

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Ekologie a ochrana životního prostředí

Studijní obor: Ochrana životního prostředí



Josef Kuba

Vyhodnocení potenciálu recyklace průmyslových odpadů v České republice

Evaluation of the potential of industrial waste recycling in the Czech Republic

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Vojtěch Pilníček

Praha, 2023

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím níže uvedené literatury, a že předložená tištěná verze je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování:

Děkuji mému školiteli Mgr. Vojtěchu Pilnáčkovi za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

Anotace

Definici pojmu průmyslový odpad v zákoně o odpadech nenajdeme. Lze ho ale popsat jako odpad z průmyslové činnosti, který vzniká v podnicích při výrobní i nevýrobní činnosti. Cílem bakalářské práce bude zjištění množství a typu nevyužitého odpadu z průmyslu v České republice na základě dat poskytnutých Ministerstvem životního prostředí a následné vyhodnocení potenciálu recyklace a jeho dalších možností využití.

Annotation

There is no definition of industrial waste in the waste management law. However, it can be described as waste from industrial activities, which is generated in enterprises during production and non-production activities. The aim of the bachelor thesis will be to determine the amount and type of unused industrial waste in the Czech Republic based on data provided by the Ministry of the Environment and then to evaluate the potential for recycling and further use.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá zjištěním množství, typu nevyužitého průmyslového odpadu v České republice, vyhodnocením potenciálu recyklace odpadu a následnými metodami jeho recyklace. Součástí práce byla analýza dat z pracovní databáze ISOH (PDISOH) z roku 2019. Analýza se zaměřovala na množství produkce průmyslových odpadů v České republice a následně zkoumala množství průmyslových odpadů, které se odstraňovaly skládkováním nebo spalováním (bez energetického využití).

Analyzované odpady byly v kapitolách rozděleny podle skupin možnosti jejich recyklace. Každá kapitola obsahuje popis metod recyklace skupin odpadů a dále odkazuje na autorem vytvořené tabulky popisující názvy odpadů, jejich odpadovými kódy, kolik daného odpadu se ročně odstraní skládkováním a spalováním (bez energetického využití), potenciálu recyklace, disponibilního potenciálu recyklace, které vyčleňují konkrétní odpady, jež je možno popsány metodami recyklovat. Kapitoly dále obsahují teplotní mapy České republiky, vypracovány autorem, s vyobrazenými lokalitami výskytu popsaných průmyslových odpadů v tabulkách.

Výsledky ukázaly, že až 45,37 %, tedy 3 432 866,8 tun z celkové produkce 7 564 897,35 tun průmyslového odpadu bylo v roce 2019 odstraňováno skládkováním a spalováním (bez energetického využití). Pouze 214 675,70 tun bylo odpadů nerecyklovatelných.

Klíčová slova: Odpad, Odstranění skládkováním, Odstranění spalováním, recyklační potenciál, Disponibilní recyklační potenciál

Abstract

This bachelor's thesis deals with the determination of the amount and type of unused industrial waste in the Czech Republic, the evaluation of the waste recycling potential and subsequent methods of its recycling. Part of the work was the analysis of data from the ISOH working database (PDISOH) from 2019. The analysis focused on the amount of industrial waste production in the Czech Republic and then examined the amount of industrial waste that was disposed of by landfill or incineration (without energy use).

The analyzed wastes were divided in the chapters according to the groups of their recycling possibilities. Each chapter contains a description of the methods of recycling waste groups and further refers to tables created by the author describing the names of the wastes, their waste codes, how much of the given waste is removed annually by landfilling and incineration (without energy use), the recycling potential, the available recycling potential that separates the specific wastes, which can be recycled using the described methods. The chapters also contain temperature maps of the Czech Republic, drawn up by the author, with the locations of the described industrial wastes shown in the tables.

The results showed that up to 45,37 %, accordingly 3 432 866,8 tons of the total production of 7 564 897,35 tons of industrial waste was disposed of by landfilling and incineration (without energy use) in 2019. Only 214 675,70 tons were non-recyclable waste.

Keywords: Waste, Landfill disposal, Incineration disposal , recycling potential, Disposable recycling potential

Seznam použitých zkratek

EU – Evropská unie

CRM – Seznam kritických surovin

ČR – Česká republika

SRI – standardizovaný recyklační index

RP – Recyklační potenciál

DRP – Disponibilní recyklační potenciál

ISOH – Informační systém odpadového hospodářství

OSN – Nanofiltrace organických rozpouštědel

ONF – Organofilní nanofiltrace

s.r.o. – Společnost s ručením omezeným

a.s. – Akciová společnost

Obsah

Úvod	10
1 Legislativa odpadového hospodářství	12
1.1 Směrnice Evropského parlamentu a rady EU 2008/98.....	12
1.2 Zákon o odpadech	14
1.3 Motivace firem podle legislativy	15
1.4 Katalog odpadů.....	17
2 Příčiny vzniku odpadů.....	18
3 Metodika	19
4 Výsledky.....	21
5 Biologicky rozložitelné odpady	22
5.1 Recyklace biologicky rozložitelných odpadů.....	23
6 Textilní odpady.....	25
6.1 Recyklace textilních odpadů	26
7 Odpady z průmyslu uvedené pod odpadovým kódem 20.....	28
7.1 Recyklace odpadů z průmyslu uvedených pod odpadovým kódem 20.....	29
8 Plastové odpady	30
8.1 Recyklace plastových odpadů.....	31
8.1.1 Mechanická recyklace plastů.....	31
8.1.2 Chemická recyklace plastů.....	32
9 Odpady z průmyslu zpracování kovů	33
9.1 Recyklace kovových odpadů	34
10 Stavební odpady a demoliční odpady.....	36
10.1 Recyklace stavebních odpadů.....	37
11 Nebezpečné odpady a jejich recyklace.....	40
11.1 Regenerace odpadů.....	40
12 Nebezpečné odpady obsahující organická rozpouštědla	42
12.1 Recyklace nebezpečných odpadů obsahující organická rozpouštědla	43
12.1.1 Recyklace organických rozpouštědel pomocí nanofiltrace.....	43
12.1.2 Recyklace organických rozpouštědel pomocí recyklačních přístrojů.....	44
13 Nebezpečné odpady obsahující halogeny	45
13.1 Recyklace halogenů	46
14 Nerecyklovatelné nebezpečné odpady zabezpečené solidifikací.....	48

15	Nerecyklovatelné odpady	51
16	Výsledky.....	52
17	Diskuze.....	53
	Závěr	56
	Seznam zdrojů	57
	Seznam literatury.....	57
	Webové zdroje.....	59
18	Přílohy.....	64

Úvod

Jedním z hlavních problémů úbytku a nedostatku přírodních zdrojů je stále narůstající populace naší planety. Dalším klíčovým faktorem úbytku přírodních zdrojů je rostoucí průmyslová činnost převážně ve vyspělých zemích. (Tinbergen, 1975) Ke zpomalení úbytku přírodních zdrojů napomáhá recyklace odpadů.

Recyklace odpadů není novým konceptem, jeho základy se uplatňovaly již v 19. století, kdy se například papír a zbytky textilií používaly k výrobě nového papíru. I celuloid byl v té době předmětem recyklace, která pokrývala až 50 % jeho spotřeby. (Mikoláš, 1988)

Podle dat Eurostatu importuje EU přibližně polovinu surovin, které spotřebuje. Celková hodnota obchodu se surovinami mezi EU a zbytkem světa se od roku 2002 zvýšila až trojnásobně, přičemž vývoz roste rychleji než dovoz. Přesto EU stále více dováží, než vyváží. (web 1)

Suroviny představují klíčový faktor pro evropskou ekonomiku. Slouží jako pevný základ pro průmysl vytvářející produkty, které jsou součástí našeho každodenního života. Stabilní a neomezený přístup k surovinám je stále obtížnější jak v rámci EU, tak v celosvětovém měřítku. S cílem řešit tuto problematiku vytvořila Evropská komise seznam kritických surovin (CRM) pro EU, který je pravidelně revidován a aktualizován.

Kritické suroviny (CRM) jsou suroviny, které mají významný ekonomický vliv v rámci EU a jsou spojeny s vysokým rizikem nedostatečných dodávek kvůli stále se snižující koncentraci zdrojů a omezené dostupnosti kvalitních a cenově dostupných alternativ. (web 2)

Mezi kritické suroviny patří:

Bauxit, Koksovateľné uhlí, Lithium, Fosfor, Antimon, Živec, Lehké prvky vzácných zemin, Skandium, Arzen, Fluorit, Hořčík, Kovový křemík, Baryt, Gallium, Mangan, Stroncium, Beryllium, Germanium, Přírodní grafit, Tantal, Bismut, Hafnium, Niob, Kovový titan, Bór/boritany, Helium, Kovy platinové skupiny, Wolfram, Kobalt, Těžké prvky vzácných zemin, Fosfátové horniny, Vanad, neon, krypton, xenon a kulaté dřeviny, Měď, Nikl. (web 3)

V roce 2021 vykazovala EU obchodní deficit ve výši 35,5 miliardy eur. Recyklace surovin pomáhá zmírňovat rizika spojená s dodávkami, jako jsou kolísání cen, dostupnost a závislost na dovozu.

To je zejména pravdivé v případě kritických surovin, které jsou nezbytné pro výrobu technologií, jež mají klíčový význam pro dosažení klimatických cílů. (web 1)

I přesto, že recyklace má své významné místo v hospodářství průmyslově vyspělých zemí, včetně zemí Evropské unie, není schopna úplně pokrýt veškerou spotřebu těchto ekonomik. Existují různé faktory, které k tomu přispívají. Za prvé, rostoucí hospodářství těchto zemí kontinuálně vytváří nové materiály, zejména v oblasti stavebnictví, které jsou dlouhodobě uloženy a nejsou dostupné pro recyklaci po dlouhé období. Za druhé, technické omezení recyklace jsou velmi zásadní, a jejich dosah se liší podle druhu materiálu. A konečně, některé recyklované materiály nemusí vždy splňovat požadované parametry, což omezuje jejich použitelnost v některých aplikacích. (Odpadové fórum č. 4, 2014)

Hrozba, že společnosti dojdou suroviny není jediným faktorem ovlivňujícím snahu o zvýšení recyklace. Budoucí zákaz skládkování, který je naplánován na rok 2030 motivuje členské státy EU stále více využívat a recyklovat odpady. Problém ale může nastat u průmyslových odpadů, a to zejména odpadů nebezpečných. Z těchto důvodů je důležité vyhodnotit jaký je recyklační potenciál jednotlivých typů odpadů a lokalizovat, kde se nachází.

1 Legislativa odpadového hospodářství

1.1 Směrnice Evropského parlamentu a rady EU 2008/98

Směrnice Evropského parlamentu a rady EU 2008/98 dále změněná směrnicí Evropského parlamentu a rady EU 2018/518 se věnuje samotnému zpracování odpadů v Evropské unii a potřebě zlepšit a proměnit zpracování odpadů v udržitelný způsob práce s materiály. Cílem je ochránit a nadále zlepšovat kvalitu životního prostředí, zajišťovat lidské zdraví, rozumně a efektivně využívat přírodní zdroje, podporovat koncept oběhového hospodářství, rozšířit využívání obnovitelné energie, zvýšit energetickou účinnost a snížit závislost na dovozech zdrojů. Efektivnější využívání zdrojů by zároveň přineslo významné úspory pro podniky, veřejné instituce a občany v rámci unie a současně by snížilo celkové roční emise skleníkových plynů.

Pro motivaci členských států implementovala Evropská Unie ekonomické nástroje a opatření k poskytování pobídek k uplatňování hierarchie způsobů nakládání s odpady, která mají motivovat společnosti a obce k recyklaci a snižování množství odpadů.

Směrnice Evropského parlamentu a rady EU 2018/851 uplatňuje:

1. Omezení a poplatky spojené s ukládáním odpadu na skládky a jeho spalováním (bez energetického využití), které podněcují k prevenci ukládání odpadů a podněcují jeho recyklaci. Skládky jsou považovány za nevhodný způsob nakládání s odpady – Skládkovací poplatky jsou způsobem, jak motivovat výrobce a spotřebitele k minimalizaci vzniklého odpadu a k zájmu o recyklaci. Tyto poplatky se zvyšují podle množství uloženého odpadu, což podněcuje snížení objemu skládkovaného materiálu a stimuluje hledání alternativních řešení.
2. Systémy plateb podle množství vyprodukovaného odpadu, kde tvůrci odpadu platí na základě reálného objemu vzniklého odpadu. To podněcuje třídění recyklovatelného odpadu a omezování směsného odpadu u zdroje – Tento systém podněcuje tvůrce odpadu k úspornému nakládání s materiály a zvýšenému třídění recyklovatelných složek. Plátcí jsou odměňováni za efektivní třídění a minimalizaci směsného odpadu.
3. Daňové pobídky pro darování výrobků, zejména potravin – Tato opatření podporují minimalizaci odpadu a potravinového plýtvání. Zavedení daňových úlev pro dárcovství potravin a výrobků může motivovat výrobce a distributory k efektivnímu využití nebo darování nepoužitých výrobků.

4. Rozšířená odpovědnost výrobců za různé druhy odpadů a opatření ke zvýšení účinnosti, nákladové efektivity a řízení této odpovědnosti – Výrobci jsou nuceni nést odpovědnost za celý životní cyklus svých výrobků, včetně nakládání s nimi po skončení použití. To motivuje k designu produktů s ohledem na jejich snadnou recyklaci a způsoby, jak minimalizovat vznik odpadu.
5. Zálohové systémy a další kroky pro podporu efektivního sběru použitých výrobků a materiálů – Zálohové systémy podporují sběr a recyklaci obalů a výrobků. Spotřebitelé platí zálohu při nákupu, kterou mohou získat zpět při vrácení prázdných obalů. Tím je podníceno vrácení a recyklace obalů
6. Plánování investic do infrastruktury nakládání s odpady, včetně využití finančních prostředků z Evropské unie – Plánování investic do moderních zařízení pro recyklaci, kompostování a energetické využití odpadů je zásadní. Využívání finančních prostředků z Evropské unie může podpořit rozvoj těchto zařízení.
7. Udržitelné postupy při veřejných zakázkách, které podporují lepší práci s odpady a využívání recyklovaných výrobků a materiálů – Při veřejných zakázkách mohou být zohledněny environmentální kritéria, která podpoří používání recyklovaných materiálů a produktů a celkově lepší nakládání s odpady.
8. Postupné ukončování dotací, které nesouzní s hierarchií způsobů nakládání s odpady – Motivace výrobce a spotřebitele k ekologičtějším volbám.
9. Využívání daňových nástrojů nebo jiných opatření k podpoře trhu pro výrobky a materiály připravené k opětovnému použití nebo recyklaci – Zavedení zvýhodněných daní pro výrobky vyrobené z recyklovaných materiálů může stimulovat poptávku po těchto produktech.
10. Podpora výzkumu a inovací v oblasti pokročilých recyklačních technologií a repasování – Investice do výzkumu recyklačních technologií a nových metod zpracování odpadů přispívá k nalezení efektivnějších a ekologičtějších způsobů nakládání s odpady.
11. Používání nejlepších dostupných technologií pro zpracování odpadů – Zavádění moderních technologií odpadového hospodářství zvyšuje efektivitu procesů a minimalizuje škodlivé vlivy na životní prostředí.

12. Ekonomické stimuly pro místní a regionální orgány, zejména k podpoře prevence vzniku odpadů a posílení systémů tříděného sběru – Poskytnutí finančních prostředků místním orgánům podporuje jejich úsilí o prevenci odpadů a rozvoj tříděného sběru.
13. Veřejné osvětové kampaně zaměřené na tříděný sběr, prevenci odpadů a snižování znečištění. – Oslovování veřejnosti a vzdělávání v oblasti správného třídění a minimalizace odpadu je klíčové pro úspěch recyklačních opatření.
14. Systémy pro koordinaci všech relevantních veřejných orgánů zapojených do nakládání s odpady, včetně využití digitálních technologií – Digitální technologie mohou zlepšit koordinaci mezi různými institucemi a subjekty, což vede k efektivnějšímu a komplexnějšímu řešení nakládání odpadů a jejich recyklace.
15. Podpora neustálého dialogu a spolupráce mezi všemi stranami zapojenými do nakládání s odpady, včetně podnětů k uzavírání dobrovolných dohod a podávání zpráv o odpadech od společností – Udržování otevřeného dialogu a podpora dobrovolných dohod mezi všemi zainteresovanými stranami vytváří komplexní a udržitelný rámec pro nakládání s odpady.
(web 6)

1.2 Zákon o odpadech

Legislativa v českém právním systému reguluje zacházení s odpady prostřednictvím zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech a o změně některých zákonů. Zákon se zaměřuje zejména na stanovení pravomocí a pravidel v souvislosti s odpady, definici klíčových pojmů a určení odpovědnosti za odpadové hospodářství.

Zákon o odpadech definuje odpad jako každou movitou věc, kterou se osoba chce nebo musí zbavit. Pokud věc není možné používat k původnímu účelu, má osoba úmysl se jí zbavit. Osoba má povinnost zbavit se věci, která nepoužívá, ohrožuje životní prostředí nebo byla vyřazena na základě jiného právního předpisu.

Zákon dále stanovuje, že původcem odpadu je osoba, při jejíž činnosti vzniká odpad, a právnické nebo podnikající fyzické osoby, které provádějí úpravu odpadů nebo jiné činnosti, které mění povahu nebo složení odpadu. V případě komunálních odpadů a odpadů z obalů je původcem odpadů vlastník nemovité věci, kde odpad vzniká.

Opad se zařazuje do kategorie odpadu (nebezpečný odpad nebo ostatní odpad) a druhu odpadu určeného v Katalogu odpadů, který je stanoven Ministerstvem životního prostředí.

Nebezpečný odpad je odpad, který má nebezpečné vlastnosti stanovené předpisy EU. Ostatní odpad je ten, který tyto vlastnosti nesplňuje.

Pokud odpad projde procesem recyklace nebo jiného využití a splňuje stanovená kritéria, přestává být odpadem v okamžiku, který určuje příslušný předpis. Proces zařazování odpadu mezi vedlejší produkty je také upraven a musí splňovat určitá kritéria.

Krajský úřad rozhoduje o tom, zda odpad přestane být odpadem, na žádost vlastníka odpadu nebo osoby s právním zájmem. Proti žádosti nelze podat, pokud se již vede řízení o přestupku nebo o opatřeních k nápravě ze strany inspekce nebo obecního úřadu.

Celkově tento zákon upravuje způsob nakládání s odpady, jejich zařazování do kategorií a stanovuje kritéria, kdy odpad přestává být odpadem. Tím má za cíl řídit odpadový režim s ohledem na ochranu životního prostředí a lidského zdraví. (web 4)

1.3 Motivace firem podle legislativy

Pro odpadové hospodářství je prioritou předcházení vzniku odpadu, pokud vzniku odpadu nelze předejít, pak je nutné tento odpad připravit pro jeho opětovné využití, recyklaci, jiné využití, včetně energetického využití, a není-li možné ani to, je nutné následné odstranění.

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, obsahuje řadu opatření, převzatá ze směrnice Evropského parlamentu a rady EU 2008/98 dále změněná směrnicí Evropského parlamentu a rady EU 2018/518, která mají motivovat společnosti a obce k recyklaci a snižování množství odpadů. Tato opatření zahrnují povinnosti, poplatky, sankce a cíle pro recyklaci a snižování množství odpadů. (web 5)

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, stanovuje zákaz ukládání určitých využitelných odpadů na skládky od 1. ledna 2030. Týká se to odpadů:

1. Jejichž výhřevnost v sušině je vyšší než 6,5 MJ/kg
2. Které je za stávajícího stavu vědeckého a technického pokroku možné účelně recyklovat.

