

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Zhodnocení technologie a techniky zpracování komunálních biologicky rozložitelných odpadů pro výrobu bioplynu

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Maláček, Ph. D.

Autor práce: Ivo Křiváček

Praha 2012

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra technologických zařízení staveb

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Křiváček Ivo

Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

Zhodnocení technologie a techniky zpracování komunálních biologicko rozložitelných odpadů pro výrobu bioplynu

Anglický název

Evaluation of technology and techniques from processing of municipal biologically removable wastes for production biogas

Cíle práce

Seznámit se s problematikou zpracování komunálních biologicko rozložitelných odpadů a zhodnotit produkci bioplynu.

Metodika

Na základě literárního rozboru technologie a techniky anaerobního zpracování komunálních biologicko rozložitelných odpadů provést zhodnocení produkce bioplynu s ohledem na životní prostředí.

Osnova práce

1. Úvod
2. Charakteristika biologicko rozložitelných odpadů
3. Technologie a technika zpracování biologicko rozložitelných odpadů
4. Technologická linka pro zpracování komunálních biologicko rozložitelných odpadů
5. Zhodnocení produkce bioplynu

Rozsah textové části

40

Klíčová slova

biologicko rozložitelné odpady, fermentor, bioplyn, kogenerační jednotka

Doporučené zdroje informací

Filip, J.; Oral, J.: Odpadové hospodářství II. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 78 s. ISBN 80-7157-682-4

Juchelková, D.: Likvidace a využití odpadů. Ostrava, VŠB TU Ostrava, 2000. ISBN 80-7078-747-3

Juchelková, D.; Fibinger, V.; Mika, J.: Metody nakládání s odpady. 1. vydání. Ostrava: VŠB TU Ostrava, 1996. 62 s. ISBN 80-7078-309-5

Malaták, J.; Vaculík, P.: Zpracování biologicky rozložitelných odpadů. ČZU v Praze, Technická fakulta, tisk. Powerprint, Praha 2008, 168 s., ISBN: 978-80-213-1747-5

Pastorek Z., Kára J., Jevíč P., 2004, Biomasa – obnovitelný zdroj energie, nakladatelství FCC Public, Praha, 284 str., ISBN 80-86534-06-5

Straka, F.; a kolektiv.: Bioplyn. GAS s.r.o., Říčany 2003, s. 517, ISBN 80-7328-029-9

Vedoucí práce

Malaták Jan, doc. Ing., Ph.D.

Termín zadání

listopad 2010

Termín odevzdání

duben 2012


doc. Ing. Miroslav Přikryl, CSc.
Vedoucí katedry




prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.
Děkan fakulty

V Praze dne 4.2.2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Zhodnocení technologie a techniky zpracování komunálních biologicky rozložitelných odpadů pro výrobu bioplynu“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jana Malaťáka, Ph. D. a použil jen pramenů citovaných v přiložené bibliografii.

V Praze dne 4. dubna 2012

.....
podpis autora práce

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Janu Malaťákovi Ph.D. za odborné vedení a cenné rady. A zároveň děkuji své rodině za její trpělivost a podporu v průběhu mého studia na České zemědělské univerzitě v Praze.

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce bylo provést literární rozbor technologie a techniky anaerobního zpracování biologicky rozložitelného komunálního odpadu a zhodnotit produkci bioplynu s ohledem na životní prostředí. Celá práce je rozdělena do pěti kapitol, přičemž první kapitola je zaměřena na seznámení se základními pojmy a nejdůležitějšími legislativními předpisy Evropské unie a České republiky. Druhá kapitola shrnuje charakteristiku biodegradabilních odpadů a jejich třídění podle Katalogu odpadů. Další, třetí kapitola obecně popisuje technologii a techniku anaerobního a aerobního zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Ve čtvrté kapitole je proveden popis konkrétního zařízení na anaerobní zpracování biologicky rozložitelných komunálních odpadů. A v poslední, páté kapitole je proveden souhrn potenciálu výroby bioplynu, stručná ekonomika bioplynové stanice a zhodnocení vlivu bioplynu na životní prostředí.

Klíčová slova: biologicky rozložitelné odpady, fermentor, bioplyn, kogenerační jednotka

Evaluation of technology and techniques from processing of municipal biologically removable wastes for production biogas

Summary: The aim of this bachelor thesis is to make a literary analysis of technology and technique of anaerobic proceeding of biodegradable municipal waste and to evaluate production of biogas, considering environment. The whole thesis is divided to five chapters, where the first chapter is focused on learning about basic terms and the most important legislation of the European Union and the Czech Republic. The second chapter is summarizing characteristics of biodegradable waste and their classification according Waste catalog. The next chapter, third, is describing technology and technique of anaerobic and aerobic proceedings of biodegradable waste in general. There is description of one specific device for anaerobic proceeding of biodegradable waste performed in the fourth chapter. And there is summary of potential in biogas production, a brief report of the economy of gas station and evaluation of impact of biogas on the environment in the last, fifth, chapter.

Key words: biodegradable waste, fermenter, biogas, cogeneration unit

Obsah

ÚVOD.....	3
1 LEGISLATIVNÍ PŘEDPISY A ZÁKLADNÍ POJMY	4
1.1 LEGISLATIVNÍ PŘEDPISY	4
1.1.1 <i>Legislativní předpisy EU</i>	4
1.1.2 <i>Legislativní předpisy ČR</i>	5
1.2 ZÁKLADNÍ POJMY	6
2 CHARAKTERISTIKA BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ.....	9
2.1 KATALOG ODPADŮ	9
2.2 BILANCE ODPADŮ V ČR.....	10
2.3 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY ODPADŮ.....	11
2.4 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH DRUHŮ BRKO.....	13
3 TECHNOLOGIE A TECHNIKA ZPRACOVÁNÍ BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ	15
3.1 ANAEROBNÍ FERMENTACE	15
3.1.1 <i>Mechanismus vzniku bioplynu</i>	16
3.1.2 <i>Faktory ovlivňující vznik bioplynu</i>	17
3.1.3 <i>Vlastnosti a složení bioplynu</i>	19
3.1.4 <i>Využití bioplynu</i>	20
3.2 ZAŘÍZENÍ NA VÝROBU BIOPLYNU	21
3.2.1 <i>Rozdělení technologií na výrobu bioplynu</i>	21
3.2.2 <i>Strojní linka na výrobu bioplynu</i>	22
3.3 AEROBNÍ FERMENTACE	24
3.3.1 <i>Proces aerobní fermentace</i>	25
3.3.2 <i>Faktory ovlivňující aerobní fermentaci</i>	26
3.3.3 <i>Technologie kompostování</i>	26
4 TECHNOLOGICKÁ LINKA PRO ZPRACOVÁNÍ KOMUNÁLNÍCH BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ	28
4.1 SYSTÉM ADOS	28
4.2 PŘÍJEM A ÚPRAVA ODPADŮ.....	29
4.3 FERMENTORY	30

4.4	BIOPLYNOVÁ KONCOVKA	31
4.5	KALOVÁ KONCOVKA.....	32
4.6	MONITORING A ZABEZPEČENÍ ZAŘÍZENÍ.....	33
5	ZHODNOCENÍ PRODUKCE BIOPLYNU	35
5.1	POTENCIÁL PRODUKCE BIOPLYNU V ČR.....	35
5.2	EKONOMIKA KOMUNÁLNÍCH BPS	36
5.3	BIOPLYN A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	37
	ZÁVĚR	39
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	40
	SEZNAM TABULEK	43
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	43
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	44
	SEZNAM PŘÍLOH.....	44

Úvod

Podle Statistické ročenky životního prostředí České republiky je v posledních letech každým rokem v ČR celkem vyprodukováno více než 30 mil. tun odpadů, z toho komunální odpad tvoří více než 4 mil. tun. Na každého občana ČR tak připadá přibližně 400 kg komunálního odpadu (KO) ročně. Tato čísla se neustále zvyšují s rostoucím životním standardem naší společnosti.

Je nezbytně nutné hledat nové technologie k maximálnímu využití odpadového materiálu, ve kterém je skryt nemalý materiálový a energetický potenciál, a šetřit tak neobnovitelné zdroje a zároveň eliminovat nepříznivý dopad na životní prostředí a zdraví lidí. V ČR dlouhá léta neexistovaly žádné legislativní předpisy, které by řešily problematiku odpadového hospodářství. Teprve v roce 1991 byl vydán první zákon o odpadech a vstupem ČR do Evropské unie v roce 2004 bylo nutné implementovat legislativní předpisy EU do právního systému ČR a začít se těmito předpisy řídit. Předpisy nařizují předcházet vzniku odpadů, popř. tyto odpady přednostně upotřebit k materiálovému nebo energetickému využití před jejich odstraněním.

Významnou složkou tuhého komunálního odpadu (TKO) pro energetické využití je biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO), který je v TKO zastoupen ze 40 až 50 %. Jednou z efektivních technologií využívání BRKO k výrobě energie je anaerobní fermentace, neboli výroba reaktorového bioplynu v technologických zařízeních označovaných jako bioplynové stanice (BPS). Takto vyrobený bioplyn je považován za obnovitelný zdroj energie a dále jej lze využít např. k výrobě elektrické či tepelné energie.

Cílem této bakalářské práce je seznámit se s technologií a technikou anaerobního zpracování BRKO, charakteristikou těchto odpadů a provést zhodnocení produkce bioplynu s ohledem na životní prostředí.

1 Legislativní předpisy a základní pojmy

1.1 Legislativní předpisy

Zpracování BRO pro výrobu energie je velice rozsáhlá problematika a z právního hlediska zasahuje do mnoha rozličných oblastí, např.: Odpadové hospodářství, Energetika, Životní prostředí, Podnikání, a další.

Legislativní předpisy, které řeší oblast odpadového hospodářství v ČR, jsou velice mladé. První zákon o odpadech vyšel teprve v roce 1991 a vstupem České republiky do Evropské unie dne 1. května 2004 se začali implementovat právní předpisy EU do národního právního systému. Tyto předpisy se neustále novelizují v souladu s rozvíjejícími se technologiemi zpracování BRO a zvyšujícími se nároky na ochranu životního prostředí a lidského zdraví.

V následujících dvou podkapitolách je uveden pouze přehled nejzákladnějších legislativních předpisů týkajících se odpadového hospodářství a nakládání s odpady.

1.1.1 *Legislativní předpisy EU*

- Směrnice Rady 1999/31/ES z 26. dubna 1999 o skládkách odpadů

Směrnice si klade za cíl stanovit opatření pro předcházení nebo maximální omezení negativních účinků skládkování na životní prostředí a lidské zdraví. Podle článku 5 ukládá členským státům EU postupně snižovat množství BRO ukládaného na skládky a to zejména pomocí recyklace, kompostování, výroby bioplynu nebo materiálového a energetického využití. Z této směrnice vyplývá, že množství BRKO ukládaného na skládky musí být postupně snižováno, a to do roku 2006 na 75 % hmotnostních, do roku 2009 na 50 % hmotnostních a do roku 2016 na 35 % hmotnostních stavu, který byl v referenčním roce 1995. ČR a některým dalším zemím EU je umožněn odklad splnění těchto cílů o čtyři roky. [1]

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1069/2009 ze dne 21. října 2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě

Nařízení stanoví veterinární a hygienická pravidla pro nakládání a zpracování vedlejších produktů živočišného původu (VPŽP) s cílem zabraňovat rizikům pro zdraví lidí a zvířat, nebo je snižovat na minimum, a zejména chránit bezpečnost potravinového a krmivového řetězce.

Podle hygienických rizik rozděluje tyto produkty do tří kategorií. Nejméně riziková je kategorie 3, kam je mimo jiné řazen i kuchyňský odpad. V zařízeních na výrobu bioplynu nebo kompostu lze využít materiál kategorie 2 a 3. Dále stanovuje požadavky na technologická zařízení zpracovávající VPŽP.

V případě materiálu kategorie 2 využívaného jako surovina pro výrobu bioplynu, musí být tento materiál vystaven tzv. tlakové sterilizaci. Tlakovou sterilizací se rozumí zpracování materiálu v hygienizační jednotce po snížení velikosti částic na 50 mm a méně, minimální teplotu celé hmoty v jednotce 133 °C, minimální dobu zdržení v jednotce 20 min a minimální tlak 3 bary. [2]

1.1.2 Legislativní předpisy ČR

- Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů

Tento zákon je základním právním předpisem, kterým se řídí problematika odpadového hospodářství v ČR již 10 let. Za dobu své existence už prošel mnoha změnami, a to zejména v rámci implementací nejrůznějších směrnic EU a stává se tak značně nepřehledným právním předpisem. Poslední změnou je zákon č.154/2010 Sb. Zákon stanovuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů a hierarchii pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje, práva a povinnosti osob a působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství. Jednoznačně upřednostňuje využití odpadů před jejich odstraněním. [3]

- Vyhláška MŽP č.381/2001 Sb., Katalog odpadů ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška definuje katalog odpadů pro účely nakládání s odpady a stanoví postup pro zařazování odpadů pod katalogová čísla. Katalogové číslo se skládá ze třech dvojčíslí, kde prvé dvojčíslí určuje oblast, ve které odpad vzniká, druhé dvojčíslí podskupinu odpadu a třetí dvojčíslí druh odpadu. [4]

- Vyhláška MŽP č.341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška definuje seznam BRO a stanoví požadavky na kvalitu odpadů vstupujících do technologie biologického zpracování BRO, dále stanoví technické požadavky na vybavení a provoz zařízení biologického zpracování BRO a technologické požadavky na úpravu BRO.

