

WP 1.F Národní monitoring oběhového hospodářství

Souhrnná výzkumná zpráva

Výpočtové možnosti modelu rekonstrukce toku odpadů – pilotní případová studie (SS02030008-V67, 1.F.2.4)

Kolektiv autorů:

doc. Ing. Radovan Šomplák, Ph.D.
Ing. Jaroslav Pluskal, Ph.D.
doc. Ing. Martin Pavlas, Ph.D.
Ing. Jiří Valta

Řešitelské pracoviště:

VUT Brno, Ústav procesního inženýrství
CENIA, česká informační agentura životního prostředí

září 2024

T A
Č R

Projekt SS02030008 Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH) je financován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí ČR v rámci Programu Prostředí pro život.



Centrum environmentálního výzkumu
Odpadové a oběhové hospodářství
a environmentální bezpečnost

Informace o projektu

Konečný uživatel výsledků: **Ministerstvo životního prostředí**

Vršovická 1442/65
Praha 10, 100 10

Název projektu: Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost CEVOOH

Číslo projektu: CEVOOH SS02030008

Řešitel projektu: Česká informační agentura životního prostředí (CENIA)
Moskevská 1523/63, Praha 10, 101 00

Doba řešení: 2021 až 2026

Hlavní řešitel projektu: **Mgr. Miroslav Havránek, CENIA**

Pracovní balík: **WP1F - Národní monitoring oběhového hospodářství**

Garant pracovního balíku: **Doc. Ing. Martin Pavlas, Ph.D., VUT v Brně**

Garant MŽP: **Ing. Gabriela Bulková, MBA**

T A
Č R

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je financován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**.

www.tacr.cz

www.mzp.cz

1 Úvod

V rámci této výzkumné zprávy jsou popsány výpočtové možnosti nástroje REVEDATO, které je v rámci projektu CEVOOH postupně vyvíjeno na pracovišti Ústavu procesního inženýrství VUT v Brně. Vyvinuté algoritmy jsou postupně implementovány do vhodného softwarového řešení, díky kterému je možné rychle provádět výpočty pro libovolné odpadové toky. Prvotní výstup, týkající se nástroje REVEDATO, byl představen v rámci výsledku V65 (5/2023). Od té doby došlo k dalšímu vývoji a konkrétní funkcionality nástroje jsou prezentovány v této výzkumné zprávě prostřednictvím případové studie. V případové studii je řešen odpadový tok textilní odpady (kap. 4). Před prezentací případové studie jsou popsány jednotlivé funkcionality nástroje REVEDATO, které jsou již funkční (kap. 2), nicméně je možné jejich další rozvoj. Tyto možnosti jsou více rozebrány v závěru dokumentu v kap. 5.

2 Popis nástroje REVEDATO

Aktuálně nástroj REVEDATO nabízí 3 hlavní funkcionality. Všechny již byly ověřeny na reálných datech a je možné je použít pro dílčí analýzy a studie. Rozsáhlá analýza dat v odpadovém a oběhovém hospodářství hraje klíčovou roli pro efektivní vývoj v těchto oblastech. Proto bude cílem řešitele další rozvoj tohoto nástroje v budoucnosti. Popis konkrétních limitů jednotlivých funkcionalit nástroje REVEDATO je uveden v kap. 6 této výzkumné zprávy.

Funkcionality nástroje REVEDATO:

- 1) **Vyrovnaní dat o produkci a nakládání s odpady.** Tato funkcionality identifikuje nesoulad v datech, kdy jsou vykazovány chybné údaje nebo některé údaje zcela chybí. Tato funkcionality již byla detailně popsána v předchozí zprávě (M1F2 k V1.F.2.1) z roku 2022 a metodika výpočtu byla také publikována v odborném mezinárodním časopise (Pluskal et al., 2023). Během uplynulé doby u této funkcionality nedošlo k žádnému dalšímu vývoji, nicméně byla tato funkcionality opakovaně testována na reálných datech a v těchto testech se ukázala jako velmi silný nástroj pro verifikaci dat. Případné rozšiřování je uvedena v kap. 6. To platí i pro další uvedené funkcionality v této kapitole.
- 2) **Analýza toku odpadu mezi jednotlivými evidenty (geografický pohled).** V rámci evidence s sebou odpad nese informaci o jeho původu (kde a kým byl vyprodukován). To je dáno především nutností omezovat administrativní zátěž evidentů na minimum možného. Nicméně v tuto chvíli není možné s určitostí sledovat, kde a jakým způsobem byl zpracován konkrétní odpad. Tato funkcionality identifikuje všechny možnosti toku jednotlivých odpadů a na základě statistických a optimalizačních metod se pak určí jeho pravděpodobné místo a způsob zpracování. Samozřejmě výsledky obsahují určitou nejistotu, kterou je

ale možné kvantifikovat a doplnit bodový odhad hodnot i o odhady intervalové (viz kap. 6.).

- 3) **Analýza toku odpadu mezi jednotlivými katalogovými čísly (odpadový pohled).** Během zpracování odpadu dochází často k jejich úpravám, při kterých dochází k rozdělení odpadu do více odpadových frakcí nebo změna charakteru odpadu. Tímto způsobem dochází k mísení a rozdělování odpadu a produkuje se tak tzv. sekundární odpad. Jinými slovy odpad vzniklý z odpadu. Díky této funkcionalitě je možné odhadovat složení sekundárních odpadů, tj. jejich původ. Zvláště zajímavá je možnost identifikace poměru u katalogových čísel, které nejsou ryze sekundárního charakteru, ale obsahují i primární produkci. K identifikaci podílu primárního odpadu je využita metodika ve zprávě T1F4.

3 Analyzovaná data

Primárním zdrojem dat pro analýzy v této výzkumné zprávě a obecně pro použití nástroje REVEDATO je Informační systém odpadového hospodářství (ISOH). Dále jsou tato data o produkci a nakládání s odpady doplněna o data o zpracovatelských zařízeních. Všechny tyto údaje spravuje Česká informační agentura životního prostředí (CENIA) – řešitel projektu CEVOOH.

Nástroj REVEDATO může pracovat na libovolném detailu dat. To platí jak pro geografický pohled (územní členění: kraj, obec s rozšířenou působností (ORP), obec/základní územní jednotka (ZÚJ)), evident, provozovna/zařízení/obchodník), tak i pro odpadový pohled (skupiny a podskupiny, popř. katalogová čísla dle Katalogu odpadů nebo jejich různé seskupení, které bude označováno jako tok nebo subtok).

S rostoucí agregací se snižují výpočtové nároky, ale zároveň se vlivem agregací dat ztrácí cenné informace a výsledky jsou zatíženy větší nejistotou. V rámci případové studie prezentované níže bylo pracováno s daty v největším detailu a následně byly výsledky vhodně agregovány pro jejich srozumitelnou prezentaci.

