

# **Bioplynové stanice – suchá anaerobní fermentace**

Šárka Dvorníková

---

Bakalářská práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí  
akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Šárka Dvorníková  
Osobní číslo: T14150  
Studijní program: B2808 Chemie a technologie materiálů  
Studijní obor: Inženýrství ochrany životního prostředí  
Forma studia: kombinovaná  
Téma práce: Bioplynové stanice – suchá anaerobní fermentace

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární rešerši na téma bioplynové stanice.
2. Zaměřte se na tzv. "suchou" anaerobní fermentaci.
3. Porovnejte výhody a nevýhody této metody s klasickými bioplynovými stanicemi.
4. Získané informace zpracujte ve formě bakalářské práce.



Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

STRAKA F.; a kol.: Bioplyn . 1.vyd. Říčany: GAS s.r.o., 2003, ISBN 80-7328-029-9.  
POSPÍŠIL, Lukáš: Výzkum ?suché? anaerobní fermentace různých druhů biomasy za účelem výroby bioplynu. Biom.cz [online]. 2011-10-24 [cit. 2016-02-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyzkum-suche-anaerobni-fermentace-ruznych-druhu-biomasy-za-ucelem-vyroby-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Marie Dvořáčková, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

3. února 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

18. května 2017

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
děkan



prof. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.  
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: DVORNÍKOVÁ Šárka

Obor: IOŽP

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 5.5.2014

Dvornikova Šárka

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, apisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezahnuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Tato práce je zaměřena na bioplynové stanice, jejich druhy a typy anaerobní fermentace, které mohou používat. První část práce je zaměřena na anaerobní fermentaci, její fáze a faktory mající vliv na její průběh.

Druhá část je věnována bioplynovým stanicím, jejich dělení, vstupům a výstupům, vlivu bioplynových stanic na životní prostředí.

V třetí části jsou popsány bioplynové stanice využívající metodu suché anaerobní fermentace. Konkrétně bioplynová stanice FORTEX AGS, a.s. Šumperk, ODAS Žďár nad Sázavou a DEPOS Horní Suchá a.s.

Klíčová slova:

Anaerobní fermentace, metan, bioplyn, bioplynová stanice, digestát, perkolát, fermentát, fermentor, biomasa, biologicky rozložitelný odpad, biologicky rozložitelný komunální odpad, kompostování

## **ABSTRACT**

This work focuses on biogas stations, their types and types of anaerobic fermentation they can use. The first part of the thesis focuses on anaerobic fermentation, its phase and factors influencing its course.

The second part is devoted to biogas stations, their division, inputs and outputs, the influence of biogas stations using the dry anaerobic fermentation method. More specifically, the biogas station FORTEX AGS, a.s. Šumperk, ODAS Žďár nad Sázavou and DEPOS Horní Suchá a.s.

Keywords:

Anaerobic fermentation, methane, biogas, biogas plant, digestate, percolate, fermentate, fermenter, biomass, biodegradable waste, biodegradable municipal waste, composting

Ráda bych poděkovala Ing. Marii Dvořáčkové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při psaní mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

ÚVOD.....	10
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1 ANAEROBNÍ FERMENTACE .....</b>	<b>12</b>
1.1 HISTORIE .....	12
1.2 ANAEROBNÍ ORGANISMY .....	13
1.3 FÁZE ANAEROBNÍ FERMENTACE .....	13
1.3.1 Hydrolyza .....	14
1.3.2 Acidogeneze .....	14
1.3.3 Acetogeneze .....	14
1.3.4 Metanogeneze.....	14
1.4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ANAEROBNÍ FERMENTACI.....	16
1.4.1 Živiny .....	16
1.4.2 pH.....	16
1.4.3 Teplota.....	16
1.4.4 Poměr uhlík:dusík .....	16
1.4.5 Toxické a inhibující látky.....	17
<b>2 BIOPLYNOVÉ STANICE .....</b>	<b>18</b>
2.1 DĚLENÍ BIOPLYNOVÝCH STANIC .....	18
2.1.1 Dělení bioplynových stanic podle druhu vstupní suroviny .....	18
2.1.1.1 Zemědělské bioplynové stanice .....	18
2.1.1.2 Čistírenské bioplynové stanice .....	18
2.1.1.3 Ostatní bioplynové stanice.....	18
2.1.2 Dělení bioplynových stanic podle typu anaerobní fermentace.....	19
2.1.2.1 Mokrý anaerobní fermentace .....	19
2.1.2.2 Suchá anaerobní fermentace .....	21
2.2 VSTUPNÍ SUROVINY .....	23
2.2.1 Exkrementy hospodářských zvířat .....	23
2.2.2 Cíleně pěstovaná biomasa .....	24
2.2.3 Biologicky rozložitelné odpady.....	24
2.3 VÝSTUPNÍ PRODUKTY .....	24
2.3.1 Bioplyn .....	24
2.3.2 Digestát.....	25
2.3.2.1 Perkolát .....	25
2.3.2.2 Fermentát .....	25
2.4 VLIV BIOPLYNOVÝCH STANIC NA ŽIVOTNÉ PROSTŘEDÍ .....	26
<b>3 BIOPLYNOVÉ STANICE VYUŽÍVAJÍCÍ SUCHOU ANAEROBNÍ FERMENTACI.....</b>	<b>27</b>