Podle této vyhlášky je nutné při anaerobní fermentaci BRO dosáhnout teploty odpadu nejméně 55 °C a udržet ji po dobu 24 hodin bez přerušení, přičemž nezbytná celková doba je více než 30 dnů. Celková doba zdržení může být i kratší, nejméně však 20 dnů, pokud provozovatel zajistí, že produkovaný digestát trvale splňuje hodnoty stability. Toto neplatí, jsou-li zpracovávaným BRO rostlinné tkáně. [5]

- Nařízení vlády č.197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství ČR ve znění pozdějších předpisů

Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství (POH) vzniklo v souladu s právními požadavky Evropského společenství v oblasti nakládání s odpady a v souladu se zákonem č.185/2001 Sb. o odpadech. Platnost POH byla stanovena na 10 let, tedy do konce června 2013, a na jeho plnění se podílí jednotlivá ministerstva a správní celky ČR. V POH jsou stanoveny cíle pro nakládání s různými druhy odpadů a optimální způsoby pro jejich dosažení. Plnění cílů POH je každým rokem vyhodnocováno a zveřejňováno na stránkách MŽP. [6]

1.2 Základní pojmy

Pro správné pochopení problematiky odpadového hospodářství a biologického zpracování odpadového materiálu je nutné vysvětlit si některé základní pojmy, které se budou vyskytovat v následujících kapitolách.

Podle zákona č.185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů se rozumí: [3]

- odpad – je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu,
- nebezpečný odpad – odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze č. 2 k tomuto zákonu,
- komunální odpad – veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání,
- odpad podobný komunálnímu odpadu – veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání a který je uveden jako komunální odpad v katalogu odpadů,

- biologický odpad – biologicky rozložitelný odpad ze zahrad a veřejné zeleně, potravinářský a kuchyňský odpad z domácností, restaurací, stravovacích nebo maloobchodních zařízení a srovnatelný odpad ze zařízení potravinářského průmyslu,
- biologicky rozložitelný odpad – jakýkoliv odpad, který podléhá aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu,
- kal – kal z čistíren odpadních vod zpracovávajících městské odpadní vody nebo odpadní vody z domácností a z jiných čistíren odpadních vod, které zpracovávají odpadní vody stejného složení jako městské odpadní vody a odpadní vody z domácností,
- odpadové hospodářství – činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností,
- nakládání s odpady – shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů,
- shromažďování odpadů – krátkodobé soustředování odpadů do shromažďovacích prostředků v místě jejich vzniku před dalším nakládáním s odpady,
- skladování odpadů – přechodné soustředování odpadů v zařízení k tomu určeném po dobu nejvýše tří let před jejich využitím nebo jednoho roku před jejich odstraněním,
- skládka – zařízení zřízené v souladu se zvláštním právním předpisem určeného k trvalému odstraňování odpadů ukládáním na nebo pod úroveň terénu,
- úprava odpadů – každá činnost, která vede ke změně chemických, biologických nebo fyzikálních vlastností odpadů (včetně jejich třídění) za účelem umožnění nebo usnadnění jejich dopravy, využití, odstraňování nebo za účelem snížení jejich objemu, případně snížení jejich nebezpečných vlastností,
- využití odpadů – činnost, jejímž výsledkem je, že odpad slouží užitečnému účelu tím, že nahradí materiály používané ke konkrétnímu účelu; výčet využití odpadů je uveden v příloze č. 3 k tomuto zákonu,
- materiálové využití odpadů – způsob využití odpadů zahrnující recyklaci a další způsoby využití odpadů jako materiálu k původnímu nebo jiným účelům, s výjimkou bezprostředního získání energie,

- odstranění odpadů – činnost, která není využitím odpadů, a to i v případě, že tato činnost má jako druhotný důsledek znovuzískání látek nebo energie; výčet způsobů odstranění odpadů je uveden v příloze č. 4 k tomuto zákonu,
- původce odpadů – právnická nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, při jejichž činnosti vznikají odpady, nebo právnická nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, které provádějí úpravu odpadů nebo jiné činnosti, jejichž výsledkem je změna povahy nebo složení odpadů, a dále obec od okamžiku, kdy nepodnikající fyzická osoba odpad odloží na místě k tomu určeném; obec se současně stane vlastníkem tohoto odpadu.

Další důležité pojmy:

- biomasa – substance biologického původu (pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě, chov živočichů, produkce organického původu, organické odpady). Biomasa může být buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni. [8]
- bioplyn – směs plynů obsahující majoritně metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2), minoritně pak může obsahovat vodík (H_2), dusík (N_2), kyslík (O_2) a další plyny. Název „bioplyn“ se v technické praxi používá pro produkt řízené anaerobní fermentace. [14]
- anaerobní fermentace – řízené biologické zpracování biodegradabilních materiálů bez přístupu vzduchu ve speciálních zařízeních zvaných bioplynové stanice za vzniku bioplynu a digestátu. Tento termín má několik synonym: anaerobní digesce, anaerobní vyhnívání, metanová fermentace, biomethanizace, a další. [10]
- aerobní fermentace – řízené biologické zpracování biodegradabilních materiálů s přístupem vzduchu za vzniku stabilizovaného produktu obsahujícího humusové látky, který lze využít jako kompost. [10]
- digestát – vedlejší produkt anaerobní fermentace (zbytek po fermentaci), který lze za určitých podmínek využít jako organické hnojivo nebo jako surovinu pro výrobu kompostu. [10]

2 Charakteristika biologicky rozložitelných odpadů

Biologicky rozložitelný odpad je materiál, jehož hlavní složkou jsou organické látky (lipidy, proteiny, sacharidy, a další), které podléhají biologickému rozkladu za působení mikroorganismů. Mezi BRO se například řadí rostlinné zbytky ze zemědělské výroby a údržby krajiny, odpady z živočišné výroby, organické zbytky z potravinářské a průmyslové výroby, lesní odpady, apod. Významnou složkou BRO je odpad z komunální sféry vznikající na území obce označovaný jako biologicky rozložitelný komunální odpad nebo zjednodušeně komunální bioodpad. BRO se přikládá stále větší význam pro jeho energetický a materiálový potenciál a proto se hledají stále nové technologie k maximálnímu využití takto skrytého potenciálu jako obnovitelného zdroje energie. [14]

2.1 Katalog odpadů

Původce a oprávněná osoba jsou povinni vzniklý odpad zařadit dle Katalogu odpadů, který vydalo MŽP vyhláškou č.381/2001 Sb. Povinnost vznikla z důvodu snadného zatřídění, sjednocené evidence, identifikovatelnosti a kontroly nakládání s odpady v souvislosti s požadavky EU. Každý odpad se zařadí pod šestimístný kód, kde prvé dvojčíslí označuje skupinu odpadu (celkem 20 skupin podle oblasti vzniku), druhé dvojčíslí podskupinu a třetí dvojčíslí druh odpadu. V případě, že je odpad složen z více složek, které jsou v Katalogu uvedeny pod samostatným číslem, má přednost přiřazení k takovému druhu, který je z hlediska škodlivých účinků nejnebezpečnější. Pokud odpad nelze jednoznačně zařadit dle Katalogu, zařadí odpad MŽP na návrh příslušného obecního úřadu obce s rozšířenou působností. Pro účely evidence se nebezpečné odpady označují „N“ (v Katalogu odpadů jsou označeny symbolem „*“ za šestimístným kódem) a ostatní odpady se označují „O“. [4, 9]

BRO se vyskytuje ve více skupinách Katalogu. Komunálnímu odpadu patří skupina číslo 20, která se člení na další tři podskupiny, kde jsou zahrnuty odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů, včetně složek z odděleného sběru. V tabulce 2.1 jsou uvedeny druhy BRKO dle katalogových čísel s procentuálním podílem rozložitelné složky, které je možné využít ke zpracování v biotechnologických procesech.

Tab. 2.1: Seznam BRKO s procentuelním podílem biologicky rozložitelné složky [7]

Katalogové číslo	Název druhu odpadu	Podíl biologicky rozložitelné složky [% hm.]
20 01 01	Papír a lepenka	100
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven	100
20 01 10	Oděvy	60
20 01 11	Textilní materiály	50
20 01 25	Jedlý olej a tuk	100
20 01 38	Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37	100
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad ze zahrad a parků	100
20 03 01	Směsný komunální odpad	54
20 03 02	Odpad z tržišť	80
20 03 07	Objemný odpad	50

2.2 Bilance odpadů v ČR

Celková produkce odpadů v ČR se podle Informačního systému odpadového hospodářství (ISOH) v posledních několika letech pohybovala okolo 30 mil. tun ročně. Největší podíl z celkové produkce odpadů tvoří skupina 17 – Stavební a demoliční odpady, a to více než z poloviny. BRO z celkové produkce odpadů představovaly okolo 5 mil. tun a nejvíce jsou zastoupeny ve skupinách 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, papíru a lepenky; 20 – Komunální odpady včetně složek z odděleného sběru. V případě KO se celková produkce pohybovala okolo 4 mil. tun ročně. Při úvaze, že biodegradabilní odpad je zastoupen v KO ze 40 až 50 % [12], potom produkce BRKO představovala minimálně 1,6 mil. tun ročně. Z tohoto bilancování je patrné, že teoreticky lze v biotechnologických zařízeních využívat okolo 5 mil. tun bioodpadu ročně. Konkrétní údaje produkce odpadů v ČR v letech 2005 - 2009 podle dat ISOH uvádí tabulka 2.2. V této tabulce je vidět zřetelný pokles produkce BRO mezi roky 2006 a 2007, který je způsoben poklesem produkce zemědělských odpadů, resp. jejich převedením z režimu odpadů do režimu organických hnojiv. [7]

V současné době se většina KO v ČR odstraňuje skládkováním a to z více jak 70 %. Podíl využitého KO činí pouze necelých 30 %, z větší části pak využití materiálové. Energetické využití KO je v ČR zanedbatelné. [7]

Tab. 2.2: *Produkce odpadů v ČR v letech 2005-2009 [7]*

Rok	2005	2006	2007	2008	2009
Celková produkce odpadů [tis. tun.rok ⁻¹]	29 802	28 066	31 295	30 698	32 267
Celková produkce BRO [tis. tun.rok ⁻¹]	7 939,4	6 615,1	4 011,9	4 300,3	4 313,8
Celková produkce KO [tis. tun.rok ⁻¹]	4 439	3 979	3 846	3 812	5 324
Teoretická produkce BRKO (40% z produkce KO) [tis. tun.rok ⁻¹]	1 775,6	1 591,6	1 538,4	1 524,8	2 129,6

Úsilí o snížení negativních účinků skládkování odpadů na životní prostředí a zdraví lidí a zvířat je v současné době hlavním iniciátorem snah o omezení skládkování BRO. Požadavek směrnice 1999/31/ES, na kterou se odkazuje i POH ČR, stanovuje postupné snížení množství BRO ukládaného na skládky až do roku 2020. V roce 2010 smí maximální podíl rozložitelné složky uložené na skládky činit nejvíce 75 %, v roce 2013 nejvíce 50 % a v roce 2020 nejvíce 35 % hmotnostních z celkového množství BRKO vyprodukovaného v roce 1995. Uváděné množství BRKO vzniklé v roce 1995 je 1 530 tis. tun. Z toho vyplývá, že od roku 2010 je možné na skládky uložit maximálně 1 147,5 tis. tun BRKO, od roku 2013 maximálně 765 tis. tun a od roku 2020 maximálně 535 tis. tun. Tyto cíle se nedaří podle odhadů hodnotící zprávy POH plnit. Problémem zůstává skutečnost, že do množství BRKO v roce 1995 nebyly začleněny tzv. „zelené odpady“, tj. odpady z údržby zeleně. MŽP plánuje provést přepočítání množství BRKO za tento referenční rok, seznámit s ním Evropskou komisi a upravit cíle pro definované roky. Těchto cílů lze dosáhnout zejména pomocí recyklace, kompostování, výroby bioplynu nebo materiálového a energetického využití. [7]

2.3 Základní charakteristiky odpadů

Objektivní údaje o množství, skladbě a ostatních vlastnostech KO jsou nezbytným podkladem pro vytváření efektivních systémů materiálového a energetického využití KO a hodnocení jejich účinností. Charakteristiky slouží ke zkoumání a kvantitativnímu popisu vlastností KO. Znalost těchto charakteristik, zejména jejich průměrných a extrémních hodnot, případně časových průběhů, je nezbytná pro projekci zařízení na využívání, popř. odstraňování KO včetně volby technologií a pro jejich provozní řízení. [10]

- Charakteristiky množství [10]

Množství odpadu je hmotnost nebo objem odpadu vyjádřené v příslušných jednotkách.

