



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

MODELOVÁNÍ DOPADŮ ZMĚN V ODPADOVÉM  
HOSPODÁŘSTVÍ NA KLÍČOVÉ TECHNOLOGIE

MODELING THE IMPACTS OF CHANGES IN WASTE MANAGEMENT ON KEY TECHNOLOGIES

TEZE DIZERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS SUMMARY

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Josef Jadrný

ŠKOLITEL

SUPERVISOR

doc. Ing. Martin Pavlas, Ph.D.

BRNO 2023

## **ABSTRAKT**

Dizertační práce se zaměřuje na plánování odpadového hospodářství v ČR s ohledem na klíčové technologie. Provoz zpracovatelských zařízení je ovlivňován strategickými dokumenty, které odrážejí legislativní rámec EU a ČR. Vzhledem k zavádění nových principů a hodnotících kritérií je nezbytné pravidelně aktualizovat Plán odpadového hospodářství na státní a krajské úrovni, podle Zákona o odpadech č. 541/2020 Sb. Při vytváření nových strategických dokumentů, by měl být důraz kladen zejména na využívání dostupných výpočetních nástrojů, mezikrajskou spolupráci a konkrétní formulaci cílů a opatření. Jednotlivé cíle odpadového hospodářství je nutné zohlednit při provozu stávajících zařízení a také při plánování potřebné infrastruktury. Pozornost v tomto textu je věnována analýze současného stavu odpadového hospodářství v Libereckém kraji se zaměřením na klíčové technologie. Zmíněné přístupy a doporučení lze dále aplikovat na libovolný kraj ČR.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Zařízení pro energetické využití odpadu, směsný komunální odpad, energetické využití odpadu, oběhové hospodářství, plán odpadového hospodářství

## **ABSTRACT**

The doctoral thesis focuses on waste management planning in the Czech Republic with regard to key technologies. The operation of processing facilities is influenced by strategic documents that reflect the legislative framework of the EU and the Czech Republic. Due to the introduction of new principles and evaluation criteria, it is necessary to regularly update the Waste Management Plan at the state and regional level, according to the Waste Act No. 541/2020 Coll. When creating new strategic documents, emphasis should be placed on the use of available computing tools, inter-regional cooperation and the specific formulation of goals and measures. The individual goals of waste management must be taken into account when operating existing facilities and also when planning the necessary infrastructure. The attention in this text is devoted to the analysis of the current state of waste management in the Liberec Region with a focus on key technologies. The mentioned approaches and recommendations can be further applied to any region of the Czech Republic.

## **KEYWORDS**

Waste-to-energy facility, mixed municipal waste, energy recovery, circular economy, waste management plan

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval prof. Ing. Petru Stehlíkovi CSc., dr. h. c., doc. Ing. Martinovi Pavlasovi, Ph.D., Ing. Radovanu Šomplákovi, Ph.D., Ing. Jaroslavu Pluskalovi a Ing. Veronice Smejkalové, Ph.D. za podporu při tvorbě této práce, za mnoho konzultací a diskuzí o předmětné oblasti, za kvalitní komentáře a rychlé řešení potřebných věcí spojených s touto prací.

## OBSAH

1	ÚVOD.....	6
2	CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE.....	9
3	LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY EU A ČR.....	10
3.1	POŽADAVKY EU .....	10
3.2	LEGISLATIVNÍ RÁMEC ČR .....	10
3.3	PROJEDNÁVANÁ LEGISLATIVA EU.....	11
4	PLÁNY ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ.....	12
4.1	PLÁN ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ ČR .....	12
4.2	PLÁNY ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJŮ ČR.....	12
5	DOPORUČENÍ PRO TVORBU POH NA ÚROVNI KRAJŮ.....	14
5.1	ÚVODNÍ ČÁST .....	14
5.2	ANALYTICKÁ ČÁST .....	14
5.2.1	Datové zdroje .....	14
5.2.2	Prognóza produkce a nakládání s odpady .....	15
5.3	ZÁVAZNÁ ČÁST .....	15
5.4	SMĚRNÁ ČÁST .....	16
5.5	METODICKÁ PODPORA A VÝPOČETNÍ NÁSTROJE .....	16
6	PŘÍPADOVÁ STUDIE – LIBERECKÝ KRAJ.....	17
6.1	ÚVODNÍ ČÁST – LIBERECKÝ KRAJ.....	17
6.2	ANALYTICKÁ ČÁST – LIBERECKÝ KRAJ .....	17
6.2.1	Produkce odpadu.....	17
6.2.2	Nakládání s odpadem .....	18
6.3	ANALÝZA CÍLŮ A OPATŘENÍ V POH LIBERECKÉHO KRAJE.....	20
6.4	ŘEŠENÍ SITUACE POH LIBERECKÉHO KRAJE .....	22
7	TERMIZO – KLÍČOVÉ ZAŘÍZENÍ V LIBERECKÉM KRAJI .....	25
8	SOUHRN VÝSLEDKŮ A DOPORUČENÍ .....	27
9	ZÁVĚR.....	29
	REFERENCE .....	30

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Nakládání s komunálními odpady v EU, rok 2020 (zdroj: [4]).....	6
Obr. 8: Prognóza produkce všech odpadů v Libereckém kraji, zdroj: TiramisO [36] .....	18
Obr. 3: Toky SKO v roce 2020 v rámci Libereckého kraje.....	19
Obr. 16: Svozová oblast pro jednotlivé koncovky pro rok 2030.....	23
Obr. 17: Svozová oblast pro jednotlivé koncovky pro rok 2035 .....	23
Obr. 19: Složení nadsítné frakce SKO, odpad přijatý do Termizo Liberec.....	25

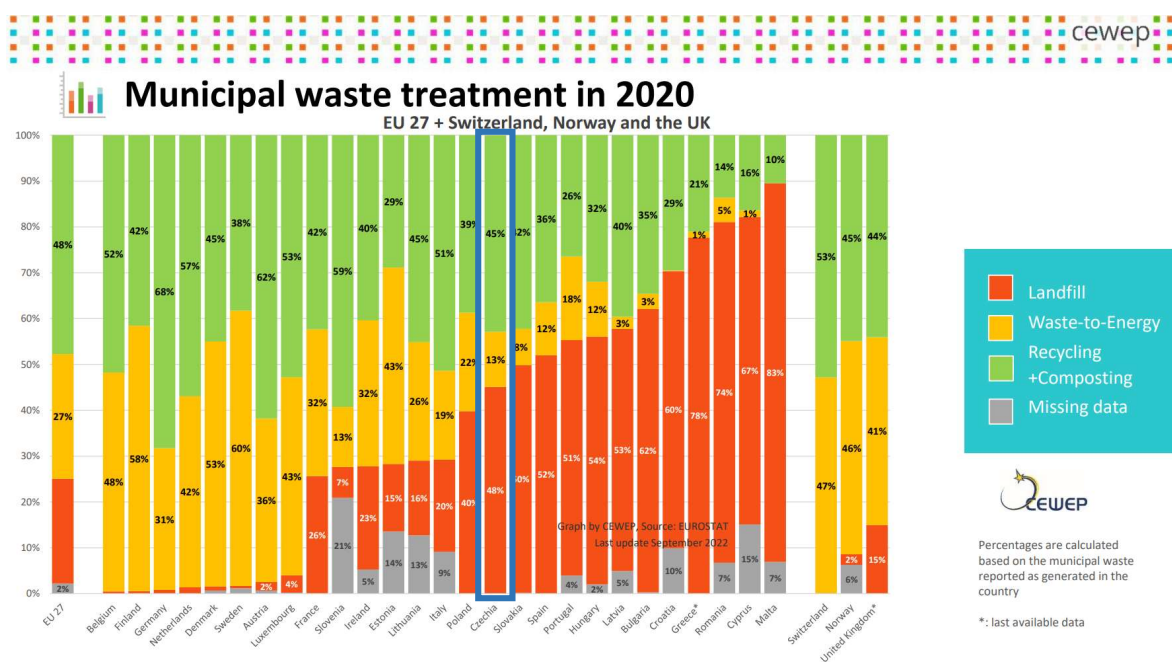
## SEZNAM ZKRATEK

BREF	Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
BRO	Biologicky rozložitelný odpad
CENIA	Česká agentura životního prostředí
CEVOOH	Projekt v rámci ústav procesního inženýrství
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
ECN	European Competition Network
EIA	Proces posuzování vlivů na životní prostředí – vliv záměru
EU	Evropská unie
EU ETS	Systém s obchodováním emisních povolenek
IED	Směrnice o průmyslových emisích
ISOH	Informační systém odpadového hospodářství
KO	Komunální odpad
KU	Krajský úřad
LE	Light elements
MBÚ	Mechanicko biologická úprava odpada
MS	Míra separace
MVO	Materiálové využití odpadu
MŽP	Ministrstvo životního prostředí
NO	Nebezpečný odpad
ObH	Oběhové hospodářství
ObjO	Objemný odpad
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OH	Odpadové hospodářství
OO	Ostatní odpad
OPŽP	Operační program životního prostředí
ORP	Obec s rozšířenou působností
PAYT	Systém Pay as you throw (zaplat' za co vyhodíš)
PD ISOH	Pracovní databáze Informačního systému odpadového hospodářství
POH	Plán odpadového hospodářství
REVEDATO	Výpočetní nástroj
SEA	Proces posuzování vlivů na životní prostředí – koncepce
SKO	Směsný komunální odpad
TAP	Tuhé alternativní palivo
TiramisO	Prognostický nástroj produkce odpadu
ÚPI	Ústav procesního inženýrství
ZEVO	Zařízení na energetické využití odpadu

# 1 ÚVOD

Odpadové hospodářství (OH) je velmi diskutované téma v EU s ohledem na globální oteplování, enviromentální znečištění, úsporu primárních zdrojů a fosilních paliv. Hlavním cílem EU je dodržování *Hierarchie způsobů nakládání s odpady* [1], kde na prvním místě je předcházení vzniku odpadu, jinými slovy minimalizace jeho produkce. Pokud již odpad vznikne měl by vstoupit do systému oběhového hospodářství, ke kterému se Evropa snaží přiblížit. Hlavní myšlenkou je maximalizovat materiálové využití odpadu a omezovat jeho odstranění např. skládkováním. Významnou složkou produkovaného odpadu je komunální odpad (KO), jehož způsoby zpracování jsou korigovány směrnicemi v Balíčku oběhového hospodářství EU. Jedná se o omezení skládkování KO od roku 2035 [2] a podporu recyklace KO [3]. Celý cyklus od suroviny přes výrobek, odpad až po obnovitelný materiál se však neobejde bez zbytkových odpadů, které nelze materiálově využít. Tyto odpady je z velké části možné využít energeticky. Významným odpadovým proudem pro energetické využití odpadu je směsný komunální odpad (SKO).

Česká republika je v rámci EU vázána mnoha právními předpisy viz kap. 3, které přímo ovlivňují národní legislativu a upravují podmínky pro přechod na oběhové hospodářství. Během tohoto procesu dojde k přeměrování odpadových toků. Obr. 1 popisuje srovnání ČR s EU v nakládání s KO pro rok 2020. Do roku 2035 má být skládkováním odstraněno maximálně 10 % z produkovaného KO [2], což pro ČR znamená snížení míry skládkování o minimálně 38 %.



