dodavatelském řetězci. Případně technologické bariéry, protože některá odvětví, jako těžký průmysl, mohou mít omezené nízkouhlíkové alternativy nebo například provozní narušení – zavádění změn může dočasně ovlivnit produktivitu. Snižování emisí, zahrnutých do SCOPE 1 tedy vyžaduje strategický přístup, finanční plánování a často i spolupráci s externími partnery, regulačními orgány a dodavateli [77].

Emise, které zahrnují **SCOPE 2**, často tvoří významnou část uhlíkové stopy organizace. Jejich snižování nejen snižuje provozní náklady, ale také pomáhá organizacím sladit se s tržními trendy upřednostňujícími obnovitelné zdroje a energetickou efektivitu. Tyto emise lze snížit například přechodem na obnovitelné zdroje energie (nákupem certifikátů obnovitelné energie (RECs) nebo investicí do solární, větrné či vodní energie), zvýšením energetické účinnosti (provádění energetických auditů ke zjištění neefektivních oblastí a zavádění úsporných opatření, jako jsou LED osvětlení nebo chytré termostaty), vlastní výrobou energie z obnovitelných zdrojů (instalací solárních panelů nebo jiných obnovitelných systémů ke snížení závislosti na síťové elektřině), řízením spotřeby energie (využíváním energie mimo špičkové hodiny k minimalizaci závislosti na elektrárnách spalujících fosilní paliva) [77].

Stejně jako u SCOPE 1 je u SCOPE 2 mnoho výzev ovlivňujících snižování emisí jako jsou energetická infrastruktura hlavně v regionech s omezenými možnostmi obnovitelné energie (například solární, větrné nebo vodní elektrárny) mají problémy se získáváním zelené energie, taktéž přechod na obnovitelné zdroje energie může být finančně náročný bez dotací nebo pobídek či závislost na distribuční síti. Společnosti, které spoléhají na centrální energetické sítě, mají omezenou kontrolu nad energetickým mixem [76,77].

Emise zahrnuté do **SCOPE 3** se dají snížit prostřednictvím spolupráce s dodavateli (partnerství s dodavateli pro sledování a snižování jejich emisí) ekologickým designem produktů (návrh produktů s nižší uhlíkovou stopou a delší životností), Cirkulární ekonomikou (podporou recyklace, opětovného využití a udržitelné likvidace produktů, udržitelnými logistickými procesy (optimalizace tras dopravy a využití nízkoemisních

vozidel či způsobů přepravy). Přesto tato problematika přináší řadu výzev jako je například sběr dat, protože získání přesných dat od dodavatelů a partnerů může být složité a náročné na zdroje. Další výzvou jsou rozmanité zdroje emisí, jelikož různorodost zdrojů vyžaduje přizpůsobené strategie pro různé sektory, nebo omezená kontrola, mnoho těchto emisí vzniká mimo přímou kontrolu organizace, což vyžaduje rozsáhlou spolupráci [76,77].

2.7 Výpočet uhlíkové stopy produkovaného odpadu

Hodnocení uhlíkové stopy spojené s produkcí odpadu je založeno na kvantifikaci emisí skleníkových plynů, které vznikají v souvislosti s konkrétním odpadem. Tento proces vyžaduje zohlednění celkového objemu produkovaného odpadu a jeho složení, zahrnující různé kategorie, jako jsou směsný komunální odpad, plasty, papír, sklo, bioodpad a nebezpečný odpad. Emisní hodnoty se následně odvozují na základě metod nakládání s odpadem, přičemž různé způsoby zpracování, jako jsou skládkování, spalování, recyklace nebo kompostování, vykazují odlišný emisní charakter. Pro výpočet uhlíkové stopy se využívají specifické emisní faktory, které pro každý druh odpadu a způsob jeho zpracování vyjadřují množství ekvivalentního oxidu uhličitého (CO_2 eq) na jednotku hmotnosti odpadu. Informace o produkci odpadu a metodách jeho zpracování jsou obvykle získávány z provozní evidenci konkrétního podniku, který podnik musí vést podle Vyhlášky o podrobnostech nakládání s odpady 273/2021 Sb. [78,79].

2.7.1 Metodiky výpočtu uhlíkové stopy

Cílem metodiky výpočtu uhlíkové stopy je poskytnout podnikům jasný návod na správné vyčíslení emisí skleníkových plynů souvisejících s jejich činností, což je v souladu s mezinárodními závazky, jako je Pařížská dohoda, a s cílem Evropské unie o snížení emisí. Prvním krokem k omezení emisí je jejich správné vyčíslení a následné vytvoření plánu na jejich snížení [78,80].

Vykazování uhlíkové stopy se stává klíčovým prvkem podniků nejen pro velké společnosti, ale i pro menší firmy, na které trh vyvíjí tlak na snižování uhlíkové náročnosti. Důvody pro sledování uhlíkové stopy jsou rozvoj byznysu, požadavky odběratelů a dodavatelů, zájem investorů, úspory, zelené investice, rozšíření podnikání a získání konkurenční výhody. Pro správný výpočet uhlíkové stopy se používají emisní faktory, které vyjadřují množství skleníkových plynů vztažené na jednotku energie,

následně dochází k přepočítání na množství ekvivalentu oxidu uhličitého díky vynásobením potenciálem globálního oteplování (GWP) pro daný plyn. Metodika rozlišuje tři oblasti emisí SCOPE 1, SCOPE 2 a SCOPE 3 dle GHG Protokolu. Kategorie SCOPE 3 svojí rozmanitostí poskytuje méně přesné výsledky než kategorie SCOPE 1 a SCOPE 2. Pro důvěryhodný a transparentní reporting je nezbytné zajistit úplnost a přesnost vykazovaných dat, která by měla obsahovat informace o emisních zdrojích, emisních datech za jednotlivé oblasti SCOPE. [77,79]. Tento přístup poskytuje podnikům komplexní rámec pro výpočet uhlíkové stopy, zahrnující specifika výpočtu emisí souvisejících s produkovaným odpadem jako součást SCOPE 3. Důsledné dodržování metodických kroků, použití správných dat a emisních faktorů je klíčové pro získání relevantních a srovnatelných výsledků, které nejen pomáhají splnit globální klimatické cíle, ale zároveň mohou přispět k dlouhodobé udržitelnosti a konkurenceschopnosti podniku [78,80].

Samotný výpočet emisí probíhá vynásobením dat o spotřebě/produkci odpovídajícími emisními faktory podle vzorce 1. Je nutné dbát na správné jednotky a následně přepočítat emise jednotlivých skleníkových plynů na ekvivalentní emise oxidu uhličitého podle vzorce 2.

$$AD_{ix} \cdot EF_{ix} = CF_{ix} \qquad (1)$$

kde

Ad_{ix} aktivní data pro položku i a skleníkový plyn x,

EF_{ix} emisní faktor pro položku i a skleníkový plyn x,

CF_{ix} uhlíková stopa pro položku i a skleníkový plyn x

$$CF_{ix} \cdot GWP_x = CF\ CO_2eq \qquad (2)$$

kde

GWP_x potenciál globálního oteplování pro daný plyn x

CF CO_2 eq uhlíková stopa vyjádřená v ekvivalentech oxidu uhličitého.

V následujícím kroku je nezbytné provést součet jednotlivých položek, tedy emisí spojených s různými aktivitami a položkami, a tím získat celkové výsledky pro všechny kategorie SCOPE. Tento proces zajistí přehled o emisních výkonech na úrovni jednotlivých položek a aktivit. Pokud se jedná o větší organizace, které mají více provozoven nebo působí v různých zemích, je potřeba provést výpočty samostatně pro každou z těchto provozoven nebo států. Tímto způsobem lze získat specifické údaje pro

každou oblast, což umožňuje lepší přehled o tom, jak se emise liší v závislosti na lokalitě. Tyto dílčí výsledky lze prezentovat samostatně, čímž se umožní detailní pohled na emise v rámci jednotlivých provozoven nebo států. Až poté, co jsou všechny výsledky sečteny a přehledně zpracovány, lze vypracovat celkový souhrn za celou společnost, který poskytne komplexní obraz o její celkové emisní stopě [78,80].

2.7.2 Využití dat z analýz odpadu pro kvantifikaci emisí

Analýza odpadu poskytuje klíčové informace o jeho složení (např. podíl biologicky rozložitelné organické hmoty, papíru, plastů), množství a fyzikálních vlastnostech (např. vlhkost). Tato data jsou nezbytným vstupem pro různé metodiky a modely, které slouží k odhadu emisí z různých procesů nakládání s odpady, jako je skládkování, spalování, kompostování a anaerobní digesce. Typy dat z analýz odpadu a jejich význam pro kvantifikaci emisí zahrnují několik klíčových faktorů, které hrají zásadní roli při odhadu emisí z různých procesů nakládání s odpady. Prvním důležitým typem dat jsou údaje o množství odpadu, které zahrnují celkové množství odpadu vstupujícího do systému a množství odpadu podstupujícího jednotlivé způsoby zpracování, jako je skládkování, kompostování, anaerobní digesce a spalování. Tyto informace jsou nezbytné pro výpočet celkových emisí. Například pro skládkování je kladen důraz na historické údaje o ukládání odpadu v průběhu let, tzv. data waste-in-place, jak uvádí IPCC 2006 [81,82].

Dalším klíčovým faktorem ovlivňujícím emise skleníkových plynů je složení odpadu. Podíl organického biologicky rozložitelného odpadu hraje zásadní roli při odhadu produkce methanu (CH_4) na skládkách a při biologických metodách zpracování, jako jsou kompostování a anaerobní digesce, kde zároveň ovlivňují i tvorbu oxidu dusného (N_2O). Emisní faktory se mohou výrazně lišit v závislosti na zdroji odpadu, například mezi domácnostmi, který často obsahuje vyšší podíl organických složek a průmyslem, který může obsahovat vyšší koncentrace syntetických materiálů a chemických látek. Současně složení odpadu vstupujícího do spaloven určuje potenciál emisí oxidu uhličitého (CO_2). Přesné znalosti o složení odpadu jsou tedy nezbytné pro efektivní hodnocení a řízení emisí z různých způsobů nakládání s odpady. Posledním klíčovým parametrem je vlhkost odpadu, která významně ovlivňuje rychlost anaerobního rozkladu na skládkách a tím i produkci methanu. U biologických procesů, jako je kompostování nebo anaerobní digesce, může optimální vlhkost podporovat efektivnější přeměnu organické hmoty, což má přímý dopad na výsledné emise. Využití dat z analýz

odpadu je nezbytné pro spolehlivou kvantifikaci emisí z odpadového hospodářství. Detailní znalost složení a množství odpadu umožňuje aplikovat sofistikovanější metodiky a modely, které poskytují přesnější odhady emisí a přispívají k efektivnějšímu řízení odpadového hospodářství a ochraně životního prostředí [81,82].

2.7.2.1 Metodiky kvantifikace emisí

Mezi běžně používané metodiky kvantifikace emisí patří přístup Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC), Agenturou pro ochranu životního prostředí (EPA) a nástroje vyvinuté různými národními a regionálními organizacemi [80,81].

IPCC nabízí metodiky pro odhad emisí ze skládkování, které využívají přístup založený na metanovém závazku. Tyto metodiky rovněž zahrnují spalování a biologické zpracování odpadu, jako je kompostování a anaerobní digesce. Pro správné využití těchto metodik jsou nezbytné podrobné údaje o množství a složení odpadu, například podíl biologicky rozložitelné organické hmoty a rychlost jejího rozkladu. Metodika IPCC z roku 2006 klade důraz na historická data o skládkování, což zajišťuje lepší odhad emisí z těchto procesů [81,82].

Model EPA WARM využívá data o množství a složení odpadu pro výpočet emisí z různých metod nakládání s odpady, včetně skládkování, kompostování, spalování a recyklace. Tento model také zohledňuje potenciální snížení emisí díky recyklaci a energetickému využití odpadu, čímž poskytuje komplexní přehled o možných variantách nakládání s odpady a jejich vlivu na emise skleníkových plynů. Nástroje pro inventarizaci skleníkových plynů, jako například FCM-PCP, často využívají zjednodušené přístupy, které jsou založeny na emisních faktorech vztažených k množství odpadu. I přesto, že tyto metody zjednodušují výpočty, vyžadují alespoň základní údaje o množství odpadu, který směřuje na skládky, aby bylo možné adekvátně odhadnout emise skleníkových plynů [81,82].

Přesnost kvantifikace emisí je silně závislá na kvalitě a reprezentativnosti dat z analýz odpadu. Získání podrobných a dlouhodobých dat může být náročné. Navíc složení odpadu se může v čase a v závislosti na regionu měnit, což vyžaduje pravidelné aktualizace analytických dat. Různé metodiky rovněž používají odlišné předpoklady a emisní faktory, což může vést k podstatným rozdílům v odhadovaných emisích. Je tedy nezbytné nejen shromažďovat kvalitní data z analýz odpadu, ale také uvádět použité metodiky a zohledňovat související nejistoty [81,82].

2.7.3 Možnosti snižování uhlíkové stopy ve stravovacích provozech

Uhlíková stopa provozů, jako jsou restaurace, školní jídelny, cateringové služby nebo univerzitní menzy je ovlivněna mnoha faktory od produkce a distribuce potravin po způsob přípravy a spotřeby pokrmů [83]. Pro stravovací provozy LCA poskytuje detailní pohled na jednotlivé fáze, které mají největší vliv na tvorbu emisí skleníkových plynů. Mezi tyto fáze obvykle patří produkce živočišných produktů, které jsou v současnosti považovány za jednu z nejvýznamnějších příčin vysoké uhlíkové stopy, a rovněž nakládání s potravinovým odpadem, který představuje další zásadní problém [84]. V oblasti stravovacích provozů bylo v několika studiích hodnoceno, jak různé typy zařízení (například školní jídelny, nemocniční kantýny nebo restaurace) přispívají k celkovým emisím CO_2 [85].

Dle autorů Biasini a kol. (2024) se celosvětově odhaduje, že v roce 2019 potravinový odpad činil přibližně 931 milionů tun, přičemž 26 % tohoto množství připadá stravovacím službám. Autoři poukazují na to, že plýtvání potravinami má škodlivé vedlejší účinky v několika oblastech, jako je zvýšená spotřeba přírodních zdrojů a zvyšování emisí skleníkových plynů [86].

Významné rozdíly v míře plýtvání potravinami byly zaznamenány také v Itálii, konkrétně ve školních jídelnách v Parmě a Lucce. V Parmě, kde je používáno více lokálních surovin bylo zaznamenáno nižší procento plýtvání než v Lucce, přičemž nejvíce se plýtvalo ovocem a přílohami. Studie také ukázala, že maso a mléčné výrobky mají vyšší uhlíkovou stopu ve srovnání s rostlinnými produkty [86].

Podobně studie z univerzity v Číně ukázala, že v tamních menzách je denní množství potravinového odpadu 913,88 kg, přičemž uhlíková stopa tohoto odpadu činí 1997,34 kg CO_2 eq. Nejvíce je plýtváno obilovinami (46,14 %), následně zeleninou a sójovými produkty (28,34 %). K největšímu vzniku uhlíkových emisí dochází při vaření, a to v důsledku používání elektřiny a zemního plynu [87].

Podle autorů Ichwana a Cahany (2023) taktéž přispívá provoz stravovacích zařízení k emisím skleníkových plynů, a to hlavně v důsledku spotřeby energie na osvětlení, chlazení, ventilaci a provoz kuchyňských spotřebičů. Spalování fosilních paliv pro vaření a ohřev vody, uvolňuje CO_2 a další skleníkové plyny. Autoři upozorňují na závažnost problému hromadění potravinového odpadu na skládkách, neboť při jeho rozkladu vzniká methan, což je skleníkový plyn přispívající ke skleníkovému efektu a klimatickým změnám [88].

Jedním z nejúčinnějších způsobů, jak snížit uhlíkovou stopu, je **změna složení jídelníčku**. Významná část emisí skleníkových plynů v rámci stravování je spojena s produkcí živočišných produktů, přičemž hovězí a jehněčí maso mají obzvlášť vysokou uhlíkovou stopu. Z tohoto důvodu se doporučuje zvýšit podíl rostlinných pokrmů v nabídce. Vegetariánské a veganské alternativy nejen že přispívají k ochraně životního prostředí, ale mohou také představit nové gastronomické možnosti, které osloví širší spektrum zákazníků. Zároveň je efektivní upřednostňovat sezónní a lokální suroviny, které mají nižší nároky na transport, a tím i nižší emise spojené s dopravou. Například použití místních a sezónních druhů ovoce a zeleniny může výrazně snížit environmentální zátěž spojenou s pěstováním a distribucí potravin [85].

Potravinový odpad je dalším zásadním faktorem, který přispívá k vysoké uhlíkové stopě stravovacích provozů, proto je důležitá **prevence a snižování potravinového odpadu**. Podle některých studií může být až třetina všech potravin vyprodukovaných v rámci těchto zařízení zbytečně vyhozena. Snížení tohoto odpadu je klíčové pro minimalizaci environmentálních dopadů. K tomu je nutné zavést přísná opatření na optimalizaci přípravy pokrmů, správné skladování potravin a efektivní organizaci porcování. Jedním z řešení je také zmenšení porcí, což má přímý dopad na snížení spotřeby potravin a tím i produkci odpadu. Sledování a analýza množství vznikajícího odpadu rovněž pomáhá identifikovat kritická místa, kde dochází k největším ztrátám, a umožňuje implementovat konkrétní kroky pro jejich odstranění [83,89].