- *Celkové množství odpadu* – úhrnné množství odpadu vzniklé za uvažovaný časový interval (udává se obvykle v t, případně v m³).
- *Měrné množství odpadu* – množství odpadu vzniklé za uvažovanou časovou jednotku, připadající na zvolenou sledovanou jednotku (obvykle se udává v kg.obyvateľ⁻¹.rok⁻¹ nebo v kg.obyvateľ⁻¹.týden⁻¹; případně v m³.obyvatel⁻¹.rok⁻¹, nebo v kg.t⁻¹ výrobku apod.)

- Charakteristiky skladby [10]

Skladba tuhého odpadu je členění tuhého odpadu na zrnitostní frakce a látkové skupiny.

- *Zrnitostní frakce tuhého odpadu* – část tuhého odpadu tvořená částicemi (zrny), jejichž velikost (průměr) leží v daném intervalu. Pro charakterizování zrnitosti KO se používá členění frakce: < 8 mm, 8 až 40 mm, > 40 mm.
- *Látková skupina tuhého odpadu* – část tuhého odpadu tvořená částicemi obdobného látkového složení a fyzikálně chemických vlastností. Látkové skupiny jsou např. papír s lepenkou, textil, plasty, železo, kuchyňský odpad, sklo aj.

- Ostatní fyzikálně chemické charakteristiky [10]

- *Objemová hmotnost odpadu* – hmotnost objemové jednotky odpadu (kg.m⁻³).
- *Vlhkost odpadu* – obsah volné vody v hmotnostní jednotce odpadu (% hmotnostních).
- *Obsah spalitelných látek v odpadu* – hmotnost, o kterou se zmenší hmotnost jednotky sušiny odpadu jejím spálením za stanovených podmínek (% hmotnostních).
- *Spalné teplo odpadu* – množství tepla uvolněné úplným spálením daného množství odpadu v kalorimetrické tlakové nádobě v prostředí stlačeného kyslíku při teplotě 25°C vztažené na jednotku jeho hmotnosti. Výslednými produkty jsou plynný kyslík, dusík, oxid siřičitý, oxid uhličitý, voda ve formě kapaliny a popel (MJ.kg⁻¹).
- *Výhřevnost odpadu* – spalné teplo odpadu zmenšené o výparné teplo vody, uvolněné a vzniklé z odpadu během hoření (MJ.kg⁻¹).
- *Obsah vybraných prvků* – s důrazem na stopové toxické prvky; uhlík (C), dusík (N), vodík (H) a fosfor (P) (ve formě P₂O₅).
- *Poměr obsahu uhlíku k obsahu dusíku (C:N)*.

2.4 Charakteristika vybraných druhů BRKO

V následujících bodech je popsána základní charakteristika vybraných druhů BRKO využitelných pro anaerobní fermentaci. Pro stabilizaci procesu výroby bioplynu se tento materiál používá hlavně v kofermentaci s jinými materiály (např. kejda hospodářských zvířat, kukuřičná siláž, apod.) v upravených zemědělských BPS.

- Papír a lepenka

Papír a lepenka je jednou ze složek BRKO, která je sbírána v separovaném sběru a nejvíce recyklovaným odpadním materiálem na území ČR (95 % papíru je recyklováno). Biologicky odbouratelná složka je v tomto odpadu zastoupena ze 100 % a je složena především z celulózy, hemicelulózy a ligninu. Jednotlivé druhy papíru se mohou v obsahu těchto látek dosti lišit. Poměr obsahu uhlíku a dusíku se pohybuje v rozmezí 350:1 až 1000:1.

Společnost Valorga a Univerzita Languedoc prováděli společné studie zaměřené na problematiku metanové fermentace papíro-celulóзовých frakcí. Vytříděné frakce byly zpracovány v reaktoru o objemu 500 m³ a poskytly následující výsledky: obsah CH₄ 56 % hm., měrný výtěžek CH₄ 0,253 m³.kg⁻¹ organické sušiny, stupeň rozkladu vlákniny 65 %. [11]

- BRO z kuchyní a stravoven

Jedná se o materiál kapalné až polotuhé konzistence se 100 % biologicky odbouratelnou složkou, vhodný pro mokrou anaerobní fermentaci. Odpad je vedlejším produktem živočišného původu kategorie 3 a v souladu s nařízením EP č.1069/2009 z důvodu minimalizace patogenních původců mohou být stanoveny minimální požadavky (zvláště teplota, čas, velikost částic a tlak), kterým musí být vystaven před vstupem do BPS. Poměr obsahu uhlíku a dusíku se pohybuje v rozmezí 12:1 až 20:1, měrný výtěžek CH₄ v rozmezí 0,5 – 0,6 m³.kg⁻¹ organické sušiny. [8, 12]

- Jedlý olej a tuk

Vysoce energeticky bohatý materiál vhodný ke zpracování mokrou anaerobní fermentací. Biologicky odbouratelná složka zastoupena ze 100 %. Pokud je materiál živočišného původu mohou být v souladu s nařízením EP č.1069/2009 stanoveny minimální požadavky (zvláště teplota, čas, velikost částic a tlak), kterým musí být vystaven před vstupem do BPS. Měrný výtěžek CH₄ kolísá v rozmezí 0,7 - 1 m³.kg⁻¹ organické sušiny. [8, 12]

- Dřevo

Dřevo je nejrozšířeněji dostupnou biomasou využívanou pro energetické účely, zvláště pro přímé spalování. Podle chemických analýz obsahuje z více než 90 % lignocelulózoové složky: celulózu, hemicelulózu a lignin. Pro anaerobní fermentaci se dřevo téměř nevyužívá, i když výzkumy u některých druhů dřevin, např. hybridní topol, javor klen, dosáhly výtěžky CH_4 0,3 – 0,37 $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak velmi nízké výtěžky byly dosaženy u borovice a eukalyptu. Dřevní biomasu je nutné předupravit drcením či štěpkováním. Poměr uhlíku a dusíku u dřevěné štěpky se pohybuje v rozmezí 100:1 až 150:1. [11]

- BRO ze zahrad a parků

Tento druh odpadu zahrnuje materiál z údržby zeleně v obcích, ale i z odděleného sběru od občanů a tvoří největší podíl na produkci BRKO. Pro anaerobní fermentaci je nejvýznamnější travní hmota. Zpracování listí a dřevní hmoty je málo efektivní. Materiál může obsahovat i nežádoucí příměsi, např. drny, zeminu, kamení, aj. a je nutné jeho třídění a drcení. Pro zvýšení efektivity výroby bioplynu se doporučuje travní hmotu konzervovat (travní siláž). Výtěžek bioplynu je v případě čerstvé trávy přibližně 0,5 $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ org. sušiny a v případě travní siláže přibližně 0,6 $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ org. sušiny. Poměr uhlíku a dusíku je u posečené trávy 12:1 až 25:1 a u směsného zahradního odpadu 20:1 až 60:1. [8, 12]

- Směsný komunální odpad

Složení směsného KO a obsah biodegradabilních složek závisí na mnoha dílčích faktorech (typ zástavby, počet domácností v dané oblasti, sociální složení obyvatelstva, typ vytápění, roční období, aj.). V POH ČR se uvádí, že směsný KO obsahuje 54 % biologicky rozložitelné složky, zbytek pak tvoří další materiály (plasty, papír, sklo, kovy, aj.)

Pro zpracování směsného KO lze použít mechanicko biologickou úpravu (MBÚ), jejímž účelem je stabilizace a redukce objemu odpadu. Mechanická část spočívá v magnetické separaci kovů a v třídění odpadu na rotačním nebo vibračním sítu. Biologická úprava přípravného substrátu po separaci kovů a spalitelného podílu se provádí zpravidla aerobní fermentací nebo kombinací anaerobní a aerobní fermentace. [13]

3 Technologie a technika zpracování biologicky rozložitelných odpadů

3.1 Anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace je velice složitý biochemický proces skládající se z mnoha dílčích, na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů. Podílí se na něm několik skupin metanogenních, acetotrofních a hydrogenotrofních mikroorganismů. Tyto anaerobní mikroorganismy produkující metan jsou považovány za jedny z nejstarších organismů vyskytujících se na naší planetě, pro které je kyslík smrtícím jedem. Na konci procesu anaerobní fermentace, při němž probíhá rozklad organických látek bez přístupu vzduchu, vzniká směs plynů (bioplyn) a fermentovaný zbytek organické látky (digestát). Proces probíhá za určitých podmínek v přírodě samovolně nebo je vyvoláván záměrně v biotechnických zařízeních. Termín anaerobní fermentace má v odborné literatuře několik synonym: anaerobní digesce, anaerobní vyhnívání, metanová fermentace, biomethanizace, a další. [8]

Směs plynů vyprodukovaná při anaerobní fermentaci se ideálně skládá ze dvou plyných složek, metanu (CH_4) a oxidu uhličitého (CO_2) a podle jejich původu nebo místa vzniku jsou ustáleny následující názvy: [8]

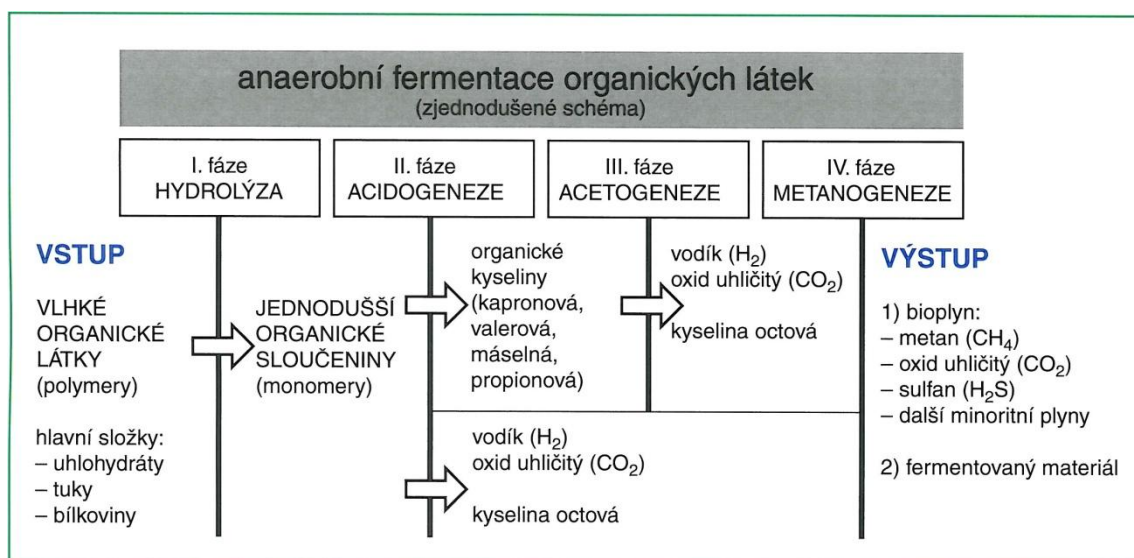
- Zemní plyn – vznikl anaerobním rozkladem biomasy nahromaděné v dávných dobách; je energeticky nejhodnotnější, obsahuje až 98 % metanu a je klasifikován jako neobnovitelný zdroj energie.
- Důlní plyn – původ jeho vzniku je obdobný jako u zemního plynu, energetické využití nemá, je výbušný ve směsi se vzduchem, resp. kyslíkem a tudíž nebezpečným plynem.
- Kalový plyn – vzniká anaerobním rozkladem organických usazenin v přírodních i umělých nádražích, kterými mohou být moře, jezera, močály, rybníky, rašeliniště, rýžoviště ale i odkalovací nádrže ČOV, jeho složení je dosti variabilní a závisí na podmínkách vzniku.
- Skládkový plyn – vzniká anaerobním rozkladem organických látek uložených na skládkách odpadů, jeho výrony jsou nebezpečné a je žádoucí provádět odplyňování skládek; jeho složení je velmi proměnlivé a lze využít k energetickým účelům.

- **Bioplyn** – obecně lze tento název použít pro všechny směsi plynů vzniklé při anaerobním procesu, v technické praxi se však tento termín používá pro produkt řízené anaerobní fermentace a v tomto případě je klasifikován jako obnovitelný zdroj energie.

3.1.1 Mechanismus vzniku bioplynu

Anaerobní rozklad organické hmoty vyžaduje koordinovanou metabolickou součinnost anaerobních mikroorganismů podílejících se na vzniku bioplynu. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává potravou pro skupiny další, a proto nedostatečná aktivita jedné skupiny může porušit dynamickou rovnováhu celého mechanismu. Mechanismus vzniku bioplynu (obr. 3.1) rozdělujeme do čtyř základních fází: hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze a metanogeneze. [14]

Obr. 3.1: Schéma vzniku bioplynu [8]



• I. fáze – Hydrolýza

V této fázi jsou rozkládány makromolekulární látky (polysacharidy, lipidy a proteiny) na nízkomolekulární látky, které jsou rozpustné ve vodě, pomocí mimobuněčně působících hydrolytických enzymů. Hydrolytické mikroorganismy ještě striktně nevyžadují anaerobní prostředí. Vedle hydrolýzy probíhá obvykle i acidogeneze.

• II. fáze – Acidogeneze

V této fázi jsou produkty hydrolýzy nadále rozkládány na jednodušší látky a dochází k vytvoření anaerobního prostředí. Při nízkém tlaku vodíku jsou produkovány hlavně kyselina

octová (CH_3COOH), vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2); při vyšší koncentraci vodíku jsou produkovány vyšší organické kyseliny a alkoholy.

