



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

VYUŽITÍ ODPADŮ V KONTEXTU AKTUÁLNÍCH LEGISLATIVNÍCH OPATŘENÍ A PRINCIPŮ OBĚHOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

UTILIZATION OF WASTE IN THE CONTEXT OF CURRENT LEGISLATIVE MEASURES AND PRINCIPLES OF
CIRCULAR ECONOMY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Dočekal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1690/2021 Akademický rok: 2021/22
Ústav: Ústav chemie a technologie ochrany
životního prostředí
Student: **Petr Dočekal**
Studijní program: Chemie a technologie ochrany
životního prostředí
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D.**

Název bakalářské práce:

Využití odpadů v kontextu aktuálních legislativních opatření a principů oběhového hospodářství

Zadání bakalářské práce:

1. Zpracovat literární rešerši aktuálních relevantních právních předpisů na úrovni ČR (Státní politika životního prostředí pro roky 2030 – 2050, Zákon o odpadech, Zákon o obalech a Zákon o výrobcích s ukončenou životností) a související dokumenty na úrovni Evropských společenství, tj. Akční plán pro cirkulární ekonomiku, ZELENOU DOHODU pro Evropu, tzv. GREEN DEAL
2. Přehled aktuálního způsobu nakládání s vybranými druhy odpadů: čistírenské kaly, obalový materiál
3. Návrh optimálního „oběhového hospodářství“ pro zvolené druhy odpadů v režimu vedlejších produktů, materiálově transformovaných odpadů (hnojiv), apod. v kontextu legislativních omezení
4. Kritické zhodnocení navrženého oběhového hospodaření s vybranými druhy odpadů

Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2022:

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

Petr Dočekal
student

Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Jiří Kučerík, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2022

prof. Ing. Michal Veselý, CSc.
děkan

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá využíváním vybraných druhů odpadů za podmínek aktuální legislativy platné na území ČR. Zaměřuje se na plastový obalový odpad a čistírenský kal – odpad vzniklý z čištění komunálních odpadních vod.

Cílem práce bylo zpracování rešerše aktuální legislativy a strategických dokumentů v oblasti nakládání s odpady v kontextu principů cirkulární ekonomiky a v návaznosti na to potom návrh a poté kritické zhodnocení optimálního systému využívání výše uvedených odpadů založený na principech oběhového hospodářství. Byly popsány jak jeho silné, tak slabé stránky fungování i základní ekonomické parametry.

První částí práce je popis a aktuální způsoby nakládání se zvolenými druhy odpadů a rešerše právních předpisů a strategických dokumentů na úrovni EU i ČR. Ve druhé části je navrhnout a zhodnocen optimální oběhový způsob nakládání s odpadem.

Pro plastový obalový odpad se v současnosti uplatňuje donáškový systém. Bakalářská práce se zabývá novým systémem zpětného odběru PET lahví a porovnává jejich silné a slabé stránky. Pro čistírenský kal bylo jako optimální způsob nakládání zvolen sušení a následná pyrolýza, která se jeví jako velmi efektivní způsob.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the use of selected types of waste under the conditions of current legislation in force in the Czech Republic. It focuses on plastic packaging waste and sewage sludge – waste generated from municipal wastewater treatment.

The aim of the work was to process a search of current legislation and strategic documents in the field of waste management in the context of the principles of circular economy and then design and then critical evaluation of the optimal system of utilization of the above waste based on the principles of circular economy. Both its strengths and weaknesses as well as basic economic parameters were described.

The first part of the work is a description and current methods of waste management and search for legislation and strategic documents at the EU and Czech level. In the second part, the optimal circulatory method of waste management is designed and evaluated.

A delivery system is currently in place for plastic packaging waste. The bachelor work deals with a new system of taking back PET bottles and compares their strengths and weaknesses. For the sewage sludge, drying and subsequent pyrolysis were chosen as the optimal treatment method, which seems to be a very efficient method.

KLÍČOVÁ SLOVA

odpad, čistírenský kal, plastový obalový odpad, legislativa, oběhové hospodářství

KEY WORDS

waste, sewage sludge, plastic packaging waste, legislation, circular economy

CITACE

DOČEKAL, Petr. *Využití odpadů v kontextu aktuálních legislativních opatření a principů oběhového hospodářství* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/139262>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí . Vedoucí práce Tomáš Chorazy.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické Vysokého učení technického v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT v Brně.

.....
Podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych zde poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomáši Chorazymu Ph.D. za možnost vypracovat práci pod jeho vedením, za jeho odborné rady, trpělivost, ochotu a čas, který mi pro účely práce věnoval. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině a blízkým přátelům, kteří mi byli oporou nejen při studiu.

Obsah

1 ÚVOD	7
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	8
2.1 Popis odpadů a aktuální způsoby jejich využití	8
2.1.1 Obalový materiál	8
2.1.2 Čistírenský kal.....	9
2.2 Přehled právních předpisů a strategických dokumentů.....	11
2.2.1 Na úrovni EU	11
2.2.1.1 Zelená dohoda pro Evropu	12
2.2.1.2 Akční plán pro cirkulární ekonomiku [13].....	12
2.2.2 Na úrovni ČR	15
2.2.2.1 Státní politika životního prostředí pro roky 2030 – 2050 [15].....	15
2.2.2.2 Cirkulární Česko [16].....	18
2.2.2.3 Zákon o odpadech [20].....	19
2.2.2.4 Zákon o obalech [22].....	23
2.2.2.5 Zákon o výrobcích s ukončenou životností.....	24
3 NÁVRHOVÁ ČÁST	25
3.1 NÁVRH OPTIMÁLNÍHO SYSTÉMU OBĚHOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ PRO ZVOLENÉ DRUHY ODPADŮ.....	25
3.1.1 Donáškový systém třídění plastů.....	25
3.1.2 Zpětný výběr PET obalového materiálu.....	25
3.1.3 Legislativní rámec pro využívání čistírenského kalu	25
3.1.3.1 Sušení čistírenského kalu	26
3.1.3.2 Pyrolýza čistírenského kalu.....	28
3.2 KRITICKÉ ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO SYSTÉMU	29
3.2.1 Kritické zhodnocení zpětného výběru PET obalového materiálu	29
3.2.1.1 Silné stránky	29
3.2.1.2 Slabé stránky	29
3.2.1.3 Ekonomika	29
3.2.2 Kritické zhodnocení pyrolýzy čistírenského kalu	29
3.2.2.1 Silné stránky	29
3.2.2.2 Slabé stránky	30
3.2.2.3 Ekonomika	30
4 ZÁVĚR.....	31
5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	32

6 SEZNAM ZKRATEK.....	35
-----------------------	----

1 ÚVOD

Odpad na Zemi byl, je a bude. Množství odpadu úzce souvisí s kvalitou života v dané oblasti. Životní prostředí je velmi složitý komplexní útvar fungující v rovnováze. Právě tato rovnováha je ale narušena. Produkce odpadů celosvětově neustále roste a i přes snahu posledních let se nedaří tento trend zastavit. Odborníci se proto snaží vymyslet nové efektivní metody pro nakládání s odpady.

Prioritou odpadového hospodářství je jednoznačně snížit produkci odpadu. Pokud odpad nevznikne, nemusíme se ho mnohdy složitými a drahými procesy zbavovat. Tento ideální scénář ovšem často není reálný. Proto je třeba vznik odpadu alespoň minimalizovat. Vzniklý odpad se již v dnešní době může stát surovinou, pokud jej dokážeme materiálově využít. Taková surovina může být levnější, ale též šetrnější k planetě kvůli zřejmým environmentálním zátěžím spojených s těžbou či přepravou. Dalším způsobem využití odpadů je energetické, kdy z odpadu dostaneme energii, proto se odpad jako její zdroj při stále rostoucích cenách též stává ceněným artiklem. Společensky nejméně vhodným způsobem nakládání s odpady je skládkování, které není řešením problému, nýbrž jeho odložením na později. Z toho důvodu se zpřísňují podmínky a poplatky pro uložení odpadu na skládku a v budoucnu bude snahou tento způsob zcela eliminovat.

Oběhové hospodářství (též cirkulární ekonomika) se zdá být směrem, kterým bude snaha směřovat. Má za cíl zacyklit tok surovin v oběhu tím, že bude pro vzniklý odpad hledat využití.

Tato práce se konkrétněji zabývá odpady z plastového obalového odpadu a čistírenským kalem z čištění komunálních odpadních vod. Plast budí ve veřejnosti pravděpodobně největší a oprávněný strach. Tento poměrně nový materiál má totiž kromě svých nesporných kvalitních a praktických vlastností své stinné stránky. Podobně je na tom čistírenský kal, který má spoustu užitečných vlastností, zejména obsah organických látek a živin, ale také obsahuje množství polutantů, díky kterým musí být jeho využití legislativně upraveno.

Je tedy velmi důležité se této problematice věnovat. Zefektivnit výrobní procesy, sledovat chování odpadů v životním prostředí, informovat veřejnost a pro naše dobro před nimi chránit přírodu.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Popis odpadů a aktuální způsoby jejich využití

Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit [1]. Se zvýšenou poptávkou po nejrůznějších produktech vzniká i množství vznikajících odpadů, a to jak při jejich výrobě, tak i při jejich spotřebě. Pokud při výrobě vznikají i jiné než hlavní produkty, dělíme je na odpady a vedlejší produkty. Vedlejší produkt má euronovelou definované hranice, kdy odpad přestává být odpadem. Podmínek je více a musí být splněny současně. Hlavní podmínkou je, že se věc musí dále využívat a existuje na ni poptávka [2].

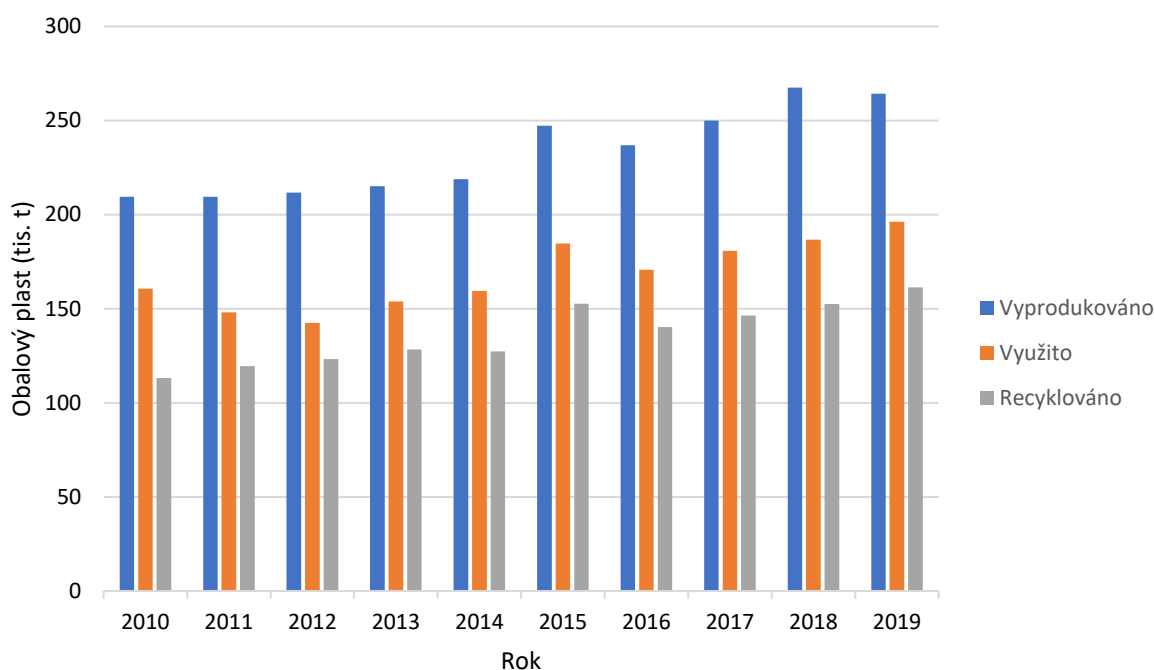
Zvolené druhy odpadu

Tato bakalářská práce se zabývá dvěma druhy odpadů, kterými jsou obalový materiál a čistírenský kal z komunálních čistíren odpadních vod. Tyto odpady jsou v kontextu této práce zajímavé z toho důvodu, že mají vysoký potenciál naplnit principy cirkulární ekonomiky a zároveň patří mezi odpady, které jsou předmětem zvýšeného zájmu odborné veřejnosti z pohledu technologií jejich zpracování a úpravy, ekonomického a užitného potenciálu nebo organizačního zajištění jejich maximálního využití.

