

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekonomie



Bakalářská práce

**Využití odpadních materiálů k výrobě rekultivačních
substrátů**

Petr Mottl

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petr Mottl

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

VYUŽITÍ ODPADNÍCH MATERIÁLŮ K VÝROBĚ REKULTIVAČNÍCH SUBSTRÁTŮ

Název anglicky

UTILIZATION OF WASTE MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF RECOVERY SUBSTRATES

Cíle práce

Cílem práce je seznámit čtenáře s problematikou zpracování odpadu na bázi čistírenského kalu a jeho následným využitím. Problematika čistírenských kalů je velmi aktuální, celosvětové téma. Tato práce je zaměřená na využití odpadu, resp. kalu k výrobě rekultivačních substrátů.

Metodika

Na základě využití odborné literatury práce hodnotí využívání kalů a recyklace vody.

Bakalářská práce je věnována výrobě rekultivačních substrátů u kalů a je rozdělena celkem na pět částí:

- legislativa;
- charakterizace vybraných druhů odpadů – kalů;
- technologie zpracování odpadů s cílem výroby rekultivačních substrátů;
- kontrola kvality výstupů zpracovatelských technologií v rámci využití výrobků, včetně srovnání se standarty v rámci EU.

V závěru práce bude vyhodnocen vliv daného odpadu na životní prostředí a rámci alternativních scénářů jeho zpracování na modelových příkladech.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

ODPAD, REKULTIVACE, SUBSTRÁT, TECHNOLOGIE, ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Doporučené zdroje informací

D. Jenkins, J. Wanner (Eds.), (2014): Activated Sludge – 100 Years and Counting, IWA Publishing, ISBN 9781780404936

M. Kos (2015): Termochemická zpracování čistírenských kalů, Sovak 12/2015, 20-23

Návrh NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY, kterým se stanoví pravidla pro dodávání hnojivých výrobků s označením CE na trh a kterým se mění nařízení (ES) č. 1069/2009 a (ES) č. 1107/2009

Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe

Z. Frček, J. Drechsler (2017): Sušení kalů na ČOV Karlovy Vary, Drahovice, Sovak 1/2017, 7-10

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2021

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využití odpadních materiálů k výrobě rekultivačních substrátů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31. 3. 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Tereze Hnátkové, Ph.D. za odborné vedení a neocenitelné rady při zpracování této bakalářské práce a dále své rodině za trpělivost při mých studiích.

Využití odpadních materiálů k výrobě rekultivačních substrátů

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce se zabývá výrobou rekultivačních substrátů. Tato práce je rozdělena na pět částí. V první části se budu zabývat legislativou, ve druhé odpady a jejich charakteristikou, třetí část je věnována technologií zpracování odpadů, ve čtvrté části se práce zabývá kontrolou kvality výstupů zpracovatelských technologií v rámci využití výrobků a v poslední závěrečná částí bude vyhodnocen vliv daného odpadu na životní prostředí a rámci alternativních scénářů jeho zpracování na modelových příkladech.

Klíčová slova: rekultivace, odpady, technologie, životní prostředí, substráty

Utilization of waste materials for the production of recovery substrates

Abstract

The presented bachelor thesis deals with the production of reclamation substrates. This work is divided into five parts. In the first part we will legislation, in the second waste and their characteristic, the third part is devoted to technological waste treatment, in the fourth part the quality control of processing technological is performed within the use of products alternative scenarios of its processing on model examples.

Keywords: reclamation, waste, technology, environment, substrates

Obsah

1 ÚVOD.....	10
2 CÍL PRÁCE.....	11
3 METODIKA	12
4 LEGISLATIVNÍ ÚPRAVA	12
5 CHARAKTERISTIKA ODPADU.....	14
5.1 Tříděný komunální bioodpad	15
5.2 Kal z čistíren odpadních vod.....	15
5.2.1 Dělení kalů.....	16
5.2.1.1 Primární kaly	16
5.2.1.2 Sekundární kaly	16
5.2.1.3 Terciální kaly.....	17
5.3 Elektrárenský a teplárenský odpad.....	17
5.4 Rostlinné zbytky – zemědělské a průmyslové	18
5.5 Odpady ze živočišné výroby	19
5.6 Stavební a demoliční odpad	19
6 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ	20
6.1 Spalování ve spalovnách	20
6.2 Chemicko-fyzikální likvidace	22
6.3 Biologická likvidace odpadu.....	22
6.3.1 Kompostování.....	23
6.3.1.1 Průmyslové kompostování (tzv. centrální).....	23
6.4 Skládkování.....	24
6.5 Recyklace	24
6.6 Rekultivace.....	32
6.7 Zpracování kalů.....	33
6.7.1 Aplikace na zemědělskou půdu	34
6.7.2 Kompostování.....	36
6.7.3 Energetické využití	37
6.7.4 Rekultivace	37
6.7.5 Skládkování	38
6.7.6 Využití kalů ve stavebnictví	38
7 KONTROLA KVALITY.....	38

8 DISKUZE	40
9 ZÁVĚR	44
10 VLASTNÍ ZHODNOCENÍ PRÁCE	46
11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	46
11.1 Legislativní zdroje.....	46
11.2 Odborné knihy.....	46
11.3 Ostatní zdroje	47
12 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	50
12.1 Seznam obrázků	50
12.2 Seznam tabulek	51
13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	51

1 ÚVOD

Planeta je místo, kde žijeme a kde budou žít naše děti a děti našich dětí. Je důležité ji udržet ve stavu obyvatelném a nezatěžovat ji odpadem, který lidstvo vyprodukuje. V současné době je mnoho firem zabývajících se likvidací odpadů, ale prvopočátek je u nás, u člověka samotného. Ať chceme či nechceme, odpad tu bude vždy a není možné si jej nevšímat. Nejzákladnější je odpad třídit a pak jsou zde firmy, které se jej snaží využívat ku prospěchu svého potažmo lidstva. Jsou čtyři možné způsoby naložení s odpadem. Můžeme jej spálit ve spalovnách, likvidovat biologicky či chemicko-fyzikálně, stavební odpad lze ukládat do specializovaných skládek – deponií a poslední pro nás nejzajímavější-recyklovat.

Bakalářská práce čerpá z odborné literatury jak z české, tak i zahraniční. V práci jsou shrnuty všechny dostupné poznatky a metody recyklace k výrobě rekultivačních substrátů se zaměřením především na kaly.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je seznámit čtenáře s problematikou zpracování odpadu, zejména jeho využití ve stavebnictví, na bázi čistírenského kalu a jeho následným využitím. Problematika čistírenských kalů je velmi aktuální, celosvětové téma. Tato práce je zaměřena na využití odpadu, resp. kalu k výrobě rekultivačních substrátů.

3 METODIKA

V literární rešerši bude na základě využití odborné literatury práce hodnotit využívání kalů a recyklace vody. Bakalářská práce bude věnována výrobě rekultivačních substrátů a kalů bude rozdělena na pět částí:

- legislativa,
- charakterizace vybraných druhů odpadů – kalů,
- technologie zpracování odpadů s cílem výroby rekultivačních substrátů,
- kontrola kvality výstupů zpracovatelských technologií v rámci využití výrobků, včetně srovnání se standarty v rámci EU.

V závěru práce bude vyhodnocen vliv daného odpadu na životní prostředí v rámci alternativních scénářů jeho zpracování na modelových příkladech.

4 LEGISLATIVNÍ ÚPRAVA

V České republice vznikl první zákon o odpadech už v roce 1991. V současnosti nakládání s odpady upravuje zákon č. 541/2020 Sb., (dále jen „zákon o odpadech“), který stanovuje práva a povinnosti osobám v oblasti odpadového hospodářství a má za úkol zajistit vysokou úroveň ochrany životního prostředí a zdraví lidí. Tento zákon hovoří o odpadu jako o movité věci, které se osoba zbavuje nebo má úmysl, popř. povinnost se jí zbavit, a to v případě, že věc již není možné používat k původnímu účelu. Původcem odpadu je každý, při jehož činnosti odpad vzniká, popř. právnická či fyzická podnikající osoba nebo obec, a to v případě, že osoba odpad odloží na místo obcí k tomu určených.

„Tento zákon se nevztahuje na emise látek znečišťujících prostředí, radioaktivní odpad, výbušniny, střelivo a municie, exkrementy, slámu a jiné přírodní látky ze zemědělské výroby nebo lesnictví, nekontaminovanou zeminu a jiný přírodní materiál vytěžený během stavební činnosti, sedimenty přemísťované v rámci povrchových vod a půdu in situ“ (zákon o odpadech).

Dle uvedeného zákona je nutné s odpadem zacházet pouze způsobem stanoveným zákonem a je nutné při tom dbát na ochranu životního prostředí a zdraví lidí. Je nutné s ním nakládat pouze ve zřízeních tomu určených, soustřeďovat jej odděleně a nakládat s ním tak, aby bylo zbráněno jeho odcizení, popř. úniku. Původce odpadu je povinen roztrždit odpad dle druhu a nakládat s ním dle jeho skutečných vlastností. Zařazuje se do kategorie odpadu, a to jako nebezpečný odpad, popř. dle druhu odpadu vymezeného v Katalogu opadů. Katalog opadů je uveden v příloze č.1 vyhlášky č. 8/2021 Sb., kde jsou jednotlivé skupiny opadů.

Současná legislativa je v souladu s legislativou EU a je dána přesnou hierarchií nakládání s odpady, počínající předcházení vzniku opadů, následné využívání ku prospěchu až po konečné odstraňování. Jedním z možných způsobů odstraňování je možné využití odpadního materiálu k přepracování na rekultivační substrát (Kučerová a kol., 2013).

Zákony v oblasti odpadového hospodářství mají v sobě zakomponováno mnoho prvků týkají se prevence vzniku opadů. Mezi tyto zákony patří již zmíněný zákon o odpadech, dále pak zákon číslo 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou živností a zákon č. 477/2001 Sb., o obalech. Mezi další významné legislativní prvky patří Program předcházení vzniku opadů ČR, který byl schválen na základě usnesení vlády č. 869/2014. V programu je zahrnut plán odpadového hospodářství (dále jen „POH“), který byl připraven v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech (MŽP, 2021). V současné době je v platnosti Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2018/851 ze dne 30.5.2018, kterou byla původní směrnice pozměněna.

Odpadová politika Evropské unie nechce, aby byly odpady ukládány na skládky, velmi podporuje předcházení jejich vzniku, snaží se je tedy minimalizovat (Dohányos, 2006).

Vzhledem k tomu, že v minulosti docházelo k nešetrné těžbě nerostných surovin, je v našem zájmu vrátit krajinu do původního stavu. Velmi důležitou roli v tomto případě hraje i rekultivace, což jsou postupy, které mají za cíl obnovu krajiny (Honzík R., 2017).

Skupina opadů, jíž se zabývá tato práce je vedena pod číslem **06 05 Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku**. Kaly jsou řešeny v hlavě VI. zákona č. 541/2021 Sb.,

o odpadech v díle 2 spolu s biologicky rozložitelným odpadem, komunitním kompostováním a sedimenty. Kaly jsou nevyhnutelný odpad při čištění odpadních vod a jsou řešeny v ustanovení § 67 až § 69 již zmiňovaného zákona o odpadech, kde je přesně vymezeno, co kal je a jak je nutné a možné s ním nakládat. Kaly je v České republice zakázáno ukládat na skládky, ale vzhledem k tomu, že není možné jejich produkci nijak zabránit, je možné pouze vhodnými postupy zmenšit jejich množství.