Toto opatření má za cíl omezit ukládání odpadů na skládky, které jsou považovány za nevhodný způsob nakládání s odpady. Zákaz ukládání odpadů s vysokou výhřevností a možností recyklace podporuje snižování objemu odpadů na skládkách a motivuje k větší recyklaci a efektivnímu nakládání s odpady. Tím se přispívá k ochraně životního prostředí a udržitelnému využívání zdrojů.

Zákon o odpadech č 541/2020 Sb. dále stanovuje povinnost fyzické či právní osoby hradit poplatky za skládkování. Mezi odpady, které jsou pokryty poplatky za skládkování patří:

1. Využitelné odpady
2. Nebezpečné odpady s výjimkou azbestu
3. Vybrané technologické odpady
4. Nebezpečné odpady pocházejících z odstraňování nebo sanací ekologických zátěží vzniklých kontaminací horninového prostředí, podzemních nebo povrchových vod nebo stavebních konstrukcí, k níž došlo nakládáním s nebezpečnými látkami, pokud je odstranění těchto odpadů uložením na skládku hrazeno z veřejných prostředků v souladu s podmínkami, za kterých je možné tyto veřejné prostředky k tomuto účelu použít, v případě dílčího poplatku za ukládání sanačních odpadů (web 5)

Poplatky za skládkování u určitých druhů odpadů u využitelných a zbytkových odpadů v průběhu let rostou, jejich sazby pro jednotlivé dílčí základy poplatku za ukládání odpadů na skládku jsou prezentovány v této tabulce, která prezentuje výši poplatku uloženého odpadu na skládky za tunu (Kč/t).

Dílčí základ poplatku za ukládání	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030 a dále
využitelných odpadů	800	900	1000	1250	1500	1600	1700	1800	1850	1850
zbytkových odpadů	500	500	500	500	500	600	600	700	700	800
nebezpečných odpadů	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
vybraných technologických odpadů	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
sanačních odpadů	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Tabulka: Příloha č. 9 k zákonu č. 541/2020 Sb. (web 5)

Směrnice Evropského parlamentu a rady EU 2008/98 dále změněná směrnicí Evropského parlamentu a rady EU 2018/518 implementuje řadu nástrojů a opatření pro motivaci členských států s cílem minimalizovat vznik a ukládání odpadů na jejich území a s cílem maximalizovat zpracování a opětovné využití odpadů, vzniklých na území členských států. Dvě nejdůležitější opatření byla implementována do českého zákona o odpadech 541/2020 Sb.

A to zákaz ukládání určitých využitelných odpadů a odpadů s vysokou výhřevností a možností recyklace na skládky od 1. ledna 2030, které má za cíl omezit ukládání odpadů vhodného k opětovnému využití na skládky. Druhým opatřením jsou poplatky spojené s ukládáním odpadu na skládky, které mají motivovat původce odpadů o minimalizaci vzniklých odpadů a mají ho motivovat k zájmu o jeho recyklaci. Poplatky spojené s ukládáním odpadu na skládky u využitelných a zbytkových odpadů s průběhem let narůstají.

Tato práce se proto věnuje metodám recyklace a opětovného využití odpadů, které mohou původci odpadu použít, aby minimalizovali množství jejich produkce, a navýšili jejich recyklaci.

1.4 Katalog odpadů

Katalog odpadů je systematický seznam obsahující katalogová čísla, která slouží k zařazení jednotlivých typů odpadů do odpovídajících kategorií. Každé katalogové číslo se skládá z šesti číslic:

- První dvojice čísel určuje odvětví, ve kterém byl odpad vytvořen.
- Druhé dvojčíslí stanovuje skupinu odpadu.
- Třetí dvojčíslí označuje podskupinu odpadu.

Každý druh odpadu je zařazen dle příslušných ustanovení zákona o odpadech do katalogových čísel, která jsou specifikována v příslušné vyhlášce číslo 8/2001 sb., která definuje Katalog odpadů. Postup pro zařazení odpadů do Katalogu odpadů je stanoven v § 2 a § 3 této vyhlášky. (web 7)

Katalogová čísla odpadů jsou použita v nadcházejících kapitolách, které se věnují různým druhům odpadů podle recyklovatelnosti. V každé kapitole je odkázáno na tabulky, které katalogová čísla odpadů využívají pro jeho přesnější identifikaci.

2 Příčiny vzniku odpadů

Odpady vznikají ve dvou hlavních oblastech. V oblasti průmyslové a komunální. Komunální odpadu je podle zákona č. 541/2020 sb. odpad tříděný a směsný. Především se jedná o papír, lepenku, sklo, kovy, plasty, biologický odpad, obaly, textil atd. (web 8)

Zákon č. 541/2020 definuje komunální odpad jako odpad vznikající činností fyzické osoby na území obce (web 9). Ve chvíli, kdy osoba odloží komunální odpad na místo, které bylo určeno obcí k tomuto účelu, stává se obec původcem komunálního odpadu. (web 8)

Průmyslový odpad představuje nežádoucí a nepotřebný produkt, který vzniká při průmyslových operacích a provozech. Správa průmyslových odpadů se pak zabývá řádným nakládáním s těmito odpady, aby bylo dosaženo bezpečného a odpovědného nakládání s nimi. (web 10)

V oblasti správy průmyslových odpadů se využívají různé procesy, jako je segregace, aplikace na půdu (kompostování), skládkování a recyklace odpadu. Segregace je postup, který umožňuje efektivní likvidaci odpadu díky jeho oddělení do kategorií podle typu. (web 11)

Množství odpadů v průmyslu u nás je zhruba dvojnásobné než množství komunálních odpadů. Tyto průmyslové odpady lze rozdělit na dvě kategorie: mechanické a chemické. Mechanické odpady jsou v podstatě jen nadbytečným materiálem, který se ukládá na skládky nebo do skladovacích prostor. Na druhou stranu, chemické odpady, které pocházejí z různých chemických procesů, představují reálné nebezpečí pro životní prostředí, neboť většina z nich je klasifikována jako nebezpečné.

Některé odpady lze zpracovat přímo ve firmách, které je vytvářejí. Nicméně, zvláště nebezpečné chemické odpady, zejména složité směsi organických a anorganických látek, je výhodné upravovat nebo přepracovávat ve specializovaných zpracovatelských střediscích. Tato střediska jsou běžně využívána v průmyslově vyspělých zemích již mnoho let. U nás však zatím žádné takové komplexní středisko pro zpracování nebezpečných odpadů neexistuje, i když se o jejich výstavbě uvažuje již od začátku 90. let minulého století. (Kuraš, 2014)

3 Metodika

Autor práce se bude v práci zaměřovat na problematiku průmyslových odpadů v České republice a jejich recyklaci. Cílem práce bude identifikovat průmyslové odpady, které lze úspěšně recyklovat, a analyzovat a vizualizovat jejich hmotnost a výskyt spolu s vhodnými metodami recyklace.

Autor práce vypracuje tabulky popisující druhy průmyslových odpadů, vytvořené z dat z pracovní databáze ISOH (PDISOH) z roku 2019, která obsahuje informace jako „Katalogové číslo odpadu, Název odpadu, Produkce (v tunách), Materiálové využití (v tunách), Energetické využití (v tunách), Odstranění skládkováním (v tunách), Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v tunách), Odstranění jiným uložením (v tunách).

V České republice se využívá standardizovaný recyklační index (SRI) pro měření schopnosti různých typů odpadů být využity v materiálovém recyklaci. SRI je používán k výpočtu srovnatelných recyklačních podílů pro určité komodity, na základě dat shromážděných v Informačním systému odpadového hospodářství. V této aplikaci vyjadřuje SRI celkové procento všech složek dané komodity odpadů, které byly znovu použity nebo využity. (Kuraš, 2014)

Recyklační potenciál (RP) je charakterizován jako celkové množství odpadů, které vznikají v určitém místě nebo odvětví a jsou vhodné k opětovnému nebo dalšímu využití. Ideálně by se recyklační potenciál rovnal absolutnímu množství vznikajících odpadů, ale v praxi je nutné brát v úvahu technické, technologické a ekonomické aspekty spojené se zpracováním těchto odpadů. Důležitá je také existence recyklačních technologií. Odpady, které z různých důvodů zatím nelze recyklovat, musí být odstraněny jako škodliviny. (Kuraš, 2014) Autor práce bude podle této definice vypočítávat recyklační potenciál celkového množství roční produkce odpadů za rok 2019, které vznikaly v určitých místech a odvětvích. Vyhodnocený recyklační potenciál bude autor práce znázorňovat v tunách.

Disponibilní recyklační potenciál (DRP), někdy označovaný i jako volný recyklační potenciál, je množství recyklovatelných odpadů, které zůstává poté, co odečteme množství odpadů, které jsou nejlépe využity pro energetické využití nebo již podstoupily materiálovou recyklaci. DRP představuje množství dosud nevyužitých recyklovatelných odpadů. Hodnota DRP může být vyjádřena i v procentech jako podíl velikosti zjištěného DRP a celkové produkce odpadů v daném odvětví. (Kuraš, 2014) Podle této definice disponibilního recyklačního potenciálu bude autor práce

vyhodnocovat celkové množství odpadů za rok 2019 vzniklých v určitých lokalitách a odvětvích. Autor práce znázorní vyhodnocený disponibilní recyklační potenciál v tunách i v procentech.

Autor práce dále vytvoří tabulky k jednotlivým kapitolám, zaměřené na „Katalogové číslo odpadu, Produkci (v tunách), Odstranění skládkováním (v tunách), Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v tunách), Odstranění skládkováním (v %), Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v %), recyklační potenciál (v tunách) a disponibilní recyklační potenciál (v tunách)“.

Dále pak za pomoci dat z webové aplikace TiramisO informačního systému odpadového hospodářství (ISOH), která zahrnuje informace o „Roce, Počtu obyvatel, Kódu území, Názvu území, Kódu odpadu, Druhu odpadu, Množství (v tunách)“ získá nejnovější data o lokalitách produkce průmyslových odpadů na území české republiky. Autor práce využívá posledních vyhodnocených dat, a to pro rok 2021.

S využitím získaných informací autor práce vytvoří teplotní mapy, které vizualizují výskyt a rozšíření odpadů v konkrétních lokalitách České republiky. Přestože se autor snažil provést co nejpřesnější a reprezentativní sběr dat, mohou v datech existovat některé mezery a omezení způsobené prodlevou dat o 2 roky. Podle získaných dat, které byly použity na tvorbu teplotních map prezentující výskyt daných typů odpadů v České republice, se autor práce pokusí identifikovat potenciální původce odpadů v daných lokalitách.

V jednotlivých kapitolách se autor práce bude věnovat jednotlivým recyklačním metodám odpadů, s recyklačním potenciálem a bude hledat a popisovat možnosti jejich recyklace. Pokud budou u určitých druhů odpadů nalezeny metody recyklace budou ony odpady vyhodnoceny jako recyklovatelné.

4 Výsledky

Podle analýzy dat z pracovní databáze ISOH autor práce zjistil, že na území České republiky bylo v roce 2021 celkem 113 různých druhů odpadů, u kterých bylo zjištěno, že jejich odstranění skládkováním či spalováním (bez energetického využití) přesahovalo hmotnost 100 tun.

Dále pak autor práce rozdělil odpady do 10 skupin, podle jejich vlastností. U každé skupiny se autor zaměřil na lokality výskytu odpadů, a zdali se dají zpracovat pro jejich opětovné využití, nebo nikoliv.

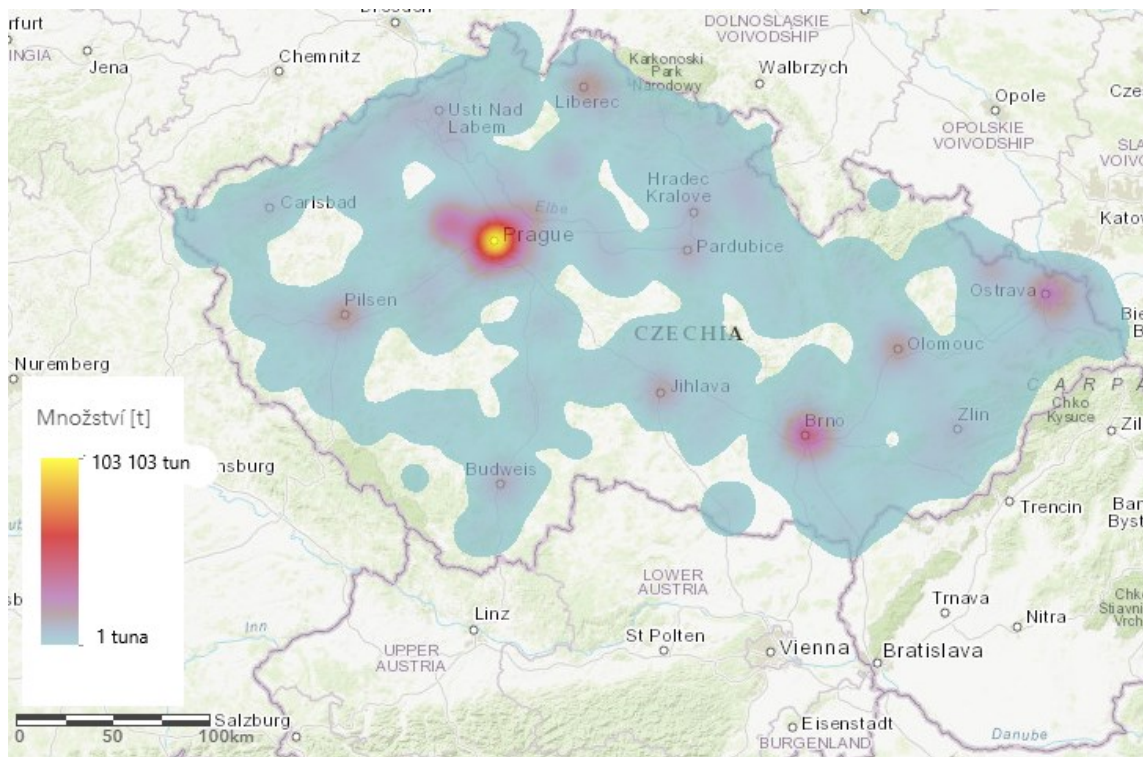
Autor práce rozdělil odpady do následujících skupin:

1. Biologicky rozložitelné odpady
2. Textilní odpady
3. Odpady z průmyslu uvedené pod odpadovým kódem 20
4. Plastové odpady
5. Kovové odpady
6. Stavební odpady, demoliční odpady a odpady z těžby
7. Nebezpečné odpady obsahující organická rozpouštědla
8. Nebezpečné odpady obsahující halogeny
9. Nerecyklovatelné nebezpečné odpady zabezpečené solidifikací
10. Nerecyklovatelné odpady

5 Biologicky rozložitelné odpady

Na území České republiky bylo v roce 2019 vytvořeno 230 010,91 tun biologicky rozložitelného odpadu. Pomocí datové analýzy popsané v kapitole Metodika byl zjištěn disponibilní recyklační potenciál biologicky rozložitelných odpadů až 38 335,72 tun. Volný recyklační potenciál je tedy 16,66 % celkové roční produkce. Konkrétní odpady, jejich kódy, produkce, odstranění skládkováním, odstranění spalováním (bez energetického využití), recyklační potenciál a disponibilní recyklační potenciál jsou popsány v Tabulce 1: Biologicky rozložitelné odpady. (viz Tab.1)

Podle popisu tvorby map v kapitole Metodika byla vytvořena teplotní mapa, která znázorňuje výskyt biologicky rozložitelných odpadů na území české republiky za rok 2021.



Obrázek 1: Teplotní mapa produkce biologicky rozložitelných odpadů na území České republiky (autor práce)

Hlavními lokalitami původu biologicky rozložitelných odpadů jsou krajská města České republiky. Tato města jsou většinou hlavními pilíři průmyslu v krajích. Města disponují silnými průmyslovými zónami, ve kterých sídlí většina firem, co produkuje biologicky rozložitelný odpad.

5.1 Recyklace biologicky rozložitelných odpadů

Existují biotechnologické procesy, které se používají pro zpracování organických odpadů. Tyto procesy zahrnují kompostování, vermikompostování, anaerobní digesce, biologické sušení. Každá z těchto biotechnologií využívá aktivitu různých skupin mikroorganismů a interakce mezi mikroorganismy a bezobratlými živočichy. Cílem těchto biotechnologií je materiálové nebo energetické využití organických odpadů. Biologické zpracování také způsobuje zmenšení objemu a snížení hmotnosti organických odpadů, hygienizaci a omezení úniku skleníkových plynů do atmosféry. (Tesařová, 2010)

Biologické zpracování, včetně kompostování a anaerobní digesce, může být zařazeno do kategorie recyklace, pokud je výsledkem kompost, který bude využit na zemědělské půdě nebo jako substrát k pěstování rostlin. Pokud ovšem nebude v úmyslu využít biologicky rozložitelného odpadu pro tyto účely, bude kompostování předúpravou odpadu pro jeho další skládkování či spalování (bez energetického využití). Anaerobní digesce se provádí pouze za účelem využití energie, jelikož výsledný produkt je bioplyn, který se užívá pro energetické účely. (web 12)

Při kompostování dojde k vzniku organického hnojiva za využití aerobních mikroorganismů. Dochází k rozkladu bílkovin, tuků a polysacharidů obsažených v biologicky rozložitelných odpadech za doprovodu uvolňování tepla. Kompostování probíhá za provzdušňování, nejčastěji metodou překopávání kompostu. Při dozrávání se molekulová váha humusových látek zvyšuje a jeho kyselost klesá. Po dozrání přestává být kompost fototoxický. (web 13)

Anaerobní digesce také nazvaná jako anaerobní fermentace je proces, při kterém dochází k tvorbě bioplynu za kontrolované mikrobiální přeměny organických látek bez přístupu vzduchu. (web 14)

Další metodou recyklace biologicky rozložitelných odpadů je vermikompostování, neboli kompostování za využití žížal. Ta využívá intenzivní činnosti žížal a mikroorganismů k biooxidační a stabilizační procesech přeměn organických materiálů v biologicky rozložitelných odpadech. Při vermikompostování nedochází k termofilní fázi rozkladu organických materiálů. Vermikompost je na rozdíl od klasického kompostu výrazně kvalitnější. Nejen že je bohatý na živiny, ale obsahuje vysoce kvalitní humus, růstové hormony onzymy a látky chránící rostliny před škůdci. (Hanč, 2016).