Další důležitou oblastí, kde lze snížit ekologickou stopu, je **efektivní hospodaření s energiemi a vodou**. Využívání energeticky úsporných spotřebičů a optimalizace spotřeby tepla, elektrické energie a vody mohou významně přispět k snížení emisí. Například instalace LED osvětlení, efektivní chlazení a vaření nebo využívání solárních panelů pro ohřev vody může výrazně snížit spotřebu energií v provozu. Ve stravovacích provozech je kladeno důraz také na správné, **udržitelné nakládání s odpady**. Potravinový odpad, který nelze jinak využít, by měl být zpracováván ekologicky šetrnými metodami, jako je kompostování nebo zpracování v bioplynových stanicích. Kompostování přímo v provozu je efektivní způsob, jak snížit množství odpadu, který končí na skládce [85, 89, 90].

3 Experimentální část

3.1 Metodika hodnocení odpadového hospodářství menzy

Cílem této studie je porovnat environmentální dopady různých způsobů nakládání s vybranými druhy odpadů vznikajících v provozu menzy Univerzity Pardubice. Zaměření studie vychází z potřeby optimalizovat nakládání s odpady z hlediska jejich uhlíkové stopy a přispět k udržitelnému provozu tohoto stravovacího zařízení. Studie je určena především pro vedení menzy a univerzity a další subjekty odpovědné za odpadové hospodářství. Zároveň může sloužit jako podpora pro komunikaci s veřejností, studenty a partnery z oblasti odpadového hospodářství. Použití studie je plánováno pro návrh konkrétních opatření ke zlepšení současného systému. Získané informace umožní posoudit environmentální dopady spojené s produkcí a nakládáním s odpady v menze Univerzity Pardubice a mohou posloužit také jako vstupní data pro výpočet uhlíkové stopy, jež je součástí ESG hlášení organizace. K tomu účelu je třeba definovat postup sběru dat, zvolenou metodiku výpočtu uhlíkové stopy, způsob zpracování dat a následného vyhodnocení výsledků pro objektivní posouzení environmentální efektivity zvolených scénářů nakládání s odpady a k formulaci doporučení pro udržitelnější provoz vybrané menzy.

Primární **data** budou získána přímou komunikací s provozovatelem menzy a zahrnou údaje o množství a složení vyváženého odpadu. Tyto údaje budou založeny na výpočtech podle evidence pravidelného vývozu odpadů, tedy směsného komunálního odpadu, plastů a skla. Informace o odpadním papíru a gastroodpadu, by měly být přesné díky povinnému vykazování odpadu menzy ve formě hlášení o odpadech, které je legislativní povinností původce odpadu dle platné legislativy České republiky.

Pro hodnocení environmentálních dopadů bude využita **metoda** analýzy životního cyklu, která je standardním nástrojem pro hodnocení environmentálních dopadů produktů nebo procesů. Pro zpracování dat a modelování jednotlivých scénářů bude využit specializovaný software GaBi Professional veze 10.7.0.183, který je běžně používán v oblasti hodnocení dopadů. Tento software umožní kvantifikaci kategorií dopadů včetně jejich vyjádření prostřednictvím indikátoru uhlíkové stopy v ekvivalentu oxidu uhličitého (CO_2 eq). Vstupní data budou nejprve převedena na jednotné měrné jednotky a následně zadána do softwaru, kde budou vytvořeny modely reprezentující jednotlivé scénáře nakládání s odpady. Výpočet uhlíkové stopy bude proveden s využitím databází

obsažených v softwaru GaBi Professional verze 10.7.0.183, které poskytují standardizované emisní faktory pro různé typy procesů a materiálových toků. Tento přístup umožní přesnou kvantifikaci dopadů a následné porovnání environmentální zátěže spojené s recyklací, spalováním nebo skládkováním jednotlivých druhů odpadů.

Vyhodnocení výsledků bude provedeno na základě výstupů ze softwaru GaBi formou tabulek a grafů, které umožní jasnou identifikaci scénáře s nejnižším dopadem na životní prostředí.

3.2 Charakteristika stravovacích zařízení Univerzity Pardubice

Menza je nedílnou součástí univerzitního stravovacího systému a poskytuje pravidelný výdej jídla pro studenty, zaměstnance i návštěvníky univerzity. Jejím hlavním cílem je nabídnout strávníkům pestrou nabídku jídel za dostupné ceny. Univerzitní menza je organizována do několika samostatných jídelen a výdejen, z nichž každá má vlastní specifická pravidla pro objednávání a výdej pokrmů. Hlavní jídelna poskytuje široký výběr jídel, z nichž si strávníci mohou provést výběr jídla na místě bez nutnosti předchozí rezervace. Tento způsob výdeje je efektivní a flexibilní, což umožňuje rychlé a pohodlné stravování. Kromě hlavní nabídky jídel jsou v této jídelně k dispozici také doplňkové produkty, včetně nápojů, salátů, dezertů a dalších položek, které si strávníci mohou zakoupit přímo na místě. Jídelny na náměstí Čs. legií a v Doubravicích vyžadují předchozí objednávku prostřednictvím školního portálu, což minimalizuje plýtvání potravinami a zajišťuje efektivní využívání surovin. Objednávky je nutné realizovat nejpozději do osmé hodiny ranní daného pracovního dne, přičemž studenti mohou provádět objednávky na konkrétní datum, výdejnu a výběr jídla, čímž je zaručena plynulost organizace a přesnost v plánování množství připravených porcí. V případě potřeby je také možné objednávky zrušit taktéž nejpozději do osmé hodiny ranní téhož dne. Univerzitní menza uvaří denně 500 až 1000 jídel, ročně to pak je průměrně 180 000 jídel. Tato data byla poskytnuta vedením menzy. Pro vyhodnocení množství odpadu produkovaného menzou Univerzity Pardubice byla využita kombinace oficiálních evidencí a odhadových výpočtů na základě provozních údajů. Nejpřesnější data byla dostupná pro kategorie gastroodpadu a papírového odpadu. Tyto údaje byly získány z oficiální evidence Ministerstva životního prostředí, konkrétně z hlášení podávaných prostřednictvím Integrovaného systému plnění ohlašovacích povinností. Jelikož tyto druhy odpadu podléhají zákonné evidenční povinnosti, lze považovat

dostupné hodnoty za relativně přesné. U ostatních druhů odpadu, tedy plastu, skla a komunálního odpadu byla data stanovena na základě frekvence svozů a počtu použitých nádob. Komunální odpad je odvážen třikrát týdně ve třech nádobách o objemu 1100 litrů na skládku. Plast je odvážen jednou týdně v jedné nádobě o objemu také 1100 litrů do třídičky odpadů a poté do Transformu Lázně Bohdaneč. Sklo je vyváženo jednou za tři týdny rovněž v nádobě o objemu 1100 litrů do třídičky odpadů a poté do sklárny ve Světlé nad Sázavou. Výpočty celkového objemu odpadu pro tyto kategorie vycházely z předpokladu úplného naplnění nádob při každém vývozu. Tento postup, přestože nezaručuje absolutní přesnost, poskytuje přiměřený odhad množství odpadu vznikajícího během běžného provozu menzy. Odpady z provozu může zvyšovat způsob podávání pokrmů, kdy je porce jídla na talíř dávkována personálem, tudíž není možné vlastní vhodné zvolení porce pro každého strávníka zvlášť. Univerzitní menza rovněž poskytuje cateringové služby pro různé akce organizované na univerzitě, včetně univerzitních oslav, konferencí, nebo jiných společenských událostí, a to včetně víkendových akcí. V rámci cateringových služeb mohou studenti a zaměstnanci objednávat širokou škálu studených i teplých pokrmů, jako jsou obložené chlebíčky, miniaturní zákusky, řízky a další produkty nabízené menzou. Objednávky pro cateringové účely musí být podány s dostatečným předstihem, obvykle minimálně dva až tři dny před konáním akce. V průběhu roku je menza uzavřena v několika obdobích, přičemž mezi hlavní dobu uzavření patří letní prázdniny, kdy je menza uzavřena po dobu jednoho měsíce, a také vánoční prázdniny.

4 Výsledky

4.1 Datový soubor k výpočtu uhlíkové stopy menzy Univerzity Pardubice

Významným aspektem nakládání s odpady v menze je produkce a zpracování gastroodpadu v kontextu celkového objemu připravených jídel. Menza připravuje odhadem 500 až 1000 jídel denně, což představuje přibližně 17 000 jídel za měsíc. Vaří se zde přibližně 230 dní v roce, přičemž je menza uzavřena během letních prázdnin po dobu jednoho měsíce. O vánočních prázdninách se taktéž nevaří, ale vánoční prázdniny nejsou do výpočtů zahrnuty, neboť jejich dopad na produkci odpadu je kompenzován univerzitními a víkendovými akcemi, pro které menza zajišťuje pohoštění. Celkově menza za rok uvaří přibližně podle vedení menzy 180 000 jídel, z čehož odhadem 70 jídel denně, tj. asi 16 100 jídel ročně, je vydáno do krabiček. Součástí odpadového hospodářství je i gastroodpad, jehož produkce dosáhla v roce 2023 hodnoty 6 263 kg a v roce 2024 klesla na 5 123 kg. Tento odpad je odvážen dvakrát týdně společností Marius Pedersen a je umístěn do tří nádob o objemu 60 litrů, což představuje celkový týdenní objem 360 litrů. Množství vyprodukovaného odpadu může být výsledkem několika souběžně působících faktorů. Jedním z nich je systémová změna v rámci provozu menzy, která může zahrnovat například úpravu způsobu servírování jídel, zavedení přísnějšího třídění odpadu nebo zlepšení interní evidence. Tyto kroky vedou k efektivnějšímu nakládání s odpady a jejich celkovému úbytku. K poklesu odpadu může docházet o letních prázdninách nebo ve zkouškových obdobích, kdy je méně strávníků. Může také odrážet aktuální stav studujících na Univerzitě Pardubice. Další klíčovou složkou odpadového hospodářství menzy je nakládání s odpady, jako jsou sklo, plast a papír. Sklo je vyváženo jednou za tři týdny v kontejneru o objemu 1 100 litrů, přičemž za rok je provedeno přibližně 17 odvozů. Celková roční produkce skla dosahuje 2,56 tun. Plastový odpad je odvážen jednou týdně v kontejneru o objemu také 1 100 litrů, což odpovídá 52 odvozům za rok a celkové produkci 1 tuny plastu ročně. Papír představuje další významnou kategorii, kdy v roce 2023 menza vyprodukovala 930 kg papírového odpadu, zatímco v roce 2024 tato hodnota klesla na 720 kg. Komunální odpad tvoří nejobjemnější část odpadového hospodářství menzy. Tento odpad je vyvážen třikrát týdně ve třech kontejnerech o objemu 1 100 litrů, což znamená týdenní objem 9 900 litrů. Za rok je odvezeno celkem 515 tun komunálního odpadu, což svědčí o vysoké zátěži

spojené s provozem menzy a jejími stravovacími službami. Tento objem zahrnuje směs odpadů, které nejsou tříděny do specifických kategorií. Efektivní hospodaření s těmito odpady vyžaduje nejen pravidelný odvoz, ale i optimalizaci procesů snižujících jejich produkci, což je patrné například na poklesu množství gastroodpadu a papíru mezi roky 2023 a 2024. Tyto údaje poskytují cenný základ pro další analýzu a zlepšení odpadového managementu v rámci provozu menzy.

4.1.1 Hodnocení kvality a dostupnosti dat

Získávání dat o produkci odpadu z menzy Univerzity Pardubice představovalo značnou výzvu, která odráží širší problematiku shromažďování informací u velkých institucí, protože právě u nich často chybí centralizovaný systém evidence odpadů, který by umožnil rychlý a jednotný přístup k informacím o produkci a nakládání s odpady na úrovni jednotlivých provozů, jako jsou i velkokapacitní stravovací zařízení. Univerzita Pardubice, podobně jako jiné velké instituce, nemá vždy zavedeny mechanismy pro průběžné monitorování jednotlivých odpadů. Nejednotná evidence a absence detailní dokumentace dále komplikovala proces, který byl navíc zdlouhavý kvůli nutnosti odhadů a přepočtů, jelikož přímé měření nebylo vždy možné. Komplikací byla také nutnost komunikace s více odděleními, která s odpadovým hospodářstvím souvisejí od provozních pracovníků menzy až po pracovníky odpovědné za reportování do Integrovaného systému plnění ohlašovacích povinností (ISPOP). Časová prodleva mezi dotazem a získáním relevantních údajů byla výrazná, přičemž některé informace bylo nutné získat nepřímo, prostřednictvím odhadů, dotazů nebo manuálního přepočtu údajů o používaných nádobách na odpady a četnosti svozu. Postup ztěžovala i nejednotná evidence a absence detailní dokumentace. Nižší dostupnost a kvalita dat může ovlivnit přesnost výpočtu environmentálních dopadů. Zároveň ale tato situace ukazuje na potenciální prostor ke zlepšení interní evidence a systémového řízení odpadového hospodářství v institucích podobného typu.

Úplnost a relevance získaných dat o produkci odpadu z menzy Univerzity Pardubice byla ovlivněna několika faktory, z nichž nejvýznamnější byla nutnost vypočítávat většinu údajů na základě koeficientů a pravidelných svozů. Konkrétně se jednalo o odvoz skla, plastu a komunálního odpadu, u nichž byly k dispozici pouze informace o frekvenci svozu a objemu použitých nádob. Tyto údaje byly poté přepočítány na roční produkci odpadu za předpokladu úplného plnění nádob, což však nemusí zcela

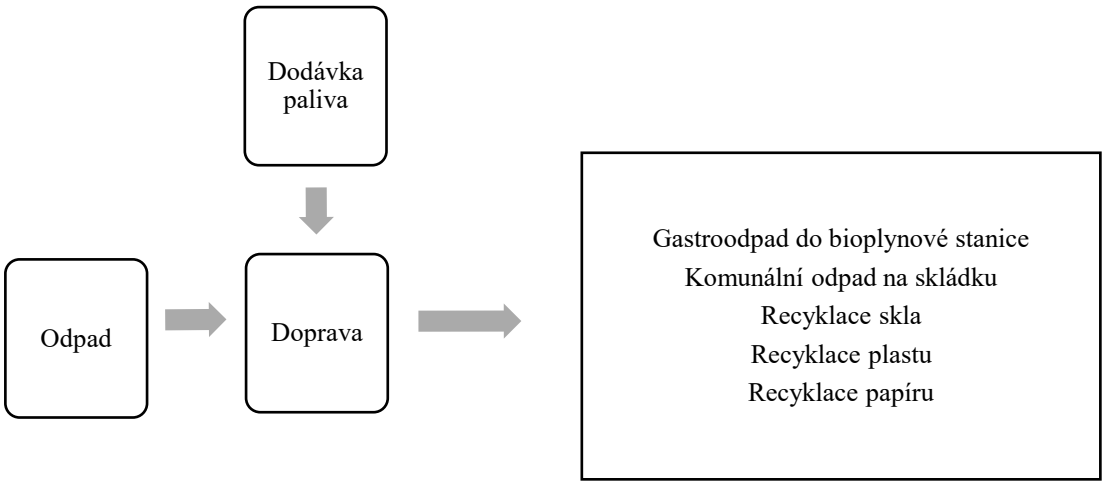
odpovídat reálnému stavu, protože objem odpadu může kolísat v závislosti na faktorech, jako je aktuální počet strávníků, provozní režim menzy nebo sezónnost. Univerzita Pardubice sice eviduje množství komunálního odpadu, ale jen jako celek za celý kampus. Z tohoto důvodu bylo množství komunálního odpadu z menzy nutné dopočítat. Na rozdíl od těchto kategorií byly údaje o gastroodpadu a papíru získány s vyšší mírou přesnosti. Důvodem je povinnost Univerzity Pardubice vykazovat tyto druhy odpadů v rámci hlášení o produkci a nakládání s odpady, které je podáváno prostřednictvím ISPOP za každý vykazovaný rok. Tato zákonná povinnost zajišťuje, že údaje o gastroodpadu a papíru představují jediné kategorie, u nichž lze hovořit o relativně přesném zachycení produkce bez nutnosti rozsáhlých odhadů.