Jedná se o vedlejší produkt čištění odpadních vod, je ovšem velkým zdrojem živin. Upravený kal je tedy vhodný pro využití v zemědělství, pro podporu růstu plodin a další vegetace.

„Dle zákona je možné kaly rozdělit na:

- *kal z čistíren odpadních vod (dále ČOV)*
- *kal ze septiků sloužících k čištění odpadních vod z domácností*
- *kal z čistíren odpadních vod zpracovávající odpadní vody a materiály“ (zákon o odpadech).*

Kaly z ČOV jsou legislativně zařazeny mezi vybrané odpady. Do českého právního řádu je legislativa EU týkající se tohoto odpadu plně implementována. V některých ohledech jsou požadavky a kritéria české právní úpravy dokonce přísnější (MŽP, 2021).

5 CHARAKTERISTIKA ODPADU

Dle MŽP vznikají odpady při veškeré lidské činnosti. Vznikají v běžném každodenním životě, v průmyslu, ve stavebnictví. Kvůli svým vlastnostem vyžaduje specifické zacházení. Česká republika má stanoveny cíle pro nakládání s odpady v POH, který byl schválen 22. prosince 2014 a je schválen na období 2015–2024. Tento plán bývá každoročně vyhodnocován a musí být v souladu s odpadovými plány krajů. Z POH je patrné, že každoročně vzrůstá celková produkce odpadů zhruba 10 % ročně (MŽP, 2021).

V rozvinutých zemích stoupla spotřeba odpadu za posledních dvacet let trojnásobně a v porovnání s rozvojovými zeměmi je vyšší téměř šestinásobně. Bohužel roste i produkce v těchto rozvojových zemích a během pár let se může produkce až zdvojnásobit (Yadav R., 2015).

Ministerstvo životního prostředí České republiky vydalo Metodický pokyn č.: MZP/2020/720/5379 k novému zákonu o odpadech, který vyjasňuje postupy osob, na které dopadají povinnosti v odpadovém hospodářství

5.1 Tříděný komunální bioodpad

Bioodpad nejsou biopotraviny, ale jsou to veškeré zbytky z kuchyně nebo z jiného stravování. Mohlo by se říci, že je to vše, co nesníte, popř. oloupete, vykrojíte. Patří sem ale i tráva, dřevo, větve nebo nějaké zbytky zemědělské výroby. Zjednodušeně řečeno, jedná se o odpad biologického původu. Bioodpad dále můžeme rozdělit na BRKO a BRO (Třídění odpadu, 2021).

Odpady, které jsou biologického původu jsou velmi širokou skupinou odpadů. Jejich nakládání může velmi pozitivně či negativně ovlivnit celé životní prostředí. Jejich obsahem bývají organické látky a rostlinné živiny, které můžeme po zpracování vracet zpátky do přírody jako organické hnojivo neboli KOMPOST. Dalším možným způsobem zpracování je technologie nazývaná anaerobní digesce, při ní vzniká organické hnojivo – DIGESTÁT. Vedlejším produktem je BIOPLYN. Bioplyn bývá využíván k výrobě tepla, elektrické energie nebo motorového paliva (RESTEP, 2019).

5.2 Kal z čistíren odpadních vod

Kal je nevyhnutelným odpadem při čištění odpadních vod (MŽP, 2021). Kal je dle definice suspenze nerozpuštěných látek ve vodě. Jeho složení je chemické a biologické, které záleží na složení odpadních vod, na technologii dané ČOV a samozřejmě na průběhu procesu jeho ošetření. Složení a vlastnosti vodárenského kalu závisí především na kvalitě čištěné vody a zvolené technologii úpravy vody. Kapalnou fází kalu představuje kalová voda a tuhou fází

částice různého tvaru a velikosti. Voda je v kalu přítomna ve formě volné, koloidně vázané a ve formě chemicky vázané (Grünwald, 2013). Jednou z hlavních složek živin je dusík (N) a je to hlavní ukazatel pro stanovení dávky kalů. Dále kal obsahuje také fosfor (F), draslík (K), ale také vápník (Ca), zinek (Zn) a další. Zároveň jeho obsahem jsou i škodlivé látky, mezi které patří například tyto těžké kovy jako je arzen (As), chrom (Cr), nikl (Ni), olovo (Pb) a další. (Černý J., 2009). Původcem těchto kovů jsou průmyslové odpadní vody (povrchové úpravy kovů, kožedělní průmysl a další).

Dalším, ne méně důležitým ukazatelem je hledisko hygienické. Většina kalů, které jsou za surova produkovány ČOV má velmi nízkou infekčnost, a to z důvodu obsahu exkrementů nemocných lidí a nebo zvířat.

Velmi důležitou vlastností je také konzistence kalu. Ta souvisí s množstvím tuhých složek – obsah sušiny v kalu. Tato složka většinou nepřekročí 10 % (Podolka J., 2017).

Kal, který nebyl nijak upraven se považuje za ostatní odpad a musí s ním být tedy tak i nakládáno.

5.2.1 Dělení kalů

Čistírenské odpadní kaly, jsou všechny odpady, které vznikají při úpravě a čištění vody v ČOV.

5.2.1.1 Primární kaly

Primární kal vzniká ještě před započítím biochemických procesů biologického čištění. V usazovacích nádržích je do vody přidáváno koagulační činidlo. Jeho složení je dáno přitékající vodou.

5.2.1.2 Sekundární kaly

Sekundární kal nebo-li přebytečný biologická kal obsahuje přebytečnou narostlou biomasu z biologického růstu. Velký vliv na jeho složení má opět původ odpadních vod.

5.2.1.3 Terciální kaly

Pokud je chemické srážení fosforu aplikováno mimo aktivační nádrž vzniká takto terciální kal, v ostatních případech je terciální kal smíchán s kalem sekundárním (Zidek M., 2017).

5.3 Elektrárenský a teplárenský odpad

Elektrárenský popílek vzniká v elektrárnách při spalování uhlí. Je to vlastně nespalitelná organická příměs, která byla do uhlí naplavena podzemní vodou, popř. byla součástí rostlin. Obecně platí, že čím méně je kvalitní uhlí, tím více popelovin uhlí obsahuje. Nejpoužívanější je v České republice hnědé uhlí, a to má obsah popelovin kolem 25 %. Při spalování se popílek dostává do ovzduší a značně škodí svému okolí. Ucpává průduchy rostli, čímž se snižuje výnos a kvalita plodů a v neposlední řadě značně škodí lidem, kteří létavý popílek vdechují. Je tedy nutné popílek zachytávat (Severa T. et. Frána J.).

Po zachycení popílku nastane problém, kam s ním? Je možnost mimo jiné i rekultivovat. V případě zemědělské rekultivace můžeme popílek překrýt vrstvou půdy, popř. rašeliny, a nebo pěstovat rostliny na čistém popílku tzv. přímá rekultivace. Další možné využití je vyvezení popílku v množství 50 a více tun na pole, kde na něj budou vyvezeny exkrementy prasat, stájový hnůj či močůvka. Takto uložený popílek zvýší minerální látky v půdě (Michalíková F., 2004)

Vzhledem k tomu, že je stále vysoká poptávka po elektrické energii, tak je zde otázka, co s popílkem ze spalování. V současné době se jako nejvhodnější jeví použití popílku ve stavebnictví. V současnosti je stále méně surovin k výrobě stavebního materiálu, a proto se jako vhodná alternativa hodí odpady z energetiky, mezi které popílek patří. Protože má popílek velmi dobré vlastnosti bývá velmi často přidáván do betonu, kdy mu zlepší čerpatelnost a zpracovatelnost. Díky popílku beton pomaleji tuhne a po vytvrnutí je více odolný, dále se používá při výrobě cihel. Aby byly vyrobeny kvalitní cihly, je potřeba přidat kolem 30% a následně pomalu vypalovat po dobu 6hodin při 1000°C. Výsledné cihly jsou daleko pevnější v tlaku než normální cihly(Lin a kol., 2000).

Stabilizát je výrobek z popela. Jedná se o směs klasického popele, popř. popele z fluidních kotlů. Po smíchání s vodou s aditivou a cementem, se směs odveze do čistírny odpadních vod, kdy po smíchání s kaly vznikne již zmiňovaný stabilizát (u nás známý pod názvem RHENIPAL). Jedná se o vhodnou alternativu použitelnou ve stavebnictví. Vzhledem ke svým přijatelným vlastnostem pro životní prostředí, je možné jej ukládat volně v krajině, nebo je vhodný k vyplňování trhlin v lesích (Bagarová, 2020). V současné době se tedy jeví jako nejvhodnější jej použít jako hydraulické pojivo při stabilizaci/solidifikaci čistírenského kalu, kdy jeho chemické vlastnosti jsou kvalitativně shodné s portlandským cementem (nejvíce používaný druh cementu pro výrobu betonových směsí (Enviweb, 2003).

Dále se nejčastěji využívá jako podkladní a ochranná vrstva vozovek, při stavbě protihlukových stěn, na obsypy a zásypy objektů, a nebo jako zásypový materiál při rekultivaci prostor po těžbě nerostných surovin (Silo Transport, 2021)

5.4 Rostlinné zbytky – zemědělské a průmyslové

Zemědělský průmysl vyprodukuje veliké množství zbytků, které se skládá převážně z melasy, slupek, listů, slámy,....Bývají velmi bohaté na sloučeniny. Zemědělské zbytky se dále dělí na polní zbytky a zbytky z procesu. Mezi polní zbytky tedy patří listy, stonky a vše, co na poli zbyde po sklizni plodin. Zbytky z procesu jsou tedy takové zbytky, které zůstanou jako odpad po zpracování těchto plodin. Tyto zbytky jsou tedy slupky, semena, sláma, kůra, kořeny. Používají se jako krmivo pro zvířata, a to v čerstvém stavu, popř. zpracování silážováním či do krmných mouček. a třeba hnojivo (Sadh, P.K. a kol. 2018).

Za ekologicky nejefektivnější způsoby zpracování rostlinného odpadu patří kompostování. Po kompostování (které trvá zhruba 60dní) je možné připravit pro půdu hotové humusové látky, potřebné pro udržení úrodnosti zemědělské půdy (Váňa J., 2001).

Průmyslové odpady vznikají v potravinářském průmyslu. Mezi tento průmysl patří výroba džusů, cukrovinek z ovoce a výroba hranolků. Z důvodu zvyšování populace, je stále vyšší potřeba potravin a tím pádem je i více zbytků z nich (Sadh, P.K. a kol. 2018).

