



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝ ODPAD
BIODEGRADABLE WASTE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ DŘÍMAL

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. ZDENĚK BEŇO

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav procesního a ekologického inženýrství

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jiří Dřímál

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Biologicky rozložitelný odpad

v anglickém jazyce:

Biodegradable waste

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je věnována problematice současného nakládání s biologicky rozložitelným odpadem v zemích EU. Bude proveden podrobný rozbor pro jednotlivé země, jakým způsobem je odpad využíván, jeho množství a jaké jsou další možnosti pro zpracování.

Cíle bakalářské práce:

Seznámení se se současným stavem nakládání biologicky rozložitelného odpadu a jeho využívání v zemích EU.

Seznam odborné literatury:

Internetové zdroje: Eurostat, OECD, Český statistický úřad, DEKRA a jiné.

Straka, F. a kol.: Bioplyn. 2. vyd. GAS s.r.o., Praha 2006. 706 s. ISBN 80-7328-090-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Beňo

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 8.11.2010

L.S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ANOTACE

Cílem této bakalářské práce je seznámení s problematikou využívání biologicky rozložitelných odpadů (BRO) v zemích EU. Úvodní kapitoly jsou zaměřeny na popis druhů BRO. V práci jsou popsány způsoby zpracování tohoto odpadu a jejich využití. Důraz je kladen na zmapování současného stavu nakládání s biologicky rozložitelným odpadem v zemích EU a ČR.

KLÍČOVÁ SLOVA

Biologicky rozložitelný (BRO), legislativa, skládkování, spalování, kompostování, fermentace, anaerobní digesce.

ANNOTATION

The goal of this bachelor is introduction with the issue of using biodegradable waste (BDW) in the EU. The introductory chapters are focused on the description of the different types of BDW. There are described ways of processing of this waste and their use. The emphasis is on mapping the current condition of treatment of biodegradable waste with it in the EU and the CR.

KEY WORDS

Biodegradable waste (BDW), legislation, landfilling, incineration, composting, fermentation, anaerobic digestion.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DŘÍMAL, J. *Biologicky rozložitelný odpad*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 44 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zdeněk Beňo.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „*Biologicky rozložitelný odpad*“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a zdrojů uvedených v seznamu, jež je součástí této práce.

V Brně dne 25.5.2012

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucí bakalářské práce, paní Ing. Lucii Houdkové Ph.D., za její odbornou pomoc a připomínky během vypracování práce.

OBSAH

1. ÚVOD.....	10
2. LEGISLATIVA V OBLASTI BRO.....	11
3. DRUHY BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ.....	12
3.1. Komunální odpad.....	13
3.2. Odpady ze zemědělství a lesnictví.....	14
3.2.1. Rostlinné odpady	14
3.2.2. Lesní odpady.....	14
3.2.3. Odpady ze živočišné výroby.....	15
3.3. Odpady z potravinářského průmyslu	16
3.3.1. Cukrovarnictví	17
3.3.2. Výroba škrobu a mouky.....	17
3.3.3. Zpracování masa	17
3.3.4. Zpracování mléka	17
3.3.5. Výroba tuků a olejů.....	18
3.3.6. Zpracování ovoce a zeleniny	18
3.3.7. Výroba sladu a piva	18
3.3.8. Výroba vína, lihu, droždí	18
3.4. Odpady z papírenského, textilního a kožedělného průmyslu	19
3.4.1. Papírenský průmysl.....	19
3.4.2. Textilní průmysl a kožedělný průmysl	19
3.5. Čistírenské a vodárenské kaly.....	19
4. TECHNOLOGIE PRO ZPRACOVÁNÍ BRO	21
4.1. Skládkování BRO	21
4.2. Termické zpracování.....	21
4.2.1. Spalování	21
4.2.2. Pyrolýza	22
4.2.3. Zplyňování	23
4.3. Biologické zpracování	23
4.3.1. Anaerobní digesce.....	24
4.3.2. Kompostování.....	26
4.4. Mechanicko – biologická úprava.....	29
5. PRODUKCE A VYUŽITÍ V BRO ZEMÍCH EU.....	31
5.1. Komunální odpad.....	31
5.1.1. Skládkování komunálního odpadu.....	32

5.1.2. Spalování komunálního odpadu.....	33
5.1.3. Recyklace komunálního odpadu.....	34
5.2. Odpady ze zemědělství a lesnictví.....	36
5.3. Odpady ze zpracovatelského průmyslu	37
5.4. Čistírenské a vodárenské kaly.....	37
6. ZÁVĚR.....	38
Seznam zkratk	40
Seznam použité literatury	41

1. ÚVOD

Biologicky rozložitelný odpad (BRO) je významnou skupinou v odpadovém hospodářství. Sběr, zpracování a odstraňování BRO představuje v celé Evropě výrazný problém. Nejčastější způsoby nakládání jsou skládkování, spalování, kompostování a anaerobní digesce.

Účinek BRO na základní složky životního prostředí je velmi negativní. Jedná se zejména o vznik skleníkových plynů neuváženým ukládáním odpadu na skládkách. Vhodným využitím bioodpadu lze dosáhnout snížení poškozování životního prostředí, úspory nenahraditelných zdrojů energie a i částečnému vyřešení problému ukládání odpadu. V České republice (ČR) končí velký podíl BRO jako součást směsného komunálního odpadu na skládkách komunálního odpadu. Jedním z důvodů, proč využít bioodpady, je směrnice Evropské rady 1999/31/ES, o skládkování odpadu. Směrnice nařizuje členským státům Evropské unie (EU) vypracovat národní strategii, která směřuje k aktivnějšímu využívání těchto odpadů. Zejména se jedná o omezení ukládání biologicky rozložitelných komunálních odpadů (BRKO) na skládky a využití jiných způsobů nakládání s BRO.

Největší potenciál mají biologické způsoby zpracování odpadů. Jednou z možností realizace jsou bioplynové technologie využívající anaerobní digesce (fermentaci). Anaerobní digesce je kontrolovaná mikrobiální přeměna organických látek bez přístupu vzduchu, při které kromě organického hnojiva (digestátu) vzniká další produkt – bioplyn, který je vhodný k výrobě elektrické energie, tepla a motorového paliva [1]. Jde zejména o zpracování čistírenských kalů, hospodářských exkrementů, nebo organických zbytků ze zemědělství, řemeslnictví, průmyslu a domácností.

S BRO přicházíme do kontaktu každý den v domácnosti v podobě kuchyňského odpadu, nebo odpadu ze zahrad (tráva, listí). Přitom není složité odpad zpracovávat přímo na zahradách rodinných domků, v zahrádkářských osadách nebo ukládat na vyhrazené místo jako kontejner. Kompostováním získáme kvalitní organické hnojivo a zbavíme se odpadu.

V jednotlivých zemích EU je s odpadem nakládáno odlišným způsobem. Například Dánsko využívá ke snížení množství BRO na skládkách zejména způsob spalování. Převážně v nových členských státech EU je však dosti nedokonalý systém zpracování bioodpadu a většina tohoto odpadu končí na skládkách bez využití. Je tedy potřeba řešit a hledat nejrůznější možnosti jak co nejučinněji využít BRO.

2. LEGISLATIVA V OBLASTI BRO

- Směrnice Rady **1999/31/ES** o skládkách odpadu.
- Směrnice Rady č. **1774/2002** o hygienických pravidlech, týkajících se vedlejších živočišných produktů, které nejsou určeny k lidské spotřebě.
- Směrnice Rady č. **98/2008** o odpadech.
- Zákon č. **185/2001 Sb.** o odpadech.
- Zákon č. **477/2001 Sb.** o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech).
- Zákon č. **86/2002 Sb.** o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší).
- Zákon č. **156/1998 Sb.** o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech).
- Vyhláška č. **381/2001 Sb.**, Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví Katalog odpadů, seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů).
- Vyhláška č. **383/2001 Sb.**, Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady.
- Vyhláška č. **294/2005 Sb.**, Ministerstva životního prostředí o podmínkách ukládání odpadů na skládky a o jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
- Vyhláška č. **341/2008 Sb.**, Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a o jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
- Vyhláška č. **374/2008 Sb.**, Ministerstva životního prostředí o přepravě odpadů a o změně vyhlášky č. 381/2005 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. **376/2001 Sb.**, Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zdravotnictví o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů.
- Nařízení vlády č. **63/2003 Sb.**, o způsobu a rozsahu zabezpečení systému výměny informací o nejlepších dostupných technikách.
- Nařízení vlády č. **197/2003 Sb.**, o Plánu odpadového hospodářství České republiky.

3. DRUHY BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ

Biologicky rozložitelný odpad je jakýkoli odpad, který je schopen anaerobního a aerobního rozkladu [2].

Mezi biologicky rozložitelné odpady zejména patří:

- komunální
- zemědělské a lesnické
- papírenské, textilní a kožedělné
- potravinářské
- čistírenské a vodárenské kaly [3]

Na obr. 3.1 můžeme vidět příklad druhů bioodpadu.

Obr. 3.1 Bioodpad [4]



Kategorizace odpadů dle katalogu odpadů je patrná z tab. 3.1.

Tab. 3.1 Katalog odpadů [5]

č. dle katalogu	Druh odpadu
02	Odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a z výroby a zpracování potravin
03	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy a papíru
04	Odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu
15	Odpadní obaly; absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené
17	Stavební a demoliční odpady (včetně vytěžené zeminy)
19	Odpady ze zařízení na zpracování (využívání a odstraňování) odpadu, z čistíren odpadních vod pro čištění těchto vod mimo místo jejich vzniku a z výroby vody pro spotřebu lidí a vody pro průmyslové účely
20	Komunální odpady

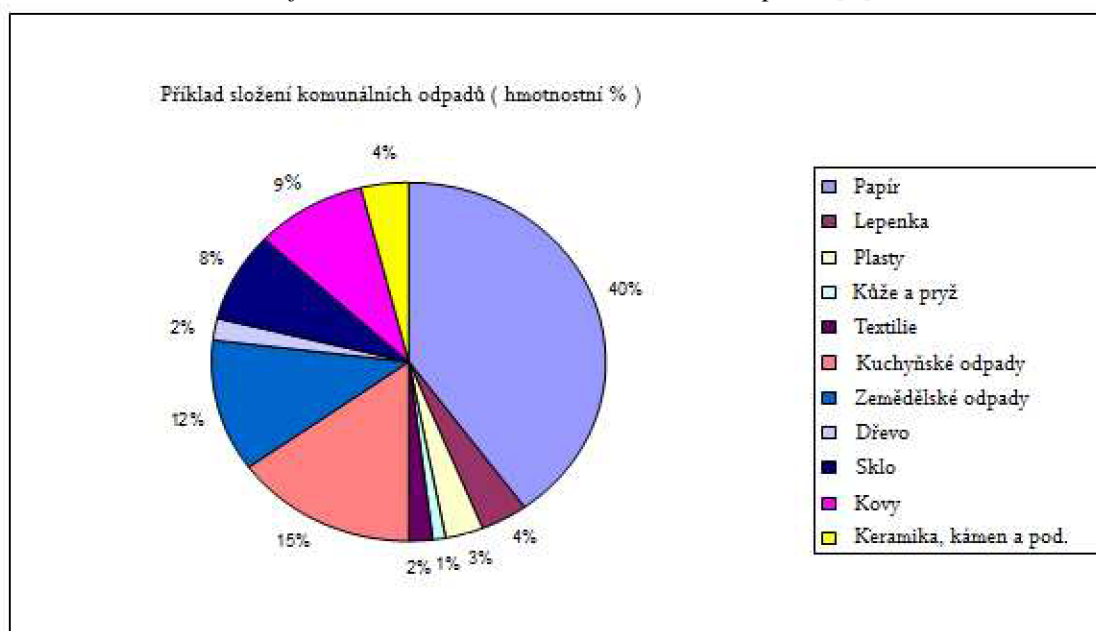
3.1. Komunální odpad

Pojem komunální odpad (KO) je podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů definován takto: „Komunální odpad je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v prováděcím právním předpisu, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání [6].“

Historicky bylo odstraňování odpadu ukládáním na skládkách (skládkováním) převládající metodou likvidace komunálního odpadu, ale v posledních dvou desetiletích došlo ke značnému snížení skládkování. Do roku 2020 se očekává pokles BRO v KO na skládkách přibližně na 35%.

V grafu 3.1 můžeme vidět příklad složení komunálních odpadů.

Graf 3.1 Příklad složení komunálních odpadů [7]



Podíl bioodpadu z celkové produkce tuhých komunálních odpadů (TKO) byl na základě Situační zprávy o biologicky rozložitelných komunálních odpadech (BRKO) v ČR stanoven na 41% hmotnosti [8].

Podle Katalogu odpadů tvoří BRKO především tyto druhy:

Tab. 3.2 Druhy odpadů podle Katalogu odpadů, které tvoří BRKO[9]

Katalogové číslo	Název druhu	Podíl biologicky rozložitelné složky (% hmotnostní)
20 01 01	Papír a/nebo lepenka	100
20 01 07	Dřevo	100

20 01 08	Organický kompostovatelný odpad	100
20 01 10	Oděv	75
20 01 11	Textilní materiál	75
20 02 01	Kompostovatelný odpad z údržby zeleně	100
20 03 01	Směsný komunální odpad	40
20 03 02	Odpad z tržišť	75
20 03 04	Kal ze septiků a/nebo žump, odpad z chemických toalet	80

3.2. Odpady ze zemědělství a lesnictví

Současnému zemědělství je vytýkáno intenzivní používání obrovského množství cizorodých látek, biocidů, postřiků, průmyslových hnojiv, ale i organických hnojiv s vysokým obsahem toxických látek, které negativně ovlivňují přirozené agroekosystémy, zemědělskou krajinu, kvalitu produktů, a tím i zdravotní stav obyvatel [10].