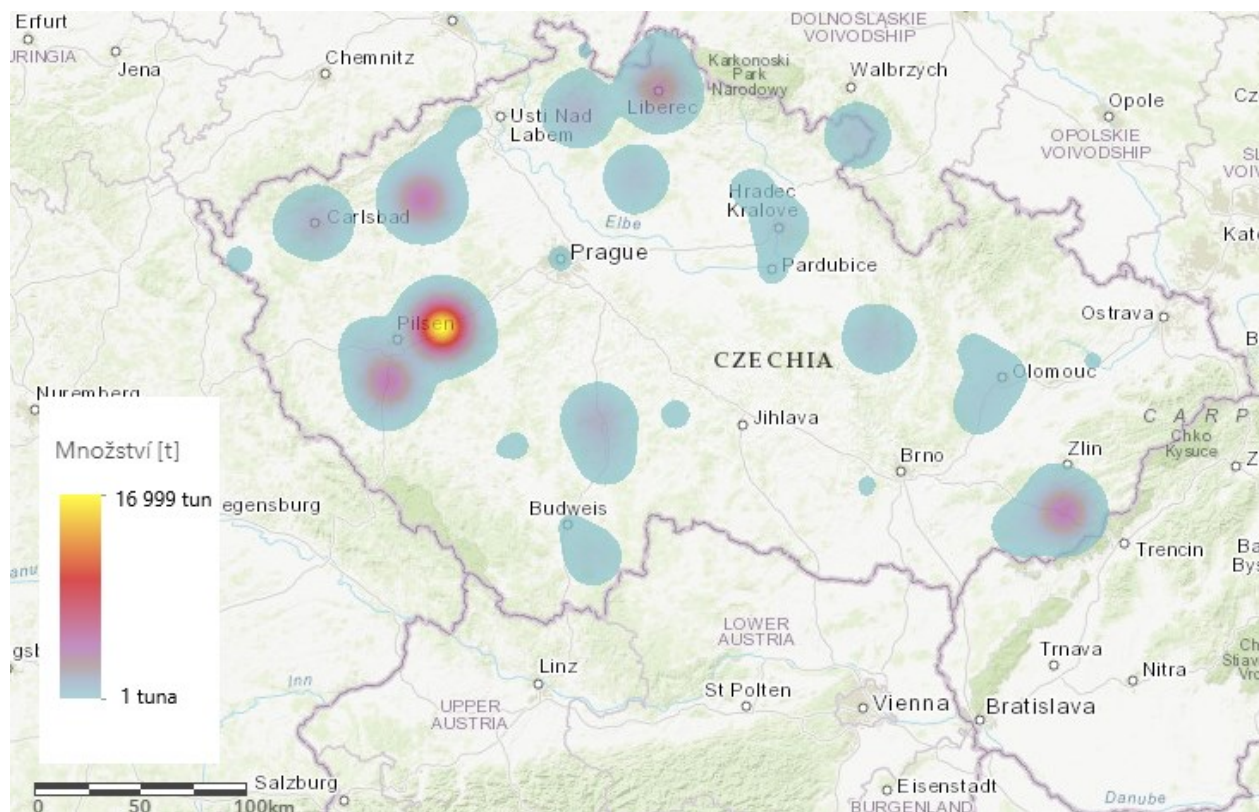
Pokud jde o odpady jako jsou kaly zeleného louhu (ze zpracování černého louhu) nebo kaly z čištění odpadních vod, musí se využít metoda biologického sušení. Biologické sušení má za účel stabilizovat a hygienizovat čistírenské kaly. Biologické sušení připravuje biologicky rozložitelný odpad na jeho zpracování spalováním, za účelem energetického využití. (Wanner, 2019) Energetická výhřevnost spalování kalů je přímo závislá na kvalitě jeho vysušení. Čím lépe je kal vysušen a odvodněn, tím méně energie je vynaloženo na k odpaření vody obsažené v kalu. (Sirový, 2011)

Celkově lze říct, že biologicky rozložitelné odpady, na nichž byly použity různé techniky recyklace jako: kompostování, vermikompostování a anaerobní digesce, mají potenciál být využity na zemědělské půdě nebo jako substrát pro rostliny, nebo pro výrobu bioplynu. Biologicky rozložitelné odpady jako jsou kaly se dají zpracovat metodou biologického sušení a dále využít pro energetické spalování. Dá se tedy říct, že biologicky rozložitelné odpady jsou recyklovatelné.

6 Textilní odpady

V roce 2019 bylo na území České republiky vyprodukováno 53 638,93 tun textilního odpadu. Prostřednictvím provedené analýzy dat, jak je popsáno v oddílu Metodika, byl stanoven disponibilní potenciál recyklace těchto textilních odpadů až na množství 15 442,13 tun. Tato hodnota představuje volný recyklační 28,78 % celkového ročního objemu produkce odpadu. Detaily týkající se konkrétních typů odpadů, jejich identifikačních kódů, produkce, způsobů odstranění skládkováním, spalováním (bez energetického využití), recyklačního potenciálu a také dostupného recyklačního potenciálu jsou podrobně uvedeny v Tabulce 2 nazvané Textilní odpady (viz Tab. 2).

Na základě popisu vytváření map, jak je vysvětleno v kapitole Metodika, byla vytvořena tepelná mapa, která zobrazuje rozšíření Textilních odpadů na území České republiky.



Obrázek 2: Teplotní mapa produkce textilních odpadů na území České republiky (autor práce)

Největším původcem textilního odpadu představují firmy na území obce Rokycany. Kde bylo v roce 2021 vytvořeno až 16 999 tun textilního odpadu. Jako hlavního původce autor práce

považuje firmu Borgers cs, spol. s r.o., která se specializuje na výrobu netkaných textilií pro vybavení automobilových interiérů.

Druhým největším původcem textilního odpadu zastupují firmy ležící v obci Žatec. Kde bylo v roce 2021 vytvořeno 5 138 tun textilního odpadu. Hlavního původce textilního odpadu v dané lokalitě označil autor práce 2 firmy. Firmu Gardina home decor cr, spol. s r.o., která se zabývá výrobou interiérových dekorací, závěsů a záclon a společnost Adler Pelzer Group, která se věnuje výrobě akustických komponentů určených pro automobilový průmysl z textilních materiálů.

Třetím největším původcem textilního odpadu na území České republiky jsou společnosti, které sídlí v obci Přeštice, která v roce 2021 vyprodukovala 5 179 tun textilního odpadu. Jako hlavního původce označil autor práce společnost GoodPRO, s.r.o., které se věnuje výrobě ochranných oděvů, hlavně nehořlavých oděvů pro hasičské záchranné složky. Jak dalšího původce textilních odpadů v obci Přeštice označil autor práce společnost International Automotive Components Group, s.r.o., která zabývá výrobou automobilových interiérů, nášivek, čalounění a dalších částí automobilů.

Celkové se dá říci, že největšími původci a producenty textilního odpadu na území České republiky, jsou společnosti, jejichž činnost se věnuje výrobě interiéru pro automobilový průmysl.

6.1 Recyklace textilních odpadů

Specifické odpady textilního průmyslu jsou odpadní textilie, textilní prach a příze. Textilní odpad lze recyklovat mnoha způsoby. Vyčištěné a vytríděné textilní odpadu se dále mohou využít jako čisticí hadry, nebo se dá rozvlákňovačem upravit na vlákenný materiál sloužící ke zpracování na výroby plsti, lepenky a netkané textilie. Pokud se textilní odpad mechanicky rozdrťí, dá se použít i jako přídavek do stavebních materiálů. (web 15)

Jedním ze způsobů zpracování textilního odpadu je zpracováním kyselou hydrolýzou. Odpadní textilie se ponoří do vodného roztoku kyseliny chlorovodíkové nebo do vodného roztoku kyseliny dusičné. Kyselina dusičná je oxidační činidlo, které má schopnost odstranit barvu z odpadního textilu. Směs odpadního textilu se poté několik hodin zahřívá při teplotě varu a výsledným produktem vzniká prášek. Ten je dále filtrován a omyt acetonem a ethanolem. Prášek je složený převážně z celulózy, Syntetická vlákna jsou oddělena a označena za nepotřebné zbytky, které se dále nevyužívají. (Costa et al, 2022)

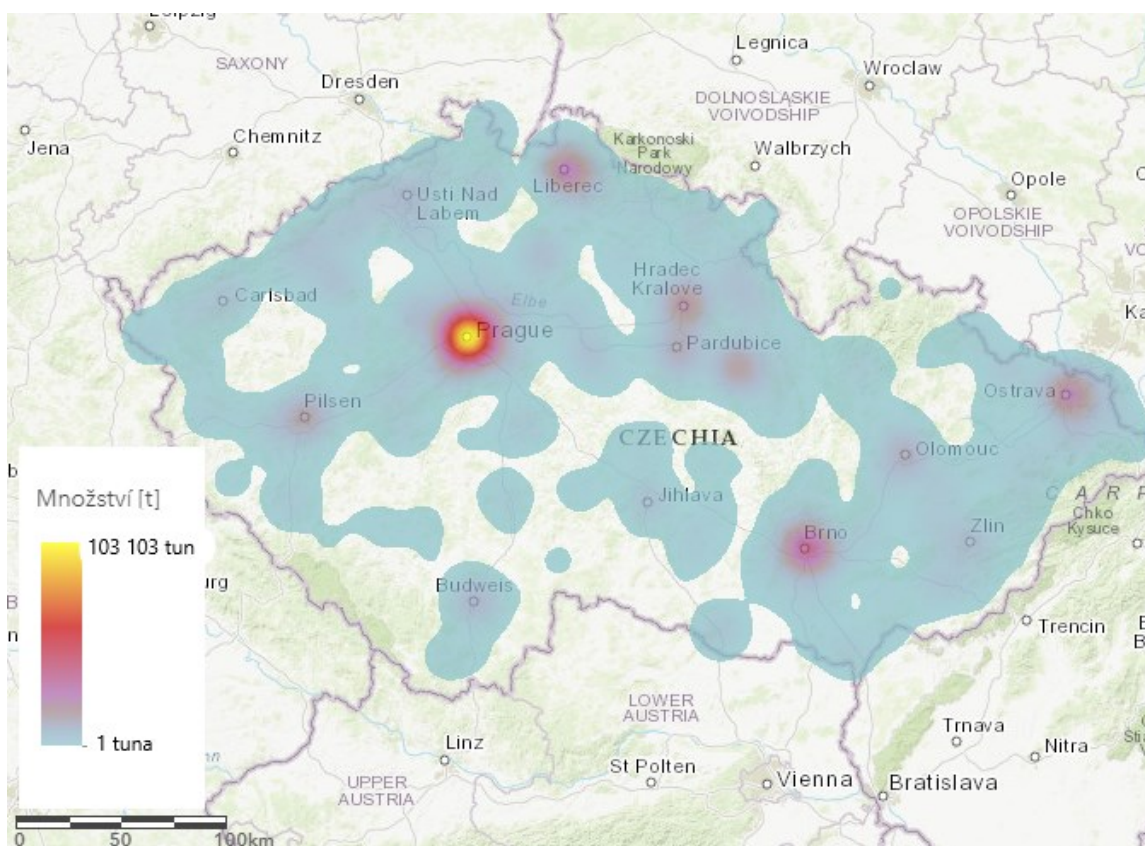
Účinnou metodou recyklace textilu je proces nazvaný Re:newcell, který se využívá ve Švédsku. Při tomto procesu se textilie chemicky upravují, aby se získala regenerovaná celulóza, která se následně používá jako základ pro výrobu viskóзовých vláken. Re:newcell se zaměřuje na recyklaci celulóзовých vláken, zejména bavlny, viskózy a elastanu (spandex). Tato vlákna jsou recyklována a přeměněna na regenerovaná viskóзовá vlákna, která jsou téměř kompletně recyklována, zejména v případě čisté bavlny. Textilie se přitom mechanicky trhá a následně chemicky upravuje. Jsou odstraněny nadbytečné doplňky, jako jsou polyesterová vlákna, zipy a knoflíky. Samotná celulóza se rozpustí a přefiltruje a následně se pomalu vytvoří nové viskóзовé vlákno. (Palm et al., 2014)

Textilní odpady, na kterých byly provedeny metody recyklace kyselou hydrolyzou a Re:newcell jsou recyklovatelné, kdy jejich výsledným produktem je celulóza nebo viskóзовé vlákno z celulózy vytvořené. Jedná-li se o syntetické textilní odpady, ty jsou označeny za nežádoucí zbytky a dále se nevyužívají. Celkově se dá tedy říct, že recyklace textilu je úspěšná, pokud výsledným produktem jsou čisticí hadry, lepenka, plst', netkané textilie, přísady do stavebních materiálů nebo celulóza, která se dá znovu využít pro výrobu textilních materiálů.

7 Odpady z průmyslu uvedené pod odpadovým kódem 20

V roce 2019 bylo na území České republiky vyprodukováno 2 025 594,64 tun odpadů z průmyslu uvedené pod odpadovým kódem 20. Analýzou dat popsanych v kapitole Metody byl zjištěn disponibilní recyklační potenciál těchto komunálního odpadu až na 1 377 170,64 tun. Tato hodnota představuje volný recyklační potenciál 67,98 % z celkové roční produkce odpadů. Důležitější informace o určitých typech odpadů, jejich identifikačních kódech, výrobě, skládkování, spalování, možnostech recyklace a dostupných možnostech recyklace jsou popsány v tabulce 2 s názvem Odpady z průmyslu uvedené pod odpadovým kódem 20 (viz Tab. 3).

Na základě popisu tvorby mapy, jak je vysvětleno v kapitole Metodika, byla vytvořena tepelná mapa znázorňující rozložení komunálního na území ČR.



Obrázek 3: Teplotní mapa produkce odpadů z průmyslu uvedené pod odpadovým kódem 20 na území České republiky (autor práce)

Odpadový kód 20 identifikuje podle katalogu odpadů komunální odpady. Nejčastěji jde o odpady z domácností či obcí. Ale odpady uvedené pod kódem 20 mohou pocházet i z průmyslu, kdy původcem odpadu je firma. Lokalitami s nejvyšším množstvím odpadu z průmyslu uvedeným pod

odpadovým kódem 20 jsou všechna krajská města, mezi největší producenty patří hlavní město České republiky Praha, které vyprodukovalo 103 103 tun odpadů z průmyslu uvedeným pod odpadovým kódem 20, statutární město Brno, které během stejného roku vyprodukovalo 35 202 tun odpadu a statutární město Ostrava, které vyprodukovalo 24 770 tun. Autorovi práce se nepodařilo přesněji identifikovat původce tohoto odpadu. Jde o velmi rozmanitou skupinu odpadů, u kterých je možným původcem jakákoliv společnost.

7.1 Recyklace odpadů z průmyslu uvedených pod odpadovým kódem 20

Recyklace jednotlivých složek odpadů uvedených pod odpadovým kódem 20, jako jsou papíry, plasty, sklo, kovy a biologicky rozložitelné materiály, je celosvětově poměrně jednoduchý, komerčně osvědčený a prakticky realizovatelný proces. Na světě vzniká kolem 2,5 miliardy tun komunálního odpadu, což znamená, že dostupný materiál pro recyklaci je hojně dostupný. Problémem však často bývá konzistence a kvalita získaných druhotných materiálů. Klíčovým krokem pro dosažení kvalitních recyklovaných surovin je účinná separace odpadů u zdroje. Nicméně oddělit „čisté“ materiály ze směsného komunálního odpadu, které by dokonale nahradily primární suroviny, je velmi náročné. (Tchobanoglous a Kreith, 2002)

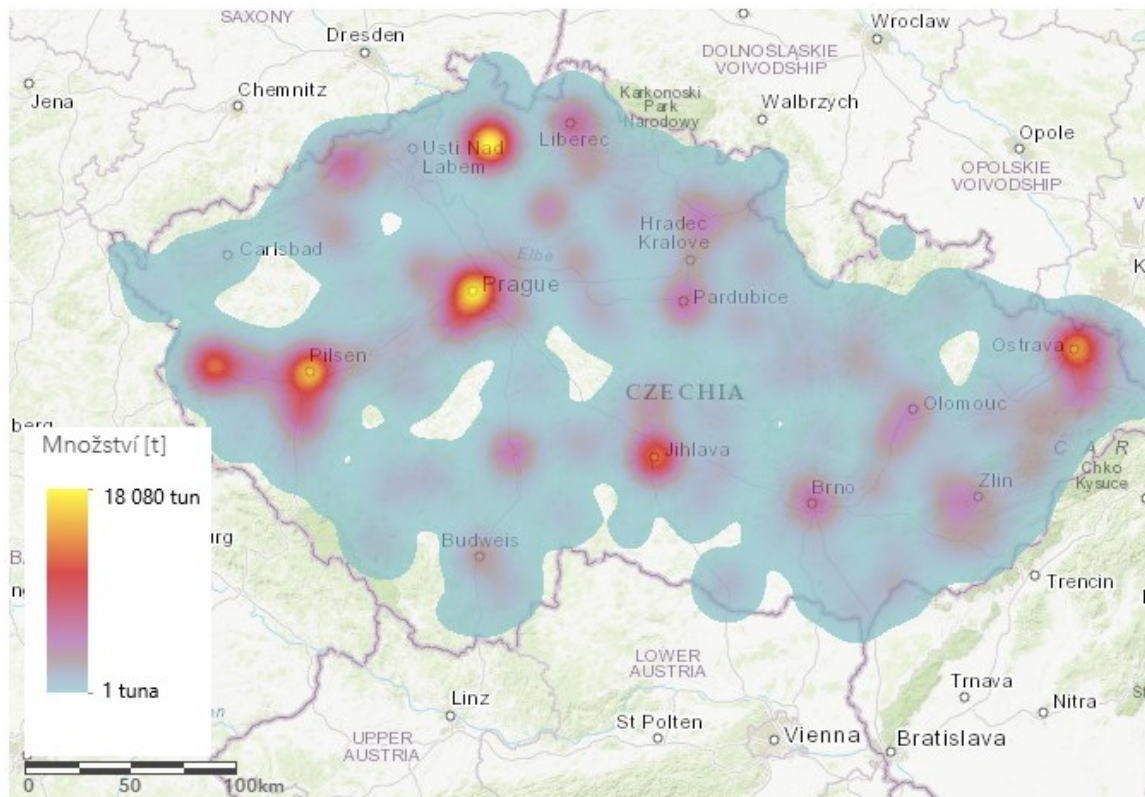
Recyklace biologicky rozložitelných odpadů byla blíže popsána v kapitole 8 „Biologicky rozložitelné odpady“, recyklace plastů byla popsána v kapitole 10 „Plastové odpady“ a recyklace kovů byla popsána v kapitole 11 „Odpady obsahující kovy“.

Recyklace odpadů z průmyslu uvedených pod odpadovým kódem 20 je možná. Pro každý druh odpadu jako je plast, kov či biologicky rozložitelný odpad existují recyklační metody, které umožňují tento druh odpadu úspěšně zpracovat.

8 Plastové odpady

Na území České republiky bylo v roce 2019 vyprodukováno 489 022,07 tun plastového odpadu. Pomocí datové analýzy popsané v kapitole Metodika byl zjištěn disponibilní recyklační potenciál plastových odpadů až 91 419,62 tun. Volný recyklační potenciál je tedy 18,69% celkové roční produkce. Podrobně popsány konkrétní odpady, jejich kódy, produkce, odstranění skládkováním, odstranění spalováním (bez energetického využití), recyklační potenciál a disponibilní recyklační potenciál jsou popsány v Tabulce 4: Plastové odpady. (viz Tab.4)

Podle popisu tvorby map v kapitole Metodika byla vytvořena teplotní mapa, která znázorňuje výskyt plastových odpadů na území české republiky.



Obrázek 4: Teplotní mapa produkce plastových odpadů na území České republiky (autor práce)

Lokalitou s největším množstvím produkce plastových odpadů z průmyslu je obec Česká lípa, kde za rok 2021 bylo vyprodukováno 18 080 tun plastového odpadu. Autor práce určil jako hlavní původce plastového odpadu společnost Fehrer Bohemia s.r.o., která se zaměřuje na výrobu pěnových výplní do sedadel a opěradel, a dílů pro automobilky. Další společnost, kterou autor práce

označil za hlavního producenta plastového odpadu v České republice je společnost Grammer Automotive CZ, s.r.o., která se zabývá výrobou hlavových opěrek pro automobilový průmysl.