5.5 Odpady ze živočišné výroby

Zdrojem odpadů ze živočišné výroby je např. velkochov hospodářských zvířat, dále jatka a masný zpracovatelský průmysl. V živočišné výrobě je největší zastoupení odpadu v podobě chlévské mrvy, která bývá produkována ze stelivového ustájení skutu, prasat či slepic. Jedná se o téměř dokonalou recyklaci živin, kdy se při správném skladování a používání stává cenným zemědělským hnojivem. V současné době však zemědělci přecházejí na bezstelivové ustájení zvířat a v tomto případě jako odpad ze živočišné výroby vzniká substrát, tzv. kejda. Kejda je částečně prokvašená směs exkrementů zředěná vodou. Důležitým znakem je obsah sušiny. Nejčastějším způsobem použití kejdy je přímé hnojení na široko na ornou půdu, přímo do orné půdy, je jí možné použít i jako hnojivo na trávníky či jako kejdovou závlahu (Hlušek J., 2004)

Kejda je tedy určena díky svému původu a složení ke hnojení. Ovšem je možné ji použít na biologickou rekultivaci a hnojení výsypek z dolů a složišť popele, přímo aplikovat v topolobezových plantážích, anaerobní metanové vyhnívání kejdy s výrobou bioplynu a na výrobu žampionového substrátu. Žampionový substrát se skládá z kejdy prasat, slámy, tuhého separátu z kejdy, drůbežního trusu a sádry. Je to velmi účinná a jediná metoda pro vysokou produkci žampionů při nedostatku koňského hnoje (ZČU, 2008).

Dalším statkovým hnojivem je hnůj a močůvka. Hnůj ve cenné organické hnojivo, které vzniká na hnojišti zráním chlévské mrvy a močůvka je směs vody a moči hospodářských zvířat (Fries J., 2007).

5.6 Stavební a demoliční odpad

Stavební odpad vzniká na stavbách a při údržbě budov nebo domů. Demoliční naopak při změnách dokončených staveb nebo jejich úplném odstraňování. V případě recyklace těchto surovin je možné tento stavební odpad opět použít jako plnohodnotný stavební materiál. K tomu účelu je možné použít skoro každý stavební materiál, např. beton, střešní tašky, kamení, zemina. Mezi nejvíce využívané bývá stavební suť či betonové bloky, které se opětovně použijí třeba na podloží budov či do základů (Šťastná Z., 2014).

Stavební a demoliční odpad dělíme na:

- stavební suť
- stavební odpad
- silniční materiál
- zemina a jiní výkopové materiály

Během demoličních prací je nutné dbát na správně roztrídění, aby mohla proběhnout následná recyklace. Je nutné od sebe oddělit kontaminované materiály od nekontaminovaných. V současné době je možné recyklovat beton, který se po recyklaci používá jako zásypový či násypový materiál, jako kamenivo do nových betonových směsí, při stavbě silnic či železnic je používán jako podkladní materiál. V případě recyklace skla jsou vyráběny nové skleněné obaly nebo tepelná izolace. Keramické prvky se po recyklaci dají použít na výrobu antuky pro tenisové kurty, vyrábět cihlobeton či nepálené lisované cihly. Na stavbách je v hojné míře používán i dřevo, které je po recyklaci vhodné na výrobu paliva či mulčovacích směsí (Henková S., 2021).

6 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ

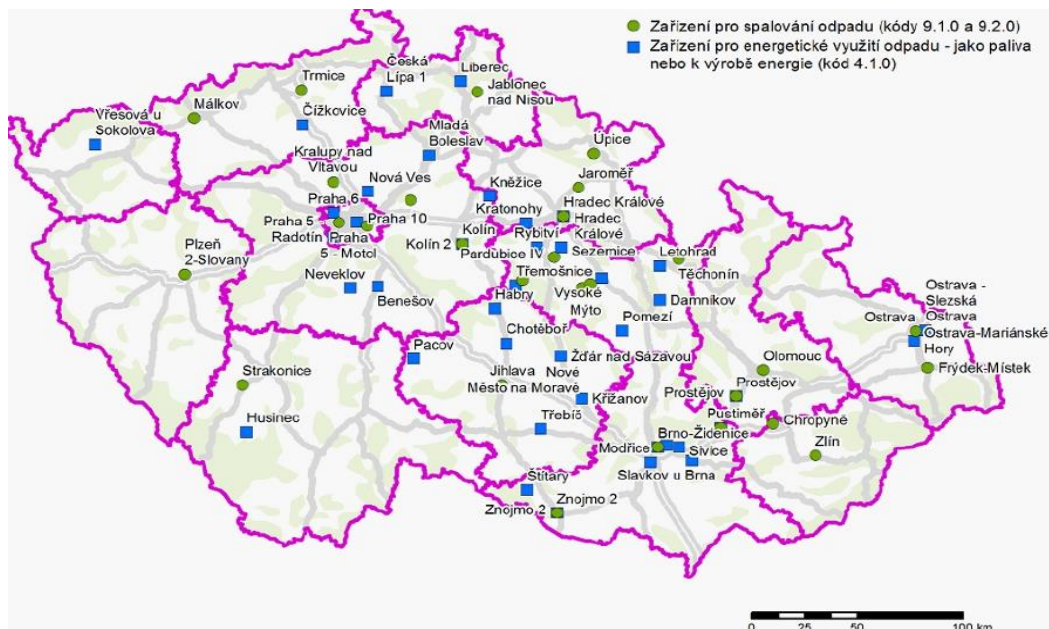
Dle druhu odpadu je nutné s odpadem i náležitě naložit. Můžeme jej spálit ve spalovnách, likvidovat biologicky či chemicko-fyzikálně, stavební odpad lze ukládat do specializovaných skládek – deponií, kompostovat a poslední pro nás nejzajímavější-recyklovat.

6.1 Spalování ve spalovnách

Spalování bývá označováno jako tepelná recyklace. Spalování komunálního odpadu bývá ve spalovnách, což jsou technologická zařízení sloužící ke spalování odpadů. Je nutné rozlišit, jaký druh odpadu spalovna spaluje a k čemu následně uvolněnou energii využívá. Likvidace odpadu spalováním je hojně diskutované téma, které má své příznivce, ale i odpůrce (Siegl CZ, 2016).

Před samotným pálením odpadu je nutné odpad roztrídít, jelikož nejde spalovat vše. Odpad je nutné rozdělit a oddělit odpad vhodný k recyklaci. Při spalování vniká tepelná

energie, která je možná využít buď k vytápění objektů nebo je zdrojem pro výrobu páry a následně k výrobě elektrické energie (Junga P., 2015).



Obr. č.: 1 Spalovny odpadu v ČR (zdroj: www.cenia.cz)

Odpady použitelné pro spalování jsou:

- komunální odpady
- průmyslové odpady
- zemědělské a lesnické odpady
- speciální odpady (veterinární či nemocniční odpad)

V tuzemsku se nachází zhruba 40 zařízení, které slouží k energetickému využití odpadu. V současné době se u nás nacházejí celkem 4 spalovny komunálního odpadu. První spalovna byla vybudována v **Brně** a to již v roce 1905 a v současné době plní veškeré emisní limity dané nařízením EU. Její kapacita je 248000 tun odpadu za rok a je schopna vyrábět jak teplo, tak i elektrickou energii. Druhou spalovnou byla spalovna v **Praze** na Vysočanech, ale svou činnost ukončila v roce 1997. O rok později byla uvedena do provozu spalovna v Malešicích a její kapacita je 330000 tun odpadu rok. Tato spalovna vyrábí elektrickou energii. Třetí spalovna je spalovna v **Liberci**, nazývaná TERMIZO a je v provozu od roku

1999 a také zásobuje město teplem a vyrábí elektrickou energii. Její kapacita je nejmenší a je 96000 tun za rok. Poslední, a tedy nejnovější je spalovna ZEVO v **Plzni**, resp. v Chotíkově a byla spuštěna do provozu v roce 2016. Kapacita plzeňské spalovny je 105000 tun komunálního odpadu za rok. Spalovny odpadu se bohužel neobejdou bez skládek odpadů, zatěžují toxickými látkami vzduch, půdu, ale i vodu a jsou zřejmě nejdražším způsobem likvidace odpadů. V další řadě je množství lidí, které s výstavbou spaloven nesouhlasí. Jsou různé ekologické organizace (mimo jiné i ZERO WASTE), které se snaží to, aby byly spalovny zrušeny a nahrazeny lepšími technologiemi, které nebudou zatěžovat životní prostředí. Aby se spalovna vlastníkově zaplatila a tedy vyplatila, je nutné neustále odpad dovážet a neustále mít spalovnu v provozu. Obecně tedy platí, čím více odpadu, tím je provoz spalovny levnější (Arnika, 2020).

6.2 Chemicko-fyzikální likvidace

Mezi odpady existují i takové, které potřebují speciální zacházení a odbornou likvidaci. Mezi tyto odpady patří ředidla, barvy. Speciální zacházení potřebují ale také zbytky z restaurací, mezi které patří kuchyňský olej. Firmy, které se touto likvidací zabývají jsou specializované a cílem tohoto zpracování je umožnění získání regenerace surovin, získání druhotných surovin či energie. Neméně důležité je i snížení toxicity či zmenšení objemu odpadů.

Mezi chemické způsoby zpracování odpadů patří chemická detoxikace, kdy je zapotřebí tuhé ale i kapalné chemické odpady rozpustit ve vhodných rozpouštědlech. Nejběžnějším a zároveň nejvhodnějším rozpouštědlem je voda.

6.3 Biologická likvidace odpadu

Mezi biologickou likvidaci řadíme kompostování, anaerobní rozklad a biologickou detoxikace nebezpečných odpadů, kdy je hlavním cílem vrátit organické látky do koloběhu přírody a zamezit skládkám.

6.3.1 Kompostování

Kompostování je v České republice již tradicí a patří mezi nejstarší v Evropě. První zmínky jsou již z roku 1912, kdy byla do provozu uvedena první kompostárna. Kompostování je aerobní biologický rozkladný proces, při kterém se využívá BRO k výrobě organického hnojiva – kompostu. V současné době se jeví jako nejekologičtější a nejpříjemnější forma zpracování odpadů. Cílem kompostování je kompost, což je nepáchnoucí, hnědo-černá hmota hrudkovité struktury, která je bohatá na rostlinné živiny a humusové prvky (Plíva a kol., 2005).

Lidé si musí uvědomit co do kompostu patří a co nikoli. Mezi vhodné suroviny, resp. odpad např. patří slupky a zbytky ze zeleniny a ovoce, kávová sedlina, skořápky, větvičky, posekaná tráva, seno i sláma, exkrementy býložravých zvířat, zvadlé květiny a jejich zemina, listy stromů. Odpad, který do kompostu nepatří je např. časopisy a barevný papír, chemické výrobky, olej. Zralý kompost je zároveň substrát a zároveň také hnojivo. Jeho využití je univerzální a dá se říci, že je vhodný pro všechny rostliny, kterým dodává potřebné živiny. Jako hnojivo se používá pro pokojové rostliny, kdy bývá přimíchán do koupeného substrátu (Remus, 2012).

6.3.1.1 Průmyslové kompostování (tzv. centrální)

Průmyslové kompostování neboli centrální, dostalo svůj název kvůli způsobu zpracování kompostů. Bioodpad se zpracovává v centrálních kompostárnách, kde je překopávání kompostu zajištěno mechanickými překopávacími, což jsou stroje, které kypří a částečně rozmělnují kompost.

Proces kompostování je rozdělen na tři fáze. Tyto fáze se od sebe liší teplotami a chemickými reakcemi, které při nich probíhají. Každá fáze je i různě dlouhá a není možné ji uspíšit (Vytoupal B., 2009).