Obr. 1: Nakládání s komunálními odpady v EU, rok 2020 (zdroj: [4])

Pozn. k legendě:

Landfill – skládkování

Waste-to-Energy – energetické využití

Recycling + Composting – recyklace + kompostování

Missing data – chybějící data

Obecně je snaha zefektivňovat nakládání s odpady a systém OH neustále zlepšovat o:

- snižování produkce odpadů;
- zvyšování separace KO novými metodami sběru, např. door-to-door, PAYT (Pay-as-You-Throw) systém aj.;
- separaci nových frakcí KO, např. textil od roku 2025 [5];
- zpříšňování emisních limitů a podmínek provozu, viz (BREF WI [6], BREF pro zpracování odpadů [7], IED směrnice [8]);
- a další.

Z důvodu zavedení nových principů a hodnotících kritérií se vypracovává pravidelně *Plán odpadového hospodářství* (POH) na státní a krajské úrovni. Tyto plány se nyní často tvoří separátně bez komplexní provázanosti, což může významným způsobem snížit efektivitu strategického plánování v OH. Klíčovým aspektem pro kvalitní plánování jsou vstupní data o aktuální produkci a složení odpadu, ale i kvalitní prognózy do budoucnosti. Slabým místem dostupných dat je existence různých databází a výpočtů pro odpadové toky. Pro rok 2020 Český statistický úřad (ČSÚ) uvádí produkci 5 419 kt KO za ČR, Česká informační agentura životního prostředí (CENIA) uvádí 5 730 kt KO za ČR. Při práci s daty je tedy nutné věnovat pozornost výběru zdroje dat. Obě uvedené agentury (ČSÚ a CENIA) mají stejnou datovou základnu. Rozdíl finálních dat je dán agregací odpadů, dopočtem odpadů a u jednotlivých subjektů nakládáním s odpady. Navíc při násobném předávání odpadů se ztrácí přesná identifikace původce odpadu a dochází tak ke znehodnocení dat [9]. To má za následek, že není dostupná informace o způsobu nakládání pro odpady od jednotlivých producentů. Navíc během procesu produkce odpadu, předání odpadu, jeho úpravy nebo zpracování může dojít k změně zařazení odpadu (změně katalogového čísla odpadu) odpadu, aniž by se výrazně změnil jeho vlastnosti. Jednou z častých právních úprav podniků produkujících odpad je upuštění od třídění odpadu v místě vzniku, kdy více odpadových toků je odváženo pod jedním katalogovým číslem druhu odpadu, běžně nazývanému jako kód odpadu. V praxi jsou nezdědky průmyslové odpady zařazovány pod jiná katalogová čísla jako SKO, katalogové číslo 20 03 01. Postup pro zařazování odpadu do katalogu odpadů podle druhu a seznam katalogových čísel odpadu je definovaný ve vyhlášce č. 8/2021 Sb. Vyhláška o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů).

V této dizertační práci je pozornost věnována naplnění POH a vlivu na klíčové technologie v podmínkách ČR. Aktuální POH ČR je platný do roku 2024. Pracoviště Ústavu procesního inženýrství (ÚPI) se podílí na vypracování nové podoby POH ČR, která bude platná od roku 2025. V návaznosti na POH ČR bude nutné podle Zákona o odpadech č. 541/2020 Sb. vypracovat POH na úrovni krajů. Změny v POH ČR i krajů budou ovlivňovat zařízení zapojená do systému nakládání s odpadem. Při plánování OH je tedy nutné zohledňovat dostupné technologie, jejich kapacity a případně včas reagovat na plánované změny, aby bylo možné stanovené cíle splnit. Legislativní rámec EU a ČR je popsán v kap. 3. Následuje rozbor aktuálních plánů POH na úrovni ČR a krajů (kap. 4) a na základě toho jsou sumarizována doporučení pro tvorbu nových POH na krajské úrovni (kap. 5). Případová studie je věnována problematice Libereckého kraje (kap. 6). Pozornost se zaměřuje na KO, který je zásadní z pohledu plnění cílů legislativy EU i ČR. Detailněji je diskutována problematika SKO a běžně separovaných frakcí odpadu (papír, plast). Na těchto frakcích jsou představeny dostupné výpočtové nástroje doporučené pro vypracování POH. Dále je zásadním tématem produkce a nakládání s bioodpadem, který představuje významný odpadový proud. V roce 2021 bylo v Libereckém kraji vyprodukováno asi 22 kt bioodpadu

(souhrnně bioodpad ze zahrad i z kuchyní a stravoven) a dalších asi 33 kt stále zůstává ve SKO (podle rozborů SKO se jedná asi o 26,9 % SKO), viz kap. 6.2.1 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** S ohledem na vysokou produkci této odpadové frakce a potenciál pro efektivnější nakládání lze očekávat, že v aktualizovaných podobách POH se budou zásadní změny dotýkat technologiím pro zpracování bioodpadu. Proto je značná pozornost v tomto textu věnována bioplynovým stanicím dostupným v Libereckém kraji. Poslední část této závěrečné práce se věnuje konkrétnímu zpracovatelskému zařízení – Termizo Liberec (kap. 7), které představuje klíčové zařízení pro energetické využití odpadu v kraji. Pozornost je zaměřena především na složení odpadu vstupujícího do zařízení.

Hlavním záměrem dizertační práce je analyzovat zásadní strategické dokumenty pro plánování OH a popsat dopad změn na klíčové technologie. Současně lze tento dokument využít při zpracování krajských POH tak, aby vznikaly dokumenty, které odráží aktuální stav dané lokality a potenciál pro zlepšování nakládání s odpady. Důraz je kladen na využívání výpočtových nástrojů a provázanost POH mezi kraji.

## 2 CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE

Práce si klade za cíl vytvořit případovou studii obsahující komplexní řešení OH pro konkrétní územní celek. Výsledek bude obecně platný a přenositelný na libovolné území s podobnou konfigurací.

Mezi hlavní cíle práce patří:

- Analýza závazných regionálních dokumentů a doporučení pro jejich tvorbu.
- Analýza současného stavu nakládání s odpady v Libereckém kraji s přesahem do okolních krajů a přeshraniční dopravy odpadů v případě existujících vazeb.
- Analýza potenciálního množství a druhů odpadu vhodných pro klíčové technologie nacházející se v Libereckém kraji.
- Vytvoření modelu svozové oblasti pro klíčové technologie v Libereckém kraji.
- Testování a aplikace existujících nástrojů na reálných úlohách tvorby podkladů pro POH Libereckého kraje.
- Specifikace okrajových úloh s ohledem na složitost výpočtů.
- Vyhodnocení vlivu složení odpadu na jeho výhřevnost na provoz klíčových technologií v Libereckém kraji.

### 3 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY EU A ČR

Plánování na úrovni zpracovatelského zařízení je významně ovlivňováno legislativními předpisy. Právní předpisy přijaté na úrovni EU jsou následně implementovány do legislativ členských států.

#### 3.1 Požadavky EU

Nejdůležitějšími dokumenty pro nakládání s odpady a požadavky na OH je svazek pěti směrnic Evropského parlamentu a Rady: směrnice č. 98/2008/ES o odpadech [1], směrnice č. 1999/31/ES o skládkách odpadu [11], směrnice č. 94/62/ES o obalech a obalových odpadech [12], směrnice č. 2006/66/ES o bateriích a akumulátorech a odpadních bateriích a akumulátorech [13] a směrnice č. 2012/19/EU o odpadních elektrických a elektronických zařízeních [14]. Na základně požadavků těchto směrnic byl vytvořen i POH pro ČR. Tyto směrnice byly novelizovány tzv. balíčkem oběhového hospodářství, jednalo se o vydání čtyř směrnic v roce 2018, které zásadně upravily podmínky a cíle pro nakládání s odpady. Nejvýznamnější stanovené, budoucí cíle jsou shrnuty v následujících bodech.

- Směrnice ukládá celounijní cíl snížení potravinového odpadu do roku 2025 o 30 % a do roku 2030 o 50 % hmotnosti. Zavádí povinnost tříděného sběru pro složky biologického odpadu, nebezpečného odpadu pocházejícího z domácností a textilního odpadu.
- Hlavní úpravou je zvýšení přípravy k opětovnému použití a recyklaci KO nejméně na 55 % hmotnosti do roku 2025, na 60 % pro rok 2030 a 65 % pro rok 2035
- Od roku 2030 zavádí omezení skládkování na veškerý odpad, který je vhodný k recyklaci nebo materiálovému či energetickému využití. Od roku 2035 nastává povinnost snížit skládkované množství KO na 10 % hmotnosti z celkového produkovaného množství.
- Směrnice upravuje míru recyklace na 65 % hmotnosti veškerých obalových odpadů do konce roku 2025 se specifickými cíli pro jednotlivé druhy obalů.

#### 3.2 Legislativní rámec ČR

Nejdůležitějším právním předpisem ČR je zákon o odpadech č. 541/2020 Sb. [5], který definuje základní pojmy a podmínky nakládání v OH. V rámci zákona byly přijaty podmínky z oběhového balíčku evropských směrnic, které jsou shrnuty v kapitole 3.1.

Oproti podmínkám EU, zákon upravuje podmínky pro uložení odpadu na skládky v § 40. Od 1. ledna 2030 není možné na skládku ukládat odpady, jejichž výhřevnost v sušině je vyšší než 6,5 MJ/kg, a které překračují limitní hodnotu parametru biologické stability AT4, nebo které je za stávajícího stavu vědeckého a technického pokroku možné účelně recyklovat.

Jednou z největších změn zákon přinesl v příloze 9, kdy mění poplatky za skládkování, viz [5]**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Tento poplatek hraje zásadní roli při rozhodování o výstavbě nových technologií a investicích v oblasti nakládání s odpady. Pro rok 2023 činí tento poplatek 1 000 Kč pro využitelné odpady s plánovaným navýšením na 1 850 Kč pro rok 2030. Pro období do roku 2029 mohou obce využívat slevu na skládkovací poplatky KO bez nebezpečného

odpadu podle § 157. Pro rok 2023 mohou obce 180 kg/obyvatele skládkovat za poplatek zbytkového odpadu. Toto množství se snižuje každý rok o 10 kg/obyvatele.

Navazujícími právními předpisy jsou prováděcí vyhlášky zákona o odpadech: vyhláška č. 273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady [15]. Vyhláška zavádí mnoho technických podmínek pro nakládání s odpady. Dále určuje požadavky na zařízení, která jednotlivé druhy odpadů zpracovává. Jedním z důležitějších paragrafů pro OH je § 15 (*Odpady, které je zakázáno ukládat na skládku od roku 2030, a výjimky ze zákazu ukládání odpadů na skládku*). V příloze č. 4 bodu E je definovaný seznam kódů odpadů, které nebude možno ukládat na skládku, i když splňují podmínku výhřevnosti a biologické stability. Právní předpis otevírá cestu k materiálovému využití některých odpadů dle přílohy č. 5 (*Kritéria pro využívání odpadů k zasypávání*). Prováděcí vyhláška č. 8/2021 Sb. [16] (*Vyhláška o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů)*) definuje katalog odpadů postup pro zařazování odpadů do jednotlivých druhů (běžně používaný termín je kód odpadu). Zavádí metody a postup pro hodnocení nebezpečných vlastností odpadu, vzorkování a zkoušek odpadů.

### **3.3 Projednávaná legislativa EU**

Koncem roku 2022 a začátkem roku 2023 byl projednáván legislativní balíček „Fit for 55“ tj. snížení emisí EU do roku 2030 alespoň o 55 %. V rámci balíčku jsou mimo jiné diskutovány změny ve směrnici o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů [17] a systému pro obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů (EU ETS) [18]. Záměrem je dosažení cíle klimatické neutrality EU do roku 2050. (EU ETS). V rámci systému EU ETS byla výjimka placení CO<sub>2</sub> povolenek pro energetické využití odpadu a zpracování nebezpečných odpadů. Konkrétní podoba dopadu změn je stále v diskuzi. Do roku 2026 by měla vzniknout studie dopadů a rizik. Na základě výstupů studie bude zvolena konkrétní právní forma.