3.2.1. Rostlinné odpady

Odpady ze zemědělské výroby jsou v našich podmínkách tvořeny především slámou, zbytky různých natí, řepnými skrojky, kukuřičnými stvoly, odpady po čištění obilí apod. Nejběžnější způsob využití rostlinné hmoty je její zkrmování, ať již v čerstvém stavu nebo ve formě krmných mouček. Tyto odpady jsou také velice vhodné pro kompostování [10].

Rostlinné odpady ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny. Patří sem řepková a kukuřičná sláma, obilná sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, odpady ze sadů a vinic, odpady z údržby zeleně a travnatých ploch. Sláma se dá vhodně využít jako krmivo. Je také velmi dobrý substrátem pro pěstování hub. Lze také společně s odpadem z dřevin využít k vytápění zemědělských objektů [10].

3.2.2. Lesní odpady

Po těžbě dříví zůstává v lese určitá část stromové hmoty nevyužita (pařezy, kořeny, kůra, vršky stromů, větve, šišky a dendromasa z prvních probírek a prořezávek). Tyto odpady se nejčastěji využívají na výrobu dřevní štěpky. Největší objem štěpků se zpracovává na výrobu dřevotřískových materiálů, které mají široké využití ve stavebnictví a v nábytkářské výrobě. Štěpka se využívá i v papírenském a celulózovém průmyslu k výrobě celulózy. Jinou možností zpracování je technologie výroby vysoce výhřevného paliva ve formě briket nebo peletek [10,11]. Na obr. 3.2 je ukázka těchto výrobků.

Obr. 3.2 Produkty po zpracování dřevin: Brikety, peletky [12]



3.2.3. Odpady ze živočišné výroby

Jedná se především o zpracování exkrementů zvířat v zemědělských provozech. Tyto odpady patří mezi nejzávažnější zdroje znečištění povrchových a podzemních vod. Chlévská mrva je směs výkalů, moče, steliva a vody. V našem zemědělství je používána jako organické hnojivo. Hnůj vzniká ošetřením a zráním chlévské mrvy a je velmi vhodný jako materiál ke hnojení [10].

Kejda je různě hustá směs výkalů, moči a jiných materiálů zředěná vodou. Je organickým hnojivem. Kejda se také používá ke kompostování s využitím vhodného nasávacího materiálu. Tyto odpady se mohou využít k výrobě bioplynu. Pro tyto účely však musí zařízení ke zpracování splňovat požadavky dané nařízením ES č. 1774/2002.

Zařízení na výrobu bioplynu musí být podle nařízení ES č. 1774/2002 vybaveno pasterizační hygienizační jednotkou, zařízením na monitorování teploty a bezpečnostním systémem, který zabrání nedostatečnému ohřevu a vhodným zařízením po čištění a dezinfekci nádob. Pasterizační jednotka není nutná, když jde o zpracování hnoje nebo zvířecích fekálií.

Kompostárna musí mít uzavřený kompostovací reaktor, který není možné vyřadit z výrobní linky, dále zařízením na monitorování a registrování teploty v čase a bezpečnostní systém pro nedostatečný ohřev. Podobně jako bioplynová stanice musí být i kompostárna vybavena zařízením na čištění a dezinfekci dopravních prostředků a nádob [13].

Nařízení 1774/2002 (ES) dělí živočišné produkty do tří kategorií [14]:

Mezi **materiály 1. kategorie** patří níže popsané vedlejší živočišné produkty nebo jakékoli materiály, které tyto vedlejší živočišné produkty obsahují:

- zvířata podezřelá z nákazy přenosnou spongiformní encefalopatií (TSE)
- volně žijící zvířata podezřelá z nákazy onemocněními přenosnými na lidi nebo zvířata
- jiných zvířat, než jsou hospodářská zvířata a volně žijící zvířata, zejména zvířat v zájmovém chovu a zvířat ze zoologických zahrad a cirkusů
- pokusných zvířat
- veškeré živočišné materiály shromážděné při čištění odpadních vod ze zpracovatelských závodů
- kuchyňský odpad z dopravních prostředků v mezinárodní dopravě

- směsi materiálů 1. kategorie s materiály 2. kategorie nebo s materiály 3. kategorie nebo s materiály obou kategorií

Materiály 2. kategorie obsahují:

- hnůj a obsah trávicího traktu
- veškeré živočišné materiály shromážděné při čištění odpadních vod z jatek
- produkty živočišného původu obsahující rezidua veterinárních léčiv a znečišťujících látek
- jiné produkty živočišného původu, než jsou materiály 1. kategorie, které jsou dováženy ze třetích zemí a při kontrolách stanovených právními předpisy Společenství nesplňují veterinární požadavky pro dovoz do Společenství
- jiná zvířata a části jiných zvířat, který byla usmrcena jiným způsobem než porážkou k lidské spotřebě
- směsi materiálů 2. kategorie s materiály 3. kategorie

Materiály 3. kategorie obsahují:

- části poražených zvířat, které jsou vyřazeny jako nepoživatelné, které ale nevykazují žádné známky onemocnění přenosných na lidi nebo na zvířata
- kůže, kopyta, paznehty, rohy, prasečí štětiny a peří pocházející ze zvířat poražených na jatkách
- vedlejší živočišné produkty vznikající při výrobě produktů určených k lidské spotřebě, včetně odtučněných kostí a škvarků.
- zmetkové potraviny živočišného původu s výjimkou kuchyňského odpadu, které z obchodních důvodů, z důvodu závady při výrobě nebo jiné závady nepředstavující nebezpečí pro lidi nebo zvířata již nejsou určeny k lidské spotřebě
- kuchyňský odpad mimo odpad z dopravních prostředků v mezinárodní dopravě

Materiály 1. kategorie jsou přímo likvidovány spalováním ve spalovně a žádné recyklační metody nejsou povoleny. U některých druhů materiálů 2. kategorie je povoleno kompostování nebo anaerobní digesce. Tyto metody je možno použít u všech druhů materiálů 3. kategorie [14].

3.3. Odpady z potravinářského průmyslu

Potravinářský průmysl se zabývá výrobou potravin, poživatin, nápojů a také surovin a polotovarů pro další průmyslová odvětví. Do této skupiny zařazujeme cukrovarnický průmysl, škrobárny, tukový průmysl, pekárny, mlékárny, pivovary, sladovny, vinařské závody, lihovary, masný průmysl, a další výroby. Potravinářské podniky produkují velké množství odpadů, které lze s menší či větší účinností zpracovávat na jinak využitelné druhotné suroviny, např. krmiva, hnojiva a jiné [10].

3.3.1. Cukrovarnictví

Ve výrobě se nejčastěji používá řepný nebo třtinový cukr, který je obsažen v bulvách cukrové řepy a cukrové třtiny.

Nejvýznamnějším vedlejším produktem výroby cukru je melasa, tmavohnědý sirup s vysokou viskozitou. Melasa je základní surovinou pro fermentační procesy. Je také využívána jako substrát při produkci biomasy ke krmení, např. při výrobě kvasničného krmiva, případně může být zkrmována přímo. Další vedlejší produkty jsou vyslazené řízky, saturační kal [10].

3.3.2. Výroba škrobu a mouky

Při výrobě škrobu z brambor vzniká jeden hlavní vedlejší produkt – vláknina. Vláknina se lisuje nebo suší a používá přímo ke zkrmování hovězím dobyt看em.

Vedlejším produktem výroby pšeničného škrobu je lepek. Technický lepek nachází uplatnění v obuvnickém průmyslu.

Z výroby kukuřičného škrobu vzniká vedlejší produkt bílkovina glukoten. Podobně jako lepek nachází uplatnění při výrobě bílkovinných hydrolyzátů a jako aditivum v potravinářském průmyslu [10].

Mouka se vyrábí mletím obilného zrna. Odpady z čištění zrna se dělí na krmné a nekrmné. Ke krmným patří zejména části obilek, zrna jiných potravinových nebo krmivových kultur. K nekrmným odpadům řadíme plevy, slámu, semena plevelů, minerální příměsy. Dají se využít jako kompostovatelný materiál. Nehodnotné nekrmné odpady lze také energeticky využít jako palivo, buď přímo, nebo po úpravě např. briketováním [10].

3.3.3. Zpracování masa

Maso a masné výrobky jsou významnou složkou lidské výživy. Pro maso jsou chována jatečná zvířata (skot, prasata, ovce, králíci aj.), jatečná drůbež (hrabavá a vodní) a lovná zvěř. Mezi významné produkty masného průmyslu patří tuky, tj. hovězí lůj a vepřové sádlo. Za vedlejší produkt můžeme považovat i droby (játra, ledviny, jazyky atd.). Droby se upravují zmrazením a předávají se přímo k prodeji, nebo se zpracovávají společně s masem do masných výrobků.

Z procesu vykrvování vzniká produkt krev (hovězí a vepřová). Další vedlejší produkty masného průmyslu jsou střeva, kůže, rohovina, štětiny a žíně, kosti a peří [15].

3.3.4. Zpracování mléka

Průmysl zpracování mléka zahrnuje nejen úpravu mléka pro přímou spotřebu, ale i jeho další zpracování na smetanu, máslo, sýry a rozličné mléčné přípravky [10].

Podmáslí je svým složením přibližně srovnatelné s odtučněným mlékem. Využívá se dále k výrobě fermentovaných mléčných výrobků, nebo ke zpracování na kasein, který se uplatňuje v pekárenství.

Klasickým vedlejším produktem mlékárenství je syrovátka, která vzniká u výroby sýrů a tvarohu. Sirovátka se zpracovává na výrobu mléčného cukru - laktózy [15].

3.3.5. Výroba tuků a olejů

Tuky a oleje můžeme rozdělit podle původu na živočišné a rostlinné. V ČR je jako nejčastější surovina využívána řepka olejná a slunečnice. Suroviny živočišného původu jsou tuky skotu, prasat, drůběže a lůj [15].

Při výrobě a čištění olejů jsou vedlejšími produkty obaly semen a plodů, pokrutiny po lisování, extrahovaný šrot. Odpad z loupání semen je možné buď po rozemletí zkrmovat, využívat k technickým účelům (přípravky do stavebnictví, při výrobě cihel), nebo spalovat [10].

3.3.6. Zpracování ovoce a zeleniny

Technologie zpracování ovoce a zeleniny zahrnuje široké spektrum způsobů úpravy surovin. Patří sem způsoby uskladnění ovoce a zeleniny, ovlivnění průběhu procesu dozrávání, použití různých konzervačních postupů. V konzervářské výrobě vzniká velké množství různých vedlejších produktů jako jsou výlisky, slupky, dřeně, jádra, pecky a další odpady. Jádra pecek jsou surovinou k extrakci olejů pro kosmetický průmysl a farmaceutické účely. Skořápka pecky se používá také k výrobě rostlinného uhlíku. Tyto odpady se také zpracovávají kompostováním, nebo spalováním [10].

3.3.7. Výroba sladu a piva

Při výrobě piva jsou nejcennějšími vedlejšími produkty sladové mláto, pivovarské kvasnice, sladový květ a chmelové mláto. Sladové mláto je považováno za velmi cenné krmivo. Pivovarské kvasnice jsou co do složení aminokyselin plně srovnatelné s jinými krmnými bílkovinami. Kromě využití jako přísady do krmiv se zpracovávají ve farmaceutickém průmyslu. Sladový květ (kořínky a klíčky usušeného ječmene) je z hlediska krmivářského nejvýznamnějším vedlejším produktem sladařského průmyslu. Využívá se také ve fermentačním, farmaceutickém průmyslu. Chmelové mláto se pro svůj vysoký obsah hořkých látek nehodí jako krmivo, proto se zpravidla likviduje kompostováním [16].

3.3.8. Výroba vína, lihu, droždí

Při výrobě vína odpadají jako vedlejší produkty třapiny, hroznové výlisky, semena, kvasničné kaly a vinný kámen. Třapiny obsahující značný podíl celulosy je možno po vhodné úpravě (sušením a mletím) zkrmovat, případně s výlisky silážovat.

Výlisky z hroznů je možné přímo zkrmovat. Výlisky z červených hroznů slouží jako surovina pro přirozená aditivní barviva v potravinářství.

Vedlejším produktem výroby lihu jsou výpalky. Melasové výpalky se používají k výrobě krmného droždí, míchají se s dalšími surovinami pro přípravu krmiv. Ovocné výpalky po destilaci pálenek se mohou pro vyšší obsah kyselin zkrmovat až po úpravě pH. Často jsou používána jako hnojivo.

Využití odpadů z výroby droždí úzce navazuje na řešení problematiky čištění odpadních vod, které jsou jedny z nejzávadnějších v potravinářství i v průmyslu vůbec. Při použití anaerobního stupně čištění se může využívat produkovaného bioplynu v kombinaci s využitím stabilizovaných kalů jako hodnotného hnojiva [16].

3.4. Odpady z papírenského, textilního a kožedělného průmyslu

3.4.1. Papírenský průmysl

Vedlejší produkty z papírenského průmyslu jsou odpadový papír, lepenka a piliny. Z odpadového papíru se získává vlákno pro výrobu nového, hladkého papíru.

Vlnitá lepenka vzniká spojením jedné nebo více vrstev zvlněného papíru. Největší využití má v obalovém průmyslu [17].

Piliny jsou sypký materiál obsahující jemné částice dřevní hmoty o vlhkosti 10 – 48 %. Používají se k výrobě dřevních pelet, briket nebo pro spalování a následné využití vzniklé tepelné energie, popřípadě se přidávají do hmoty pro výrobu cihel [18].