2.1.1 Obalový materiál

Použité spotřebitelské obaly neodmyslitelně patří ke komunálnímu odpadu. Čím se zvyšuje životní úroveň, tím jejich množství neustále narůstá. Zákon o obalech stanovil řadu povinností všem, kdo uvádějí obaly na trh nebo do oběhu [3]. Velmi diskutovaným odvětvím obalových materiálů jsou biodegradabilní obaly. Ty jsou vyrobeny především z plastů s přísadou biomasy či škrobu. Například oxodegradabilní plasty jsou ale terčem kritiky, neboť se při jejich rozkladu uvolňují miniaturní plasty, které poté po dlouhou dobu znečišťují životní prostředí [1].

Konkrétním obalovým materiálem řešeným v této bakalářské práci bude materiál polyethylentereftalát. Jedná se o termoplast ze skupiny polyesterů, známý pod zkratkou PET. Odpady z materiálu PET lahví se ve velké míře vyskytují ve všech státech EU a samozřejmě i v celém světě. Jeho nejčastějším využitím je balení převážně nápojů a potravin. Najdeme jej ale i v textilních a průmyslových výrobcích. U nápojových obalů, tj. PET lahví, se jako největší problém jeví účinnost recyklace, aby se do plastu z materiálu PET nepřimíchal jiný plast, například PVC [1].



Obrázek 1: Produkce, využití a recyklace plastových obalů v ČR mezi lety 2010-2019 (zdroj: [4])

Množství vyprodukovaného odpadu roste, nejinak je tomu u plastových obalů, kde je zaznamenán menší meziroční nárůst. Z obrázku č. 1 vyplývá, že nejvyšší hodnoty bylo dosaženo v roce 2018, kdy se v ČR vyprodukovalo 267,5 tis. t. Pozitivní zprávou ale je, že roste i množství využitého odpadu, ať už materiálově či energeticky. Daří se také zvyšovat účinnost recyklace.

2.1.2 Čistírenský kal

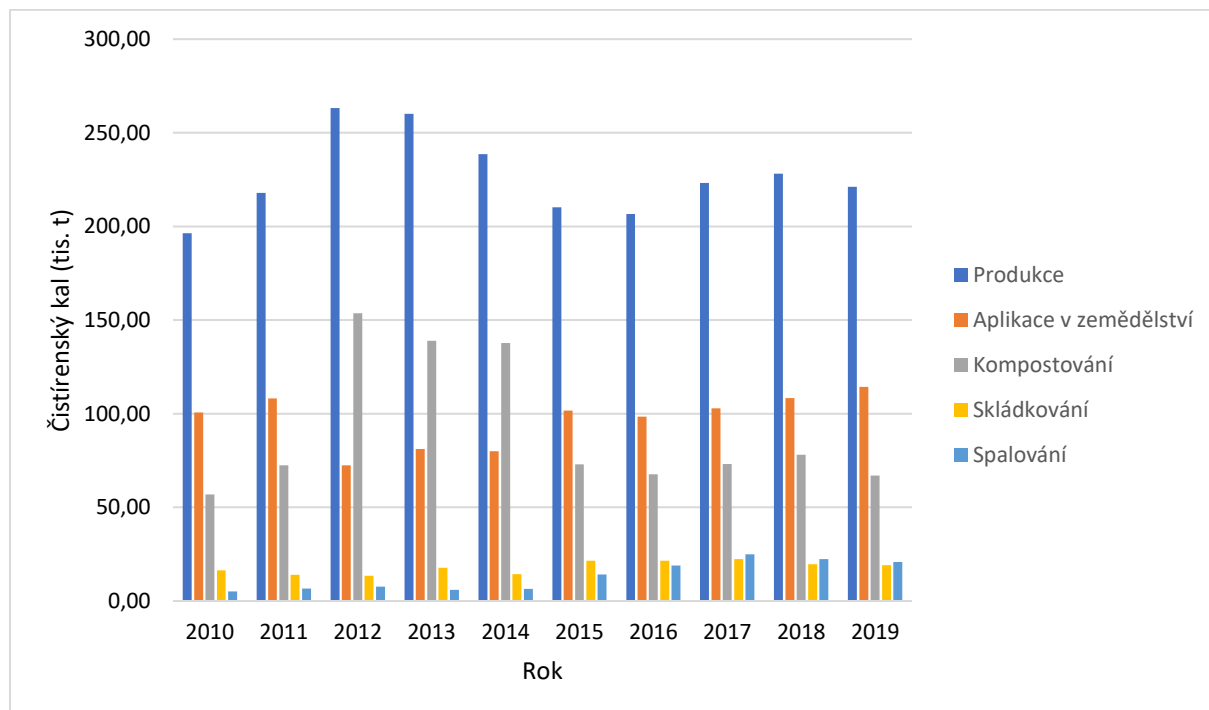
Čistírenský kal vzniká v čistírnách odpadních vod při procesu čištění odpadních vod [5]. Je to organický produkt mající alespoň jednu složku v kapalném skupenství tvořící souvislou kapalnou fázi a nejméně jednu složku v pevném skupenství, která je rozptýlena v souvislé kapalně fázi [6].

Kaly podobně jako odpady obsahují škodliviny, které je nutné od životního prostředí důsledně oddělovat, aby nezhoršovaly stav životního prostředí nebo lidského zdraví. Technologie pro zpracování čistírenských kalů nesmí umožňovat vnášení škodlivin do životního prostředí. V ČR jsou surové čistírenské kaly většinou podrobeny procesu anaerobní stabilizace (vyhánění), mechanickou cestou odvodněny (do obsahu 20-30 % hmotnosti sušiny [7]) a posléze skládkovány či v různých formách aplikovány do zemědělské půdy. Nicméně proces stabilizace čistírenských kalů rozhodně neznamená jejich hygienizaci.

Procesem vyhánění se paleta škodlivin podstatně nemění – kaly z čistíren odpadních vod jako konečný produkt procesu čištění odpadních vod obsahují množství škodlivých látek nejrůznějšího druhu. Především celé portfolio choroboplodných zárodků, jako vajíčka červů, bakterie, viry, hormony a dále celá řada obvyklejších škodlivin, jako jsou těžké kovy, některé sloučeniny dusíku, bromu a chloru, aromatické uhlovodany, PCB, dioxiny a furany [7]. Zároveň ale obsahují látky prospěšné, které mohou půdě a životnímu prostředí prospívat. Do této

skupiny můžeme zařadit živiny (fosfor, dusík, draslík či vápník) nebo stopové prvky. Koncentrace prospěšných i kontaminujících látek závisí na kvalitě znečištěné vody a na způsobu technologie čištění odpadní vody [6].

Kaly pocházející z městských ČOV mají většinou obsah sušiny mezi 0,5 až 7 %. Obsah sušiny činí cca z jedné poloviny až ze dvou třetin organické látky, zbytek potom představují látky anorganické. Kaly tvoří zhruba 1 – 2 % objemu odpadních vod, avšak s koncentrovaným obsahem 50 – 80 % prvotního znečištění.



Obrázek 2: Produkce a nakládání s čistírenským kalem v ČR mezi lety 2010-2019 (zdroj: [8])

Obrázek č. 2 ukazuje, že produkce čistírenského kalu se za posledních deset let pohybuje mezi 200 až 250 tisíci tun ročně. Pouze v roce 2010 se ČR dostala pod hranici 200 tis. t s hodnotou 196,3 tis. t. Naopak v letech 2012 a 2013 byla překročena hranice 250 tis. t, kdy bylo dosaženo 263,3 respektive 260,1 tis. t.

Nejčastější způsob využití v posledních deseti letech byla přímá aplikace v zemědělství. Množství takto využitého kalu se pohybovalo kolem 100 tis. t za rok s nejvyšší hodnotou z roku 2019 – 114,3 tis. t. Druhým nejčastějším způsobem se stalo kompostování, které v letech 2012-2014 dokonce tvořilo majoritní způsob nakládání s čistírenským kalem. V roce 2012 se kompostováním naložilo se 153,7 tis. t. čistírenského kalu. Třetím nejčastějším způsobem nakládání mezi lety 2010-2016 se stalo skládkování, které se jeví jako nejhorší varianta a v následujících letech by toto množství mělo klesat až k nulové hodnotě. V roce 2019 se ovšem na skládku uložilo 19,1 tis. t kalu. Posledním často používaným způsobem za posledních 10 let je spalování čistírenského kalu ve spalovnách odpadů, které je od roku 2017 již častějším způsobem nakládání než skládkování. Množství spáleného odpadu v roce 2019 (20,75 tis. t) tvořilo více než čtyřnásobek oproti hodnotě z roku 2010 (5,1 tis. t).

2.2 Přehled právních předpisů a strategických dokumentů

2.2.1 Na úrovni EU

Cirkulární ekonomika (resp. oběhové hospodářství)

Cirkulární ekonomika má za úkol nahradit ekonomiku lineární, která má dva konce – na jednom konci zdroje a na druhém konci výrobky a odpad. A právě cirkulární ekonomika se snaží oba konce spojit – tedy z odpadu učinit opět zdroj, [9] odděluje tedy hospodářský růst od potřeby těžit nové a vzácné materiály [10]. Cirkulární ekonomika nemá přesnou definici, vyznačuje se převážně **uzavřením kruhu zdrojů** (z odpadového materiálu se stane opět zdroj), **zpomalením toku zdrojů** (výrobky s lepší životností a efektivnější možností opravy) a **narovnáním toku zdrojů** (zvýšení produktivity využívání zdrojů) [10].