## 4 PLÁNY ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

POH jsou klíčové, zákoně závazné dokumenty pro dlouhodobou strategii nakládání s odpady, které odráží legislativní požadavky. POH je v ČR vypracováván na úrovni státu a krajů podle zákona č. 541/2020 Sb. o odpadech [5]. Při tvorbě POH ČR je tedy nutné zohlednit cíle a opatření v zastřešujících strategických dokumentech a také v ostatních strategických dokumentech.

### 4.1 Plán odpadového hospodářství ČR

Aktuálně platný POH ČR [19] pro roky 2015 až 2024 byl schválen vládou v roce 2014 a k aktualizaci došlo v roce 2022. Dokument POH ČR je rozčleněn na čtyři hlavní části:

- **Úvodní část.** Jedná se o část, která poskytuje základní informace o působnosti, struktuře a obsahu POH ČR. Dále specifikuje hlavní subjekty v OH.
- **Analytická část** se zabývá vyhodnocení stavu OH v ČR. Základním datovým zdrojem o OH je *Informační systém odpadového hospodářství* (ISOH). V této části textu POH ČR je také uvedena prognóza a scénáře pro vývoj produkce KO v ČR.
- **Závazná část.** Závazná část dokumentu stanovuje zásady a opatření pro nakládání s odpady a předcházení vzniku odpadů a definuje cíle a opatření pro vybrané odpadové toky (komunální odpady, biologicky rozložitelné komunální odpady, výrobky s ukončenou životností s režimem zpětného odběru). Konkrétní cíle pro jednotlivé toky jsou uvedeny v dizertační práci v kapitole 4.1.4.
- **Směrná část** specifikuje podmínky, předpoklady a nástroje pro splnění stanovených cílů, které jsou definované v závazné části.

MŽP každoročně vyhodnocuje plnění cílů POH ČR. Výsledky ukazují, že z celkového počtu 61 cílů bylo v posuzovaném období splněno 40 cílů, částečně splněno 19 cílů, nesplněn 1 cíl a nehodnocen 1 cíl.

### 4.2 Plány odpadového hospodářství krajů ČR

Podle zákona od odpadech je POH kraje zpracováván na dobu nejméně 10 let a musí být aktualizován při každé zásadní změně podmínek, a to nejpozději do 18 měsíců ode dne změny. Aktuálně platné POH krajů jsou vypracována pro období 2016–2025. Ve většině případů zadávají krajské úřady zhotovení POH externím zhotovitelům. Různorodý přístup krajů k tvorbě těchto dokumentů se odráží v nejednotné formě, obsahu kapitol a např. k přístupu výhledu produkce odpadu. Povinná struktura POH ČR a POH kraje je stejná.

#### Analytická část – úroveň krajů

Analytická část je z velké části věnována vyhodnocení produkce a nakládání s odpady. Problém při vyhodnocení nakládání s odpadem je ten, že uvedené hodnoty jsou množství odpadu, které bylo zpracováno v daném kraji. Protože není zohledněna přeprava mezi kraji, nelze posoudit, jakým způsobem je zpracováván odpad vyprodukovaný v daném kraji. Nakládání tedy není provázáno s produkcí odpadu. Pro zlepšení situace je nově k dispozici certifikovaná metodika [24] pro zpracování POH obce, která vznikla v rámci projektu TD020304 [25], kde je část možná aplikovat i při tvorbě POH kraje. Dalším možným použitelným nástrojem je REVEDATO [30], který je vyvíjen na Ústavu procesního

inženýrství (ÚPI). Jednou z funkcionalit je modelování toku odpadu od producenta do místa zpracování.

### **Závazná část – úroveň krajů**

Struktura této části POH ČR [19] má následující podobu:

- strategické cíle,
- zásady pro nakládání s odpady,
- zásady pro nakládání s vybranými druhy odpadů,
- zásady pro vytváření sítě zařízení k nakládání s odpady,
- zásady pro rozhodování při přeshraniční přepravě dovozu a vývozu odpadů,
- opatření k omezení odkládání odpadů mimo místa k tomu určená a zajištění nakládání s odpady jejichž vlastník není znám nebo zanikl,
- program předcházení vzniku odpadů atd.
- zajištění datové základny.

Závazné části POH krajů významně kopírují POH ČR [19]. Ve většině případů jsou zopakovány státní cíle a jsou přeformulována pouze opatření, která nelze na krajské úrovni realizovat (např. typ státních opatření využívající formulaci „legislativně ukotvit...“). U některých krajů je snaha o úpravu cílů na krajské podmínky. Většinou se jedná pouze o doplnění malého počtu opatření u těchto cílů. Stanovené cíle a opatření k jejich dosažení vůbec nereflektují podmínky OH v daném kraji.

### **Směrná část – úroveň krajů**

Krajská POH zmiňují *Nástroje pro prosazování a kontrolu plnění POH ČR*, ve většině dokumentů se však jedná pouze o zopakování nástrojů, které byly specifikovány v POH ČR [19]. Výčet opatření a činností je často velmi obecný. V některých případech vychází z prognózy produkce odpadu (zpravidla velmi jednoduše uchopena), ve většině POH však není očekávaná produkce v budoucnu vůbec uvažována. Pro zkvalitnění je nutné sjednotit přístup k prognóze odpadu, zohlednit import a export odpadu v kraji, zohlednit plánované výstavby zařízení a definovat konkrétní opatření a činnosti vedoucí ke splnění cílů.

## 5 DOPORUČENÍ PRO TVORBU POH NA ÚROVNI KRAJŮ

POH ČR a krajů jsou zásadní strategické dokumenty pro vývoj OH v následujících letech, platnost všech POH je do roku 2025. Nové POH budou platné v období 2026-2035. Přestože se jedná o velmi důležité dokumenty, jejich tvůrcům je v současné době poskytnuta pouze omezená a neaktuální podpora z pohledu nové legislativy. Základním podkladem korigující podobu POH je Zákon o odpadech č. 541/2020 Sb. [5] část čtvrtá, kde jsou specifikovány oblasti zájmu POH ČR a krajů. Pro městské varianty vznikla v roce 2015 metodika vypracování POH [24], která napomáhá s konceptem dokumentu. Podle zákona o odpadech platného od roku 2021, se již povinnost tvorby POH na města nevztahuje. Dále tedy bude pozornost věnována POH na úrovni krajů. Navíc zmíněná metodika vznikla v roce 2015 a nereaguje tedy na změny související se zákonem o odpadech platným od roku 2021.

Text krajských POH začíná úvodní částí. Navazují tři části POH, které jsou stanoveny zákonem o odpadech: analytická, koncepční označovaná také jako závazná a. V závěru této kapitoly je uvedena metodická podpora a výpočetní nástroje doporučené k vypracování krajských POH.

### 5.1 Úvodní část

Zahrnutí úvodní části POH není povinné podle zákona o odpadech. Všechny aktuálně platné krajské POH úvodní část textu obsahují a v některých POH se prolíná s analytickou částí, např. zdroje datových sad bývají zahrnuty k úvodní, nebo analytické části. Úvodní část běžně zahrnuje následující body:

- popis účelu dokumentu,
- dobu platnosti včetně případných aktualizací,
- představení struktury textu,
- charakteristiku území.

Další nezbytnou částí je popis návaznosti POH na další strategické dokumenty kraje. Většina krajských POH alespoň bodově zmiňuje některé výchozí strategické dokumenty. Výčet zastřešujících, strategických a regionálních dokumentů je obsažen v dizertační práci. V POH by měly být zmíněny hlavní tendence jednotlivých strategických dokumentů, které budou mít dopad na podobu OH v kraji.

### 5.2 Analytická část

Analytická část je jednou ze tří povinných částí POH krajů. Jejím smyslem je vyhodnocení aktuálního stavu OH. Konkrétní oblasti, které mají být posouzeny, jsou specifikovány v Zákoně 541/2020 Sb., [5]. V textu jsou zmíněny body, které byly shledány jako problematické v rámci analytické části krajských POH. Jedná se o datové zdroje a prognózu produkce a nakládání s odpady.

#### 5.2.1 Datové zdroje

Analytická část POH je založena zejména na analýze dat a popisu OH v daném kraji. V první fázi by tedy měly být specifikovány využité datové zdroje, pokud již nebyly popsány v úvodní části. Obvykle se bude jednat o data z *Hlášení souhrnných údajů z průběžné*

*evidence*, viz Zákon o odpadech 541/2020 Sb. [5] § 95. Data od všech subjektů jsou v rámci ohlašovací povinnosti vedená na ORP a zasílaná na příslušný Krajský úřad. Z těchto ohlášených dat sérií úprav (křížová kontrola ohlášených hodnot, dopočtení podlimitních subjektů atd.) vzniká databáze Pracovní databáze ISOH (PD ISOH) spravovaná společností CENIA [27]. Krajský úřad tedy disponuje neupravenými daty z hlášení o produkci a nakládání s odpady, které neprochází výše uvedenými úpravami a jsou zatíženy vyšší chybou. Využívání upravených dat z PD ISOH je v kompetenci MŽP.

Analytická část POH je značně ovlivněna kvalitou vstupních dat. I přes víceetapovou kontrolu evidovaných dat při tvorbě PD ISOH se ve výsledných databázích vyskytují chyby. Na ÚPI jsou vyvíjeny podpůrné nástroje pro práci s daty v oblasti OH, viz kap. 5.5. V této fázi je doporučeno využít nástroj REVEDATO pro eliminaci chyb způsobených nesprávnou evidencí.

### **5.2.2 Prognóza produkce a nakládání s odpady**

Pro plánování OH v kraji je zásadní odhad budoucí produkce odpadu. V době vzniku aktuálně platných POH neexistovala jednotná metodika pro prognózování. Nyní díky projektu TIRSMZP719 [20] má MŽP k dispozici certifikovanou metodiku pro prognózování produkce odpadů [21]. Pro prognózu budoucí produkce odpadů lze využít nástroj TiramisO [22]. Je nutné upozornit, že data o nakládání s odpadem v kraji nejsou přímým ukazatelem toho, jak se nakládá s odpadem, který byl v daném kraji vyprodukován. Tuto informaci nelze získat v současné podobě databáze o produkci a nakládání s odpady PD ISOH. Při předávání odpadu je odpad v uzlech kumulován a následně se rozděluje do dalších toků. Z PD ISOH tedy nelze vysledovat, kde končí odpad od konkrétního producenta. Pro rekonstrukci toků odpadu od producenta do místa zpracování je na ÚPI vyvíjen nástroj REVEDATO.

Vyhodnocení produkce a nakládání s odpady v kraji je ukazatelem pro změnu podoby OH tak, aby byla v souladu s POH ČR, platnou legislativou a budoucími cíli. Doporučuje se posouzení jak současného stavu produkce a nakládání, tak i očekávaného vývoje za současných podmínek (prognózy). Posouzení aktuálního stavu se doporučuje na úrovni krajů provést pro všechny frakce odpadu, které vystupují v závazné části POH ČR. Tím bude možné odhadnout potenciál pro změnu v daném kraji.