Rozdělení rolí zapojených pracovišť:

1. CENIA a VUT – definice úlohy
2. CENIA – příprava vzorku dat a jejich anonymizace
3. VUT – vývoj nástroje REVEDATO a jeho úprava na míru, testování na vzorku dat
4. CENIA – spuštění nástroje na hlavní datové sadě ISOH, agregace výsledků
5. VUT – zpracování výsledků a jejich prezentace

4 Textilní odpady

Do odpadového toku textilní odpady spadá celkem pět katalogových čísel odpadu. Z toho dvě katalogová čísla ze skupiny 04 (odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu), jedno katalogové číslo ze skupiny 15 (odpadní obaly; absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené) a dvě katalogová čísla ze skupiny 20 (komunální odpady). Konkrétně se jedná o následující katalogová čísla:

- 04 02 21 Odpady z nezpracovaných textilních vláken
- 04 02 22 Odpady ze zpracovaných textilních vláken
- 15 01 09 Textilní obaly
- 20 01 10 Oděvy
- 20 01 11 Textilní materiály.

Obecně mezi textilní odpady patří odpady z textilních vláken – znehodnocené nebo poškozené textilní suroviny, odpady polotovarů a hotových výrobků z textilní výroby, textilní obaly, textilie vyřazené z provozu nebo ze spotřeby v důsledku ukončení životnosti. Jedná se například o odřezky látek, poškozené oblečení, zbytky nití a příze nebo nepoužívané textilní materiály. Tyto odpady mohou pocházet z výrobních procesů textilního průmyslu, spotřebitelského sektoru nebo z recyklace starých textilií. Tento odpadový tok zahrnuje širokou škálu materiálů, jako jsou bavlna, polyester, vlna a další textilní vlákna.

Odpadový tok představuje významný potenciál pro navýšení materiálového, případně energetického využití odpadu. Vhodnost dalšího využití textilních odpadů je dána jak chemickými vlastnostmi, tak i jeho celkovým množstvím. Aktuálně značný podíl výrobků z textilu končí mimo režim odpadů. S ohledem na změny legislativy se dá očekávat významné navýšení produkce tohoto toku s pozitivním dopadem na nakládání s textilním odpadem a také sledované indikátory odpadového hospodářství.

4.1 Základní analýza evidence

V prvním kroku je pomocí nástroje REVEDATO provedena základní analýza evidence za rok 2022. Cílem je získat představu o počtu zapojených subjektů, výši produkce a zpracování. Součástí je také identifikace chyb v systému s ohledem na hmotnostní bilance jednotlivých subjektů či v rámci transferů mezi nimi. Následující tabulka uvádí souhrn vypočítaných výsledků za textilní odpady. Kumulace představuje veškeré kladné evidované záznamy, které znamenají hmotnostní nárůst odpadu v rámci daného subjektu. Produkce je definovaná jako odpad vzniklý na území ČR. Importem je zde myšlena přeshraniční doprava odpadu do ČR. Ostatní kumulace zahrnuje především administrativní operace jako meziroční převod odpadu (vyskladnění) či inventurní rozdíly. Zpracování následně reprezentuje záporné evidované záznamy, které snižují množství odpadu. Vyjma tyto skupiny je definováno předání a převzetí odpadu, které zastupuje dílčí transfery odpadu (transport) mezi subjekty v ČR.

Tab. 1: Základní analýza evidence textilního odpadu

Textilní odpady (04 02 21, 04 02 22, 15 01 09, 20 01 10, 20 01 11)	Počet záznamů [-]	Množství [t]
Kumulace (kladné záznamy)	4 368	78 484
Produkce (A00, BN30, AN60)	4 153	59 301
Import (BN6, BN16)	30	12 429
Ostatní kumulace (další kladné záznamy krom B00)	185	6 755
Zpracování (záporné záznamy)	531	68 439
Energetické využití (XR1)	27	6 702
Materiálové využití *	53	26 601
Export (XN7, XN17)	8	11 288
Úprava (XR12, XD8, XD9, XD13, XD14)	97	9 586
Spalování (XD10)	24	152
Skládkování (XN12, XD1, XD5, XD12)	129	11 157
Jiné zpracování (další záporné záznamy krom předání)	193	2 952
Převzetí (B00)	5 864	74 166
Předání	4 982	84 211
Předání kalů (XN2)	0	0
Předání jiné oprávněné osobě (XN3)	4 978	84 002
Prodej odpadu jako suroviny (XN10)	4	209
Bilanční nesoulad celé ČR **	-	+ 10 046
Bilanční nesoulad v uzlech ***	0	0
Uzly s kladnou bilancí	0	0
Uzly se zápornou bilancí	0	0
Bilanční nesoulad v rámci převzetí a předání odpadu ****	6 829	- 10 046
Toky odpadu s kladnou bilancí	3 897	21 346
Toky odpadu se zápornou bilancí	2 932	- 31 392

* Materiálové využití je definováno kódy nakládání: XR2-XR11, XN1, XN8, XN11, XN13, XN15

** Produkce po odečtení zpracování v rámci celé evidence.

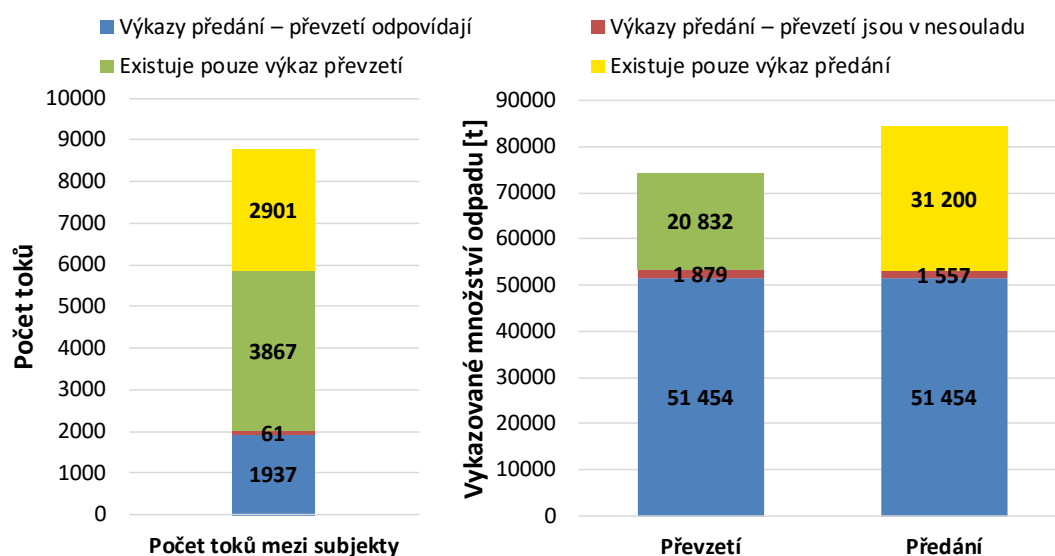
*** Absolutní hodnota z produkce mínus zpracování po jednotlivých subjektech a katalogových číslech.

**** Absolutní hodnota z převzetí mínus předání po jednotlivých tocích (tj. vazba mezi dvěma subjekty) a katalogových číslech.

Z evidovaných hodnot je patrná výše produkce, kdy se v průměru jednalo o 18 t na jeden evidovaný záznam. V roce 2022 byly textilní odpady také importovány ze zahraničí ve 30 případech, výhradně ze zemí EU. Ostatní kumulace zde zahrnovala především administrativní operace jako meziroční převod odpadu. Zpracování v průměru odpovídalo 129 t na jeden záznam v evidenci. Nejvíce zastoupené bylo materiálové využití, následně pak export či skládkování. Zde lze tedy identifikovat potenciál ke

zlepšení indikátorů nakládání s odpady. Část odpadu byla také upravena a z většiny přechází do sekundárních odpadů. Některé textilní odpady byly také energeticky využity.