Obrázek 3: Schéma cirkulární versus lineární ekonomiky (zdroj: [11])

2.2.1.1 Zelená dohoda pro Evropu

Zelená dohoda pro Evropu, spíše známější pod anglickým označením Green deal, je snahou stát se prvním klimaticky neutrálním kontinentem. Tento dokument má Evropu změnit na moderní a konkurenceschopnou ekonomiku, která účinně nakládá se zdroji. Za hlavní cíle lze vytyčit:

- Do roku 2050 nulová emise skleníkových plynů
- Hospodářský růst se oddělí od využívání zdrojů
- Žádný region ani jedinec nebude opomíjen

Zelená dohoda též zahrnuje vývoj společnosti po pandemii covid-19. Na provedení těchto cílů bude směřovat jedna třetina investic ve výši 1,8 bilionu eur (dostupné z programu NextGenerationEU a sedmiletého rozpočtu EU) [12].

Přínos Zelené dohody bude v mnoha odvětvích a měl by zlepšit život jak současným občanům, tak budoucím generacím. Zajistí neznečištěné ovzduší, čistou vodu, nekontaminovanou půdu, zdravé potraviny, rozšíření veřejné dopravy, renovaci budov za účelem šetření energiemi, **delší životnost výrobků (oprava, recyklace)**, nová pracovní místa, konkurenceschopný průmysl [12].

Po přistoupení k dohodě se starostové zavazují realizovat cíle do roku 2030. Jedním z nich je **přechod na oběhové hospodářství**.

2.2.1.2 Akční plán pro cirkulární ekonomiku [13]

Nový plán vydaný v Bruselu roku 2020 pro čistější a konkurenceschopnější Evropu. APCE je součástí Zelené dohody pro Evropu, je úzce spojen s Průmyslovou strategií a navazuje na akční plán z roku 2015. Za cíl si klade učinit EU celosvětovým lídrem oběhového hospodářství. Transformační změny se ale nedosáhne samostatným jednáním. EU tedy bude i nadále stát v čele celosvětového úsilí o zavedení oběhového hospodářství, které má fungovat na úrovni regionů, měst i jednotlivců. Mezi roky 2012 až 2018 se v EU zvýšil počet pracovních míst v oblasti oběhového hospodářství o 5 % a činí necelé 4 miliony. Formulace APCE je spíše obecnější. MŽP ČR se k akčnímu plánu v roce 2020 vyjádřila spíše kriticky, neboť požadavků se poslední dobou vyskytuje velké množství a obávají se, aby byly všechny naplněny.

Rámec udržitelné výrobní politiky

Budou stanoveny zásady udržitelnosti a budou se regulovat aspekty výrobků jako

- Životnost, opravitelnost, energetická účinnost
- Odstranění nebezpečných látek z výrobků
- Zvýšení obsahu recyklovaných materiálů, kvalitní recyklace
- Digitalizace informací o výrobcích

Posílení postavení spotřebitelů a poskytování příležitosti k úspoře nákladů je klíčovým prvkem rámce udržitelné výrobní politiky. Komise EU navrhne, aby zákazníci v místě prodeje dostávali ověřené informace o výrobcích (včetně informací o životnosti a dostupnosti náhradních dílů či opravy). Mělo by být zavedeno „**právo na opravu**“.

Princip oběhovosti ve výrobních procesech je nepostradatelnou součástí transformace průmyslu. Může zajistit hojně úspory materiálu a vytvořit hospodářské příležitosti.

Klíčové hodnotové řetězce produktů

Problém udržitelnosti v případě klíčových hodnotových řetězců vyžaduje komplexní a koordinovaná opatření pro následující oblasti:

Elektronika a IKT

Elektrická zařízení patří mezi jeden z odpadů s meziročně největším nárůstem. Odhaduje se, že se v EU recykluje méně než 40 % elektronického odpadu. Komise má v rámci opatření stanovit IKT a elektroniku jako prioritní odvětví pro uplatňování „práva na opravu“. Uvádí se, že dvě třetiny obyvatel Evropy by svá elektronická zařízení používali déle, pokud by se příliš nezhoršila jejich funkčnost [14].

Řešením následujících potíží může být nová **iniciativa pro elektroniku v oběhovém hospodářství**. Ta zahrnuje následující opatření:

- Regulační opatření pro elektroniku a IKT podle směrnice o ekodesignu – větší zohledňování dostatečné životnosti a energetické účinnosti, možnost opravy či opětovné použití
- Elektrická zařízení budou stanoveny jako **prioritní odvětví pro uplatňování „práva na opravu“**
- Regulační opatření vztahující se na nabíječky pro mobilní a jiná zařízení, zavedení společné nabíječky
- Prozkoumání možnosti zavedení **celoevropského vratného systému pro zpětný odběr nebo zpětný odprodej starých mobilních telefonů, tabletů a nabíječek**
- Přezkoumání zákonů EU vztahující se na **omezení nebezpečných látek v elektronických zařízeních**, dále REACH (Nařízení evropského parlamentu z roku 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek) a nařízení o ekodesignu

Baterie a vozidla

Udržitelné baterie a vozidla jsou důležitým prvkem pro mobilitu budoucnosti. **Nový regulační rámec pro baterie** stanoví obsah recyklovaného materiálu v bateriích a zaručí opětovné využití vzácných materiálů. Dále bude mít za cíl odstranit z oběhu takové baterie, které neumožňují znovu nabití. V budoucích letech též můžeme očekávat snahu využívat alternativní paliva.

Obaly

S přibývajícím časem roste i počet obalového materiálu. V roce 2017 v Evropě činil odpad z obalů na jednoho člověka 173 kg – do té doby nejvyšší číslo. Komise bude mít snahu **neustále zpřísnovat požadavky na obalové materiály**. Především se zaměří na snížení přílišného balení (předcházení vzniku odpadů). Za cíl bude úprava designu a recyklovatelnost obalů. Další oblastí bude ověřování kvality pitných vod z vodovodu, aby se předešlo nadměrnému nákupu balených vod.

Plasty

Plasty obecně vyvolávají velké obavy veřejnosti. V příštích 20 letech by se spotřeba plastů měla zdvojnásobit. Za cíl si Komise klade zvýšení využívání recyklovaných plastů. Navrhne opatření ke snížení množství odpadu pro nejčastější typy odpadů (obaly, stavební odpad, vozidla).

Dále se Komise zaměří na řešení výskytu mikroplastů v životním prostředí. Omezí záměrné přidávání mikroplastů do výrobků, stále bude zdokonalovat metody pro měření neúmyslně uvolňovaných mikroplastů (například z textilu či pneumatik).

Aby se snížil obsah plastů v moři, vznikne nová směrnice o plastových výrobcích a lovných zařízeních na jedno použití.

Textilní výrobky

Textilní výrobky spotřebovávají velké množství vody a primárních surovin, zároveň zatěžují prostředí emisemi skleníkových plynů. Textilní průmysl v EU je tvořen spíše středními až malými podniky. 60 % oblečení v EU se vyrábí mimo EU.

Komise s cílem řešit problémy zavede **komplexní strategii EU pro textilní výrobky**, která bude mít snahu posílit konkurenceschopnost a podpořit trh EU s udržitelnými výrobky. Mezi opatření patří rozvoj **ekodesignu** za účelem zajištění podmínek oběhovosti, vyššímu podílu druhotných surovin ve výrobku a zabránění výskytu nebezpečných chemických látek. **Posílí se pozice spotřebitelů**, kteří budou mít snadnější přístup k opravě a opětovnému použití. Naopak se rozšíří odpovědnost výrobce. Do roku 2025 musí členské státy EU zajistit **vysoký podíl separace textilních odpadů**.

Stavebnictví a budovy

Stavebnictví má neoddiskutovatelný význam na všechna odvětví ekonomiky a kvalitu života. Využívá ohromného množství zdrojů (přibližně 50 % všech vytěžených surovin). V EU ze stavebnictví pochází více než 35 % všech odpadů. Emise skleníkových plynů vzniklé důsledkem procesů tohoto odvětví představují kolem 10 % celkových vnitrostátních emisí. Až o čtyři pětiny tyto emise můžeme snížit díky lépe fungující materiálové účinnosti.

Komise vytvoří **strategii pro udržitelnost zastavěného prostředí**. Jedním z opatření bude požadavek na obsah znovupoužitelných materiálů za podmínky zachování funkčnosti a bezpečnosti. Bude vytvořen digitální rejstřík budov. Pro stavební a demoliční odpad bude snaha zefektivnit materiálové využití.

Zelená dohoda pro Evropu zavedla tzv. „**renovační vlnu**“, která by měla pomoci zvýšit energetickou účinnost ve státech EU podle principů cirkulární ekonomiky. V rámci stavebnictví se zaměří převážně na izolační materiály, jejichž podíl ve stavebním odpadu se pořád zvyšuje.

Potraviny, voda a živiny

Negativní vliv těžby na životní prostředí může snížit oběhové hospodářství. Biologické zdroje mají pro ekonomiku EU velký význam, který do budoucna jen poroste. EU odhaduje, že až pětina všech potravin se ztratí či vyhodí. Toto číslo je vzhledem k vysoké náročnosti pro životní prostředí příliš vysoké. Komise má v úmyslu **snížení odpadů z potravin** jako součást strategie EU „**od zemědělce ke spotřebiteli**“.

Obaly, přístroje a nádobí na jedno použití mají být nahrazeny výrobky opětovně použitelnými. Komise ulehčí znovuvyužití vody a posoudí změnu ve směrnících o čištění odpadních vod a kalech z ČOV. Též zváží zavedení přirozenějších způsobů likvidace řas a jiných látek.

Méně odpadu, více hodnoty

I přes snahu jednotlivých států i celé EU stále roste množství odpadu. Každý rok se v EU vyprodukuje 2,5 miliardy tun odpadu. V přepočtu to znamená 5 tun na obyvatele ročně, z toho půl tuny odpadu komunálního. Právě produkci komunálního odpadu je do roku 2030 za cíl snížit na polovinu. Prvním a nejdůležitějším krokem velmi kvalitní recyklace je účinná separace odpadu. Komise navrhne **harmonizaci systémů tříděného sběru odpadu**, který bude zaměřen převážně na dostupnost a hustotu sběrných míst. Do debaty se zahrne i sjednocení barev jednotlivých kontejnerů či reklamní kampaň.

EU má za cíl vytvořit efektivní trh s druhotnými surovinami. Ty prozatím mají velkou konkurenci v surovinách prvotních z důvodu bezpečnosti nebo výkonnosti. Kvůli různým obcházením pravidel EU o tom, kdy odpad přestává být odpadem a stává se vedlejším produktem, se toto nařízení v budoucnu bude muset upravit, aby fungovalo tak, jak bylo zamýšleno.

EU během posledních let vyvezlo miliony tun odpadu do nečlenských států. To vede nejen k znečištění životního prostředí i hrozbu pro zdraví lidí, ale též k úbytku zdrojů a materiálu k recyklaci. Některé státy redukovaly množství dováženého odpadu a tím poukázaly na závislost EU na vývozu odpadů. Komise má dokonce v plánu dokonce úplně ukončit vývoz odpadu mimo území EU. Značka „**recyklováno v EU**“ se má nově stát zárukou kvality pro druhotné suroviny. Komise zpřísní tresty pro zakázaný vývoz a nelegální obchodování s odpady. Zároveň zvýší frekvenci kontrol přepravy odpadů.