První fáze, je fáze termofilní, tedy fáze, kdy dochází k rozkladu jednodušších látek a při tomto procesu je dosaženo nejvyšší teploty. Teplota materiálu dosahuje až 70°C. Při této fázi dochází k tzv. hygienizaci, což znamená, že jsou zahubeny zárodky chorob a semena plevelů. Je také nutné zajistit dostatečné provzdušnění přehazováním. Vzhled i pach v této fázi zůstávají stejné (Kompostárna, 2014)

Druhá fáze, fáze přeměnná (mezofilní) se vyznačuje poklesem teploty na 40 – 45°C. Při této fázi jsou organické látky přeměňovány na humusové složky, kdy se mění barva pach. Na konci této fáze je možné tento kompost použít jako hnojivo (Vytoupal B., 2009).

Třetí fáze, tedy poslední, je dozrávání kompostu je specifická teplotou, kdy má hodnotu svého okolí. Má svůj konečný vzhled a voní po lesní půdě. Objevují se v něm živí živočichové, stonožky či žížaly (Němcová M., 2013).

6.4 Skládkování

Po nedostatku vody je druhým největším problémem nakládání s odpady. Odpady jsou kapalné a pevné. Pevné odpady jsou stále velkým problémem méně rozvinutých zemí, kde vláda není schopna finančně zajistit dostatečně nakládání s odpady. Skládkování je nejstarší a nejběžnější způsob nakládání s odpady. Odpady, které jsou ukládány na skládky mohou být zdrojem nebezpečných materiálů, které mohou kontaminovat okolí a poškodit tak životní prostředí. Tyto nebezpečné látky mohou díky vzduchu poškodit široké okolí, znečistit povrchovou vodu a tím poškodit zdraví a způsobit různé infekce či jiné zdravotní problémy (Tóth a kol., 2015).

Jak již bylo zmíněno, tak odstraňování odpadu tzv. skládkováním je nejstarší způsob nakládání s odpady. V současné době však je tento trend na ústupu a v budoucnu se počítá s úplným zrušením skládek. Produkce odpadů na území České republiky roste a jsme nad průměrem Evropské unie.

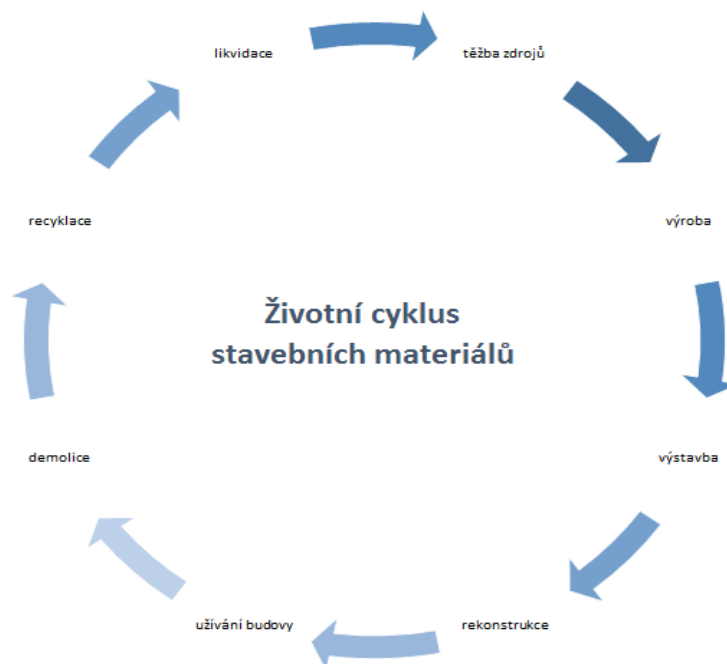
6.5 Recyklace

Recyklace je ve světě na třetím místě zpracování odpadů. Má široké spektrum výhod pro životní prostředí a velmi často se recyklují materiály ze stavebnictví. S odpady by se mělo nakládat jako kdyby to byly suroviny na výrobu dalšího výrobku. Mezi nejčastěji recyklované odpady patří: plasty, kovy, textil, papír, sklo, dřevo a odpad ze stavebnictví.

Nejdeálnějšími odpady na recyklaci jsou kovy, které jsou finančně nejzajímavější. Dá se říci, že je to 100 % recyklovatelný odpad, tzn. že se dá vše recyklovat (Coventry a kol. 1999). Mezi vedlejší produkt patří ocelová struska, která vzniká při výrobě oceli z železné rudy nebo železného šrotu (Safiuddin a kol. 2010). Odpad, který patří mezi světový problém je sklo, jedná se o odpad, který není biologicky rozložitelný a není vhodný ani na skládkování a nebezpečné odpady. Mezi ty patří zbytky se septiků, zemědělské zbytky či kal.

Mezi nejběžněji recyklované odpady patří:

- **Odpad ze stavebnictví** bývá využíván jak pro technickou, tak i pro biologickou rekultivaci. Nejběžnější je betonový recyklát, který bývá používán pro podsyp nebo jako zásypový materiál na stavbách. Asfaltový recyklát vzniká jako drť při opravách silnic. Bývá často zpracováván přímo na stavbě a tento recyklát bývá používán na opravu vozovek či cest. Cihelný recyklát bývá používán jako podklad pod zámkovou dlažbu či na dočasné cesty. Další možný způsob využití cihelného recyklátu je na výrobu antuky k výstavbě a údržbě tenisových kurtů. Dřevo a dřevní suť se používá jako topivo nebo k výrobě dřevotřískových desek. Dále je možné využít dřevní suti v zahradnictví k výrobě mulčovacích materiálů rostlin a dřevin (Biokomp.cz).



Obr. č.: 3 životní cyklus stavebních materiálů (zdroj: www.menhouse.eu)

- **Dřevěný odpad** bývá v ČR nejčastěji spalován, ovšem ve světě je v praxi dřevo využíváno kaskádovitě. V první dekádě se dřevo použije na výrobu masivního nábytku, krovů či palet. V dalším stupni, kdy skončí životnost těchto výrobků se vyrobí dřevotřískové či OSB desky, po skončení jejich životnosti se vyrobí chemické produkty, jako je například papír nebo celulóza. A až jako poslední přichází na řadu energetické využití dřeva, kdy se popel použije jako příměs do materiálů využívaných ve stavebnictví (Hýsek a kol. 2020).



Obr. č.: 3 Dřevěný odpad (zdroj: www.uhb.rumpold.cz)

- **Plasty** jsou každodenní součástí našich životů. Dá se říci, je jejich spotřeba stále narůstá, a to z důvodu dlouhé životnosti, nízké hmotnosti nízkonákladové charakteristice.

Největší zastoupení je v potravinářském průmyslu, kdy jsou do plastu dávány různé nápoje, mléko, apod. Alternativou využití plastů je jejich recyklace a jejich použití ve stavebnictví do betonu či malty. Po přidání do betonu bylo zjištěno, že je více odolný, má lepší vlastnosti v tlaku, je ohebnější. Jediné negativum je vzhled betonu. Jeho povrch je velmi hladký a je tedy nutné jej při úpravě zdrsňit (Safiuddin a kol. 2010). Další možností, jak využít plast je výroba EKO cihel. Jedná se o poměrně novou technologii, která bývá využívána v rozvojových zemích, kde stále nefunguje odpadové hospodářství. Do plastových PET lahví se umístí kousky menšího plastového odpadu, který je čistý a suchý. Takové cihly bývají velmi kompaktní a vydrží několik let, dokonce i století (Sverkunová K., 2020). Mezi výrobky z recyklovaných plastů dále patří také plotové dílce, kabelové izolace, foliové materiály a jiné.



Obr. č.: 4 EKO cihly v Medelínu (zdroj: The Bogota Post)

- **Sklo** je biologicky nerozložitelný odpad, který není možný skládkovat. Sklo je znovupoužitelný materiál, který se po rozdrcení nebo po rozemletí využívá ve stavebnictví. Ze skla je možné po recyklaci vyrobit okna, dlaždice, skleněná vlákna. Dále se odpadní sklo přidává do cihel, díky kterému je cihla vysoce kvalitní (Safiuddin a kol. 2010). V neposlední řadě se sklo využívá velmi efektivně jako náhrada kameniva do betonu (Yahya J. a kol. 2014).

Dalším možným využitím je výroba pěnového skla, které se používá pro tepelně izolační podložení balkonových dveří. Štěrk z tohoto skla se dále používá pro tepelně izolační obsypy (Estav.cz)

Sklo se dá opakovaně používat a recyklovat.



Obr. č.: 5 Štěrk z pěnového skla (zdroj: www.estav.cz)

- **Textil** je další recyklovatelný odpad, který je po celém světě v milionech tun. Každý máme oblečení, všichni v domácnostech jej po určité době vyhadzujeme. Bývá velmi často recyklován charitativními organizacemi a dále zpracováván průmyslovými podniky. Vzhledem k tomu, že oblečení plní funkci jednat zakrývací, tak i ochrannou, tak díky vlastnostem textilu je i jeho funkce zajištění tepla. Ve stavebnictví je tedy nepoužívaný

textilní odpad používán jako tepelně izolační materiál do stěn. Po rozřezání je další možné využití jako přísada do lehkého betonu jako výztuž. V tomto případě bylo zjištěno, že textil má podobné vlastnosti jako sklo. Dle EU je ročně vyhozeno 5,8 milionu tun textilu, které je potřeba zpracovat. Pouze 25% je recyklována a zbytek bývá skládkován neb odvezen do spaloven (Okeyinka a kol. 2015)

- **Papír** je hned po plastu nejpoužívanější obalový materiál. Z papíru se třídí noviny, knihy, letáky, papírové obaly a krabice. Jeho recyklace je ve světě velmi hojná, v přírodě je naštěstí rychle rozložitelný. Po recyklaci je papír používán na výrobu papírových kapesníků, toaletního papíru nebo papíru do tiskáren. Dalším vhodným využitím je recyklace a následné použití ve stavebnictví. Papír (karton) je velmi dobrý izolant. Odpadový papír lze použít do betonu jako příměs. Je lehký vysoce odolný. V betonu souží jako výztuha (Soroushian P., a kol. 2003).

Recyklace papíru je možná až 7x, ovšem s jeho každou recyklací se zkracuje délka vláken, které mají velký vliv na vlastnosti nových výrobků. Z recyklovaného papíru se vyrábí foukaná tepelná izolace.



Obr. č.: 6 Foukaná tepelná izolace (zdroj: www.ciur.cz)

- **Kov** patří mezi nejvíce výtěžné odpadní materiály, které se po roztavení využívají nejvíce ve stavebnictví. Mezi kovy patří železo, litina, barevné kovy a hliník. Kovy se jako jediný odpadní materiál vykupují ve výkupnách. Ocel je po výkupu rozdělena dle druhu a následně se po roztavení vyrábějí ocelové profily nebo výztuže. Vedlejším produktem při tavení je ocelová struska, která má velmi dobré mechanické vlastnosti a bývá proto používána jako stavební materiál. Struska s vyšším obsahem MgO se nerozpadává, a proto je vhodná alternativa kameniva. Struska s vyšším obsahem CaO je po granulaci (prudké zchlazení vodou) prodávána jako surovina na výrobu cementu (Luňáček J., 2021).