3.4.2. Textilní průmysl a kožedělný průmysl

Mezi vedlejší produkty textilního průmyslu patří textilní vlákna, vlna a barvivo. Textilní odpad lze využít k výrobě přízí, ve výrobě netkaných textilií, které nachází uplatnění hlavně jako zvukově a tepelně izolační materiál ve stavebnictví a vycpávkový materiál při stavbě vozidel, letadel, lodí.

V kožedělném průmyslu vzniká odpadová srst a tuk. Odpadová srst se dá po regeneraci použít jako surovina pro výrobu kožešin [19].

3.5. Čistírenské a vodárenské kaly

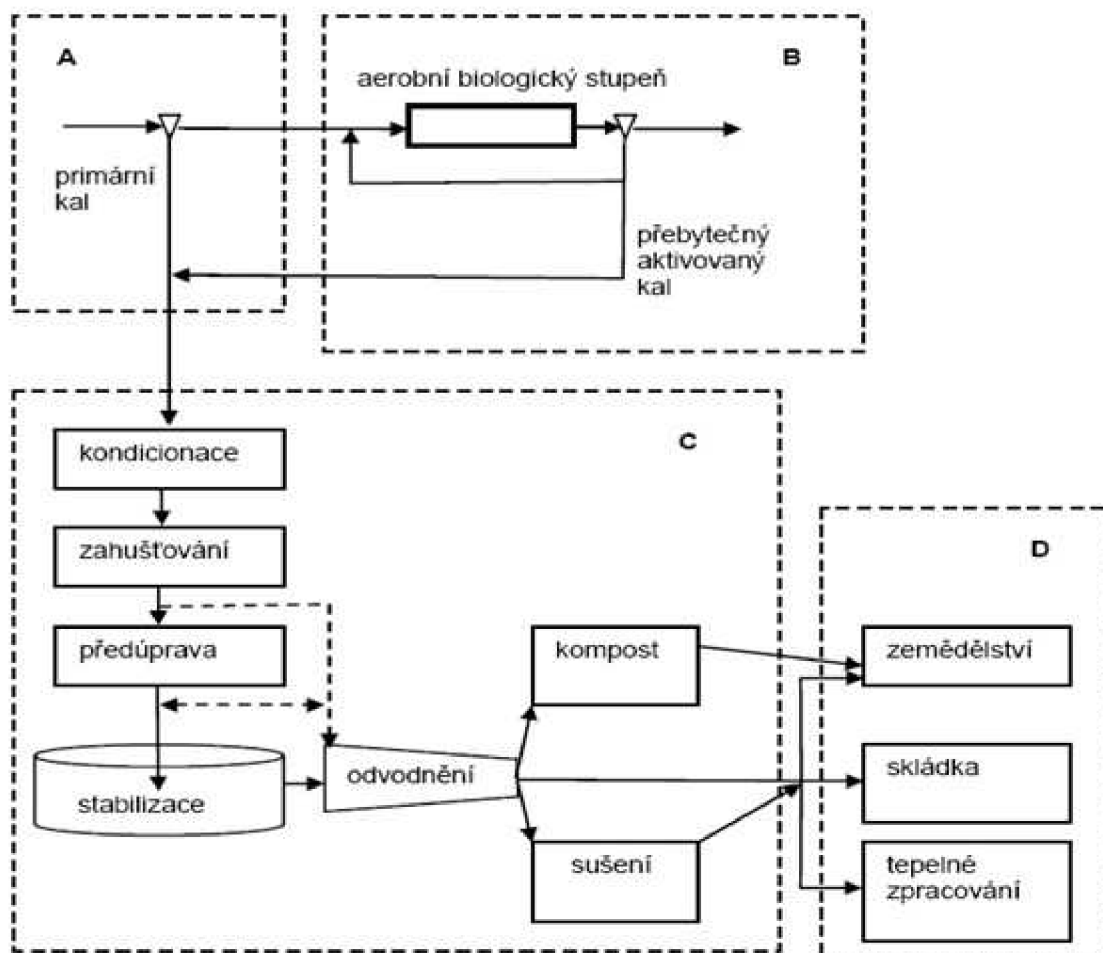
Kal je směs anorganických a organických látek, rizikových prvků, nebezpečných organických sloučenin a mikroorganismů s vyšší hustotou než má voda. Z odpadních vod se při jejich čištění odděluje sedimentací. Po úpravě se kaly dají aplikovat v zemědělství k hnojení orných půd, dají se využít v průmyslu stavebních hmot, nebo se dají spalovat. Kaly a jejich použitím se zabývá zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a vyhláška ministerstva životního prostředí (MŽP) č. 382/2001 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě. Jsou zde zahrnuty i mezní hodnoty škodlivých látek, které mohou být v kalech obsaženy (Tab. 3.3) [20].

Tab. 3.3 Mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových prvků v kalech pro jejich použití na zemědělské půdě [21]

Rizikové prvky	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Maximální hodnoty koncentrací v kalech (mg·kg ⁻¹ sušiny)	30	5	200	500	4	100	200	2500

Schéma tvorby čistírenského kalu a jeho zpracování můžeme vidět na obr. 3.3.

Obr. 3.3 Schéma tvorby a zpracování čistírenského kalu [22]



- A - primární (mechanické) čištění odpadních vod, separace suspendovaných látek;
- B - biologické aerobní čištění s recyklem aktivovaného kalu a odvodem přebytečného aktivovaného kalu
- C - operace úpravy a stabilizace kalu
- D - způsoby využití a likvidace kalu [22]

4. TECHNOLOGIE PRO ZPRACOVÁNÍ BRO

4.1. Skládování BRO

Jedním z několika důvodů zákazu ukládání BRO na skládky byl právě vznik skládkového plynu, který uvolněním do atmosféry způsobuje tzv. skleníkový efekt, jehož důsledkem je globální oteplování. Množství a složení skládkového plynu ovlivňuje právě složení a množství skládkovaného odpadu, pH, teplota, vlhkost a další faktory. Objem BRO obsaženého ve skladovaném odpadu přímo úměrně ovlivňuje vznik skládkového plynu [23].

Technické požadavky na skládky odpadů, včetně podmínek pro jejich umístění, těsnění, monitorování a podmínek jejich uzavření a rekultivace musí odpovídat technickým normám:

ČSN 83 8030 Skládování odpadů – základní podmínky pro navrhování a výstavbu skládek

ČSN 83 8032 Skládování odpadů – těsnění skládek

ČSN 83 8033 Skládování odpadů – nakládání s průsakovými vodami ze skládek

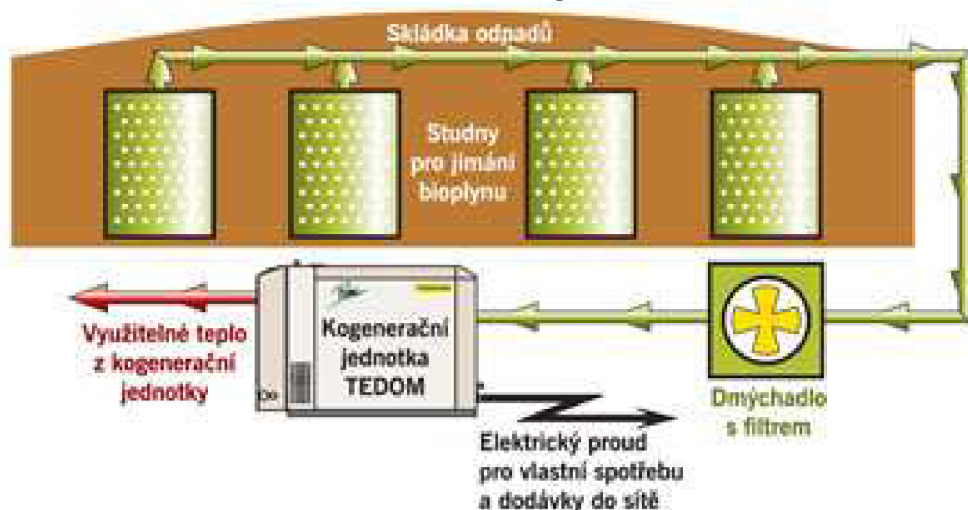
ČSN 83 8034 Skládování odpadů – odplynění skládek

ČSN 83 8035 Skládování odpadů – uzavírání a rekultivace skládek

ČSN 83 8036 Skládování odpadů – monitorování skládek [24]

Složení skládkového plynu dosahuje maximálně 75 % obj. methanu a 25 % obj. oxidu uhličitého.

Obr. 4.1 Skládka odpadů [25]



4.2. Termické zpracování

4.2.1. Spalování

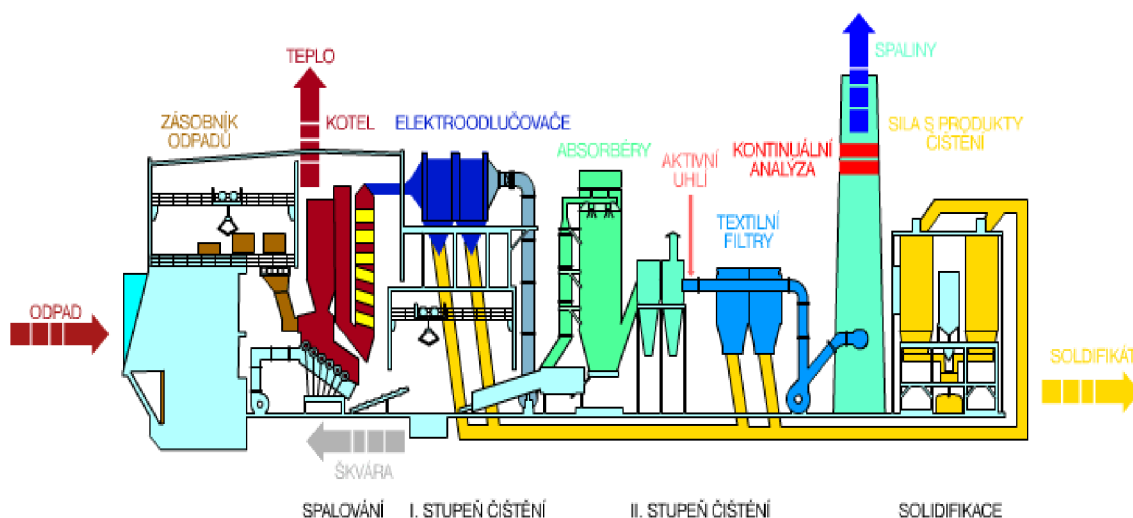
Cílem spalování odpadů je hlavně omezení jejich celkového množství. Tím se sníží zaplnění skládek. Zatímco spalování či spoluspalování bez energetického využití odpadu je v hierarchii nakládání s odpady na stejné úrovni jako skládování, je energetické využití odpadu považováno za smyslupnější odstranění odpadů [26].

Spalování je z chemického hlediska termooxidační proces, při kterém se biogenní prvky (C, S, N) oxidují za uvolnění tepla (exotermická reakce). Bioodpad je obvykle spalován jako součást TKO a tím je snížena celá účinnost tohoto procesu, protože při jejich spalování nastávají problémy spojené vysokým obsahem vody. A právě BRKO, jako složka komunálních odpadů, obsahují velké množství vody, což způsobuje zmíněné problémy. Je zde sice možnost sušení odpadů, ale tato možnost je neekonomická a kvůli vysoké spotřebě energie také neekologická. Odpady sice bývají do jisté míry předsušovány, ale pro bioodpady tento postup není dostačující, je nutno přidávat podpurné palivo [27].

Biologický odpad ve spalovaném komunálním odpadu je dle směrnice považován za obnovitelné palivo s neutrálním obsahem uhlíku. Spalování BRO můžeme tedy považovat za částečnou náhradu fosilních paliv. Energetické využití odpadů tedy představuje využití jejich energetického potenciálu a tím dosažení úspor primárních neobnovitelných zdrojů surovin a je tak zajištěna vysoká úroveň péče o životní prostředí [28].

Na obr. 4.2 je znázorněn systém spalovny SAKO Brno.

Obr. 4.2 Schéma zařízení spalovny SAKO Brno [29]



4.2.2. Pyrolýza

Pyrolýzou je míněn termický rozklad organických materiálů za nepřítomnosti kyslíku. Podstatou pyrolýzy je ohřev materiálu nad mez termické stability přítomných organických sloučenin, což vede k jejich štěpení až na stálé nízkomolekulární produkty a tuhý zbytek. Z technologického hlediska lze pyrolýzní procesy dále rozdělit dle dosahované teploty na:

- nízkoteplotní (< 500 °C)
- středněteplotní (500–800 °C)
- vysokoteplotní (> 800 °C) [30]

Je to jeden z nejnovějších procesů ve skupině technologií, které mění biomasu ve formě dřeva a jiných odpadních materiálů na produkty vyšší energetické úrovně, jako jsou plyny, kapaliny a pevné látky. Jejím primárním energetickým produktem je

kapalina – bioolej, kterou lze snadno skladovat a přepravovat. Je to tmavě hnědá kapalina s hustotou asi $1,2 \text{ kg/dm}^3$, výhřevností 16–19 kJ/kg. Nezbytným krokem pro omezení obsahu vody v biooleji je předsoušení biomasy na vlhkost nižší než 10 % (výjimečně až 15 %). Správný průběh pyrolýzního procesu je dán extrémně rychlým přívodem tepla do suroviny, udržováním potřebné teploty, krátkou dobou pobytu par v reakční zóně a co nejrychlejším ochlazením vzniklého produktu. Zatím je zpracování pyrolýzou zaměřeno na rostlinný odpad. Experimentuje se však i v oblasti zpracování komunálních odpadů. Překážkou je však jejich zvýšená vlhkost a následná zhoršená kvalita vyrobeného plynu [31].