2.2.2 Na úrovni ČR

2.2.2.1 Státní politika životního prostředí pro roky 2030 – 2050 [15]

SPŽP ČR vymezuje hlavní problematiku oblastí životního prostředí v České republice. Formuluje strategické a specifické cíle, dává jejich možná řešení skrze příklady typových opatření, jejichž realizace by měla vést k efektivní ochraně životního prostředí a zlepšení jeho stavu. Aktuální SPŽP představuje již 6. dokument tohoto typu, má platnost do roku 2030 s výhledem do roku 2050.

SPŽP se zabývá tématy, která jsou rozdělena do tří hlavních oblastí (Životní prostředí a zdraví, Klimaticky neutrální a oběhové hospodářství, Příroda a krajina), stanovuje 10 strategických a 32 specifických cílů. Pro každou oblast je vždy zvlášť uvedena vize do roku 2050.

Jedním z hlavních reálných legislativních motivů pro přechod na cirkulární ekonomiku je snížení skládkování na 10 % oproti roku 1995.

SPŽP ve své Návrhové části uvádí:

Strategický cíl: Oběhové hospodářství zaručuje hospodárné nakládání se surovinami, výrobky a odpady v ČR

Nárůst množství odpadů je úzce propojen s rostoucí populací a zvyšující se životní úrovní. Ekonomika lineární nejen že zvyšuje zátěž pro životní prostředí, ale též pro lidské zdraví. Proto je v zájmu všech aspektů přechod na ekonomiku cirkulární.

Pro co nejdélejší a nejbezpečnější udržení suroviny v oběhu je nutné změnit i navrhování výrobků. Produkt má být nadčasový, opravitelný a musí se skládat z komponentů, jež umožňují znovupoužití či recyklaci. Do budoucna lze očekávat využití odpadu jako suroviny.

Na začátku přechodu hospodářství tedy bude potřeba podpořit trhy s druhotnými surovinami a nastavit přívětivé legislativní podmínky.

Stát má jako prioritu v boji s odpady předcházení vzniku odpadu před jeho využitím či recyklací. Recyklace je ale lepší alternativou než energetické využití. Pokud odpad nelze využít, je lepším řešením spalování, které díky pokročilým technologiím není takovou zátěží pro životní prostředí a zároveň je zdrojem energie. Skládání totiž není řešením problému, nýbrž pouze jeho odložením a může mít negativní vliv na půdu či ovzduší [3]. Do budoucna je potřeba počítat s výskytem nových typů odpadů v důsledku vývoje nových technologií.

S odpadovým hospodářstvím je propojen pojem **biohospodářství**. Biohospodářství vychází z principu udržitelnosti a pokrývá všechny oblasti, které využívají biologické zdroje. Jeho cílem je z odpadu vytvořit produkt s přidanou hodnotou – například krmiva, bioenergie či hnojiva. Uplatnění obnovitelných zdrojů šetří zásoby neobnovitelných zdrojů, což má pozitivní vliv na půdu, vodu i ovzduší.

Specifický cíl: Materiálová náročnost ekonomiky se snižuje

Primární neobnovitelné zdroje se na Zemi vyskytují v omezeném množství. Jejich těžba, zpracování a přeměna je environmentálně náročná. Stejný výrobek ale lze vyrobit z materiálů sekundárních s menším dopadem na životní prostředí. Rovněž díky novým technologiím, mezi které můžeme zařadit 3D tisk či nanotechnologie, se bude postupně snižovat množství odpadů a energetická náročnost výroby.

Česká republika patří mezi nejprůmyslovější země Evropské unie. **Využívání druhotných surovin** se tedy jeví jako lepší varianta než stále rostoucí ceny přírodních zdrojů a složitý dovoz těchto surovin. Využití druhotných surovin dosud není plnohodnotnou alternativou, ovšem má předpoklady pro vytvoření nových obchodních příležitostí, pracovních míst a může zvýšit konkurenceschopnost podniků.

Specifický cíl: Maximálně se předchází vzniku odpadů

S rostoucí životní úrovní se zvyšuje i podíl prodaných produktů. Souběžně s prodejem se musí zvýšit i odpovědnost výrobců a prodejců za tyto výrobky. Princip **rozšířené odpovědnosti výrobce** má za cíl snížit negativní vliv na životní prostředí. Kromě zákazu použití nebezpečných či nekvalitních látek zahrnuje i ekologický sběr a odstranění výrobku. V současnosti je tento princip „znečišťovatel platí“ používán například na elektrozařízení. Některé výrobky mohou mít **ekologickou značku**. V porovnání s EU je ale v ČR podíl těchto výrobků velmi nízký.

Problémem mohou být zakoupené produkty například za akční ceny, které zákazník nemusí řádně využívat. Pro jejich výrobu i odstranění se musí vynaložit zbytečná energie navíc. Je tedy potřeba informovat zákazníka, zda by pro něj nebylo výhodnější produkt mít pouze zapůjčený namísto zakoupený. Sdílením produktu se sníží množství vyrobených produktů. Dále je vhodné podporovat služby, jež umožní prodloužení dobu užívání produktu – jako garance oprav či prodloužená záruka.

Nemalý podíl vyprodukovaného odpadu tvoří obalový materiál – spotřební a přepravní obaly. Obal má samozřejmě nejen funkci designovou, ale i hygienickou, kterou je třeba zachovat, ale současně se snažit o minimalizaci odpadů. Těto myšlenky skvěle odpovídá využití znovupoužitelných obalů či tlak na výrobce minimalizovat jednorázové obaly.

Další skupinou nevyužitých odpadů je odpad potravinový – z domácností, z jídelen či neprodané zboží. Do roku 2030 je potřeba snížit potravinový odpad o 50 %. Nevyužité potraviny mohou být darovány charitativním organizacím nebo použity jako krmivo. Jako velmi dobré východisko pro nevyužité potraviny i jiný biologický odpad se jeví kompostování.

Specifický cíl: Hierarchie způsobů nakládání s odpady je dodržována

Rámcová směrnice o odpadech závazně stanovila **hierarchii nakládání s odpady: předcházení vzniku, opakované použití, materiálové využití, energetické využití a odstranění odpadů.**

Podmínkou pro dodržení této hierarchie je produkt používat celou jeho životnost a vzniklý odpad poté recyklovat. České republice se nedaří zastavit narůstající produkci odpadů. Alespoň ale roste jejich odběr a následné využití jakožto druhotných surovin v souladu s odpadovými zákony. S příchodem nových produktů na trh se objevují i nové druhy odpadů – například baterie elektrických automobilů, jenž mohou obsahovat kritické suroviny. Největší skupinou odpadů je **stavební odpad**, který vzniká při demolicích. Prvním krokem vyšší využitelnosti tohoto odpadu musí být jeho třídění. Velký potenciál se jeví v nových technologiích, například recyklace betonu.

Již dlouhodobým problémem zůstává **komunální odpad**. I zde se nedaří brzdit jeho produkci a nemalá část komunálního odpadu je v ČR stále ukládána na skládky. Většina komunálního odpadu je již ale využívána, zejména materiálově, ale i energeticky. V ČR je velmi nízký poplatek za uložení odpadu na skládku, proto mají skládky konkurenční výhodu nad jinými environmentálně přijatelnějšími metodami nakládání s odpady. Ke změně k lepšímu přispěje zvýšení sazby za uložení odpadu na skládku. Motivací pro třídění odpadu je rostoucí počet sběrných míst a kontejnerů. Méně častý, nýbrž objemný či nebezpečný odpad (elektrospotřebiče, pneumatiky, chemikálie) je sbírán ve sběrných dvorech.

Zbytkový směsný komunální odpad, jenž zůstane po třídění odpadu obyvateli, má stále potenciál stát se využitelnou surovinou. Tento typ odpadu sice již nemůže být využit materiálově, ale může posloužit pro výrobu tepla a elektřiny. Nejpozději do roku 2035 je Česká republika zavázána plnit evropské cíle, což mimo jiné znamená snížit podíl skládkovaného komunálního odpadu na 10 % (navíc se nesmí jednat o odpady, které je možné zrecyklovat, biologicky rozložit či energeticky využít). To bude znamenat velký nárůst ve využívání odpadů. Legislativa EU také zařazuje přepravu odpadů přes hranice, ale stejně bývá místy odpad přepravován nelegálně. Proto je potřeba zvýšit aktivitu inspekční činnosti.

SPŽP ve své Analytické části uvádí:

SWOT Analýza

SWOT je zkratkou z původního anglického označení, kde S = strengths (silné stránky), W = weaknesses (slabé stránky), O = opportunities (příležitosti), T = threats (hrozby).

Příležitosti

- Výroba produktů s ohledem na jejich životnost, opravitelnost a recyklovatelnost
- Rozšíření tříděného sběru komunálního odpadu o další komodity
- Rozvoj služeb – sdílení či pronájem věcí

- Moderní technologie pro zpracování a využívání odpadů, zpětné získávání surovin (včetně surovin tzv. kritických – z elektronických zařízení, baterií či autovraků)
- Využití srážkových vod a přečištěné odpadní vody
- Zákaz skládkování využitelných odpadů

Plasty

Produkce všech druhů odpadu roste, nejinak je tomu též u plastových odpadů. Začátkem tohoto století se ve světě vyrobilo 200 mil. t plastů, v roce 2017 už 348 mil. t. Průměrně ročně vzroste výroba plastů o 8,5 % (což je vyšší číslo než u papíru a kovů). Většina z více než 300 používaných bioplastů není biodegradovatelná. Hlavním zdrojem plastového odpadu jsou komunální odpad, obalový odpad a stavební odpad. V roce 2018 bylo v rámci třídění komunálního odpadu vyseparováno 14,5 kg plastu na obyvatele – meziroční nárůst o 0,9 kg.

Nemalý problém v dnešní době představuje rostoucí produkce **jednorázových plastů**, mezi které patří plastové tašky, kelímky, brčka, přibory a další. V ČR bylo zavedeno povinné zpoplatnění plastových tašek pro zákazníky obchodů od 1. 1. 2018. Oproti roku 2017 došlo k poklesu spotřeby o 11 %.

Čistírenské kaly

V roce 2014 bylo v ČR vyprodukováno 159 tis. t sušiny. V roce 2018 množství sušiny narostlo na 202 tis. t, tedy o 27,1 % více než před čtyřmi lety. Za posledních 5 let se průměrně vytvoří 177 tis. t sušiny za rok. Nejčastějšími typy využití je po hygienizaci materiálové, kompostování nebo přímá aplikace na zemědělskou půdu. Potenciál do budoucna by mohlo mít využití kalů v bioplynových stanicích.

2.2.2.2 Cirkulární Česko [16]

Strategický rámec cirkulární ekonomiky České republiky 2040 byl vypracován mezi lety 2018 až 2021 a jeho období realizace je do roku 2040. Odpovědnost za něj nese více ministerstev v čele s MŽP a MPO. Tato strategie vyzdvihuje oběhové hospodářství jako prioritu ČR.