4.1.2 Výpočet uhlíkové stopy

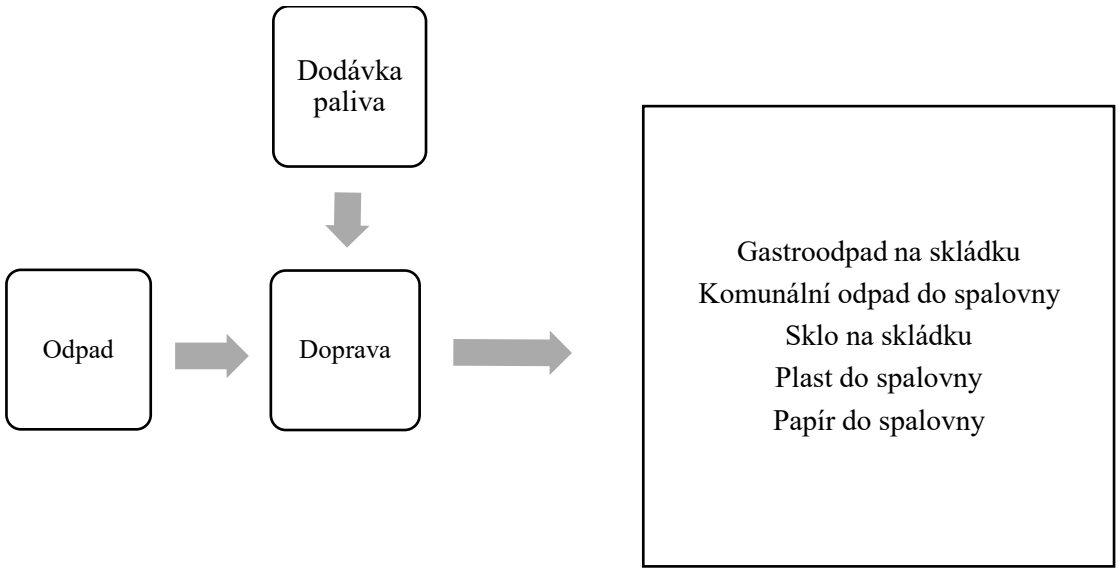
Pro porovnání uhlíkové stopy různých způsobů nakládání s odpady z menzy byla využita metoda posuzování životního cyklu. Jedná se o systematický přístup založený na mezinárodních normách ČSN EN ISO 14040 a ČSN EN ISO 14044. LCA zahrnuje čtyři fáze. První je definice cílů a rozsahu a je vymezen její rozsah včetně hranic posuzovaného systému. Následuje fáze sběru dat, který představuje jednotlivé způsoby zpracování odpadů z menzy (např. recyklace, spalování, skládkování). Třetí fáze se zaměřuje na výpočet environmentálních dopadů, v této diplomové práci šlo konkrétně o hodnocení uhlíkové stopy. Ve čtvrté a závěrečné fázi dochází k interpretaci výsledků a jejich zhodnocení ve vztahu k udržitelnému nakládání s odpady [91].

4.1.3 Definice cílů a rozsahu

Posuzované dopady zahrnují gastroodpad, komunální odpad, papír, plasty a sklo. Pro každý z těchto typů byly vybrány dva relevantní scénáře nakládání s odpady, které odpovídají možnostem dostupným v místním odpadovém systému (obrázek 4 a 5). Uvedené výpočty se vztahují k množství jednotlivých odpadů vyprodukovaných menzou za jeden kalendářní rok.



Obrázek 4: Hlavní scénář nakládání s odpady



Obrázek 5: Modelový scénář nakládání s odpady

Pro každý z odpadu byly vybrány dvě možnosti nakládání s odpady (Tabulka 1). Součástí analýzy je také doprava, která představuje významný faktor environmentálních dopadů. Pro všechny druhy odpadu byl použit nákladní vůz s celkovou nosností 7,5 – 12 tun, odpovídající modernímu svozovému vozidlu, splňujícímu přísné emisní

limity podle normy Euro 6. Tato vozidla vypouštějí výrazně méně emisí než starší vozidla a představují nižší environmentální zátěž při přepravě odpadu.

Tabulka 1: Scénáře nakládání s odpady

Scénář	Popis	Doprava [km]
A	Gastroodpad do bioplynové stanice	9
B	Gastroodpad na skládku	30
C	Komunální odpad na skládku	30
D	Komunální odpad do spalovny	11
E	Sklo na recyklaci	75
F	Sklo na skládku	30
G	Plast na recyklaci	17
H	Plast do spalovny	11
I	Papír na recyklaci	177
J	Papír do spalovny	11

Gastroodpad je přepravován firmou Marius Pedersen do bioplynové stanice v Rybitví, která je vzdálená 9 km. Jedná se reálný scénář umožňující energetické využití ve formě bioplynu. Alternativou k tomuto scénáři by mohlo být ukládání gastroodpadu na skládku v Chvaleticích, vzdálenou 30 km. Komunální odpad je ukládán v Chvaleticích (30 km), nebo by případně v budoucnu mohl být spalován ve spalovně v Opatovicích, která je ve fázi povolovacího řízení a nachází se ve vzdálenosti 11 km. Skleněný odpad určený k recyklaci putuje nejprve do třídičky v Černé za Bory a následně do sklárny ve Světlé nad Sázavou, která se nachází nejblíže třídičce odpadů, přičemž celková přepravní vzdálenost činí 75 km. Modelovým scénářem je ukládání skla na skládku ve Chvaleticích (30 km), protože sklo není do spalovny vůbec přijímáno, jelikož je energeticky nevyužitelné. Plastový odpad určený k recyklaci je přepravován do třídičky odpadů v Černé za Bory a následně do podniku Transform v Lázních Bohdaneč, což představuje celkovou vzdálenost 17 km. V případě spalování plastového odpadu a papírového odpadu je opět zvažována blízká spalovna v Opatovicích (11 km), protože její plánovaná technologie by mohla počítat se spoluspalováním vhodných druhů odpadů, včetně plastů a papíru. Papír určený k recyklaci absolvuje nejdelší přepravní trasu, a to do třídičky odpadů v Černé za Bory a následně do papírny ve Štětí (177 km).

Hranice systému zahrnují životní cyklus odpadového toku od vyprodukovaného odpadu v menze přes jeho svoz až po finální odstranění nebo materiálové či energetické využití. Sledovanými environmentálními dopady jsou globální oteplování, acidifikace, eutrofizace, poškození ozonové vrstvy, ekotoxicita, tuhé částice v ovzduší a potenciál

stratosférického ozonu. Výsledky umožní identifikovat, která z možností představuje nižší environmentální zátěž, a zároveň ukážou, ve kterých fázích dochází k největším negativním dopadům.

Funkční jednotka byla definována jako množství odpadu vyprodukované menzou za jeden kalendářní rok z důvodu sledování tohoto parametru v ESG.

4.1.4 Inventarizační analýza

Pro každý typ odpadu (gastroodpad, komunální odpad, papír, plasty a sklo) bylo vytvořeno schéma produktového systému, který zachycuje hlavní procesy od vyprodukovaného odpadu v menze přes jeho třídění, transport, a následné zpracování (spalování, recyklace, skládkování, anaerobní digesce v bioplynové stanici). Procesem, který nebyl zahrnut, byl samotný vznik tohoto odpadu. Pro gastroodpad a papírový odpad byly získány výsledky za rok 2023 a 2024, pro účely hodnocení byly použity údaje z roku 2024, jelikož pro další typy odpadu nejsou data z předchozích let k dispozici. Volba tohoto roku tak umožňuje zachovat srovnatelnost napříč jednotlivými kategoriemi. K výpočtům byl použit softwarový nástroj GaBi Professional verze 10.7.0.183, který umožňuje propojit jednotlivé procesy, přiřadit jim příslušné datové záznamy z databází a provést přesné výpočty environmentálních dopadů. Vstupy a výstupy každého scénáře byly vyhodnoceny v návaznosti na hranice systému stanovené v předchozí fázi. Výsledkem této fáze je detailní kvantitativní přehled vstupů a výstupů pro každou variantu nakládání s jednotlivými typy odpadů z menzy, což tvoří základ pro následné hodnocení dopadů [91].

4.1.5 Hodnocení dopadů

V rámci této LCA studie odpadu z menzy byl využit primárně midpointový přístup, který umožňuje objektivní a přehledné porovnání dopadů různých scénářů nakládání s odpady na základě standardizovaných kategorií dopadů. Výsledky slouží jako základ pro interpretaci a návrhy opatření ke snížení environmentální zátěže. Tento přístup se zaměřuje na potenciál látky způsobit určitý typ environmentální zátěže, tedy jak silně je schopna přispět k danému problému. V rámci hodnocení dopadů na životní prostředí se často používají tzv. midpointové indikátory, což jsou zjednodušené ukazatele, které vyjadřují míru možného poškození určité složky přírody nebo celého ekosystému. Aby bylo možné tyto dopady kvantifikovat a porovnávat, používají se k tomu jednotlivé

ekvivalentní veličiny nebo CTUe (Comparative Toxic Unit for ecosystems), které slouží k vyjádření relativní toxicity chemických látek pro ekosystémy nebo pro porovnání s referenční látkou [91].

Environmentální dopady dvou analyzovaných scénářů pro každý druh odpadu jsou shrnuty v tabulce 2.

Tabulka 2: Scénáře k jednotlivým typům odpadů

Odpad	**Scénář 1**	**Scénář 2**
Gastroodpad	Bioplynová stanice	Skládka
Komunální odpad	Skládka	Spalovna
Sklo	Recyklace	Skládka
Plast	Recyklace	Spalovna
Papír	Recyklace	Spalovna

4.1.5.1 Gastroodpad

Celková hodnota kategorie **globálního oteplování** (Tabulka 3) dosahuje 8,46 kg CO_2 eq. Výroba bioplynu z biomasy vykazuje negativní hodnotu -1,25 kg CO_2 eq (to představuje -14,8 %), což je důsledek nahrazení fosilních paliv bioplynem, který je považován za obnovitelný zdroj s nižšími emisemi CO_2. Největší část hodnoty globálního oteplování tvoří doprava odpadu do bioplynové stanice, která tvoří 105 % (8,91 kg CO_2 eq) a výroba nafty 9,5 % (0,807 kg CO_2 eq).

V kategorii **vznik fotochemického smogu** je celková hodnota 0,178 kg O_3 eq, přičemž doprava představuje 46,0 % (0,0818 kg O_3 eq), výroba nafty 36,3 % (0,0646 kg O_3 eq) a výroba bioplynu 17,8 % (0,0316 kg O_3 eq). Doprava a výroba nafty přispívají emisemi těkavých organických sloučenin a oxidů dusíku z paliv, které podporují tvorbu smogu. Výroba bioplynu má menší podíl, který může být spojen s emisemi těkavých organických sloučenin (VOC) a oxidů dusíku (NO_x) uvolňovanými při anaerobní digesci biomasy nebo při spalování bioplynu, které přispívají k tvorbě přízemního ozónu.

Další významnou kategorií je **ekotoxicita** s celkovou hodnotou 0,0848 CTUe. Výroba bioplynu vykazuje negativní hodnotu -0,807 CTUe (-951 %), což může být důsledkem snížení dopadů oproti jiným způsobům zpracování biomasy (např. skládkování), které produkují více toxických látek. Výroba nafty tvoří 1052 % (0,892 CTUe), pravděpodobně kvůli chemikáliím používaným při zpracování, zatímco doprava má zanedbatelný dopad a doprava tvoří méně než 0,1 % (2,73E-07 CTUe).

V kategorii **acidifikace** činí celková hodnota 0,0112 kg SO_2 eq, přičemž výroba nafty představuje 42,2 % (0,00473 kg SO_2 eq), doprava 32,4 % (0,00363 kg SO_2 eq) a výroba bioplynu 25,7 % (0,00288 kg SO_2 eq). Tento dopad je pravděpodobně způsoben emisemi oxidů síry a dusíku při zpracování biomasy nebo spalování bioplynu, které přispívají ke kyselým srážkám.

Kategorie **eutrofizace** vykazuje celkovou hodnotu 0,00423 kg N eq, z toho výroba bioplynu tvoří 73,5 % (0,00311 kg N eq). Tento dopad může být spojen s emisemi dusíkatých sloučenin během anaerobní digesce nebo při aplikaci digestátu jako hnojiva, což přispívá k obohacování vodních ekosystémů živinami. Výroba nafty 21 % (0,000887 kg N eq) a doprava 5,4 % (0,000228 kg N eq) mají minimální vliv.

Celková hodnota **tuhých částic v ovzduší** činí 0,000419 kg $PM_{2,5}$ eq, přičemž výroba nafty představuje 56,6 % (0,000237 kg $PM_{2,5}$ eq), výroba bioplynu 31 % (0,00013 kg $PM_{2,5}$ eq) a doprava 12,4 % (0,000052 kg $PM_{2,5}$ eq). Výroba nafty produkuje částice z procesů zpracování, výroba bioplynu přispívá prachem z manipulace s odpadem a doprava emisemi z paliv.

Celková hodnota **poškození ozonové vrstvy** dosahuje 2,14E-15 kg CFC^{-11} eq, přičemž výroba nafty tvoří 79,4 % (1,70E-15 kg CFC^{-11} eq) a výroba bioplynu 20,3 % (4,35E-16 kg CFC-11 eq). Doprava nemá žádný vliv. Minimální dopad je pravděpodobně spojen s uvolňováním stopových množství látek poškozujících ozon.

Tabulka 3: Scénář A - Odvoz gastroodpadu do bioplynové stanice

	Celkově	**Bioplyn**	**Nafta**	**Doprava**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	8,46	-1,25	0,807	8,91
Acidifikace [kg SO_2 eq]	0,0112	0,00288	0,00473	0,00363
Eutrofizace [kg N eq]	0,00423	0,00311	0,000887	0,000228
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	2,14E-15	4,35E-16	1,70E-15	
Ekotoxicita [CTUe]	0,0848	-0,807	0,892	2,73E-07
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	0,000419	0,00013	0,000237	0,000052
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	0,178	0,0316	0,0646	0,0818

Celková hodnota kategorie **globálního oteplování** (Tabulka 4) dosahuje 3 600 kg CO_2 eq, z čehož 98,9 % (3 560 kg CO_2 eq) připadá na proces skládkování gastroodpadu. Tento vysoký dopad je pravděpodobně způsoben produkcí methanu při anaerobním rozkladu organického materiálu, jako jsou zbytky jídla, který má výrazně vyšší hodnotu globálního oteplování než CO_2. Doprava přispívá z 0,8 % (29,7 kg CO_2 eq), což odráží emise z přepravy odpadu na skládku, zatímco výroba nafty má zanedbatelný podíl, který je 0,1 % (2,69 kg CO_2 eq).

V kategorii **vznik fotochemického smogu** je celková hodnota 32,2 kg O_3 eq, přičemž skládkování gastro odpadu odpovídá za 98,8 % (31,8 kg O_3 eq). Tento dopad může být spojen s emisemi těkavých organických sloučenin uvolňovanými během rozkladu organického odpadu na skládce, které přispívají k tvorbě přízemního ozónu. Doprava přispívá z 0,9 % (0,273 kg O_3 eq) a výroba nafty z 0,7 % (0,215 kg O_3 eq) mají minimální vliv.

Další významnou kategorií je **ekotoxicita** s celkovou hodnotou 18 CTUe, z čehož skládkování tvoří 83,3 % (15 CTUe). Výroba nafty přispívá z 16,5 % (2,97 CTUe) a doprava z méně než 0,1 % (9,11E-07 CTUe). Ekotoxicita může být způsobena prosakováním toxických látek z gastroodpadu, do půdy a podzemních vod, což negativně ovlivňuje ekosystémy.

V kategorii **acidifikace** činí celková hodnota 4,84 kg SO_2 eq, přičemž skládkování gastroodpadu přispívá z 99,4 % (4,81 kg SO_2 eq). Tento dopad je pravděpodobně důsledkem emisí oxidů síry a dusíku při rozkladných procesech nebo při provozu techniky na skládce. Výroba nafty přispívá z 0,3 % (0,0158 kg SO_2 eq) a doprava taktéž z 0,3 % (0,0121 kg SO_2 eq).

Kategorie **eutrofizace** vykazuje celkovou hodnotu 2,77 kg N eq, z toho 99,9 % (2,77 kg N eq) pochází ze skládkování gastroodpadu. Tento dopad je pravděpodobně způsoben vyluhováním dusíkatých a fosforečných sloučenin z organického odpadu, které přispívají k nadměrnému obohacování vodních ekosystémů živinami. Výroba nafty,

která přispívá z 0,1 % (0,00296 kg N eq) a doprava, která přispívá z méně než 0,1 % (0,000761 kg N eq) mají zanedbatelný vliv.

V kategorii **tuhých částic v ovzduší** činí celková hodnota 0,0896 kg $PM_{2,5}$ eq, přičemž skládkování představuje 98,9 % (0,0886 kg $PM_{2,5}$ eq), výroba nafty 0,9 % (0,00079 kg $PM_{2,5}$ eq) a doprava 0,2 % (0,000174 kg $PM_{2,5}$ eq). Emise jemných částic mohou být spojeny s prachem vznikajícím při manipulaci s odpadem nebo provozem těžké techniky na skládce.

Celková hodnota **poškození ozonové vrstvy** dosahuje 1,19E-12 kg CFC-11 eq, přičemž skládkování tvoří 99,5 % (1,18E-12 kg CFC^{-11} eq) a výroba nafty 0,5 % (5,67E- 15 kg CFC^{-11} eq). Doprava nemá žádný vliv. Minimální dopad skládkování může být způsoben uvolňováním stopových množství látek poškozujících ozon z nečistot v gastroodpadu.