- III. fáze – Acetogeneze

Acetogeneze je zvláštním případem acidogeneze, protože v této fázi probíhá rozklad vyšších organických kyselin a alkoholů za vzniku kyseliny octové (CH_3COOH), vodíku (H_2) a oxidu uhličitého (CO_2).

- IV. fáze – Metanogeneze

Metanogeneze je poslední fází mechanismu vzniku bioplynu a probíhá pouze v anaerobních podmínkách. V této fázi rozkládají metanogenní acetotrofní bakterie především kyselinu octovou na metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2), hydrogenotrofní bakterie produkují metan (CH_4) z vodíku (H_2) a oxidu uhličitého (CO_2).

Konečná metanogenní fáze probíhá přibližně pětikrát pomaleji než první tři fáze a proto je nutné přizpůsobit konstrukci bioplynových zařízení a dávkování surového materiálu tak, aby bylo dosaženo optimální stability celého procesu. [8]

3.1.2 Faktory ovlivňující vznik bioplynu

Na produkci bioplynu mají vliv, ať už negativní či pozitivní, nejrůznější faktory. Nejdůležitějšími z nich jsou: chemické složení surového materiálu, obsah sušiny, teplota, hodnota pH, poměr uhlíkatých a dusíkatých látek C:N a další. Znalost těchto parametrů u zpracovávaného materiálu je důležitým faktorem pro správný výběr technologie a optimalizaci procesu anaerobní fermentace.

- Chemické složení surového materiálu

Materiál vhodný pro anaerobní fermentaci musí obsahovat vysoký podíl biologicky rozložitelné složky (polysacharidy, lipidy, proteiny, aj.) a minimální podíl anorganické složky (popeloviny). Vhodnost materiálu může být významně ovlivněna nežádoucími příměsmi, které potlačují mikrobiální rozvoj, především všechny druhy antibiotik. Další složkou mohou být těžké kovy (Cu, Zn, Cr, Cd, Pb, Ni), které mají odlišné vlivy na proces anaerobní fermentace. Zatímco jejich nízké koncentrace jsou potřebné jako důležité stopové nutrienty, vysoké koncentrace mohou působit inhibičně až toxicky. Do pracovního prostoru reaktorů bioplynových zařízení není vhodné dávat ani materiály, které jsou již ve hnilobném rozkladu. [8, 11]

- Obsah sušiny

Optimální obsah sušiny pro zpracování pevných materiálů je 22 až 25 % a v případě tekutých materiálů 8 až 14 %. Materiály s obsahem sušiny menším než 3 % jsou při anaerobní fermentaci zpracovávány již s negativní energetickou bilancí, tzn., že pro udržení požadované teploty procesu je nutné dodávat energii z externího zdroje. Pozitivní energetické bilance je dosahováno až při obsahu sušiny větším než 3 až 5 %. Absolutní horní hranicí obsahu sušiny, při které ještě probíhá anaerobní fermentace a lze stále zaručit čerpatelnost materiálu, je 50 %. [8]

- Teplota

Teplotní pásma v procesu anaerobní fermentace se dělí na tři oblasti: psychrofilní 15 až 20 °C, mezofilní 35 až 40 °C a termofilní okolo 55 °C. Pro každé teplotní pásmo existují různé kmeny metanogenních bakterií. Minimální teplota, při které začíná proces probíhat, je 4 °C. Vzrůstem teploty u anaerobní fermentace vzrůstá rychlost produkce metanu, ale zároveň i vyšší energetická náročnost na ohřev materiálu. S tím úzce souvisí řešení rozvodů tepla, tepelných výměníků a izolace fermentorů. Z ekonomického hlediska je nutné zvolit kompromis mezi vyprodukovaným množstvím bioplynu a jeho spotřebou k výrobě energie potřebné pro tzv. procesní teplo. Většina BPS pracuje v mezofilním režimu a část v termofilním, psychrofilní režim se nepoužívá. [8, 14]

- Hodnota pH

Hodnota pH určující kyselost či zásaditost materiálu je dalším důležitým faktorem ovlivňujícím proces anaerobní fermentace. Za optimální hodnotu pH materiálu na vstupu do procesu se považuje interval blízký neutrální hodnotě pH 7 až 7,8. V průběhu samotného procesu se tento parametr zásadně mění a může na začátku klesnout až na hodnotu pH 4 až 6 a může působit na proces inhibičně. V praxi se hodnota pH materiálu před vstupem do procesu upravuje homogenizací směsných materiálů nebo alkalickými přísadami. [8]

- Poměr uhlíku a dusíku C:N

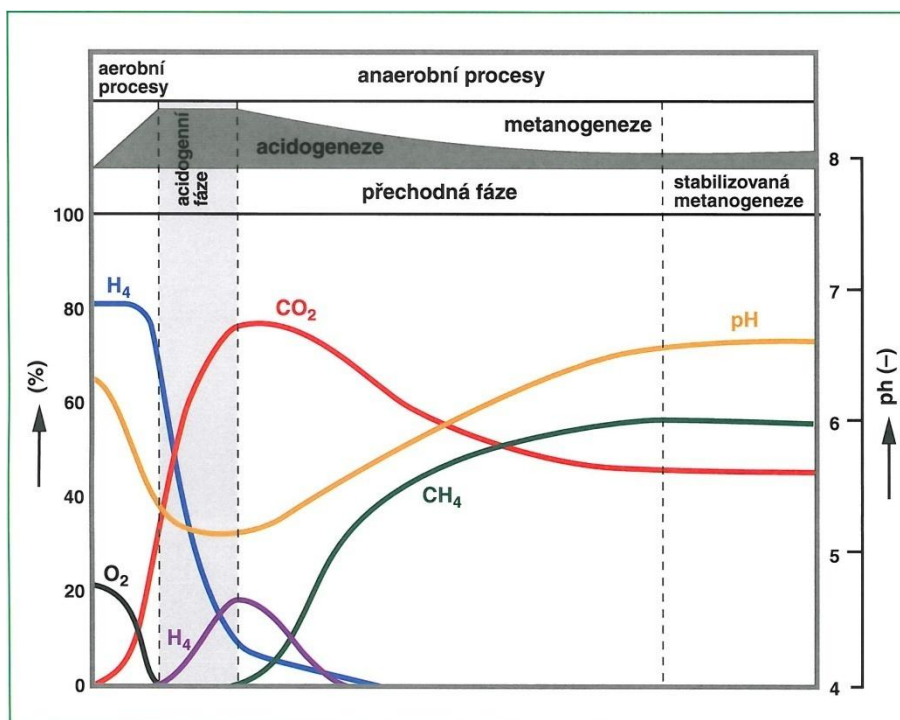
Dalším významným parametrem pro proces anaerobní fermentace je poměr uhlíkatých a dusíkatých látek. Za optimální se považuje pásmo okolo 30:1. Vysoký obsah dusíkatých látek se může negativně projevit na složení bioplynu, který poté může obsahovat zvýšené

množství amoniaku (NH_3), oxidu dusného (N_2O) a dalších. V praxi se optimálního poměru C:N dosahuje mísením různých materiálů. [8]

3.1.3 Vlastnosti a složení bioplynu

Fyzikální a chemické vlastnosti bioplynu závisí na parametrech rozkládaného materiálu a parametrech samotného procesu anaerobní fermentace. V ideálním případě by bioplyn obsahoval pouze metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2). V praxi je však surový bioplyn tvořen příměsí dalších minoritních plynů, které poukazují na přítomnost nežádoucích příměsí v rozkládaném materiálu nebo poruch průběhu fermentace. Chemické složení bioplynu je tedy následující: 50 – 85 % CH_4 , 20 – 35 % CO_2 , zbytek pak tvoří minoritní plyny: vodík (H_2), sulfan (H_2S), dusík (N_2), kyslík (O_2), amoniak (NH_3), oxid dusný (N_2O) a další. Toto složení je při náběhu anaerobní fermentace proměnlivé, jak ukazuje obrázek 3.2. [14]

Obr. 3.2: Schéma změn složení bioplynu při náběhu fermentace [8]



Nejdůležitější složkou bioplynu je tedy metan (CH_4). Na jeho koncentraci závisí výhřevnost bioplynu, která se pohybuje v rozmezí 13,72 až 27,44 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$. Výhřevnost samotného CH_4 je 35,8 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$. CH_4 je bezbarvý a netoxický plyn bez zápachu, který se vzduchem tvoří výbušnou směs při koncentraci 5 – 15 % objemových. CH_4 je lehčí než vzduch a CO_2 těžší,

bioplyn začíná být lehčí než vzduch při koncentraci CH₄ větší než 53 % objemových. Vybrané fyzikální vlastnosti bioplynu jsou uvedeny v tabulce 3.1. [14]

Tab. 3.1: Vybrané fyzikální vlastnosti bioplynu [14]

Charakteristika	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	Bioplyn (60 % CH ₄ , 40 % CO ₂)
Objemový díl [%]	55 – 70	27 – 47	1	3	100
Výhřevnost [MJ.m ⁻³]	35,8	---	10,8	22,8	21,5
Hranice zápalnosti [obj. %]	5 – 15	---	4 – 80	4 – 45	6 – 12
Zápalná teplota [°C]	650 – 750	---	585	---	650 – 750
Měrná hmotnost [kg.m ⁻³]	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2

3.1.4 Využití bioplynu

Bioplyn je možné pro energetické účely využívat všude, kde se používají i jiná plynná paliva. Předpokladem je přizpůsobení spotřebiče na upravený bioplyn. Nejstarším způsobem využití bioplynu je jeho přímé spalování k výrobě tepla za účelem vytápění budov a ohřevu užitkové vody, ke svícení nebo vaření.

Efektivnějším způsobem je využití bioplynu v kogeneračních, popř. trigeneračních jednotkách. Kogenerační jednotky jsou zařízení pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. Jejich základem je upravený pístový spalovací motor nebo plynová turbína pohánějící elektrický agregát. Celková energetická účinnost kogenerace bývá 80 – 88 %, přičemž přibližně 1/3 vyrobené energie představuje energii elektrickou a 2/3 energii tepelnou. [14] Ještě vyšší energetické využití představuje trigenerační jednotka. Jedná se vlastně o kogenerační jednotku spojenou s absorpční chladicí jednotkou, kterou lze využít i v teplých měsících jako klimatizace. Část vyrobeného tepla se používá hlavně v BPS k ohřevu fermentorů a hygienizačních zařízení, ale stále jeho velké množství bývá nevyužito a uvolňováno do prostředí, což je velmi neefektivní a přispívá ke globálnímu oteplování. [12]

Dalším možným způsobem využití je čištění bioplynu na kvalitu zemního plynu a jeho komprimace do plynovodní potrubní sítě se zemním plynem nebo pro pohon motorových vozidel. Tyto možnosti jsou ale stále ekonomicky velice náročné a tudíž nekonkurenceschopné. [12]

3.2 Zařízení na výrobu bioplynu

Obecně se zařízení pro řízenou anaerobní fermentaci organických látek nazývají bioplynové stanice. Podle zpracovávaného materiálu se rozdělují na tyto tři skupiny: [15]

- Zemědělské BPS – nejvíce rozšířené BPS v ČR zpracovávají hlavně statková hnojiva a zemědělskou biomasu odpadní nebo záměrně pěstovanou.
- Čistírenské BPS – zpracovávají kaly z ČOV.
- Ostatní BPS – zpracovávají bioodpady a VPŽP, případně biosložku mechanicky vytríděnou ze směsného KO. Součástí těchto BPS je zařízení na úpravu odpadů před vstupem do BPS.

3.2.1 Rozdělení technologií na výrobu bioplynu

Technologie na výrobu bioplynu se rozdělují podle různých hledisek a vzájemně se kombinují pro dosažení optimalizace procesu fermentace.