4.2.3. Zplyňování

Zplyňování je přeměna organických materiálů za vyšších teplot (nad 800°C) na hořlavé plynné látky za nedostatku kyslíku. Výhodou je, že díky vysokým teplotám odpadají problémy s tvorbou vysoce toxických dioxinů, furanů a polycyklických aromatických uhlovodíků. Redukční prostředí rovněž brání vzniku oxidů dusíku. Produktem je z větší části plyn. Ke zplyňování biomasy jsou v současné době používány dva základní způsoby:

- zplyňování v generátorech s pevným ložem
- zplyňování ve fluidních generátorech

První z obou metod je jednodušší, méně investičně náročná, avšak je použitelná jen pro malé tepelné výkony. Zplyňování probíhá při nižších teplotách (kolem 500°C) a za atmosférického tlaku ve vrstvě biomasy. Vzduch jako okysličovací médium proudí buď v souproudu (směr dolů) nebo v protiproudu (směrem nahoru) vzhledem k postupnému pohybu zplyňovaného biopaliva. Popelové zbytky se odvádějí ze spodní části reaktoru. Nevýhodou tohoto systému je značná tvorba dehtových látek, fenolů apod., jejichž odstranění je pak největším problémem. U druhé metody probíhá zplyňovací proces při teplotách 850 až 950°C . Souběžně zde probíhá vývoj ve dvou základních směrech:

- zplyňování při atmosférickém tlaku
- zplyňování v tlakových generátorech při tlaku 1,5 až 2,5 MPa

Výhřevnost vyrobeného plynu se pohybuje v rozmezí 4 až 6 MJ/m^3 , přičemž tento plyn je bez větších úprav použitelný pro spalování v klasických kotlových hořácích, a po dodatečném vyčištění i ve spalovacích komorách spalovacích turbín a upravených spalovacích motorů [31].

4.3. Biologické zpracování

Tento druh zpracování můžeme zařadit k recyklaci, pokud je kompost použit na půdu nebo pro výrobu pěstebních substrátů. Pokud se žádné takové použití nepředpokládá, měla by být tato metoda zařazena jako předúprava před skládkováním nebo spalováním. Kromě toho by se mělo na anaerobní digesci (při níž vzniká bioplyn pro energetické účely) pohlížet jako na využití energie [32].

4.3.1. Anaerobní digesce

Anaerobní digesce označuje kontrolovanou mikrobiální přeměnu organických látek bez přístupu vzduchu za bioplynu a digestátu. Produktem digesce je digestát, který splňuje kvalitativní požadavky vyhlášky o biologických metodách zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Pro popis anaerobního metabolismu byly vytvořeny postupem času tři modely. Nejstarší model předpokládal dvoufázový proces, který zahrnoval acidogenní fázi, během které jsou produkovány mastné kyseliny a metanogenní fázi, v jejímž průběhu metanogeni přeměňují tyto kyseliny na CO_2 a CH_4 , ale mohou také k produkci metanu využít CO_2 a H_2 [33].

Dnes je uznáván nejnovější čtyřfázový model [34]:

Hydrolyza je první fáze rozkladu, kde jsou rozkládány makromolekulární rozpuštěné i nerozpuštěné organické látky (polysacharidy, lipidy) na nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě pomocí enzymů, produkováných hlavně fermentačními bakteriemi.

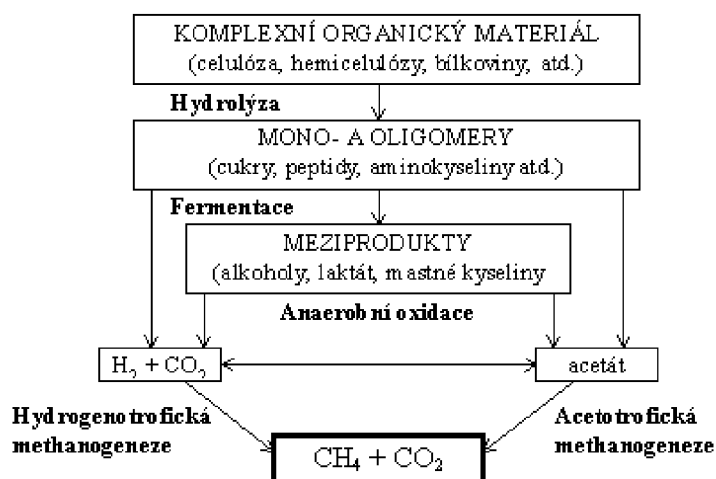
Acidogeneze je druhá fáze, kde se produkty hydrolyzy štěpí na jednodušší organické látky (kyseliny, alkoholy, CO_2 , H_2). Fermentací těchto látek se tvoří řada konečných redukováných produktů, které jsou závislé na charakteru původního substrátu a podmínkách prostředí. Při nízkém tlaku vodíku jsou produkovány kyselina octová, CO_2 , H_2 . Při vyšší koncentraci vodíku v systému jsou tvořeny organické kyseliny vyšší než octová.

Acetogeneze je třetí fáze rozkladu, kde probíhá oxidace těchto látek na CO_2 , H_2 a kyselinu octovou. Účast acetogenních mikroorganismů produkujících vodík je nezbytná. Rozkládají totiž organické kyseliny vyšší než octovou, alkoholy a některé aromatické sloučeniny.

Metanogeneze je poslední fáze, kde metanogenní mikroorganismy, rozkládají své specifické substráty. Produkty rozkladu jsou metan a oxid uhličitý.

Jednotlivé fáze procesu vzniku znázorňuje následující schéma:

Obr. 4.3 Čtyřfázový model anaerobní digesce [33]



Jelikož produkt jedné skupiny anaerobních mikroorganismů se stává živným substrátem další, navazující skupiny, může výpadek jedné fáze způsobit problémy v celém dalším řetězci. Mezi faktory limitující anaerobní procesy patří teplota, tlak, pH, přítomnost nutrietů, toxické a inhibující látky, technologické faktory [34].

Hlavním produktem anaerobní fermentace organické hmoty je bioplyn (BP). Složení BP závisí v první řadě na druhu rozkládaného substrátu. BP se skládá hlavně z metanu (cca 60 %) a oxidu uhličitého (cca 40 %), v menším množství také H_2 , N_2 , H_2S .

V tab. 4.1 uvedené níže vidíme rozdíly obsahu metanu z různých technologických procesů.

Tab. 4.1 Obsah metanu v bioplynu z různých technologických procesů [34]

Bioplyn	Obsah CH_4 (obj. %)
Čištění odpadních vod	50-85
Stabilizace kalů	60-70
Agroindustriální odpady	55-75
Skládky	35-55

Využití bioplynu

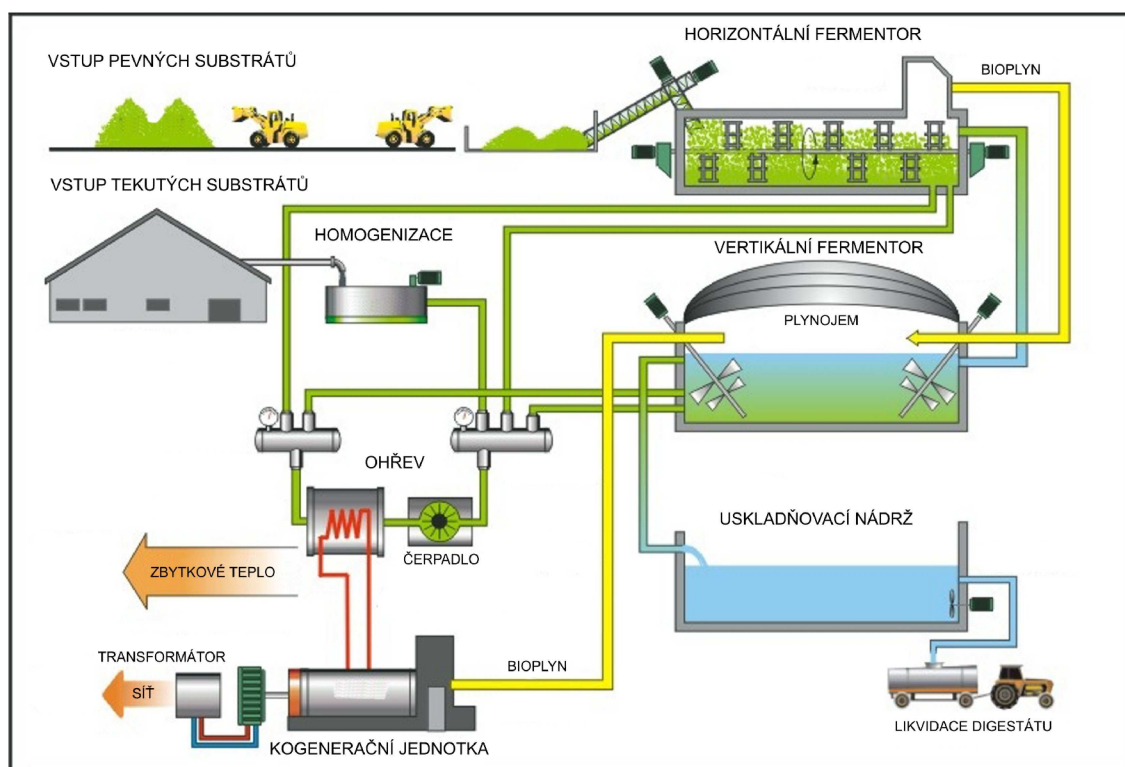
Vysoký obsah metanu a tím i vysoká výhřevnost (13,7–27,4 MJ/m³) řadí bioplyn mezi ušlechtilé zdroje energie. V současné době jsou realizovány následující způsoby využití bioplynu [34]:

- Přímé spalování a ohřev teplotosného média (topení, sušení, chlazení, vaření)
- Výroba elektrické energie a ohřev teplotosného média (kogenerace)
- Výroba elektrické energie, tepla a chladu (trigenerace)
- Palivo pro pohon mobilních energetických prostředků
- Neenergetické využití bioplynu (chemická výroba sekundárních produktů z bioplynu)

I přes zlepšující se podmínky stále ČR výrazně zaostává ve využívání anaerobní digesce zbytkové biomasy za nejvyspělejšími státy EU. Zejména Německo či Rakousko jsou dobrým příkladem toho, jak je možné vhodnými opatřeními k rozvoji bioplynových technologií. V praxi se nejvíce setkáváme s využitím BP v kogeneračních jednotkách [35].

Schéma bioplynové stanice je uvedeno na obr. 4.4.

Obr. 4.4 Schéma bioplynové stanice [36]



4.3.2. Kompostování

Kompostování je biologická metoda využívání BRO, kterou se za kontrolovaných podmínek aerobních procesů (za přítupu vzduchu) a činností mikroorganismů přeměňuje BRO na kompost [37]. Aerobní kompostování má celou řadu technologických variant, od překopávaných kompostovacích základek, využití různých druhů kompostérů při domácím a komunitním kompostování, přes různé systémy intenzivního provzdušňování kompostů za pomoci nucené aerace tlakovým odsáváním vznikajících plynů až po biofermentory. Přes všechny tyto technologie je důležité zajistit optimální podmínky pro rozvoj a činnost mikroorganismů přeměňujících organickou hmotu. Jde o aerobní mikroorganismy s vysokým nárokem na kyslík [38].

Optimální podmínky pro rozvoj organismů [39]:

- Správný poměr uhlíku a dusíku (C–N=20–30:1 u zralého kompostu, 30–35:1 v čerstvém kompostu). Zabezpečí se vhodným poměrem zpracovávaných odpadů (hodnoty C–N jednotlivých bioodpadů ukazuje tabulka 4.2)
- Správná vlhkost (70 % pórovitosti kompostu zaplněno vodou), zemité komposty 50–55 %, travní komposty 60–62 %
- Minimální přítomnost fosforu (cca 0,2 % suš.)
- Správné pH (čerstvý kompost 6–8, zralý kompost 7–7,5)
- Správná zrnitost a homogenita substrátu

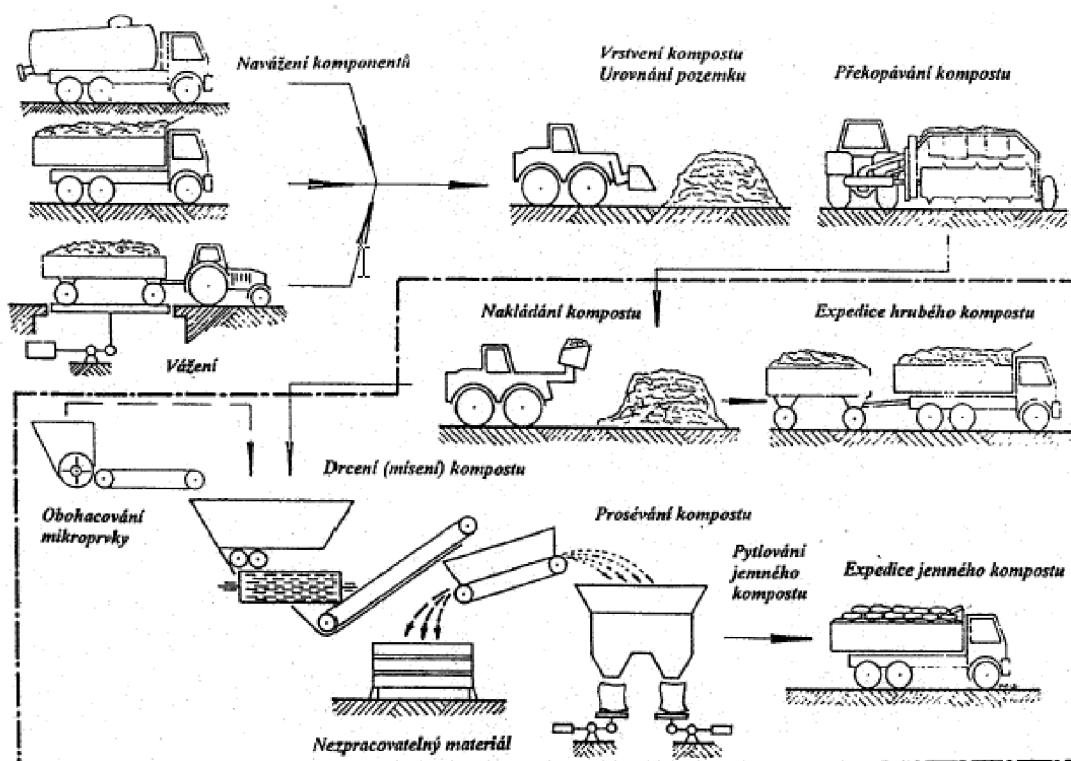
- Provzdušněný substrát
- Správně regulovaná teplota v průběhu kompostování

Tab. 4.2 Hodnoty C:N jednotlivých bioodpadů [40]

Materiál	C:N	Materiál	C:N
Kůra	120:1	Drůbeží trus	10:1
Piliny	500:1	Močůvka	2:1
Odpad ze zahrady	40:1	Kejda skotu	10:1
Listí	50:1	Hněj skotu	25:1
Posečená tráva	20:1	Sláma (žito, oves)	60:1
		Sláma (pšenice, ječmen)	100:1

Na obr. 4.5 je znázorněno podrobné schéma kompostovací linky.