Produkty a design

Design je základem cirkulární ekonomiky, ovšem většina produktů je pořád navrhována lineárně. Design ovlivní celou dobu používání výrobku a kromě prodloužení doby využívání produktu umožní i jeho opravu. Cílem oběhového hospodářství je držet v oběhu suroviny po co nejdelší možnou dobu [17]. Mnoho výrobků slouží pouze pro jedno použití a je snahou jejich počet zredukovat. V rámci celé EU je plánována směrnice o **ekodesignu**. Ta bude obsahovat soubor nařízení s cílem zlepšit kvalitu, životnost a efektivní recyklaci výrobků. Opravu ovšem komplikuje stále se zdokonalující technologie. Spotřeba obalového materiálu v Evropě neustále roste – v roce 2019 dosáhla 178 kg na osobu, o 4 kg více než v roce 2018 [18]. Jedním z důvodů je skutečnost, že výrobce obalů dosud nic nenabádalo k principům ekodesignu. Tento stav by měla změnit vyhláška, která zavede poplatek jakožto rozšíření odpovědnosti výrobce. Výše částky bude určena podle množství nákladů odvíjející se od konce životnosti výrobku.

V ČR je stále více používáno dobrovolné **eko značení**. Tento štítek nesou produkty šetrnější k lidskému zdraví i životnímu prostředí [19]. Ve větších městech v ČR fungují tzv. re-use centra, která mají za úkol protáhnout životnost produktů. Tato centra jsou podporována MŽP.

Odpadové hospodářství

V cirkulární ekonomice zastává nakládání s odpady hlavní roli. Komise EU se nejvíce zaměřuje na odpad komunální, který tvoří cca 10 % vyprodukovaného odpadu. I přesto, že přes efektivnější a přísnější opatření stále roste počet vzniklého odpadu, se snižuje množství komunálního odpadu na skládkách.

Tabulka 1: Nakládání s odpady v ČR mezi roky 2015 až 2019 (zdroj:[16])

Rok	Celkový vzniklý odpad (mil. t)	Využití odpadů			Odstranění odpadů skládkováním	Jiný způsob nakládání
		Celkový podíl	Materiálové	Energetické		
2015	37,3	86 %	83 %	3 %	9 %	5 %
2016	34,2	85 %	82 %	3 %	9 %	6 %
2017	34,5	84 %	80 %	3 %	10 %	7 %
2018	37,8	86 %	83 %	3 %	9 %	5 %
2019	37,4	88 %	84,5 %	3,5 %	9,5 %	2,5 %

V tabulce č. 1 můžeme vidět, že odpad vzniklý na území ČR mezi roky 2015 až 2019 se drží mezi 34 až 38 mil. t ročně. Více než čtyři pětiny odpadu se využije, především materiálově. Skládkováním ročně v ČR naložíme s cca jednou desetinou celkového odpadu. Toto číslo by mělo mít v budoucnu tendenci se snižovat až k nulové hodnotě.

V roce 2017 ČR dosáhla cíle 50 % recyklovaného komunálního odpadu, když se podařilo recyklovat 50,8 %. Tento podíl recyklovaného odpadu se stále musí razantně zvyšovat. Nová odpadová legislativa v ČR přispěje největší mírou k přechodu na oběhové hospodářství. Ta přináší nové recyklační cíle v rámci cílů EU, navýšení poplatku za uložení odpadu na skládku, zákaz skládkování využitelných a recyklovatelných odpadů od roku 2030, preferuje opakovaně použitelné obaly či různými kroky předchází vzniku odpadů. Dobrou zprávou pro nakládání s odpady je i progres v oblasti dat o odpadech. Údaje ČSÚ a MŽP už se liší jen minimálně, což je důležité pro monitoring fungování cirkulární ekonomiky v ČR.

Plastové obalové odpady

Za rok 2019 bylo vyprodukováno více než 1,3 mil. t obalového materiálu, z toho 264,3 t plastů. Míra recyklace plastových obalů dosáhla v roce 2019 na hodnotu 61 %. Cíle pro daný rok byly splněny a v míře recyklace i celkovém využití obalových odpadů je ČR v Evropě nadprůměrná.

Čistírenské kalý

V roce 2019 se v ČR vyprodukovalo 162,7 t kalů. S tímto typem odpadu je nutno rozvážně nakládat z důvodu jeho rozmanitého složení. Zejména u aplikace na zemědělskou půdu se musí dbát zvýšené opatrnosti. Před aplikací je nutné odstranit polutanty.

2.2.2.3 Zákon o odpadech [20]

Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech nahradil předešlý zákon o odpadech. Ke změně došlo po 19 letech, přičemž odborné kruhy navrhovali změnu již delší dobu.

Zákon o odpadech má za cíl zabezpečit vysokou úroveň ochrany životního prostředí, lidského zdraví a udržitelné využívání přírodních zdrojů pomocí zavedení a především dodržování hierarchie odpadového hospodářství s podmínkou zachování sociálních a ekonomických standardů. V hierarchii hraje hlavní roli předcházení vzniku odpadů a následně smysluplné nakládání s vyprodukovaným odpadem. Naopak má za cíl naprosto omezit skládkování.

Kaly (§ 67)

(1) Pro účely tohoto zákona se rozumí

a) kalem

1. kal z čistíren odpadních vod zpracovávajících městské odpadní vody nebo odpadní vody z domácností a z jiných čistíren odpadních vod, které zpracovávají odpadní vody stejného složení jako městské odpadní vody a odpadní vody z domácností, a to i v případě, že čistírny odpadních vod zpracovávají také biologicky rozložitelný odpad na základě povolení provozu zařízení podle § 21 odst. 2 nebo biologicky rozložitelný odpad spadající do působnosti nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009

2. kal ze septiků sloužících k čištění odpadních vod z domácností před jejich vypouštěním do vod povrchových nebo podzemních, nebo

3. kal z čistíren odpadních vod zpracovávajících odpadní vody a materiály, které svými vlastnostmi odpovídají odpadním vodám a materiálům podle bodu 1, zejména odpadní vody a materiály, které mají původ v potravinářském průmyslu a zemědělství,

b) upraveným kalem

1. kal, který byl podroben biologické, chemické nebo tepelné úpravě nebo jakémukoliv jinému vhodnému procesu tak, že se významně sníží obsah patogenních organismů v kalu, a tím zdravotní riziko spojené s jeho aplikací na základě ověření účinnosti technologie úpravy kalů, pro který byl vypracován program použití kalů, nebo

2. kal, který splňuje mikrobiologická kritéria stanovená vyhláškou ministerstva,

c) použitím kalu zpracování kalu do zemědělské půdy,

d) programem použití kalů dokumentace pro použití kalů.

(2) Kal, který nebyl upraven, se zařazuje jako ostatní odpad. S neupraveným kalem musí být nakládáno s ohledem na zdravotní rizika, která představuje. Osoby zúčastněné na přepravě neupraveného kalu musí splnit povinnosti podle § 78 a 79, jako kdyby se jednalo o nebezpečný odpad. Každý, kdo nakládá s kalem, musí zajistit, aby byl kal označen způsobem a v rozsahu stanoveném vyhláškou ministerstva. Součástí označení kalu musí být vždy údaj o tom, zda se jedná o upravený kal či nikoliv, a v případě upraveného kalu podrobnosti o provedení úpravy kalů.

(3) Úprava kalů smí probíhat pouze v čistírně odpadních vod, jde-li o kaly produkované danou čistírnou nebo v zařízení na úpravu kalů, a musí být provedena v souladu s technickými požadavky stanovenými vyhláškou ministerstva. Technologie úpravy kalů musí splňovat

technické požadavky na úpravu kalů a požadavky na ověření účinnosti technologie úpravy kalů stanovené vyhláškou ministerstva.

Úprava kalů před použitím na zemědělské půdě (§ 68)

(1) Provozovatel čistírny odpadních vod, který neprovádí úpravu kalů, je povinen předat kaly určené k použití na zemědělské půdě do zařízení na úpravu kalů.

(3) Kal určený pro účely používání na zemědělské půdě smí mísit pouze osoba, která provádí úpravu kalů, a to pouze s jiným kalem nebo s látkami vymezenými vyhláškou ministerstva, pokud je to vhodné s ohledem na nutriční potřeby rostlin nebo s ohledem na zlepšování kvality půdy. Na vzniklou směs se vztahují všechny požadavky na použití kalů na zemědělské půdě včetně mikrobiologických kritérií. Mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek v kalech stanovené vyhláškou ministerstva musí být ověřeny před smísením. Přípustné množství kalů použitých na jeden hektar se vztahuje k podílu kalu ve výsledné směsi. Program použití kalů zpracovává osoba, která provedla úpravu kalů, po smísení s ohledem na vlastnosti výsledné směsi.

Povinnosti při používání kalů na zemědělské půdě (§ 69)

(1) Na zemědělské půdě smí být použity pouze upravené kaly s ohledem na nutriční potřeby rostlin a v souladu se schváleným programem použití kalů tak, aby použitím kalů nebyla zhoršena kvalita zemědělské půdy a kvalita povrchových a podzemních vod. Upravený kal smí na zemědělské půdě použít pouze právnická nebo podnikající fyzická osoba, která tuto půdu užívá.

(2) Upravené kaly smí být na zemědělské půdě používány pouze při splnění technických podmínek, přípustného množství kalů použitých na jeden hektar a mezních hodnot koncentrací vybraných rizikových látek v kalech stanovených vyhláškou ministerstva. Při použití upravených kalů na zemědělské půdě musí být dále splněny mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek v zemědělské půdě, mezní hodnoty koncentrací těžkých kovů, které smí být přidány do zemědělské půdy za období 10 let, a mikrobiologická kritéria pro použití kalů. Splnění podmínek pro použití kalu na zemědělské půdě se posuzuje samostatně pro kal z jedné čistírny odpadních vod nebo zařízení na úpravu kalů ve vztahu ke konkrétnímu půdnímu bloku.

(3) Použití kalů je zakázáno

a) na zemědělské půdě, která je součástí chráněných území přírody a krajiny podle zákona o ochraně přírody a krajiny,

b) na půdách lesních porostů běžně využívaných k hospodaření v lese,

c) v ochranných pásmech vodních zdrojů, na zaplavených půdách a na zamokřených plochách,

d) v ochranných pásmech přírodních léčivých zdrojů a zdrojů přírodních léčivých vod podle lázeňského zákona,

e) na trvalých travních porostech a travních porostech na orné půdě v průběhu vegetačního období až do poslední seče,

f) v intenzivních plodících ovocných výsadbách,

g) na pozemcích využívaných k pěstování polních zelenin v kalendářním roce jejich pěstování a v předcházejícím kalendářním roce,

h) v průběhu vegetace při pěstování píce, kukuřice a při pěstování cukrové řepy s využitím chrástu ke krmení,

i) jestliže z půdních rozborů vyplývá, že obsah vybraných rizikových látek v průměrném vzorku překračuje jednu z hodnot stanovených vyhláškou ministerstva,

j) na půdách s hodnotou výměnné půdní reakce nižší než pH 5,6,

k) na plochách, které jsou určeny k rekreaci a sportu nebo veřejným prostranstvím,

l) na zemědělské půdě, kde bylo zjištěno překročení preventivní hodnoty podle zákona o ochraně zemědělského půdního fondu, nebo

m) jestliže kaly nespĺňujú mikrobiologická kritéria stanovená vyhláškou ministerstva; použití mikrobiálně kontaminovaných kalů smí být provedeno pouze po úpravě kalů.