Tabulka 4: Scénář B - Uložení gastroodpadu na skládku

	Celkově	**Skládka**	**Nafta**	**Doprava**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	3600	3560	2,69	29,7
Acidifikace [kg SO_2 eq]	4,84	4,81	0,0158	0,0121
Eutrofizace [kg N eq]	2,77	2,77	0,00296	0,000761
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC^{-11} eq]	1,19E-12	1,18E-12	5,67E-15	
Ekotoxicita [CTUe]	18	15	2,97	9,11E-07
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	0,0896	0,0886	0,00079	0,000174
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	32,2	31,8	0,215	0,273

Porovnání environmentálních dopadů využití gastroodpadu v bioplynové stanici a jeho skládkováním ukazuje výrazné rozdíly mezi těmito metodami (Tabulka 5). Skládkování gastroodpadu vykazuje podstatně vyšší dopady ve všech sledovaných kategoriích, kterými jsou **globální oteplování** (3 600 kg CO_2 eq vs. 8,46 kg CO_2 eq), **acidifikace** (4,84 kg SO_2 eq vs. 0,0112 kg SO_2 eq), **eutrofizace** (2,77 kg N eq vs. 0,00423 kg N eq), **ekotoxicita** (18 CTUe vs. 0,0848 CTUe), **tuhé částice v ovzduší** (0,0896 kg $PM_{2,5}$ eq vs. 0,000419 kg $PM_{2,5}$ eq) a **vznik fotochemického smogu** (32,2 kg O_3 eq vs. 0,178 kg O_3 eq). Tyto vysoké dopady skládkování jsou primárně způsobeny produkcí methanu při anaerobním rozkladu organického odpadu, emisemi VOC, NO_x, SO_x, vyluhováním toxických látek a živin do půdy a vody, a prachem z manipulace s odpadem. Kategorie **poškození ozonové vrstvy** má nízké dopady v obou scénářích, avšak skládkování má mírně vyšší hodnotu (1,19E-12 kg CFC^{-11} eq vs. 2,14E- 15 kg CFC^{-11} eq).

Bioplynová stanice vykazuje výrazně nižší dopady díky kontrolované anaerobní digesci, která zachycuje methan a využívá ho jako obnovitelné palivo, čímž nahrazuje fosilní zdroje. Negativní hodnota v kategorii ekotoxicity (-0,807 CTUe u bioplynu) naznačuje environmentální přínosy díky snížení toxických emisí oproti odstranění odpadu skládkováním. Celkově je zpracování gastroodpadu v bioplynové stanici jednoznačně lepší alternativou oproti skládkování, zejména díky minimalizaci emisí methanu a toxických látek. K vyšším dopadům skládkování také přispívá delší přepravní vzdálenost odpadu na skládku než do bioplynové stanice.

Tabulka 5: Srovnání scénářů odvozu gastroodpadu do bioplynové stanice a skládkování

	Celkově bioplyn. stanice	**Celkově skládka**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	8,46	3600
Acidifikace [kg SO_2 eq]	0,0112	4,84
Eutrofizace [kg N eq]	0,00423	2,77
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	2,14E-15	1,19E-12
Ekotoxicita [CTUe]	0,0848	18
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	0,000419	0,0896
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	0,178	32,2

4.1.5.2 Komunální odpad

Celková hodnota **globálního oteplování** (Tabulka 6) dosahuje 397 000 kg CO_2 eq, přičemž skládkování komunálního odpadu přispívá 394 000 kg CO_2 eq, což odpovídá 99,24 % celkového dopadu. Tento vysoký podíl je způsoben produkcí methanu, který vzniká anaerobním rozkladem organického odpadu na skládkách, jelikož methan vykazuje výrazně vyšší hodnotu globálního oteplování než oxid uhličitý. Výroba nafty má zanedbatelný podíl 0,1 % (271 kg CO_2 eq,) a doprava představuje 0,8 % (2 990 kg CO_2 eq,) což naznačuje, že skládkování je klíčovým zdrojem emisí skleníkových plynů.

Druhou významnou kategorií je **ekotoxicita**, kde celková hodnota dosahuje 5 150 CTUe, přičemž skládkování přispívá z 94,2 % (4 850 CTUe) a výroba nafty má podíl 5,8 % (299 CTUe) zatímco doprava je zanedbatelná s méně než 0,1 % (9,16E- 03 CTUe). Vysoká ekotoxicita u skládkování může být způsobena prosakováním toxických látek (např. těžkých kovů nebo organických polutantů) z odpadu do půdy a podzemních vod, což ohrožuje ekosystémy a zdraví člověka. Skládkování je i zde hlavním faktorem, avšak výroba paliva vykazuje vyšší relativní příspěvek než u jiných parametrů.

V kategorii **vznik fotochemického smogu** dosahuje celkové hodnoty 2 810 kg O_3 eq, přičemž skládkování přispívá z 98,6 % (2 770 O_3 eq). Výroba paliva tvoří 0,8 % (21,6 O_3 eq) a doprava 1,0 % (27,4 O_3 eq). Tento dopad může být spojen s emisemi těkavých organických sloučenin uvolňovaných během rozkladu odpadu. Vliv dopravy je zanedbatelný.

Dalšími významnými kategoriemi jsou **acidifikace** (278 kg SO_2 eq) z čehož skládkování tvoří 98,9 % (275 kg SO_2 eq). Výroba paliva přispívá 0,6 % (1,58 SO_2 eq) a doprava 0,4 % (1,22 SO_2 eq). Acidifikaci mohou způsobovat emise oxidů dusíku a síry z rozkladných procesů. Podobně jako u předchozího parametru je skládkování hlavním zdrojem tohoto dopadu.

Pro **eutrofizaci** je celková hodnota 140,3 N eq, přičemž skládkování opět dominuje s podílem 99,8 % (140 N eq). Výroba paliva přispívá pouze 0,2 % (0,297 N eq) a doprava 0,1 % (0,0765 N eq). Eutrofizace je důsledkem vyluhování dusíkatých a fosforečných sloučenin z odpadu, které podporují nadměrný růst řas ve vodních ekosystémech.

Tuhé částice v ovzduší mají celkovou hodnotu 6,31 kg $PM_{2,5}$ eq. Skládkování tvoří 98,4 % (6,21 kg $PM_{2,5}$ eq), výroba paliva 1,3 % (0,0794 kg $PM_{2,5}$ eq) a doprava 0,3 % (0,0175 kg $PM_{2,5}$ eq). Tento parametr opět potvrzuje převládající dopad skládkování.

P**oškození ozonové vrstvy** vykazuje celkovou hodnotu -4,41E-10 kg CFC-11 eq, přičemž skládkování tvoří téměř 100 % (-4,41E-10 kg CFC-11 eq), výroba nafty přispívá zanedbatelně s méně než 0,1 % (5,7E-13 kg CFC-11 eq) a doprava nemá žádný vliv. Negativní hodnota skládkování naznačuje příznivý dopad, pravděpodobně díky tomu, že skládkování komunálního odpadu neprodukuje významné množství látek poškozujících ozon, jako jsou chlorované nebo fluorované uhlovodíky, a může nahrazovat jiné procesy (například spalování), které by takové látky uvolňovaly.

Tabulka 6: Scénář C - Odstranění komunálního odpadu na skládce

	Celkově	**Skládka**	**Nafta**	**Doprava**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	397000	394000	271	2990
Acidifikace [kg SO_2 eq]	278	275	1,58	1,22
Eutrofizace [kg N eq]	140,3	140	0,297	0,0765
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	-4,41E-10	-4,41E-10	5,7E-13	
Ekotoxicita [CTUe]	5150	4850	299	0,00916
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	6,31	6,21	0,0794	0,0175
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	2810	2770	21,6	27,4

Celková hodnota **globálního oteplování** (Tabulka 7) dosahuje 485 000 kg CO_2 eq, přičemž spalování tvoří 99,8 % (484 000 kg CO_2 eq). Tento vysoký podíl je pravděpodobně způsoben emisemi oxidu uhličitého z uhlíku obsaženého v odpadech, jako jsou plasty nebo jiné směsi z komunálního odpadu při spalování. Výroba nafty přispívá z méně než 0,1 % (99,2 kg CO_2 eq) a doprava z 0,2 % (1 090 kg CO_2 eq).

V kategorii **vzniku fotochemického smogu** je celková hodnota 6 420 kg O_3 eq, přičemž spalování představuje 99,7 % (6 400 kg O_3 eq), výroba nafty 0,1 % (7,93 kg O_3 eq) a doprava 0,2 % (10 kg O_3 eq). Tento dopad může být způsoben emisemi těkavých organických sloučenin a oxidů dusíku, které vznikají při vysokoteplotním spalování a přispívají k tvorbě přízemního ozónu.

Další významnou kategorií je **ekotoxicita** s celkovou hodnotou 4 810 CTUe, přičemž spalování tvoří 97,7 % (4 700 CTUe). Vysoká ekotoxicita může být důsledkem uvolňování toxických látek, například těžkých kovů nebo dioxinů, do ovzduší při spalování odpadu, což negativně ovlivňuje ekosystémy a zdraví člověka. Výroba nafty přispívá z 2,3 % (110 CTUe), zatímco doprava má zanedbatelný dopad s méně než 0,1 % (3,36E-05 CTUe).

V kategorii **acidifikace** činí celková hodnota 247 kg SO_2 eq, přičemž spalování představuje 99,6 % (246 kg SO_2 eq), výroba nafty 0,2 % (0,581 kg SO_2 eq) a doprava také z 0,2 % (0,446 kg SO_2 eq). Tento dopad je pravděpodobně způsoben emisemi oxidů síry a dusíku při spalování, které přispívají k tvorbě kyselých srážek. Výroba nafty (0,581 kg SO_2 eq) a doprava (0,446 kg SO_2 eq) mají minimální podíl.

V kategorii **eutrofizace** je celková hodnota 16,1 kg N eq, přičemž spalování přispívá z 99,4 % (16 kg N eq). Tento dopad může být spojen s emisemi dusíkatých sloučenin, které se uvolňují při spalování a přispívají k nadměrnému obohacování vodních ekosystémů živinami. Výroba nafty přispívá z 0,7 % (0,109 kg N eq) a doprava z 0,2 % (0,0281 kg N eq).

Kategorie **tuhé částice v ovzduší** vykazuje celkovou hodnotu 8,74 kg $PM_{2,5}$ eq, přičemž spalování představuje 99,7 % (8,71 kg $PM_{2,5}$ eq), výroba nafty 0,3 % (0,0291 kg PM2,5 eq) a doprava 0,1 % (0,00641 kg $PM_{2,5}$ eq). Emise jemných částic při spalování odpadu, zejména popela a prachu, mohou zhoršovat kvalitu ovzduší a negativně působit na zdraví obyvatel.

Celková hodnota **poškození ozonové vrstvy** dosahuje 2,17E-10 kg CFC-11 eq, přičemž spalování tvoří 99,9 % (2,17E-10 kg CFC-11 eq) a výroba nafty 0,1 % (2,09E- 13 kg CFC-11 eq).

Tabulka 7: Scénář D - Odstranění komunálního odpadu ve spalovně

	Celkově	**Spalování**	**Nafta**	**Doprava**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	485000	484000	99,2	1090
Acidifikace [kg SO_2 eq]	247	246	0,581	0,446
Eutrofizace [kg N eq]	16,1	16	0,109	0,0281
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	2,17E-10	2,17E-10	2,09E-13	
Ekotoxicita [CTUe]	4810	4700	110	3,36E-05
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	8,74	8,71	0,0291	0,00641
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	6420	6400	7,93	10

Spalování komunálního odpadu vykazuje vyšší dopady než skládkování v kategoriích **globálního oteplování** (485 000 kg CO_2 eq vs. 397 000 kg CO_2 eq) (Tabulka 8) **tuhé částice v ovzduší** (8,74 kg $PM_{2,5}$ eq vs. 6,31 kg $PM_{2,5}$ eq) **vznik fotochemického smogu** (6 420 kg O_3 eq vs. 2 810 kg O_3 eq) a **poškození ozonové vrstvy** (2,17E-10 vs -4,41E-10) pravděpodobně kvůli emisím CO_2 a těkavých organických látek při spalování. Skládkování má větší dopad na **acidifikaci** (278 kg SO_2 eq vs. 247 kg SO_2 eq), **eutrofizaci** (140 kg N eq vs. 16,1 kg N eq) a **ekotoxicitu** (5 150 CTUe vs. 4 810 CTUe), což souvisí s produkcí skleníkových a kyselých plynů ze skládkování, ale také delší dopravní vzdáleností.

Tabulka 8: Srovnání scénářů skládkování a spalování komunálního odpadu

	Celkově skládkování	**Celkově spalování**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	397000	485000
Acidifikace [kg SO_2 eq]	278	247
Eutrofizace [kg N eq]	140	16,1
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	-4,41E-10	2,17E-10
Ekotoxicita [CTUe]	5150	4810
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	6,31	8,74
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	2810	6420

4.1.5.3 Sklo

Celková hodnota **globálního oteplování** (Tabulka 9), dosahuje 1 160 kg CO_2 eq, z čehož 96,6 % (1 120 kg CO_2 eq) připadá na výrobu obalového skla (recyklaci). Tento dopad je pravděpodobně způsoben energetickou náročností procesu tavení skla, které vyžaduje vysoké teploty a často využívá fosilní paliva, produkující emise oxidu

uhličitého. Výroba nafty přispívá z 0,3 % (3,23 kg CO_2 eq) a doprava z 3,1 % (35,6 kg CO_2 eq), což odráží emise z přepravy skla, která má vyšší vzdálenost (75 km).

V kategorii **vznik fotochemického smogu** je celková hodnota 113 kg O_3 eq, přičemž výroba obalového skla odpovídá za 99,7 % (113 kg O_3 eq). Tento dopad může být spojen s emisemi těkavých organických sloučenin a oxidů dusíku uvolňovanými během vysokoteplotního zpracování skla, které podporují tvorbu smogu. Doprava přispívá z 0,3 % (0,327 kg O_3 eq) a výroba nafty z 0,2 % (0,258 kg O_3 eq).

Další významnou kategorií je **ekotoxicita** s celkovou hodnotou 18,1 CTUe, přičemž recyklace tvoří 80,1 % (14,5 CTUe), výroba nafty 19,7 % (3,57 CTUe) a doprava z méně než 0,1 % (1,09E-06 CTUe). Ekotoxicita u recyklace skla může být způsobena uvolňováním stopových množství těžkých kovů nebo chemikálií používaných při čištění a zpracování recyklovaného materiálu.

V kategorii **acidifikace** činí celková hodnota 7,29 kg SO_2 eq, přičemž výroba obalového skla představuje 99,5 % (7,25 kg SO_2 eq), výroba nafty 0,3 % (0,0189 kg SO_2 eq) a doprava 0,2 % (0,0145 kg SO_2 eq). Tento dopad je pravděpodobně důsledkem emisí oxidů síry a dusíku při tavení skla, které přispívají ke kyselým dešťům.

Celková hodnota **eutrofizace** dosahuje 0,338 kg N eq, přičemž recyklace tvoří 98,8 % (0,334 kg N eq), výroba nafty 1,1 % (0,00355 kg N eq) a doprava 0,3 % (0,000913 kg N eq). Recyklace ovlivňuje eutrofizaci uvolňováním dusíkatých sloučenin během zpracování, které se mohou přispět k obohacování vodních ekosystémů živinami.

Kategorie **tuhé částice v ovzduší** vykazuje celkovou hodnotu 0,183 kg $PM_{2,5}$ eq, přičemž výroba obalového skla představuje 99,4 % (0,182 kg $PM_{2,5}$ eq), výroba nafty 0,5 % (0,000948 kg $PM_{2,5}$ eq) a doprava 0,1 % (0,000208 kg $PM_{2,5}$ eq). Emise jemných částic mohou být spojeny s prachovými částicemi vznikajícími při manipulaci se sklem nebo při spalování paliv v pecích.

Celková hodnota **poškození ozonové vrstvy** dosahuje 7,68E-12 kg CFC-11 eq, přičemž výroba obalového skla tvoří 99,9 % (7,67E-12 kg CFC-11 eq) a výroba nafty 0,1 % (6,80E-15 kg CFC-11 eq).

Tabulka 9: Scénář E - Recyklace skla (výroba obalového skla)

	Celkově	**Recyklace**	**Nafta**	**Doprava**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	1160	1120	3,23	35,6
Acidifikace [kg SO_2 eq]	7,29	7,25	0,0189	0,0145
Eutrofizace [kg N eq]	0,338	0,334	0,00355	0,000913
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	7,68E-12	7,67E-12	6,80E-15	
Ekotoxicita [CTUe]	18,1	14,5	3,57	1,09E-06
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	0,183	0,182	0,000948	0,000208
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	113	113	0,258	0,327

Celková hodnota **globálního oteplování** (Tabulka 10), dosahuje 52,9 kg CO_2 eq, z čehož skládkování skla jako inertního odpadu tvoří 69,4 % (36,7 kg CO_2 eq), doprava 28,0 % (14,8 kg CO_2 eq) a výroba nafty 2,5 % (1,34 kg CO_2 eq). Tento dopad je pravděpodobně způsoben emisemi CO_2 vznikajícími při manipulaci s odpadem na skládce, například při použití těžké techniky poháněné fosilními palivy. Doprava přispívá 14,8 kg CO_2 eq, což odráží emise z přepravy skla na skládku, zatímco výroba nafty má minimální podíl (1,34 kg CO_2 eq).

V kategorii **vznik fotochemického smogu** je celková hodnota 4,78 kg O_3 eq, přičemž skládkování skla představuje 95,0 % (4,54 kg O_3 eq), doprava představuje 2,9 % (0,136 kg O_3 eq) a výroba nafty 2,3 % (0,108 kg O_3 eq). Tento dopad může být spojen s emisemi těkavých organických sloučenin nebo oxidů dusíku uvolňovanými při činnostech na skládce, jako je zhutňování odpadu, které přispívají k tvorbě přízemního ozónu. Doprava (0,136 kg O_3 eq) a výroba nafty (0,108 kg O_3 eq) mají zanedbatelný vliv.