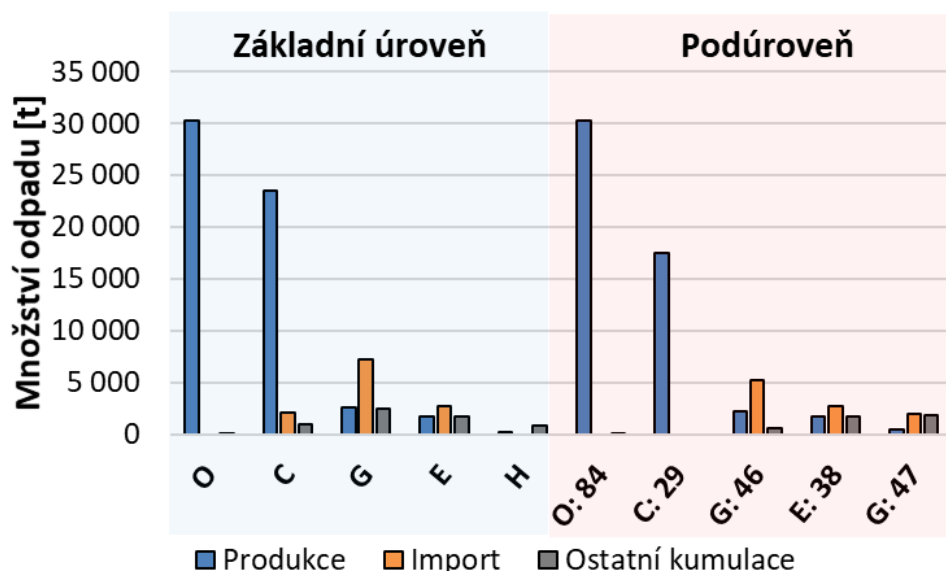
Při kontrole hmotnostních bilancí byl identifikován nesoulad na úrovni celého systému v množství 10 kt odpadu, přičemž produkce byla vyšší než nakládání, tj. v rámci ročních hlášení souhrnných údajů z průběžné evidence je část odpadu ztracena. Z uvedené statistiky však vyplývá, že nesoulad není způsoben na úrovni jednotlivých subjektů, ale vzniká při předávání odpadů mezi evidenty (viz obr. 1). Celkové předání odpadu je o 10 kt větší než v případě převzetí. V evidenci jsou však jak případy, kdy je převzato více odpadu, než předáno (3 897 toků), tak i případy, kdy je předáno více odpadu, než následně převzato (2 932 toků). Následující graf podrobněji popisuje transfery odpadu mezi jednotlivými subjekty.



Obr. 1: Analýza předání a převzetí textilního odpadu.

4.2 Analýza evidence dle ekonomické činnosti subjektů (NACE)

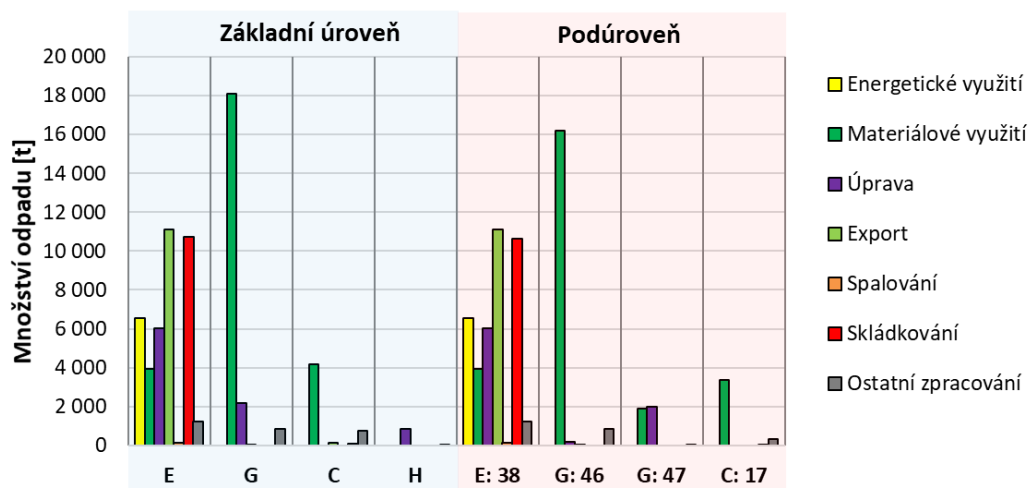
Následující analýzy pomocí nástroje REVEDATO se věnují produkci textilních odpadů s ohledem na ekonomickou činnost jednotlivých subjektů – NACE (viz reference Český statistický úřad). Díky této klasifikaci je možné identifikovat, ze kterých sektorů pochází většinové množství odpadu a o jaký typ kumulace se jedná. Následující graf na obr. 2 uvádí 10 nejvýznamnějších sektorů podílejících se na kumulaci (produkce, import a ostatní) textilních odpadů.



Obr. 2: Analýza kumulace textilních odpadů podle NACE

Největší část produkce připadala v roce 2022 na sektor „O“, který odpovídá veřejné správě. Zde jsou především zahrnuty samotné obce (podúroveň číslo 84) a tato část tak představuje obecní část produkce. Následně byl zde významný sektor „C“ reprezentující zpracovatelský průmysl, pod číslem 29 se jedná především o výrobu motorových vozidel. Dále se pak z pohledu produkce jednalo pouze o malou část odpadu připadající na sektor „G“ (Velkoobchod a maloobchod, údržba motorových vozidel) a „E“ (Činnosti související s odpady a vodou). Import odpadu byl evidován zejména v rámci ekonomických činností „G:46“ (Velkoobchod), následně pak v rámci činnosti „E:38“ (Odpady) a činnosti „G:47“ (Maloobchod).

Z pohledu ekonomických činností byla provedena také analýza zpracování, kterou uvádí následující graf na obr. 3. Uvedeny jsou 4 nejvýznamnější sektory z pohledu zpracovaného množství textilních odpadů.

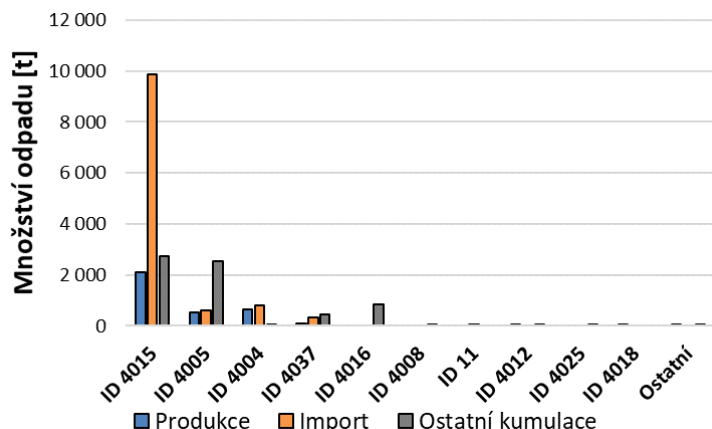


Obr. 3: Analýza zpracování textilních odpadů podle NACE

Nejvíce se na zpracování textilních odpadů podílel sektor „E:38“, který je definován jako „Sběr a odstraňování odpadů“. V tomto sektoru měl největší zastoupení export a skládkování odpadu. V rámci materiálového využití dominoval sektor „G“ (Velkoobchod a maloobchod, údržba motorových vozidel), následně pak sektor „C“ (Zpracovatelský průmysl) a zmíněný sektor „E“. Tyto tři skupiny představovaly v roce 2022 celkem přes 96 % celkového nakládání s textilními odpady.