Obr. 4.5 Schéma kompostovací linky [40]



Kompostování je kontinuální proces a nelze přesně vymezit různé úseky tlení. Přesto se tlení rozděluje do tří fází [39,40].

Fáze rozkladu

Během této fáze bývá uvolňováno teplo a substrát se zahřívá na teplotu 50–70 °C. Je to činnost milionů bakterií a hub, které rozkládají lehce rozložitelné sloučeniny (celulóza, škrob, bílkoviny, tuky) na nižší látky a produkují při svém dýchání oxid uhličitý. V této fázi se intenzivně tvoří organické látky snižující pH substrátu. Je-li v nadbytku dusík, uvolňuje se čpavek. Tvoří se základy ke stavbě humusových látek. Tento proces se proto také nazývá mineralizační. Doba trvání je 2–4 týdny. Pokud je vysoký obsah dřevní štěpky v substrátu, trvá až 2 měsíce.

Fáze přeměny

Teplota začíná klesat (40–45 °C), mění se složení mikroorganismů. Kompost mění vzhled tak, že již není rozeznatelná původní hmota odpadů. Barva kompostu se mění na stejnosměrně hnědou a jde lehce cítit po lesní zemině. Aby kompost nezksyl, je důležité udržovat dobré aerobní podmínky. V tomto stádiu má nejlepší hnojařský účinek.

Fáze syntézy

Když je kompost ponechán ještě déle, zvyšuje se stabilita kompostu, pH substrátu opět stoupá, silný zápach po lesní zemině, teplota substrátu odpovídá teplotě okolí.

Podle velikosti a způsobu kompostování rozeznáváme 3 základní způsoby [41].

- Domácí kompostování – jedná se o nejlevnější a nejjednodušší zpracování bioodpadu. Odpad se zpracuje přímo u zdroje bez nutnosti další manipulace. Nejčastěji se kompostuje na zahrádkách v kompostérech (obr. 4.6).

Obr. 4.6 Domácí kompostování [37]



- Komunitní kompostování – uplatňuje se zejména v zahrádkářských koloniích, chatových oblastech, či v panelákových zástavbách. Na komunitním kompostování se podílí definovaná skupina obyvatel. Příklad komunitního kompostéru je na obr. 4.7.

Obr. 4.7 Komunitní kompostér [42]

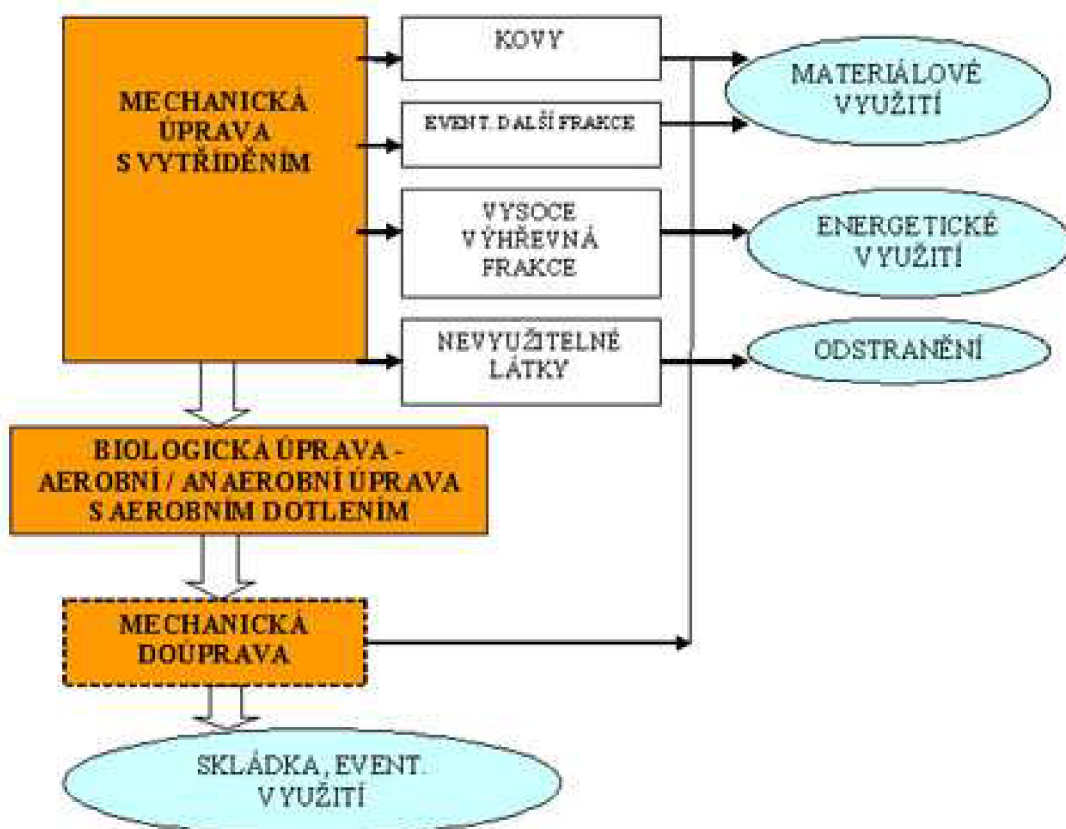


- Průmyslové kompostování – při průmyslovém (komunálním) kompostování se bioodpad zpracovává v centrálních kompostárnách, aerace je ve větší míře realizována mechanizovaným překopáváním pomocí překopávačů. Aeraci lze také zajistit nucenou aerací, kdy je výměna vzduchu do kompostovaného materiálu zabezpečena vháněním či odsáváním vzduchu.

4.4.Mechanicko – biologická úprava

Mechanicko – biologická úprava (MBÚ) je určena především na zpracování zbytkového komunálního odpadu a podobných odpadů, které nejsou vhodné pro kompostování či anaerobní digesci, za účelem stabilizace a snížení objemu odpadu. Hlavním cílem MBÚ je předúprava odpadů před uložením na skládky a částečné využití některé složky těchto odpadů. Proces probíhá tak, že odpady (především zbytkový komunální odpad po vytrídění skla, plastů, papíru a dalších využitelných složek) jsou mechanicky roztrženy pomocí sít, magnetických separátorů apod. Podsítná (těžká) frakce obsahuje především biodegradabilní materiály. Tato frakce je stabilizována biologickými metodami, většinou aerobně, případně kombinací anaerobních a aerobních metod. Takto stabilizované odpady již na skládce nepodléhají biologické degradaci. Tím je výrazně snížena tvorba skleníkových plynů, zápachu a nebezpečných výluhů. Výstupy MBÚ jsou, kromě stabilizovaného bioodpadu, lehká frakce (palivo s vysokou výhřevností), kovy, těžké materiály. Cílem této úpravy odpadů je získat pro skládkování co nejstabilnější a co nejméně škodlivý materiál [43]. Tato technologie je popsána schématem na obr. 4.8.

Obr. 4.8 Schéma mechanicko – biologické úpravy odpadu [44]



5. PRODUKCE A VYUŽITÍ V BRO ZEMÍCH EU

Praktická část této bakalářské práce se věnuje vyhodnocením získaných dat, týkajících se jednotlivých zdrojů biologicky rozložitelných odpadů. Data byla získána studiem literárních rešerší a zpracováním údajů od Českého statistického úřadu (ČSÚ) a statistického úřadu Evropské unie (Eurostat), který je přímo podřízený Evropské komisi. Tyto úřady se zabývají hodnocením a interpretací informací o životním prostředí.

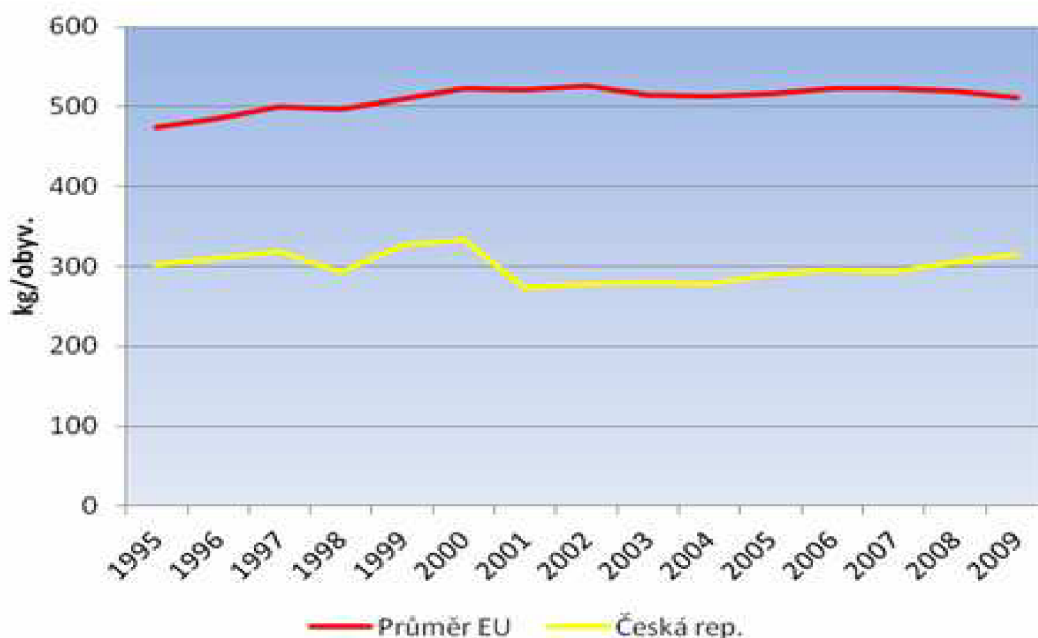
Celkové roční množství biologického odpadu v EU se odhaduje na 76,5–102 milionů tun potravinářského odpadu a odpadu ze zahrad obsažených ve směsném tuhém komunálním odpadu a až 37 milionů tun z potravinářského průmyslu [32]. Mezi možnosti nakládání s tímto odpadem patří anaerobní digesce, kompostování, spalování a skládkování. Tyto metody mohou být využity efektivněji při odděleném sběru BRO.

5.1. Komunální odpad

V roce 2010 bylo na území ČR celkem vyprodukováno 3,3 mil. tun komunálního odpadu (KO), což v přepočtu na 1 obyvatele činí 317 kg.

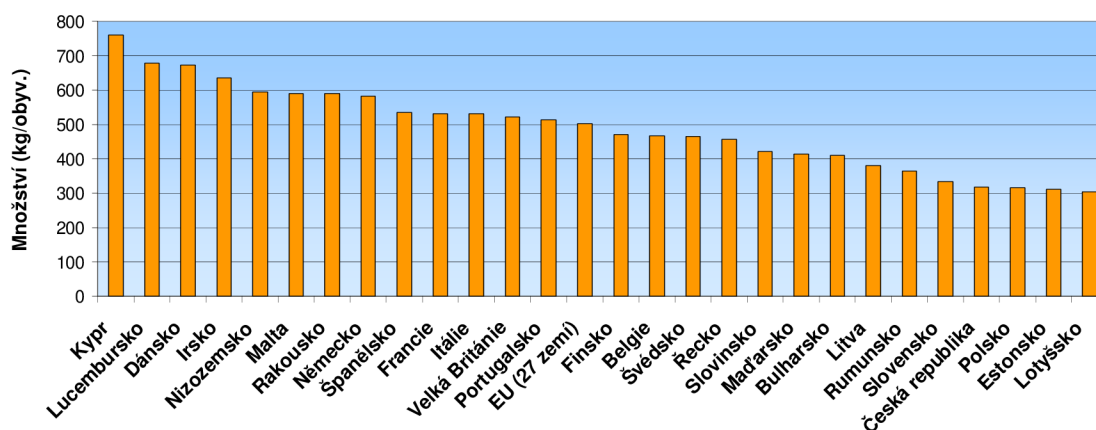
Podíváme-li se na vývoj produkce KO v EU (zastoupeno průměrem ze všech 27 současných členských zemí EU) a v ČR (graf 5.1) od roku 1995, objevuje se zde v posledních letech rozdílný trend. Zatímco v Evropě produkce KO přepočítaná na kg na obyvatele klesá, v ČR roste. Stále je ale ČR pod průměrem EU [26].