Druhou lokalitou s největším množstvím produkce plastových odpadů je obec Jihlava, kde bylo v roce vytvořeno 14 185 tun plastového odpadu z průmyslu. Jako hlavními původci plastových odpadů označil autor práce společnosti DAFE – PLAST Jihlava, s.r.o., PLASTIOV, s.r.o., které se specializují na výrobu plastových oken a dveří, a společnost ApoPlast, s.r.o., které se věnuje výrobě retenčních nádrží na dešťovou vodu, jímek, septiků a sestav nádrží s čerpadly.

Třetím největším původcem plastového odpadu na území České republiky je hlavní město Praha. V Praze bylo v roce 2021 vyprodukováno 13 649 tun plastového odpadu z průmyslu. Jako hlavní původce plastových odpadů označil autor práce společnost Vink – Plasty, s.r.o., který se specializuje na výrobu konstrukčních plastů, oteruvzdorných plastů a transparentních plastů. Jako dalšího původce plastového odpadu označil autor práce společnost Plexiplast, s.r.o., která se zabývá zpracováním a prodejem plexiskel a polykarbonátů. Dále autor práce označil původce plastového odpadu společnost Suchomel PLASTY s.r.o., který se specializuje na výrobu plastových výlisků technologií vstřikování termoplastů, výrobu forem na vstřikování termoplastů.

8.1 Recyklace plastových odpadů

Mezi průmyslové plastové odpady patří převážně polyestery, polyvinylchlorid (PVC), akrylonitrilbutadienstyren (ABS), polymethylmethakrylát (PMMA). A polyofelíny mezi ně patří (LDPE) (web 16), Dalšími důležitými průmyslovými plastovými odpady se řadí i polyofelíny, mezi které patří polyethylen (PE), low-density polyethylen (LDPE), high-density polyethylen (HDPE) a polypropylen (PP). Polyofelíny jsou jedním z hlavních druhů termoplastů používaných po celém světě. Jsou z nich tvořeny zejména kontejnery, trubky, obaly baterií, automobilové součástky, elektronické součástky, obaly a obalové fólie. (Achilias et al, 2007)

8.1.1 Mechanická recyklace plastů

Nejdříve musí plastový odpad projít redukcí jeho rozměru. Je to nezbytný proces pro jeho další zpracování. Odpad musí být rozmělněn na velikost 25-50 mm. Dále rozmělněný odpad podstupuje proces mytí, kdy je očištěn od nečistot, lepidel a kontaminantů. Následuje třídění, kdy je plastový odpad tříděn na základě typu plastu. Třídění může být prováděno ručně nebo pomocí automatizovaných technologií. Poté rozmělněný plastový odpad čeká tavení. Taveninové metody

recyklace se zaměřují na roztavení plastového odpadu a následné zpracování taveniny. Tato tavenina se poté používá k výrobě nových plastových výrobků. Mezi dvě hlavní taveninové metody patří:

1. Re-granulace: Tavenina je zformována do granulí nebo pelet, které slouží jako surovina pro výrobu nových plastových výrobků.
2. Extruze: Tavenina je tlačena skrz trysku, a vytváří dlouhý kontinuální profil. Tato metoda je často používána pro výrobu plastových trubek, prutů a fólií. (Goodship, 2007)

8.1.2 Chemická recyklace plastů

Polyofelíny se dají recyklovat thermochemickým procesem zvaným pyrolýza. Při pyrolýze dochází k termální degradaci organických materiálů při teplotách kolem 500°C. Uhlovodíkový obsah odpadu, který prochází pyrolýzou, se přemění na pyrolytické oleje, alifatické vosky, plyny a černý uhlík. Pyrolytické oleje jsou nízko kvalitní směsí obsahující vysoký podíl vosku ve formě těžkých uhlovodíků. V současné době se u pyrolytických olejů zkoumá přeměna na pyrolytický vosk, který by se dal využít na výrobu petrochemikálií. (Charlotte Abdy et al, 2022)

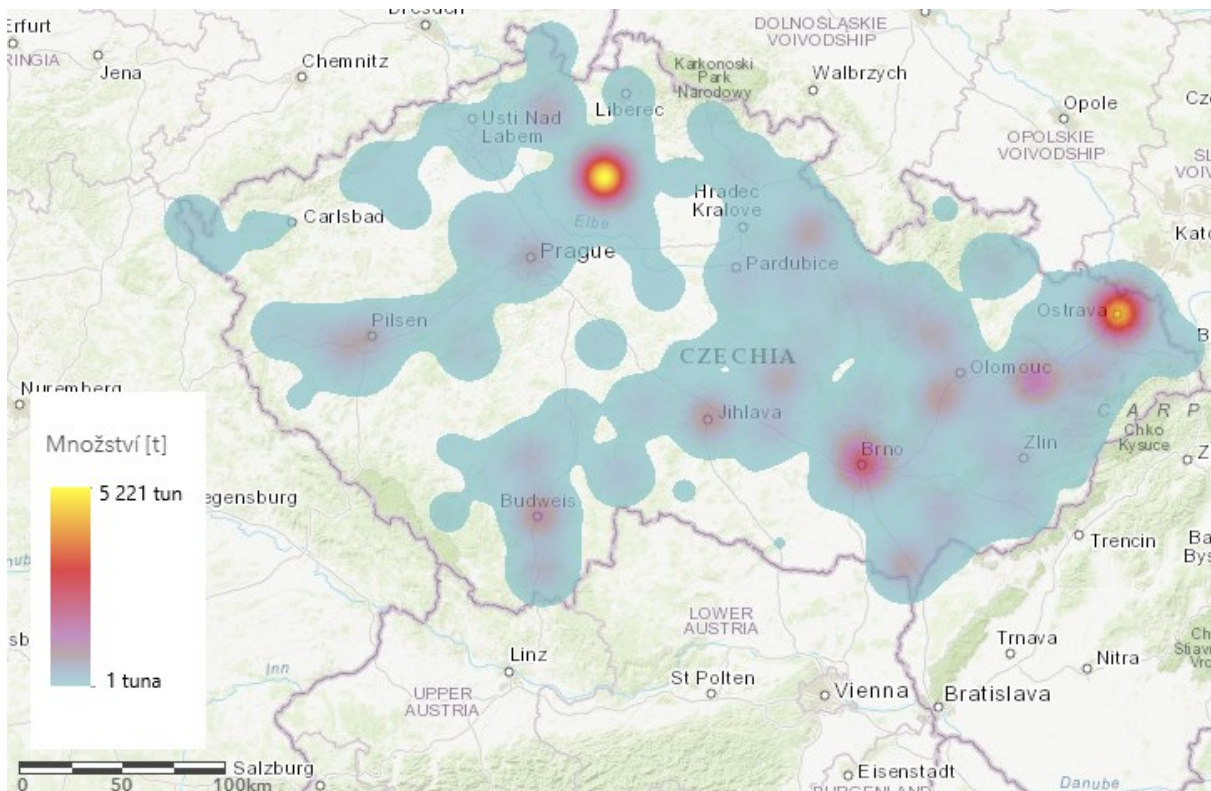
Další metoda podobná pyrolýze je nazvána zplyňování. Na rozdíl od pyrolýzy je konečným produktem této metody výhřevný plyn. K získání výsledného produktu je nutné dosáhnout vyšších teplot, delšího reakčního času a přesné použití množství zplyňovacího média. Jako zplyňovací médium slouží vzduch, čistý kyslík s vodní párou nebo pouze vodní pára. Složení výsledného plynného produktu je rozdílné podle zastoupení zplyňovacího média a na technologii k tomu využitě. Vyrobený plyn ovšem obsahuje i podíl nečistot, od kterých musí být očištěn. Pokud má výsledný plyn nízkou výhřevnost a není dokonale očištěn od nečistot, může být spálen v kotli na tuhá paliva za účelem získání energie. Vhodně vyčištěný plyn může být využit k výrobě alternativních paliv. (web 17)

Celkově se dá říct, že recyklace plastového odpadu je možná, a to za použití možných procesů. Procesů mechanické recyklace a procesu recyklace chemické.

9 Odpady z průmyslu zpracování kovů

V roce 2019 bylo na území České republiky vyprodukováno 53 206,97 tun Odpadů obsahující kovy. Analýzou dat popsanych v kapitole Metody byl zjištěn disponibilní recyklační potenciál těchto odpadů až na 13 848, 08 tun. Tato hodnota představuje volný recyklační potenciál 26,02 % z celkové roční produkce odpadů. Důležitější informace o určitých typech odpadů, jejich identifikačních kódech, výrobě, skládkování, spalování, možnostech recyklace a dostupných možnostech recyklace jsou popsány v tabulce 5 s názvem Kovové odpady (viz Tab.5).

Na základě popisu tvorby mapy, jak je vysvětleno v kapitole Metodika, byla vytvořena tepelná mapa znázorňující výskyt kovových odpadů na území ČR.



Obrázek 5: Teplotní mapa produkce kovových odpadů na území České republiky (autor práce)

Hlavní lokalitou s největším množstvím vyprodukovaného odpadu z průmyslu zpracovávajícího kovy bylo pro rok 2021 statutární město Mladá Boleslav, která vyprodukovala 5 221 tun. Jako možného hlavního producenta těchto odpadů označil autor práce společnost ŠKODA AUTO a.s., která se zabývá výrobou automobilů a dalších dílů a součástek pro automobilový průmysl.

Statutární město Ostrava je lokalitou s druhým největším množstvím odpadu z průmyslu zpracování kovů pro rok 2021 s množstvím 5 168 tun. Jako potenciálního producenta těchto odpadů označil autor práce hutnickou společnost Liberty Ostrava a.s.

Třetí lokalitou s největším množstvím vyprodukovaného odpadu z průmyslu zpracování kovů je statutární město Brno, které za rok 2021 vyprodukovalo 2 719 tun odpadu. Jako možného hlavního původce odpadu označil autor práce společnost FeroStal a.s.

9.1 Recyklace kovových odpadů

Během výroby a zpracování kovů se používá velké množství chemikálií, což má za následek vznik mnoha nebezpečných odpadů. Mezi tyto odpady patří čisté kovové zbytky a také kovonosné odpady, které obsahují kovy vázané s organickými i anorganickými látkami. Tyto kovonosné odpady jsou toxické a karcinogenní, ale díky obsahu neželezných kovů mají potenciál stát se cennou druhotnou surovinou. Existují energeticky efektivní metody, kterými lze z kovonosného odpadu získat čisté látky, čímž se minimalizuje negativní dopad na životní prostředí. Kovonosné odpady se zpracovávají buď na místě vzniku nebo sběrem jednotlivých částí pro další zpracování. (Kuraš,2014)

Odpadní materiály ze zpracování kovů, jako je struska nebo popílek se dají dobře využít jako přídavek při výrobě betonu a dokážou tak plně nahradit cement, který je v praxi nejčastěji využíván při výrobě cementu. (Šádková, 2020)

Odpadní brzdové destičky jsou velice náročné na recyklaci, proto je nejčastější volbou tyto odpady skládkovat. Ovšem skládkování může způsobit znečištění půd těžkými kovy. Z hlediska ochrany životního prostředí je tedy recyklace slibnou metodou, jak s brzdovými destičkami nakládat. Frézováním se z odpadních brzdových destiček je možné opětovně získat třecí materiály ve formě prášku. Tento prášek se dále přidá do směsi čisté pryskyřice, tím se vytvoří nový třecí materiál. (Hosein Rajaei et al, 2020)

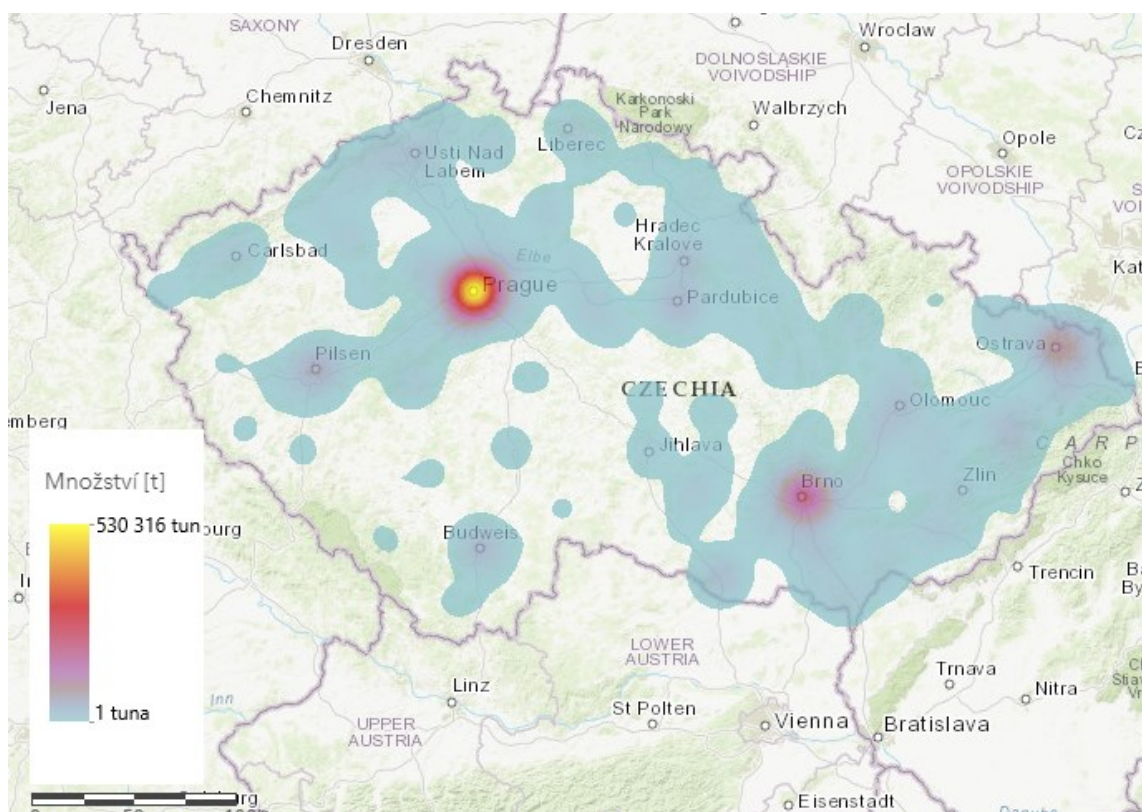
V roce 2019 bylo uvedeno do provozu evropský projekt výzkumného a vývojového pracoviště recyklace brusiva tepelným rozkladem. Projekt se zaměřuje na opětovné získávání brusných zrn z brusných materiálů. Brusné materiály jako jsou kotouče obsahují až 65 % materiálů, které se dají opětovně získat. U materiálů jako jsou brusná plátna a brusné papíry byla jejich zpětná vratnost brusných zrn mezi 10–15 %. (web 18)

Odpady jako jsou struska nebo popílek se dají dále využít místo cementu pro výrobu betonu. Odpadní brzdové destičky se dají recyklovat frézováním, a výsledný prášek poté přidat do roztoky s pryskyřicí, za účelem nového třecího materiálu. Brusné nástroje je možno recyklovat pomocí tepelného rozkladu. U brusných kotoučů je tak možno získat až 65 % materiálů a u brusných pláten a papírů je možné opětovně získat až 10–15 %. Těmito metodami nejen minimalizujeme odpad, ale také získáváme cenné kovy zpět do výrobního cyklu, což přispívá k udržitelnému a šetrnému nakládání s těmito důležitými surovinami.

10 Stavební odpady a demoliční odpady

Celkem 4 676 416,65 tun stavebního a demoličního odpadu bylo vyprodukováno v roce 2019 na území České republiky. Analýzou dat popsanou v kapitole metodika bylo zjištěno, že 1 886 682,57 tun odpadu má disponibilní recyklační potenciál. Tato hodnota představuje volný recyklační potenciál 40,34 %. Důležitější informace o určitých typech odpadů, jejich identifikačních kódech, výrobě, skládkování, spalování, možnostech recyklace a dostupných možnostech recyklace jsou popsány v tabulce 6 s názvem Stavební odpady a demoliční odpady (viz Tab.6).

Na základě popisu tvorby mapy, jak je vysvětleno v kapitole Metodika, byla vytvořena tepelná mapa znázorňující rozložení stavebního a demoličního odpadu na území ČR.



Obrázek 6: Teplotní mapa produkce stavebních a demoličních odpadů na území České republiky (autor práce)

Stavební společnosti, které jsou původci stavebních a demoličních odpadů, působí po celé České republice. Z tohoto důvodu bylo nemožné, aby autor přesněji lokalizoval možné původce odpadu podle lokalit výskytu odpadu. Autor práce tak určil 3 největší původce stavebního odpadu podle webového portálu PlanRadar (web 19). První nejvýznamnější stavební společností v České

republiky je společnost STRABAG a.s. Druhá nejvýznamnější stavební společnost v České republice je Chládek a Tintěra, Pardubice a.s. Třetí nejvýznamnější stavební společností v České republice je SWIETELSKY stavební s.r.o.

Lokalitou s největším množstvím produkce stavebních odpadů, demoličních odpadů a odpadů z těžby bylo pro rok 2021 hlavní město Praha s celkovým množstvím vyprodukovaného odpadu 530 316 tun. Druhou lokalitou s největším množstvím vyprodukovaných stavebních odpadů, demoličních odpadů a odpadů z těžby pro rok 2021 je statutární město Brno, které vyprodukovalo 333 392 tun odpadů. Třetí lokalitou s největším množstvím vyprodukovaných stavebních odpadů, demoličních odpadů a odpadů z těžby pro rok 2021 je statutární město Ostrava, které vyprodukovalo 172 680 tun odpadu.

10.1 Recyklace stavebních odpadů

Od začátku roku 2020 platí nový zákon o odpadech 541/2020 Sb., který zavádí povinnost třídít stavebního a demoličního odpadu již v místě jejich vzniku. Cílem je maximalizovat znovupoužití materiálů a odpadů ve stavebnictví, čímž by se snížila spotřeba primárních surovin. Zákon stanoví, že stavební firmy musí pečlivě třídít stavebního a demoličního odpadu a zajistit jejich recyklaci.

Není to jen kvůli ekologickým důvodům, ale i kvůli ekonomickým výhodám, protože stavební firmy jsou motivovány ke třídění a recyklaci skrze nižší skládkovací poplatky. Pokud by firma porušila své povinnosti, hrozila by jí pokuta až 10 milionů Kč. Firma musí projít mnoha řízeními a získat povolení, což může být složitý a nákladný proces. Existuje také časový stres z důvodu neexistující vyhlášky pro ukončení odpadového režimu, která by stanovila, za jakých podmínek se stavební a demoliční odpady stanou výrobkem a nebudou považovány za odpad.