Další významnou kategorií je **ekotoxicita** s celkovou hodnotou 4,23 CTUe, z toho 64,8 % (2,74 CTUe), pochází ze skládkování skla. Výroba nafty přispívá z 35,2 % (1,49 CTUe) a doprava z méně než 0,1 % (4,55E-07 CTUe). Ekotoxicita u skládkování může být způsobena drobnými nečistotami v inertním skle, například prosakováním toxických látek z nečistot ve skle, například z nátěrů nebo aditiv, do půdy a vody.

V kategorii **acidifikace** činí celková hodnota 0,251 kg SO_2 eq, skládkování představuje 94,4 % (0,237 kg SO_2 eq), výroba nafty 3,1 % (0,00788 kg SO_2 eq) a doprava 2,4 % (0,00604 kg SO_2 eq). Tento dopad je pravděpodobně důsledkem emisí oxidů síry a dusíku vznikajících při provozu techniky na skládce.

Celková hodnota **eutrofizace** dosahuje 0,0121 kg N eq, přičemž skládkování tvoří 84,3 % (0,0102 kg N eq), výroba nafty 12,2 % (0,00148 kg N eq) a doprava 3,1 % (0,00038 kg N eq). Skládkování ovlivňuje eutrofizaci prosakováním dusíkatých sloučenin z nečistot ve skle do vodních systémů, což podporuje růst řas. Výroba nafty a doprava mají menší dopad, spojený s emisemi dusíkatých látek.

Kategorie **tuhé částice v ovzduší** vykazuje celkovou hodnotu 0,0203 kg $PM_{2,5}$ eq, z toho 97,5 % (0,0198 kg $PM_{2,5}$ eq) pochází ze skládkování skla. Emise jemných částic mohou být spojeny s prachem vznikajícím při manipulaci se sklem nebo při provozu těžké techniky na skládce. Výroba nafty přispívá z 1,9 % (0,00395 kg $PM_{2,5}$ eq) a doprava z 0,4 % (0,000087 kg $PM_{2,5}$ eq).

Celková hodnota **poškození ozonové vrstvy** dosahuje 2,03E-13 kg CFC-11 eq, přičemž skládkování tvoří 98,5 % (2,00E-13 kg CFC-11 eq) a výroba nafty 1,4 % (2,83E- 15 kg CFC-11 eq). Doprava nemá žádný vliv. Minimální dopad skládkování může být způsoben uvolňováním stopových množství látek poškozujících ozon z nečistot ve skleněném odpadu.

Tabulka 10: Scénář F - Ukládání skla na skládku

	Celkově	**Skládka**	**Nafta**	**Doprava**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	52,9	36,7	1,34	14,8
Acidifikace [kg SO_2 eq]	0,251	0,237	0,00788	0,00604
Eutrofizace [kg N eq]	0,0121	0,0102	0,00148	0,00038
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	2,03E-13	2,00E-13	2,83E-15	
Ekotoxicita [CTUe]	4,23	2,74	1,49	4,55E-07
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	0,0203	0,0198	0,000395	0,000087
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	4,78	4,54	0,108	0,136

Recyklace skla vykazuje vyšší dopady ve všech kategoriích (Tabulka 11) **globální oteplování** (1 160 kg CO_2 eq vs. 52,9 kg CO_2 eq), **acidifikace** (7,29 kg SO_2 eq vs. 0,251 kg SO_2 eq), **eutrofizace** (0,338 kg N eq vs. 0,0121 kg N eq), **poškození ozonové vrstvy** (7,68E-12 kg CFC-11 eq vs. 2,03E-13 kg CFC-11 eq), **ekotoxicita** (18,1 CTUe vs. 4,23 CTUe), **tuhé částice v ovzduší** (0,183 kg $PM_{2,5}$ eq vs. 0,0203 kg $PM_{2,5}$ eq) a **vznik fotochemického smogu** (113 kg O_3 eq vs. 4,78 kg O_3 eq). Tyto vyšší hodnoty u recyklace jsou primárně způsobeny energetickou náročností tavení skla a emisemi CO_2, VOC, NO_x a SO_x při zpracování. Navíc recyklace vyžaduje dopravu skla na větší vzdálenost, což zvyšuje emise spojené s dopravou. Skládkování skla jako inertního odpadu má podstatně nižší dopady, protože sklo je chemicky stabilní a nepřispívá k významným emisím na skládce. Dopady skládkování jsou převážně spojeny s provozem techniky a dopravou. Nicméně tabulka nezohledňuje dlouhodobé výhody recyklace, jako je úspora primárních surovin (např. písku, vápence) a snížení potřeby těžby, které by potenciálně mohly hodnoty snižovat.

Tabulka 11: Srovnání scénářů recyklace a skládkování odpadu ze skla

	Celkově recyklace	**Celkově skládkování**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	1160	52,9
Acidifikace [kg SO_2 eq]	7,29	0,251
Eutrofizace [kg N eq]	0,338	0,0121
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	7,68E-12	2,03E-13
Ekotoxicita [CTUe]	18,1	4,23
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	0,183	0,0203
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	113	4,78

4.1.5.4 Plast

Celková hodnota **globálního oteplování** (Tabulka 12), dosahuje 394 kg CO_2 eq, z čehož 99,2 % (391 kg CO_2 eq) připadá na výrobu plastového recyklátu. Tento dopad je pravděpodobně způsoben energetickou náročností procesů třídění, čištění a tavení plastů, které často zahrnují využití fosilních paliv, produkujících emise oxidu uhličitého. Doprava přispívá z 0,7 % (2,71 kg CO_2 eq), což odráží emise z přepravy plastového odpadu, zatímco výroba nafty má zanedbatelný podíl 0,1 % (0,245 kg CO_2 eq).

V kategorii **ekotoxicita** je celková hodnota 21,8 CTUe, přičemž výroba plastového recyklátu tvoří 98,6 % (21,5 CTUe). Tento dopad může být způsoben uvolňováním toxických látek, například mikroplastů, aditiv nebo chemikálií používaných při zpracování plastů, které negativně ovlivňují ekosystémy. Výroba nafty přispívá z 1,2 % (0,271 CTUe), zatímco doprava má zanedbatelný dopad menší než 0,1 % (8,30E- 08 CTUe).

Další významnou kategorií je **vznik fotochemického smogu** s celkovou hodnotou 8,53 kg O_3 eq, z toho 99,5 % (8,49 kg O_3 eq) pochází z výroby recyklátu. Tento dopad je pravděpodobně spojen s emisemi těkavých organických sloučenin a oxidů dusíku uvolňovanými během tavení a zpracování plastů, které přispívají k tvorbě přízemního ozónu. Doprava přispívá z 0,3 % (0,0248 kg O_3 eq) a výroba nafty přispívá z 0,2 % (0,0196 kg O_3 eq).

Celková hodnota **acidifikace** činí 0,541 kg SO_2 eq, přičemž recyklace představuje 99,5 % (0,539 kg SO_2 eq), doprava 0,2 % (0,0011 kg SO_2 eq) a výroba nafty 0,3 % (0,00144 kg SO_2 eq). Tento dopad je pravděpodobně důsledkem emisí oxidů síry a dusíku při energeticky náročném zpracování plastů, které přispívají ke kyselým srážkám.

Kategorie **eutrofizace** vykazuje celkovou hodnotu 0,0864 kg N eq, z toho 99,6 % (0,086 kg N eq) pochází z výroby recyklátu. Tento dopad může být spojen s emisemi dusíkatých sloučenin při zpracování plastů, které mohou přispět k obohacování vodních

ekosystémů živinami. Výroba nafty přispívá z 0,3 % (0,000269 kg N eq) a doprava přispívá z 0,1 % (6,94E-05 kg N eq).

Celková hodnota **tuhých částic v ovzduší** činí 0,0289 kg $PM_{2,5}$ eq, přičemž recyklace představuje 99,7 % (0,0288 kg $PM_{2,5}$ eq), výroba nafty 0,3 % (0,000072 kg $PM_{2,5}$ eq) a doprava 0,1 % (0,0000158 kg $PM_{2,5}$ eq). Recyklace produkuje částice při manipulaci a zpracování plastů, zejména prach. Výroba nafty a doprava přispívají méně, a jsou spojené s emisemi z paliv.

V kategorii **poškození ozonové vrstvy** dosahuje celková hodnota 6,74E- 12 kg CFC-11 eq, přičemž recyklace tvoří téměř 100 % (6,74E-12 kg CFC-11 eq) a výroba nafty méně než 0,1 % (5,16E-16 kg CFC-11 eq). Doprava nemá žádný vliv. Minimální dopad recyklace může být způsoben uvolňováním stopových množství látek poškozujících ozon, například z chemických aditiv v plastech.

Tabulka 12: Scénář G - Recyklace plastového odpadu

	Celkově	**Recyklace**	**Nafta**	**Doprava**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	394	391	0,245	2,71
Acidifikace [kg SO_2 eq]	0,54	0,539	0,00144	0,0011
Eutrofizace [kg N eq]	0,0864	0,086	0,000269	6,94E-05
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	6,74E-12	6,74E-12	5,16E-16	
Ekotoxicita [CTUe]	21,8	21,5	0,271	8,30E-08
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	0,0289	0,0288	0,000072	0,0000158
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	8,53	8,49	0,0196	0,0248

Celková hodnota **globálního oteplování** (Tabulka 13), dosahuje 2 302 kg CO_2 eq, z čehož 99,9 % (2 300 kg CO_2 eq) připadá na spalování plastového odpadu. Tento vysoký dopad je pravděpodobně způsoben emisemi oxidu uhličitého uvolňovanými při spalování plastů, které obsahují uhlík (např. polyethylen, polypropylen). Doprava přispívá z 0,09 % (2,13 kg CO_2 eq), což odráží emise z přepravy plastového odpadu, zatímco výroba nafty má zanedbatelný podíl menší než 0,1 % (0,193 kg CO_2 eq).

V kategorii **vznik fotochemického smogu** je celková hodnota 12,934 kg O_3 eq, přičemž spalování plastového odpadu přispívá z 99,9 % (12,9 kg O_3 eq.) Tento dopad je pravděpodobně spojen s emisemi těkavých organických sloučenin a oxidů dusíku uvolňovanými při vysokoteplotním spalování plastů, které přispívají k tvorbě přízemního ozónu. Doprava přispívá z 0,2 % (0,0195 kg O_3 eq) a výroba nafty přispívá z 0,1 % (0,0154 kg O_3 eq).

Další významnou kategorií je **ekotoxicita** s celkovou hodnotou 2,15 CTUe, z čehož 90,2 % (1,94 CTUe) pochází ze spalování plastového odpadu, 9,9 %

(0,213 CTUe) z výroby nafty z méně než 0,1 % (6,52E-08 CTUe) z dopravy. Ekotoxicita může být způsobena uvolňováním toxických látek, jako jsou dioxiny, furany nebo těžké kovy obsažené v některých plastech, které negativně ovlivňují ekosystémy a zdraví člověka.

V kategorii **acidifikace** činí celková hodnota 0,631 kg SO_2 eq, přičemž spalování plastového odpadu přispívá z 99,7 % (0,629 kg SO_2 eq.) Tento dopad je pravděpodobně důsledkem emisí oxidů síry a dusíku při spalování, které přispívají ke kyselým srážkám. Výroba nafty přispíva z 0,2 % (0,00113 kg SO_2 eq) a doprava z 0,1 % (0,000866 kg SO_2 eq).

Kategorie **eutrofizace** vykazuje celkovou hodnotu 0,0385 kg N eq, z toho 99,2 % (0,0382 kg N eq) pochází ze spalování plastového odpadu. Tento dopad může být spojen s emisemi dusíkatých sloučenin uvolňovanými při spalování, které přispívají k obohacování vodních ekosystémů živinami. Výroba nafty přispívá z 0,6 % (0,000212 kg N eq) a doprava z 0,1 % (0,0000545 kg N eq).

V kategorii **eutrofizace** dosahuje 0,0385 kg N eq, přičemž spalovna tvoří 99,2 % (0,0382 kg N eq), výroba nafty 0,6 % (0,000212 kg N eq) a doprava 0,1 % (0,0000545 kg N eq). Spalovna ovlivňuje eutrofizaci uvolňováním dusíkatých sloučenin do ovzduší, které se dostávají do vodních systémů a podporují růst řas. Výroba nafty a doprava mají zanedbatelný dopad.

Kategorie **tuhé částice v ovzduší** dosahuje celkové hodnoty 0,0176 kg $PM_{2,5}$ eq, přičemž 99,9 % (0,0176 kg $PM_{2,5}$ eq) představuje spalování plastového odpadu výroba nafty představuje 0,3 % (0,0000566 kg $PM_{2,5}$ eq) a doprava 0,1 % (0,0000124 kg $PM_{2,5}$ eq). Emise jemných částic mohou být spojeny s neúplným spalováním plastů nebo uvolňováním popela obsahujícího částice.

Celková hodnota **poškození ozonové vrstvy** dosahuje 4,74E-13 kg CFC-11 eq, přičemž spalovna tvoří 99,9 % (4,73E-13 kg CFC-11 eq) a výroba nafty 0,1 % (4,06E- 16 kg CFC-11 eq). Doprava nemá žádný vliv. Minimální dopad spalovny může být způsoben uvolňováním stopových množství látek poškozujících ozon, například z chemických aditiv v plastech.

Tabulka 13: Scénář H - Spalování plastového odpadu

	Celkově	**Spalovna**	**Nafta**	**Doprava**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	2302	2300	0,193	2,13
Acidifikace [kg SO_2 eq]	0,631	0,629	0,00113	0,000866
Eutrofizace [kg N eq]	0,0385	0,0382	0,000212	0,00005450
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	4,74E-13	4,73E-13	4,06E-16	
Ekotoxicita [CTUe]	2,15	1,94	0,213	6,52E-08
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	0,0176	0,0176	0,0000566	0,0000124
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	12,934	12,9	0,0154	0,0195

Spalování plastů vykazuje výrazně vyšší dopad v kategorii **globálního oteplování** (2 302 kg CO_2 eq vs. 394 kg CO_2 eq), (Tabulka 14), což je způsobeno emisemi CO_2 z uhlíku obsaženého v plastech. Také v kategorii **vznik fotochemického smogu** má spalování větší dopad (12,934 kg O_3 eq vs. 8,53 kg O_3 eq), pravděpodobně kvůli emisím VOC a NO_x při spalování. Naopak recyklace plastů vykazuje vyšší dopady v kategoriích **ekotoxicita** (21,8 CTUe vs. 2,15 CTUe), **eutrofizace** (0,0864 kg N eq vs. 0,0385 kg N eq), **acidifikace** (0,54 kg SO_2 eq vs. 0,631 kg SO_2 eq) a **tuhé částice v ovzduší** (0,0289 kg $PM_{2,5}$ eq vs. 0,0176 kg $PM_{2,5}$ eq), což je dáno energetickou náročností zpracování a uvolňováním toxických látek při třídění a tavení plastů, ale tyto hodnoty jsou výrazně nižší. Hodnoty pro kategorii **poškození ozonové vrstvy** je u obou metod malé, s mírně vyšší hodnotou u recyklace (6,74E-12 kg CFC-11 eq vs. 4,74E - 13 kg CFC-11 eq).

Sledované kategorie dopadu nezohledňují dlouhodobé výhody recyklace, jako je úspora primárních surovin (např. ropy), snížení potřeby těžby surovina omezení objemu odpadu na skládkách, což může kompenzovat vyšší okamžité dopady recyklace. Pro komplexní hodnocení je tedy nutné zvážit nejen přímé emise, ale i nepřímé přínosy recyklace plastů.

Tabulka 14: Srovnání scénářů recyklace a spalování plastového odpadu

	Celkově recyklace	**Celkově spalování**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	394	2302
Acidifikace [kg SO_2 eq]	0,54	0,631
Eutrofizace [kg N eq]	0,0864	0,0385
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	6,74E-12	4,74E-13
Ekotoxicita [CTUe]	21,8	2,15
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	0,0289	0,0176
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	8,53	12,934

4.1.5.5 Papír

Celková hodnota **globálního oteplování** (Tabulka 15), dosahuje 1 630 kg CO_2 eq, z čehož 98,2 % (1 600 kg CO_2 eq) připadá na recyklaci papíru. Tento dopad je pravděpodobně způsoben energetickou náročností procesů třídění, čištění a zpracování papíru, které zahrnují použití elektřiny nebo fosilních paliv, produkujících emise oxidu uhličitého. Doprava přispívá z 1,5 % (24,6 kg CO_2 eq), což odráží emise z přepravy papírového odpadu, který mý větší vzdálenost na recyklaci (177 km) a výroba nafty z 0,1 % (2,23 kg CO_2 eq).

V kategorii **ekotoxicita** je celková hodnota 8,96 CTUe, přičemž recyklace papíru připadá 72,4 % (6,49 CTUe) výrobě nafty 27,6 % (2,47 CTUe) a dopravě méně než 0,1 % (7,55E-07 CTUe). Tento dopad může být způsoben uvolňováním chemikálií, například z inkoustů, bělidel nebo aditiv používaných při recyklaci papíru, které negativně ovlivňují ekosystémy.