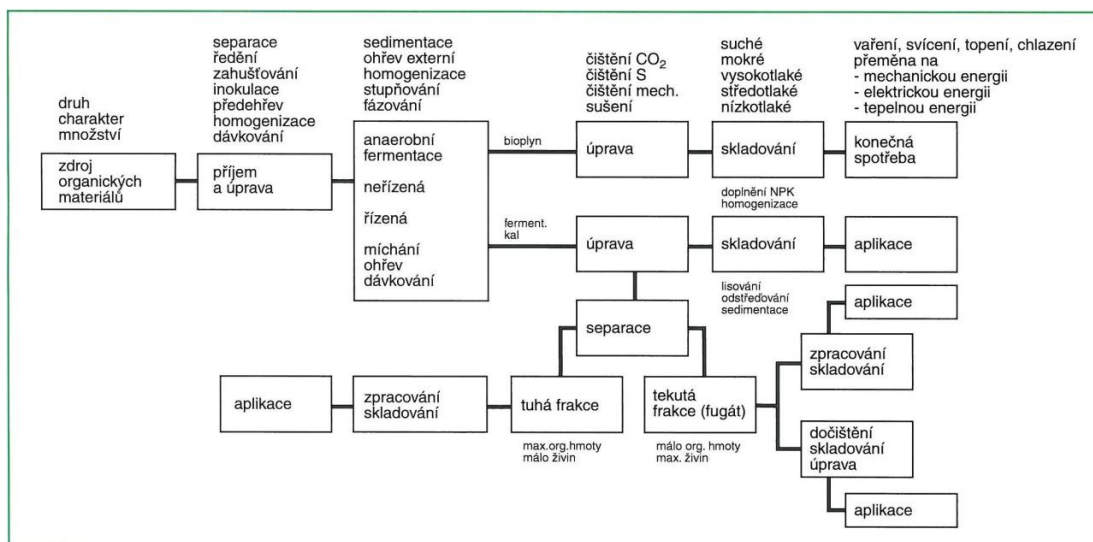
- Podle dávkování surového materiálu [8]
 - *Diskontinuální* – technologie s přerušovaným provozem, doba jednoho pracovního cyklu odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru. Používá se hlavně při suché fermentaci tuhých organických materiálů. Nevýhodou je na obsluhu náročný způsob manipulace s materiálem.
 - *Semikontinuální* – doba mezi jednotlivými dávkami je kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru. Jedná se o nejpoužívanější způsob plnění při zpracování tekutých organických materiálů při použití více vyhnívacích nádrží. Materiál se dává 1krát až 4krát za den. Výhodou je snadná automatizace procesu.
 - *Kontinuální* – průtokový systém, používá se při plnění fermentorů při zpracování tekutých organických materiálů s minimálním obsahem sušiny.
- Podle podílu vlhkosti zpracovávaného materiálu [8]
 - *Mokrý anaerobní fermentace* – technologie zpracovávají tekutý organický materiál s nízkým podílem sušiny 3 – 14 %. Fermentace materiálu s podílem sušiny menším než 3 % má negativní energetickou bilanci. Nejvíce používaná technologie v ČR, zejména u zemědělských BPS.

- *Suchá anaerobní fermentace* – technologie zpracovávající tuhý organický materiál s podílem sušiny 18 – 30 %, výjimečně až 50 %. Tato technologie je vhodná pro BPS zpracovávající bioodpady z komunální sféry.
- Podle počtu stupňů procesu [16]
 - *Jednostupňový proces* – při tomto procesu probíhají všechny čtyři fáze fermentace v jednom vyhnívacím prostoru.
 - *Vícetupňový proces* – některé fáze procesu probíhají odděleně, a sice buď použitím většího počtu vyhnívacích nádrží, nebo oddělením ve vyhnívacím prostoru.
- Podle teploty procesu [8]
 - *Psychrofilní* – teplotní pásmo 15 – 20 °C
 - *Mezofilní* – teplotní pásmo 35 – 40 °C
 - *Termofilní* – teplota okolo 55 °C

3.2.2 Strojní linka na výrobu bioplynu

Strojní linka pro anaerobní fermentaci organických materiálů může mít mnoho variant. Konstrukce linky závisí na druhu zpracovávaného materiálu a nutnosti úpravy materiálu před vstupem do základní části BPS – fermentoru. Lišit se může i podle uspořádání bioplynové nebo kalové koncovky. Strukturu strojní bioplynové linky lze rozdělit na čtyři základní části: Příjem a příprava materiálu, Anaerobní fermentory, Bioplynová koncovka a Kalová koncovka. Schéma strojní linky pro anaerobní fermentaci je zobrazeno na obrázku 3.3. [8]

Obr. 3.3: Schéma strojní linky pro anaerobní fermentaci [8]



- Příjem a příprava materiálu

Pro všechny technologie anaerobní fermentace je společná příjmová část, ve které dochází k evidenci přijímaného materiálu, zjišťování jeho charakteru, množství apod. Důležitou součástí příjmové části jsou silniční váhy.

Přípravná část jednotlivých technologií anaerobní fermentace už může být rozdílná a závisí zejména na struktuře zpracovávaného materiálu. Přípravě materiálu před vstupem do anaerobní fermentace je nutné věnovat náležitou pozornost, protože na kvalitě vstupního materiálu závisí proces samotné fermentace. Při mokré fermentaci se nejčastěji využívá soustavy zásobníků, ve kterých se provádí úprava materiálu, jeho homogenizace, příp. pasterizace pro odstranění nežádoucích příměsí. Přípravné zásobníky mohou být ocelové, betonové nebo plastové a zpravidla jsou vybaveny čerpacím a míchacím zařízením a někdy také tzv. macerátory, které slouží k rozmělnění materiálu. Při suché fermentaci je přípravná část dále vybavena různými drtiči, magnetickými separátory, diskovými či balistickými třídači nebo bubnovými separátory umožňujícími úpravu vstupního materiálu (např. BRKO). V případě zpracování VPŽP je nutné v souladu s nařízením EP č.1069/2009 provádět hygienizaci materiálu před vstupem do procesu. [10]

- Fermentor (reaktor)

Fermentor (reaktor, vyhnívací nádrž) je nejdůležitější technologickou částí zařízení na výrobu bioplynu. Ve fermentoru probíhá proces anaerobní fermentace a musí splňovat určitá kritéria, tudíž jsou na něj kladeny vysoké nároky. Pro vytvoření vhodného prostředí procesu fermentace je důležité, aby byl fermentor dobře plynotěsně, vodotěsně a tepelně izolován. Dále je nutné, aby byl vybaven míchacím a ohřívacím zařízením a samozřejmě zařízením na odvádění bioplynu a digestátu, popř. odběr zkušebního vzorku.

Podle typu konstrukce se rozdělují fermentory horizontální a vertikální. Výhodou horizontálních fermentorů je možnost instalace výkonného a energeticky úsporného mechanického míchadla a lepšího promíchání organického materiálu. U vertikálního fermentoru lze oproti horizontálnímu dosáhnout lepšího poměru mezi povrchem a objemem, čímž se sníží materiálové náklady a tepelné ztráty. Podle umístění mohou být fermentory nadzemní, podzemní nebo polozapuštěné. Výhoda podzemních fermentorů je v tom, že nezabírají místo a jsou dobře chráněny před kolísáním venkovní teploty. Konstrukce fermentorů může být ze stavebních materiálů, kovová nebo plastová. [16]

- Bioplynová koncovka

Bioplynová koncovka obsahuje potrubí na dopravu bioplynu, bezpečnostní zařízení proti zpětnému zahoření bioplynu, dmychadlo, regulační a kontrolní prvky, zařízení na úpravu bioplynu (čištění od H₂O, CO₂, H₂S, mechanických nečistot, atd.), hořák zbytkového plynu, zásobník bioplynu a zařízení na konečné využití bioplynu. [8]

Vznikající bioplyn je skladován v zásobníku (plynojemu); jedná se o hermeticky uzavřené nádrže o objemu až několik set tisíc metrů krychlových. Plynojemy se rozdělují na nízkotlaké (do 5 kPa) a vysokotlaké (až 0,5 MPa) a podle typu konstrukce rozeznáváme plynojemy mokré a suché, dvoumembránové textilní plynojemy a textilní vaky a matrace. V dnešní době se nejvíce používají suché kovové a dvoumembránové textilní plynojemy, mokré plynojemy jsou k vidění pouze ve starších provozech. [14]

- Kalová koncovka

Kalová koncovka je zařízení pro zpracování zbylého digestátu po fermentaci a sestává se z armatur, dopravních čerpadel, homogenizátorů, skladů a separačních zařízení. Pro separaci tekutých a tuhých složek digestátu se používají spádová nebo rotační síta, dekantéry, šnekové nebo pásové lisy apod. Separovanou tuhou složku lze využít jako hnojiva a tekutou složku k inokulaci materiálu před vstupem do procesu fermentace. [8]

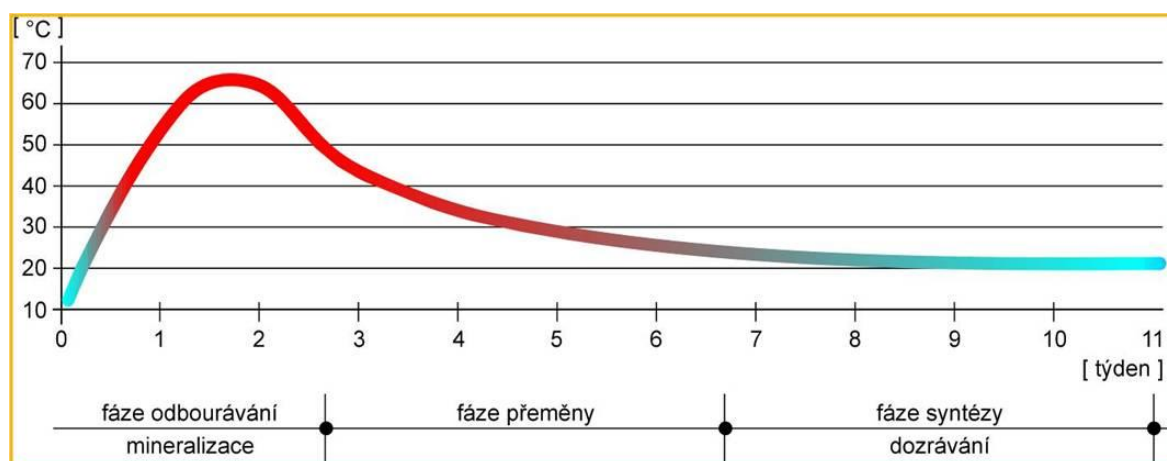
3.3 Aerobní fermentace

Aerobní fermentace je další hojně využívanou technologií zpracování BRO. Jedná se o kontrolovaný biologický proces rozkladu biodegradabilních materiálů působením mikroorganismů s přístupem vzduchu. Cílem tohoto procesu je získat stabilizovaný produkt obsahující humusové látky, kterého lze využít jako kompostu, odtud termín „kompostování“. Kompostování je jedna z nejméně náročných metod zpracování bioodpadů vzhledem k požadavkům na technické zařízení. Z technologického hlediska je asi nejdůležitější, aby zpracovávaný materiál měl neustále přístup vzduchu a byl dobře homogenizován. Homogenizací a promícháváním materiálu se ovlivňuje rychlost procesů probíhajících v zakládce. [14]

3.3.1 Proces aerobní fermentace

Kompostování je nepřetržitý proces, u kterého za aerobních podmínek dochází k rozkladu organických látek a jejich přeměně na látky humusové. Obecně se setkáváme se třemi základními fázemi, jejichž doba trvání závisí na mnoha faktorech a zejména na zvolené technologii. Obrázek 3.4 ukazuje optimální průběh teploty při průmyslovém kompostování v jednotlivých fázích. [17]

Obr. 3.4: Závislost teploty na době kompostování pro „Průmyslové komposty“ [17]



Jednotlivé fáze procesu kompostování: [14]

- **I. fáze - Rozklad** – trvá asi tři týdny a během něho dochází k intenzivnímu provzdušňování materiálu, nárůstu teploty až na 50 – 70 °C a k objemové redukci surovin. Mikroorganismy v této fázi rozkládají snadno rozložitelné látky (cukry, bílkoviny, škrob).
- **II. fáze - Přeměna** – trvá mezi čtvrtým až osmým týdnem a dochází k poklesu a stabilizaci teploty na 40 - 45 °C, mikroorganismy rozkládají lignin. Materiál mění svou barvu a strukturu, kompost má stejnoměrně hnědou barvu, drobkovitou strukturu a vůni po lesní zemině, ale ještě není připraven k přímému použití.
- **III. fáze - Zrání** – během této fáze teplota uvnitř hromady klesne na teplotu okolí, kompost získá zemitější strukturu a dochází k pevnějšímu vázání živin a vytváří se kvalitní a stabilní humus.

3.3.2 Faktory ovlivňují aerobní fermentaci

Stejně jako u procesu anaerobní fermentace, tak i u tohoto procesu existují důležité faktory ovlivňující průběh kompostování. Mnohé z nich jsou i dosti podobné. Mezi hlavní faktory patří: [14]

- Homogenizace – po navážce je nutné zajistit správnou surovinovou skladbu materiálu a velikost částic a tedy jejich dokonalou homogenizaci. Toho lze dosáhnout pomocí separátorů, drtičů či štěpkovačů.
- Poměr uhlíku a dusíku – optimální poměr C:N po založení kompostu se udává přibližně 30:1, v praxi se takového poměru dosahuje kombinací různých materiálů.
- Vlhkost a provzdušňování – udržení přiměřené vlhkosti a přístupu vzduchu je základním předpokladem správného kompostování, optimální vlhkost je v rozmezí 50 – 60 %. Vzduch lze do hromady dodávat mechanicky; překopáváním hromad pomocí nakladačů nebo speciálních překopávačů. Během procesu kompostování je nezbytné sledovat vlhkost materiálu a obsah kyslíku.
- Teplota – ke správnému průběhu kompostování jsou nezbytné mezofilní mikroorganismy žijící při teplotách 20 – 30 °C a více důležité termofilní mikroorganismy žijící při teplotách 45 – 60 °C. Termofilní teplotní pásmo zabezpečuje eliminaci plevelů a patogenních bakterií. Teplota je dalším parametrem sledovaným během procesu kompostování.
- Hodnota pH – optimální hodnota pH u čerstvého materiálu se pohybuje v rozmezí 6 – 8. Tato hodnota se upravuje opět mísením různých materiálů nebo použitím alkalických přísad, např. vápence.