## **5.3 Závazná část**

V závazné části POH jsou stanoveny cíle a opatření pro jejich dosažení. Jednotlivé cíle se běžně dělí na strategické, hlavní a dílčí cíle. Hlavním nedostatkem aktuálně platných krajských POH je opakování státních cílů bez zohlednění lokálních aspektů. Dále jsou často cíle formulovány bez jednoznačného kritéria, které by umožnilo vyhodnocení plnění daného cíle. Na základě toho byly stanoveny následující body, které se doporučuje specifikovat pro každý cíl krajského POH:

- Označení cíle
- Ná vaznost na cíl POH ČR
- Jednoznačná formulace cíle
- Konkrétní období splnění cíle
- Specifikace kritéria pro hodnocení cíle, vhodná volba indikátoru cíle
- Kritická mez pro plnění cíle, možné budoucí vyhodnocení

- Subjekt zodpovědný za plnění cíle

Podle Zákona o odpadech č. 541/2020 Sb. [5] § 100 by měla závazná část dále obsahovat zásady a opatření pro dosažení stanovených cílů. Navazující směrná část by měla zahrnovat výčet nástrojů. Podle aktuálně platných krajských POH zde patrně dochází k prolínání obsahu mezi těmito částmi POH a není jednoznačně specifikovaný požadovaný obsah.

## 5.4 Směrná část

Poslední část POH přímo navazuje na závaznou část. K jednotlivým cílům by měly být popsány konkrétní nástroje a kroky umožňující jejich splnění. Významným nedostatkem většiny současné podoby POH je velmi obecný výčet nástrojů/opatření. V této části autor práce považuje za zásadní poskytnout jednoznačný podklad vedoucí ke splnění cílů.

Ve směrné části krajských POH se doporučuje zahrnout následující body, které jsou obecné a nevztahují se ke konkrétnímu cíli:

- Přehled a popis nástrojů, kompetence jednotlivých subjektů, rozdělení kompetencí
- Stanovení orientačních kritérií pro podporu projektů

Následující body by měly být vyhodnoceny pro každý cíl ze závazné části:

- Posouzení OH v detailu obcí, zohlednění lokálních podmínek
- Spolupráce mezi kraji, řešení exportu a importu odpadu
- Konkrétní formulace opatření

Doporučuje se vypracovat scénáře, které povedou ke splnění zásadních cílů a budou sloužit jako základní podklad pro konkrétní kroky. Díky tomu bude možné změny v OH realizovat systematicky ke splnění cílů. V případě, že se kraj rozhodne neřídit žádným z uvedených scénářů, zodpovědností kraje je najít a realizovat jiná schůdná řešení.

## 5.5 Metodická podpora a výpočetní nástroje

Na ÚPI dlouhodobě vznikají podpůrné nástroje pro řešení otázek OH. Jedná se zejména o problematiku práce s daty, což může být značný přínos při tvorbě POH. Využití těchto nástrojů bude mít přínos zejména pro vyhodnocení stavu OH (složení odpadu, produkce, nakládání) na nižších úrovních územního členění než ČR (kraje, ORP, obce).

V rámci práce byly představeny používané nástroje pro tvorbu POH v podobě metodiky pro realizaci rozborů SKO a certifikované metodiky pro provádění dlouhodobé prognózy produkce odpadů v ČR včetně revize prognózy. Aplikaci TiramisO zpřístupňující dlouhodobou prognózu produkce odpadů na základě dat z PD ISOH. Nástroj REVEDATO, který umožňuje opravu chybně evidovaných dat. Nástroj NERUDA, který umožňuje výběr vhodné lokality pro umístění nových zpracovatelských kapacit a volné databáze např. Phyllis, kde jsou volně dostupné analýzy pro některé druhy odpadů.

## **6 PŘÍPADOVÁ STUDIE – LIBERECKÝ KRAJ**

Případová studie otestuje použitelnost vyvíjených nástrojů (TiramisO, REVEDATO a NERUDA) na reálných úlohách. Jedním z klíčových parametrů je posuzována výpočtová náročnost tak, aby bylo možné úlohy dokončit v reálném čase. Na základě aplikace nástrojů budou diskutovány změny processingu dat tak, aby došlo k úspěšnému řešení úloh pro větší územní celky v reálném čase.

### **6.1 Úvodní část – Liberecký kraj**

POH Libereckého kraje je platný pro období 2016–2025. Po vydání nového POH ČR vznikne také nový POH Libereckého kraje, tedy pro období 2026–2035. POH Libereckého kraje i dalších krajů bude zpracován na základě Zákona o odpadech č. 541/2020 Sb., [5] § 100, který ukládá krajským úřadům povinnost zpracovat POH pro území kraje. Hlavním účelem POH Libereckého kraje je stanovit cíle OH a dílčí kroky ke splnění právních předpisů ČR a EU s ohledem na lokální podmínky. V úvodní části byly zpracovány základní charakteristiky Libereckého kraje jako počet obyvatel, zastoupení průmyslu, energetické zdroje atd.

Při vypracování POH Libereckého kraje by měly být zohledněny záměry a cíle zveřejněné ve strategických dokumentech (energetika, plánování infrastruktury apod.). Obecně lze shrnout, že je kladen důraz na snižování emisní stopy z OH a efektivnější nakládání s odpady. Tyto dokumenty tedy nepřímou apelují na POH kraje, který by měl být hlavním podkladem pro dosažení legislativních cílů. Jednotlivé obecné cíle z různých dokumentů obecnějšího charakteru by měly být detailněji rozpracovány v POH kraje, a hlavně stanovena reálná opatření, jak těchto cílů dosáhnout. Současná podoba POH se jeví jako nepostačující, protože nejsou specifikovány konkrétní akční kroky ke splnění cílů.

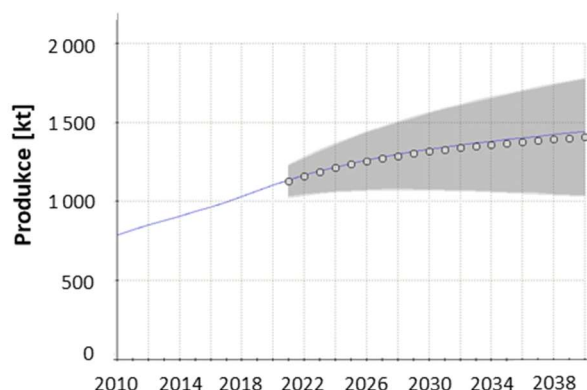
### **6.2 Analytická část – Liberecký kraj**

Hlavním cílem analytické části je vytvoření podkladů pro vypracování navazujících částí POH. Jedná se zejména o posouzení produkce odpadu, nakládání a stávajících zpracovatelských kapacit. Pro tvoření podkladů a následného řešení pro účely POH budou využity a otestovány již vyvinuté nástroje TiramisO, REVEDATO a NERUDA.

#### **6.2.1 Produkce odpadu**

Krajské úřady mají k dispozici data o produkci odpadu z každoročního hlášení. Kraje nemají přístup k datům pro vyhodnocení importu a exportu odpadových toků z jeho území. Údaje z hlášení neobsahují dopočet odpadů, které se do systému nehlásí pro podlimitní množství. Data naopak vykazují chybu duplicit, kdy je soukromý subjekt zapojen do systému komunálního sběru a nastává mu povinnost podat hlášení o produkci odpadu. V tomto případě se odpad eviduje dvakrát. Pro vyhodnocení budoucí produkce se doporučuje využít nástroj TiramisO [22], který umožňuje zobrazení očekávané produkce na úrovni ČR, krajů a ORP. Výhodou tohoto nástroje je již korektní hmotnostní bilance jednotlivých odpadových toků, včetně importů a exportů skrze územní celky.

Na obr. 2 je uvedena prognóza produkce všech odpadů na území Libereckého kraje včetně pásů spolehlivosti. Obdobné prognózy byly vytvořeny pro skupiny odpadů KO, SKO, BRO, BRKO s rozdělením na produkci obce i firmy a obce.



Obr. 2: Prognóza produkce všech odpadů v Libereckém kraji, zdroj: TiramisO [22]

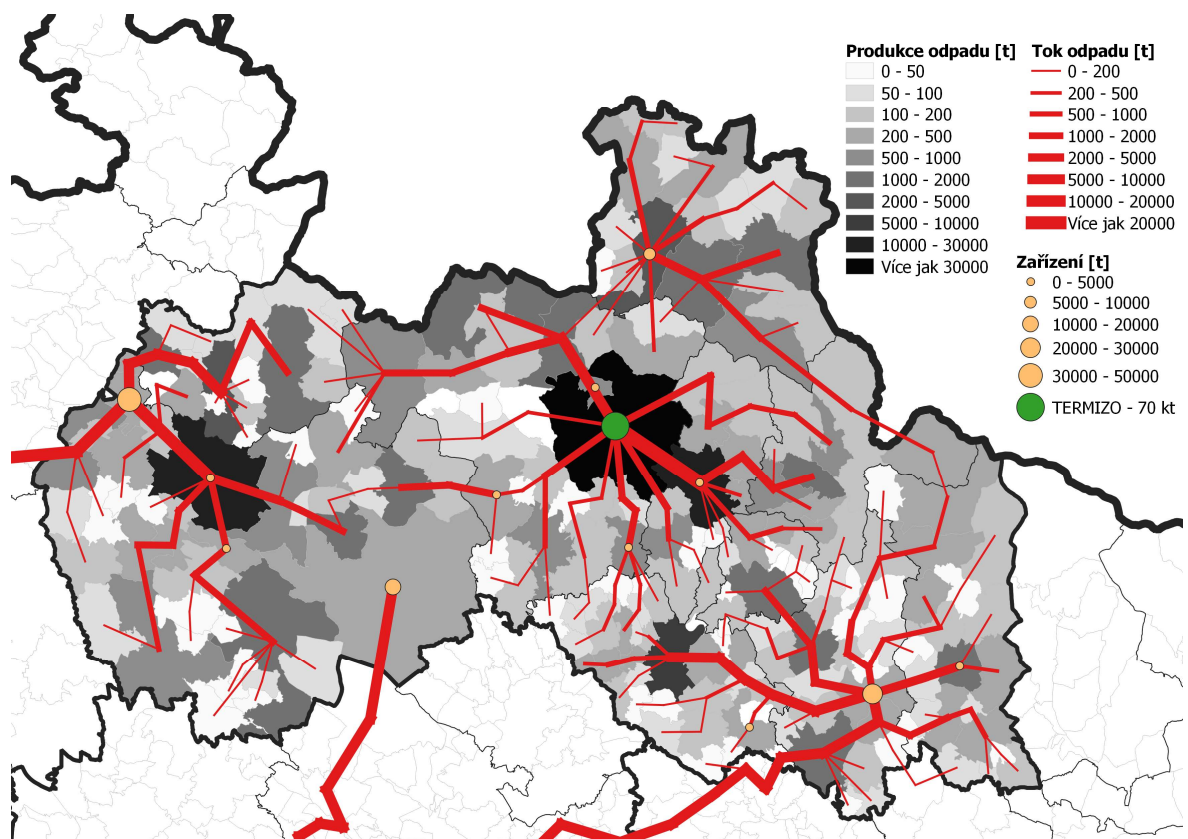
Dlouhodobě se očekává růst produkce KO. Důležitá je informace o očekávané stagnaci produkce SKO. V důsledku tlaku na prevenci před vznikem odpadu a navyšováním separace lze však očekávat změny v odpadových tocích. Tyto změny mohou být vyvolány např. legislativní úpravou podmínek sběru atd. Je pravděpodobné snížení produkce SKO oproti prognóze, která vychází z historických dat. Z tohoto důvodu se přistupuje k projekci produkce odpadu, kde jsou modelovány scénáře na základě vstupních informací. Pro tento účel byla vypracována certifikovaná metodika [21]. Scénáře jsou tvořeny pro stanovenou procentuální prevenci před vznikem odpadu a stanovou separaci jednotlivých frakcí. MŽP na úrovni ČR formulovalo v nástroji TiramisO „základní“, „realistický“ a „optimistický“ scénář produkce KO, které jsou v souladu se scénáři popsány v aktualizované verzi POH ČR. Tyto scénáře vychází z odhadu složení SKO, což představuje potenciál pro navyšování míry separace, tzn. čím více separovatelných frakcí se ve SKO nachází, tím je větší potenciál pro zlepšení separace. Nástroj TiramisO následně scénáře promítl do nižších územních celků (krajů, ORP) a tedy i Libereckého kraje. Byl vytvořen model produkce vybraných frakcí v Libereckém kraji pro jednotlivé frakce odpadu. Byly zvoleny parametry realistického scénáře. Prognóza a projekce produkce odpadu představují zásadní informaci pro plánování OH v kraji s hledem na potřebnou infrastrukturu apod.