(4) Ministerstvo stanoví vyhláškou

a) mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek v zemědělské půdě podle odstavce 2,

b) mezní hodnoty koncentrací těžkých kovů, které smí být přidány do zemědělské půdy za období 10 let, podle odstavce 2 a

c) postupy analýzy kalů a půdy, včetně metod odběru vzorků.

Vyhláška MZe č. 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva ve znění vyhlášky MZe č. 312/2021 Sb. [21]

Jedná se o technickou prováděcí vyhlášku k zákonu o hnojivech, kam se po mnohaletém úsilí podařilo zařadit novelou, tj. vyhláškou MZe č. 312/2021 Sb. mezi minerální hnojiva i produkty pyrolýzy – tím pádem jsou v tomto smyslu jasně stanoveny hodnoty polutantů.

Dále novelizace upravila některé pojmy, např. pomocné rostlinné přípravky jsou nově nazvány „rostlinné biostimulanty“. Vyhláška dále rozšířila „hnojiva“ i pomocné půdní látky a substráty a výše uvedené rostlinné biostimulanty.

Tabulka 2: Minerální hnojiva, pomocné půdní látky, rostlinné biostimulanty popele ze samostatného spalování biomasy, produkty získané procesem pyrolýzy (zdroj: [21])

mg/kg sušiny					
kadmium	olovo	rtuť	arsen	chrom	PAU*
5	100	0,5	30	100	20

* PAU = polycyklické aromatické uhlovodíky (suma antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluoranthenu, benzo(k)fluoranthenu, benzo(a)pyrenu, benzo(ghi)perylenu, fenantrenu, fluoranthenu, chrysenu, indeno(1,2,3-cd)pyrenu, naftalenu a pyrenu).

§ 53 Kritéria, při jejichž splnění přestávají být výstupy ze zařízení určeného k nakládání s biologicky rozložitelnými odpady odpadem

(2) Výstupy ze zařízení určeného k nakládání s biologicky rozložitelnými odpady přestávají být odpadem, pokud splní požadavky na výstupy skupin 1 a 2 stanovené touto vyhláškou, v okamžiku, kdy splní všechny požadavky stanovené touto vyhláškou a v případě výstupů skupiny 1 rovněž požadavky zákona o hnojivech.

(3) Náležitosti průvodní dokumentace pro výstupy, které přestávají být odpadem, jsou stanoveny v příloze č. 32 k této vyhlášce.

2.2.2.4 Zákon o obalech [22]

Zákon ze dne 1. prosince 2020, kterým se mění zákon č. 477/2001 Sb. o obalech.

„Účelem tohoto zákona je chránit životní prostředí předcházením vzniku odpadů z obalů, a to zejména snižováním hmotnosti, objemu a škodlivosti obalů a chemických látek. Nestanoví-li tento zákon jinak, použije se na nakládání s odpady z obalů zákon o odpadech.“

Autorizovanou obalovou společností, která v ČR svým klientům zajišťuje plnění povinností vyplývajících ze zákona o obalech je EKO-KOM, a.s. Na rozdíl od ostatních zemí je společnost v ČR monopolní. Provozuje tedy systém sběru a recyklace obalových odpadů. Zároveň poskytuje veřejnosti data týkající se produkce a třídění obalového materiálu.

V roce 2020 bylo na český trh dodáno 1 227 tis. t jednorázových obalů. Z toho se podařilo vytrídit 76 %. Nejvyšších čísel dosáhl papír s mírou využití 90 %, následovalo sklo s 88 %, plastové obaly s hodnotou 70 %, kovy se využily v 61 % případů a nejmenší míru využití měly nápojové kartony s 24 %.

V roce 2020 činilo množství vytríděných plastových obalů, které byly dány k další mechanické recyklaci 40 % z množství předaného k dotřídění. Příčinou je, že největší objem vyráběných druhotných surovin pro mechanickou recyklaci tvoří obaly, např. PET lahve či folie.

Zbývající podíl plastových obalů byl zpracován na alternativní palivo, které bylo využito energeticky. Nijak nevyužitelné odpady byly skládkovány. Účinnost dotřídění komplikuje různorodé složení plastových odpadů a výskyt neplastových částí obalů.

Pravidelně v ČR třídí odpad 73 % lidí, separace odpadu se tedy stala samozřejmostí pro většinu lidí. Většina dotázaných třídíčů vnímá třídění odpadů jako důležitou činnost a minimum, co pro životní prostředí mohou udělat [23].

Pro třídění se jako stěžejní ukazuje hustota sběrných míst a z ní vyplývající docházková vzdálenost z bydlíště. Ta se neustále zkracuje a nyní činí průměrnou hodnotu 90 metrů. ČR se může pyšnit jednou z nejlepších sběrných sítí v EU. V roce 2020 se po republice dalo najít přes 558 tisíc kontejnerů a nádob do 240 l na tříděný odpad. Toto množství zaznamenalo za poslední dekádu významný nárůst, když v roce 2010 se v ČR nacházelo 200 tisíc kontejnerů a menších nádob [23].

Tabulka 3: Výtěžnost tříděného plastu v ČR (zdroj: [23])

rok	2016	2017	2018	2019	2020
kg/ob./rok	12,3	13,2	14,1	15,1	16,3

Z tabulky č. 3 vyplývá, že se každoročně daří zvýšit výtěžnost tříděného plastu v ČR. Ročně na obyvatele se hodnota zvedá cca o 1 kg. Doposud nejvyšší hodnota (16,3 kg/ob./rok) byla naměřena v roce 2020.

Tabulka 4: Požadovaný rozsah recyklace a celkového využití obalového odpadu (zdroj: [22])

Odpady z obalů	od 1. 1. 2021 do 31. 12. 2024		od 1. 1. 2025 do 31. 12. 2029		od 1. 1. 2030 do 31. 12. 2034		od 1. 1. 2035	
	A	B	A	B	A	B	A	B
	%	%	%	%	%	%	%	%
Papírových a lepenkových	75		75		85		85	
Skleněných	75		75		75		75	
Plastových	50		50		55		55	
Železných	55		70		80		80	
Hliníkových	-		35		50		60	
Dřevěných	15		25		30		30	
Prodejních určených spotřebiteli	50	55	50	55	50	55	50	55
Celkem	70	75	75	80	75	80	75	80

A = recyklace

B = celkové využití

V tabulce č. 4 můžeme vidět, jaké jsou procentuální hodnoty pro recyklaci a celkové využití odpadů z obalového materiálu. Časově jsou požadavky aktualizovány jednou za pět let s výhledem do roku 2035. Pro účel této bakalářské práce nás zajímá především obalový materiál z plastu, kde je do 31. 12. 2029 požadavek 50 % míry recyklace a od 1. 1. 2030 již 55 %. Míra recyklace znamená podíl množství využitého obalového odpadu získaného zpětným odběrem od spotřebitelů a množství prodejních obalů, které osoba uvedla na trh nebo do oběhu. Za obal z jednoho materiálu považujeme takový, kde daný materiál tvoří nejméně 95 % hmotnosti.

2.2.2.5 Zákon o výrobcích s ukončenou životností

Zákon č. 542/2020 Sb. nabyt účinnosti 1. 1. 2021 [24].

Tento zákon se týká se elektrozařízení, baterií, akumulátorů, pneumatik či vozidel. Nevěnuje se plastovým obalům ani čistírenským kalům, které jsou považovány za odpady. Naopak na materiály, které nesou označení výrobky s ukončenou životností, se nevztahuje Zákon o odpadech a po ukončení své životnosti se nestávají komunálním odpadem [25].

Zavedení tohoto zákona znamená významný krok tzv. rozšířené zodpovědnosti výrobce. Sběr a recyklace např. pneumatik je drahou záležitostí. Rozšíří se síť míst zpětného odběru, který bude pro spotřebitele bezplatný a nesmí se na něj vztahovat žádné další poplatky [25].

3 NÁVRHOVÁ ČÁST

3.1 NÁVRH OPTIMÁLNÍHO SYSTÉMU OBĚHOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ PRO ZVOLENÉ DRUHY ODPADŮ

3.1.1 Donáškový systém třídění plastů

Aktuální systém používaný na území ČR, též nazývaný „Systém EKO-KOM“ podle názvu monopolní autorizované obalové společnosti EKO-KOM a.s., která zajišťuje zpětný odběr a využití odpadů z obalů dle zákona č. 477/2001 Sb. o obalech. Tento neziskový systém je založen na vzájemné spolupráci klientů, měst a obcí. Právě obcím připadá největší část nákladů, protože jsou pro chod systému nejdůležitější a nesou za něj zodpovědnost [26].

Podmínkou pro potřebnou míru recyklace je hustota sběrné sítě. V dnešní době činí průměrná vzdálenost od bydliště k nejbližšímu sběrnému místu méně než 100 metrů [26]. Podle dat odpad třídí cca tři čtvrtiny obyvatel. Právě zaběhlost systému a doposud investované peníze do vybudování i chodu jsou největšími argumenty pro zachování tohoto systému.

3.1.2 Zpětný výběr PET obalového materiálu

Společnost Karlovarské minerální vody a.s., INCIEN a Fakulta technologie ochrany prostředí VŠCHT Praha iniciovaly vznik společného projektu s cílem zanalyzovat, vyhodnotit a zefektivnit systém sběru a recyklace PET lahví. V ČR se jedná o první činnost o zhodnocení aktuálního systému a snahu o naplnění principů cirkulární ekonomiky v oblasti PET lahví [27].

Karlovarské minerální vody a.s. vyprodukují nejvíce minerálních a pramenitých vod v ČR. Disponují informacemi a aktivním přístupem k problematice PET lahví. Z důvodu nestrannosti a odbornosti byli přizváni odborníci z INCIEN a VŠCHT [27].

Současný systém se podle nich rozhodně neprojevil jako špatný, ale domnívají se, že je potřeba jej upravit a navrhnout efektivnější řešení. Češi se v Evropě jeví jako špička v oblasti třídění, nicméně stále se vytrídí přibližně 70 % PET obalů. Systém, který by nyní měl nahradit, nese název zpětný výkup od spotřebitele. Je zaveden v některých zemích EU a jeho funkčnost se tedy dá ověřit daty ze Švédska nebo Německa. Ty dosáhly 98% míry zpětného odběru PET lahví [27].

3.1.3 Legislativní rámec pro využívání čistírenského kalu

V členských státech EU se využívá širokého spektra technologií pro zpracování kalů. Tyto postupy nám zaručí transformaci odpadu na „neodpad“ – vedlejší produkt s využitím a poptávkou. Nejčastějšími způsoby jsou přímá aplikace do půdy a kompostování.