Obr. č.: 7 Kovový odpad (zdroj: www.kovosrtokralupy.cz)

TYP ODPADU	TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ	VYUŽITÍ	POZNÁMKY	CITACE
PLASTY	- TRANSESTERIFIKACE - DRCENÍ - ROZEMLETÍ	- PROTIHLUKOVÉ STĚNY U DÁLNIC - STŘEŠNÍ KRYTINA - INTERIERY DO AUTOMOBILŮ - VE STAVEBNICTVÍ PŘI VÝROBĚ BETONU	- DLE STUDIE JE ZÍSKANÝ BETON VÍCE PEVNĚJŠÍ V TLAKU OHYBU - TENTO BETON JE VELMI HLADNÝ, NUTNĚ ZDRŠNĚNÍ POVRCHU	- Siegl CZ, 2016
TEXTIL	- ROZŘEZÁNÍ	- POUŽITÍ JAKO TEPELNÁ IZOLACE DO STĚN - JAKO VÝZTUŽ DO BETONU	- VYSOKÉ IZOLAČNÍ - LEPŠÍ MECHANICKÉ VLASTNOSTI BETONU - PODOBNÉ VLASTNOSTI JAKO SKLO	- Hýsek a kol. 2020 - Fangueiro a kol. 2010 - Peixoto a kol. 2012 - Vrána a kol. 2010
KOV	- TAVENÍ	- OCELOVÉ VÝSTUŽE - OCELOVÉ PROFILY - ODPADNÍ STRUSKA JAKO SLOŽKA DO CEMENTU - LEHKÉ CIHLY III. TŘÍDY	- PATŘÍ MEZI NEJVÝNOSNĚJŠÍ RECYKLOVATELNÝ MATERIÁL - OPĚTOVNÉ POUŽITÍ - 100% RECYKLOVATELNOST	- Hýsek a kol. 2020 - Coventry a kol. 1999 - Pappu a kol. 2007 - Shih a kol. 2004
SKLO	- ROZDRCENÍ - ROZEMLETÍ	- OKNA - SKLEDNĚNÁ VLÁKNA - DLAŽEBNÍ KOSTKY - CIHLY	- CIHLY JSOU MNOHME PEVNĚJŠÍ V ČR SE ZRECYKLUJE AŽ 70% SKLA	- Hýsek a kol. 2020.
PAPÍR	- DRCENÍ - SKARTOVÁNÍ	- PALIVO - IZOLACE DO AUTOMOBILŮ - JAKO AGREGÁT DO BETONU - KRABICE, TOALETNÍ PAPÍR, ČASOPISY NEBO SEŠITY	- PATŘÍ MEZI NEJVĚTŠÍ PROCENTO ODPADU	- Siegl CZ, 2016
DŘEVO	- DRCENÍ - BIOPALIVO	- DŘEVOTRÍSKOVÉ DESKY		- Hýsek a kol. 2020.
STAVEBNÍ MATERIÁL - ZBYTKY CIHEL - STŘEŠNÍ TAŠKY - BETON	- DRCENÍ	- NA ZPEVNĚNÍ CEST JAKO PODKALDOVÝ MATERIÁL - VÝROBA ANTUKY	- V PŘÍPADĚ POUŽITÍ DO BETONU BYLO ZJIŠTĚNA LEPŠÍ STABILITA, TRVANLIVOST, PEVNOST, PROPUSTNOST - LEPŠÍ PEVNOST V TLAKU	- Siegl CZ, 2016

Tabulka č.: 1 stavební materiály a jejich využití (Autor)

6.6 Rekultivace

Rekultivace je dle definice souhrn různých zásahů, které mají pomoci zahladit nežádoucí zásahy člověka do krajiny. Při rekultivaci dochází ke krajinným úpravám oblasti, která byla poškozena nebo zničena např. těžbou. Cílem rekultivace je, aby byla poškozená oblast vrácena do svého původního stavu, a aby byly odstraněny negativní dopady na životní prostředí (Honzík R., 2017). O rekultivaci je zmínka již z dob před světovou válkou, kdy Zemská rada zřídila Rekultivační expozituru, která zajišťovala navrácení do původního stavu vytěžené důlní pozemky.

Nejdůležitější před samotnou rekultivací je ujasnit si, k čemu bude rekultivované území sloužit, stanovit si cíl. Zda se bude jednat o obytnou nebo rekreační plochu, zda zde bude vystaveno sportoviště nebo se jedná o čistě zemědělskou plochu či zde bude lesní porost. Rekultivace se provádí ve dvou stupních. Prvním stupněm je **rekultivace technická**, při které dochází k tvarování území, obnově vodotečí, přeložení inženýrských sítí a je to vlastně příprava na biologickou rekultivaci. V této fázi je nutné znát, k čemu bude terén po rekultivaci sloužit. V druhé stupni rekultivace, tzv. **biologické rekultivaci** dochází ke změně fyzikálních vlastností v půdotvorných substrátech. Dochází k výsadbě stromů nebo zatravnění plochu. Dochází k vytvoření vhodných podmínek pro živočišné i rostlinné druhy (Sirotková a kol.).

Odpady vhodné pro rekultivaci jsou:

- tříděný komunální bioodpad,
- kal z čistíren odpadních vod,
- elektrárenské popílky a stabilizátory,
- rostlinné zbytky,
- odpady ze živočišné výroby,
- odpady z uhelné výroby (Honzík R., 2017)
- některé stavební a demoliční odpady, jako je např. vytěžená zemina
- některé těžební odpady (Sirotková a kol.).

Pro rekultivaci se hodí velmi široká škála materiálů, ovšem velmi záleží na povaze poškození oblasti, velikosti daného území a dostupnosti materiálu. Mezi nejčastěji používané patří komposty, kaly z ČOV, rašelina, kůra, kejda (Kubík V., 2006). Je velmi důležité, aby na rekultivaci byly použity kvalitní a nezávadné suroviny, které nám zajistí kvalitní substráty.

Rekultivaci můžeme rozdělit na čtyři druhy, které jsou vzájemně propojené:

- **lesnická rekultivace** spočívá v zakládání polí, lesů či sadů a na těchto pozemcích dochází k výsadbě dřevin,
- **zemědělská rekultivace** je např. uložení ornice před těžbou, kdy se ornice následně použije na pole či pastviny
- **vodohospodářská rekultivace** spočívá v zakládání vodních ploch, jako jsou rybníky nebo přehrady, která mají plnit protipovodňovou funkci a nebo v zatápní vytěžených lomů
- **ostatní rekultivace** je rekultivace pozemků, které se upravují na příměstskou zeleň či park, sportoviště a jiné rekreační plochy (Zelená zpráva, 2011).

6.7 Zpracování kalů

Zpracování kalů představuje jeden z důležitých částí procesu čištění odpadních vod. Odpadní voda protéká přes ČOV, kdy je během procesu čištěna. Čistírenské kaly z komunálních ČOV nepředstavují velký podíl v poměru s BRO. Dá se měřit na desítky procent. Ovšem všechny čistírny musejí řešit, jak s ním nakládat. Všichni chceme mít vodu v nejvyšší kvalitě a týká se to i kvality vypouštění. Malé čistírny mohou problémy s kaly řešit předáním na větší čistírny, které je musí upravit k použití na zemědělské půdě.

Po zpracování je možné jej použít na výrobu bioplynu, popř. na přípravu kompostu a k následnému hnojení. Usušený kal lze zpracovávat na výrobu energie či k získání fosforu. Možnosti použití kalů je v současné době několik. Nejčastější a nejběžnější použití je přímá aplikace na zemědělskou půdu, dále kompostování, energetické využití, rekultivace a skládkování.

Zpracování surového čistírenského kalu před jeho konečnou likvidací je rozděleno na tyto tři procesní operace:

- proces zahušťování se provádí filtrací, gravitačně nebo centrifugací. Následným krokem je odvodňování, díky kterému se zvyšuje koncentrace obsahu tuhých částic,
- odvodňování kalu je jeden ze základních požadavků na zpracování, využití a na jeho následnou likvidaci. Při této procesní operaci dochází ke zmenšení jeho objemu a tím pádem i ke zmenšení nákladů na jeho odvoz. Odvodnění kalu je základní podmínka pro jeho spalování
- sušení kalů je rozděleno na přímé a nepřímé, u přímého sušení se využívají rotační bubnové, pásové či fluidní sušárny. Výsledkem je granulovaný kal. V případě nepřímého sušení se teplo přenáší nepřímo, a to prostřednictvím tepelných ploch. Pro tento typ sušení se používají diskové sušárny (Lyčková B., 2008).

6.7.1 Aplikace na zemědělskou půdu

Úprava kalů před použitím na zemědělskou půdu je řešena v ustanovení § 68 zákona o odpadech, kde je uvedeno, že tyto kaly je povinen provozovatel ČOV předat do zařízení na úpravu kalů. Každá tato osoba, je povinna vypracovat program na úpravu kalů a ten musí být předložen a následně schválen Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským. Po úpravě musí být kal předán dle daného programu další osobě, která jej bude používat nebo jej nechá skladovat v zařízeních tomu určených. Skladování těchto kalů je stanovenou příslušnou vyhláškou ministerstva. Na zemědělskou půdou jsou možné použít pouze upravené kaly na základě nutričních potřeb rostlin. Samozřejmě je přesně stanoveno, na jaké půdě je možné kaly použít a v zákoně jsou taxativně vyjmenovány půdy, na kterých je použití kalů zakázáno.

Dle ustanovení § 69 zákona o odpadech je 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 nesplňují mikrobiologická kritéria stanovená vyhláškou ministerstva; použití mikrobiálně kontaminovaných kalů smí být provedeno pouze po úpravě kalů“ (zákon o odpadech).

Kal z čistíren odpadních vod obsahuje mnoho živin, a proto je aplikace na zemědělskou půdu nejlepší možné řešení, jak se tohoto odpadu zbavit. Ovšem i kaly obsahují škodlivé látky, které se mohou v zemědělské půdě hromadit a následně být přeneseny na potraviny. Nejvhodnějším řešením je tedy použití na lesní porost, kde se předpokládá podpora růstu stromů a následná produkce dřeva (Tóth a kol., 2015).

Hlavní výhodou použití kalů v zemědělství je jejich vysoký obsah živin, biologicky aktivních látek a mikroorganismů. Mezi hlavní nevýhodou je obsah těžkých kovů. Díky aplikaci kalů je možné snížit potřebu minerálních hnojiv a zároveň se zvyšuje úrodnost této půdy (Černý J., a kol., 2019)

6.7.2 Kompostování

Kompostování je dle mého názoru nejvhodnější zpravování čistírenských kalů, které se dá použít i u malých domovních čistíren o velikost 50 EO. Jde o poměrně levné a rychlé zpracování čistírenského kalu.

Kompostování je přirozená biochemická přeměna, kdy za aerobních podmínek dochází k rozkladu organických látek a jejich přeměně na látky humusové. Výsledkem kompostování je především převedení nestabilních organických surovin na stabilní produkt, což doprovází snížení objemu a hmotnosti, snížení obsahu vody a potlačení nežádoucích druhů mikroorganismů (Plíva a kol. 2005). Při kompostování se přeměňuje za působení mikroorganismů surový materiál na humus a jeho složky (Šťastný, 1991).