## 6.2.2 Nakládání s odpadem

Pro analýzu nakládání s odpady v Libereckém kraji byl využit nástroj REVEDATO. Konkrétně se jedná o aplikaci matematického modelu tokové úlohy, který byl prezentován v diplomové práci [26]. Kritérium optimalizačního výpočtu kombinuje minimální vzdálenost přepravy odpadu a minimální počet zpracovatelských zařízení. Výsledkem analýzy je ověření správnosti toku odpadu od původce skrze mobilní zařízení, přes zpracovatelské zařízení až po koncové nakládání. Jedná se o rekonstrukci toku od vzniku, kontrolu evidenčních informací v předávaných bodech, kontrolu dopravní vzdálenosti. Byly definovány zpracovatelské kapacity dle registru stacionárních zařízení ISOH. Některá zařízení mají povolení provozu dle starého zákona o odpadech, tento problém by měl být odstraněn do tvorby nových POH.

Postupně byly analyzovány tři frakce odpadu: SKO (20 03 01), papír (20 01 01) a plast (20 01 39) bez rozlišení původce, jedná se tedy o odpad produkovaný obcemi a firmami. Průběh analýz byl pro všechny frakce stejný. S ohledem na rozsah úlohy bylo detailně řešeno pouze území Libereckého kraje. Producenti ostatních krajů byly agregovány do jednoho uzlu, tzn. vždy jeden uzel za kraj. V tomto rozsahu úlohy tedy není možné zcela analyzovat způsob nakládání s odpadem, který je produkován v Libereckém kraji, pokud je zpracován mimo Liberecký kraj. V navazujícím vývoji bude nástroj efektivněji implementován a pozornost bude věnována pre-processingu dat tak, aby se snížila výpočetní náročnost. Náhodnost výpočtu byla simulovaná prostřednictvím 10ti různých scénářů, kdy se generuje pořadí producentů pro provedení rozhodnutí o nakládání s odpadem. Některé toky odpadu mohou být ovlivněny tím, že dochází k vykazování nakládání s odpadem do místa sídla firmy. Toto sídlo může být mimo daný kraj a tím jsou do výpočtu vnášeny fiktivní toky. Model pracuje s vykázanými daty a nelze zcela eliminovat systematicky nepřesná hlášení. Je tedy nutné výstupy vnímat jako orientační.

Pro ilustraci je uveden mapový výstup (obr. 3) pro nakládání s SKO.



Obr. 3: Toky SKO v roce 2020 v rámci Libereckého kraje

Z veškerého SKO zpracovaného na území Libereckého kraje je asi 45 % zpracováno v Termizo Liberec (zelený bod) a 48 % skládkováno (žluté body). Způsob nakládání v případě exportu nebyl blíže analyzován. S ohledem na zvyšující se separaci odpadu se v budoucnu očekává snížení produkce SKO. Lze tedy předpokládat, že existující kapacita ZEVO je pro Liberecký kraj postačující, avšak je nutné snížit import SKO do Libereckého kraje.

## 6.3 Analýza cílů a opatření v POH Libereckého kraje

Závazná část POH Libereckého kraje [23] zahrnuje celkem 61 cílů z toho jsou 4 cíle strategické, 23 hlavních a 34 dílčích cílů. Zákon o odpadech č. 541/2020 Sb. § 102 stanovuje povinnost každoročně vyhodnocovat pomocí soustavy indikátorů plnění cílů POH kraje. Podle posledního vyhodnocení plnění POH Libereckého kraje za rok 2021 [10] bylo 34 cílů plněno, 3 cíle byly plněny částečně, 2 cíle nebyly plněny a 22 cílů nebylo posuzováno z důvodu nedostatku informací na úrovni kraje.

### Neposuzované cíle

Ve vyhodnocení plnění POH Libereckého kraje se neposuzované cíle zabývají specifickými frakcemi odpadu, obvykle mimo KO. Důvodem jsou nedostupná potřebná data na úrovni kraje, nebo velmi obecná formulace. Příkladem je citace cíle „*Zvýšit úroveň tříděného sběru odpadních pneumatik.*“. Hodnocení neposuzovaných cílů a návrh opatření pro jednotlivé odpadové toky je součástí dizertační práce. Dopad nekonkrétních cílů, které nelze vyhodnocovat, na směřování OH je diskutabilní. Pro hodnocení situace v kraji a nastavení hodnot cílů lze využít nástroj REVEDATO.

### Plněné cíle

Z pohledu vyhodnocení POH je důležitá informace, že všechny strategické cíle jsou plněny. V roce 2021 bylo 56 % ze všech cílů v POH Libereckého kraje vyhodnoceno jako splněné. Avšak také mezi plněnými cíli nastává nejasnost z důvodu obecné formulace cílů. Jako příklad lze zmínit cíle pro nebezpečné odpady „*Snižovat měrnou produkci NO.*“ I přes obecnou formulaci je cíl hodnocen jako plněný.

### Neplněné a částečně plněné cíle

Díky každoročnímu vyhodnocování POH je možné sledovat slabá místa OH v Libereckém kraji a na základě toho směřovat snahy o efektivnější nakládání s odpadem. Dále v textu jsou postupně uvedeny neplněné a částečně plněné cíle a diskuze nad možnostmi jejich vhodnější formulace nebo přístupu k řešení. Celkem se jedná o pět cílů.

#### I. Komunální odpady

Hlavní cíl (není plněn):

*Do roku 2020 zvýšit nejméně na 50 % hmotnosti celkovou úroveň přípravy k opětovnému použití a recyklaci alespoň u odpadů z materiálů jako je papír, plast, kov, sklo, pocházejících z domácností, a případně odpady jiného původu, pokud jsou tyto toky odpadů podobné odpadům z domácností.*

Uvedený cíl je navázán na legislativu EU (směrnice 2018/851), podle které má dojít k recyklaci alespoň 55 % KO v roce 2025 a dále 60 % v roce 2030 a 65 % v roce 2035. Způsob sledování plnění tohoto cíle krajských POH je v souladu s platnými právními předpisy EU [31]. V praxi je někdy skutečně recyklovaný odpad zaměňován za odpad vyseparovaný. Tyto pojmy je ale nutné rozlišovat, protože míra výmětů na dotřídňovacích linkách je významná zejména u plastů. Míra přípravy k recyklaci a opětovnému využití papíru, plastu, skla a kovů obsažených v KO byla pro rok 2021 stanovena na 43,9 %. Cíl pro rok 2020 tedy nebyl splněn.

## **II. Směsný komunální odpad**

Hlavní cíl (plněn částečně):

*Směsný komunální odpad (po vytrídění materiálů využitelných složek, nebezpečných složek a biologicky rozložitelných odpadů) zejména energeticky využívat v zařízeních k tomu určených v souladu s platnou legislativou.*

U uvedeného cíle je problematické vyhodnocení jeho plnění, protože není uvedena cílová hodnota. Doporučuje se formulovat cíle s konkrétním kritériem a požadovaným rokem splnění. Konkrétní podoba cíle by měla reflektovat aktuální stav OH v kraji a lokální možnosti. S ohledem na energetické využití SKO má Liberecký kraj výhodu, že na území kraje je provozováno ZEVO Termizo s kapacitou 96 kt odpadu ročně. V roce 2021 bylo podle veřejně dostupných dat databáze VISOH [33] v Libereckém kraji energeticky využito asi 80 kt KO a z toho asi 72 kt SKO [33].

## **III. Biologicky rozložitelné komunální odpady**

Hlavní cíl (není plněn):

*Snižít maximální množství biologicky rozložitelných komunálních odpadů ukládaných na skládky tak, aby podíl této složky činil v roce 2020 nejvíce 35 % hmotnostních z celkového množství biologicky rozložitelných komunálních odpadů vyprodukovaných v roce 1995.*

Uvedený cíl je formulován tak, že se vychází z množství BRKO produkovaných v roce 1995. Tato formulace je převzata z POH ČR. Nicméně pro potřeby krajského POH by bylo přehlednější uvedení skutečného hmotnostního množství, které má být v roce 2020 dosaženo. Kat. č. zahrnovaná k BRKO jsou uvedena v dokumentu [28]. V dokumentu [28] je uveden indikátor I.22, který stanovuje výpočet pro míru skládkování BRKO pro potřeby kraje. V tomto dokumentu se uvádí, že v roce 1995 bylo produkováno 211 kg/obyv. BRKO, tento státní průměr se uvažuje také pro výpočty na úrovni krajů. Indikátor I.22 se vypočte z dat PD ISOH přepočtem podle koeficientů uvedených v dokumentu [28]. Srovnávací základna 211 kg/obyv. (produkce BRKO v roce 1995) byla poprvé zveřejněna v aktualizaci [28] v roce 2022. Tato hodnota byla využita pro vyhodnocení plnění POH Libereckého kraje za rok 2021. Pro dřívější výpočty byla využita srovnávací konstanta 148 kg/obyv. [32]. Důvodem je úprava množství BRKO ve SKO (z 0,38 na 0,30) a v oděvech a textilních materiálech (z 0,75 na 0,30). Je nutné opět upozornit, že hodnoty o skládkovaném BRKO udávají množství odpadu skládkovaného na území Libereckého kraje, který je pro Liberecký kraj importován. Úpravou výpočtu se základnou 211 kg/obyv. pro vyhodnocení roku 2021 došlo k významnému zlepšení výsledků, protože podle tohoto kritéria může být skládkováno větší množství BRKO. Přesto cíl stále není plněn, za rok 2021 bylo skládkováno 37,5 % BRKO z produkce v roce 1995 (cílem nanejvýš 35 %).

## **IV. Biologicky rozložitelné odpady z kuchyní a stravoven**

Dílčí cíl (plněn částečně):

*Snižovat množství biologicky rozložitelných odpadů z kuchyní a stravoven a vedlejších produktů živočišného původu ve směsném komunálním odpadu, které jsou původem z veřejných stravovacích zařízení (restaurace, občerstvení) a centrálních kuchyní (nemocnice, školy a další obdobná zařízení).*

Uvedený cíl je formulován velmi volně a není stanoveno konkrétní kritérium. Předmětným odpadem je kat. č. 20 01 08. Ve vyhodnocení POH Libereckého kraje [10] je zmíněno, že problém kuchyňských odpadů je v tom, že odpadní jedlé oleje často končí ve výlevkách a SKO. Je ale nutné upozornit, že jedlé oleje a tuky mají vlastní kat. č. 20 01 25, pod kterým

by měly být evidovány. Odpad z kuchyní a stravoven je tvořen především odpadem od firem. Jedná se zejména o školní jídelny, sociální služby, restaurace apod. Produkce firemního kuchyňského odpadu v Libereckém kraji dlouhodobě roste. Protože je produkce kuchyňských odpadů v Libereckém kraji poměrně nízká, měla by být prověřena možnost, že se s tímto odpadem zachází nesprávně a není evidován s kat. č. 20 01 08. V případě, že kuchyňský odpad není vykázán jako kat. č. 20 01 08, může být tento odpad shromažďován v nádobách na zahradní bioodpad s kat. č. 20 02 01.