Dalším omezením jsou striktní požadavky na recyklační zařízení, která musí splňovat specifické normy a podrobit se dalším pravidlům. Menší stavební firmy mohou preferovat externí recyklační linky, které jsou schváleny a mohou přímo na místě zpracovávat stavební a demoliční odpad. (web 20)

Recyklaci stavebních a demoličních odpadů, lze rozdělit na mobilní a stacionární, podle možnosti recyklace za pomoci recyklačních linek. Mobilní recyklační linky se využívají buď v sídle recyklační firmy nebo na skládkách stavebního odpadu, kam drobní původci odpadu svážejí materiál. Stacionární recyklační linky jsou technologicky složitější a zahrnují systém strojů, jako

jsou drtiče, třídiče, separátory a další. Proces recyklace probíhá tak, že nejprve je použit čelist'ový primární drtič, který rozdrťí největší kusy odpadu, následuje odlučovač železa, který separuje železné materiály. Za ním se nachází magnetický separátor železa a vibrační drtič, který odstraní zeminy a další nečistoty. Následuje sekundární drtič, který vytvoří kvalitní granulát. Poté se granulát dostává k dalšímu magnetickému separátoru a vodnímu separátoru, který odstraní prachové částice a nepotřebné příměsi. Nakonec se granulát dělí na různé velikosti pomocí vibračního třídiče. (web 21)

Polyester, ve stavebním průmyslu využívaný jako izolační materiál, je téměř 100 % recyklovatelný, záleží ale na jeho stavu znečištění. Po vytržení se neznečištěný polystyren nechá rozdrtit na recyklát, který je dále možný využít na výrobu obalů nebo izolací. (web 22)

Asfaltový recyklát se získává již na místě stavby nebo demolice, kdy se asfaltový povrch buďto odlamuje, nebo se od povrchu frézuje za studena. Dále se mobilními drtírnami rozdrťí a zpracuje na asfaltový recyklát, který je využit pro výrobu protihlukových stěn, nebo na výstavbu mále frekventovaných cest a cyklostezek. (web 21)

Sádrový recyklát je získáván drcením odpadního sádrokartonu a následnou separací kartonu od zatvrdlé sádry. Sádrový materiál je dále rozdrcen ve vysokorychlostním mlýně. Dále jsou zbytky drceného kartonu odsány a filtrovány. Výsledný sádrový recyklát je možné opětovně využít pro výrobu nových sádrokartonových desek. (web 23)

Dřevěný odpad se nejprve ručně třídí, a dochází k separaci skla, plastů a železných či neželezných kovů. Odpadní dřevo je dále v mlýnech a drtičích drceno na požadovanou frakci. Výsledný recyklát může být dále využit pro výrobu dřevotřískových desek. (web 24)

Odpadní materiály na bázi skelných vláken nepochází přímo ze stavebních či demoličních odpadů, pochází z výroby technických textilií určených pro stavební průmysl. Z důvodu, že tento odpadní vzniká z výrobního procesu určeného pro stavební průmysl, zařadil autor práce tento materiál do této kapitoly.

Odpadní materiál na bázi skelných vláken je možné recyklovat třemi způsoby. Prvním způsobem je mechanická recyklace. Skelná vlákna se nechají ve strojích rozřezat na malé kusy lopatkou turbíny. Výsledný produkt mechanické recyklace se dá využít jako výplň kompozitu nízké kvality nebo jako palivo v cementářských pecích. V cementářských pecích se organická část skelných

vláken spálí a využije jako palivo, minerály, které se usadí se dají přimísit do cementu. Druhou metodou je tepelná recyklace. Skelná vlákna se dostatečně zahřejí, aby se organické sloučeniny z plastu změnilly na plyn, který se dále rafinuje pro získání plynu a oleje. Třetí možností je chemická recyklace. Tato metoda je nákladná, z tohoto důvodu se tedy často nepoužívá, i když slibuje obnovu skelných vláken bez zhoršení jejich kvality. (web 25)

Kvalitní stavební recykláty pomáhají řešit nedostatek přírodních surovin. Cirkulární ekonomika v současnosti získává na důležitosti, a to i ve stavebnictví. Nařízení 305/2011 upravuje podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a zdůrazňuje význam udržitelného využívání surovin a materiálů. Významnými stavebními surovinami jsou kámen anebo štěrkopísky. Nedostatek kvalitního kamene je stále patrnější, protože se do budoucna očekává nedostatek těchto surovin. (web 26) Využití recyklovaných stavebních materiálů, by mohlo být klíčové pro řešení problému nedostatku surovin. U odpadních materiálů jako kamenivo, polyester, asfalt, sádra, dřevo a skelná vlákna existují metody jejich zpracování a následného využití.

11 Nebezpečné odpady a jejich recyklace

Průmyslové odpady lze v zásadě rozdělit na dvě kategorie – odpady s mechanickou povahou a odpady s chemickou povahou. Mezi nebezpečné odpady patří zejména ty s chemickou povahou, jelikož jen zřídka se vyskytují chemické odpady, které by nebyly uvedeny v seznamu nebezpečných odpadů nebo neměly alespoň jednu z nebezpečných vlastností uvedených v zákoně o odpadech. (Kuraš, 2014)

Podle americké Agentury pro ochranu životního prostředí (EPA) lze nebezpečné odpady recyklovat, pokud jsou použity, znovu použity nebo zregenerovány. EPA vyvinula předpisy pro recyklaci nebezpečných odpadů, aby podpořila opětovné použití a regeneraci užitečných materiálů způsobem, který je bezpečný a chrání lidské zdraví a životní prostředí. Recyklace nebezpečných odpadů může zvýšit výrobní efektivitu a snížit náklady spojené s nákupem surovin a nakládáním s odpady. (web 27)

Separace je klíčovým krokem při zpracování nebezpečných odpadů. Může ušetřit čas a náklady při dalším zpracování a snížit nebezpečnost odpadu. Separace často vede ke vzniku druhotných surovin, které mají značnou tržní hodnotu a mohou být znovu použity.

11.1 Regenerace odpadů

Regenerace je proces, kterým dokážeme pomocí vhodných technologických postupů obnovit odpad tak, aby získal zpět své původní vlastnosti předtím, než se stal odpadem. (web 28)

Patří mezi ně:

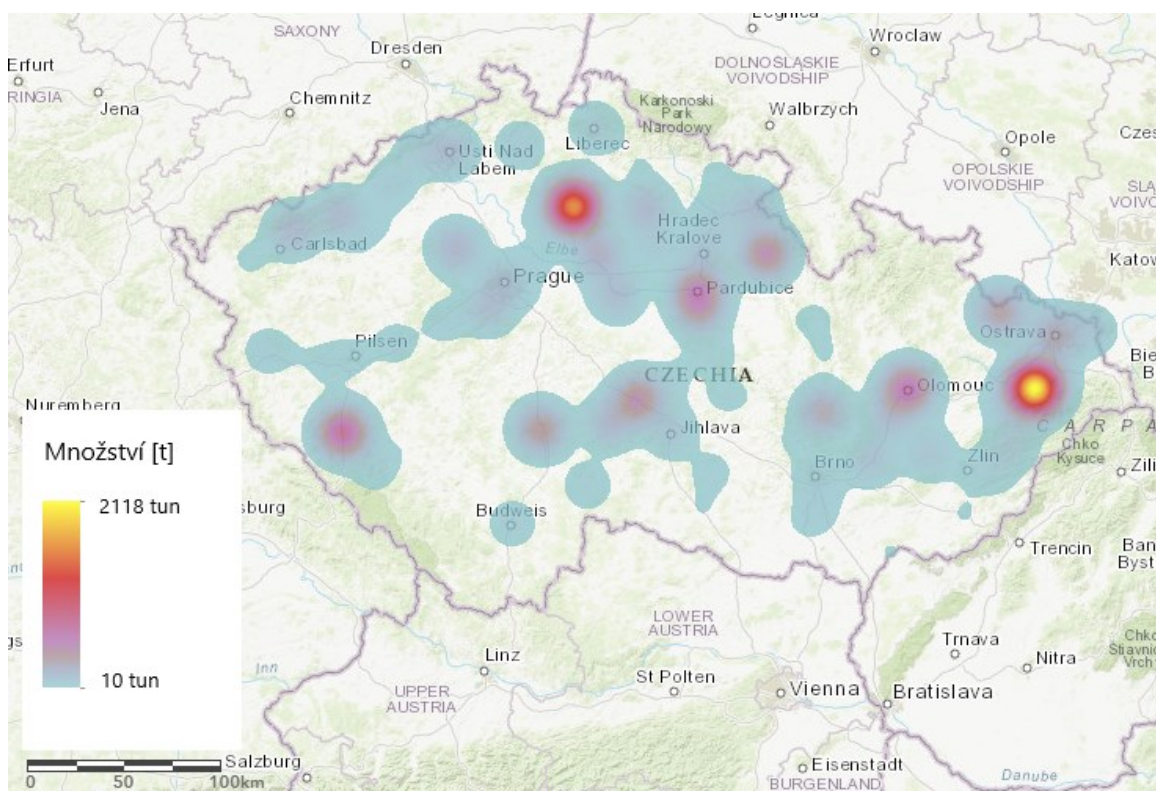
- Kontaminovaná organická rozpouštědla: Suroviny pro regeneraci těchto rozpouštědel jsou obvykle kontaminovány halogenovanými uhlovodíky, které pocházejí z odmašťovacích lázní nebo z výroby barev a nátěrů. Proces stripování a destilace umožňuje získat 70-80% směsi rozpouštědel, které lze znovu využít, například při výrobě barev.
- Odpadní vody obsahující těžké kovy: Pokud jsou odpadní vody bohaté na těžké kovy, existují ekonomicky výhodné metody, jak tyto kovy zregenerovat. Fyzikálně-chemické postupy, jako je využití ionexů, umožňují získat přítomné kovy z odpadních vod z galvanického zpracování kovů.
- Odpadní oleje obsahující vodu a kaly: Tyto oleje lze regenerovat pomocí různých technik, jako je sedimentace, stripování rozpouštědel nebo filtrace, odstředění a další dělicí metody.

Touto cestou je možné získat užitečné suroviny a oddělit nečistoty, což umožňuje jejich další využití. (web 29)

12 Nebezpečné odpady obsahující organická rozpouštědla

Na území České republiky bylo v roce 2019 vytvořeno 32 886,15 tun nebezpečných odpadů obsahující organická rozpouštědla. Pomocí datové analýzy popsané v kapitole Metodika byl zjištěn disponibilní recyklační potenciál nebezpečných odpadů obsahující organická rozpouštědla až 6 882,90 tun. Což je 20,92 % celkové roční produkce. Podrobně popsány konkrétní odpady, jejich kódy, produkce, odstranění skládkováním, odstranění spalováním (bez energetického využití), recyklační potenciál a disponibilní recyklační potenciál jsou popsány v Tabulce 8: Nebezpečné odpady obsahující organická rozpouštědla (viz Tab.7)

Podle popisu tvorby map v kapitole Metodika byla vytvořena teplotní mapa, která znázorňuje výskyt nebezpečných odpadů obsahující organická rozpouštědla na území české republiky.



Obrázek 7: Teplotní mapa produkce nebezpečných odpadů obsahující organická rozpouštědla (autor práce)

Tato skupina odpadů se využívá v různých odvětví průmyslu, zejména ve výrobě využívající stroje. Lokalitou s nejvyšší produkcí nebezpečného odpadu obsahující organická rozpouštědla bylo město Kopřivnice, kde bylo v roce 2021 vyprodukováno až 2 118 tun tohoto odpadu. Jako možné producenty těchto odpadů označil autor práce společnosti Brose CZ spol. s r.o. a Röchling

Automotive Kopřivnice, s.r.o., které se specializují na výrobu automobilových dílů. Druhou lokalitou s nejvyšší produkcí nebezpečného odpadu obsahující organická rozpouštědla bylo statutární město Mladá Boleslav s 1 416 tunami těchto odpadů. Jako hlavního potenciálního producenta těchto odpadů označil autor práce společnost Škoda Auto a.s. Třetí lokalitou s největší produkcí nebezpečného odpadu obsahující organická rozpouštědla bylo město Klatovy, kde bylo v roce 2021 vyprodukováno až 1 171 tun těchto odpadů. V této lokalitě se ale autorovi práce nepodařilo určit potenciálního producenta těchto odpadů.

12.1 Recyklace nebezpečných odpadů obsahující organická rozpouštědla

Podle vyhlášky číslo 355 vydané Ministerstvem životního prostředí dne 11. července 2002 je organické rozpouštědlo definováno jako jakákoli těkavá organická látka, která se používá samostatně nebo ve směsi s jinými látkami k rozpouštění surovin nebo produktů, jako ředidlo, disperzní prostředek, prostředek pro úpravu viskozity nebo povrchového napětí, změkčovadlo nebo jako ochranný prostředek. (web 30)

12.1.1 Recyklace organických rozpouštědel pomocí nanofiltrace

Membrány určené pro nanofiltraci organických rozpouštědel (OSN) nebo organofilní nanofiltraci (ONF) mají silnou schopnost vázat organická rozpouštědla a zachytávat rozpuštěné molekuly o hmotnostech 200 až 1 000 g/mol. Tyto membrány fungují při mírných podmínkách, což umožňuje šetrné koncentrování teplotně citlivých molekul a snižuje nároky na energii při zpětném získávání rozpouštědel.

Nanofiltrace organických rozpouštědel je výhodná pro zpracování odpadních toků obsahujících rozpouštědla, což umožňuje získání cenných složek, minimalizaci ztrát produktů a snížení nákladů na likvidaci odpadu. Tyto membrány mohou také zjednodušit celý proces tím, že nahradí některé separační kroky a díky modulární konstrukci lze snadno upravit jejich kapacitu.

Další výhody OSN zahrnují efektivní pročišťování směsí kapalných uhlovodíků, což je často náročný a nákladný proces v chemické výrobě. Tyto membrány také umožňují regeneraci homogenních katalyzátorů bez deaktivace a ztráty materiálu. Kromě toho usnadňují krystalizaci pomocí zachování kapalně fáze rozpouštědla a úsporu energie při zpětném získávání rozpouštědel.

Metoda krystalizace za pomoci nanofiltrace organických rozpouštědel umožňuje koncentrovat krystalické matečné roztoky a obnovovat rozpouštědlo bez změny fáze, což přináší úsporu energie.

Proces zpětného získávání rozpouštědel pomocí těchto membrán představuje atraktivní a ekonomicky efektivní alternativu k odpařování v rámci extrakčních procesů. (web 31)

12.1.2 Recyklace organických rozpouštědel pomocí recyklačních přístrojů

Recyklace rozpouštědel lze dosáhnout využitím recyklačních přístrojů jako alternativního řešení pro dosažení ekologičtějších provozů a zlepšení životního prostředí. Tyto přístroje umožňují recyklovat organická rozpouštědla, která se používají pro čištění a odmašťování v různých oblastech průmyslu. Jednoduchým principem destilace se znečištěná směs rozpouštědla očistí od pryskyřic, pigmentů, laků, olejů a dalších látek. (web 32)

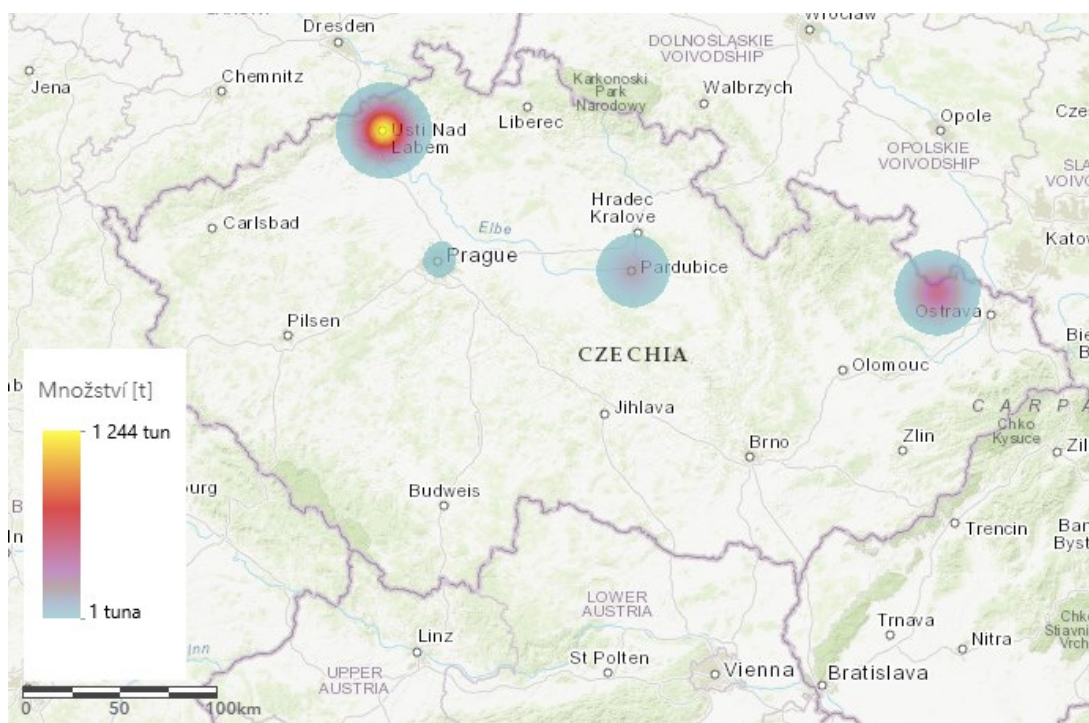
Znečištěné rozpouštědlo se nalije do nerezového kotle, kde se rovnoměrně zahřívá pomocí teplonosného oleje a oddělí se výpary od znečišťujících látek. Tyto výpary se pak kondenzují a vytvářejí čisté rozpouštědlo, které je ihned připraveno k dalšímu použití. Destilace a chlazení jsou řízeny regulačním termostatem a elektrickými spínacími hodinami. Zbytky z destilace se usadí na dně kotle a mohou být snadno odstraněny. Tyto přístroje jsou vyráběné v elektrickém provedení s ověřenou ochranou proti výbuchu, a jsou vhodné pro destilaci zápalných i nezápalných rozpouštědel v mnoha oblastech průmyslu. (web 33) V závislosti na míře znečištění je následně získáno až 97 % rozpouštědla. (web 34)

Nebezpečné odpady obsahující organická rozpouštědla jsou recyklovatelná pomocí využití recyklačních přístrojů, kde je zpětně získáno až 97% rozpouštědla, a za pomoci nanofiltrace, která umožňuje koncentrovat krystalické matečné roztoky a obnovovat rozpouštědlo bez změny fáze.

13 Nebezpečné odpady obsahující halogeny

Celkem 4 121,03 tun nebezpečných odpadů obsahující halogeny bylo vyprodukováno v roce 2019 na území České republiky. Analýzou dat popsanou v kapitole metodika bylo zjištěno, že až 3 088,14 tun odpadu má disponibilní recyklační potenciál. Tato hodnota představuje volný recyklační potenciál 74,93 %. Důležitější informace o určitých typech odpadů, jejich identifikačních kódech, výrobě, skládkování, spalování, možnostech recyklace a dostupných možnostech recyklace jsou popsány v tabulce 10 s názvem nebezpečné odpady obsahující halogeny (viz Tab.8).

Na základě popisu tvorby mapy, jak je vysvětleno v kapitole Metodika, byla vytvořena tepelná mapa znázorňující rozložení nebezpečných odpadů obsahující halogeny na území ČR.



Obrázek 8: Teplotní mapa výskytu nebezpečných odpadů obsahující halogeny (autor práce)

Hlavní lokalitou s nejvyšším množstvím produkce odpadů obsahující halogeny bylo v roce 2021 krajské město Ústí nad Labem, s produkcí 1 244 tun. Podle autora práce by mohla být potencionálním producent tohoto odpadu společnost Spolchemie – Spolek pro chemickou a hutní výrobu, akciová společnost. Druhou lokalitou s největší produkcí odpadů obsahující halogeny bylo město Opava, kde bylo v roce 2021 vyprodukováno 1 064 tun tohoto druhu odpadu. Podle autora práce by potencionálním producentem tohoto odpadu mohla být společnost KSR Industrial, s.r.o.,

kteřá se věnuje výrobě dílů pro automobilový průmysl. Třetí lokalitou s největší produkcí odpadů obsahující halogeny bylo v roce 2021 město Pardubice, kde bylo vyprodukováno 398 tun tohoto odpadu. Autor za potencionálního producenta označil společnost Craftech, s.r.o., která se věnuje výrobě a zpracování betonářské oceli.