Významnou kategorií s negativní hodnotou je **vznik fotochemického smogu**, kde celková hodnota dosahuje -41,2 kg O_3 eq přičemž recyklace papíru přispívá z - 41,6 kg O_3 eq (101 %). Tato negativní hodnota pravděpodobně odráží výhody v hodnocení životního cyklu za nahrazení primární výroby papíru, která produkuje vyšší emise těkavých organických sloučenin a oxidů dusíku. Výroba nafty má hodnotu 0,178 kg O_3 eq (-0,4 %) a doprava 0,226 kg O_3 eq (-0,6) %.

Kategorie **acidifikace** vykazuje zápornou celkovou hodnotu -1,54 kg SO_2 eq, přičemž recyklace papíru přispívá -1,56 kg SO_2 eq (101 %). Tato negativní hodnota může být důsledkem úspory emisí oxidů síry a dusíku díky recyklaci, která nahrazuje primární výrobu papíru s vyššími emisemi. Výroba nafty přispívá z -0,9 % (0,0131 kg SO_2 eq) a doprava z -0,7 % (0,01 kg SO_2 eq).

V kategorii **eutrofizace** je celková hodnota rovněž záporná, -0,393 kg N eq, z čehož -0,396 kg N eq (101 %) pochází z recyklace papíru. Tento efekt je pravděpodobně způsoben úsporou dusíkatých sloučenin díky snížení potřeby primární výroby, která zahrnuje procesy s vyššími emisemi živin. Výroba nafty vykazuje hodnotu 0,00245 kg N eq (-0,6 %) a doprava 0,000631 kg N eq (- 0,2 %).

Kategorie **tuhé částice v ovzduší** dosahuje celkové hodnoty 0,000799 kg $PM_{2,5}$ eq, přičemž k tomuto přispívá pouze výroba nafty z 82,0 % (0,000655 kg $PM_{2,5}$ eq) a doprava z 18,0 % (0,000144 kg $PM_{2,5}$ eq). Tento nízký dopad naznačuje, že recyklace papíru produkuje minimální emise jemných částic ve srovnání s použitím primárních surovin pro výrobu papíru.

Celková hodnota **poškození ozonové vrstvy** dosahuje -2,1E-9 kg CFC-11 eq, přičemž recyklace tvoří téměř 100 % (-2,1E-9 kg CFC-11 eq), výroba nafty přispívá zanedbatelně méně než 0,1 % (4,7E-15 kg CFC-11 eq) a doprava nemá žádný vliv. Negativní hodnota recyklace naznačuje příznivý dopad, díky tomu, že recyklace papíru snižuje potřebu primární výroby papíru, která může produkovat látky poškozující ozon, jako jsou chlorované sloučeniny používané při bělení celulózy.

V kategorii **vzniku fotochemického smogu** činí celková hodnota -41,2 kg O_3 eq, přičemž recyklace představuje 101 % (-41,6 kg O_3 eq), výroba nafty -0,4 % (0,178 kg O_3 eq) a doprava -0,6 % (0,226 kg O_3 eq). Negativní hodnota recyklace je způsobena úsporami emisí těkavých organických sloučenin a oxidů dusíku díky nahrazení primární výroby, zatímco doprava a výroba nafty přispívají minimálně emisemi z paliv.

Tabulka 15: Scénář I - Recyklace papírového odpadu

	Celkově	**Recyklace**	**Nafta**	**Doprava**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	1630	1600	2,23	24,6
Acidifikace [kg SO_2 eq]	-1,54	-1,56	0,0131	0,01
Eutrofizace [kg N eq]	-0,393	-0,396	0,00245	0,000631
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	-2,1E-9	-2,1E-9	4,7E-15	
Ekotoxicita [CTUe]	8,96	6,49	2,47	7,55E-07
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	0,000799	0	0,000655	0,000144
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	-41,2	-41,6	0,178	0,226

Celková hodnota **globálního oteplování** (Tabulka 16), dosahuje 808 kg CO_2 eq, z čehož 99,9 % (807 kg CO_2 eq) připadá na spalování papírového odpadu. Tento dopad je pravděpodobně způsoben emisemi oxidu uhličitého uvolňovanými při spalování papíru. Emise mohou být částečně přičítány příměsím nebo energii potřebné pro spalování. Doprava přispívá z 0,2 % (1,53 kg CO_2 eq), což odráží emise z přepravy papírového odpadu, zatímco výroba nafty má zanedbatelný podíl menší než 0,1 % (0,139 kg CO_2 eq).

V kategorii **vznik fotochemického smogu** dosahuje celková hodnota 6,12 kg O_3 eq, přičemž spalování papírového odpadu přispívá z 99,5 % (6,09 kg O_3 eq). Tento dopad je pravděpodobně spojen s emisemi těkavých organických sloučenin a oxidů dusíku uvolňovanými při spalování papíru, které přispívají k tvorbě přízemního ozónu. Doprava přispívá z 0,2 % (0,0141 kg O_3 eq) a výroba nafty z 0,2 % (0,0111 kg O_3 eq).

Další významnou kategorií je **ekotoxicita** s celkovou hodnotou 1,50 CTUe, z čehož 10,2 % (1,35 CTUe) pochází ze spalování papírového odpadu a 10,2 % (0,153 CTUe) z výroby nafty. Ekotoxicita může být způsobena uvolňováním toxických

látek, například těžkých kovů z inkoustů nebo aditiv v papíru, které se mohou uvolnit do ovzduší při spalování. Doprava má zanedbatelný dopad menší než 0,1 % (4,69E- 08 CTUe).

V kategorii **acidifikace** činí celková hodnota 0,262 kg SO_2 eq, přičemž spalování papírového odpadu přispívá z 99,6 % (0,261 kg SO_2 eq). Tento dopad je pravděpodobně důsledkem emisí oxidů síry a dusíku při spalování, které přispívají ke kyselým srážkám. Výroba nafty přispívá z 0,3 % (0,000813 kg SO_2 eq) a doprava z 0,2 % (0,000623 kg SO_2 eq) a mají zanedbatelný podíl.

Kategorie **eutrofizace** vykazuje celkovou hodnotu 0,017 kg N eq, z toho 98,8 % (0,0168 kg N eq) pochází ze spalování papírového odpadu. Tento dopad může být spojen s emisemi dusíkatých sloučenin uvolňovanými při spalování, které přispívají k obohacování vodních ekosystémů živinami. Výroba nafty přispívá z 8,9 % (0,00152 kg N eq) a doprava z 0,2 % (3,92E-05 kg N eq).

Kategorie **tuhé částice v ovzduší** dosahuje celkové hodnoty 0,00969 kg $PM_{2,5}$ eq, přičemž 99,1 % (0,0096 kg $PM_{2,5}$ eq) představuje spalování papírového odpadu. Emise jemných částic mohou být spojeny s popelem nebo neúplným spalováním papíru, které produkují částice zhoršující kvalitu ovzduší. Výroba nafty přispívá z 0,4 % (4,07E- 05 kg PM2,5 eq) a doprava z 0,1 % (8,96E-06 kg PM2,5 eq).

Celková hodnota **poškození ozonové vrstvy** dosahuje 2,84E-14 kg CFC-11 eq, přičemž spalovna tvoří 99,9 % (2,84E-13 kg CFC-11 eq) a výroba nafty 0,1 % (2,92E- 16 kg CFC-11 eq). Doprava nemá žádný vliv. Minimální dopad spalovny může být způsoben uvolňováním stopových množství látek poškozujících ozon, například z chemických aditiv v papíru.

Tabulka 16: Scénář J - Odstranění papírového odpadu ve spalovně odpadů

	Celkově	**Spalovna**	**Nafta**	**Doprava**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	808	807	0,139	1,53
Acidifikace [kg SO_2 eq]	0,262	0,261	0,000813	0,000623
Eutrofizace [kg N eq]	0,017	0,0168	0,00152	3,92E-05
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	2,84E-14	2,84E-13	2,92E-16	
Ekotoxicita [CTUe]	1,50	1,35	0,153	4,69E-08
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	0,00969	0,0096	4,07E-05	8,96E-06
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	6,12	6,09	0,0111	0,0141

Porovnání environmentálních dopadů recyklace a spalování papírového odpadu ukazuje výrazné rozdíly mezi těmito metodami (Tabulka 17). Recyklace papíru vykazuje

vyšší dopad v kategorii **globálního oteplování** (1 630 kg CO_2 eq vs. 808 kg CO_2 eq), což je způsobeno energetickou náročností procesů třídění, čištění a zpracování papíru, které produkují emise CO_2. Také v kategorii **ekotoxicity** má recyklace větší dopad (8,96 CTUe vs. 1,50 CTUe), pravděpodobně kvůli uvolňování chemikálií z inkoustů a aditiv při zpracování.

Naopak spalování papírového odpadu má vyšší dopady v kategoriích **acidifikace** (0,262 kg SO_2 eq vs. -1,54 kg SO_2 eq), **eutrofizace** (0,017 kg N eq vs. -0,393 kg N eq), **tuhé částice v ovzduší** (0,00969 kg $PM_{2,5}$ eq vs. 0,000799 kg $PM_{2,5}$ eq) **vznik fotochemického smogu** (6,12 kg O_3 eq vs. -41,2 kg O_3 eq) a **poškození ozonové vrstvy** (2,84E-14 kg CFC -11 eq vs -2,1E-9 kg CFC -11 eq) Tyto dopady jsou způsobeny emisemi SO_x, NO_x, VOC a jemných částic při spalování. Negativní hodnoty u recyklace v kategoriích acidifikace, eutrofizace a smogu a poškození ozonové vrstvy odrážejí environmentální přínosy díky úspoře emisí oproti primární výrobě papíru.

Tabulka nezohledňuje dlouhodobé výhody recyklace, jako je úspora primárních surovin (dřeva, vody) a snížení objemu odpadu na skládkách. Celkově spalování vykazuje nižší dopad na globální oteplování, ale recyklace přináší výhody v jiných kategoriích díky úspoře emisí oproti primární výrobě.

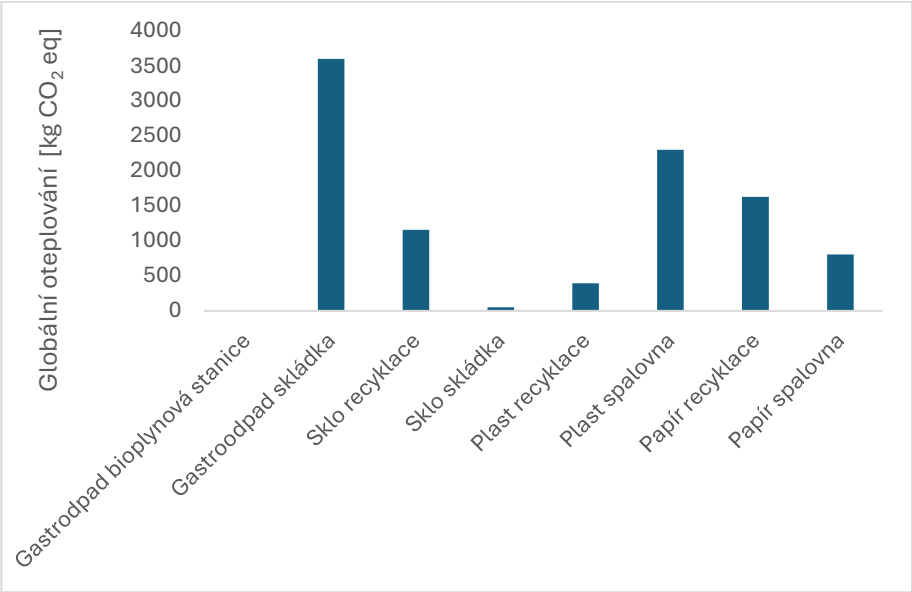
Tabulka 17: Srovnání scénářů recyklace a spalování papírového odpadu

	Celkově recyklace	**Celkově spalování**
Globální oteplování [kg CO_2 eq]	1630	808
Acidifikace [kg SO_2 eq]	-1,54	0,262
Eutrofizace [kg N eq]	-0,393	0,017
Poškození ozonové vrstvy [kg CFC $^{-11}$ eq]	-2,1E-9	2,84E-14
Ekotoxicita [CTUe]	8,96	1,50
Tuhé částice v ovzduší [kg $PM_{2,5}$ eq]	0,000799	0,00969
Vznik fotochemického smogu [kg O_3 eq]	-41,2	6,12

4.1.6 Interpretace výsledků z hlediska uhlíkové stopy

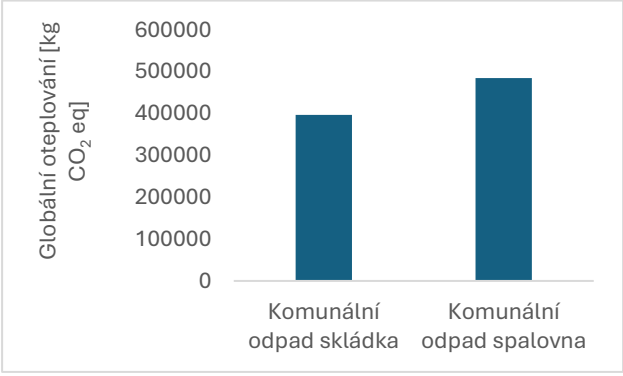
Cílem diplomové práce je stanovit na základě údajů o odpadovém hospodářství menzy uhlíkovou stopu tohoto provozu, která vychází z kategorie globální oteplování v LCA**.** Nejlépe z hlediska uhlíkové stopy vychází využití gastroodpadu v bioplynové stanici (Graf 1), které se ukazuje jako jednoznačně nejšetrnější k životnímu prostředí. Oproti tomu jeho skládkování je klimaticky nejvíce zatěžující variantou, především kvůli emisím methanu vznikajícím při anaerobním rozkladu. Bioplynové stanice naopak nejen snižují emise, ale mohou díky nahrazení fosilních paliv mít i klimatické přínosy.

U ostatních typů odpadů je situace komplexnější. U skla vychází z hlediska přímých emisí lépe jeho skládkování, a to díky chemické stabilitě materiálu, nicméně tento přístup nebere v potaz ztrátu hodnotného materiálu a nevyužitý potenciál recyklace. V případě plastů je recyklace výrazně šetrnější než spalování, protože zabraňuje uvolnění uhlíku a podporuje cirkulární ekonomiku. U papíru má sice spalování nižší klimatickou zátěž, ale recyklace zůstává důležitá pro udržení materiálu v oběhu.



Graf 1 : Porovnání uhlíkové stopy, gastroodpadu a odpadu ze skla, plastu a papíru

Zatímco spalování komunálního odpadu má větší dopad na globální oteplování než jeho skládkování, důvodem jsou především obsažené plasty a další materiály, které při spalování uvolňují skleníkové plyny (Graf 2).



Graf 2: Uhlíková stopa komunálního odpadu

Celkově je z výsledků patrné, že pro udržitelnější odpadové hospodářství je klíčová nejen správná volba nakládání s jednotlivými druhy odpadu, ale i prevence jejich vzniku a efektivní třídění. Dále je třeba zmínit i vliv dopravy, čím delší dopravní vzdálenost, tím větší vliv na kategorie dopadu. Z tohoto důvodu byla modelována spalovna v Opatovicích, která je zatím ve fázi povolovacího řízení a není tedy v provozu, ale bude to nejbližší zařízení na energetické využívání odpadu.

4.1.7 Získaná uhlíková stopa v kontextu ESG

Přístup ESG, založený na hodnocení environmentálních, sociálních a správních kritérií (Environmental, Social, Governance), představuje rámec, v němž je zohledňována nejen materiální stránka produktů, ale také jejich dopad na životní prostředí a společnost. Tento přístup získal v posledním desetiletí význam díky globálním iniciativám, jako jsou Cíle udržitelného rozvoje OSN (2015), Pařížská dohoda (2015) a Zelená dohoda pro Evropu (2019). Tyto rámce podpořily rostoucí zájem o postupy, které přispívají k řešení klimatických změn a sociálních otázek. Přesto se ESG přístup potýká s kritikou, zejména kvůli riziku záměrného klamání spotřebitele o ekologické prospěšnosti produktu a nedostatečné transparentnosti dat [92].

Gastro průmysl jako klíčový globální sektor hraje nezastupitelnou roli v naplňování cílů udržitelnosti. Jedním z významných ukazatelů jeho environmentální výkonnosti je uhlíková stopa, zejména v segmentech, jako jsou velkokapacitní stravovací provozy, mezi které patří i menzy. Získaná uhlíková stopa menzy zahrnuje emise skleníkových plynů vznikající při výrobě, dopravě, zpracování a likvidaci potravin a dalších zdrojů. Tento ukazatel je úzce spjat s environmentálním pilířem „E“ v ESG, který se zaměřuje na aspekty, jako jsou emise skleníkových plynů, spotřeba energie, hospodaření s vodou a odpady či ochrana biodiverzity. Snížení uhlíkové stopy menzy lze dosáhnout například preferencí lokálních a sezónních surovin, výběrem potravin s nižšími emisemi z výroby, minimalizací potravinového odpadu a optimalizací energetické efektivity provozu [92].

Environmentální opatření v menzách však mají i sociální rozměr, který spadá pod pilíř „S“ v ESG. Sociální pilíř zahrnuje vztahy podniku se zaměstnanci, dodavateli, zákazníky a komunitami. V kontextu menzy může snižování uhlíkové stopy zahrnovat vzdělávání zaměstnanců o udržitelnosti a efektivních postupech hospodaření s odpady. Takové iniciativy nejen podporují environmentální cíle, ale také posilují sociální

odpovědnost podniku. Investice do školení zaměstnanců přispívají k vyšší efektivitě provozu [93].