Dílčí cíl (plněn částečně):

*Správně nakládat s biologicky rozložitelnými odpady z kuchyní a stravoven a vedlejšími produkty živočišného původu a snižovat tak negativní účinky spojené s nakládáním s nimi na lidské zdraví a životní prostředí.*

Cíl je formulován velmi obecně a lze tedy vést diskuzi o jeho plnění. Před samotnou formulací cíle by měla proběhnout detailní analýza nakládání s odpady kat. č. 20 01 08 a na základě toho směřovat změny v OH. Tento cíl je navázán na předchozí záměr snižovat množství kuchyňských odpadů ve SKO. Vysoká míra separace je předpokladem pro vhodné nakládání s odpadem. V Libereckém kraji je umístěna pouze jedna bioplynová stanice určená ke zpracování KO v obci Košťálov [34]. Kapacita zpracovatelských zařízení pro bioodpad v Libereckém kraji by měla být navýšena. Možností je výstavba nových zařízení, nebo úprava zemědělské bioplynové stanice. Liberecký kraj by měl zvážit podporu těchto typů projektů a ověření dopadu na nakládání s bioodpadem.

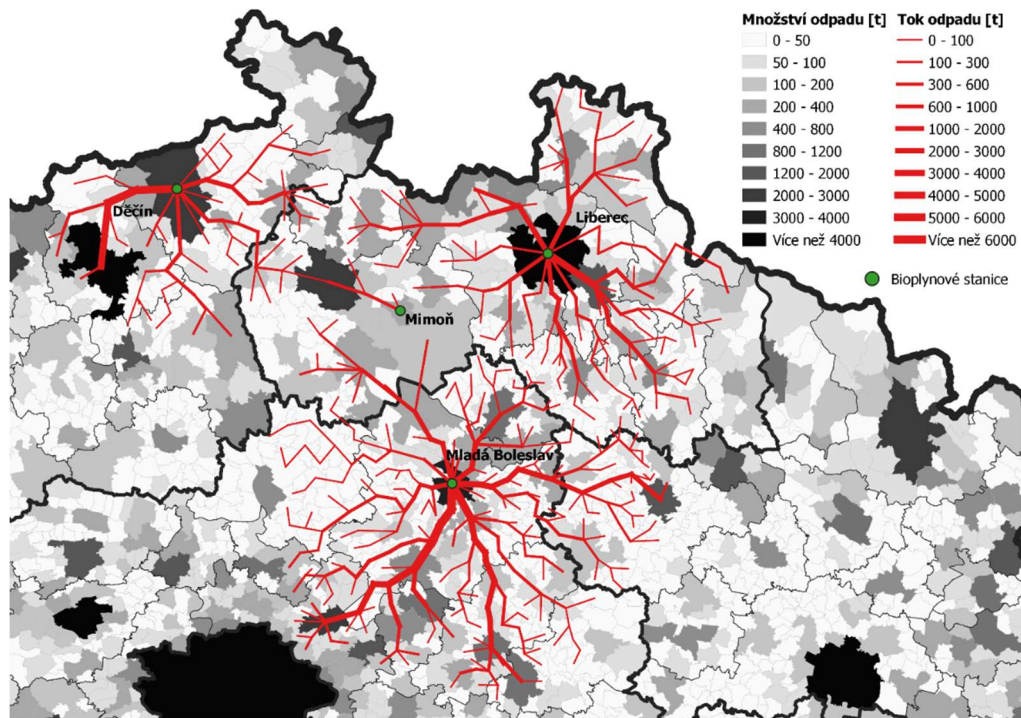
## **6.4 Řešení situace POH Libereckého kraje**

Po vyhodnocení neplněných cílů a nedostatků OH v Libereckém kraji bylo navrženo řešení situace pro splnění současných a budoucích legislativních cílů v následujících bodech.

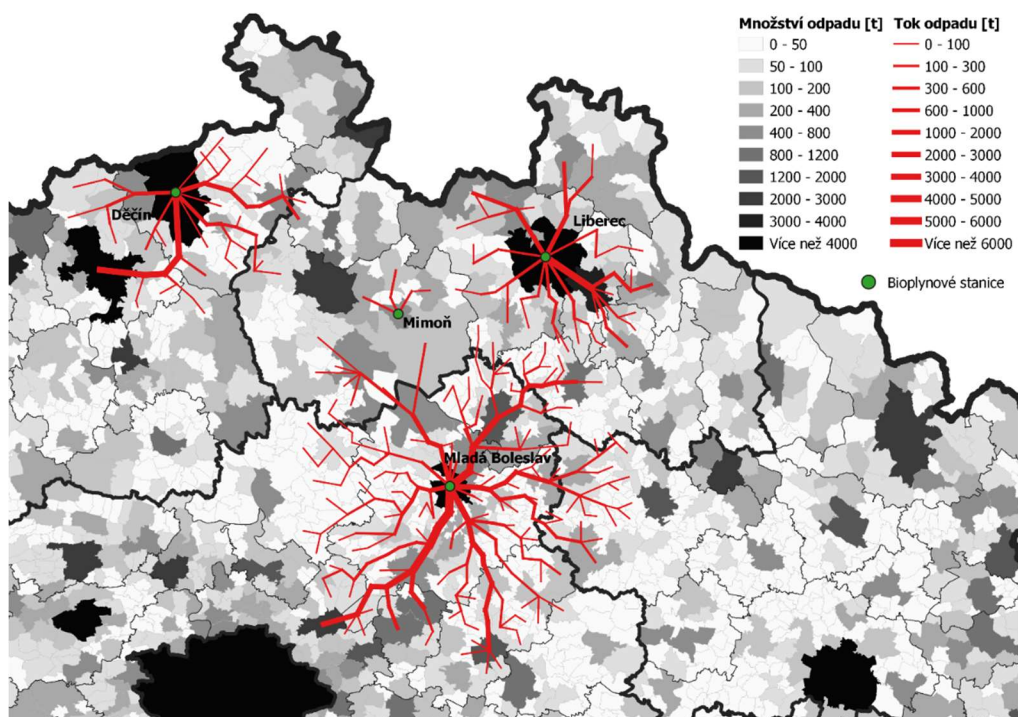
- Snižit maximální množství BRKO ukládaných na skládky pod úroveň 52 kg/obyv./rok. V roce 2021 bylo měrné množství stanoveno na 79 kg/obyv.rok.
- Snižovat množství a správně nakládat s BRO z kuchyní a stravoven a vedlejších produktů živočišného původu ve SKO, které jsou původem z veřejných stravovacích zařízení (restaurace, občerstvení) a centrálních kuchyní (nemocnice, školy a další obdobná zařízení).
- Připravit k opětovnému použití či recyklaci alespoň 55 % KO v roce 2025 a dále 60 % v roce 2030 a 65 % v roce 2035. Cíl pro rok 2020 v Libereckém kraji byl podpořen dílčími milníky v roce 2021 (43,9% úroveň přípravy).

V návaznosti na první dva body byla vybrána koncovka bioplynové stanice. Tato koncovka umí volbou technologie přijímat bioodpad, gastro odpad a kaly z čistíren odpadních vod. V závislosti na přijímaném odpadu je generován bioplyn, který lze uplatnit do stávající plynové sítě. Technicko-ekonomické řešení není součástí této práce. Toto zařízení rovněž řeší nečistoty při sběru bioodpadu ze sídlištní, nebo obdobné zástavby, kde vlivem vysokého obsahu nečistot nelze tento odpad předávat do kompostáren, kde dochází k znehodnocení výsledného kompostu. Jako potenciál pro zařízení bylo použito projekčního modelu v realistické variantě, tyto scénáře jsou dostupné v nástroji TiramisO. Pro rok 2030 byla uvažována míra separace BRKO ze SKO ve výši 61 %, pro rok 2035 86,6 %. Dosažení separace BRKO je podmíněna zavedením povinného odděleného sběru. Pro model bylo dále uvažováno s kódem odpadu 19 08 05 kaly z čištění odpadních vod. Maximální potenciál BRKO ze SKO z produkce Libereckého kraje pro rok 2021 dosahuje 37 tis. tun za rok.

Při zavedení povinného sběru je pravděpodobné odklonění odpadů z vesnic do lokálních kompostáren. Pro model bylo počítáno s kapacitou zařízení 20 tis. tun za rok. Do modelu byla definována tři konkurenční koncová zařízení, která jsou v provozu a mají povolenou činnost zpracování BRKO včetně gastroodpadu. Poloha zařízení byla určena pomocí modelu NERUDA. Nejvhodnější lokalita pro zařízení byla navržená ve městě Liberec, tzn. v místě největšího producenta SKO.



Obr. 4: Svozová oblast pro jednotlivé koncovky pro rok 2030



Obr. 5: Svozová oblast pro jednotlivé koncovky pro rok 2035

Vlivem zavedení odděleného sběru BRKO, zvýšení účinnosti separace vybraných komodit (papíru, platů, skla a kovů) je predikováno množství SKO ve výši 110 tis. t v 2030 a 100 tis. t pro rok 2035. Energeticky se v Libereckém kraji využije 80 tis t KO. To odpovídá plnění ukazatele skládkování BRKO pro rok 2030 33 kg/obyv. a rok pro 2035 11 kg/obyv. a rok.

S ohledem na cíl vyhodnocení přípravy k opětovnému použití či recyklaci KO je ovlivněno metodikou vyhodnocení. Účinnost třídění sběru využitelných složek KO se posuzuje dle platných právních předpisů EU [31]. Metodika je nastavena jako podíl vyseparovaných složek oproti celkové produkci odpadu v kraji. Pro výpočet jednotlivých toků ze SKO jsou použity hmotnostní procenta složení SKO v Libereckém kraji dle metodiky certifikovaného návodu pro zpracování Plánu odpadového hospodářství obce, zhotovitel Pavel Novák, rok 2015. Při použití této metodiky vychází pro rok 2021 43,9 %. Pokud se použijí hm. % dle Certifikované metodiky [29], nebo z výstupů rozborů provedených v Termizo Liberec, dojde k výraznému navýšení na 60,4 %. Jedná se o variantu výpočtu s neoptimističtějšími výsledky. Tato účinnost je dostačující i pro cíl roku 2030 podle legislativy EU (směrnice 2018/851). Do roku 2035 je nutné navýšit účinnost na 65 %. Lze předpokládat snížení množství SKO díky plánovanému povinnému sběru bio-odpadu. Pro dosažení požadované hodnoty v roce 2035 bylo odhadnuto navýšení míry separace o 6-8 tis. t/rok. Tohoto navýšení lze dosáhnout zefektivněním sběru, zvýšením frekvence svozu (např. pro složku papír je potřeba snížit zbytkové hm.% v SKO z 6,5 na 3,9, kdy často dochází k rychlému zaplnění sběrných nádob). Pro optimalizaci svozů lze využít čipování sběrných nádob a optimalizace svozové trasy. Další možné opatření je podpora sběrných dvorů. V menších městech jsou často otevřeny jen ve vybraných dnech popř. pouze 2-4 h za den.