13.1 Recyklace halogenů

Halogeny (jako jsou chlor, brom, fluor, jód) jsou chemické prvky, které mají jedinečné vlastnosti, které jim brání být snadno recyklovatelnými. Existují několik důvodů, proč je recyklace halogenů obtížná nebo dokonce nebezpečná:

1. Stabilita: Halogeny jsou obecně velmi stabilní a odolné vůči rozkladu nebo chemickým změnám. To znamená, že se přirozeně neodstraňují z životního prostředí a mohou se hromadit v průběhu času.
2. Toxické vlastnosti: Mnoho halogenů má toxické vlastnosti, které mohou negativně ovlivnit životní prostředí i lidské zdraví. Při nesprávném zpracování nebo recyklaci halogenů mohou být uvolňovány do ovzduší, vody nebo půdy, což představuje značné riziko. (web 35)
3. Interakce s jinými látkami: Halogeny mohou vytvářet komplexní chemické sloučeniny s jinými látkami, což komplikuje jejich oddělení a recyklaci.
4. Nízké koncentrace: V mnoha výrobcích, které obsahují halogeny, jsou tyto prvky obsaženy v malých koncentracích. Tím se snižuje ekonomická efektivnost jejich recyklace, protože náklady na separaci a recyklaci jsou často vyšší než potenciální zisk.

Z důvodů uvedených výše je důležité pečlivě nakládat s výrobky, které obsahují halogeny, a vyhnout se jejich nesprávnému odstraňování nebo nelegálnímu vypouštění do životního prostředí. Správná likvidace těchto látek, jakož i správné recyklování, je klíčová pro ochranu životního prostředí a lidského zdraví. (web 36)

Ačkoliv je recyklace odpadů obsahující halogeny možná, je problematická. Kdykoli to je proveditelné, je nezbytné extrahovat halogeny z emisí vytvářených spalováním (bez energetického využití) odpadu, avšak to vyžaduje velké množství energie. Navíc se problém zhoršuje tím, že mnoho halogenových sloučenin se také využívá ve zpomalovačích hoření, což znamená, že spalovací proces vyžaduje pomoc dalšího plynu nebo oleje. (web 37)

Jinou metodu recyklace halogenů popsali vědci ve studii, kde se zaměřili na výzkum nového způsobu recyklace halogenidových skupin s cílem zefektivnit využití aktivujících skupin při funkcionalizaci aromatických kruhů.

Při tradičních postupech jsou používány aryl halogenidy nebo pseudohalogenidy, které umožňují spolehlivou regiosektivitu, ale způsobují tvorbu odpadu, neboť se aktivující skupina vymění za novou vazbu. V roce 2012 byl vyvinut postup, který umožňuje recyklovat halogenidovou aktivační skupinu, což může výrazně snížit míru odpadu. V rámci postupu je využita Cu-katalyzovaná reakce 1,3halogenové migrace/borylace, která umožňuje použití halogenidové aktivační skupiny pro sekvenční tvorbu dvou nových uhlík–heteroatomových vazeb. V průběhu studie byly provedeny experimenty s různými ligandy pro chlorid měďný za účelem optimalizace podmínek reakce. Výsledkem byl postup, který umožňuje efektivní recyklaci halogenidové aktivační skupiny a vede k tvorbě různých funkcionalizovaných benzyloborátových esterů. Tento postup představuje nový a efektivní způsob funkcionalizace aromatických kruhů.

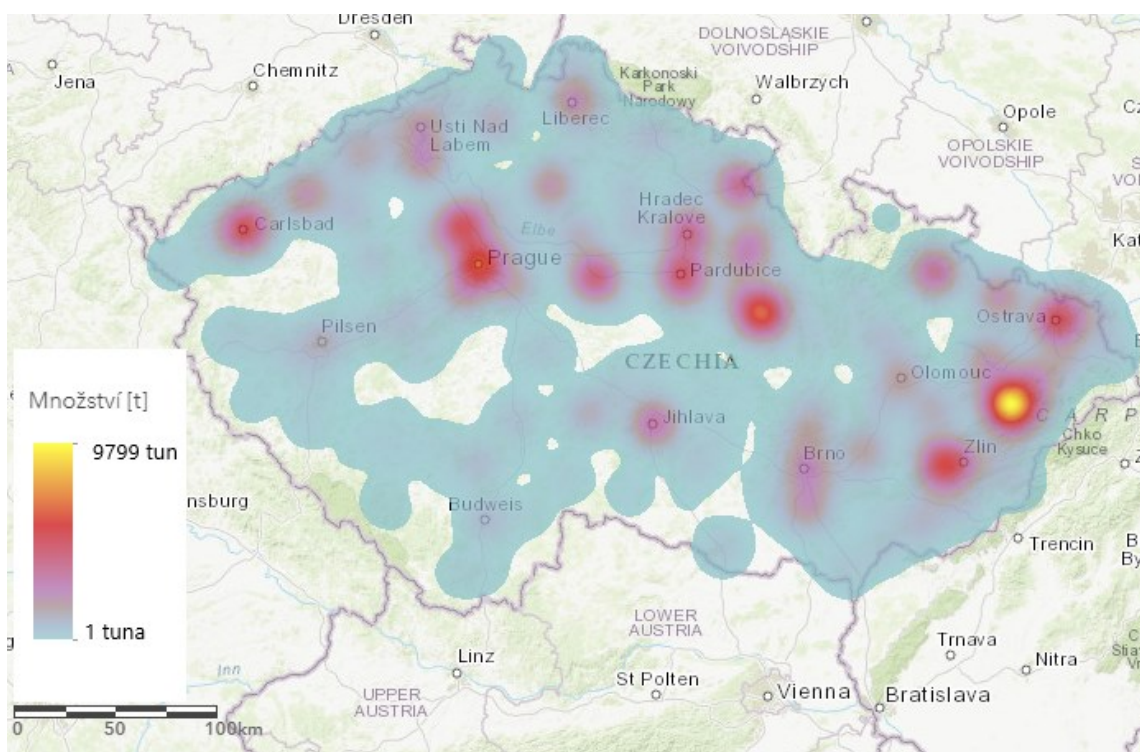
Takovýto postup může najít důležité využití v organické syntéze, kde by mohl nahradit drahé katalyzátory na bázi vzácných kovů a poskytnout nové možnosti vytváření složitých molekul. Studie také popisuje mechanismus 1,3halogenové migrace a diskutuje o možnostech dalšího výzkumu v této oblasti. Celkově jde o inovativní přístup, který má potenciál mít významné aplikace v organické chemii a může přispět k udržitelnější a ekonomičtější syntéze sloučenin s využitím halogenidových aktivačních skupin. (Grigg et al., 2012)

Recyklace odpadů obsahující halogeny je proveditelná. Získávání halogenů tradičním způsobem extrakcí ze spalování odpadu, je potřeba velké množství energie na jejich získání. U mnoha spalovacích procesů je potřeba dalšího plynu nebo oleje. Zlepšit situaci recyklace halogenů by mohl způsob, kdy je využita Cu-katalyzovaná reakce 1,3halogenové migrace/borylace, která umožňuje použití halogenidové aktivační skupiny pro sekvenční tvorbu dvou nových uhlík–heteroatomových vazeb. Tento přispět k udržitelnější a ekonomičtější recyklaci halogenů.

14 Nerecyklovatelné nebezpečné odpady zabezpečené solidifikací

Celkem 162 339,698 tun nerecyklovatelných nebezpečných odpadů zabezpečených solidifikací bylo vyprodukováno v roce 2019 na území České republiky. Analýzou dat popsanou v kapitole metodika bylo zjištěno, že 67 854,27 tun tohoto odpadu má disponibilní recyklační potenciál. Tato hodnota představuje volný recyklační potenciál 41,79 %. Důležitější informace o určitých typech odpadů, jejich identifikačních kódech, výrobě, skládkování, spalování, možnostech recyklace a dostupných možnostech recyklace jsou popsány v tabulce 7 s názvem Nerecyklovatelné nebezpečné odpady, zabezpečené solidifikací (viz Tab.9).

Na základě popisu tvorby mapy, jak je vysvětleno v kapitole Metodika, byla vytvořena tepelná mapa znázorňující rozložení nerecyklovatelných nebezpečných odpadů zabezpečených solidifikací na území ČR.



Obrázek 9: Teplotní mapa produkce nerecyklovatelných nebezpečných odpadů zabezpečených solidifikací na území České republiky (autor práce)

Nebezpečné odpady, které se musí zabezpečit solidifikací, vznikají v mnoha různých odvětvích průmyslu. Autorovi práce se tak nepodařilo přesněji určit potenciaální producenty těchto odpadů. Hlavní lokalitou s nejvyšší produkcí nebezpečné odpadů, které se musí zabezpečit solidifikací, bylo

město Vlašské Meziříčí, kde podniky v roce 2021 vyprodukovali na 9799,656 tun tohoto odpadu. Na druhém místě v produkci nebezpečných odpadů, které se musí zabezpečit solidifikací, se umístilo město Litomyšl, kde bylo v roce 2021 vyprodukováno 6636,674. Třetí lokalitou s největší produkcí těchto odpadů bylo město Karlovy Vary, kde bylo v roce 2021 vyprodukováno na 5412,245 tun nebezpečných odpadů, zabezpečené solidifikací.

Solidifikační technologie slouží k imobilizaci konečných odpadů po tepelné nebo chemické úpravě. Tímto procesem se snižuje objem odpadů a zabezpečuje jejich bezpečné ukládání. V České republice jsou nejčastěji používané technologie cementace, bitumenace a vitrifikace.

Cementace spočívá ve fixaci odpadů do silikátové matrice a je vhodná pro anorganické odpady. Bitumenace fixuje odpady do roztaveného bitumenu a je vhodná pro anorganické i organické odpady. Vitrifikace zahrnuje vytavení odpadu se sklotvornými látkami a vzniklý produkt se dá využít například ve stavebnictví.

Při solidifikačních procesech se používají jak anorganická, tak organická pojiva, nebo jejich kombinace. Anorganická pojiva zahrnují hydraulická pojiva, jako je cement, která tuhnou na vzduchu i pod vodou. Organická pojiva se používají především pro speciální typy odpadů nebo pro solidifikaci odpadů radioaktivních.

Testy a analýzy jsou prováděny na solidifikovaných odpadech, aby se posoudila jejich kvalita a stabilita. Sem patří zkoušky pevnosti, trvanlivosti, propustnosti vody a vyluhovací testy. Důležité je také využití biologických testů pro posouzení potenciální toxicity solidifikačních pojiv a biodegradabilitu zpevněných odpadů.

Solidifikace odpadů má své přednosti, jako zvýšení bezpečnosti a snížení množství odpadů na skládkách. Nicméně, stále existují nevýhody, jako finanční náklady na budování nových skládek, možnost závad těsnících prvků skládky, a možné uvolňování škodlivin do prostředí.

Celkově lze říct, že solidifikační technologie jsou užitečným nástrojem pro řešení problematiky nebezpečných odpadů, ale je nutné pečlivě posuzovat jejich aplikaci pro konkrétní typy odpadů a lokalit. (Listy, 1998)

Solidifikační technologie lze aplikovat na různé druhy průmyslových odpadů, zejména na ty, které obsahují nebezpečné látky nebo jsou kontaminované. Podle Agentury pro ochranu životního prostředí Spojených států lze solidifikaci provést mechanickými procesy nebo chemickou reakcí

mezi odpadem a vazebnými činidly, jako je cement, prach z pecí nebo vápno/letný popílek. Solidifikace zapouzdřuje odpad do pevného materiálu, pokrývá odpad materiály s nízkou propustností, aby omezila migraci kontaminantů nebo obojí. (web 38)

V současné době se většina odpadů, na kterých byla provedena solidifikace nedají recyklovat, a ukládají se proto na skládky. S výjimkou odpadů, které se dají recyklovat pomocí vitrifikace a dají se tak využít ve stavebnictví. U odpadů, na kterých byla použita solidifikace nemusí znamenat, že nikdy recyklovány nebudou. V příštích letech mohou výzkumy přinést nové způsoby a technologie, jak i tento odpad využít pro jeho opětovné zpracování.

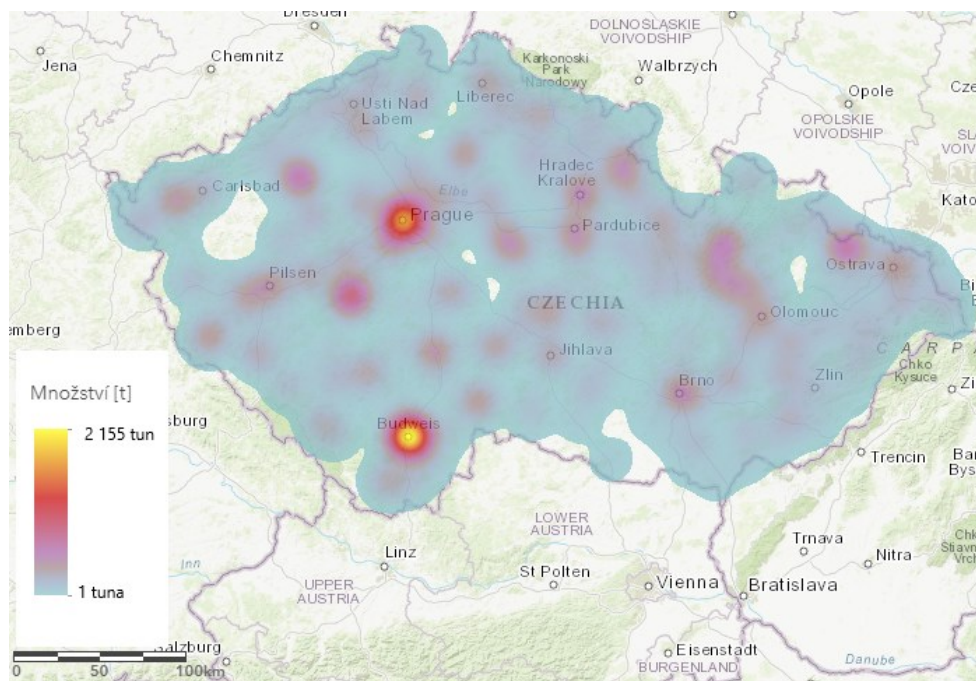
15 Nerecyklovatelné odpady

Ne všechny odpady lze recyklovat. Do této kapitoly zařadil autor práce odpady, u kterých nenalezl možnosti jejich recyklace a také odpady, které se nedají recyklovat z důvodů ohrožení lidského zdraví jako jsou odpady obsahující azbest, odpady ze zdravotnictví a veterinární péče, nepoužitelná léčiva a detergenty. To, že tyto odpady nelze nyní recyklovat nemusí znamenat, že v budoucnu nebudou nalezeny způsoby jejich recyklace a následného využití.

Podrobně popsány konkrétní odpady, jejich kódy, produkce, odstranění skládkováním, odstranění spalováním (bez energetického využití), recyklační potenciál a disponibilní recyklační potenciál jsou popsány v Tabulce 11: Nerecyklovatelné odpady (viz Tab. 10)

Na území České republiky bylo v roce 2019 vyprodukováno 56 420,182 tun nerecyklovatelného odpadu. Disponibilní recyklační potenciál nerecyklovatelných odpadů je 52 203,51 tun. Volný recyklační potenciál činí tedy 92,52 %. Tento odpad ovšem není učen k recyklaci a jen drobné množství z celkové produkce je využito spalováním pro energetické využití.

Na základě popisu tvorby mapy, jak je vysvětleno v kapitole Metodika, byla vytvořena tepelná mapa znázorňující rozložení nerecyklovatelných odpadů na území ČR.



Obrázek 10: Teplotní mapa produkce nerecyklovatelných odpadů (autor práce)

16 Výsledky

Druh odpadu	Produkce/recyklační potenciál (t)	Disponibilní recyklační potenciál (t)	Disponibilní recyklační potenciál (%)
Biologicky rozložitelný odpad	230 010,91 t	38 335,72 t	16,66 %
Textilní odpad	53 638,93 t	15 442,13 t	28,78 %
Odpady z průmyslu uvedené pod odpadovým kódem 20	2 025 594,64 t	1 377 170,64 t	67,98 %
Plastový odpad	489 022,07 t	91 419,62	18,69 %
Kovový odpad	53 206,97 t	13 848,08 t	26,02 %
Stavební a demoliční odpady	4 676 416,65 t	1 886 682,57 t	40,34 %
Nebezpečné odpady obsahující organická rozpouštědla	32 886,15 t	6 882,90 t	20,92 %
Nebezpečné odpady obsahující halogeny	4 121,03 t	3 088,14 t	74,93 %
Celkem:	7 564 897,35 t	3 432 866,8 t	45,37 %

Tabulka 12: Výsledky produkce, recyklačního potenciálu a disponibilního recyklačního potenciálu recyklovatelného průmyslového odpadu v České republice. (autor práce)

Druh odpadu	Produkce /recyklační potenciál (t)	Disponibilní recyklační potenciál (t)	Disponibilní recyklační potenciál (%)
Nerecyklovatelné nebezpečné odpady, zabezpečené solidifikací	162 339,698 t	67 854,27 t	41,79 %
Nerecyklovatelné odpady	56 420,182 t	52 203,51 t	92,52 %
Celkem:	214 675,7 t	120 057,78	55,92 %

Tabulka 13: Výsledky produkce, recyklačního potenciálu a disponibilního recyklačního potenciálu nerecyklovatelného průmyslového odpadu v České republice (autor práce)

17 Diskuze

Produkce průmyslových odpadů v roce 2019 přesáhla 7 564 897,35 tun. Celkový recyklační potenciál pro recyklovatelné odpady činí 3 432 866,8 tun. To znamená že disponibilní potenciál činil 45,37 %. V roce 2019 také bylo vyprodukováno 214 675,7 tun nerecyklovatelného odpadu, s recyklačním potenciálem 120 057,78 a disponibilním potenciálem 55,82 %.

Pokud odpady, vyčleněné podle kapitol v práci, seřadíme od odpadů s největším recyklačním potenciálem od největšího po nejmenší, získáme tyto výsledky:

1. Stavební odpady a demoliční odpady – 1 886 682,57 tun
2. Odpady z průmyslu uvedené pod odpadovým kódem 20 – 1 377 170,64 tun
3. Plastové odpady – 91 419,62 tun
4. Nerecyklovatelné nebezpečné odpady zabezpečené solidifikací – 67 854,27 tun
5. Nerecyklovatelné odpady – 52 203,51 tun
6. Biologicky rozložitelné odpady – 38 335,72 tun
7. Textilní odpady – 15 442,13 tun
8. Kovové odpady – 13 848,08 tun
9. Nebezpečné odpady obsahující organická rozpouštědla – 6 882,90 tun
10. Nebezpečné odpady obsahující halogeny – 3 088,14 tun

To znamená, až 45,37 % z celkové produkce průmyslových odpadů v České republice je odstraňováno spalováním (bez energetického využití) či skládkováním. To je 3 432 866,8 tun odpadů, které by se dalo recyklovat a následně opětovně využít.

Podle Českého statistického úřadu bylo v roce 2019 vyprodukováno 37 031 438 tun celkového odpadu v České republice. Z toho bylo 11,3 % odstraněno skládkováním a spalováním (bez energetického využití). Výsledkem je 4 221 583,93 tun. (web 39)

Tento výsledek nesouhlasí s výsledkem této práce, kde výsledek pouze průmyslových odpadů byl o 788 717,13 tun nižší než u celkové produkce odpadů obsahující jak odpady z průmyslu, tak z domácností.