Z pohledu správního pilíře ESG je pro řízení získané uhlíkové stopy menzy klíčové zavedení jasných politik a strategií udržitelnosti na úrovni celé instituce. To zahrnuje stanovení konkrétních cílů pro snižování uhlíkové stopy v oblasti stravování, pravidelné monitorování a vyhodnocování pokroku a vykazování environmentálních dat. Zapojení všech relevantních zainteresovaných stran včetně studentů, zaměstnanců a vedení menzy do procesu rozhodování a implementace je nezbytné pro dosažení dlouhodobé udržitelnosti. Důležitou součástí správního pilíře je rovněž zajištění souladu s regulatorními požadavky a standardy, jako jsou směrnice EU a integrace principů ESG do strategického plánování. Efektivní správa zahrnuje také zavedení mechanismů pro hodnocení rizik spojených s environmentálními dopady a vytvoření odpovědnosti na všech úrovních řízení menzy, což zajišťuje konzistentní pokrok směrem k udržitelným cílům [93].

Udržitelnost stravování na českých vysokých školách je důležitým prvkem při naplňování Cílů udržitelného rozvoje (SDGs), přičemž univerzitní stravovací služby hrají klíčovou roli v podpoře zdravého životního stylu i snižování negativních dopadů na životní prostředí. Na základě analýzy stavu v roce 2022, provedené v rámci projektu UNILEAD, byla formulována doporučení zaměřená na šest klíčových oblastí: strategii, suroviny, jídelníček, odpad, provoz a lidé [94].

Strategie ve stravovacích zařízení by měla být součástí celkové Strategie udržitelného rozvoje vysoké školy. Měla by obsahovat akční plány na konkrétní časové období s jasně definovanými cíli a opatřeními, které budou pravidelně vyhodnocovány, aktualizovány a podpořeny finančními prostředky z rozpočtu dané vysoké školy. Co se týče **surovin**, vysoké školy by měly při zadávání veřejných zakázek zohledňovat nejen cenu, ale i kvalitu a původ potravin, dále upřednostňovat lokální a sezónní suroviny a zprostředkovávat větší nabídku rostlinných alternativ. V rámci **jídelníčku** je žádoucí klást důraz na výživově hodnotná jídla s nízkou uhlíkovou stopou a taktéž zvyšovat nabídku rostlinné stravy. Z hlediska **odpadu** je prioritou jeho minimalizace. Důležité je zavést monitorování vzniku odpadu, podporovat kompostování a další formy jeho využití, zároveň omezovat jednorázové obaly a nahrazovat je udržitelnějšími alternativami. V oblasti **provozu** by školy měly usilovat o úsporné a efektivní využívání zdrojů, zejména energie a vody. To zahrnuje například využívání obnovitelných zdrojů, zpracování dešťové vody či pravidelné hodnocení spotřeby. Z hlediska **personálu**

a strávníků je klíčová komunikace tématu udržitelnosti směrem ke studentům, zaměstnancům i veřejnosti. Zároveň je potřeba dbát na spravedlivé pracovní podmínky, férové odměňování a další vzdělávání pracovníků stravovacích služeb. Spolupráce s různými partnery může výrazně přispět k efektivnímu rozvoji udržitelných opatření [94].

4.1.8 Doporučení pro univerzitní menzu

V souladu se Strategií udržitelnosti Univerzity Pardubice na období 2025–2030 by měla být univerzitní menza cílena směrem k udržitelnému provozu [95].

Menza by mohla implementovat podle vzoru v jídelny v Tanvaldu kompostéry, kam by strávníci mohli vyhazovat zbytky jídla, slupky a další organické materiály. Inspirací může být rovněž Mendelova univerzita v Brně, kde bylo pořízeno zařízení za 1,5 milionu korun, schopné zredukovat objem gastroodpadu na pětinu, kde se v současnosti čeká na schválení jeho výstupu jako certifikovaného hnojiva [96]. Důležitou součástí tohoto opatření by měla být také osvětová činnost, jejímž cílem by mělo být vzdělávání studentů a zaměstnanců o významu správného třídění odpadu a přínosech kompostování. K omezení plýtvání jídlem by mohla být navázána spolupráce s platformou „Nesnězeno“, která umožňuje nabídnout neprodané nebo nevyzvednuté porce jídla studentům a zaměstnancům za zvýhodněnou cenu. Před uzavřením menzy by prostřednictvím aplikace mohly být tyto porce nabízeny a rozprodány. Důležitým opatřením by mělo být také zavedení samoobslužného výdeje jídel, který umožní strávníkům volit si velikost porce podle individuálních potřeb, čímž bude eliminováno množství zbytků. Tento systém byl úspěšně zaveden například na Mendelově univerzitě.

Strategie udržitelnosti Univerzity Pardubice 2025-2030 má jeden z cílů omezování používání jednorázových obalů a boj proti plýtvání [95]. Z tohoto důvodu by mohly být zavedeny výhody pro strávníky k využívání vlastních nádob nebo bylo by možné zavést do oběhu REkrabičky, což jsou vratné plastové obaly, které umožňují opakované použití a splňují hygienické standardy [97]. Jedním z hlavních problémů v menze je rovněž používání plastových krabiček místo skleněných na saláty a kompoty i pro strávníky, kteří konzumují jídlo v menze, taktéž tento problém představují i dezerty na papírovém tácku. Zároveň by mělo být přehodnoceno používání jednorázových kelímků na kávu. Zavedením vratných kelímků či zvýhodněním pro zákazníky používající vlastní hrnky by mohla být tato situace postupně zlepšena.

V souladu s cílem ze Strategie udržitelnosti Univerzity Pardubice, který se zaměřuje na zajišťování udržitelných postupů stravování, poskytování kvalitních, výživově hodnotných pokrmů a zajišťování dostatečného podílu pokrmů rostlinného původu [95] by významným krokem ke zlepšení menzy mohlo být zavádění potravin z lokálních a sezónních zdrojů. Mělo by být projednána spolupráce s místními farmáři a producenty, čímž by se snížila uhlíková stopa spojená s dopravou a zároveň by byla podpořena místní ekonomika. Sezónní nabídka jídel by měla být pravidelně začleňována do jídelního lístku s cílem zajistit pestrost, čerstvost a výživovou hodnotu pokrmů. Podpora rostlinné složky ve stravování by měla být vnímána jako klíčový aspekt strategie univerzity v oblasti udržitelného stravování.

Jedním z cílů Univerzity Pardubice je snaha o efektivní využívání zdrojů v menze [95] a z tohoto důvodu by měla být menza modernizována tak, aby využívala obnovitelné zdroje energie. Instalací solárních panelů by mohla být snížena závislost na fosilních palivech a také by bylo vhodné využívání energeticky úsporných spotřebičů a LED osvětlení.

Zavedením uvedených opatření by mohlo být dosaženo výrazného snížení uhlíkové stopy univerzitní menzy. Zároveň by byl vytvořen prostor pro aktivní zapojení studentů i zaměstnanců do udržitelných praktik.

Závěr:

Diplomová práce byla zaměřena na problematiku odpadového hospodářství ve velkokapacitních stravovacích zařízeních, přičemž byla věnována zvláštní pozornost kvantifikaci uhlíkové stopy produkovaného odpadu.

V teoretické části byl zhodnocen legislativní rámec a politika v oblasti odpadového hospodářství v České republice. Byly specifikovány hlavní kategorie odpadu, které se ve stravovacím sektoru vyskytují, a byly posouzeny jejich environmentální dopady. Dále byla definována uhlíková stopa, včetně metodik pro její výpočet, a byly prozkoumány možnosti jejího snižování. Konkrétně jsou uvedeny také přístupy k udržitelnému provozu stravovacích zařízení publikované v odborné literatuře.

V experimentální části byl proveden sběr a analýza dat o odpadovém hospodářství menzy Univerzity Pardubice, přičemž byla stanovena uhlíková stopa vyprodukovaného odpadu. Pro výpočet uhlíkové stopy byla aplikována metoda posuzování životního cyklu. Data pro gastroodpad a papírový odpad byla získána z hlášení o odpadech Univerzity Pardubice. Data pro ostatní druhy odpadu (plast, sklo a komunální odpad) byla stanovena na základě frekvence svozů a počtu použitých nádob. Byly definovány různé scénáře nakládání s odpady, včetně skládkování, spalování, recyklace a využití gastroodpadu v bioplynové stanici, a jejich environmentální dopady byly vyhodnoceny. Výsledky LCA analýzy ukázaly, že z hlediska kategorie globálního oteplování je nejvýhodnější zpracování gastroodpadu v bioplynové stanici, zatímco jeho uložení na skládku představuje největší zátěž. U komunálního odpadu bylo zjištěno, že spalování má vyšší hodnotu pro kategorii dopadu globálního oteplování než skládkování, pravděpodobně kvůli obsahu plastů a dalších materiálů. Recyklace skla byla vyhodnocena jako energeticky náročnější než skládkování, zejména kvůli emisím vznikajícím při tavení a dopravě na delší vzdálenosti, avšak dlouhodobé přínosy recyklace, jako je úspora primárních surovin, nebyly v analýze zohledněny. U plastového odpadu bylo prokázáno, že recyklace je výrazně šetrnější z hlediska globálního oteplování než spalování, i když v jiných kategoriích, například ekotoxicitě, může vykazovat vyšší dopady. U papírového odpadu bylo zjištěno, že spalování má nižší klimatickou zátěž, avšak recyklace přispívá k úspoře emisí v kategoriích jako acidifikace a eutrofizace díky omezení potřeby primární výroby papíru. V kontextu ESG kritérií bylo zdůrazněno, že efektivní nakládání s odpady a minimalizace uhlíkové stopy tvoří hlavní prvky environmentálního pilíře. Na základě získaných výsledků byla navržena doporučení pro provoz menzy Univerzity Pardubice.

Tato doporučení zahrnují omezení vzniku odpadu, posílení třídění a kompostování, nahrazení jednorázových obalů udržitelnými alternativami a zavedení samoobslužného výdeje jídel s cílem snížit plýtvání potravinami. Dále bylo doporučeno podporovat používání vlastních nádob strávníky či zavést vratné obaly a přehodnotit používání plastových kelímků na kávu a plastových krabiček na saláty a kompoty. V souladu se Strategií udržitelnosti Univerzity Pardubice bylo navrženo začlenění lokálních a sezónních potravin do jídelníčku a podpora rostlinné stravy

Seznam použitých zdrojů

1. MARTIN-RIOS, C., DEMEN-MEIER, C., GÖSSLING, S. Food waste management innovations in the foodservice industry. Waste Management. [online]. 2018. 79, 196-206. [cit. 2025-03-24]. Dostupné z: 10.1016/j.wasman.2018.07.033.
2. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Tisková zpráva Prague Food Waste: Třetina školních obědů končí jako odpad [online]. 2024. [cit. 2025-04-01]. Dostupné z: https://pef.mendelu.cz/tiskova-zprava-prague-food-waste-tretina-skolnich-obedu-konci-jako-odpad/?psn=624.7999877929688
3. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Basilejská úmluva o kontrole pohybu nebezpečných odpadů přes hranice států a jejich zneškodňování [online]. 2025. [cit. 2025-03-24]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/zahranicni-vztahy/mezinarodni-smlouvy-v-oblasti-zivotniho-prostredi/basilejska-umluva-o-kontrole
4. UNITED NATIONS. 2030 Agenda for Sustainable Development [online]. 2015. [cit. 2025-03-24]. Dostupné z: https://sdgs.un.org/2030agenda
5. RAM, M., BRACCI, E. Waste Management, Waste Indicators and the Relationship with Sustainable Development Goals (SDGs): A Systematic Literature Review. Sustainability [online]. 2024. 16, 8486. [cit. 2025-03-24]. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/su16198486
6. EUROPEAN COMMISSION. Combatting Waste Crime: Overview [online]. 2021. [cit. 2025-03-24]. Dostupné z: https://www.era-comm.eu/combatting_waste_crime/speakers_contributions/1_Antico_overview.pdf
7. EUROPEAN UNION. Landfill of Waste [online]. 2020. [cit. 2025-03-24]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/CS/legal-content/summary/landfill-of-waste.html
8. EUROPEAN COMMISSION. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A new Circular Economy Action Plan for a Cleaner and More Competitive Europe [online]. 2020. [cit. 2025-03-24]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM%3A2020%3A98%3AFIN
9. ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů [online]. 2020. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541

10. ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou životností [online]. 2020. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: https://www.aspi.cz/products/lawText/1/95310/158/2/zakon-c-542-2020-sb-o-vyrobcich-s-ukoncenou-zivotnosti/zakon-c-542-2020-sb-o-vyrobcich-s-ukoncenou-zivotnosti
11. ČESKÁ REPUBLIKA, MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ Cirkulární Česko 2040: Akční plán pro oběhové hospodářství [online]. 2020. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/sites/mzp.cz/files/tiskove-zpravy/AP_C%C4%8C_2040.pdf
12. ČESKÁ REPUBLIKA, MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Plán odpadového hospodářství ČR 2015–2024 [online]. 2015. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: https://www.databaze-strategie.cz/cz/mzp/strategie/plan-odpadoveho-hospodarstvi-cr-2015-2024
13. UROPEAN COUNCIL. Council and Parliament agree to reduce food waste and set new rules on waste textiles [online]. 2025. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: https://www.consilium.europa.eu/cs/press/press-releases/2025/02/19/council-and-parliament-agree-to-reduce-food-waste-and-set-new-rules-on-waste-textile/
14. Evropská komise. Circular Economy Package. [online]. 2018. [cit. 2025-04-07]. Dostupné z: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en
15. Eurostat. Municipal waste statistics. [online]. 2022 [cit. 2025-04-07]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics
16. European Environment Agency. Waste prevention in Europe. [online]. 2025. [cit. 2025-04-07]. Dostupné z: https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/preventing-waste-in-europe-progress-and-challenges-with-a-focus-on-food-waste
17. OECD. Waste Management Policy Reviews. [online]. 2020. [cit. 2025-04-07]. Dostupné z: https://www.oecd.org/en/topics/resource-efficiency-and-circular-economy.html
18. UNEP. Global Waste Management Outlook. [online]. 2022.[cit. 2025-04-07]. Dostupné z: https://www.iswa.org/wp-content/uploads/2024/07/ISWA-UNEP-GWMO2024-Exec-Summary-A4.pdf

19. World Economic Forum. The Future of Waste Management. [online]. 2023. [cit. 2025-04-07]. Dostupné z: https://www.weforum.org/stories/2024/04/circular-economy-waste-management-unep/
20. Ellen MacArthur Foundation. The Circular Economy in Detail. [online]. 2022. [cit. 2025-04-07]. Dostupné z: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview
21. European Parliament. EU Waste Management Policies. Retrieved [online]. 2023. [cit. 2025-04-07]. Dostupné z: https://www.europarl.europa.eu/thinktank/
22. SINGH, S.K., KAUSHIK, V., SONI, S., LAMBA, N. Waste Management in Restaurants: A Review. International Journal of Emerging Engineering Research and Technology. [online]. 2014. 2, 14-24. [cit. 2025-03-26]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/269993195_Waste_Management_in_Restaurants_A_Review
23. MAXIANOVA, A., ADAMCOVA, D., VAVERKOVA, M. D. Determination of phytotoxicity of compost from biodegradable waste from canteen. MendelNet. [online]. 2018. [cit. 2025-03-26]. Dostupné z: https://mendelnet.cz/pdfs/mnt/2018/01/48.pdf
24. BAČE, E. Analýza skladby gastronomického odpadu ve vybraných státech Evropy a možnosti jeho využití pro výrobu bioplynu. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, [Online]. 2016. [cit. 2025-03-26]. Dostupné z: https://theses.cz/id/udr5bj/.
25. ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 8/2021 Sb. o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů. Sbírka zákonů České republiky, [online]. 2021. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-8
26. ŠEREŠOVÁ, M., KOČÍ, V. Proposal of Package-to-Product Indicator for Carbon Footprint Assessment with Focus on the Czech Republic. Sustainability. [online]. 2020. 12(7), 3034. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/su12073034
27. TAUFAN, H., PURWANTO, P. The Management Of Toxic and Hazardous Waste Materials In The Food Industry. E3S Web of Conferences. 2018. doi: 73. 07020. 10.1051/e3sconf/20187307020.