3.3.3 Technologie kompostování

Z technologického hlediska lze kompostování rozdělit na: [17]

- Kompostování na volných hromadách – kompostování v pásových nebo plošných hromadách na vodohospodářsky zabezpečené ploše (obr. 3.5), příp. kompostování na základkách u domácností.
- Intenzivní kompostování – kompostování v uzavřeném nebo polouzavřeném zařízení, kterými mohou být boxy, žlaby nebo biofermentory.

- Kompostování ve vacích – tzv. Ag Bag kompostování, kdy se materiál plní do polyetylenových vaků pomocí speciálního lisu. Při plnění je nutné společně s materiálem do vaku vsouvat provzdušňovací hadici.
- Vermikompostování – kompostování pomocí žížal *Eisenia foetida*, kalifornský červený hybrid.

Obr. 3.5: Kompostování na volné ploše [19]



Z hlediska rozsahu kompostování na: [10]

- Domácí kompostování – zpracovává se zahradní a kuchyňský bioodpad z domácností. Provádí se hlavně na zakládkách nebo v boxech, případně pomocí žížal, tzv. vermikompostování. Překopávání se provádí manuálně, není třeba žádných těžkých mechanismů.
- Komunitní kompostování – zpracovává se opět zejména bioodpad ze zahrad a kuchyní. Provádí se na zakládkách nebo ve velkých boxech, oblast svozu je už širší (zahrádkářské kolonie, část obce nebo celá obec, apod.). Překopávání se provádí manuálně, popř. se používá nakladače.
- Průmyslové kompostování – zpracovává se zejména BRKO, provádí se na volných hromádách, v silech, reaktorech apod. Kompostování organizuje většinou obec nebo podnikatelský subjekt a musí splňovat řadu předpisů. V tomto případě je nezbytné používat těžké mechanismy jako třídiče, drtiče, nakladače, překopávače apod.

4 Technologická linka pro zpracování komunálních biologicky rozložitelných odpadů

V této kapitole bude představen rakouský patentovaný systém vhodný pro zpracování BRKO s názvem ADOS. Jedná se o tzv. mechanicko-biologickou úpravu odpadů, přičemž mechanická část spočívá v třídění, dezintegraci a homogenizaci materiálu a biologická část zahrnuje procesy anaerobní a aerobní fermentace.

4.1 Systém ADOS

Systém ADOS (Anaerobní Digescce Organického Substrátu) byl vyvinut rakouskou společností a po několik let úspěšně prověřován v jihovýchodní Asii. Podstatou tohoto systému je využívání výhod suchého i mokrého procesu anaerobní fermentace. Ke konverzi organických odpadů na obnovitelnou energii se využívá kombinace obou technologií, obsah sušiny se pohybuje v rozmezí 8 – 15%. Technologické schéma systému ADOS je zobrazeno v příloze 1. [18]

Zařízení na zpracování TKO s technologií ADOS bylo vybudováno i v ČR a v nedávné době uvedeno do trvalého provozu. BPS je situována na okraji areálu skládky odpadů a navazuje na třídící linku směsného komunálního odpadu. Zařízení bylo vystaveno jako joint-venture dvou společností a vyžádalo si investici přibližně 250 mil. Kč bez jakýchkoli dotací. Zařízení je konstruováno na denní kapacitu 103,8 tun organického odpadu, který konvertuje až na 1,0 MW_{el}. Za rok tedy dokáže pojmout 28 tis. tun organického odpadu a vyrobit až 8 GWh elektrické energie. Energetickou bilanci zařízení uvádí tabulka 4.1. Zpracovává se zde BRO ze separovaného domovního odpadu, z mechanicky vytríděného směsného KO a z komerčních a průmyslových zdrojů. Seznam povolených odpadů ke zpracování v BPS je uveden v příloze 2. Odpady pochází zejména ze svozové oblasti z okolních obcí, ale jsou zde zpracovávány i BRO pocházející z odděleného sběru z Prahy. [18]

Tab. 4.1: Energetická bilance [18]

	Hodnota	Jednotka
bioplyn	12 342,6	Nm ³ .den ⁻¹
produkovaná tepelná energie	34 128,0	kW.den ⁻¹
produkovaná el. energie	23 928,0	kWh.den ⁻¹
vlastní spotřeba el. energie	3 937,0	kWh.den ⁻¹
elektrická energie do sítě	19 983,0	kWh.den ⁻¹

4.2 Příjem a úprava odpadů

Vážení všech přijímaných a předávaných odpadů je realizováno na mobilní váze typu PIVOTEX, 11 x 3,4 m, s váživostí 40 tun.

Zvážený a zkontrolovaný SKO je v příjmové hale dávkován nakladačem do trhače pytlů (obr. 4.1) a odtud řetězovým dopravníkem odváděn do bubnového síta s průměrem ok 60 mm (obr. 4.2). Z bubnového síta je nadsítná frakce expedována pásovým dopravníkem do lisu a odtud dále odvážena na spalovnu nebo ukládána na skládku. Podsítná frakce je dopravována k magnetickému separátoru kovů a dále do zásobního boxu, kde je připravena k dalšímu zpracování. [18]

Obr. 4.1: Příjmová hala s trhačem pytlů [zdroj autor]



Obr. 4.2: Rotační síto [zdroj autor]



Další úprava materiálu je rozdělena do dvou oddělených zón: zelená zóna a červená zóna. V zelené zóně se zpracovává předtříděný BRKO z výše popisované třídící linky a biodegradabilní odpad rostlinného původu. Tyto odpady jsou navezeny do nerezového výklopného zásobníku s hydraulickým systémem a odtud pomocí šnekového dopravníku přepraveny do tzv. ADOS mlýnu, kde probíhá dezintegrace na velikost částic o průměru 16 mm. ADOS mlýn je vybaven separačním sítím, pomocí kterého dochází k vytřídění nežádoucích příměsí (inertní materiál, plasty, sklo, kovy). V mlýnu je rozemletý substrát promícháván s užitkovou nebo odpadní vodou a padá jako směs do sedimentační nádrže. V nádrži dochází k homogenizaci substrátu a k vyhrnování usazeného písku do přistavené vany. Po úpravě je substrát přečerpáván do vyhnívacích sil. [18]

V červené zóně se zpracovává VPŽP 3. kategorie, který podléhá nařízení ES 1069/2009 (dříve 1774/2002) a musí být vystaven hygienizaci. VPŽP je po zvážení a provedené kontrole vysypán do nerezového výklopného zásobníku s hydraulickým systémem a odtud pomocí

šnekového dopravníku přepraven do drtiče umístěného nad kladivovým ADOS mlýnem. V drtiči je materiál dezintegrován na velikost částic 40 mm a z drtiče padá přímo do ADOS mlýnu (obr. 4.3), kde je rozemlet na velikost částic 12 mm a opět zde dochází k vytrídění nežádoucích příměsí pomocí separačního síta. Takto upravené VPŽP jsou pomocí čerpadla dopravovány do jedné ze dvou pasterizačních jednotek (obr. 4.4). Po naplnění maximální kapacity 15 m³ se spustí signalizace hladinového čidla a začne se automaticky plnit druhá jednotka. Po naplnění obou jednotek se automaticky spustí zahřívací proces, který spočívá v čerpání materiálu ze spodní části nádrží v okruhu přes tepelný výměník a jeho zahřívání na teplotu 70 °C. Po dosažení teploty je zahájeno měření času a udržování stanovené teploty po dobu 60 minut. Takto připravený materiál je čerpadlem dopraven do jedné ze dvou vyhnívacích nádrží. [18]

Obr. 4.3: ADOS mlýn s drtičem [zdroj autor]



Obr. 4.4: Pasterizační jednotky [zdroj autor]



4.3 Fermentory

Uvedená BPS využívá k procesu samotné fermentace dvě vyhnívací vertikální uzavřená sila (obr. 4.5) o rozměrech: průměr 9 m, výška 18 m. Konstrukce sil tvoří ocelový rám, sklo-laminátové vnitřní opláštění, izolace a vnější trapézové plechy. Sila jsou navržena na přetlak 75 mbar a podtlak -5 mbar. Nově vstupující materiál je v silách smícháván s již přítomným materiálem. Tok materiálu ve vyhnívacím silu probíhá shora směrem dolů pomocí oběhového čerpacího systému. Reakční teplota anaerobních procesů ve vyhnívacím silu se pohybuje okolo 52–55 °C (termofilní proces) a je udržována tepelnými výměníky, které jsou zásobová-

ny odpadním teplem z kogeneračních jednotek, případně teplem z kotelny. Reakční doba v silích je 21 až 30 dnů v závislosti na kvalitě vstupního materiálu a vývinu bioplynu. [18]

Obr. 4.5: Vyhnívací sila [zdroj autor]



4.4 Bioplynová koncovka

Produkováný bioplyn je tvořen většinou z: 60 % CH₄, 40 % CO₂, v menší míře N, vzácně O₂, minoritní podíl H₂S do 200 ppm a další příměsi. Prioritně se hromadí v horní části obou vyhnívacích sil, kde průměrně 2 metry užité výšky sila tvoří dostatečnou zásobní kapacitu v prostoru mezi digestátem a stropní konstrukcí sila, při provozních tlakových poměrech 45 mbar. Po překročení stanoveného tlaku (většinou 50 – 55 mbar) se automaticky otevře tlakový uzávěr a bioplyn je přetlakem dopravován do plynového zásobníku. [18]

Před plynojemem prochází bioplyn přes odvodňovací jednotku, v které dochází k separaci kondenzátu, jenž je odváděn do kanalizace technologických vod. Plynojem je tvořen dvouplášťovou textilní membránovou konstrukcí kulovitého tvaru (obr. 4.6) o kapacitě 1 600 m³ a je ukotven na betonové konstrukci. Plášť je provozován za konstantních tlakových podmínek 20 mbar pomocí vývěvy, která vhání vzduch mezi obě membrány. [18]

Ochlazený a odvodněný bioplyn je z plynojemu dopravován do dvou kogeneračních jednotek (KGJ) od výrobce DEUTZ Power Systems GmbH & Co typu TCG 2016B V12 s výkonem 537 kW elektrické energie a 480 kW tepelné energie. KGJ jsou umístěny v samostatně stojících kovových kontejnerech (obr. 4.7) o rozměrech 12 x 3 x 3 m v blízkosti plynojemu.

KGJ tvoří generátor na výrobu elektřiny, poháněný spalovacím motorem. Část vyrobené elektřiny se využívá v technologii BPS a zbytek je dodáván do veřejné sítě. Výhoda kogenerace spočívá v tom, že odpadní teplo odváděné ze spalovacího motoru (obvykle chladičem a výfukem), je využito pro výrobu tepelné energie. Ta je při procesu anaerobní fermentace využita jednak pro ohřev reaktorů, a jednak může být její přebytek využit v procesu hygienizace materiálu VPŽP. Díky tomu je dosaženo vysoké účinnosti celého procesu, úspory paliv a snižování množství škodlivých emisí. [18]

Obr. 4.6: Membránový plynojem [zdroj autor]



Obr. 4.7: Kogenerační jednotky [zdroj autor]



V případě výpadku nebo odstavení KGJ bude produkovaný bioplyn spalován na nouzovém hořáku (fléře), který musí spálit kapacitu uvolněného bioplynu. Bioplyn nelze vzhledem k vysokému obsahu CH_4 vypouštět volně do ovzduší. Fléra je dimenzována na maximální odhadované množství bioplynu z anaerobních procesů tj. $350 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ a je spínána automaticky v závislosti na tlakových stavech v plynových zásobnících. [18]

4.5 Kalová koncovka

Stálost vyhnívacích procesů zajišťuje průběžné odvádění fermentačního kalu (digestátu) ze spodní části fermentorů pomocí čerpadla na odstředivku Flottweg umístěnou v kompostárně, která je součástí systému ADOS. Po odstředění vznikne digestát s obsahem sušiny 20 – 25 % a fugát (kalová voda) s obsahem sušiny 0,5 – 1,5 %. Fugát může být použit zpět

v systému anaerobní fermentace nebo jako hnojivo na polích při splnění podmínek zákona č.156/1998 Sb., o hnojivech. [18]

Digestát je použit jako vstupní surovina v kompostovacím procesu RFK. Jedná se o ruskou patentovanou technologii pro dokompostování fermentačního kalu, který může být pro dosažení optimálních parametrů míchán pouze s dřevní štěpkou nebo kůrou. Kompostovací proces RFK je díky nucenému oběhu čerstvého vzduchu a dodávání vlhkosti velmi rychlý a účinný. Provozem ověřený systém RFK zaručuje dokompostování digestátu během čtyř až šesti týdnů, přičemž překopávka se uskutečňuje 1x za tři dny. Kompostování probíhá v hale o ploše 528 m², která je vybavena aerační podlahou se zabudovanými provzdušňovacími kanálky, pomocí nichž je vzduch nasáván přes kompost odshora dolů k podlaze a potom dále do filtrační čistící jednotky vně kompostárny. Oběh vzduchu je zajištěn pomocí vzduchotechniky a vývěvy situované před čistící filtrační jednotkou. Při kompostování se používá zakládka trojúhelníkového nebo lichoběžníkového průřezu s výškou od 2,5 do 4 m, která je zvlhčována pomocí sprinklerového zařízení umístěného pod stropem haly. Po dokončení kompostovacího procesu je kompost převezen nakladačem na dozrávací plochu do lichoběžníkového tvaru, která je nezakryta a zabezpečená odkanalizováním. Zde se ponechá po dobu min. 14 dnů od poslední překopávky. Před expedicí hotového kompostu z dozrávací plochy je kompost ovzorkován a je posouzena jeho kvalita dle ČSN 46 5735 Průmyslové komposty. [18]