4.3 Analýza evidence dle typů zařízení

Další analýza evidence textilních odpadů je provedena z pohledu typů jednotlivých zařízení. Může se jednat o zařízení mobilní nebo stacionární. Toto rozdělení je definováno na základě platné legislativy, která se týká povolení přebírat odpad v místě jeho vzniku (mobilní) či v místě provozovny (stacionární). Některé subjekty nepatří ani do jedné skupiny a nejsou tedy v následujících výstupech zohledněny. Jedná se však zejména o obce, které se podílejí primárně na produkci odpadu. V případě zpracování by měla být pokryta většina odpadu. Následující graf na obr. 4 analyzuje kumulaci (produkce, import a ostatní) textilních odpadů na zařízeních.

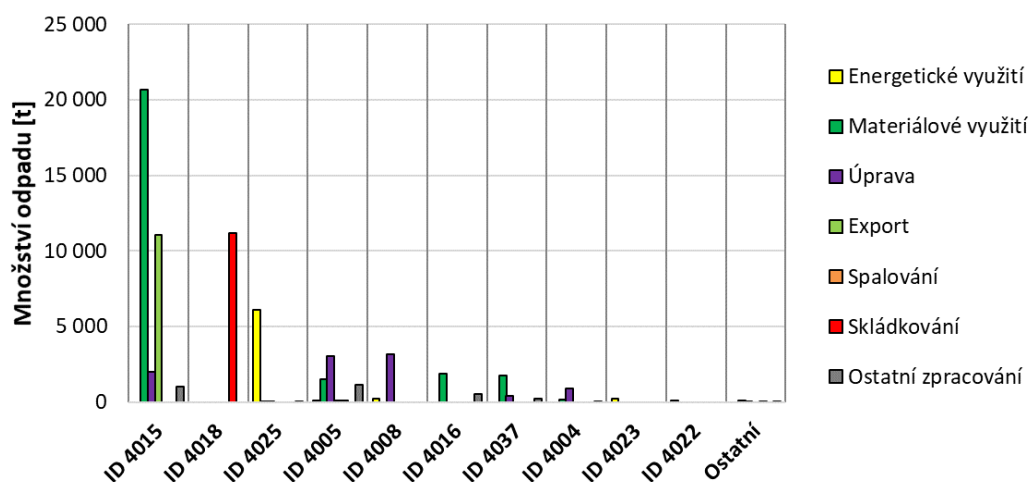


Pozn.: kategorie na ose x je značení typu zařízení použité v systému ISOH

Obr. 4: Analýza transportu

Produkce odpadu v zařízeních nedosahovala v roce 2022 významných hodnot. Většina odpadu je produkováána mimo zařízení, tzn. u původců, kteří nejsou současně zařízením pro zpracování toku textilní odpady. Zde dominoval import, konkrétně v zařízení typu „Recyklace“ (ID 4015). Jako významnou část odpadu zde lze považovat ostatní kumulaci, která zahrnuje především administrativní operace spojené s meziročním převodem odpadu. Tento převod byl evidován zejména v zařízeních typu „Recyklace“ a „Sběrna odpadu“.

Následující graf na obr. 5 uvádí rozdělení způsobů zpracování u jednotlivých typů zařízení.

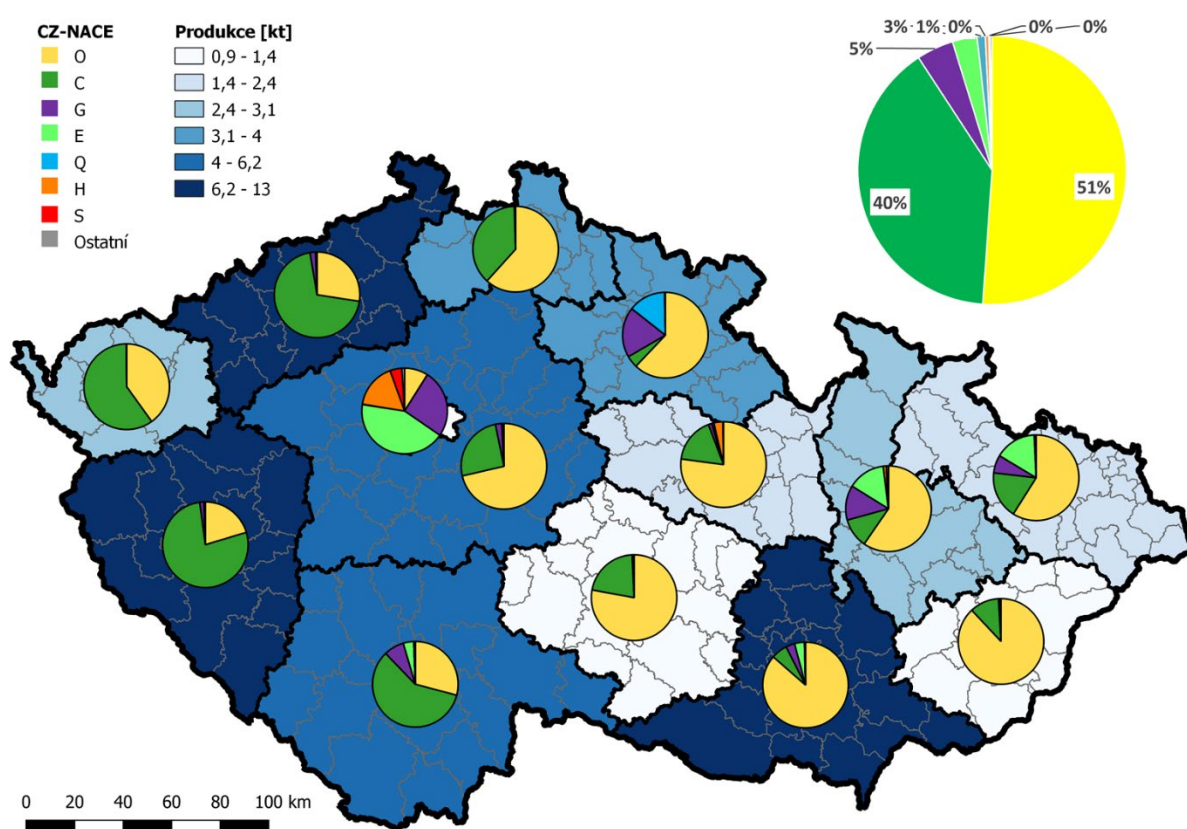


Obr. 5: Analýza transportu

Největší podíl na zpracování mělo zařízení typu „Recyklace“ (ID 4015), kde bylo evidováno především materiálové využití textilních odpadů a export odpadu. Následně bylo významné zařízení typu skládka (ID 4018). Úprava textilních odpadů byla evidována zejména v zařízeních typu „Sběrna odpadu“ (ID 4005) a „Třídící nebo dotřídňovací linka“ (ID 4004). Část zpracování bylo také evidována v zařízeních typu „Kompostárna“ (ID 4016) či „Příprava na opětovné použití“ (ID 4037).