V ČR do roku 2020 platil Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech, který mimo jiné definoval povinnosti při nakládání s kaly. Podmínky pro aplikaci kalů na zemědělskou půdu definovala vyhláška č. 437/2016 Sb., kde se též vyskytovaly limitní hodnoty pro výskyt kontaminantů (těžké kovy, nebezpečné organické látky, choroboplodné mikroorganismy).

Na úrovni našeho státu došlo k významné změně zavedením nového zákona o odpadech platného od 1. 1. 2021 (Zákon č. 541/2020 Sb.), který změnil podmínky využití kalu jako druhotné suroviny při kompostování i jeho aplikace do zemědělské půdy. Vyhláška č. 437/2016 Sb. byla nahrazena vyhláškou č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Dále vyšla

v platnost 1. 10. 2021 vyhláška o hnojivech č. 312/2021 Sb., která určuje kritéria pro hnojiva včetně čistírenského kalu.

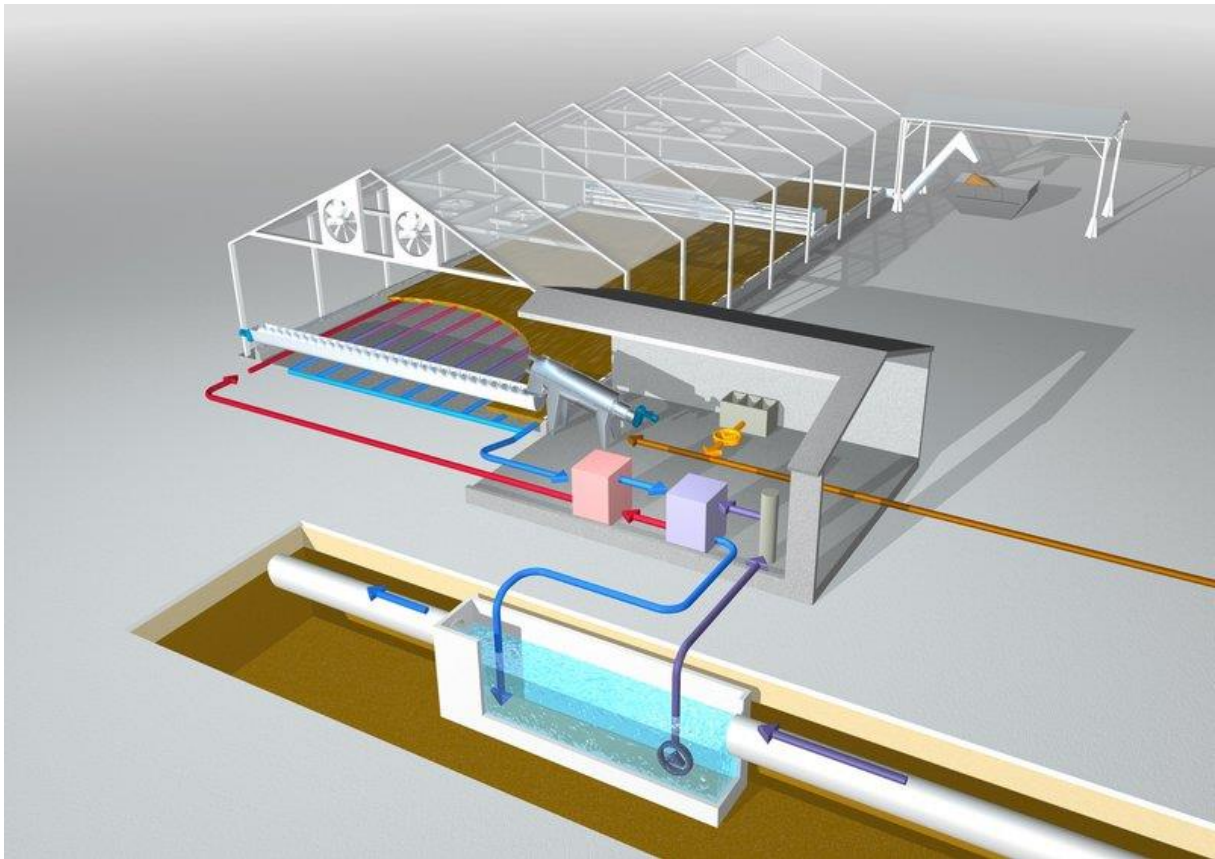
Složení čistírenských kalů se v průběhu let měnilo. V dnešní době se oproti dřívějšímu v kalech vyskytují těžké kovy, plastové částice, mikročástice plastů a nebezpečných organických látek. Proto se může aplikace kalu na zemědělskou půdu jevit jako riziková i přes splnění všech limitů a podmínek. Kompostování se tedy jeví jako o něco lepší varianta, neboť může změnit vlastnosti a obsah nebezpečných látek v kalu [28].

3.1.3.1 Sušení čistírenského kalu

Sušení čistírenského kalu se z důvodů snížení hmotnosti a zlepšení uchovávání i přepravy ukazuje jako nezbytná součást „předúpravy“. Vzhledem k zákazu skládkování neupravených odpadů je nutno vyvíjet nové technologie pro materiálovou transformaci kalů. Teprve časem se dozvíme, která z nových technologií (pyrolýza, spalování, zplyňování či torefakce) bude nejvyužívanější. Právě sušení je vhodné zkombinovat s některou z uvedených technologií. Sušení je nevyhnutelné zároveň i proto, že je vyžadován určité zastoupení sušiny (objevuje se obsah 90 %) [29].

Solární sušárny

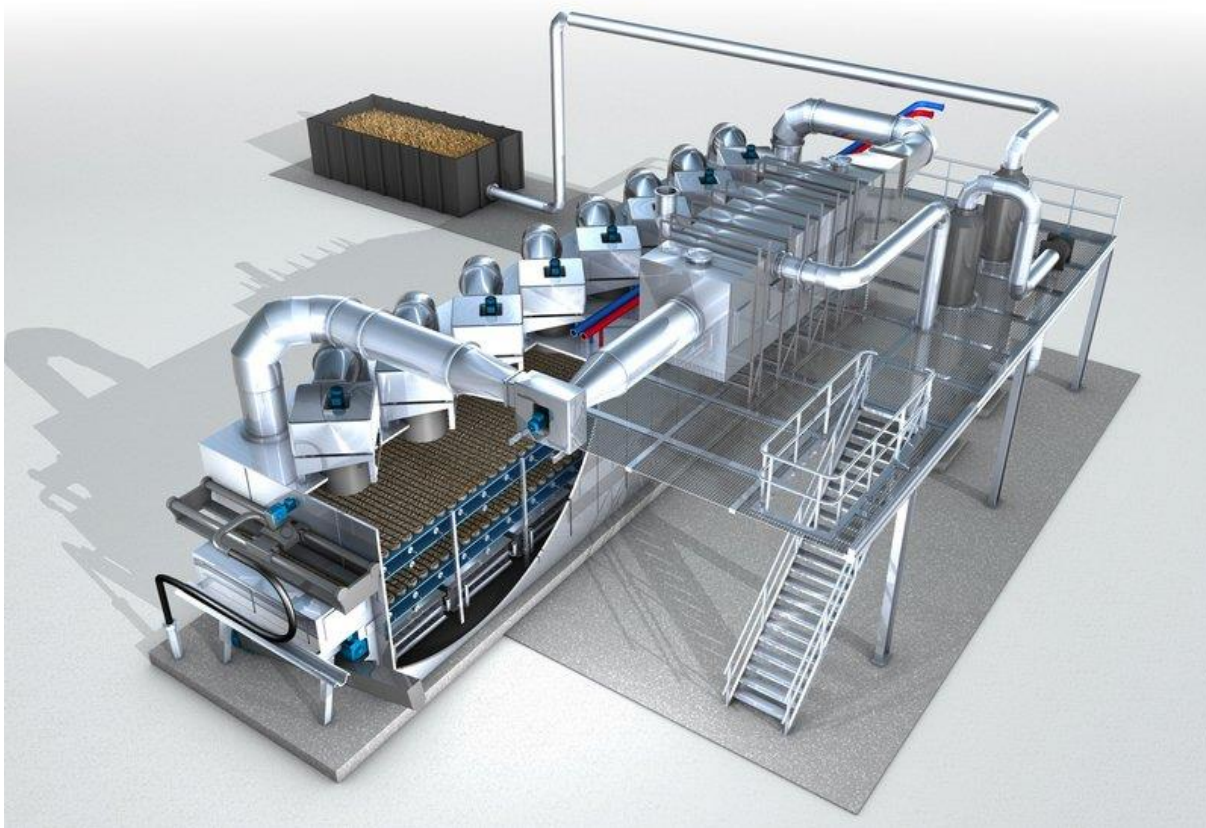
Nejstarší druh sušení je právě pomocí solární energie. V ČR se dříve vyskytovala kalová pole, ale jejich účinnost byla zpochybňována kvůli nedostatečné intenzitě slunečního záření. Solární sušárny sice zabírají větší prostor než ostatní sušárny, ale mají jednu velmi výraznou výhodu – sluneční energie je zdarma. V solární sušárně bývá zastoupeno více druhů přestupu tepla: přestup zářením, konvekční přestup a kontaktní přestup [30]. Kontaktního přestupu se dá docílit ohřátím dna skleníku např. odpadní vodou ohřátou tepelným čerpadlem [29].



Obrázek 4: Solární sušárna s výměníkem tepla z odpadní vody (zdroj: [31])

Pásové sušárny

Pásové sušárny bývají označeny jako nízkoteplotní (55-145 °C). Výhodou nízké teploty je nepřítomnost výbušného prostředí. Kal se v nich suší pomocí proudění vzduchu na předem určený obsah sušiny. Výstup pásové sušárny je dezinfikovaný kal granulovité struktury ve specifickém nudlovitém tvaru, což je výhodou pro pozdější nakládání s vysušeným kalem. Vzduch nasává vlhkost z kalu a před vypuštěním je ochlazen v tepelném výměníku, který využije jeho zbývající tepelnou energii [29].



Obrázek 5: Nízkoteplotní pásová sušárna (zdroj: [31])

3.1.3.2 Pyrolýza čistírenského kalu

Z termochemických procesů se zdá být nejlepším způsobem pro kvalitní transformaci kalu na hnojivo pomalá pyrolýza. Podle rychlosti a výsledné teploty procesu pyrolýzu rozlišujeme na rychlou a pomalou. Kýženým výstupem z tohoto procesu je biochar (uhlíkatá sloučenina). Do reaktoru je vložen v ideálním případě sušený kal, kde podléhá rozkladu na plynnou, olejovitou a pevnou složku – biochar. Při pomalé pyrolýze nám vznikne dvou až třikrát vyšší obsah biocharu, a to kolem 35-55 %. Teplota je zde do 800 °C, většinou spíše mezi 500-600 °C. Výhodou tohoto procesu je jeho energetická soběstačnost a přebytečné teplo je používáno k sušení vstupního kalu [32].