Za konečný produkt kompostování se dá tedy považovat kompost. V konečné fázi se jedná o nepáchnoucí, hnědou až černou homogenní hmotu, drobtovité až hrudkovité struktury, která vzniká aerobním biologickým zráním rozložitelným odpadů. Kompost je bohatý na humusové látky a rostlinné živiny (Plíva a kol., 2005).

A jaké jsou tedy vlastně vhodné kaly na kompostování? Vhodnými kaly ke kompostování jsou zejména kaly s vysokým podílem organických a minerálních látek.

Osoba, která se zabývá zpracování kalů kompostováním musí mít přehled o skladbě (Plíva a kol., 2005).

Kompostování čistírenských kalů a jejich mikrobiální přeměna probíhá s použitím různých druhů nakypřujících materiálů jako např. dřevěných štěpků, kůry, listů pevných odpadů atd., aby se kal stal prostupným pro vzduch (Šťastný, 1991).

Mezi procesy probíhající v kompostech patří mineralizace, nitrifikace, metanizace. Proces metanizace je rozdělen do čtyř fází, které jsou: hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze a metanogeneze.

Fáze kompostování jsou rozděleny na tři části. První fáze je fáze rozkladu, následuje fáze přeměnná, kdy je možné tento kompost již použít jako hnojivo a poslední je fáze dozrávání. Pokud je kompost dozrálý, objevují se již bakterie, malí živočichové, jako jsou třeba stonožky či žížaly. Při kompostování dojde ke snížení hmotnosti až o 60% (Němcová M., 2013). Ve všech fázích procesu kompostování dochází k řadě chemických i biochemických reakcí.

Výsledná kvalita kompostu je závislá na řadě faktorů, mezi které patří např. vlhkost, teplota, hodnota PH, poměr živin a mnoho dalších (Němcová M., 2013).

6.7.3 Energetické využití

Jedním z nejefektivnějších způsobů využití kalů, které nejsou vhodné pro aplikaci na zemědělskou půdu je jejich spalování. Spalování kalu předchází jeho sušení (Petřík, 2017). Pokud se tedy z kalu odstraní přebytečná voda, říkáme, že je kal energeticky soběstačný. Největší přínos spalování kalů je jeho minimalizace, kdy se jeho celkový objem sníží o více než 90% (Mikluš M., 2010).

6.7.4 Rekultivace

Rekultivace je jednou z forem krajinného plánování, kdy dochází k navrácení poškozené nebo zcela zničené krajiny do původního stavu. Při tom se snaží odstranit či zmírnit nepříznivé dopady na životní prostředí změnou fyzických, chemických nebo biologických vlastností (Lyčková B. a kol. 2008).

Rekultivace je tedy proces, při kterém dochází k obnově přírodního prostředí díky čistírenským kalům, které se používají k organickému hnojení substrátů (Žerava Z., 2008).

Ideálním materiálem pro navrácení do původního stavu krajiny by bylo použití nekontaminované zeminy. Bohužel díky vysoké pořizovací ceně a celkově nedostatku ornice je nutné získávat biologický materiál jiným způsobem. Jako nejvhodnější se tedy jeví rekultivační materiál, jehož součástí jsou stabilizované kaly z čistíren odpadních vod. Biologicky aktivní rekultivační materiál je vyráběn z odpadní zeminy, z popílků ze spalování

fosilních paliv a ze stabilizovaných kalů z ČOV. Do této směsi se následně přidá vhodné aditiv, které zajistí potřebné živiny pro růst rostlin (Hrdina P., 2003).

6.7.5 Skládkování

Při skládkování – deponii, jsou kaly umístěny na předem určená místa – na zabezpečené skládky.

Jak již bylo zmíněno, tak EU se snaží o zamezení ukládání odpadu na skládky, resp. se snaží o minimalizaci vzniku odpadu jako takového. Skládkování veškerého recyklovatelného odpadu se má zcela eliminovat do roku 2025. Do roku 2030 by měly jednotlivé členské státy skládkování definitivně opustit. Způsob ukládání kalů z ČOV, který je akceptovatelný je ukládání kalů pouze za účelem skládku uzavřít a následně zahájit proces rekultivace. To znamená, že se vytvoří vrstva kalu, která vrstvy skládek uzavře. Jako výhoda skládkování se nabízí jednoduchost jejího provedení proti čemuž je striktně odpadová politika státu a EU (Evropská unie).

6.7.6 Využití kalů ve stavebnictví

Čistírenské kaly mají velký potenciál díky svému materiálovému složení být do budoucna náhradním stavebním materiálem (Deutscher, 2020). Byť se to nezdá, tak i kal je možné využít ve stavebnictví. Pokud bude vlhkost kalu po vysušení okolo 5 % je možné tento kal použít jako přísadu do technologického procesu výroby cementu. Díky použití kalu z čistíren odpadních vod do betonu lze dosáhnout velmi dobrých vlastností, které provzdušní a odlehčí vyrobený beton (Linn a kol., 2015)

7 KONTROLA KVALITY

Kvalita výstupů zpracovatelských technologií v rámci využití výrobků je kontrolována platnou legislativou. Obecně platí, že pro výrobky platí postupy, které musí výrobce splnit před uvedením na trh. To samé platí i u výrobků z recyklovaných materiálů. Výrobce musí před uvedením na trh určit jeho vhodné použití. Co se týká výrobků ze stavebního materiálu,

tak musí plnit ustanovení zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu a výrobce je povinen toto doložit, a to prohlášením o vlastnostech, a nebo prohlášením o shodě.

Vzhledem k tomu, že stavební a demoliční odpad je co do objemu největší v celé Evropské unii, tak Evropská komise zavedla nový protokol o výstavbě a demolici. Cílem tohoto protokolu, je zajistit správné nakládání s odpady a zajistit vyšší důvěru v kvalitu recyklovaných materiálů. Do protokolu se zapojilo 28 zemí Evropské unie s cílem oslovit odborníky ze stavebního sektoru, veřejné orgány na místní ale i na evropské úrovni, orgány pro certifikaci kvality budov a samozřejmě klienty recyklovaných materiálů.

Hlavním cílem bylo, aby dle směrnice o odpadu 2008/98/ES bylo recyklováno více jak 70% stavebního a demoličního odpadu. Dle studií bylo zjištěno, že největším problémem je nedůvěra odběratelů v kvalitu recyklovaných výrobků (EK, 2018).

Největší důraz je kladen na kvalitu výrobků, které jsou vyrobeny z recyklovaných odpadů. Časté testy a zkoušení kvality se nutně musí promítnou do ceny. Tyto požadavky jsou sledovány a je nutné při jejich výrobě dodržovat nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým jsou stanoveny technické požadavky na vybrané stavební výrobky. Ovšem na druhou stranu je nutné říci, že v případě recyklace demoličního a stavebního materiálů je značná úspora energie, stavebních a nerudných surovin.

Rekultivační materiály jsou vzhledem ke svému využití hodnoceny s ohledem na možnost ovlivnění životního prostředí zejména v parametrech zohledňující jejich výluhové vlastnosti, které jsou v souladu s výše uvedenou legislativou.

Dosažením legislativních parametrů daných materiálů, lze garantovat jak ochranu vod, povrchových vod a následně podzemních vod, tak možnosti jejich využití v rámci recyklačních procesů, např.:

- v rámci stabilizace – máčením materiálu,
- v rámci závlahy rekultivovaných ploch.

8 DISKUZE

Dle dostupných informací v této bakalářské práci lze vyvodit, že je snaha v České republice o zajištění lepšího životního prostředí díky zvyšujícímu se zájmu o vyřešení situace s nakládání s odpady. Za poslední dekádu se zvýšil počet spaloven odpadu a je celkově více přemýšleno, jak nejlépe s odpadem naložit. Je stále více a více firem, které se zabývají recyklací a rekultivací.

Jak je to tedy s legislativou ČR? Je snaha lidí více třídít odpad nebo je nám to jedno? Dle mého názoru je dobře, že máme „nový“ zákon o odpadech, který v roce 2020 vstoupil v platnost a je účinný od 1. 1. 2021. Je více v souladu s právem Evropské unie a díky Radě Evropské unie je celá Evropa takřka v souladu. Snaha České republiky o plnění cílů, které jsou stanoveny si myslím daří celkem obstojně plnit.

Dle Yadava (2015) stoupá spotřeba každoročně a tendence nárůstu je každý roky vyšší a vyšší. Dokonce i rozvojové země jsou na tom podobně, i když začali bojovat třeba s plasty, které se jim tam hromadí. Dle POH tomu není jinak i v České republice.

Cílem EU, potažmo ČR je snížit množství vznikajících odpadů. Bohužel odpady jsou zahrnuty v celé řadě sektorů, ať už ve výrobním průmyslu, těžebním průmyslu nebo soukromého sektoru, kde je možnost snížení množství odpadu tím, že budeme přemýšlet nad tím, zda je nutné si koupit to či ono, zda dáme přednost skleněným lahvám před plastovými, zda budeme kupovat jednorázové potřeby a mnoho dalšího. Předcházení vzniku odpadů je ukotveno v ustanovení § 12 zákona o odpadech a je tudíž zákonem vymahatelné, a to je myslím velmi dobře.

Dalším možným způsobem, jak zabránit odpadům a tím i jejich následné likvidaci může být používání alternativních materiálů: vědci již vynalezli mnoho alternativních materiálů, které nejsou škodlivé pro životní prostředí a jsou z přírodních zdrojů. Vezměme si takový plast. Plast plní funkci obalu, ať už se bavíme o PET lahvách, igelitových taškách či obalech od jogurtů nebo různých chemických přípravků. Dle výsledků třídění a recyklace vyprodukoval průměrná česká domácnost za rok skoro 33 kg plastového odpadu. Jako šetrná alternativa se tedy jeví používání látkových tašek na nákupy, popř. sáčky na ovoce či zeleninu vyrobených z kompostovatelného materiálu (Samosebou, 2021). Za zmínku určitě stojí to, že i velké obchodní řetězce nebo fastfoody se snaží o vytlačení plastových obalů a snaží se je nahradit papírovými obaly či obaly z přírodních materiálů.

Zaujala mne i možná alternativa skla, kdy Švédská firma zabývající se dřevem vynalezla dřevěné sklo. Dřevěné sklo se používá do oken, které je celé zcela průhledné a vlastně okno včetně rámu a výplně bude vyrobena ze dřeva (Heneš, 2016). Pro mě osobně je to naprostá novinka a myslím si, že je v dřevěném skle veliká budoucnost.