4.4 Analýza dle regionů (mapové podklady)

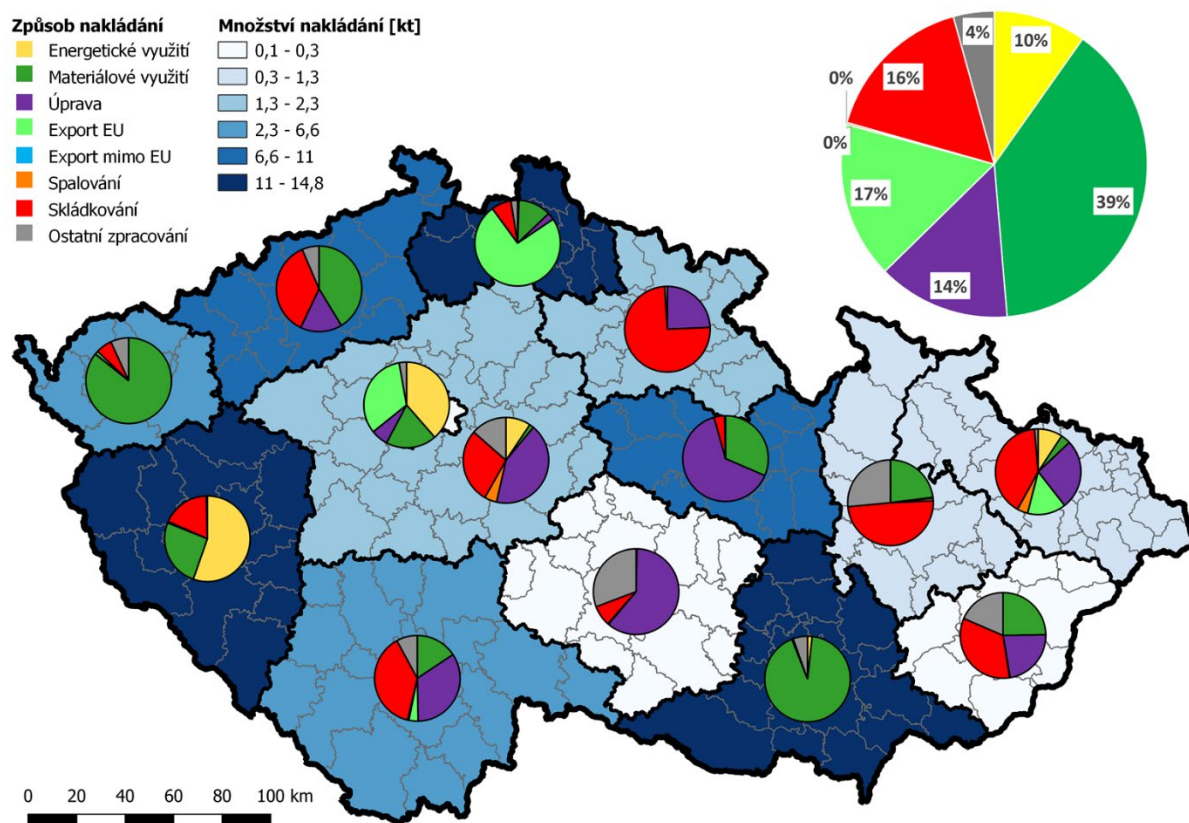
V této části jsou výše uvedené analýzy promítnuty do detailu jednotlivých krajů. Cílem je identifikace regionů s atypickým chováním vůči celé ČR, jak v produkci, tak zejména ve zpracování. Tyto informace mohou pomoci k cílenému směřování podpory nebo návrhu legislativních úprav a kontrol. Výsledky jsou prezentovány v detailu krajů z důvodu zachování přehlednosti. Nástroj REVEDATO však umí příslušné analýzy provést na libovolném uzemním detailu (ČR, Kraj, ORP, ZÚJ). Na následujícím obr. 6 je zobrazena v mapě produkce s ohledem na ekonomickou činnost NACE.



Obr. 6: Produkce textilních odpadů v krajích ČR podle NACE

Produkce textilního odpadu v roce 2022 byla koncentrována zejména v západní části území ČR a v Jihomoravském kraji. Struktura producentů dle NACE byla také odlišná, kde na východu ČR byl zastoupen zejména sektor „O“ (veřejná správa, obce). Na západě území byl pak hojně zastoupen sektor „C“ (zpracovatelský průmysl), což značí velký podíl produkce firemního odpadu. Z výsledků je tak patrné, že průmysl ve spojení s textilními odpady je poměrně značně koncentrován.

Následující obr. 7 detailněji popisuje způsob zpracování v jednotlivých krajích.



Obr. 7: Zpracování textilních odpadu v krajích ČR podle NACE

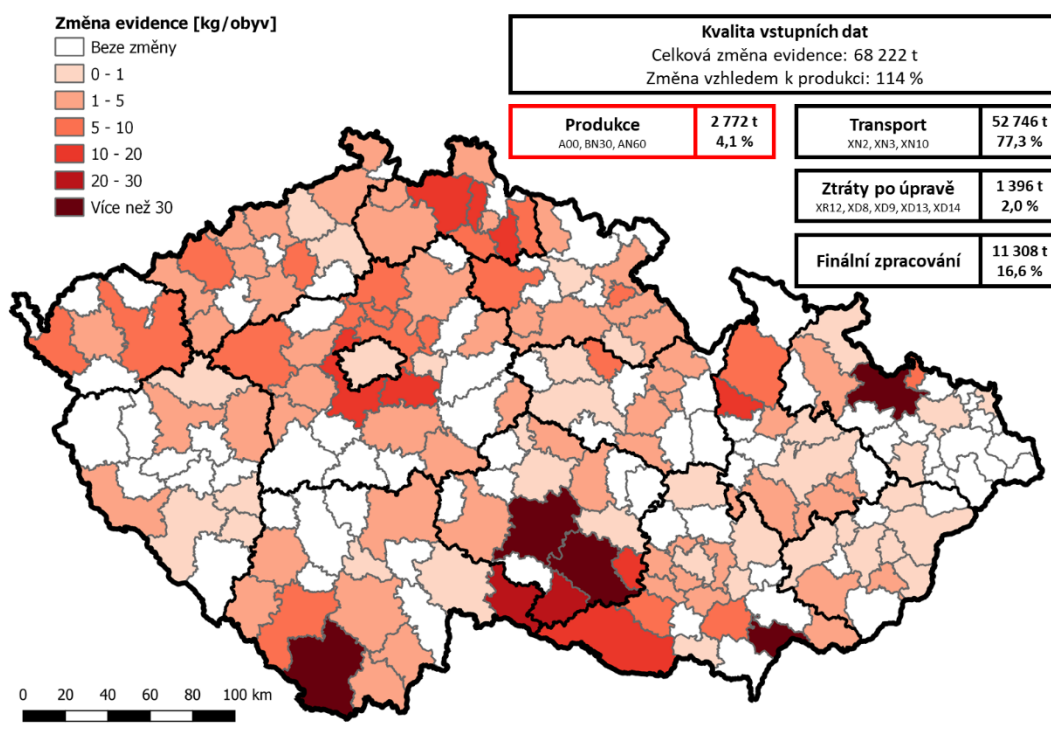
Rozložení množství zpracovaného odpadu v rámci krajů ČR vykazuje podobné rysy jako v případě produkce. Západ území má větší zpracovatelské kapacity než východ ČR. Nejvíce je zastoupeno materiálové využití, které zejména dominuje v Jihomoravském a Karlovarském kraji. Energetické využití bylo evidováno zejména v oblastech zařízení pro energetické využití odpadu. V případě textilních odpadů se jedná o Hl. město Praha a Plzeňský kraj. V Libereckém kraji je zastoupen největší podíl exportu odpadu do zahraničí. Významně je evidováno skládkování, konkrétně v Královéhradeckém kraji

představuje 75 % veškerého zpracování. Vysoký podíl skládkování je také na východní části území ČR.