Graf 5.1 Vývoj produkce komunálního odpadu v letech 1995-2009 [26]



Pro porovnání ČR s ostatními zeměmi Evropské unie lze využít údajů Eurostatu, který má v současné době k dispozici data za rok 2010. Za ČR poskytuje Eurostatu data ČSÚ a dle těchto údajů je ČR zemí s téměř nejnižší produkcí KO vůbec. Graf 5.2 znázorňuje produkci KO v ostatních zemích EU v roce 2010.

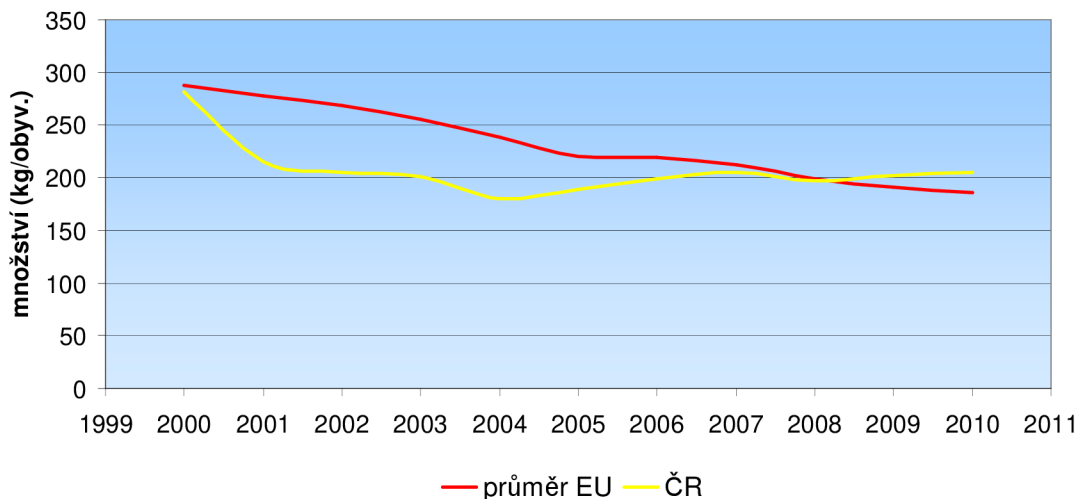
Graf 5.2 Produkce KO v zemích EU v roce 2010 [45]



5.1.1. Skládování komunálního odpadu

Obsah bioodpadu v KO v zemích EU se v průměru ohybuje mezi 30 – 40 % (rozmezí je však podstatně větší, od 18 do 60 %). S KO se nakládá většinou nejméně vhodným způsobem. Skládování je stále nejvyžívanější metodou v EU. Při skládování vzniká metan a CO₂ a při špatné izolaci skládky může dojít ke kontaminaci vod průsaky. Proto je nutné provozovat skládky dle směrnic jednotlivých zemí a především omezit tento způsob zneškodňování BRO. V roce 2010 bylo v průměru 38 % skládkováno, v některých zemích je to však až 90 % (Bulharsko, Litva). V ČR skončilo 68 % z tohoto odpadu na skládkách. Přesto v důsledku uplatňování národních politik i směrnice EU o skládování došlo v zemích EU od roku 2000 ke snížení skládkování KO z 288 kg/obyv./rok na 186 kg/obyv./rok [32].

Graf 5.3 Vývoj množství komunálního odpadu na skládkách v letech 2000 -2010 [45]

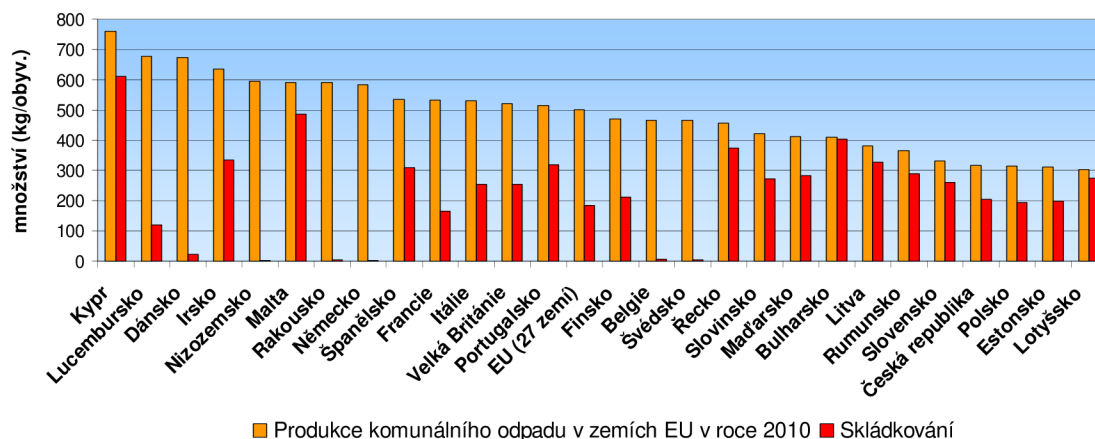


V poslední době je množství skládkovaného KO v ČR vyšší než průměr EU, a to i kvůli tomu, že některé země přestaly ukládat na skládky odpad vhodný k energetickému využití (Dánsko, od r. 1997; Švédsko, od r. 2002), organický odpad (Německo, od r. 2004; Švédsko, od r. 2005) či směsný odpad bez předchozí úpravy (Nizozemí, od r. 2003; Rakousko, od r. 2004) [26].

Dle směrnice č. 1999/31/ES je povinností každého členského státu EU snižovat množství BRO z TKO na skládkách. Do roku 2010 na 75 % hmotnosti tohoto druhu odpadu vzniklého v roce 1995, do roku 2013 na 50 % hmotnosti a nejpozději do roku 2020 na 35 %. V ČR podle průzkumu nevyhovuje přibližně 60 % skládek normám daných směrnicí č. 1999/31ES [47].

Porovnávní produkce KO a skládkování v zemích EU můžeme vyčíst z grafu 5.4.

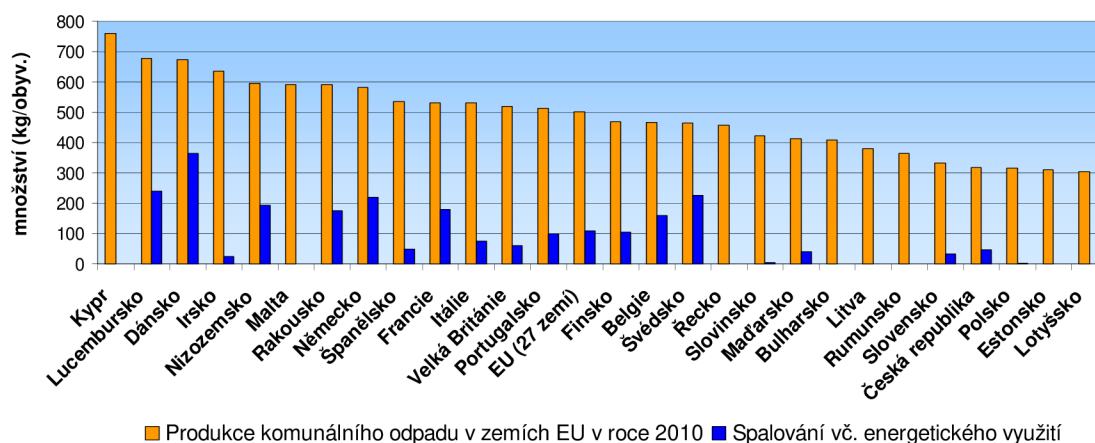
Graf 5.4 Produkce komunálního odpadu a skládkování v zemích EU v roce 2010 [45]



5.1.2. Spalování komunálního odpadu

Biologický odpad je obvykle spalován jako součást KO. V závislosti na energetické účinnosti lze spalování pokládat za energetické využití odpadu nebo za likvidaci odpadů. Vzhledem k tomu, že účinnost spalování je snižována vlhkým biologickým odpadem, může být prospěšné vyjmout biologický odpad z komunálního odpadu. Na druhé straně se spalovaný biologický odpad pokládá za „obnovitelné“ palivo s neutrálním obsahem uhlíku ve smyslu směrnice o elektrické energii z obnovitelných zdrojů [32]. Mezi země, které ve vysoké míře využívají spalování, aby se snížilo množství odpadu na skládkách, a které mají zároveň vysokou úroveň využití materiálu a často vysoce vyvinuté strategie na podporu biologického zpracování patří Dánsko, Švédsko, Lucembursko, Francie (graf 5.5).

Graf 5.5 Produkce komunálního odpadu a spalování včetně energetického využití v zemích EU v roce 2010 [45]



Spalování dosahuje podílu 48 % ve Švédsku a 54 % v Dánsku. V obou zemích se spalování obvykle provádí využitím kombinované výroby elektřiny a tepla s kondenzací spalin, což vede k vysoké účinnosti a k vysokému využití čisté energie. V ČR bylo s energetickým využitím KO započato v roce 1989 ve spalovně v Brně, v letech 1998 a 1999 začaly fungovat spalovny v Praze a Liberci. Množství energeticky využitých KO v Evropě stále roste, ČR ale tento trend nekopíruje [26].

5.1.3. Recyklace komunálního odpadu

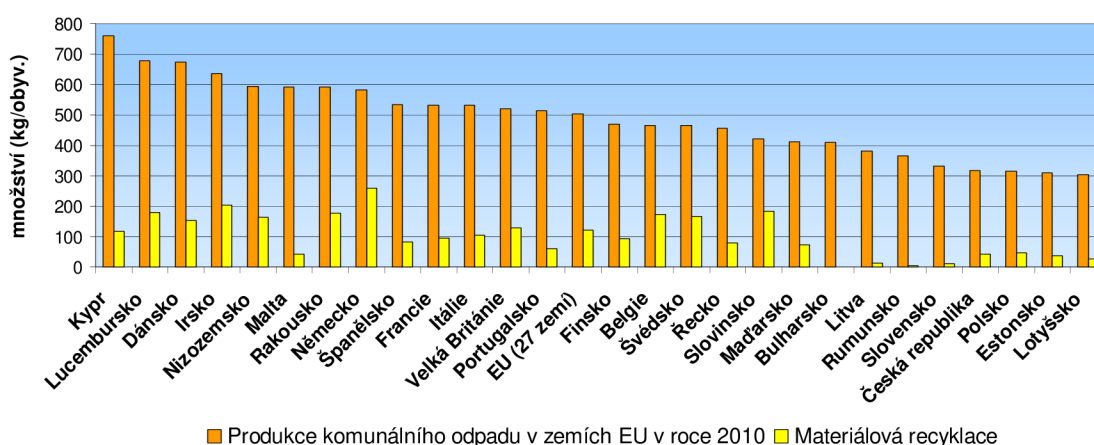
Pojmem recyklace se v definici Eurostatu rozumí přepracování odpadních materiálů v určitém výrobním procesu tak, aby sloužily původnímu účelu (recyklace materiálová), nebo jiným účelům (ostatní formy recyklace), včetně organické recyklace (kompostování), s výjimkou energetického využití [46].

Materiálová recyklace KO je v ČR na vzestupu, stejně tak v Evropě. Stav v ČR však zaostává za evropským průměrem. Materiálově recyklováno je 13% KO produkovaných obyvatelem ČR oproti 24% odpadů v EU. Obdobná situace platí i u ostatních forem recyklace KO.

Recyklování se v některých členských státech (Rakousko, Nizozemsko, Německo, Irsko, Slovinsko, Belgie a Itálie) podporuje odděleným sběrem.

Jedná se o techniku mechanicko-biologického zpracování odpadů, která kombinuje biologické zpracování s mechanickým zpracováním (tříděním). V grafu 5.6 vidíme rozdíly v jednotlivých zemích EU v produkci a materiálové recyklaci KO.

Graf 5.6 Produkce komunálního odpadu a materiálové recyklace v zemích EU v roce 2010 [45]



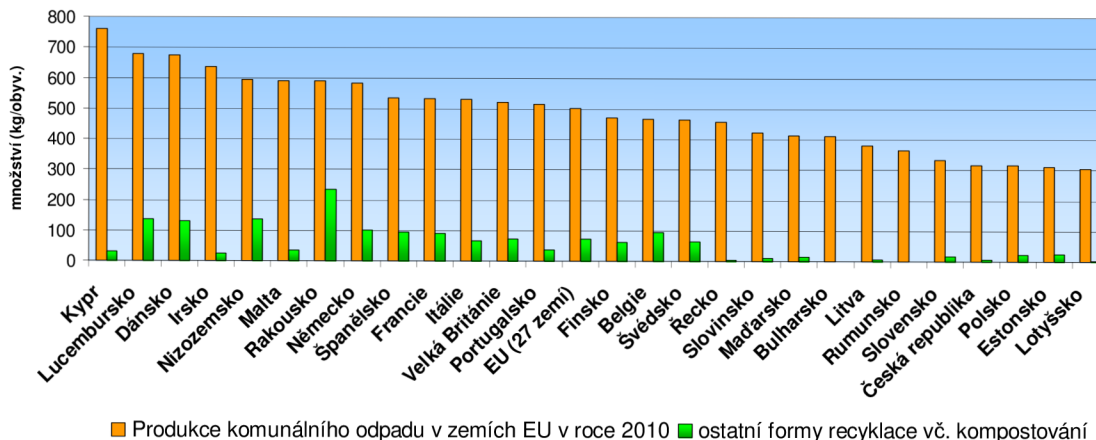
Biologické zpracování (včetně kompostování a anaerobní digesce) lze zařadit k recyklaci, pokud je kompost použit na půdě nebo pro výrobu pěstebních substrátů. Pokud se žádné takové použití nepředpokládá, mělo by být zařazeno jako předúprava před skládkováním nebo spalováním. Kromě toho by se mělo na anaerobní digesti (při níž vzniká bioplyn pro energetické účely) pohlížet jako na využití energie.