Legislativní úpravy v okolních zemích:

FRANCIE	<ul style="list-style-type: none"> - Vyhláška č. 97/1133o rozmetání kalů - Vyhláška ze dne 8.1.1998 o technických požadavcích na používání kalů v zemědělství - Vyhláška ze dne 17.8.1998 týkající se emisí z některých průmyslových činností - Zákon o vodách č. 92/3 ze dne 3.1.1992 - Zákon o odpadech č. 75/633 ze dne 15.7.1975 - Zákon o likvidaci odpadů č. 92/646 ze dne 13.7.1992 - Zákon o hnojivech č. 79/595 ze dne 13.7.1979
NĚMECKO	<ul style="list-style-type: none"> - Nařízení o čistírenských kalech z 15.4.1992 upraveno vyhláškou z 6.3.1997 I S.446 - Zákon o hnojivech ze dne 15.11.1977 upravený v roce 1997 - Nařízení Fertiliser ze dne 11.8.1999, BGBl I S.42 - Zákon o ochraně půdy ze dne 17.3.1998, I S:502 - Zákon o snižování, recyklaci a eliminaci odpadu ze dne 6.10.1994, BGBl.I S.2705 - Nařízení o provádění federálního zákona o ochraně před emisemi ze dne 23.11.1990, BGBl I S.2524
ŘECKO	<ul style="list-style-type: none"> - Ministerské rozhodnutí 80568/4224 ze dne 22.3.1991 o používání čistírenských kalů v zemědělství, FEK B641/91 ze dne 7.8.1991 - Zákon 1650/86 o ochraně životního prostředí - Ministerské rozhodnutí 114216/97 a 113944/97 o technických normách a opatřeních pro nakládání s odpady a národní plánování, FEK 1016/97 - Ministerská vyhláška 82805/224/93 o prevenci znečištění ovzduší z odpadu spalovny, FEK 699/93 - Ministerské rozhodnutí 69728/824/96 o harmonizaci se směrnicí 91/156/ES o pevném odpadu, FEK 358/96

ITÁLIE	<ul style="list-style-type: none"> - Vyhláška 99/92 o využívání čistírenských kalů na pozemcích, č. 28, 15.2.1992 - Vyhláška 152/99 ze dne 11.5.1999 o ochraně vod, č. 124 ze dne 29.5.1999 - Dekret prezidenta D.P.R 203/88 ze dne 24.5.1988, týkající se obecné atmosféry znečištění - Ministerská vyhláška ze dne 5.2.1998 č. 88 ze dne 16.4.1998 - Vyhláška 22/97 ze dne 5.2.1997 o nakládání s odpady č. 38 ze dne 15.2.1997 - Ministerská vyhláška š. 503 ze dne 19.11.1997 o prevenci znečištění ovzduší způsobené spalovnami městských odpadů
POLSKO	<ul style="list-style-type: none"> - Vyhláška o využívání kalů v zemědělství ze dne 11.8.1999, 99.72.813 ze dne 31.8.1999 - Zákon o ochraně řízení životního prostředí ze dne 31.1.1980, 94.49.196 ze dne 15.4.1994 - Zákony o ochraně přírody ze dne 16.10.1991, 91.114.492 ze dne 12.12.1991 - Zákon o odpadech ze dne 27.6.1997, 97.96.592 ze dne 13.8.1997 - Zákon o ochraně zemědělské a lesní půdy ze dne 3.2.1995, 95.16.78 ze dne 22.2.1995
VELKÁ BRITÁNIE	<ul style="list-style-type: none"> - Předpisy týkající se kalu (použití v zemědělství) č. 1263 ze dne 24.7.1989, ISBN 0110972635, zveřejněno 28.7.1989 - Kal (použití v zemědělský), předpisy č. 880 z 5.4.1990, ISBN 0110038800, zveřejněno 17.4.1990 - Předpisy o kalu (použití v zemědělství) 1990 č. 254 (pro Severní Irsko), ISBN 0337802459, publikováno dne 3.7.1990
EVROPSKÁ UNIE	<ul style="list-style-type: none"> - Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech - Směrnice rady 91/271/EHS ze dne 21.5. 1991 o čištění městských odpadních vod - Směrnice Rady 86/278/ES o ochraně životního prostředí a zvláště půdy při používání čistírenských kalů v zemědělství - Směrnice Rady 2000/76/ES ze dne 4.12.2000 o spalování odpadů - Směrnice 2018/2001/EU o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů

Tabulka č. 2: . Legislativní úpravy v jiných zemích (zdroj: Wiart J., 2001/ Autor)

Po posouzení všech dostupných informací, je nutno dodat, že Evropská Unie a její členské země již řeší nakládání s čistírenskými kaly již dlouhá léta. Co se týká např. **Francie**, je její legislativa poměrně přísnější, než je Směrnice EU 86/278/ES. Jejich legislativa upravuje mnoho faktorů, které mohou mít vliv na využití kalů. Mezi příklad můžeme uvést, že mají udané minimální vzdálenosti mezi břehy povrchových toků, minimální vzdálenost mezi obydlími a řeší i vzdálenost např. vzdálenosti mezi jednotlivými studnami. Ve Francii je nutné před použitím kalů na zemědělskou půdu provést studii a předložit ji místním autoritám. S čímž si dovolím souhlasit a myslím, že Francie je na tom v současné době nejlépe. Mimo jiné **Německo** opět oproti Francii trochu pozadu, i když už v současné době nařízení procházejí novelizací. V Německu se předpokládá, že budou velmi zpřísněny limitní hodnoty obsahu těžkých kovů a dokonce probíhaly i jednání o úplném zákazu použití čistírenských kalů na zemědělskou půdu.

Jak je to tedy s použitím kalů? Je Evropa jednotná? Mají členské státy stejné názory na jeho využívání? V současné době je dle mého názoru Evropská unie jednotná a snaží se co nejvhodnějším způsobem nakládat s čistírenskými kaly. Každá země má dle ho názoru dostatek legislativních úprav, které korespondují s požadavky EU a jsou už i společností, které se zabývají progresivními metodami k alternativnímu využívání čistírenských kalů. Je ovšem pravda, že jsou země EU, které nesouhlasí s úplným zákazem používání kalů na zemědělskou půdu, kterou chce Evropská komise zapracovat do návrhu EK o nařízení o hnojivech (Beneš, 2018).

Já sám si dovolím souhlasit s Francií i Španělskem, protože dle mého názoru je jejich legislativa velmi propracovaná a při vhodném zpracování čistírenského kalu a po jeho hygienizaci je možné jej aplikovat v zemědělství i nebo kompostovat.

9 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo seznámit čtenáře s odpady a jejich možného použití ke zlepšení životního prostředí. Zjistit, jaké jsou vlastně odpady, jaké máme možnosti likvidace s ohledem jeho vlivu životní prostředí a případně co udělat, aby se nám lépe žilo.

Nejideálnější by bylo zamezit množství odpadů a pokusit se používat pouze výrobky z přírodních zdrojů, popřípadě z recyklovatelného, popř. recyklovaného materiálu. Mezi nejhorší možné způsoby patří skládkování odpadu. Skládkování patří jak již bylo zmíněno k nejstaršímu možnému způsobu nakládání s odpady. Bohužel tyto skládky stále dosahují obřích rozměrů a mezi vůbec nejhorší patří skládky pneumatik. Při skládkování bohužel velmi často dochází k požárům, kdy se do ovzduší dostanou škodlivé látky, které kontaminují půdu, vodu i vzduch. I mimo jiné je z těchto důvodů nutné odpad třídit a roztříděný odpad dále zpracovávat, tedy recyklovat a rekultivovat.

Po roztřídění odpadu je možné jej spálit ve spalovnách, kdy je možné využití ke vzniku tepelné energie, která zajišťuje teplo v domácnostech daného území a dále je možné vyrábět elektrickou energii. Nevýhodou spaloven je, že jejich náklady na výrobu nebo na provoz jsou velmi vysoké a vzhledem k tomu, že ne každý odpad se dá spálit, je nutné vybudovat skládky v blízkosti spalovny. Další nevýhodou je, že při spalování dochází k produkci emisních plyných škodlivin a jako další je při pálení vznik popela, za který musí spalovny platit náklady za jeho uložení.

V případě biologického odpadu už není zátěž na životní prostředí tak velká. Cílem je vrátit organické látky do přírody. Nejběžnější způsob této likvidace odpadu je kompostování, kdy nám při správném způsobu likvidace vznikne produkt-humus, který má široké využití. Můžeme jej použít jako hnojivo nebo jako substrát pro rostliny. Nejpreferovanější způsob využití odpadu se zdá být recyklace, což je de facto znovuvyužití odpadu k jeho následnému použití. Recyklované odpady je možné použít ve stavebnictví, průmyslu (textilním, dřevařském, hutnickém, potravinářském a ve sklářském). Odpad ze stavebnictví bývá opětovně využíván ve stavebnictví při výrobě betonového recyklátu nebo při výrobě cihel. Bývá využíván i v silničním hospodářství na opravu silnic a komunikací. Ani v zahradnictví

není odpad ze stavebnictví neznámou veličinou. Nejlépe využitelný je odpad dřevěný, který je využitelný celý. Ať už na výrobu nábytku, poté na OSB desky a poslední je spalování, kdy výsledný produkt, popel, se použije ve stavebnictví jako příměs do stavebních materiálů nebo jako hnojivo v zahradnictví. Plasty jsou recyklovatelné a použitelné v mnoha odvětvích průmyslu. Ať se jedná o textilní, stavební nebo potravinářský průmysl. Jak již bylo zmíněno, sklo je znovupoužitelný recyklant, který se dá recyklovat znova a znova. Nejvýhodnější využití je ve stavebnictví. Mezi další recyklovatelné materiály patří kov a textil. Jejich využití je opět ve stavebnictví, kdy se z textilu stává izolant a z kovového odpadu vyrábějí ocelové profily a výztuže.

V současné době je nutné se zaměřit na rekultivaci, díky které si pomáháme ke zlepšení životního prostředí. Rekultivace je takové vrácení životního prostředí do původního stavu nebo do stavu k jakému budeme prostředí využívat.

V neposlední řadě stojí za zmínku kaly, které jsou vedlejším produktem v ČOV. Jejich využití je pestré a můžeme je využít jako hnojivo, dále se dají díky spalování využívat v energetice. Pro životní prostředí a pro zajištění vhodného prostředí rostlin jsou kaly nejdůležitější složka. Skládkování kalu je použitelné pouze na skládkách, které mají být uzavřené a bude na nich probíhat rekultivace. Kaly jsou i přídavná složka ve stavebnictví.

V každém případě je na každém z nás, abychom se snažili žít co možná nejehospodárněji a snažili se co nejvíce šetřit přírodu.

Na závěr bych chtěl konstatovat, že si myslím, že má práce splnila své zadání a seznámila čtenáře s problematikou odpadu a možnostmi jeho využití. A také doufám, že díky ní bude čtenář více ohleduplný k životnímu prostředí.

10 VLASTNÍ ZHODNOCENÍ PRÁCE

Práce přináší souhrnný přehled materiálů využívaných k rekultivacím se zaměřením na čistírenské kaly. Vzhledem k technickým a technologickým možnostem a v reflexy na měnící se legislativní úpravu dané problematiky v rámci legislativy Evropské unie a České republiky lze predikovat v blízké době intenzivní rozvoj této problematiky napříč environmentálně-ekonomickými aspekty.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

11.1 Legislativní zdroje

[1] Metodický pokyn č.: MZP/2020/720/5379 vydaný Ministerstvem životního prostředí ČR

[2] Vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadu a posuzování vlastností odpadů

[3] Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech

11.2 Odborné knihy

[4] DOHÁNYOS, Michal: Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů. Biom.cz (online) [cit. 2021.02.01]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu>

[5] EVROPSKÁ UNIE, Sdělení komise evropského parlamentu, radě, evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů, BRUSEL 2014

[6] EVROPSKÁ KOMISE, Protokol a směrnice EU o stavebním a demoličním odpadu (online) [cit. 2020.01.12] dostupné z: https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-0_en

[7] FRIES J., 2007: Stroje pro zpracování odpadu, Ediční středisko VSB – TOU, 368s.