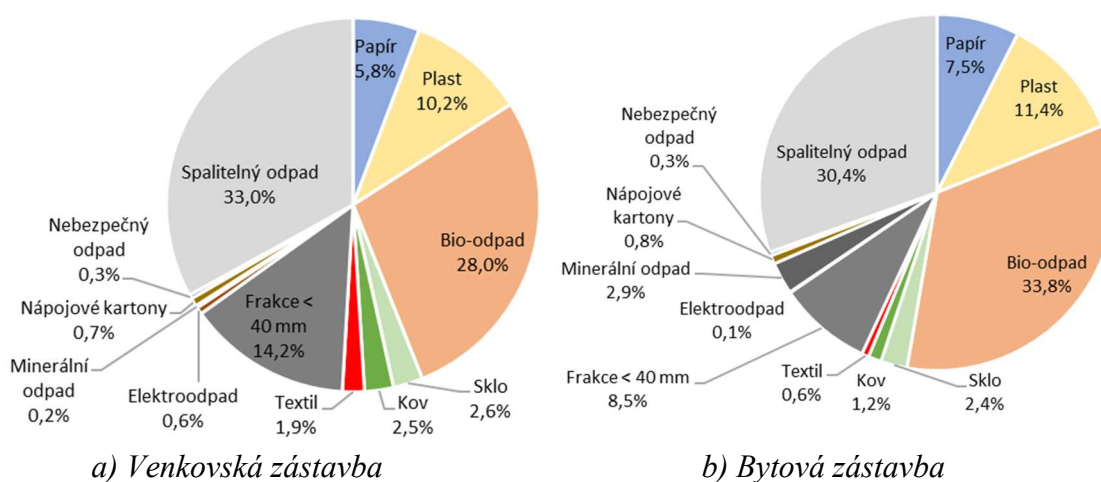
Pro plánování posilování zpracovatelského řetězce se doporučuje využít nástroj REVEDATO. Díky tomuto nástroji lze odhadnout, jaká část KO skutečně dojde k recyklaci a vyhodnotit kapacity zpracovatelského řetězce.

## 7 TERMIZO – KLÍČOVÉ ZAŘÍZENÍ V LIBERECKÉM KRAJI

Pro chod zpracovatelského zařízení je zásadní složení odpadu vstupujícího do technologie. Řada dosavadních studií se zabývá analýzou složení KO. Informace o složení KO mají výhody pro plánování nakládání s odpady ve dvou hlavních ohledech. Za prvé lze odhadnout potenciál separace a následné recyklace. A zadruhé, v souvislosti s omezením skládkování, je nutné odklonit aktuálně skládkované KO na jiný způsob zpracování odpadu. Očekává se, že nerecyklovatelné KO budou spalovány a využívány k výrobě energie. Výhřevnost odpadu a produkce spalin jsou ovlivněny složením odpadu, které se navíc může významně lišit pro různé vzorky určené k analýzám. Byla zpracována literární rešerše na téma analýza směsného komunálního odpadu viz kapitola 7.1 dizertační práce.

V projektu TIRSMZP719 byly realizovány rozbory složení SKO podle Certifikované metodiky [29]. Dále byly provedeny rozbory složení přímo odpadu, které vstupují do zařízení Termizo Liberec. Rozbory složení na vstupu do tohoto zařízení rozlišovaly odpad z bytové (byt.) a venkovské (venk.) zástavby.

Na obr. 6 jsou uvedeny výsledky analýz složení SKO, který byl analyzován a na Termizo, s rozlišením venkovské a bytové zástavby. Zejména některé složky SKO mohou být významně ovlivněny sezónností. Tento vliv lze jednoznačně pozorovat u podsítné frakce (frakce < 40 mm). Nejvyšší zastoupení této složky je ve 4. kvartálu u venkovské zástavby. Lze tedy předpokládat, že v období topné sezóny se ve SKO vyskytuje velké množství popela.



Obr. 6: Složení podsítné frakce SKO, odpad přijatý do Termizo Liberec

Z výsledků provedených rozborů je patrné, že podsítná frakce představuje významnou část SKO. Obecně platí, že dosavadní metodiky pro realizaci rozborů nevěnují větší pozornost složení této frakce, přestože může mít zásadní vliv na charakter celého odpadového proudu. Z tohoto důvodu bylo záměrem stanovit postup pro získání doplňujících informací o podsítné frakci. Pro analýzu podsítné frakce odpadů z Brna byly zvoleny parametry obsahu vlhkosti, prvková analýza a fázové složení. Tyto parametry byly zvoleny pro zjištění potenciálního využití podsítné frakce jako druhotné suroviny. Metodika analýzy podsítné frakce při odběrech uskutečněných v Termizo byla upravena pro získání dodatečných informací. Nebyl proveden rozbor fázového složení, naopak byla analýza rozšířena o stanovení výhřevnosti, spalného tepla a vybraných prvků např. chloru.

Obecný postup analýzy podsítné frakce je uveden v kapitole 7.2 dizertační práce. Podrobný popis metodiky rozborů projektu TIRSMZP719 [20] je uveden v kapitole 7.3 dizertační práce a kapitola 7.4 dizertační práce popisuje metodiku pro případovou studii podsítné frakce pro vzorky odebrané v Termizo Liberec. Pro stručnost je uvedeno pouze shrnutí dosažených výsledků.

## Shrnutí

Výsledky manuálních rozborů složení SKO provedené v projektu TIRSMZP719 [20] a rozborů provedených na Termizo ukázaly, že podsítná frakce je významnou součástí SKO. Byly nalezeny rozdíly v účinnosti separace z bytové a vilové zástavby, což ovlivňuje složení SKO. S vyšší separací odpadů se množství spalitelných odpadů ve SKO snižuje zejména díky menšímu množství papíru a plastů ve SKO. To se odráží i na jeho podsítné frakci. SKO z bytové zástavby je výhodnější pro energetické využití díky vysokému podílu spalitelných odpadů jak v nadsítné, tak i podsítné frakci. Existuje také větší potenciál pro zlepšení separace v bytové zástavbě. Přestože se v budoucnu bude pravděpodobně KO více separovat, nepředpokládá se žádná významná změna v množství podsítné frakce SKO. K efektivnější separaci dochází nejprve u nadsítné frakce, která se snadno třídí. Vzhledem k tomu, že lze v následujících letech očekávat tlak na zvýšení separace odpadů, bude ve SKO z hlediska procentuálního složení přibývat podsítné frakce a je proto velmi přínosné analyzovat tuto frakci SKO.

Kritickou fází pro provedení chemických analýz odpadu je homogenizace. K provádění analýzy podsítné frakce je proto nutné disponovat vhodným homogenizačním zařízením, nebo ji ručně třídít. Výsledky ukázaly, že podsítná frakce z bytové zástavby má vyšší vlhkost, což má vliv na třídění a prosévání odpadu přes síto. Pokud je vlhkost vysoká, podsítná frakce ulpívá na nadměrných frakcích odpadu. Vlhkost také ovlivňuje jemnost homogenizovaného materiálu. Vlhkost se značně mění s ročním obdobím, kdy hrají největší podíl přírodní vlivy a umístění nádrží.

Prvková analýza ukázala, že podsítná frakce z vilových budov obsahuje zajímavější suroviny, což souvisí s menším množstvím spalitelného odpadu. Fázové složení je ovlivněno procesem výpalu, přesto je zdrojem cenných informací, protože umožňuje odečíst původní obsah složek podsítné frakce, která by byla stěží popsitelná v původní podobě. V kombinaci s prvkovým složením lze posuzovat složení anorganických zbytků jako jsou stavební odpady, zbytky kovů, skla a keramiky, případně anorganické produkty rozkladu biologického odpadu jako jsou kosti, vaječné skořápky, nebo papír a plasty obsahující anorganická plniva a barviva. Na základě zastoupení biologické složky v podsítné frakci je možné vyhodnotit potenciál pro zvýšení kompostování odpadu. Výhřevnost podsítné frakce byla stanovena na hodnotu 8,25 MJ/kg. Tento parametr bude velmi ovlivněn především vlhkostí podsítné frakce.

## 8 SOUHRN VÝSLEDKŮ A DOPORUČENÍ

Prvním krokem práce byla rešerše legislativních požadavků EU a ČR se zaměřením na podmínky pro POH. Legislativní požadavky sloužili jako podmínky pro modelování scénářů. Dále bylo zmíněno možné ovlivnění podmínek OH díky projednávané legislativě EU ETS.

Po zjištění legislativních podmínek byla provedena analýza POH na úrovni ČR s vazbou na jednotlivá krajská POH. Největší problémy spočívaly v nevyrovnané hmotnostní bilanci odpadových toků za ČR vs. suma jednotlivých krajů, časté přejímání záměrů POH ČR na krajskou úroveň, kde pozbývají smysl. Každý kraj má pravomoc najmout si zhotovitele POH, to vede k odlišnosti při tvorbě jednotlivých dokumentů. Různorodý přístup lze nalézt k prognóze vzniku odpadu, přihlédnutí k lokálním problémům a obecným formulacím cílů a jejich řešení. Na úrovni krajů není řešen export a import odpadů, tím je téměř nemožné vytvořit hmotnostní bilance pro nakládání s jednotlivými odpadovými toky.

Z analýz POH vznikl soubor doporučení pro tvorbu budoucích dokumentů. Prvním krokem by měla být implementace vytvořených dokumentů na úrovni krajů, ne přebírání obecných citací z POH ČR. Pro jednotlivé krajské POH by měl platit jednotný postup pro prognózu odpadů s vylepšeným matematickým modelem oproti použitému modelu pro současně platící POH. Pro toto zlepšení je možné využít nástroje TiramisO a REVEDATO. Jedním z hlavních problémů POH jsou obecně psané cíle, které nelze hodnotit, nebo cíle, které počítají s daty, která nejsou dostupná na úrovni krajů. Je nutné cíle konkretizovat a nalézt hodnotící kritéria.

Obecná doporučení byla aplikována v případové studii pro Liberecký kraj. Prvním krokem bylo zjištění stávajícího nakládání s vybranými odpady a definovaná zařízení na zpracování odpadu na území kraje. Simulace produkce odpadu byla provedena v nástroji TiramisO pro skupiny SKO, plast, papír. Po vyhodnocení odpadu byla provedena analýza plněných, neposuzovaných a neplněných cílů. Pro neplněné cíle byly vytvořeny scénáře pro jejich úspěšné splnění. Scénáře splňují i legislativní požadavky, které byly zpracovány v úvodní rešerši. Pro zhotovení scénářů bylo použito nástroje REVEDATO a NERUDA. Shrnutí jednotlivých scénářů je popsáno v kapitole 6.5.

Pro modelování odpadových toků je nutnost znát složení odpadu. Byla vytvořena metodika analýzy odpadu včetně podsítné frakce. Oproti historickým datům nebyl zjištěn výrazný rozdíl mezi vesnickou a bytovou zástavbou. Byla zjištěna jiná míra separace např. pro bioodpad. Výsledky z analýz posloužily k odhadu složení odpadu při naplnění cílů OH.

Jedním z hlavních cílů práce bylo otestování vyvinutých nástrojů na reálných úlohách. Prokázala se funkčnost a prospěšnost nástrojů TiramisO, REVEDATO a NERUDA při zpracování strategických dokumentů jako je POH ČR a POH jednotlivých krajů.

V případě nástroje REVEDATO se ukázal problém v náročnosti při požadavkách na vysoký detail. Pro práci na rozlišení územní jednotky ZÚJ bylo možné nástroj použít pro hodnocení jednoho kraje, ne na územní jednotce celé ČR. Z důvodu vazeb daných exporty a importy odpadu mezi kraji je třeba uvažovat při analýze celou ČR. Z tohoto důvodu byla komplexní úloha dekomponována se zaměřením na jeden kraj s podmínkou

agregace ostatních krajů do jednoho bodu. Toto řešení není zcela vhodné pro modelování importu a exportu mezi kraji. Zde by bylo vhodné rozšíření nástroje pro zpracování alespoň dvou krajů, v ideálním případě rozšíření na celé území ČR s podmínkou realizace výpočtů v reálném čase.