Kompostování je nejobvyklejší možností biologického zpracování (v současnosti kolem 95 % biologického zpracování). Nejlépe se hodí pro zelený odpad a dřevní hmoty.

Anaerobní digesce se zvláště hodí pro zpracování nevysušeného biologického odpadu. V kontrolovaných reaktorech vyrábí směs plynů (methan, oxid uhličitý). Produkt vyhnívání, který představuje zbytek z tohoto procesu, lze kompostovat a využít pro podobné účely jako kompost, a tím zlepšit celkové využití zdrojů z odpadu [32].

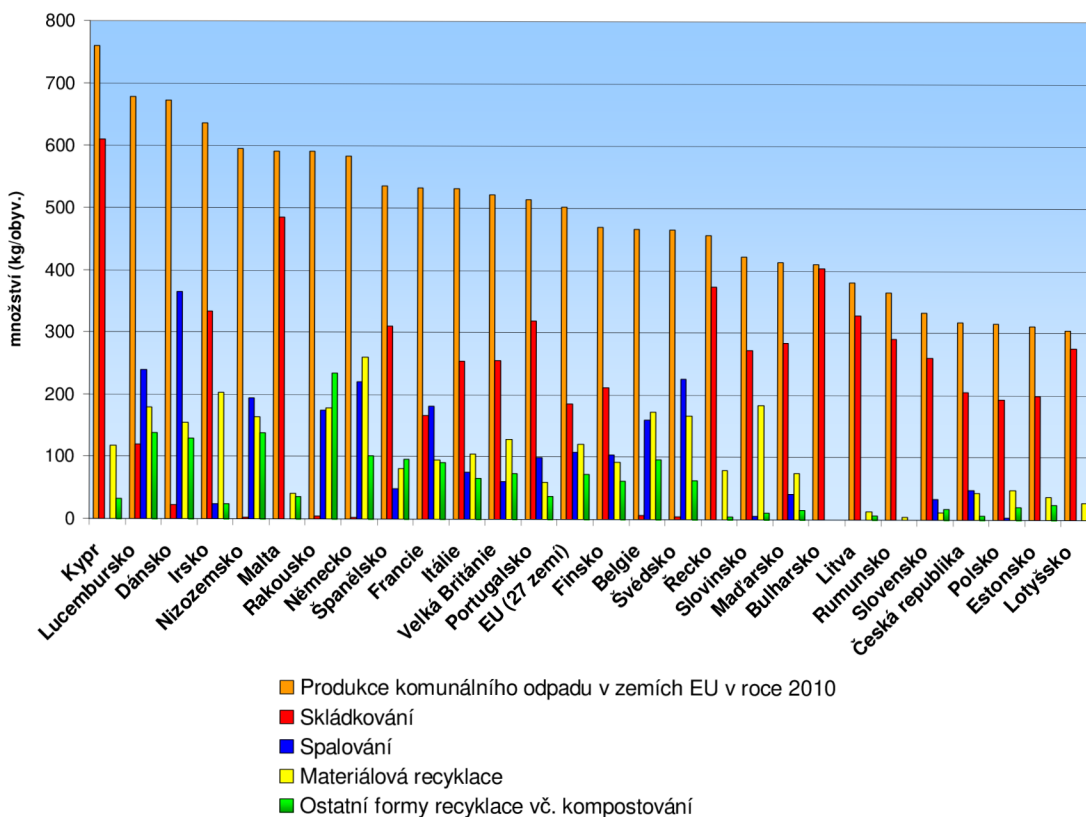
Z grafu 5.7 je patrné, že země s vysokou mírou využití materiálu, ale s relativně nízkou mírou spalování jsou Německo, Rakousko, Španělsko a Itálie. Některé z nich dosahují nejvyšší míry kompostování v EU (Rakousko, Německo).

Graf 5.7 Produkce komunálního odpadu a ostatní formy recyklace vč. kompostování v zemích EU v roce 2010 [45,46]

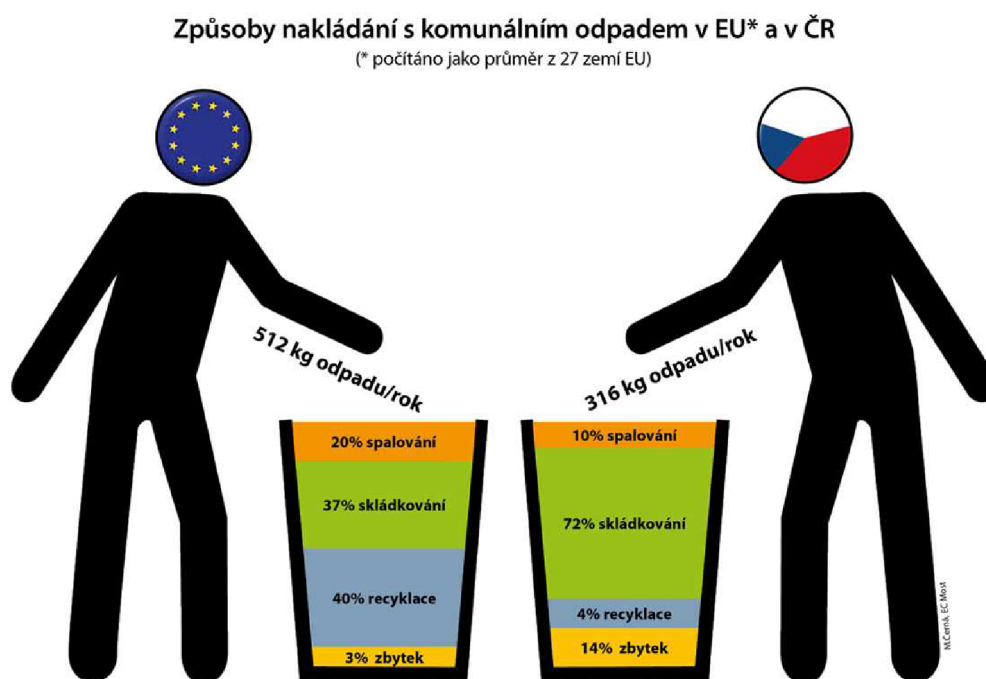


Po sečtení těchto metod nakládání s KO vypadá graf takto:

Graf 5.8 Produkce komunálního odpadu a způsoby nakládání s ním v zemích EU v roce 2010 [45,46]



Obr 5.1 Způsoby nakládání s komunálním odpadem v EU a v ČR [26]

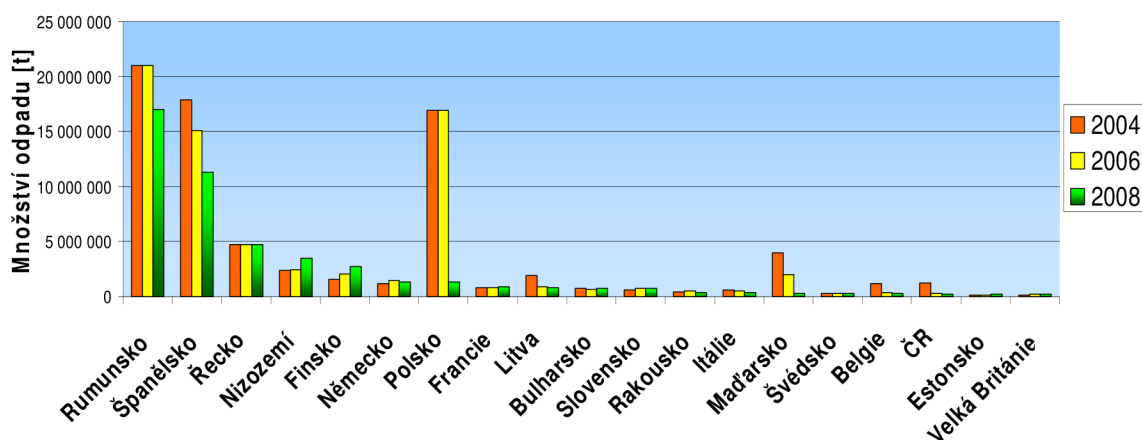


Pozn. spalování - spalování vč. energetického využití; recyklace - materiálové a ostatní využití odpadu vč. kompostování (bez energetického využití).
Zdroj dat: Eurostat, 2011

5.2. Odpady ze zemědělství a lesnictví

V ČR se v roce 2010 vyprodukovalo celkem 107 519 t odpadu. Oproti předchozím letem je to značný pokles. V roce 2008 bylo vyprodukováno 247 145 t odpadu. Množství vyprodukovaného odpadu v dalších zemích EU můžeme vidět v následujícím grafu 5.9 [45,46].

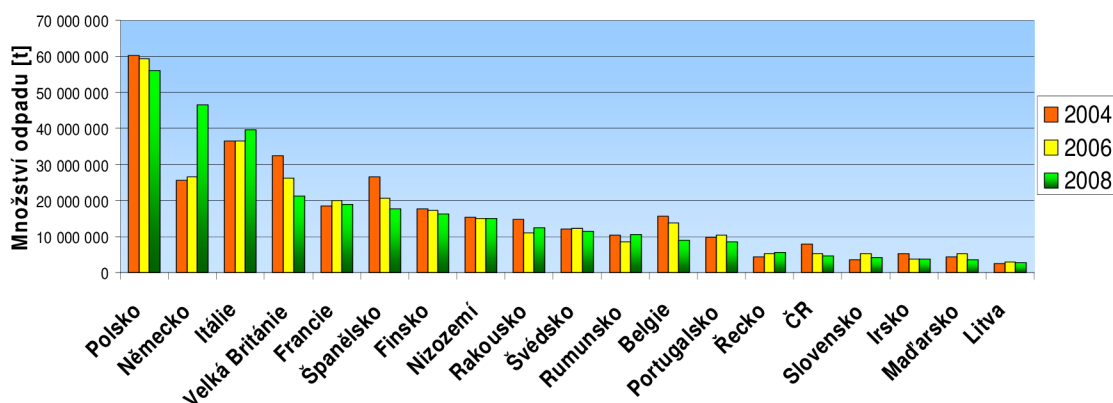
Graf 5.9 Odpad ze zemědělství a lesnictví v jednotlivých zemích EU v roce 2004-2008 [46]



5.3. Odpady ze zpracovatelského průmyslu

Ve zpracovatelském průmyslu se v roce 2010 v ČR vyprodukovalo celkem 3 652 088 t odpadu. Množství odpadu v roce 2008 bylo 4 634 346 t. Porovnání s ostatními státy můžeme vidět v grafu 5.10 [45,46].

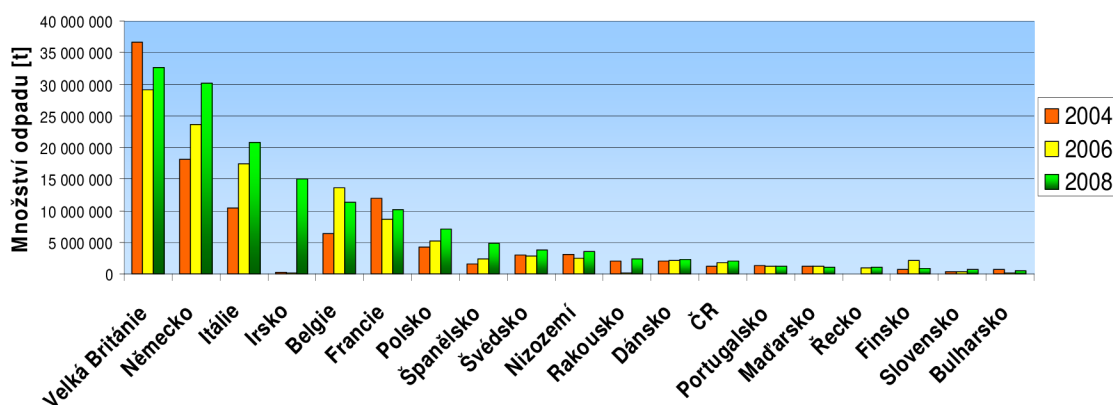
Graf 5.10 Odpad ze zpracovatelského průmyslu v jednotlivých zemích EU v roce 2004-2008 [46]



5.4. Čistírenské a vodárenské kalý

Produkce odpadů v roce 2008 dosáhla 2 060 201 t. Podle ČSÚ bylo v roce 2010 vyprodukováno 2 507 187 t odpadu z čistírenských a vodárenských kalů [45,46].

Graf 5.11 Odpad čistírenských a vodárenských kalů v jednotlivých zemích EU v roce 2004-2008 [46]



6. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo seznámení se s aktuálním stavem nakládání s biologicky rozložitelným odpadem v zemích EU. Úvodní část práce obsahuje popis možných druhů BRO, původ jejich vzniku a návrh dalšího zpracování. Jedná se zejména o komunální odpad, odpad ze zemědělství a lesnictví, z papírenského, textilního, kožedělného, potravinářského průmyslu a čistírenských a vodárenských kalů. Také je uvedena příslušná legislativa týkající se těchto odpadů.

Hlavní část práce je zaměřena na zmapování produkce BRO v EU a ČR a způsoby jeho zpracování. Z dostupných statistických údajů jsou vyhodnoceny produkce různých druhů BRO v jednotlivých zemích EU (pro lepší porovnatelnost je produkce i nakládání s odpady uváděna v kg/obyvatele). Jak ze získaných dat vyplývá, v jednotlivých zemích EU existují velké rozdíly ve způsobech nakládání s BRO. Přesto můžeme definovat tři základní směry:

- Země, které ve vysoké míře využívají spalování, aby se snížilo množství odpadu na skládkách, a které mají zároveň vysokou úroveň využití materiálu (Dánsko, Švédsko, Lucembursko).
- Země s vysokou mírou využití materiálu, ale s relativně nízkou mírou spalování (Rakousko, Německo).
- Země využívající skládkování (řada nových členských států).