3.2 KRITICKÉ ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO SYSTÉMU

3.2.1 Kritické zhodnocení zpětného výběru PET obalového materiálu

3.2.1.1 Silné stránky

- Jednoznačnou silnou stránkou ověřenou daty ze států, kde byl tento systém zaveden, je jeho vysoká účinnost sběru
- Míra recyklace PET lahví by podle odhadů též měla stoupnout
- Celkový počet prodaných nápojů v PET lahvích by z důvodu vyšší pořizovací ceny a určitými komplikacemi měl klesnout
- V ČR by byl zrušen monopolní systém autorizované obalové společnosti, což by řada lidí brala jako pozitivum

3.2.1.2 Slabé stránky

- Zavedení zcela jistě povede ke splnění cílů evropské směrnice SUP (single use plastic), ale cílů jiné směrnice CEP (circular economy package) by nemuselo být dosaženo – vylepšení současného systému by pravděpodobně znamenalo splnění obou cílů zároveň
- Pro spotřebitele by to bylo komplikovanější řešení, neboť míst na zpětný odběr by jistě nebylo tolik jako kontejnerů určených pro plasty
- Obchodníci by museli za značné peníze pořídit automaty, nové zaměstnance i prostory
- Hrozí scénář, kdy sice lidé budou donášet PET lahve na určená místa, ale přestanou třídít ostatní plasty – to si nemůže ČR dovolit, neboť se míry recyklace legislativně zvedají
- Tento systém by se týkal pouze PET lahví na jedno použití, nebudou tedy znovu naplněny jako například lahve od piva
- Obce by přišly o peníze proplácené za vytríděné obalové PET odpady [33]

3.2.1.3 Ekonomika

Z hlediska ekonomiky by se zcela určitě jednalo o finančně náročnější řešení. Aktuální systém je již zaběhlý jak u lidí, tak firem. Nový systém by si žádal výstavbu automatů, která by v celorepublikovém měřítku znamenala významné investice. Dále by bylo potřeba zvýšit kapacitu prostorů pro ukládání PET lahví. Též by bylo potřeba zaměstnat novou pracovní sílu, což by bylo z hlediska ekonomiky sice pozitivní, ale obchodníci by tím museli utratit další peníze [33].

3.2.2 Kritické zhodnocení pyrolýzy čistírenského kalu

3.2.2.1 Silné stránky

- Vysoké procento (nad 90 %) zachycení fosforu, který je v čistírenském kalu pravděpodobně nejcennější surovinou
- Materiálové i energetické využití kalu zároveň
- Snížení škodlivosti organických polutantů
- Jeví se jako dobrá volba i pro menší kapacity
- Sekvestrace uhlíku (vázaní CO₂ z atmosféry) [32]

3.2.2.2 Slabé stránky

- Investiční náklady
- Využití je převážně pro sušené kaly
- Potřeba dotáhnout provozní aplikaci a vývoj

3.2.2.3 Ekonomika

Z pohledu ekonomiky se určitě jedná o proces, kde jsou náklady poněkud vyšší. Ovšem pokud vezmeme v potaz účinnost a čistotu procesu, nejsou potřebné investice tak vysoké. Například procesy spalování či monospalování mají investiční i provozní náklady vyšší, ale pozitivně nabízejí méně než pyrolýza [32].

4 ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo navrhnout systém založený na principech cirkulární ekonomiky a za podmínek české legislativy pro zvolené druhy odpadů – plastový obalový odpad a čistírenský kal z komunálních odpadních vod. U plastového odpadu byl navíc popsán systém stávající (donáškový) a poté porovnán s potenciálně novým (zpětný výběr).

Zpětný výběr se na první pohled může jevit jako přívětivější varianta a má své neoddiskutovatelné výhody – především velmi vysokou míru recyklace. Systém má samozřejmě i své slabé stránky, zde především ekonomická stránka věci. Pro zavedení zpětného výběru by musely všechny zúčastněné strany (spotřebitel, obchodník, výrobce) investovat nemalé peníze. I samotný provoz by byl ekonomicky náročnější variantou. ČR v každém případě musí plnit cíle evropských směrnic a pomocí donáškového systému, na který jsou obce i občané navyklí, se to prozatím dařilo.

Pyrolýza patří mezi termochemické transformace čistírenského kalu. Jeho provoz nabízí více výhod než nevýhod. Mezi silné stránky náleží vysoký stupeň zachycení fosforu a inaktivace organických polutantů. Slabou stránkou je například nutnost vysušení kalu. Pro zavedení pyrolýzy ve větší míře než doposud by jistě bylo zapotřebí investičních nákladů, které by ale byly kompenzovány účinností tohoto oběhového systému.

Dalším cílem práce, který předcházela návrhové části, bylo zpracování rešerše aktuální legislativy a strategických dokumentů. Strategické dokumenty na úrovni ČR vycházejí z těch evropských, které jsou formulovány spíše obecněji a každý členský stát zavede konkrétní opatření pro splnění cílů vytyčených EU. Velký krok na úrovni ČR znamenal především nový zákon o odpadech, který zpřísňuje podmínky pro uložení odpadu na skládku a upřednostňuje efektivnější způsoby nakládání s odpady.

5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KIZLINK, Juraj. *Odpady: sběr, zpracování, využití, zneškodnění, legislativa*. 3., upr. a rozš. vyd., V Akademickém nakl. CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 9788072048847.
- [2] Odpad - vedlejší produkt - výrobek. *Odpady* [online]. [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://odpady-online.cz/odpad-vedlejsi-produkt-vyrobek/>
- [3] Platná legislativa. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://odpady-online.cz/co-s-cistirenskymi-kaly/>
- [4] Packaging waste by waste management operations. *Eurostat* [online databáze]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_waspac/default/table?lang=en
- [5] Čistírenský kal. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2021-05-30]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Čist%C3%ADrenský_kal
- [6] Marie Boubínová *Získávání surovin z odpadních vod a čistírenských kalů*. Brno, 2020. 74 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA
- [7] Co s čistírenskými kaly?. *Odpady* [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://odpady-online.cz/co-s-cistirenskymi-kaly/>
- [8] Sewage sludge production and disposal. *Eurostat* [online databáze]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_WW_SPD_custom_2776361/default/table?lang=en
- [9] Cirkulární ekonomika a co se děje v Bruselu. *Institut cirkulární ekonomiky* [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://incien.org/cirkularni-ekonomika-a-co-se-deje-v-bruselu/>
- [10] *Business Models for the Circular Economy* [online]. OECD, 2019 [cit. 2022-05-25]. ISBN 9789264311411. Dostupné z: doi:10.1787/g2g9dd62-en
- [11] ŠKRDLÍKOVÁ, M. Pracovní pozice budoucnosti. Cirkulární ekonomika přinese Česku až 150 tisíc nových míst. *Zajimej.se* [online]. 2019 [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://zajimej.se/pracovni-pozice-budoucnosti-cirkularni-ekonomika-prinese-cesku-az-150-tisic-novych-mist/>
- [12] Zelená dohoda pro Evropu. *European Commission* [online]. 2022 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_cs
- [13] *Nový akční plán pro oběhové hospodářství Čistší a konkurenceschopnější Evropa*. Brusel, 2020, číslo 98. Dostupné také z: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
- [14] *Zvláštní vydání Eurobarometru 503* [online]. 2020. [cit. 2022-04-18].
- [15] *Státní politika životního prostředí České republiky 2030 s výhledem do 2050*. Ministerstvo životního prostředí, 2020. Dostupné také z:

https://www.dataplan.info/img_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/spzp_2030_final.pdf

[16] *Maximálně cirkulární česko v roce 2040*. Ministerstvo životního prostředí, 2021. Dostupné také z:

https://www.dataplan.info/img_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/cirkularni-cesko_2040_1.pdf

[17] Sustainability. *European Commission* [online]. [cit. 2022-04-19]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability_en

[18] Packaging waste statistics. *Eurostat* [online databáze]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Packaging_waste_statistics

[19] Dobrovolné nástroje ochrany životního prostředí. *Ekoznacka* [online]. [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://ekoznacka.cz>

[20] *Zákon o odpadech*. 2020, 541/2020 Sb. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>

[21] *Vyhláška Ministerstva zemědělství o stanovení požadavků na hnojiva*. 2000, 474/2000 Sb. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-474>

[22] *Zákon o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech)*. 2002, 477/2001 Sb. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-477>

[23] EKO-KOM A.S. *Přehled vytiženosti v letech 2016 - 2020*. Praha, 2021.

[24] *Zákon o výrobcích s ukončenou životností*. 2021, 542/2020 Sb. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-542>

[25] ELTMA. Změny, které přinesl Zákon o výrobcích s ukončenou životností. *Novinky.cz* [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/komerčni-clanky/clanek/zmeny-ktere-prinesl-zakon-o-vyrobcich-s-ukoncenou-zivotnosti-40348679>

[26] Jak systém funguje. *EKO-KOM* [online]. [cit. 2022-05-27]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/cz/klienti/jak-system-funguje/>

[27] JONÁŠOVÁ, S. Zálohovým systémem na nápojové PET obaly v České republice se zabývá nově vzniklá pracovní skupina. *Zajimej.se* [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://zajimej.se/zalohovym-systemem-na-napojove-pet-obaly-v-ceske-republice-se-zabyva-nove-vznikla-pracovni-skupina/>

[28] UGGETTI, E., I. FERRER MARTÍ, E. LLORENS RIBES, D. GÜELL a J. GARCÍA SERRANO. *Properties of biosolids from sludge treatment wetlands for land application*. 2010. ISBN 978-90-481-9584-8.

[29] RAČEK, Jakub, Boris DOSKOČIL, Jan ŠEVČÍK, Tomáš CHORAZY a Petr HLAVÍNEK. *Sušení čistírenského kalu pro podmínky České republiky* [online]. [cit. 2022-05-27]. Dostupné z: <https://www.vodovod.info/index.php/kanalizace-a-cov/388-suseni-cistirenskeho-kalu-pro-podminky-ceske-republiky#.YpEhtVRBy3C>

[30] HARTIG K. *Problematika kalového hospodářství – sušení kalů*, Sweco Hydroprojekt a.s., Tábořská 31, Praha, časopis Vodní hospodářství 04/2017

[31] Huber Technology. *Sušení kalů* [online]. [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://www.hubercs.cz/cz/produkty/zpracovani-kalu/suseni>

[32] KOS, M. *Použití pyrolýzy k produkci hnojiva z čistírenských kalů* [online]. [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: http://www.cpga.cz/files/prednasky/1603_Kos_Pyrolyza_hnojiva_fulltext.pdf

[33] Zálohování PET lahví v ČR očima odborníků. *Česká Asociace Odpadového Hospodářství* [online]. 2022-03-15 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.caoh.cz/aktuality/zalohovani-pet-lahvi-v-cr-ocima-odborniku.html>

6 SEZNAM ZKRATEK

EU	Evropská unie
ČR	Česká republika
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MZe	Ministerstvo zemědělství
APCE	Akční plán pro cirkulární ekonomiku
IKT	Informační a komunikační technologie
SPŽP	Státní politika životního prostředí
ISOH	Informační systém odpadového hospodářství
LCA	Posuzování životního cyklu (Life cycle assessment)
INCIEN	Institut cirkulární ekonomiky
VŠCHT	Vysoká škola chemicko-technologická v Praze