[8] JUNGA, P., VÍTEŽ, T., TRÁVNÍČEK P., 2015: Technika pro zpracování odpadů. Brno: Mendelova univerzita v Brně Zemědělská 1, 613 00 Brno, 141s.

[9] KNÁPEK, J. , VAŠÍČEK J., ŽÍDEK O., 2004: Economic Analysis of Biogas Station. In, s. 95-106.

[10] PLÍVA P., BANOUT J., HABART J., JELÍNEK A., KOLLÁROVÁ M., ROY A., TOMÁNKOVÁ D., 2005: Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky

[11] SADH P.K., DUHAN S. & DUHAN J.S., 2018: Agro-průmyslové odpady a jejich využití pomocí fermentace v pevném stavu (online) [cit. 2021.15.02] Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>

[12] ŠŤASTNÝ M., 1991: Mechanizace kompostování: (studie VTR). Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 68 s.

[13] TÓTH B., FODOR F., 2015: Chapter Alternative Ways of Utilization of Wastes (online) [cit.2021.11.01], Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/327098467_Chapter_Alternative_Ways_of_Utilization_of_Wastes

11.3 Ostatní zdroje

[14] BAGAROVÁ GRZYWA MARTINA, 2020: Aglomeráty mají budoucnost (online) [cit.2020.15.11], dostupné z: <https://www.odpady-online.cz/aglomeraty-maji-budoucnost/>

[15] BENEŠ O., 2018: Mýty s nakládání s kaly z čistíren odpadních vod, dostupné z: www.sovak.cz

[16] ČERNÝ J., 2009: Využití odpadů z ČOV jako zdroje organických látek a živin (online) [cit. 2020.27.12], <https://biom.cz/cz/projekty/konference-racionalni-pouziti-hnojiv-2009>

[17] ČERNÝ J., BALÍK J., KULHÁNEK M., SEDLÁŘ O., 2019: Využití čistírenských kalů jako zdroje organických látek, Racionální použití hnojiv 15.11.2019, Praha. ČZU v Praze. s. 67-72. ISBN: 978-80-213-2983-6

[17]DEUTSCHER J., 2020: Research project "Substitute building materials for the recultivation of landfills" — Institute of Waste Management and Circular Economy — TU Dresden, (online) [cit. 2021.15.02], dostupné z: <https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/iak/forschung/forschungsprojekte/forschungsvorhaben-boden>

[18] HENEŠ V., 2016: Průhledné dřevo jako alternativa umělých materiálů (online) [cit. 2021.29.03], dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/pruhledne-drevo>

[19] HENKOVÁ S., Ústav technologie, mechanizace a řízení, přednáška č.11, (online) [cit. 2021.04.03], dostupné z: http://tstsw.cz/stavebni_stroj/predmet-bw03/prednaska-11

- [20] HLUŠEK J., 2004: Statková hnojiva, (online) [cit. 2021.17.02] dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/kejda.htm
- [21] HOŇOK B., MCALLISTER N., SMITH I., BUYSSE J., VAN DALE G., 2004: Jak podporovat domovní a komunitní kompostování, vydalo HNUTÍ DUHA, kolektiv autorů, (online) [cit. 2021.12.12], dostupné z: <http://olomouc.hnutiduha.cz/data/publications/kompostovani.pdf>
- [22] HONZÍK R., 2002 : Využití odpadů při rekultivacích (online) [cit. 2021.06.02] Dostupné z : <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadu-pri-rekultivacich>
- [23] HRDINA P., 2003, Výroba rekultivačních substrátů (online) [cit. 2021.16.03] dostupné z : <https://www.odpady-online.cz/vyroba-rekultivacnich-materialu-z-kalu/>
- [24] HÝSEK Š., HABÁN R., HÝSKOVÁ P., 2020: Materiálové využití recyklovaného dřeva v České republice (online) [cit. 2021.14.3], dostupné z : https://www.researchgate.net/profile/Stepan-Hysek/publication/338422030_Materialove_vyuziti_recyklovaneho_dreva_v_Ceske_republice/links/5e142e7292851c8364b5e3e8/Materialove-vyuziti-recyklovaneho-dreva-v-Ceske-republice.pdf
- [25] JAROLÍMOVÁ B., 2019: Aplikace kalů z čistíren odpadních vod na zemědělské půdě a související legislativa (online) [cit. 2020.15.02], dostupné z <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/aplikace-kalu-z-cistiren-odpadnich-vod-na-zemedelske-pude-a-souvisejici-legislativa>
- [26] JIRMAN P., 2003: Analýza možností spalování kalu z ČOV v cementárně (online) [cit. 2021.16.03], dostupné z: <https://www.odpady-online.cz/analyza-moznosti-spalovani-kalu-z-cov-v-cementarne/>
- [27] LING D.F., WENG CH.H., 2000: Use of sewage sludge as brick material (online) [cit. 2021.01.06], dostupné z: [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2001\)127:10\(922\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9372(2001)127:10(922))
- [27] LUŇÁČEK J., 2021: Struska (online) [cit. 2021.09.02], dostupné z: <https://www.lunacek.cz/a-zelezo-stale-teklo/struska/>
- [28] LYČKOVÁ B, 2008: Multimediální učební texty zaměřené na problematiku zpracování kalů (online) [cit. 2021.08.01], dostupné z: <http://hg10.vsb.cz/546/ZpracovaniKalu/index.html>
- [29] MICHALÍKOVÁ F., 2014: Možnosti využití popílků ze spalování černého uhlí (online) [cit. 2020.16.11], dostupné z : <https://www.odpady-online.cz/moznosti-vyuziti-popilku-ze-spalovani-cerneho-uhli/>

- [30] MŽP, © 2020: Podklady pro oblast podpory odpadového hospodářství OPŽP 2021–2027, (online) [cit. 2021.16.02], dostupné z https://www.mzp.cz/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi
- [31] NĚMCOVÁ M., 2013: Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební, 76s., (bakalářská práce),
- [32] OKEYINKA OM., OLOKE D., KHATIB J., 2015: Přehled recyklovaného využití pevných odpadů ve stavebních materiálech (online) [cit. 2020.06.12], dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Review-on-Recycled-Use-of-Solid-Wastes-in-Okeyinka-Oloke/199195352cf974c45bfde747d837fa3a34894518>
- [33] REMUS, 2012: Renesance kompostování, (online) [cit. 2020.12.12], dostupné z: <http://accordingtoremus.blogspot.com/2012/06/renesance-kompostovani.html>
- [34] RESTEP, 2019: Biologicky rozložitelné komunální odpady, Česká zemědělská univerzita, 30. s , dostupné z: https://docs.google.com/gview?url=http://restep.vumop.cz/encyklopedie/expertni_posudek/BRKO.pdf&embedded=true
- [35] SAFIUDDIN M., JUMAAT M.Z., SALAM M., ISLAM M., HASHIM R., 2010: , Utilization of solid waste in construction materials, International Journal of Physical Sciences (online) [cit. 2020.12.12], dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/228360963_Utilization_of_solid_wastes_in_construction_materials
- [36] SAMOSEBOU.CZ, 2021: Plastové obaly a jejich alternativy (online) [cit. 2021.29.03], dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2019/11/28/plastove-obaly-a-jejich-alternativy/>
- [37] SHIH P, WU Z., CHIANG H, 2004: Characteristic of bricks made from waste steel slag, Waste management (online) [cit. 2021.16.03], dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/8159174_Characteristics_of_Bricks_made_from_waste_Steel_Slag
- [38] SIEGL KONTEJNERY, 2016, Jak fungují spalovny odpadu a kde je v ČR najdete? (online) [cit. 2021.07.03], dostupné z: <https://www.siegl.cz/blog/likvidace/jak-funguji-spalovny-odpadu-a-kde-je-v-cr-najdete>
- [39] SILOTRANSPORT, 2021: Stabilizát (online) [cit. 2021.15.03], dostupné z: <https://www.silotransport.cz/>
- [40] SIROTKOVÁ D., SVOBODA K., Možnosti využití odpadů pro rekultivační práce (online) [cit. 2021.10.03], dostupné z: https://slon.diamo.cz/hpvt/2003/sekce_z/PZ06%20P.htm

- [41] SOROUSIAN P., PLASENCIA J., RAVEANBAKHSH S., 2003: Assessment of reinforcing effects of recycled plastic and paper in concrete, ACI Materials Journal (online) [cit. 2021.08.02], dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/8159174_Characteristics_of_Bricks_made_from_waste_Steel_Slag
- [42] SVERKUNOVÁ K, 2020: Odpad jako stavební materiál? (online) [cit. 2021.14.02], dostupné z: <https://www.valbekstory.cz/odpad-jako-stavebni-material/>
- [43] TRÍDĚNÍ ODPADU.CZ, 2017-2021, dostupné také na <https://www.trideniodpadu.cz/>
- [44] VÁŇA, Jaroslav, 2001: Kompostování bioodpadu (online) [cit. 2021.03.03], dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-bioodpadu>
- [45] VRÁNA T., GUDMUNDSSON K, 2010: Comparison of fibrous insulations – Cellulose and stone wool in terms of moisture properties resulting from condensation and ice formation, Construction and Building Materials (online) [cit. 2021.03.04], dostupné z: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A279249&dswid=2885>
- [46] WIART J., 2001: Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie, Office for official publications of the European Communities, ISBN 92-894-1799-4
- [47] YADAV R., 2015, Solid waste management, (online) [cit. 2021.16.03], dostupné z: <https://www.mendeley.com/search/?page=1&query=waste&sortBy=relevance>
- [48] YAHYA J., HOGLAND W., 2014 Waste glass in the production of cement and concrete – A review. Journal of Environmental Chemical Engineering 2 (online) [cit. 2021.16.03], dostupné z:
- [49] ZČU, 2008, Kejda a kejdové hospodářství, dostupné na: https://katedry.czu.cz/storage/5250_kejda.pdf

12 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

12.1 Seznam obrázků

Obr. 1 Spalovny odpadu v ČR	21
Obr. 2 Životní cyklus stavebního materiálu.....	25
Obr. 3 Dřevěný odpad.....	26
Obr. 4 EKO cihly	27

Obr. 5 Štěrk z pěnového skla.....	28
Obr. 6 Foukaná tepelná izolace.....	29
Obr. 7 Kovový odpad.....	30

12.2 Seznam tabulek

Tabulka č. 1 stavební materiály a jejich využití.....	31
Tabulka č. 2 legislativní úpravy v jiných zemích.....	41 - 42

13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Seznam použitých zkratk

ČOV - čistírna odpadních vod

BRKO - biologicky rozložitelné komunální odpady

BRO – biologicky rozložitelný odpad

ČSN – česká technická norma

EN – evropská norma

EK – Evropská komise

OBS – organicky bohatý substrát

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

ÚKZÚZ - Ústřední kontrolní a zkušební ústav