28. GOKARN, S. Journey of Mumbai's electronic, biomedical and restaurant food waste. [online]. 2024. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://citizenmatters.in/mumbai-biomedical-electronic-restaurant-waste-disposal/
29. CHAND, S., SHASTRY, C. S., HIREMATH, S., JOEL, J. J., BHAT, K. MATETI, V. Water, sanitation, hygiene and biomedical waste disposal in the healthcare system: A review. Biomedicine. [online]. 2020. 40, (1), 14-19. [cit. 2025-04-1]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/340883620_Water_sanitation_hygiene_and_biomedical_waste_disposal_in_the_healthcare_system_A_review
30. HASSAN, A. I., SALEH, H. M. Chapter 7 - Toxicity and Hazardous Waste Regulations." In Hazardous Waste Management, edited by Deepak Yadav, Pradeep Kumar, Pardeep Singh, and Daniel A. Vallero, [online]. 2022. 165-182. [cit. 2025-04-1]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824344-2.00012-4
31. T. H. ROCKY, M. ISLAM AND U. K. SAHA, "Resource recovery potential from kitchen waste," 2nd International Conference on Green Energy and Technology, Dhaka, Bangladesh, [online]. 2014. 18-21, [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: 10.1109/ICGET.2014.6966654.
32. HASSAN POUR, F., & MAKKAWI, Y. T. A review of post-consumption food waste management and its potentials for biofuel production. Energy Reports, 7, [online]. 2021. 7759-7784. [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.10.119
33. JÍDELNY.CZ. Odpady ve školní jídelně I – legislativa. [online]. 2017.[cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://jidelny.cz/encyklopedie/odpady-ve-skolni-jidelne-i-legislativa
34. BELZA, R. Nakládání s odpady ze stravovacích zařízení [online]. Praha: Česká inspekce životního prostředí, 2011. [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://www.cizp.cz/sites/cizp.cz/files/file/T93/UVS-MVDR-Belza-Nakladani-s-odpady-ze-stravovacich-zarizeni_0.pdf
35. Energy financial group. Czechia is planning mandatory sorting of gastro-waste. Online. EFG Holding. [online]. 2025. [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://www.efg-holding.cz/en/czechia-is-planning-mandatory-sorting-of-gastro-waste/
36. Třídím gastro. Jak odpad zpracujeme? Třídím gastro. [online] 2025. [cit. 2025-04-13]. Dostupné z: https://www.tridimgastro.cz/jak-odpad-zpracujeme/

37. Komunální ekologie. Školní jídelny mohou darovat zbylé nevydané pokrmy. Sníží tím náklady na odpady a pomohou potřebným. Komunální ekologie, [online]. 2025. [cit. 2025-04-13]. Dostupné z: https://www.komunalniekologie.cz/info/skolni-jidelny-mohou-darovat-zbyle-nevydane-pokrmy-snizi-tim-naklady-na-odpady-a-pomohou-potrebnym
38. Zachraň jídlo. Prague Food Waste. Zachraň jídlo, [online]. 2025. [cit. 2025-04-13]. Dostupné z: https://zachranjidlo.cz/projekt/prague-food-waste/
39. Odpady-online.cz. V Tanvaldu otevřeli školní restauraci, která neprodukuje téměř žádný potravinový odpad. Odpady-online.cz, [online]. 2024. [cit. 2025-04-13]. Dostupné z: https://odpady-online.cz/v-tanvaldu-otevreli-skolni-restauraci-ktera-neprodukuje-temer-zadny-potravinovy-odpad/
40. MENDELU. Díky samoobslužnému provozu výrazně kleslo v menze X množství potravinového odpadu. [online]. 2025. [cit. 2025-04-13]. Dostupné z: https://mendelu.cz/diky-samoobsluznemu-provozu-vyrazne-kleslo-v-menze-x-mnozstvi-potravinoveho-odpadu/?psn=155.1999969482422
41. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. Provozní řád menzy Jihočeské univerzity [online]. Dostupné z: https://menza.jcu.cz/men_rad.htm
42. ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 160/2024 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých. Sbírka zákonů České republiky [online]. [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2024-160
43. PROVEG ČESKO. ProVeg žebříček menz [online]. 2022. [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://proveg.org/cz/proveg-zebricek-menz/
44. MASARYKOVA UNIVERZITA. Aktuální jídelníčky Správy kolejí a menz Masarykovy univerzity [online]. 2025. [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://www.skm.muni.cz/stravovani/aktualni-jidelnicky
45. BOSCHINI, M., FALASCONI, L., CICATIELLO, C., FRANCO, S. Why the waste? A large-scale study on the causes of food waste at school canteens. Journal of Cleaner Production. 2020. 246, 118994, ISSN 0959-6526.
46. ProVeg International. Annual Review [online]. 2023 [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://proveg.org/about-us/annual-review-2023/
47. Nejsme Generace Trash. In Univerzita Karlova – Udržitelná univerzita [online]. 2024. [cit. 2025-04-01]. Dostupné z: https://sustain.cuni.cz/SUS-172.html

48. ANDREWS, B. These Chefs in Stockholm Are Leading a Delicious, Zero-waste Food Movement. [online]. 2023. [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://www.travelandleisure.com/no-waste-stockholm-7495196
49. Kiel se jako první německé město připojil k iniciativě Zero Waste. In Český rozhlas – Wave [online]. 2023. [cit. 2025-04-01]. Dostupné z: https://wave.rozhlas.cz/kiel-se-jako-prvni-nemecke-mesto-pripojil-k-iniciative-zero-waste-8144245
50. O nás – Týden bez odpadu. In Zerowasters [online]. 2025. [cit. 2025-04-01]. Dostupné z: https://tydenbezodpadu.zerowasters.cz/o-nas/
51. REDLINGSHÖFER, B., HOANG, H.-M., Lochet, S. How can we optimize the new link in the fight against food waste? [online]. 2024. [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://www.inrae.fr/sites/default/files/newlink_project_0.pdf
52. WRAP. Guardians of Grub. [online]. 2024. [cit. 2025-04-01]. Dostupné z: https://guardiansofgrub.com/
53. ResQ Club. ResQ Club – Save good food, fight food waste. [online]. 2025 [cit. 2025-04-01]. Dostupné z: https://www.resq-club.com/
54. Environmental Protection Agency. (n.d.). Tools for preventing and diverting wasted food. U.S. Environmental Protection Agency. [online]. 2025 [cit. 2025-04-01]. 2025. Dostupné z: https://www.epa.gov/sustainable-management-food/tools-preventing-and-diverting-wasted-food
55. Studierendenwerk Thüringen. [online]. 2021 [cit. 2025-04-01]. Dostupné z: https://www.uni-jena.de/unijenamedia/133030/wegweiser.pdf
56. KASAVAN, S., ALI, N. I. B. M., ALI, S. S. B. S., MASARUDIN, N. A. B., YUSOFF, S. B. Quantification of food waste in school canteens: A mass flow analysis. Resources, Conservattion and Recycling. 2021. 164, 105176 ISSN 0921-3449
57. STŘÍBRSKÁ, E. Plýtvání jídlem v menze: případová studie Univerzity Palackého v Olomouci. Diplomová práce, Univerzita Palackého v Olomouci. [online]. 2024. [cit. 2025-04-01]. Dostupné z: https://theses.cz/id/28acpf/
58. Téměř třetina pokrmů ve školních jídelnách se vyhodí. Moderní obec [online]. 2025. [cit. 2025-04-01]. Dostupné z: https://moderniobec.cz/temer-tretina-pokrmu-ve-skolnich-jidelnach-se-vyhodi/
59. VISSCHERS, V.H.M., GUNDLACH, D. a BERETTA, C. Smaller servings vs. information provision: Results of two interventions to reduce plate waste in two

university canteens. Waste Management. [online]. 2020. 103, 323–333. [cit. 2025-04-01]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.12.046

60. PINTO, R. S., PINTO, R. M. S., MELO, F. F. S., CAMPOS, S. S., CORDOVIL, C. M. A simple awareness campaign to promote food waste reduction in a University canteen. Waste Management. [online]. 2018. 76, 28-38, [cit. 2025-04-01]. Dostupné z doi: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.02.044
61. EkoNews. Děti často ani neochutnají, více než čtvrtina jídel připravených ve školních jídelnách se vyhodí. EkoNews. [online]. 2022 [cit. 2025-03-29]. Dostupné z: https://www.ekonews.cz/deti-casto-ani-neochutnaji-vice-nez-ctvrtina-jidel-pripravenych-ve-skolnich-jidelnach-se-vyhodi/
62. WANG, A., LUO, X., LIU, X., SUN, Y. How to Reduce College Students' Food Waste Behavior: From the Perspective of College Canteen Catering Modes. Sustainability [online]. 2024. 16, 9, 3577. [cit. 2025-03-29]. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/su16093577
63. LUKSCH, M. Aplikace principů cirkulární ekonomiky ve vybraných gastro provozovnách: školní jídelny. České Budějovice, 2024. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, [online]. [cit. 2025-03-29]. Dostupné z: https://theses.cz/id/vvlmli/Luksch_DP_.pdf
64. NAGY, G., WOPERA, Á., KOÓS, T. Physical and Chemical Analysis of Canteen Wastes for Syngas Production. Materials Science and Engineering. 2014. 39. 59-67, ISSN 2063-6792
65. AVATÓ, J.L.; MANNHEIM, V. Life Cycle Assessment Model of a Catering Product: Comparing Environmental Impacts for Different End-of-Life Scenarios. Energies [online]. 2022. 15, 5423. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/en15155423
66. LÉVESQUE, J., PERREAULT, V., MIKHAYLIN, S. Food waste environmental impact assessment as leverage to better guide restaurants toward improving their sustainability. International Journal of Gastronomy and Food Science, [online]. 2023. 33, 100742. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100742
67. GUILLAUME, A.; HUBATOVÁ-VACKOVÁ, A.; KOČÍ, V. Environmental Impacts of Egg Production from a Life Cycle Perspective. Agriculture [online]. 2022. 12, 355. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/agriculture12030355

68. Kočí, V. Hodnocení environmentálních dopadů technologií (Posuzování životního cyklu – LCA): studijní texty pro posluchače předmětu Hodnocení environmentálních dopadů technologií. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, [online]. 2006. [cit. 2025-04-27]. Dostupné z: https://uchop.vscht.cz/files/uzel/0011054/HEDT2006.pdf
69. DI PIERRO, R., FRASNETTI, E., BIANCHI, L., BISAGNI, M., CAPRI, E., LAMASTRA, L. Setting the sustainable development targets for restaurants and the Italian HoReCa sector. Science of The Total Environment, [online]. 2023. 855, 158908. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158908
70. DE NIZ SEDANO, Á. G., NÁJERA GONZÁLEZ, A. La sustentabilidad en la industria de restaurantes: prácticas, desafíos y oportunidades. Revista de Investigación en Turismo y Sustentabilidad, [online] 2023. 1(1). [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://www.redalyc.org/journal/6099/609977049008/html/
71. WACKERNAGEL, M., REES, W. E. Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth. Gabriola Island: New Society Publishers. 1996. ISBN: 0-86571-312-X.
72. PANDEY, D., AGRAWAL, M., PANDEY, J.S. Carbon footprint: current methods of estimation. Environ Monit Assess [online]. 2011. 178, 135–160. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s10661-010-1678-y
73. DUROJAYE, O., LASEINDE, T., OLUWAFEMI, I. A Descriptive Review of Carbon Footprint. In: Ahram, T., Karwowski, W., Pickl, S., Taiar, R. (eds) Human Systems Engineering and Design II. IHSED 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, [online]. 2020. 1026 [cit. 2025-03-06]. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-030-27928-8_144
74. BHATIA, L., JHA, H., SARKAR, T., SARANGI, P. K. Food Waste Utilization for Reducing Carbon Footprints towards Sustainable and Cleaner Environment: A Review. International Journal of Environmental Research and Public Health 2023. 20(3), 2318. ISSN 1660-4601.
75. GARCÍA-ALAMINOS, Á., GILLES, E., MONSALVE, F., ZAFRILLA, J. Measuring a university's environmental performance: A standardized proposal for carbon footprint assessment. Journal of Cleaner Production, [online]. 2022. 357, 131783. [cit. 2025-03-06]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131783

76. Greenhouse Gas Protocol. Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard World Resources Institute, World Business Council for Sustainable Development, [online]. 2011. [cit. 2025-03-06]. Dostupné z: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporing-Standard_041613_2.pdf
77. Pearce Sustainability Consulting Group. A Comprehensive Guide to Scopes 1, 2, and 3 Emissions in ESG Reporting [online]. 2025. [cit. 2025-03-06]. Dostupné z: https://pscg.global/a-comprehensive-guide-to-scopes-1-2-and-3-emissions-in-esg-reporting/
78. TŘEBICKÝ, V., KHAJLOVÁ, V., PAVELČÍK, P., PETRUCHA, D. Metodika stanovení uhlíkové stopy podniku a postup pro její snížení., 2016. CI2. ISBN: 978-80-906341-3-8
79. ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady. Sbírka zákonů České republiky, [online]. 2021. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cz/2021-273
80. LIOR, N., POUPKOU, A., PAPADOGIANNAKI, S., PARLIARIOVÁ, D., GIAMA, E., PIERETTI, G. A., DA RUGNA, L. C., SUSANETTIOVÁ, L., BRESSAN, M., BECERRA VILLANUEVA, J. A., CHACARTEGUI RAMÍREZ, R., PINTUS, F. J., GRECO, L., BERTOLINIOVÁ, M., MELAS, D. Metodika pro odhady uhlíkové stopy aktivit výzkumného projektu – analýza scénářů pro snižování uhlíkové stopy. Atmosféra, [online]. 2023. 14(1), 6. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/atmos14010006
81. MOHAREB, E. A., MACLEAN, H. L., KENNEDY, C. A. Greenhouse gas emissions from waste management—Assessment of quantification methods. Journal of the Air and Waste Management Association, [online]. 2011. 61(5), 480-493. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://doi.org/10.3155/1047-3289.61.5.480
82. BANG JENSEN, M., MØLLER, J., MØNSTER, J., SCHEUTZ, C. Quantification of greenhouse gas emissions from a biological waste treatment facility. Waste Management, [online]. 2017. 67, 375-384. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.033
83. STRASBURG, V. J., JAHNO, V. D., Application of eco-efficiency in the assessment of raw materials consumed by university restaurants in Brazil: A case study. Journal of Cleaner Production, [online]. 2017. 161, 178-187. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.089

84. PULKKINEN, H., ROININEN, T., KATAJAJUURI, J.M., JÄRVINEN, M. Development of a climate choice meal concept for restaurants based on carbon footprinting. International Journal of Life Cycle Assessment, [online]. 2016. 21, 621–630. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s11367-015-0913-8
85. KREŠ, P. Reduction of carbon footprint of meals in Sisak elementary schools, Ph.D. thesis. University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology, Zagreb, Croatia [online]. 2023. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:227070
86. BIASINI, B., DONATI, M., ROSI, A., GIOPP, F., COLIĆ BARIĆ, I., BITUH, M., BREČIĆ, R., BRENNAN, M., ILIĆ, A., QUARRIE, S., SAYED, M., TREGEAR, A., MENOZZI, D., SCAZZINA, F. Nutritional, environmental, and economic implications of children plate waste at school: A comparison between two Italian case studies. Public Health Nutrition, [online]. 2024. 27(1), 43. [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: https://doi.org/10.1017/S136898002400034X
87. LI, J., LI, W., WANG, L., JIN, B. Environmental and Cost Impacts of Food Waste in University Canteen from a Life Cycle Perspective. Energies [online]. 2021. 14, 5907. [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/en14185907
88. ICHWAN, F., CAHYANA, A. Canteen food waste reduction strategies using the life cycle assessment method. Procedia of Engineering and Life Science [online]. 2023. [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: 10.21070/pels.v3i0.1356.
89. GARCÍA-ALAMINOS, Á., GILLES, E., MONSALVE, F., ZAFRILLA, J. Measuring a university's environmental performance: A standardized proposal for carbon footprint assessment. Journal of Cleaner Production, [online] 2022. 357, 131783. [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131783
90. YAMAN, C. A review on the process of greenhouse gas inventory preparation and proposed mitigation measures for reducing carbon footprint. Gases. [online] 4(1), 18-40. 2024. [cit. 2025-03-28]. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/gases4010002
91. TYKVA, M. Možnosti nakládání s odpadními kontrastními látkami pro zobrazení magnetickou rezonancí z hlediska hodnocení životního cyklu [online]. Diplomová práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, 2023. [cit. 2025-04-17]. Dostupné z: https://theses.cz/id/pn7liq/

92. POLITÉCNICO DE L., Livro de Atas 4.ª Conferência Campus Sustentável (CCS2022): Parcerias para a neutralidade carbónica no campus: relação academia-comunidade. 2022. ISBN 978-972-8415-11-2.
93. GRINBERGA-ZALITE, G., ZVIRBULE, A. ESG Investing Issues in Food Industry Enterprises: Focusing on On-the-Job Training in Waste Management. Social Sciences 2022. 11(9), 1–14. ISSN 2076-0760.
94. MASARYKOVA UNIVERZITA. Projekt UNILEAD. Udržitelnost na Masarykově univerzitě [online]. 2022. [cit. 2025-04-17]. Dostupné z: https://sustain.muni.cz/o-nas/kdo-jsme-a-co-delame/projekt-unilead/stravovani
95. Univerzita Pardubice. Strategie udržitelného rozvoje Univerzity Pardubice 2025–2030 [online]. [cit. 2025-04-08]. Dostupné z: https://www.upce.cz/sites/default/files/global/2025-01/7552/Strategie%20udrzitelnosti_UPCE_2024plus_108184_108829.pdf
96. SMEKAL, O., SLOVÁČKOVÁ, T. Méně odpadu, více užitku. Mendelova univerzita recykluje gastroodpad [online]. Brno: Stisk online, 2025. [2025-04-18]. Dostupné z: https://stisk.online/a/SEvcb/mene-odpadu-vice-uzitku-mendelova-univerzita-recykluje-gastroodpad
97. PASKOVÁ, L. Sada tašek pro bezobalové nakupování. [online] Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury. 2024. [cit. 2025-04-17]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/handle/10467/114831