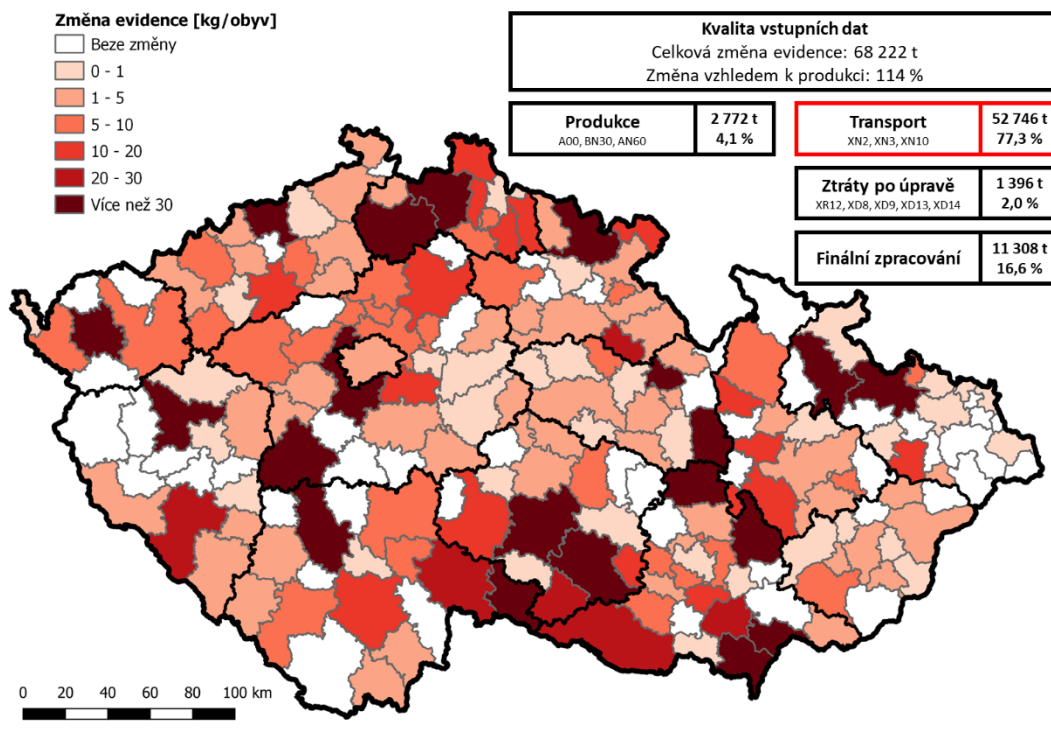
4.5 Aplikace nástroje REVEDATO k opravě hmotnostních bilancí

Krom výše uvedených analýz a identifikaci chyb v datech umožňuje nástroj REVEDATO tyto chyby opravit. Oprava je realizována pomocí implementace nejmenších možných odchylek k jednotlivým záznamům tak, aby byly splněny hmotnostní bilance v rámci všech úrovní modelovaného systému. Separátně jsou kontrolovány bilance v uzlech včetně rozlišení původu odpadu (A/B/C). Současně je zajištěna návaznost při předání odpadu, aby párové záznamy si zcela odpovídaly jak z pohledu množství, tak i správným uvedením partnera. V rámci úprav je posuzována věrohodnost jednotlivých subjektů a je tak snaha identifikovat problematické evidenty, u kterých je provedeno nejvíce změn. Detailní popis přístupu je uveden ve výstupu M1F2 k V1.F.2.1, případně v publikaci (Pluskal et al., 2023).

Níže jsou uvedeny na mapových podkladech dílčí kategorie změn evidence, které nástroj REVEDATO provedl. Celkově bylo provedeno značné množství úprav, které většinou souvisí s úpravou transportu. V evidenci jsou často k vidění chyby, kdy je špatně zadán identifikátor partnera – spojení IČO, IČZ, ZUJ. Například je v nesouladu IČZ, případně i umístění v rámci ZUJ. Tyto korekce nepředstavují výrazný zásah do evidence, avšak poukazují na nedůkladné chování evidentů při reportování. Produkce byla modifikována o necelých 2,8 kt, což vzhledem k evidované produkci představuje přibližně 5% úpravu. Největší zásahy v rámci regionů lze pozorovat na pomezí Jihomoravského kraje a kraje Vysočina.

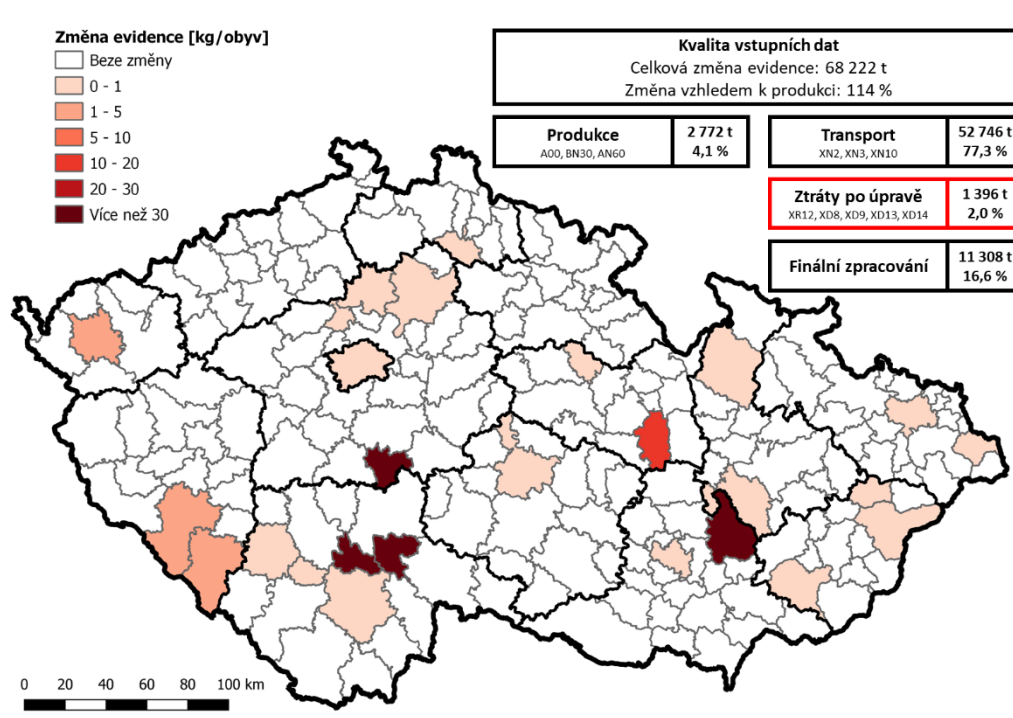


Obr. 8: Zásahy do evidence produkce v jednotlivých ORP pomocí nástroje REVEDATO.