Roli v různých výsledcích by mohla hrát rozdílnost vstupních dat. Statistický úřad uvádí údaje o odstranění skládkováním a spalováním (bez energetického využití) všech vyprodukovaných odpadů pro rok 2021, kdežto autor práce prezentuje výsledek pouze odpadů pocházejícího

z průmyslu. Dále statistický úřad uvádí ve svém výstupu nejenom procentuální zastoupení odstranění skládkováním a odstranění spalováním (bez energetického využití), ale vystupuje i s procentuálním zastoupením naložení s odpady pomocí zasypávání. Tento údaj nebyl přítomen v datech z pracovní databáze ISOH (PDISOH), se kterými autor práce pracoval. Nakládáním s odpady zasypáváním tvořilo v roce 35,3 % celkového nakládání s odpady z roku 2019. To je až 13 072 097,61 tun odpadu.

Teoreticky by určitý podíl těchto odpadů mohl pocházet z průmyslu, a mohl být statistickým úřadem klasifikován v sekci zasypávání, a ve vstupních datech této práce nebyl klasifikován vůbec.

Podle rigorózní práce paní PhDr. Markéty Teodoridu z roku 2006, Problematika průmyslových odpadů v České republice, bylo v České republice v roce 2004 vyprodukováno celkové množství produkce odpadů 26 583 877 tun. Pokud to porovnáme s výsledky Českého statistického úřadu pro rok 2019, zjistíme, že během 15 let se produkce odpadů na území České republiky zvýšila o 28,22 %, tedy o 10 447 561 tun. (Teodoridu, 2006)

Dále v práci uvádí, že celková produkce nebezpečných odpadů pro rok 2004 činila 1 424 022 tun. Autor práce rozdělil nebezpečné odpady do kapitol do 4 kapitol. Dvě kapitoly nebezpečných odpadů, které se recyklovat dají „Nebezpečné odpady obsahující organická rozpouštědla“ a „Nebezpečné odpady obsahující halogeny“. A do dvou kapitol „Nerecyklovatelné nebezpečné odpady, zabezpečené solidifikací“ a „Nerecyklovatelné odpady“.

Po sečtení výsledků produkce odpadů těchto 4 kapitol získáme výsledek 255 767,06 tun. Tento výsledek je výrazně nižší. Rozdílné výsledky prací by mohly být za přičiněné rozdílnými vstupními daty, se kterými autoři prací pracovali. Dále by rozdíl výsledku mohla ovlivnit metodika, kterou zvolil autor práce, kde zpracovával průmyslové odpady, jejichž disponibilní recyklační potenciál přesahoval 100 tun za rok. Tento faktor mohl ovlivnit obsah vstupních dat, se kterými autor práce pracoval.

I přesto, že se výsledky práce rozcházejí s výsledky českého statistického úřadu a s výsledky rigorózní práce „Problematika průmyslových odpadů v České republice“, popisuje práce možnosti recyklace skupin průmyslových odpadů pro jejich další využití a zároveň demonstruje jejich výskyt za pomoci teplotních map České republiky.

Práce by mohla být přínosem pro firmy, zabývající se recyklací průmyslových odpadů, které by mohly využít informace o jejich množství a výskytu. Navýšenou recyklací průmyslových odpadů bychom mohli předejít vyčerpání přírodních zdrojů.

Recyklováním průmyslového odpadu, který by nebyl odstraněn spalováním, bychom snížili emise vytváření skleníkových plynů. Využitím odpadů, které jsou odstraňovány skládkováním, bychom mohli předejít lokálnímu znečištění, kdyby se z uskladněných odpadů nebezpečných odpadů uvolnily nebezpečné látky, které by mohly kontaminovat okolí.

Závěr

Tato práce se snažila zjistit množství a typ vznikajícího průmyslového odpadu, potenciál jeho recyklace a jeho další využití.

Podařilo se zjistit celkovou produkci průmyslových odpadů, jejich recyklační potenciál, který určuje množství nevyužitého odpadu a volný recyklační potenciál, který určuje kolik procent z celkové produkce by bylo schopno opětovně využít.

U většiny odpadů se podařilo zjistit metody jejich recyklace, některé jsou ale stále nerecyklovatelné. Bylo zjištěno, že až 45,37 % průmyslových odpadů by mohlo být recyklováno a nemuselo být odstraněno. Tento výsledek se rozchází s výsledkem Českého statistického úřadu, vzhledem k rozdílnosti vstupních dat. Podařilo se identifikovat lokality výskytu průmyslových odpadů, které byly znázorněny v teplotních mapách.

Podařilo se i zjistit lokality výskytu vytvořených odpadů, tyto lokality byly v práci prezentovány ve formě teplotních map. Ve zjištěných lokalitách se podařilo autorovi práce určit potenciální původce odpadů u 7 skupin odpadů vymezených autorem. U 3 skupin se autorovi nepodařilo identifikovat možné původce odpadů.

Seznam zdrojů

Seznam literatury

Tinbergen, Jan. "Demographic Development and the Exhaustion of Natural Resources." *Population and Development Review*, vol. 1, no. 1, 1975, pp. 23–32. JSTOR, dostupné z: <https://doi.org/10.2307/1972269>. [online 13.11.2023]

MIKOLÁŠ, Jan. *Recyklace průmyslových odpadů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1988. Ochrana životního prostředí.

European Environmental Agency. (2011). Report No 8/2011. Odpadové fórum. (2014). Č. 4, str. 1-2.

KURAŠ, Mečislav. *Odpady a jejich zpracování*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, str. 49-50, 58, 70–71, 2014. ISBN 978-80-86832-80-7.

TESAŘOVÁ, Marta. *Biologické zpracování odpadů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. ISBN 978-80-7375-420-4.

Hanč, A. (2013). *Vermikompostování bioodpadů*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. [online 17. 11. 2023]. Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/novinky/metodika2013pliva.pdf>.

Wanner, F. (2019). Nakládání s čistírenskými kaly v České republice. *SOVAK. Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, zs (SOVAK ČR)*, 5, str. 9., [online 9.12.2023], Dostupné z: <https://www.sovak.cz/sites/default/files/2019-11/SOVAK%20ČR%20Studie%20nakládání%20s%20čistírenskými%20kaly%20v%20ČR%20FINAL.pdf>

Sirový, P. M. (2011), *Sušení čistírenských kalů – teorie a praxe*, Brno, str. 27, [online 9.12.2023] Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/7546/final-thesis.pdf?sequence=6>

Catarina Costa, André Viana, Carla Silva, Eduardo F. Marques, Nuno G. Azoia, *Recycling of textile wastes, by acid hydrolysis, into new cellulosic raw materials*, *Waste Management*, Volume 153, 2022, Pages 99-109, ISSN 0956053X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X22004251>

PALM, David, Maria ELANDER, David WATSON, et al. *Towards a Nordic textile strategy: Collection, sorting, reuse and recycling of textiles* [online]. Copenhagen, 2014. ISBN 978-92-893-2795-4. Dostupné z: <http://norden.divaportal.org/smash/get/diva2:720964/FULLTEXT01.pdf>

Tchobanoglous, G. a Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*, 2. vydání, kap. 8.1. McGraw Hill.

D.S. Achilias, C. Roupakias, P. Megalokonomos, A.A. Lappas, E.V. Antonakou, (2007) Chemical recycling of plastic wastes made from polyethylene (LDPE and HDPE) and polypropylene (PP), *Journal of Hazardous Materials*, Volume 149, Issue 3, str. 536-542, ISSN 0304-3894, dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389407009478>

Goodship, V. (2007). *Plastic Recycling. Science Progress*, 90 (4), 245-268. doi:10.3184/003685007X228748

Charlotte Abdy, Yuqing Zhang, Jiawei Wang, Yang Yang, Ignacio Artamendi, Bob Allen, (2022), *Pyrolysis of polyolefin plastic waste and potential applications in asphalt road construction: A technical review, Resources, Conservation and Recycling*, Volume 180, 106213, ISSN 0921-3449, dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344922000611>

Kateřina, Šádková. (2020), "Strusky a popílkky jako alternativní hydraulická pojiva pro užití v dopravním stavitelství." Bachelor's thesis, České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/88916/F1-BP-2020-Vokalova-Katerina-BP%20Sadkova.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

Rajaei, H., Griso, M., Menapace, C., Dorigato, A., Perricone, G., & Gialanella, S. (2020). Investigation on the recyclability potential of vehicular brake pads. *Results in Materials*, 8, 100161. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590048X20301035>

KRENÍKOVÁ, Věra. (2014), *Odpady a druhotné suroviny II*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí. ISBN 978-80-7414-871-2.

Grigg, R. D., Van Hoveln, R., & Schomaker, J. M. (2012). *Copper-Catalyzed Recycling of Halogen Activating Groups via 1,3 – Halogen Migration. Journal of the American Chemical Society*, 134(39), 16131-16134. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/ja306446m>

Listy, Chem. (1998), *CHEMICKÁ STABILIZACE NEBEZPEČNÝCH SLOŽEK V PRŮMYSLÝCH ODPADĚCH*. Chem. Listy, 92, str.789-793.

Theodoridu, Markéta, (2006), *Problematika průmyslových odpadů v České republice*, str. 14-16,
Dostupné z:

https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/5175/RPTX_2013_2_11410_OSZD002_430654_0_149260.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Webové zdroje

Web1: Circular economy: definition, importance and benefits. [online: 30.7.2023] Dostupné z:
[https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-](https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits?&at_campaign=20234-)

[economy-definition-importance-and-benefits?&at_campaign=20234-Economy&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=RSA&at_goal=TR_G&at_audience=circular%20economy%20action%20plan&at_topic=Circular_Economy&at_location=CZ&gclid=Cj0KCQjwz8emBhDrARIsANNJjS5moW0WkolK5LrFljwwQ-86MyaEd736longKo25bOIdZbc7kmkA3icaAqYrEALw_wcB](https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits?&at_campaign=20234-Economy&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=RSA&at_goal=TR_G&at_audience=circular%20economy%20action%20plan&at_topic=Circular_Economy&at_location=CZ&gclid=Cj0KCQjwz8emBhDrARIsANNJjS5moW0WkolK5LrFljwwQ-86MyaEd736longKo25bOIdZbc7kmkA3icaAqYrEALw_wcB)

Web 2: European Council. (n.d.). Critical Raw Materials. [online: 30.7.2023] Dostupné z:
<https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/critical-raw-materials/>

Web 3: European Commission. (n.d.). Critical Raw Materials. [online: 30.7.2023] Dostupné z:
https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en

Web 4: Zákony pro lidi (2020). [online: 5.8.2023] Dostupné z:
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>

Web 5: Zákony pro lidi (2020). [online: 6.8.2023] Dostupné z:
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541#cast5>

Web 6: ESIPA. (n.d.). [SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2018/851]. [online: 4.8.2023] Dostupné z:
https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32018L0851#ntr1-L_2018150CS.01013902-E0001

Web 7: Katalog odpadů. [online: 6.8.2023] Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/katalog_odpadu

Web 8: Ministerstvo životního prostředí, Komunální odpady, [online: 2.12.2023] Dostupné z https://www.mzp.cz/cz/komunalni_odpady#:~:text=Komun%C3%A1ln%C3%AD%20odpad%20nezahrnuje%20odpad%20z,obc%C3%AD%20k%20tomuto%20%C3%BA%C4%8Delu%20ur%C4%8Den%C3%A9mu.

Web 9: Třídění odpadu.cz. Komunální odpad, [online: 27.11.2023] Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/komunalni-odpad>

Web 10: Swachhcoin. (n.d.). How to Manage Industrial Waste. [online: 2.8.2023] Dostupné z: <https://medium.com/@swachhcoin/how-to-manage-industrial-waste-dace91c26a16>

Web 11: ERA Environmental. (n.d.). Industrial Waste Management & Pollution Prevention. [online: 3.8.2023], Dostupné z: <https://www.era-environmental.com/blog/industrial-waste-management-pollution-prevention>

Web 12: Biom.cz, Možnosti zpracování obtížně využitelných organických odpadů procesem anaerobní digesce, [online: 27.11.2023], Dostupné z: [https://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-zpracovani-obtizne-vyuzitelnych-organickych-odpadu-procesem-anaerobni-digesce#:~:text=Anaerobn%C3%AD%20digesce%20\(nebo%20t%C3%A9%20anaerobn%C3%AD,\)%20a%20digest%C3%A1tu%20%5B2%5D.](https://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-zpracovani-obtizne-vyuzitelnych-organickych-odpadu-procesem-anaerobni-digesce#:~:text=Anaerobn%C3%AD%20digesce%20(nebo%20t%C3%A9%20anaerobn%C3%AD,)%20a%20digest%C3%A1tu%20%5B2%5D.)

Web 13: Biom.cz, Kompostování odpadů, [online: 27.11.2023], Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-odpadu>

Web 14: Biom.cz, Možnosti zpracování obtížně využitelných organických odpadů procesem anaerobní digesce, [online: 28.11.2023], Dostupné z: [https://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-zpracovani-obtizne-vyuzitelnych-organickych-odpadu-procesem-anaerobni-digesce#:~:text=Anaerobn%C3%AD%20digesce%20\(nebo%20t%C3%A9%20anaerobn%C3%AD,\)%20a%20digest%C3%A1tu%20%5B2%5D](https://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-zpracovani-obtizne-vyuzitelnych-organickych-odpadu-procesem-anaerobni-digesce#:~:text=Anaerobn%C3%AD%20digesce%20(nebo%20t%C3%A9%20anaerobn%C3%AD,)%20a%20digest%C3%A1tu%20%5B2%5D)

Web 15: Odpady-online.cz, Odpady z textilního průmyslu, [online: 24.11.2023], Dostupné z: <https://odpady-online.cz/odpady-z-textilniho-prumyslu/>

Web 16: Odpadový hospodář (n.d.). Složení polymerních odpadů [online: 26.11.2023], Dostupné z: <http://odpadovy-hospodar.cz/odpady-z-chemickeho-prumyslu/slozeni-polymernich-odpadu>

Web 17: CPGA, Co je zplyňování a pyrolýza, [online 27.11.2023], Dostupné z: <http://www.cpga.cz/#cojezplynovani>

Web 18: Abrasiv brusivo a technika, Výzkumné a vývojové pracoviště recyklace brusiva – Evropský projekt, [online: 30.11.2023], Dostupné z: <https://www.abrasiv.cz/projekt-recyklace-brusiva>

Web 19: PlanRadar, 10 nejvýznamnějších stavebních společností v České republice, [online 18.11.2023], Dostupné z: <https://www.planradar.com/cs/nejvyznamnejsich-stavebnich-spolecnosti/>

Web 20: Recyklace stavebních a demoličních odpadů – možnosti a povinnosti dle nové legislativy. [online: 6.8.2023] Dostupné z: <https://www.inisoft.cz/poradenstvi-a-skoleni/odborne-clanky/casopis-odpady/stavebni-a-demolicni-odpady#:~:text=Nov%C3%BD%20z%C3%A1kon%20%C4%8D.,273%2F2021%20Sb>

Web 21: Třídění odpadu, Jak se recyklují stavební a demoliční odpady (SDO). [online: 5.8.2023], Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/jak-se-recykluje-stavebni-odpad>

Web 22: Sdružení EPS ČR, Recyklace. [online: 7.11.2023] Dostupné z: <https://www.recyklujemepolystyren.cz/>

Web 23: Průmyslová ekologie, Recyklovat sádrokarton se vyplatí, [online: 9.12.2023], Dostupné z: <https://www.prumyslovaekologie.cz/info/recyklovat-sadrokarton-se-vyplati>

Web 24: Marius Pedersen, Dřevěný odpad – recyklace, [online: 9.12.2023], Dostupné z: <https://www.mariuspedersen.cz/cs/o-marius-pedersen/sluzby/17.shtml>

Web 25: Tencom, Recycling Fiberglass: What Are the Options for This Versatile Product?, [online 10.12.2023], Dostupné z: <https://www.tencom.com/blog/recycling-fiberglass-what-are-the-options-for-this-versatile-product>

Web 26: Ekolist.cz. Miroslav Škopán: Recyklace stavebních a demoličních odpadů ve světle nových právních předpisů. [online: 8.8.2023] Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/miroslav-skopan-recyklace-stavebnich-a-demolicnich-odpadu-ve-svetle-novych-pravnich-predpisu>

Web 27: US EPA, Hazardous Waste Recycling, [online: 28.7.2023]. Dostupné z <https://www.epa.gov/hw/hazardous-waste-recycling#:~:text=EPA%20developed%20the%20hazardous%20waste,used%2C%20reuse%2C%20or%20reclaimed.>

Web 28: Odpadový hospodář. (n.d.). Regenerace odpadu. [online 29.7.2023] Dostupné z <http://odpadovy-hospodar.cz/recyklace/regenerace-odpadu>

Web 29: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. (n.d.). Způsoby využívání a odstraňování odpadů. [online: 30.7.2023] Dostupné z: <https://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/odpady3.htm>

Web 30: Vyhláška č. 355/2002 Sb. [online: 19.7.2023] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-355#:~:text=Vyhl%C3%A1%5%A1ka%20%C4%8D.,ze%20skladov%C3%A1n%C3%AD%20a%20distribuce%20benzinu>

Web 31: BORSIG. Membrane Technology for Liquid Separation – Organic Solvent Nanofiltration. [online 19.7.2023], Dostupné z: <https://www.borsig.de/en/products-and-services/membrane-technology-for-liquid-separation/organic-solvent-nanofiltration/>

Web 32: mmspektrum.com. Organická rozpouštědla a možnosti jejich zpracování. [online: 19.7.2023] Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/organicka-rozpoustedla-a-moznosti-jejich-zpracovani>

Web 33: Přístroj pro recyklaci rozpouštědel DI 30 (RS 250). Gamin s.r.o. [online: 19.7.2023]. Dostupné z: <https://www.recyklace-redidel.cz/rs-250/>

Web 34: Technický list, DI 15 (RS 120) Přístroj pro recyklaci rozpouštědel. Gamin s.r.o. [online: 20.7.2023] dostupné z: https://www.recyklace-redidel.cz/fileadmin/user_upload/Pristroj_pro_recyklaci_rozpoustedel_DI_15.pdf

Web 35: Chemistry LibreTexts, Group 17: General Properties of Halogens, [online 31.7.2023], Dostupné z [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Inorganic_Chemistry/Supplemental_Modules_and_Websites_\(Inorganic_Chemistry\)/Descriptive_Chemistry/Elements_Organized_by_Block/2_p-](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Inorganic_Chemistry/Supplemental_Modules_and_Websites_(Inorganic_Chemistry)/Descriptive_Chemistry/Elements_Organized_by_Block/2_p-)

Block_Elements/Group_17%3A_The_Halogens/0Group_17%3A_Physical_Properties_of_the_Halogens/Group_17%3A_General_Properties_of_Halogens

Web 36: Chemistry LibreTexts, General Reactions – Interhalogens. [online: 1.8.2023], Dostupné z:

https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Inorganic_Chemistry/Supplemental_Modules_and_Websites_%28Inorganic_Chemistry%29/Descriptive_Chemistry/Elements_Organized_by_Block/2_p-Block_Elements/Group_17%3A_The_Halogens/1Group_17%3A_General_Reactions/Interhalogens

Web 37: chemeuropa.com. (2022). *Sustainable Recycling Using Electrochemistry: Carl Zeiss Foundation Supports New Research Project*. [online 2.8.2023], Dostupné z:

<https://www.chemeuropa.com/en/news/1178345/sustainable-recycling-using-electrochemistry-carl-zeiss-foundation-supports-new-research-project.htm>