Pokud se mají splnit směrnice dané EU o snížení množství BRKO ukládaného na skládky, je nutné rozvíjet metody zpracování odpadu. V práci jsou uvedeny současné metody jak využít bioodpady, včetně výstupních produktů. Je zřejmé, že využívání BRO je velmi efektivní způsob likvidace tohoto odpadu, protože navíc získáme výstupní produkt, který může být ve formě energetického plynu, tepelné energie či hnojivého substrátu.

Ve studii pro Evropskou komisi byl navržen odhad finančních nákladů pro nakládání s biologickým odpadem [32].

- Oddělený sběr biologického odpadu, po němž následuje kompostování: 35 až 75 EUR za tunu
- Oddělený sběr biologického odpadu, po němž následuje anaerobní digesce: 80 až 125 EUR za tunu
- Skládkování směšného odpadu: 55 EUR za tunu
- Spalování směšného odpadu: 90 EUR za tunu

Ze všech těchto způsobů zpracování se mě jeví jako nejvhodnější, metoda odděleného sběru biologického odpadu, po němž následuje kompostování, nebo anaerobní digesce. Výsledný produkt je kompost, resp. digestát. Oba materiály jsou velmi vhodným prostředkem k udržování optimálního množství humusu v půdě. Výraznou nevýhodu těchto metod zpracování BRO spatřuji v nutnosti odděleného sběru vzhledem k tomu, že biologické zpracování se musí používat pouze pro odpad dostatečné kvality, aby vznikl bezpečný kompost (digestát). Náklady odděleného sběru biologického odpadu se pak zákonitě promítnou v nákladech na procesu zpracování. Naopak prodej kompostu může být zdrojem doplňkových příjmů a další příjmy může poskytnout využití energie s použitím anaerobní digesce. Za systém, který nevyžaduje oddělený sběr BRO, a přesto snižuje zatížení skládek tímto materiálem, lze považovat

spalování. Ovšem jeho výraznou nevýhodou jsou vyšší investice a také velký odpor veřejnosti k výstavbě nových spaloven TKO.

Mnoho zemí v EU již dosáhlo takových výsledků, že bioodpadem skládky zatěžovány nejsou. Česká republika má v tomto ohledu ještě hodně co dohánět a je velice žádoucí, aby se situace začala měnit a aby byl důkladně propracován systém separace a využívání těchto odpadů. Biologicky rozložitelný odpad byl a je velmi cennou surovinou. Jeho návrat do přírody a jeho energetické či materiálové využití v průmyslových odvětvích je výrazně šetrnější k životnímu prostředí než dosavadní způsoby likvidace.

Seznam zkratek

BDW	Biodegradable waste
BP	Bioplyn
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
BRO	Biologicky rozložitelný odpad
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
EU	Evropská unie
ES	Evropská směrnice
KO	Komunální odpad
MBÚ	Mechanicko biologická úprava
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
TKO	Tuhý komunální odpad
TSE	Transmisivní spongiformní encefalopatie

Seznam použité literatury

- [1] Biologicky rozložitelné odpady. *Mzp.cz* [online]. 2008 [cit. 2012–03–29]. Dostupné z WWW: http://www.mzp.cz/cz/biologicky_rozlozitelne_odpady.
- [2] MALÁTKOVÁ, Jolana. *Ottova encyklopedie A-Ž*. 1. vyd. Praha: Ottovo nakladatelství, 2004. 1144s. ISBN 80-7360-014-5.
- [3] *biom.cz* [online]. 2007, [cit. 2012–03–29]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/rp-bro/p02.pdf>>. ISSN: 1801-2655.
- [4] TRČÁLEK, Karel. Biodpad: Neřešitelný problém, nebo nevyužitá příležitost?. *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2012–03–29]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/biodpad-neresitelnny-problem-nebo-nevyuzita-prilezitost.aspx>>.
- [5] Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 381 ze dne 17. 10. 2001, Katalog odpadů. *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2001, částka 145, s. 8238-8436. Dostupné z: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2001/sb145-01.pdf>>. ISSN 1211-1244.
- [6] Zákon č. 185 ze dne 15. 5. 2001, o odpadech a o změně některých dalších zákonů. *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2001, částka 71, s. 4074 – 4113. Dostupné z: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2001/sb071-01.pdf>>. ISSN 1211-1244>.
- [7] NACHTMANNOVÁ, Iva. Co dělá Evropa s odpady. *Ekolist*. 2002, roč. 7, č. 11, s. 14. ISSN 1802-9019.
- [8] VÁŇA, Jaroslav. Nové trendy nakládání s biodegradabilními odpady. *Biom.cz* [online]. 2001–11–06 [cit. 2012–04–02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nove-trendy-nakladani-s-biodegradabilnimi-odpady>>. ISSN: 1801-2655.
- [9] Biologicky rozložitelný odpad. *Wikipedia.org* [online]. 2012 [cit. 2012–04–02]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Biologicky_rozlo%C5%BEliteln%C3%BD_odpad>.
- [10] MAREK, Miroslav, OPATOVÁ, Hana, VOLDŘICH, Michal. *Odpady a druhotné suroviny v zemědělsko-potravinářském komplexu : Svazek 32*. 1. vyd. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, Centrum pro otázky životního prostředí, 1996. 125 s. ISBN 80-7078-382-6.
- [11] MURTINGER, Karel, BERANOVSKÝ Jiří. *Energie z biomasy*. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-2916-6.
- [12] *Srubyservis.cz* [online]. 2012 [cit. 2012–04–04]. Dostupné z WWW: <<http://www.srubyservis.cz/aktuality-topeni-drevem---levne-topeni--2--dil-palivove-drivi--drevni-stepka--drevene-brikety-a-drevni-pelety>>.

- [13] VÁŇA, Jaroslav. Absence legislativy bioodpadů se začíná projevovat jako závažný nedostatek. *Biom.cz* [online]. 2005–06–23 [cit. 2012–04–03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/absence-legislativy-bioodpadu-se-zacina-projevovat-jako-zavazny-nedostatek>>. ISSN: 1801-2655.
- [14] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1774/2002. *bezpecna-krmiva.cz* [online]. 2007 [cit. 2012–04–09]. Dostupné z WWW: <<http://www.bezpecna-krmiva.cz/soubory/zak-1774-2002-kons-01-01-2007.pdf>>.
- [15] Tézé předmětu odpady potravinářské výroby, distribuce a prodeje potravin [online]. 2009, [cit. 2012–04–09]. Dostupné z WWW: <http://fvhe.vfu.cz/adresa/sekce_ustavy/uvozp/Tezeprednasek_Odpady.pdf>.
- [16] MAREK, Miroslav, VOLDŘICH, Michal. ODPADY Z POTRAVINÁŘSKÝCH VÝROB V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ. *Phytosanitary.org* [online]. 2005 [cit. 2012–04–10]. Dostupné z WWW: <http://www.phytosanitary.org/projekty/2005/VVF_07_2005.pdf>.
- [17] Vlnitá lepenka. *Mlady-obal.cz* [online]. 2009, [cit. 2012–04–10]. Dostupné z WWW: <<http://mlady-obal.cz/o-materialech/lepenka/vlnita-lepenka/a85>>.
- [18] Piliny. *Jilos.cz* [online]. 2010, [cit. 2012–04–10]. Dostupný na WWW: <<http://www.jilos.cz/ostatni/piliny.htm>>.
- [19] ŠŤASTNÁ, Jarmila. *Kam s nimi*. 1. vydání. Praha : Česká televize, Edice ČT, 2007. ISBN 80-85005-72-7.
- [20] Kontrola kalů ČOV. *Ukzuz.cz* [online]. 2010 [cit. 2010–04–19]. Dostupné z WWW: <<http://www.ukzuz.cz/Articles/46594-2-Kontrola+kalu+COV.aspx>>.
- [21] KUBÍK, Ladislav. Rizikové prvky v kalech z čistíren odpadních vod (ČOV). *Biom.cz* [online]. 2009–02–09 [cit. 2012–04–10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/rizikove-prvky-v-kalech-z-cistiren-odpadnich-vod-cov>>. ISSN: 1801-2655.
- [22] ČERNÝ, Jindřich. Využití odpadů z ČOV jako zdroje organických látek a živin. *Biom.cz* [online]. 2010–6–2 [cit. 2012–4–10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadu-z-cov-jako-zdroje-organickych-latek-a-zivin>>. ISSN: 1801-2655.
- [23] SOUČEK, Jiří. Skládkový plyn - odpad nebo zdroj energie?. *Stary.biom.cz* [online]. 2000 [cit. 2012–04–12]. Dostupné z WWW: <http://stary.biom.cz/clen/jso/a_lfg.html>.
- [24] Legislativa týkající se fytoenergetiky a kompostování. *Biom.cz* [online]. 2010 [cit. 2012–04–12]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/legislativa/fyto-legislativa>>. ISSN: 1801-2655.

- [25] Bioplyn. *Tenergobrnno.cz* [online]. 2011 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.tenergobrnno.cz/cz/bioplyn>>.
- [26] Kam kráčí komunální odpad v EU a v ČR?. *Ecmost.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-04-30] Dostupné z WWW: <http://www.ecmost.cz/clanky.php?page=nakladani_KO>.
- [27] KURAŠ, Mečislav, et al. *Odpadové hospodářství*. 1. vydání. Chrudim: Ekomonitor, 2008. 143 s. ISBN 978-80-86832-34-0.
- [28] Využití odpadu. *Sako.cz* [online]. [cit. 2012-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.sako.cz/spalovna/vyuzitiiodpadu/>>.
- [29] Technologický proces. *Sako.cz* [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.sako.cz/system/showpic.php?showpic=/spalovna/proces/schema2.gif>>.
- [30] STAF, Marek. Výzkum termické konverze odpadní biomasy na plynná a kapalná paliva. *Biom.cz* [online]. 2005-01-12 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyzkum-termicke-konverze-odpadni-biomasy-na-plynna-a-kapalna-paliva>>. ISSN: 1801-2655.
- [31] MOTLÍK, Jan, VÁŇA, Jaroslav: Biomasa pro energii (2) Technologie. *Biom.cz* [online]. 2002-02-06 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energie-2-technologie>>. ISSN: 1801-2655.
- [32] ZELENÁ kniha o nakládání s biologickým odpadem v Evropské unii. *Eur-lex.europa.eu* [online]. 2008-03-12 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0811:FIN:CS:PDF>>.
- [33] Anaerobní digesce. *Wikipedia.org* [online]. 2012-04-09 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Anaerobn%C3%AD_digesce>.
- [34] Dohányos, Michal et al. *Anaerobní čistírenské technologie*. 1. vydání. Brno: NOEL 2000, 1998. 343 str. ISBN 80-86020-19-3.
- [35] MUŽÍK, Oldřich, KÁRA, Jaroslav. Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. *Biom.cz* [online]. 2009-03-04 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>>. ISSN: 1801-2655.
- [36] Bioplynové stanice. *Agromont.cz* [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.agromont.cz/cs/11/section-40/energetika-bioplynove-stanice.htm>>.
- [37] Kompostování. *Wikipedia.org* [online]. 2011-11-14 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Kompostov%C3%A1n%C3%AD>>.

- [38] MOŇOK, Branislav. Bioodpad problém ? Riešenie - kompostovanie !. *Biom.cz* [online]. 2003–02–03 [cit. 2012–04–25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioodpad-problem-riesenie-kompostovanie>>. ISSN: 1801-2655.
- [39] KOTOULOVÁ, Zdenka, VÁŇA, Jaroslav. *Příručka pro nakládání s komunálním bioodpadem*. Praha: Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s Českým ekologickým ústavem, 2001. 70 s. ISBN 80-7212-201-0.
- [40] KÁRA, Jaroslav, PASTOREK, Zdeněk, JELÍNEK, Antonín. Kompostování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. 2002-01-31 [cit. 2012–04–25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.
- [41] VÁŇA, Jaroslav. Kompostování odpadů. *Biom.cz* [online]. 2002–01–14 [cit. 2012–04–25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.
- [42] Minimalizace vzniku odpadu komunitním kompostováním občanů. *Old.ekodomov.cz* [online]. Dostupné z WWW: <http://old.ekodomov.cz/index.php?id=minimaliz_bioodp_komunit_kompost>.
- [43] Mechanicko-biologická úprava. *Wikipedia.org* [online]. 2012–02–21 [cit. 2012–04–26]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Mechanicko-biologick%C3%A1_%C3%BAprava>.
- [44] Co je MBÚ?. *Mbu.cz* [online]. 2010–04–13 [cit. 2012–04–26]. Dostupné z WWW: <<http://www.mbu.cz/cz/Cojembu.php>>.
- [45] Životní prostředí – odpady. *czso.cz* [online]. 2012 [cit. 2012–05–08]. Dostupné z WWW: <<http://apl.czso.cz/pll/eutab/html.h>>.
- [46] *epp.eurostat.ec.europa.eu* [online]. 2008 [cit. 2012–05–08]. Dostupné z WWW: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database>.
- [47] Plán odpadového hospodářství České republiky. *Mzp.cz* [online]. 2003 [cit. 2012–05–09]. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi/\\$FILE/oodp-POH_CR_kompletni_dokument_2003.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi/$FILE/oodp-POH_CR_kompletni_dokument_2003.pdf)>. ISSN: 0862-9013.