V nástroji TiramisO bylo možné pracovat pouze s vybranými toky odpadů. Nejlépe jsou vyřešeny scénáře pro KO. Scénáře nejsou vyřešeny pro specifické odpadové toky jako vozidla s ukončenou životností, baterie, demoliční odpady atd. Při dodělání scénářů pro zmíněné toky by byla možná konkretizace cílů, které jsou pro tyto skupiny odpadu nastaveny obecně a nelze je v současnosti hodnotit.

Dále proběhla úspěšná aplikace nástroje NERUDA při tvoření scénáře nakládání bioodpadů pro POH Libereckého kraje. Nebyly shledány žádné limity tohoto nástroje pro reálnou úlohu. Nástroj NERUDA by mohl být rozšířen o modul, který by zpracovával základní technicko ekonomickou bilanci při umístění koncovky do územní jednotky. Jednalo by se o rozšíření o ekonomický pohled na volbu koncovky.

Je nutné podotknout, že uplatnitelnost zmíněných nástrojů je závislá na kvalitě vstupních dat a nástroje by měly fungovat jako podpůrný aparát pro tvorbu strategických dokumentů POH a rozhodování ve stejné oblasti. V žádném případě se nelze bavit o softwaru, který by strategické dokumenty měl vytvářet. Vždy je nutné provést kritické hodnocení výstupu z nástrojů a případnou úpravu okrajových podmínek nastavených modelů.

## 9 ZÁVĚR

Dizertační práce je zaměřena na dopad legislativních a strategických dokumentů na chod technologií v OH. Rozborům těchto dokumentů byla věnována značná část textu. Právní rámec EU je poměrně stabilní a cíle a požadavky jsou jasně definované. Právní situace v rámci ČR je komplikovanější. Aktuální POH ČR platí do roku 2024 a neodráží požadavky nového zákona o odpadech č. 541/2020 Sb. (platný od 1. 1. 2021) a navázaných směrnic. Pro období od roku 2025 bude vypracován nový POH ČR a na něj budou navazovat krajské varianty. Hlavním problémem současných krajských POH jsou obecné formulace, jejichž plnění nelze vždy jednoznačně vyhodnotit. Pro tvorbu nových POH by bylo vhodné aplikovat doporučení a výpočtové nástroje zmíněné v tomto textu. Cílem je tvořit strategické dokumenty, které budou stěžejním podkladem pro plánování OH na lokální i státní úrovni.

Provoz konkrétních zařízení je ovlivněn směřováním OH v dané oblasti, tzn. je nutné včas vybudovat potřebnou infrastrukturu, aby bylo možné cíle POH plnit. Zejména v okrajových oblastech jednotlivých krajů může být přínosné využívat mezikrajskou spolupráci. V případě Libereckého kraje, je z pohledu zpracování KO zásadní zařízení Termizo Liberec. Provoz zařízení je ovlivněn skladbou zpracovávaného odpadu. Rozbory složení SKO byly již dříve provedeny a jsou dostupné výsledky. Neznámé však bylo složení podsítné frakce, která představuje značnou část SKO. Na tuto frakci byly zaměřeny chemické analýzy, které poskytly informace o jejích vlastnostech.

V navazující činnosti by mělo být realizováno větší množství rozborů složení odpadu, které vstupuje přímo do předmětného zařízení. Výsledky rozborů by poté dosahovaly větší spolehlivosti. Vždy by na tyto rozbory měly navazovat analýzy podsítné frakce, aby byla dostupná kompletní informace o vstupním odpadu.

## REFERENCE

- [1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008 ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic (Text s významem pro EHP). [cit. 2020-06-23].
- [2] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/850 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 1999/31/ES o skládkách odpadů (Text s významem pro EHP). [cit. 2020-06-23].
- [3] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/851 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2008/98/ES o odpadech (Text s významem pro EHP). [cit. 2020-06-23].
- [4] Latest Eurostat Figures: Municipal Waste Treatment 2020. Cewep – Confederation of European Waste-to-Energy Plants. [cit 2023-07-10]. Dostupné z: <https://www.cewep.eu/municipal-waste-treatment-2020/>
- [5] Zákon č. 541/2020 Sb., Zákon o odpadech. Účinnost od: 1.1.2021.
- [6] Rozhodnutí Komise (EU) 2019/2010, kterým se stanoví závěry o nejlepších dostupných technikách (BAT) podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU pro spalování odpadu
- [7] Rozhodnutí Komise (EU) 2018/1147, kterým se stanoví závěry o nejlepších dostupných technikách (BAT) podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU pro zpracování odpadu
- [8] Směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/75/EU o průmyslových emisích (IED)
- [9] ŠOMPLÁK, R.; NEVRLÝ, V.; SMEJKALOVÁ, V.; ŠMÍDOVÁ, Z.; PAVLAS, M. Bulky Waste for Energy Recovery: Analysis of Spatial Distribution. Energy, 2019, 181(1), 827-839. DOI: 10.1016/j.energy.2019.05.175.
- [10] Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Libereckého kraje za rok 2021. ISES, s.r.o. 2022. [cit. 10.7.2023]. Dostupné z: <https://zivotni-prostredi.kraj-lbc.cz/getFile/case:show/id:1124748/2023-03-23%2008:42:12.000000>.
- [11] Rady 1999/31/ES ze dne 26. dubna 1999 o skládkách odpadů.
- [12] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 94/62/ES ze dne 20. prosince 1994 o obalech a obalových odpadech.
- [13] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/66/ES ze dne 6. září 2006 o bateriích a akumulátorech a odpadních bateriích a akumulátorech a o zrušení směrnice 91/157/EHS.
- [14] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/19/EU ze dne 4. července 2012 o odpadních elektrických a elektronických zařízeních (OEEZ) (přepracované znění).
- [15] Vyhláška č. 273/2021 Sb., Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady. [cit. 2023-07-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-273>. Účinnost od 7.8.2021.
- [16] Vyhláška č. 8/2021 Sb. Vyhláška o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů). Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-8> Účinnost od 27. 1. 2021
- [17] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/2001 ze dne 11. prosince 2018 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (přepracované znění) (Text s významem pro EHP.)
- [18] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/87/ES ze dne 13. října 2003 o vytvoření systému pro obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů ve Společenství a o změně směrnice Rady 96/61/ES Text s významem pro EHP.
- [19] Plán odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024 s výhledem do roku 2035. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 2014, aktualizace 2022. [cit. 2022-09-26]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh\\_cr\\_prislusne\\_dokumenty/\\$FILE/OODP-POH\\_CR\\_2015-2024\\_2035\\_vlada-20220511.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/$FILE/OODP-POH_CR_2015-2024_2035_vlada-20220511.pdf)
- [20] TIRSMZP719 – Prognózování produkce odpadů a stanovení složení komunálního odpadu. TAČR. Doba řešení: 2019–2022.

- [21] ŠOMPLÁK, R.; SMEJKALOVÁ, V.; ROSECKÝ, M.; SZÁSZIOVÁ, L.; ŠRAMKOVÁ, K.; KÚDELA, J.; ERYGANOV, I.; BOUDA, Z.; SUZOVÁ, J.; POPELA, P.; PAVLAS, M. Certifikovaná metodika pro provádění dlouhodobé prognózy produkce odpadů v ČR včetně revize prognózy (Výsledek V9). 2021. TIRSMZP719 Produkt byl předán uživateli výsledku: Ministerstvo životního prostředí.
- [22] TiramisO. Prognóza produkce odpadů. Pavlas, M., Šomplák, R., Roupec, J., Talpa, J., Smejkalová V. TIRSMZP719.
- [23] Plán odpadového hospodářství Libereckého kraje 2016-2025. [cit. 2022-09-01]. Dostupné z: <https://zivotni-prostredi.kraj-lbc.cz/page329/plan-odpadoveho-hospodarstvi-libereckeho-kraje>
- [24] Metodický návod pro zpracování plánu odpadového hospodářství obce. 2015. Zhotovitel: Pavel Novák. [cit. 2022-09-01]. Dostupné z: [https://www.ingpavelnovak.cz/wp-content/uploads/327\\_TACR\\_obce/Metodikum\\_POHo.pdf](https://www.ingpavelnovak.cz/wp-content/uploads/327_TACR_obce/Metodikum_POHo.pdf)
- [25] TD020304 – Plánování odpadového hospodářství na municipální úrovni. Trvání projektu: 2014–2015. [cit. 2022-09-01]. Dostupné z: [https://starfos.tacr.cz/cs/project/TD020304?query\\_code=sg5aaacw4afq](https://starfos.tacr.cz/cs/project/TD020304?query_code=sg5aaacw4afq)
- [26] NĚMCOVÁ, L. 2023. Modelování toku odpadu v ČR. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav matematiky. Vedoucí práce Ing. Radovan Šomplák, Ph.D.
- [27] Informační systém odpadového hospodářství ISOH. Úvodní stránka > Odpadové a oběhové hospodářství. Česká informační agentura životního prostředí. 2023. [cit. 10.7.2023]. Dostupné z: <https://www.cenia.cz/odpadove-a-obehove-hospodarstvi/isoh/>.
- [28] Vejnar, P., Bulková, G., Horáková, E., Buda Šepel'ová, G., Šimková, T., Valta, J., Čejchan, T., Grusman, P. 2022. Matematické vyjádření „soustavy indikátorů OH“ v souladu s vyhláškou č. 273/2021 Sb. (č. 383/2001 Sb.), o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění. [cit. 10.7.2023]. Dostupné z: [https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2022/10/Matematicke\\_vyjadreni\\_soust\\_indikatoru\\_2022\\_data2021\\_FF\\_MZP\\_29092022.pdf](https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2022/10/Matematicke_vyjadreni_soust_indikatoru_2022_data2021_FF_MZP_29092022.pdf)
- [29] Veverka, Z., Bouda, Z., Suzová, J., Gregor, J., Kropáč, J., Pavlas, M. 2021. Metodika pro stanovení složení směšného komunálního odpadu z obcí a komunálního odpadu (Výsledek V4). TIRSMZP719. [cit. 10.7.2023]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodika\\_stanoveni\\_sko\\_ko/\\$FILE/OODP-V4\\_Metodika\\_slozeni\\_final-20211101.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodika_stanoveni_sko_ko/$FILE/OODP-V4_Metodika_slozeni_final-20211101.pdf)
- [30] Šomplák, R. et al. Zpráva popisující koncept nástroje pro modelování toku odpadů na základě historických dat (M1F2 k V1.F.2.1). CEVOOH, 2022.
- [31] Rozhodnutí komise 2011/753/EU ze dne 18. listopadu 2011, kterým se zavádí pravidla a metody výpočtu pro ověření dodržování cílů stanovených v čl. 11 odst. 2 směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/EU
- [32] Vejnar, P., Bulková, G., Horáková, E., Buda Šepel'ová, Čejchan, T., Grusman, P. 2019. Matematické vyjádření „soustavy indikátorů OH“ v souladu s vyhláškou č. 383/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění. [cit. 10.7.2023]. Dostupné z: <https://www.inisoft.cz/uploads/media/default/0001/03/c29f066488e9ca772efa8fbaec6dd18658a93a8d.pdf>
- [33] Veřejné informace o produkci a nakládání s odpady. Ministerstvo životního prostředí [online]. INISOFT, s.r.o., c 2021 [cit. 2022-09-27]. Dostupné z: <https://isoh.mzp.cz/visoh>.
- [34] GBA. Česká bioplynová asociace. Mapa bioplynových stanic. [cit. 11.7.2023]. Dostupné z: <https://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic.html>