Obr. 4.8: Kompostování v hale (ilustrační foto) [19]



4.6 Monitoring a zabezpečení zařízení

Celé zařízení je monitorováno automatickým systémem SCADA. Jedná se o kontrolní software, který umožňuje zobrazení aktuálního stavu jednotlivých částí technologie anaerobní digesce na monitoru počítače v řídicí místnosti. Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.4, bio-

plyn dosahuje ve fermentorech v normálních podmínkách provozu tlakových poměrů 45 mbar. Pokud je tlak překročen, otevře se automaticky tlakový uzávěr, nastavení je provedeno SCADA systémem a je obvykle dáno v rozmezí 50 – 55 mbar. Pokud by vznikla závada a bezpečnostní systém by nemohl fungovat, tlaková pojistka zajistí, aby nebyl překročen tlak 60 mbar. Tento systém pracuje jako „přirozené zařízení“ na fyzikálním principu, které vyrovnává hladinu vodního sloupce a je to nejbezpečnější systém pro vybavení pojistných cest v silách. Stejně tak je silo vybaveno hlídáním podtlaku (riziko imploze). Pneumatický ventil se otevře i v tomto případě a vyrovná tlak v síle. Dostatečný tlak v síle je 0 mbar (atmosférický tlak). Pojistný ventil je nastaven na hodnotu sepnutí -5 mbar. [18]

Za výpustí bioplynu u sila je nainstalován protivýbušný systém, který chrání silo v případě výbuchu. Sila mají dvě výpusti bioplynu a každé z nich je vybaveno protivýbušným uzávěrem. Hlavní linie je běžně otevřená, zatímco sekundární linie je uzavřena pneumatickým motýlovým uzávěrem. V případě, že tlak překročí hodnotu 15 mbar, pojistný ventil sekundární linie se otevře a umožní průchod bioplynu přes tuto linii. Pojistný ventil je chráněn dvojitým motýlovým ventilem, aby byla zajištěna jeho čistota v případě, že není používán. Měřené průtoky bioplynu jsou přenášeny do systému SCADA. [18]

Plynojem je vybaven bezpečnostním ventilem (kapalinová pojistka), která rovněž pracuje jako přirozené zařízení stejně jako systém pojistného ventilu u obou sil. Plynový analyzátor monitoruje kvalitu vzduchu mezi oběma membránami a přítomnost CH_4 je ihned indikována spuštěním alarmu (detekce netěsnosti pláště). [18]

Za plynojemem je bioplyn kontrolován přes motorem ovládaný ventil vedle fléry, kde je také instalován manuální pojistný ventil. Před motory je protizášlehová klapka pro ochranu motorů a plynojemu. Systém pojistných ventilů zabraňuje zpětnému průtoku bioplynu do plynojemu a z plynojemu do fermentorů. Kvalita bioplynu je měřena a kontrolována analyzátory umístěnými v plynových motorech. [18]

5 Zhodnocení produkce bioplynu

5.1 Potenciál produkce bioplynu v ČR

Produkce bioplynu se v ČR rozvíjela hlavně díky zpracování čistírenských kalů a odplyňování skládek KO. Potenciál produkce bioplynu z těchto materiálů tvoří 138 mil. m³.rok⁻¹ a je využit z přibližných 80 %. Největší potenciál produkce bioplynu tvoří zemědělské obnovitelné suroviny (zvířecí fekálie, rostlinná biomasa), v tomto případě činí přibližně 485 mil. m³.rok⁻¹. Zemědělské BPS naplňují tento potenciál z 16,4 %. V případě bioodpadů z komunální sféry činí potenciál produkce bioplynu 140 mil. m³.rok⁻¹ a ten je využit z pouhých 5,5 %. Souhrn ročního potenciálu produkce bioplynu z různých zařízení uvádí tab. 5.1. [20]

Tab. 5.1: Roční potenciál produkce a energetického využití bioplynu [20]

Položka	Jednotka	ČOV ko- munální	ČOV prů- myslové	BPS ze- mědělské	BPS ko- munální	Skládky	Celkem
Dostupný potenciál							
produkce bioplynu	mil. m ³	69	7	485	140	69	780
produkce el. energie	GWh	89	7	753	218	100	1 167
produkce tepla	TJ	870	110	2 900	847	94	4 821
počet zařízení	ks	110	27	365	125	60	687
Rok 2007 – skutečnost							
produkce bioplynu	mil. m ³	54,4	3,2	19,9	6,6	65,1	150,5
produkce el. energie	GWh	70,9	3,3	30,9	10,3	97,8	215,2
produkce tepla	TJ	695,6	53,5	119,8	39,9	92,0	1 009,2
počet zařízení	ks	96	13	15	6	57	187
Rok 2009 – odhad							
produkce bioplynu	mil. m ³	55,0	3,9	79,6	7,7	67,4	213,6
produkce el. energie	GWh	71,6	4,1	124,1	12,0	101,2	313,0
produkce tepla	TJ	702,7	65,8	454,0	46,5	95,2	1 364,2
počet zařízení	ks	97	16	125	7	59	304

V současné době je v ČR provozováno pouze devět komunálních BPS s celkovým elektrickým výkonem 6,4 MW. Optimálním stavem pro tyto BPS by bylo zpracovávat již vytríděné BRO, které zahrnují především kuchyňské odpady, odpady z údržby zeleně a VPŽP. Bohužel většina těchto odpadů končí ve směsném KO a posléze na skládce nebo v odpadní vodě prostřednictvím kuchyňských drtičů. Další rozvoj výstavby komunálních BPS je závislý na plošném separovaném sběru BRO a s tím související osvětou obyvatel a jejich motivací a v neposlední řadě možností získání dotací ze státních a evropských fondů.

5.2 Ekonomika komunálních BPS

Základním předpokladem pro úspěšnou výstavbu a provoz komunální BPS je provedení ekonomické analýzy projektu. Na jedné straně jsou uvažovány náklady investiční a provozní a na straně druhé příjmy z provozu. Na návratnost investic má nemalý vliv výše nenávratné dotace. Jedná se o finanční podporu z operačních programů na využití obnovitelných zdrojů energie.

Návratnost investice lze spočítat podle jednoduchého vzorce: [8]

$$D = \frac{I}{P_r - N_{pr}} \quad (5.2.1)$$

kde: D – návratnost investice (roky)

I – náklady na pořízení investice (Kč)

P_r - průměrné roční příjmy (Kč.rok⁻¹)

N_{pr} – roční provozní náklady (Kč.rok⁻¹)

- Investiční náklady

Investiční náklady při výstavbě zemědělské BPS střední velikosti s technologií mokré fermentace se pohybují okolo 100 tis. Kč na 1 kW instalovaného elektrického výkonu. Při realizaci komunální BPS zpracovávající BRKO je třeba uvažovat ještě další technologické celky nezbytné pro provoz zařízení. Mezi tyto celky patří např. hala pro příjem odpadů vybavená vzduchotechnikou a biofiltrem, linka separace odpadů, linka hygienizace, apod. V tomto případě rostou investiční náklady i na více než dvojnásobek a lze je odhadovat okolo 200 až 250 tis. Kč na 1 kW instalovaného elektrického výkonu. Obecně platí, že čím menší stanice, tím větší měrné investiční náklady. [20]

- Provozní náklady

Náklady na provoz komunální BPS jsou opět vyšší než náklady na zemědělskou BPS. Příčinou je komplikovanější provoz a přísnější legislativní podmínky provozu. Mezi provozní náklady lze zahrnout především: náklady na obsluhu zařízení, náklady na servis a opravy zařízení, nájmy, odpisy, apod. Tyto náklady se mohou pohybovat i v řádech několika milionů Kč ročně. [20]

- **Příjmy z provozu**

Příjmy z provozu BPS jsou tvořeny především příjmem za využití nebo zpracování odpadů, z prodeje elektřiny a z prodeje tepla. Ceny za využití nebo zpracování odpadů se neustále mění podle aktuální situace na trhu. U prodeje elektřiny jsou možné dvě varianty: lze uplatnit garantovanou výkupní cenu stanovenou Energetickým regulačním úřadem (ERÚ), která činí $3\,550 \text{ Kč} \cdot \text{MWh}^{-1}$ pro komunální BPS nebo využít tzv. zelených bonusů. V případě výroby tepla je možné zažádat o podporu tzv. kombinované výroby u Ministerstva průmyslu a obchodu. [20]

5.3 Bioplyn a životní prostředí

Metan (CH_4) ani oxid uhličitý (CO_2) nejsou toxické plyny, takže v ideálním složení je bioplyn vlastně neškodný. U obou majoritních složek se jedná o nedýchatelné plyny, které způsobují udušení a metan je navíc výbušný při koncentracích 5 až 15 %. Avšak bioplyn toxický být může a to díky jediné sloučenině, kterou je sulfan (H_2S). [14]

Sulfan je bezbarvý plyn o málo těžší než vzduch charakteristického zápachu po shnilých vejcích a už v malých koncentracích působí škodlivě na většinu živočichů. Projevuje se jako nervový jed, který paralyzuje nervový systém a k smrti dochází zástavou dýchání. Nebezpečné jsou už koncentrace od $100 - 140 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Sulfan se výjimečně objevuje i na skládkách TKO, kde může být vypuzován z výluhové vody společně s CO_2 a může být potenciálním nebezpečím pro zaměstnance skládky nebo faunu žijící v okolí skládky. [11]

Oxid uhličitý je bezbarvý těžký plyn bez zápachu s typickým projevem kyselosti na sliznicích s dráždivými účinky na dýchací ústrojí. Nebezpečný je hlavně tím, že se jako velmi těžký plyn hromadí u země a při koncentracích větších než 7 – 10 % může vést k bezvědomí a následně až k smrti udušením. Dusivé účinky přebytku CO_2 byly prokázány i u rostlin v okolí skládek TKO. Poškození rostlin se projevuje zejména chlorózou, ztrátou listů, usycháním větví, ale i trpasličím růstem, povrchově a těsně podpovrchově rostoucími kořeny. Stromy s trpasličím růstem lze spatřit na místech bývalých skládek, kde proběhla rekultivace a snaha o zalesnění tělesa. [11]

Metan a oxid uhličitý jsou jedny z nejvýznamnějších tzv. skleníkových plynů, které přispívají k tolik diskutabilnímu globálnímu oteplování. Metan zachycuje až 30 krát více tepla než CO_2 . Přírodními zdroji metanu jsou především anaerobní procesy probíhající v močálech,

v žaludcích přežvýkavců, ale také úniky z oceánů a termitišť. Antropogenní zdroje metanu se odhadují na zhruba dvojnásobný podíl oproti zdrojům přírodním a podle US TPA ve struktuře antropogenních emisí skleníkových plynů je obsah CO₂ tvořen z 66 % a obsah CH₄ z 18 %.

Skladba antropogenních zdrojů metanu je odhadována následovně: [11]

- | | |
|---|------|
| ○ těžba uhlí, zemního plynu a ropný průmysl | 28 % |
| ○ střevní fermentace hospodářských zvířat (hlavně skot) | 23 % |
| ○ rozklad odpadů (skládky, kaly) | 21 % |
| ○ biologická produkce z rýžových polí | 17 % |
| ○ rozklad biomasy z jiných antropogenních činností | 11 % |

Negativní důsledek na životní prostředí spalováním fosilních paliv a s tím spojenou jejich těžbou, ale také rozkladem biodegradabilních odpadů na skládkách TKO, lze zmírnit využitím obnovitelných zdrojů energie, mezi které se reaktorový bioplyn řadí. Využitím BRKO k výrobě bioplynu a následné produkci elektrické a tepelné energie nesnížíme pouze množství skleníkových plynů, které se uvolňují při jejich rozkladu, ale ušetříme neobnovitelné zdroje energie pro další generace a zredukujeme množství skládek TKO na minimum. Tím můžeme docílit požadavků stanovených směrnicí Rady 1999/31/ES o skládkách odpadů, podle které už v roce 2013 smí maximální podíl rozložitelné složky uložené na skládky činit nejvíce 50 % hmotnostních z celkového množství BRKO vyprodukovaného v roce 1995. V opačném případě čekají ČR sankce za nesplnění těchto cílů.

Závěr

Náplní této práce je seznámení se s problematikou zpracování biologicky rozložitelných komunálních odpadů. Zejména se seznámit s legislativním prostředím v ČR a EU, charakteristikou biodegradabilních odpadů, technologií a technikou anaerobního zpracování těchto odpadů včetně popisu technologické linky pro jejich zpracování a provést zhodnocení produkce bioplynu s ohledem na životní prostředí.