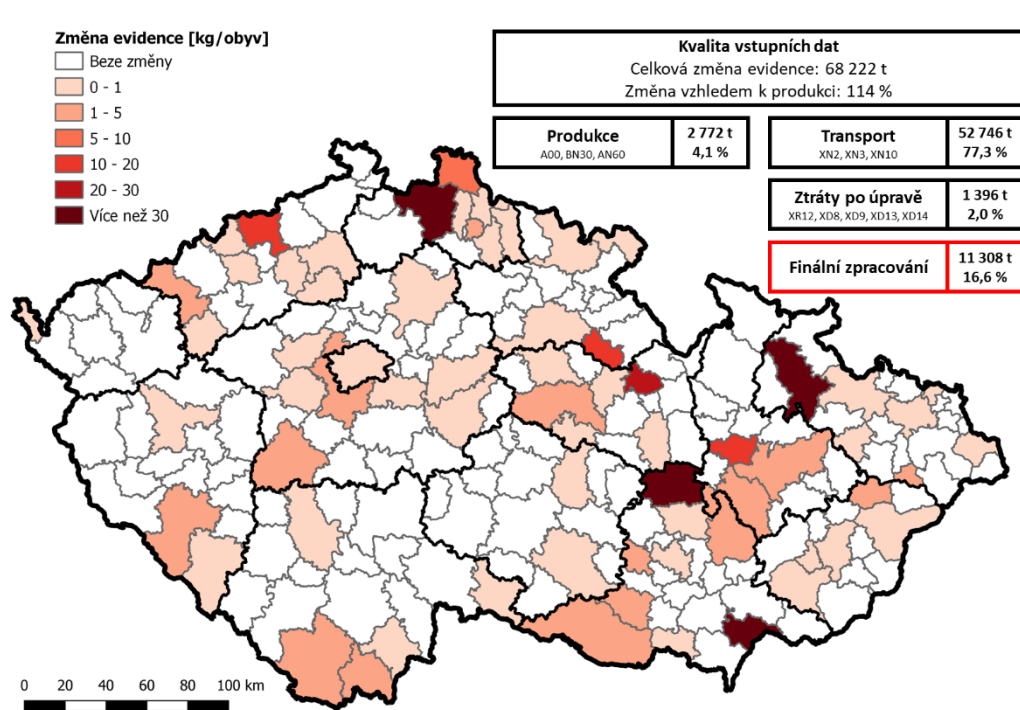


Obr. 9: Zásahy do evidence předání – převzetí (transport) v jednotlivých ORP pomocí nástroje REVEDATO.

Součástí nástroje je také analýza z pohledu toků odpadu mezi katalogovými čísly, tj. při analýze mezi primárními a sekundárními odpady. Zde bylo modelem identifikováno, že přibližně 1,4 kt textilního odpadu, který byl dotříděn či jakkoliv upravován, byl z odpadové evidence ztracen. V rámci regionální analýzy se jedná o koncentrované chyby ve vybraných zařízeních. Evidované finální zpracování odpadu bylo nástrojem upraveno významněji, kdy hlavním důvodem je nevyrovnaná bilance mezi evidovanou produkcí a zpracováním o 10 kt, viz tab. 1. Nástroj tak dle bilančních nesouladů identifikovat vybrané regiony (individuální subjekty), u kterých navýšil množství zpracovaného odpadu. Opět jako v případě ztrát po úpravě, jsou úpravy modelu koncentrovány ve vybraných zařízeních.



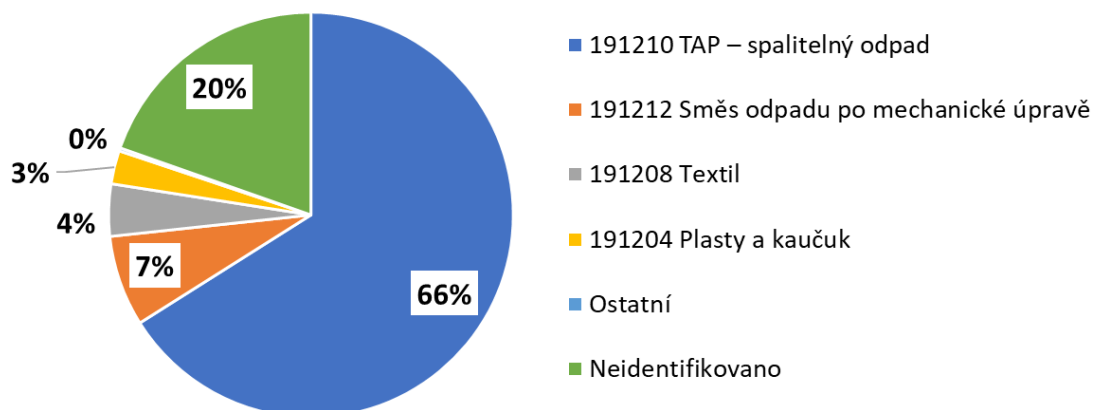
Obr. 10: Identifikované ztráty po úpravě textilního odpadu v jednotlivých ORP pomocí nástroje REVEDATO.



Obr. 11: Zásahy do evidence zpracování v jednotlivých ORP pomocí nástroje REVEDATO.

4.6 Souhrnná analýza včetně sekundárních odpadů

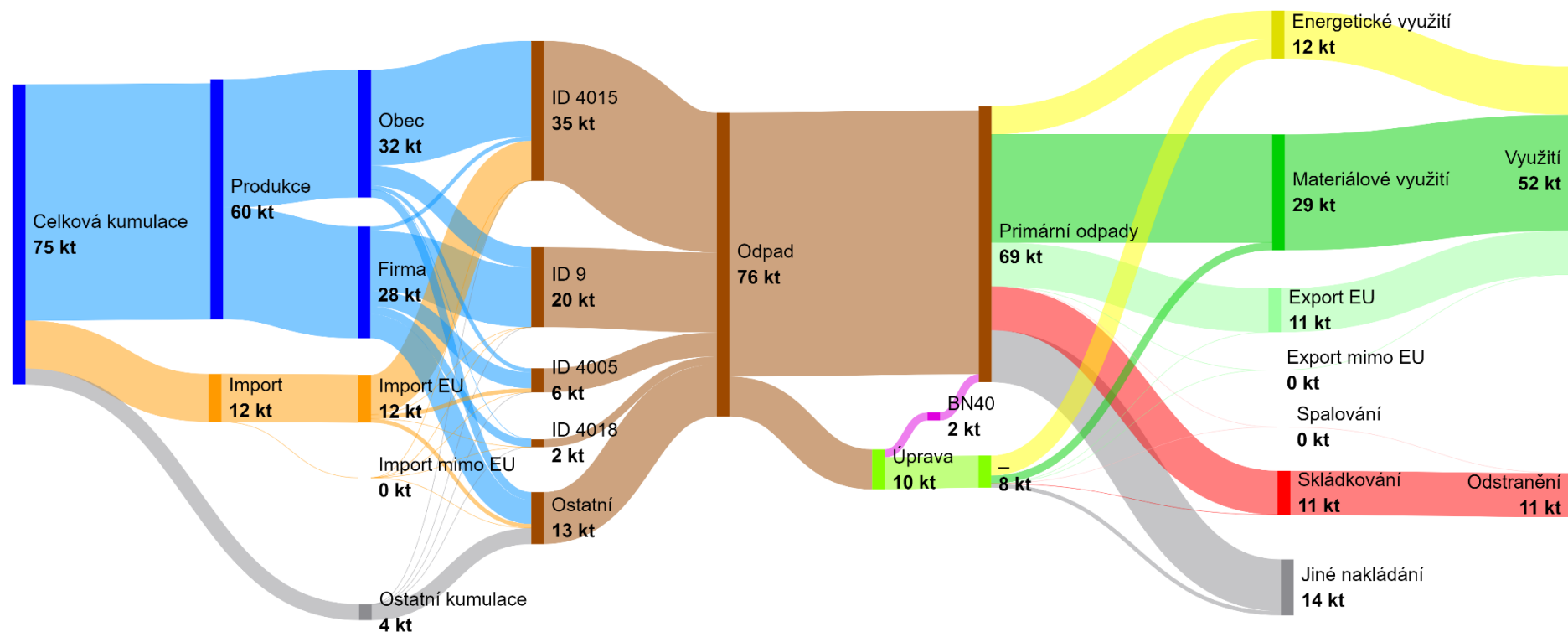
Poslední kapitola studie pro textilní odpady se týká souhrnného popisu toků odpadu přes jednotlivá zařízení, sekundární odpady vznikající při zpracování textilních odpadů až po finální nakládání. Nejprve je uveden podíl sekundárních odpadů, kam primární textilní odpady po úpravě přecházejí. Příslušné podíly jsou získány pomocí metodiky T1F4 a zobrazeny na obr. 12.