Web 38: US EPA. *Remediation Technology Descriptions for Cleaning Up Contaminated Sites*. [online: 3.8.2023] Dostupné z: <https://www.epa.gov/remedytech/remediation-technology-descriptions-cleaning-contaminated-sites>

Web 39: czso.cz. (2020) Graf 5 Nakládání s odpady v roce 2019. [online: 14.8.2023], Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/123243248/28002020g5.pdf/2477b37b-47de-4a0b-b5e6-0b879f9afa0c?version=1.3>

18 Přílohy

Tab 1.: Biologicky rozložitelné odpady

Katalogové číslo odpadu	Název odpadu	Produkce (t)	Odstranění skládkováním (v %)	Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v %)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (t)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (v %)
02 03 04	Materiály nevhodné pro konzumaci nebo zpracování	56 769,46 t	7,89 %	0,16 %	4 576,88 t	8,06 %
02 05 01	Materiály nevhodné pro konzumaci nebo zpracování	3 336,56 t	19,66 %	0,49 %	672,48 t	20,15 %
03 01 05	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy, neuvedené pod číslem 03 01 04	51 321,84 t	5,91 %	0,23 %	3 156,36 t	6,15 %
03 03 02	Kaly zeleného louhu (ze zpracování černého louhu)	5 034,41 t	52,54 %	0,004 %	2 645,34 t	52,54 %
03 03 07	Mechanicky oddělený výmět z rozvlákňování odpadního papíru a lepenky	14 778,94 t	28,30 %	0 %	4 183,11 t	28,30 %
03 01 99	Odpady jinak blíže neurčené	109,79 t	96,16 %	0 %	105,58 t	96,16 %
07 02 12	Jiné kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod číslem 07 02 11	211,22 t	98,14 %	0 %	207,30 t	98,14 %
07 06 99	Odpady jinak blíže neurčené	398,73 t	20,79 %	68,28 %	355,17 t	89,07 %
16 03 06	Organické odpady neuvedené pod číslem 16 03 05	4 027,89 t	48,36 %	1,71 %	2 017,14 t	50,07 %
19 08 01	Shrabky z česlí	22 118,80 t	76,13 %	0,16 %	16 876,64 t	76,30 %
19 08 14	Kaly z jiných způsobů čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 13	33 809,02 t	4,25 %	0 %	1 438,825 t	4,25 %
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven	38 094,25 t	4,81 %	0,69 %	2 100,90 t	5,51 %

Tabulka 1: Biologicky rozložitelné odpady (autor práce)

Tab. 2: Textilní odpady

Katalogové číslo odpadu	Název odpadu	Produkce (t)	Odstranění skládkováním (v %)	Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v %)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (t)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (v %)
04 02 15	Jiné odpady z apretace neuvedené pod číslem 04 02 14	911,43 t	97,21 %	0 %	886,05	97,21 %
04 02 22	Odpady ze zpracovaných textilních vláken	31 967,22 t	33,50 %	0,07 %	10 737,48 t	33,59 %
19 12 08	Textil	7 855,62 t	12,58 %	0 %	988,31 t	12,58 %
20 01 11	Textilní materiály	12 904,66 t	21,77 %	0,15 %	2 830,28 t	21,93 %

Tabulka 2: Textilní odpady (autor práce)

Tab. 3: Odpady z průmyslu uvedené pod odpadovým kódem 20

Katalogové číslo odpadu	Název odpadu	Produkce (t)	Odstranění skládkováním (v %)	Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v %)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (t)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (v %)
20 01 39	Plasty	72 893,99 t	4,08 %	0,01 %	4 997,03 t	4,10 %
20 02 02	Zemina a kameny	96 760,8 t	2,64 %	0 %	2 556,59 t	2,64 %
20 03 01	Směsný komunální odpad	1 080 933,52 t	75,71 %	0,004 %	818 482, 86 t	75,72 %
20 03 02	Odpad z tržišť	6 797,70 t	66,62 %	0 %	4 528,77 t	66,62 %
20 03 03	Uliční smetky	95 256,32 t	31,95 %	0 %	30 441,04 t	31,95 %
20 03 07	Objemný odpad	668 868,20 t	76,87 %	0,002 %	514 224,42 t	76,87 %

Tabulka 3: Odpady z průmyslu uvedené pod odpadovým kódem 20 (autor práce)

Tab. 4: Plastové odpady

Katalogové číslo odpadu	Název odpadu	Produkce (t)	Odstranění skládkováním (v %)	Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v %)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (t)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (v %)
04 02 09	Odpady z kompozitních tkanin (impregnované tkaniny, elastomer, plastomer)	44 723,60 t	43,68 %	0,006 %	19 538,29 t	43,68 %
07 02 13	Plastový odpad	92 925,48 t	29,99 %	0,03 %	27 909,56 t	30,03 %
12 01 05	Plastové hobliny a třísky	17 848,79 t	45,37 %	0,22 %	8 138,40 t	45,59 %
15 01 02	Plastové obaly	185 258,19 t	7,80 %	0,16 %	14 776,03 t	7,97 %
16 01 19	Plasty	11 028,67 t	44,27 %	0,01 %	4 884,90 t	44,29 %
17 02 03	Plasty	11 681,14 t	60,34 %	0,14 %	7 066,22 t	60,49 %
19 12 04	Plasty a kaučuk	135 447,20 t	6,72 %	0,0002 %	9 106,22 t	6,72 %

Taulka 4: Plastové odpady (autor práce)

Tab. 5: Kovové odpady

Katalogové číslo odpadu	Název odpadu	Produkce (t)	Odstranění skládkováním (v %)	Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v %)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (t)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (v %)
10 09 03	Pecní struska	27 634,34 t	9,10 %	0 %	2 514,793	9,10 %
10 09 12	Jiný úlet neuvedený pod číslem 10 09 11	2 950,63 t	73,69 %	0 %	2 174,51 t	73,69 %
12 01 21	Upotřebené brusné nástroje a brusné materiály neuvedené pod číslem 12 01 20	4 568,73 t	76,69 %	0,08 %	3 508,04 t	766,78 %
12 01 99	Odpady jinak blíže neurčené	1 768,46 t	37,26 %	11,50 %	862,48 t	48,77 %
12 01 13	Odpady ze svařování	1 110,79 t	52,77 %	1,09 %	598,40 t	53,87 %
15 01 04	Kovové obaly	9 599,60 t	10,04 %	2,34 %	1 188,75 t	12,38 %
16 01 12	Brzdové destičky neuvedené pod číslem 16 01 11	345,043 t	72,58 %	0,02 %	250,53 t	72,60 %
16 01 22	Součástky jinak blíže neurčené	5 229,44 t	52,57 %	0,02 %	2 750,58 t	52,59 %

Tabulka 5: Kovové odpady (autor práce)

Tab. 6: Stavební odpady a demoliční odpady

Katalogové číslo odpadu	Název odpadu	Produkce (t)	Odstranění skládkováním (v %)	Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v %)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (t)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (v %)
01 04 10	Nerudný prach neuvedený pod číslem 01 04 07	5 367,36 t	21,91 %	0,06 %	1 179,47 t	21,97 %
10 12 03	Úlet a prach	136,10 t	100 %	0 %	136,61 t	100 %
Odpadní materiály na bázi						
10 11 03	skelných vláken	27 254,36 t	39,27 %	0,02 %	10 709,87 t	39,29 %
Směsné stavební a demoliční odpady						
17 09 04	neuvedené pod čísly 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03	721 205,52 t	23,71 %	0,0003 %	171 029, 71 t	23,71 %
Izolační materiály						
17 06 04	neuvedené pod čísly 17 06 01 a 17 06 03	41 424,91 t	87,99 %	0,02 %	36 462,34 t	88,02 %
Směsi nebo oddělené frakce betonu, cihel, tašek a keramických výrobků						
17 01 07	neuvedené pod číslem 17 01 06	2 201 959,53 t	1,33 %	0 %	29 397,44 t	1,33 %
Asfaltové směsi						
17 03 02	neuvedené pod číslem 17 03 01	809 571,99 t	1,98 %	0,0002 %	16 110,32 t	1,98 %
17 01 02	Cihly	794 686,46 t	1,31 %	0 %	10 460,85 t	1,31 %
17 02 01	Dřevo	51 489,72 t	16,61 %	0,06 %	8 531,99 t	16,57 %
Stavební materiály na bázi						
17 08 02	sádry neuvedené pod číslem 17 08 01	11 364,90 t	40,80 %	0 %	4 637,92 t	40,90 %
17 02 02	Sklo	10 969,30	22,55 %	0,0004 %	2 474,64 t	22,55 %
Jiné izolační materiály, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky						
17 06 03		986,50 t	19,35 %	44,47 %	629,73 t	63,83 %

Tabulka 6: Stavební odpady a demoliční odpady (autor práce)

Tab. 7: Nebezpečné odpady obsahující organická rozpouštědla

Katalogové číslo odpadu	Název odpadu	Produkce (t)	Odstranění skládkováním (v %)	Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v %)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (t)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (v %)
07 05 04	Jiná organická rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy	1 609,40 t	0 %	27,23 %	438,31	27,23 %
08 01 11	Odpadní barvy a laky obsahující organická rozpouštědla nebo jiné nebezpečné látky	10 994,78 t	0,93 %	13,54 %	1 592,07	14,48 %
08 01 13	Kaly z barev nebo z laku obsahující organická rozpouštědla nebo jiné nebezpečné látky	5 677,38 t	0 %	17,32 %	983,35 t	17,32 %
08 01 14	Jiné kaly z barev nebo z laků neuvedené pod číslem 08 01 13	630,758 t	82,04 %	0,05 %	517,856 t	82,10 %
08 01 15	- Vodné kaly obsahující barvy nebo laky s obsahem organických rozpouštědel nebo jiných nebezpečných látek	8 878,48 t	0,13 %	10,73 %	964,99 t	10,86 %
08 04 09	Odpadní lepidla a těsnicí materiály obsahující organická rozpouštědla nebo jiné nebezpečné látky	3 632,06 t	1,30 %	30,16 %	1 142,84 t	31,46 %
08 04 10	Jiná odpadní lepidla a těsnicí materiály neuvedené pod číslem 08 04 09 (Odpadní lepidla a těsnicí materiály obsahující organická rozpouštědla nebo jiné nebezpečné látky)	1 463,30 t	84,03 %	0,94 %	1 243,49 t	84,97 %

Tabulka 7: Nebezpečné odpady obsahující organická rozpouštědla (autor práce)

Tab. 8: Nebezpečné odpady obsahující halogeny

Katalogové číslo odpadu	Název odpadu	Produkce (t)	Odstranění skládkováním (v %)	Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v %)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (t)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (v %)
07 01 03	Organická halogenovaná rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy	1 041,55 t	0 %	100 %	1 041,55 t	100 %
07 01 07	Halogenované destilační a reakční zbytky	625,147 t	0 %	100 %	625,147 t	100 %
07 03 09	Halogenované filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla	297,51 t	0 %	49,52 %	147,338 t	49,52 %
07 05 03	Organická halogenovaná rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy	1 135,44 t	0 %	23,78 %	270,115 t	23,78 %
07 07 07	Halogenované destilační a reakční zbytky	1 021,36 t	0 %	98,30 %	1 004,01 t	98,30 %

Tabulka 8: Nebezpečné odpady obsahující halogeny (autor práce)

Tab. 9: Nebezpečné odpady zabezpečené solidifikací

Katalogové číslo odpadu	Název odpadu	Produkce (t)	Odstranění skládkováním (v %)	Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v %)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (t)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (v %)
06 11 99	Odpady jinak blíže neurčené	766,66 t	100 %	0 %	766,66 t	100 %
06 03 14	Pevné soli a roztoky neuvedené pod čísly 06 03 11 a 06 03 13	3 845,41 t	99,37 %	0,09 %	3 824,91 t	99,46 %
07 01 08	Jiné destilační a reakční zbytky	12 488,27 t	0 %	85,71 %	10 703,71 t	85,71 %
07 02 04	Odpady z výroby pigmentů a barev	331,02 t	0 %	76,41 %	252,95 t	76,41 %
07 02 14	Odpady přísad obsahující nebezpečné látky	4 907,65 t	0 %	3,16 %	155,31 t	3,16 %
07 02 15	Odpady přísad neuvedené pod číslem 07 02 14	861,44 t	26,26 %	0 %	226,28 t	26,26 %
07 02 17	Odpady obsahující silikony neuvedené pod číslem 07 02 16	653,01 t	43,10 %	0 %	281,49 t	43,10 %
07 02 99	Odpady jinak nespecifikované	17 607,58	48,49 %	0,28 %	8 589,80 t	48,78 %

07 05 04	Organická rozpouštědla, mycí kapaliny a matky lihoviny jiné než ty uvedené v 07 05 03	1 609,40 t	0 %	27,23 %	438,319 t	27,23 %
07 05 10	Jiné filtrační koláče a upotřebená absorpční činidla	460,76 t	0 %	64,40 %	296,76 t	64,40 %
07 07 04	Jiná organická rozpouštědla, mycí kapaliny a matky lihoviny	718,76 t	0 %	69,61 %	500,40 t	69,61 %
07 07 08	Jiné destilační a reakční zbytky	744,40 t	0,83 %	85,25 %	640,84 t	86,08 %
08 01 12	Odpadní barvy a laky jiné než ty uvedené v 08 01 11	450,55 t	77,44 %	1,63 %	356,29 t	79,07 %
08 01 17	Odpady z odstraňování barvy nebo laku jiné než ty uvedené v 08 01 16	2 964,14 t	0,31 %	14,38 %	435,68 t	14,69 %
08 02 01	Odpadní práškové nátěrové barvy	4 374,96 t	85,52 %	1,73 %	3 817,19 t	87,25 %
08 03 18	Odpadní tiskařský toner neuvedený pod číslem 08 03 17	1 070,21 t	94,71 %	0,68 %	1 021,02 t	95,40 %
08 04 10	Jiná odpadní lepidla a těsnicí materiály neuvedené pod číslem 08 04 09	1 463,30 t	84,03 %	0,94 %	1 243,49 t	84,97 %
08 04 99	Odpady jinak blíže neurčené	254,60 t	0 %	100 %	254,60 t	100 %
10 01 26	Odpady z čištění chladicí vody	1 279,25	99,67 %	0 %	1 275,13 t	99,67 %
14 06 03	Jiná rozpouštědla a směsi rozpouštědel	3 958,10 t	0 %	35,81 %	1 417,56 t	35,81 %
15 01 10	Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek nebo obaly těmito látkami znečištěné	24 490,04 t	6,20 %	34,76 %	10 035,08 t	40,97 %
15 02 02	Absorpční činidla, filtrační materiály (včetně olejových filtrů jinak blíže neurčených), čisticí tkaniny a ochranné oděvy znečištěné nebezpečnými látkami	31 624,30 t	3,34 %	28,98 %	10 220,97 t	32,32 %
16 01 07	Olejové filtry	2 213,56 t	0,72 %	37,71 %	850,98 t	38,44 %
16 01 14	Nemrznoucí kapaliny obsahující nebezpečné látky	1 318,23 t	0 %	22,52 %	296,93 t	22,52 %
16 01 21	Nebezpečné součástky neuvedené pod čísly 16 01 07 až 16 01 11 a 16 01 13 a 16 01 14	1 053,73 t	16,96 %	25,30 %	445,36 t	42,26 %
16 03 04	Anorganické odpady neuvedené pod číslem 16 03 03	1 395,36 t	72,88 %	2,76 %	1 055,66 t	75,65 %
16 03 05	Organické odpady obsahující nebezpečné látky	1 979,30 t	0,78 %	16,28 %	338,00 t	17,07 %
16 05 06	Laboratorní chemikálie a jejich směsi, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky	289,65 t	0,27 %	46,87 %	136,56 t	47,14 %

16 05 07	Vyřazené anorganické chemikálie, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky	523,44 t	0,84 %	31,20 %	167,72 t	32,04 %
16 05 08	Vyřazené organické chemikálie, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky	1 140,62 t	0 %	16,97 %	193,56 t	16,97 %
16 07 09	Odpady obsahující jiné nebezpečné látky	1 019,293 t	0,23 %	39,71 %	407,12 t	39,94 %
16 10 01	Odpadní vody obsahující nebezpečné látky	16 518,36 t	0 %	2,07 %	342,18 t	2,07 %
19 02 03	Upravené směsi odpadů obsahující pouze odpady nehodnocené jako nebezpečné	2 884,51 t	97,71 %	0 %	2 818,72 t	97,71 %
19 02 08	Kapalné hořlavé odpady obsahující nebezpečné látky	3 484,77 t	0 %	55,40 %	1 930,62 t	55,40 %
19 08 99	Odpady jinak blíže neurčené	3 426,77	5,15 %	0 %	176,59 t	5,15 %
20 01 27	Barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice obsahující nebezpečné látky	4 084,118 t	4,27 %	36,10 %	1 939,93 t	47,49 %

Tabulka 9 Nebezpečné odpady zabezpečené solidifikací (autor práce)

Tab. 10: Nerecyklovatelné odpady

Katalogové číslo odpadu	Název odpadu	Produkce (t)	Odstranění skládkováním (v %)	Odstranění spalováním (bez energetického využití) (v %)	Recyklační potenciál (RP) (t)	Disponibilní recyklační potenciál (DRP) (v %)
10 01 07	Reakční produkty z odsiřování spalin na bázi vápnicku ve formě kalů	115,09 t	0 %	100 %	115,09 t	100 %
12 01 17	Odpadní materiál z otryskávání neuvedený pod číslem 12 01 16	10 211,571 t	39,49 %	0,06 %	4 040,32 t	39,56 %
17 06 01	Izolační materiál s obsahem azbestu	4 097,577 t	99,53 %	0,005 %	4 078,78 t	99,54 %
17 06 05	Stavební materiály obsahující azbest	41 306,03 t	100 %	0 %	41 306,03 t	100 %
19 05 01	Nezkompostovaný podíl komunálního nebo podobného odpadu	1 163,80 t	95,70 %	0 %	1 113,80 t	95,70 %
18 01 01	Ostré předměty (kromě čísla 18 01 03)	1 142,21 t	0 %	96,96 %	1 107,54 t	96,96 %
18 01 06	Chemikálie, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky	295,818 t	0 %	82, %	242,58 t	82 %
18 01 09	Jiná nepoužitelná léčiva neuvedená pod číslem 18 01 08	977,21 t	0 %	100 %	977,21 t	100 %
20 01 32	Jiná nepoužitelná léčiva neuvedená pod číslem 20 01 31	657,56 t	0 %	100 %	657,56 t	100 %
18 02 02	Odpady, na jejichž sběr a odstraňování jsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce	537,448 t	0 %	93,87 %	504,532 t	93,87 %

18 01 02	Části těla a orgány včetně krevních vaků a krevních konzerv (kromě čísla 18 01 03)	223,51 t	0 %	90,35 %	201,944 t	90,35 %
18 01 08	Nepoužitelná cytostatika	187,727t	0 %	93,03 %	174,64 t	93,03 %
20 01 30	Detergenty neuvedené pod číslem 20 01 29	139,52 t	100 %	0 %	139,52 t	100 %
20 01 32	Jiná nepoužitelná léčiva neuvedená pod číslem 20 01 31	657,56 t	0 %	100 %	657,56 t	100 %
20 02 03	Jiný biologicky nerozložitelný odpad	5 274,21 t	96,13 %	0,0003 %	5 070,09 t	96,13 %

Tabulka 10: Nerecyklovatelné odpady (autor práce)