V závislosti na ochraně životního prostředí a zdraví lidí je kladen stále větší důraz na využívání biologické složky odpadů, ve které se skrývá významný energetický potenciál. Důsledkem bylo stanovení cílů pro postupné omezování skládkování biologicky rozložitelné složky směrnicí Rady 1999/31/ES o skládkách odpadů. Odklonění BRKO ze skládek a jeho zpracování anaerobní fermentací výrazně omezuje narůstající skleníkový efekt a s tím spojené klimatické změny. Výroba reaktorového bioplynu a jeho následná konverze na elektrickou energii nemá vliv pouze na eliminaci skleníkových plynů, ale zvyšuje i úsporu neobnovitelných zdrojů energie a samozřejmě může posílit energetickou bezpečnost státu.

Bariérou dalšího rozvoje je zatím nedostatečná podpora komunálních BPS, což je zřejmé i z počtu provozovaných zařízení tohoto typu. V ČR je provozováno pouze devět komunálních BPS, zatímco zemědělských BPS je provozováno více než 140. Investiční náklady na výstavbu komunální BPS jsou vlivem nutnosti vybudování třídících linek, hygienizačních zařízení, filtračních zařízení, apod. i více než dvakrát vyšší než na výstavbu zemědělské BPS. Rovněž provozní náklady jsou vyšší z důvodu komplikovanějšího provozu a přísnějších předpisů. Přesto státem garantované výkupní ceny elektřiny dodávané do sítě jsou u BPS komunálních nižší než u zemědělských.

Jak vyplývá z hodnocení produkce bioplynu v této práci, je pokrytí BPS pro zpracování BRKO v ČR velice nepatrné a celkový potenciál využit podle odhadů jen z pouhých 5,5 %. Do budoucna je nutné provést několik důležitých opatření pro podporu rozvoje výstavby zařízení zpracovávajících BRKO. Jedním z nich by mohlo být zvýšení výkupní ceny elektřiny vyrobené v komunálních BPS dodávané do sítě. Dalším krokem by mohlo být zavedení plošné separace bioodpadů a tím snížení nákladů spojených s jejich úpravou před zpracováním. Pro řádné provádění separace BRO je nezbytná důsledná osvěta obyvatel a jejich motivace. Tato opatření by se projevila snížením množství BRKO uložených na skládkách a následnou eliminací nepříznivých účinků na životní prostředí.

Seznam použité literatury

- [1] Směrnice Rady 1999/31/ES ze dne 26. dubna 1999 o skládkách odpadů [online]. [cit.2011-11-18]. Dostupné z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:04:31999L0031:CS:PDF>>
- [2] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 ze dne 21. října 2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě, a o zrušení nařízení (ES) č. 1774/2002 (nařízení o vedlejších produktech živočišného původu) [online]. [cit.2011-11-28]. Dostupné z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:300:0001:0033:CS:PDF>>
- [3] Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech a změně některých dalších zákonů [online]. [cit.2011-11-18]. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/\\$file/185-01%20-%20odpady.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/$file/185-01%20-%20odpady.pdf)>
- [4] Vyhláška MŽP č.381/2001 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) [online]. [cit.2011-11-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/744b4ecf4745be95c12570060044610a?OpenDocument>>
- [5] Vyhláška MŽP č.341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady) [online]. [cit.2011-11-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/5d5bc2d98306d4fec125770600325b84?OpenDocument>>

- [6] Nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky [online]. [cit.2011-11-18]. Dostupné z WWW:
<<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/9f15494cd6be130ec125768600324768?OpenDocument>>
- [7] Pátá hodnotící zpráva o plnění nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky za rok 2009 [online]. [cit.2011-11-30]. Dostupné z WWW:
<[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/plneni_narizeni_vlady/\\$FILE/OODP-Pata_hodnotici_zprava_o_plneni_POH-20110525.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/plneni_narizeni_vlady/$FILE/OODP-Pata_hodnotici_zprava_o_plneni_POH-20110525.pdf)>
- [8] PASTOREK, Z. - KÁRA, J. - JEVIČ, P. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC PUBLIC, 2004. 288 s. ISBN 80-86534-06-5.
- [9] JUCHELKOVÁ, D. *Likvidace a využití odpadů*. 1. vydání. Ostrava: VŠB Technická Univerzita Ostrava, 2000. 76 s. ISBN 80-7078-747-3.
- [10] ALTMAN, V. - VACULÍK, P. - MIMRA, M. *Technika pro zpracování komunálního odpadu*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010. 120 s. ISBN 978-80-213-2022-2.
- [11] STRAKA, F. et.al. *Bioplyn: příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů*. 2. rozšířené a doplněné vydání. Říčany: GAS s.r.o., 2006. 726 s. ISBN 80-7328-090-6.
- [12] *Výstavba komunálních bioplynových stanic s využitím BRKO*. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2009. [online]. [cit. 2011-12-02]. Dostupné z WWW:
<http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/20/6193-08_2009_bioplyn_web.pdf>
- [13] VÁŇA, J. *Mechanicko - biologická úprava odpadů*. Biom.cz [online]. 2003-04-10 [cit. 2011-12-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mechanicko-biologicka-uprava-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.
- [14] MALAŤÁK, J. – VACULÍK, P. *Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství: Zpracování biologicky rozložitelných odpadů*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 180 s. ISBN 978-80-213-1747-5.

- [15] VÁŇA, J. *Bioplynové stanice na využití bioodpadů*. Biom.cz [online]. 2010-05-10 [cit. 2011-12-20]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-na-vyuziti-bioodpadu>>. ISSN: 1801-2655.
- [16] SCHULZ, H. – EDER B. *Bioplyn v praxi: Základy, Plánování, Stavba zařízení, Příklady*. Přel. M.Šedivá, 1. české vydání. Ostrava: nakladatelství HEL, 2004. 168 s. ISBN 80-86167-21-6.
- [17] PLÍVA, P. et.al. *Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky Praha, 2006. 48 s. ISBN 80-86884-11-2.
- [18] ADOS, *Provozní řád zařízení pro zpracování biologicky rozložitelných odpadů*. 2010. 128 s.
- [19] PLÍVA, P. *Plochy vhodné pro kompostování v pásových hromadách*. Biom.cz [online]. 2010-08-11 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/plochy-vhodne-pro-kompostovani-v-pasovych-hromadach>>. ISSN: 1801-2655.
- [20] *Bioodpad – Bioplyn – Energie*. [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.odpadoveforum.cz/prilohy/Priloha4.pdf>>

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Seznam BRKO s procentuelním podílem biologicky rozložitelné složky

Tabulka 2.2: Produkce odpadů v ČR v letech 2005-2009

Tabulka 3.1: Vybrané fyzikální vlastnosti bioplynu

Tabulka 4.1: Energetická bilance

Tabulka 5.1: Roční potenciál produkce a energetického využití bioplynu

Seznam obrázků

Obrázek 3.1: Schéma vzniku bioplynu

Obrázek 3.2: Schéma změn složení bioplynu při náběhu fermentace

Obrázek 3.3: Schéma strojní linky pro anaerobní fermentaci

Obrázek 3.4: Závislost teploty na době kompostování pro „Průmyslové komposty“

Obrázek 3.5: Kompostování na volné ploše

Obrázek 4.1: Příjmová hala s trhačem pytlů

Obrázek 4.2: Rotační síto

Obrázek 4.3: ADOS mlýn s drtičem

Obrázek 4.4: Pasterizační jednotky

Obrázek 4.5: Vyhnívací síla

Obrázek 4.6: Membránový plynojem

Obrázek 4.7: Kogenerační jednotky

Obrázek 4.8: Kompostování v hale

Seznam použitých zkratk

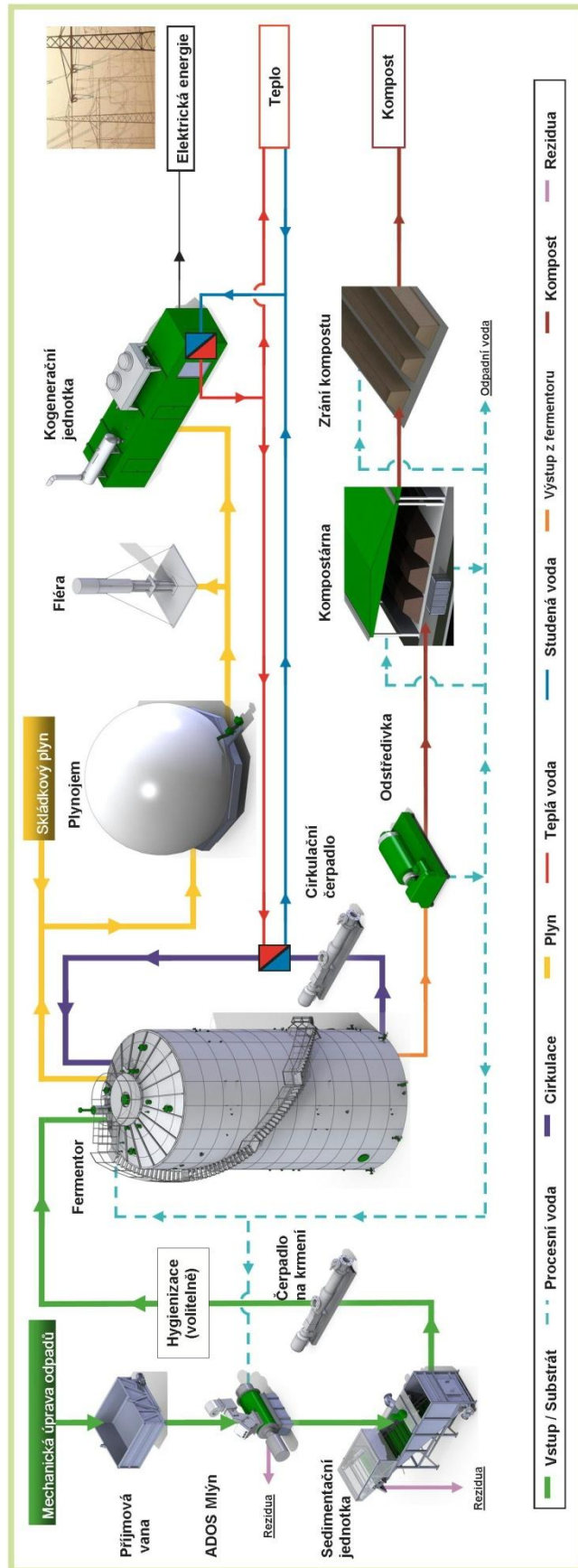
BPS	Bioplynová stanice
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
BRO	Biologicky rozložitelný odpad
ČOV	Čistírna odpadních vod
ERÚ	Energetický regulační úřad
ISOH	Informační systém odpadového hospodářství
KGJ	Kogenerační jednotka
KO	Komunální odpad
MBÚ	Mechanicko biologická úprava
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
POH	Plán odpadového hospodářství
TKO	Tuhý komunální odpad
VPŽP	Vedlejší produkt živočišného původu

Seznam příloh

Příloha 1: Technologické schéma systému ADOS

Příloha 2: Seznam povolených odpadů pro zpracování v BPS

Příloha 1: Technologické schéma systému ADOS



Příloha 2: Seznam povolených odpadů pro zpracování v BPS

02 01 01	Kaly z praní a čištění
02 01 03	Odpad rostlinných pletiv
02 01 06	Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalné odpady, soustřeďované odděleně a zpracované mimo místo vzniku
02 01 07	Odpady z lesnictví
02 02 01	Kaly z praní a z čištění
02 02 03	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 02 04	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 03 01	Kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace
02 03 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 03 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 04 01	Zemina z čištění a praní řepy
02 04 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 05 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 05 02	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 06 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 06 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 07 01	Odpady z praní, čištění a mechanického zpracování surovin
02 07 02	Odpady z destilace lihovin
02 07 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 07 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
03 01 01	Odpadní kůra a korek
03 01 05	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy neuvedené pod číslem 03 01 04
03 03 01	Odpadní kůra a dřevo
03 03 07	Mechanicky oddělený výmět z rozvlákňování odpadního papíru a lepenky
03 03 08	Odpady z třídění papíru a lepenky určené k recyklaci
03 03 09	Odpadní kaustifikační kal
03 03 10	Výmětová vlákna, kaly z mechanického oddělování obsahující vlákna, výplně a povrchové vrstvy z mechanického třídění

03 03 11	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
04 01 01	Odpadní klišovka a štípenka
04 01 07	Kaly neobsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
04 02 10	Organické hmoty z přírodních produktů (např. tuk, vosk)
04 02 20	Jiné kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod číslem 04 02 19
04 02 21	Odpady z nezpracovaných textilních vláken
04 02 22	Odpady ze zpracovaných textilních vláken
16 03 06	Organické odpady neuvedené pod číslem 16 03 05 (např. zkažená krmiva, zbytky krmiv, zkažené nemořené osivo)
19 05 03	Kompost nevyhovující jakosti
19 06 04	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování komunálního odpadu
19 06 05	Extrakty z anaerobního zpracování odpadů živočišného a rostlinného původu
19 06 06	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování živočišného a rostlinného původu
19 08 05	Kaly z čištění komunálních odpadních vod
19 08 12	Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 11
19 08 14	Kaly z jiných způsobů čištění průmyslových vod neuvedené pod čís. 19 08 13
19 09 01	Pevné odpady z primárního čištění (z česlí a filtrů)
19 09 02	Kaly z čiření vody
19 09 03	Kaly z dekarbonizace
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
20 01 25	Jedlý olej
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad
20 03 02	Odpad z tržišť