Obr. 12: Druhy sekundárních odpadů vznikajících z textilních odpadů

Největší zastoupení má katalogové číslo 19 12 10 (spalitelný odpad – TAP), které představuje spalitelný odpad s velkou výhřevností. Následně je zde katalogové číslo 19 12 12 (směs odpadu po mechanické úpravě), 19 12 08 (textil) a 19 12 04 (plast a kaučuk). Přibližně 20 % úpravy nebylo identifikováno a s největší pravděpodobností se jedná o odpad, který jako produkt opustil evidenci odpadů.

Vazba mezi primárními a sekundárními odpady je klíčová pro vytvoření kompletního Sankey diagramu, který popisuje toky odpadu v rámci systému nakládání s textilním odpadem. Výstup nástroje REVEDATO je zobrazen na obr. 13.



Obr. 13: Schéma toku textilních odpadů (katalogová čísla 04 02 21, 04 02 22, 15 01 09, 20 01 10, 20 01 11) v roce 2022, ČR.

Pozn. ID 4015 (stacionární zařízení – Recyklace), ID 9 (mobilní zařízení – Sběr odpadu), ID 4005 (stacionární zařízení – Sběrna odpadu), ID 4018 (stacionární zařízení – skládka)

Z uvedeného diagramu vyplývá, že produkce v roce 2022 dosahovala 60 kt, přičemž 32 kt bylo obecního původu a 28 kt bylo firemního odpadu. Import dosahoval 12 kt a jednalo se výhradně i import ze zemí EU. Ostatní kumulace byla 4 kt a zahrnuje především administrativní operace jako inventurní rozdíl či vyskladnění odpadu z minulých let. Mezi nejvýznamnější typy zařízení zde patří především stacionární zařízení typu „Recyklace“ (35 kt), mobilní „Sběrna odpadu“ (20 kt), následně stacionární zařízení typu „Sběrna odpadu“ (6 kt). Textilní odpad v množství 2 kt byl předán výhradně od firem přímo do zařízení typu „Skládka“. Následně 13 % textilního odpadu je předmětem předúpravy odpadu (dotřídění), kdy většina upraveného odpadu jde na energetické využití či recyklaci. Přímé zpracování vybraných katalogových čísel probíhá zejména formou recyklace (39 %), exportu do zemí EU (16 %), skládkování (16 %) či energetické využití (10 %). S částí primárních odpadů je také nakládáno jiným způsobem (19 %), které zahrnuje především administrativní operace s odpadem.

5 Možnosti dalšího rozšíření nástroje REVEDATO

Nástroj REVEDATO představuje na základě uvedených výsledků robustní analytický nástroj, který umožňuje verifikovat evidovaná data a navrhnout pravděpodobný scénář, který splňuje podmínku platnosti hmotnostních bilancí na všech úrovních systému, tj. u jednotlivých evidentů (původci a zařízení jednotlivě nebo agregovaně), u jednotlivých druhů odpadů nebo toků i různých územních celků.

Jak ukazuje provedená analýza pro tok textilní odpad, nástroj REVEDATO v současné úrovni existence matematického modelu umožňuje provést komplexní analýzy, které dosud nebyly s daty v ČR možné. Představuje tak značný posun ve schopnostech analýz toků odpadů. Pro státní správu přináší kvantitativně i kvalitativně nové výstupy. Vytvořený nástroj současně představuje velmi efektivní prostředek pro vytěžování dat v oblasti odpadového hospodářství, které státní správa vyžaduje hlásit od povinných subjektů dle zákona od odpadech. Z dosavadního vývoje je však možné identifikovat také slabé stránky a určit další směry jeho vývoje.

Prvním vylepšením je implementace algoritmu pro odhad přímých vazeb mezi producentem a zpracovatelem. Tato informace skrze několikanásobná předání v rámci systému není v datech dostupná. Robustní odhad toků na rozsáhlé databázi dat však představuje složitý statistický či optimalizační problém s velkou výpočetní náročností. Navržený přístup tak musí kriticky přistupovat k jednotlivým aspektům úlohy, využít dekompozičních metod apod.

Současná podoba nástroje pracuje vždy pouze s jedním katalogovým číslem, které detailně analyzuje, identifikuje chyby a navrhne pravděpodobný scénář opravy. Souhrny za více katalogových čísel pak představuje jejich sumaci. Výjimku zde tvoří analýza sekundárních odpadů, kde jsou posuzovány hmotnostní toky mezi dvěma sadami

katalogových čísel. Při návrhu důvěryhodnosti jednotlivých evidentů lze však přihlídnout i k evidenci dalších odpadů a vstupní váhy do vyrovnání dat tak navrhnout robustněji. Tento přístup by také umožňoval odhalit odlehle hodnoty způsobené nepřesným zadáním hodnot do systému kvůli špatným jednotkám.

Reference

Vyhláška č. 8/2021. Vyhláška č. 8/2021 Sb. o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů) ze dne 12. 1. 2021. Sbírka zákonů České republiky. 2021. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-8>.

Vyhláška č. 273/2021. Vyhláška č. 273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-273>.

Zákon č. 541/2020. Zákon č. 541/2020 Sb. O odpadech. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>.

Pluskal, J., Šomplák, R., Němcová, L., Valta, J., Pavlas, M., 2023. Mathematical modelling of waste flows and treatment based on reconstruction of historical data: Case of wastewater sludge in Czech Republic. Journal of Cleaner Production, 420, 138393. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138393>.

Český statistický úřad. Klasifikace ekonomických činností (CZ-NACE) platná od 1. 1. 2008. Dostupné z: <https://csu.gov.cz/klasifikace-ekonomickych-cinnosti-cz-nace-platna-od-1-1-2008>

Přílohy