3.1	ZKUŠENOSTI ZE SPOLKOVÉ REPUBLIKY NĚMECKO .....	27
3.2	BIOPLYNOVÉ STANICE VYUŽÍVAJÍCÍ SUCHOU ANAEROBNÍ FERMENTACI V ČESKÉ REPUBLICE (ČR) .....	28
3.2.1	FORTEX-AGS, a.s. Šumperk .....	28
3.2.2	ODAS Žďár nad Sázavou.....	29
3.2.3	DEPOS Horní Suchá, a.s.....	31
3.3	VYUŽITÍ POTRAVINÁŘSKÝCH ODPADŮ PRO VÝROBU BIOPLYNU METODOU SUCHÉ FERMENTACE V ČESKÉ REPUBLICE (ČR) .....	32
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>34</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>36</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>40</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>41</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>42</b>
	<b>PŘÍLOHA PI: SEZNAM ODPADŮ PŘIJÍMANÝCH DO BPS DEPOS HORNÍ SUCHÁ A.S.....</b>	<b>43</b>

## ÚVOD

Bioplyn není vynálezem moderní doby, ale naopak se jedná o látku vznikající prostřednictvím zcela obvyklých přírodních procesů. Ke vzniku bioplynu dochází při rozkladu organické hmoty bez přístupu kyslíku díky působení bakterií, kvasinek nebo hub. Ve volné přírodě je tento proces běžný jak v rašeliništích či na dně jezer, tak i v trávicím systému přežvýkavců.[1]

Slovo bioplyn je hojně používáno a víceméně zevšednělo laické i odborné veřejnosti. Co ale pojem bioplyn představuje? Současná technická praxe přiřadila termín „bioplyn“ výlučně pro plyný produkt anaerobní metanové fermentace organických látek. Obecně jde o plynou směs metanu a oxidu uhličitého.[2]

V současné době je bioplyn hojně využíván k výrobě elektřiny a tepla, možné je i jeho využití jako náhrady za zemní plyn. Bioplyn se vyrábí v bioplynových stanicích, které se dělí podle druhu biomasy, kterou využívají pro výrobu na zemědělské, čistírenské a ostatní.

Další možné dělení bioplynových stanic je podle způsobu, kterým probíhá fermentace. Ta může být mokrá nebo suchá. Bioplynových stanic, kde probíhá mokrá anaerobní fermentace je spousta a jejich provoz je dobře zvládnán. Bioplynových stanic, kde provádějí suchou anaerobní fermentaci, u nás mnoho není a jejich fungování ještě není zdaleka tak bez problémové jako u mokré anaerobní fermentace. V této oblasti je toho ještě mnoho ke zlepšování.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 ANAEROBNÍ FERMENTACE

## 1.1 Historie

Věrohodná a novodobá historie bioplynu začíná až těsně před koncem 19.stol. Od roku 1897 byly v anglickém městě Exeter čištěny odpadní vody v uzavřených septicích. Postupy anaerobního zpracování kalů se pak rychle rozšiřuje i do USA. Podle doporučení A.N.Talbota se vznikající bioplyn jímá a využívá k vytápění a ke svícení na čistírně odpadních vod. Na počátku 20.stol. vznikl design nových „vyhňivacích“ nádrží. Z roku 1903 jsou známy pokusy W.O.Travise s kontinuálním uspořádáním, které však nebyly aplikačně příliš úspěšné. Kolem roku 1905 vyvinul K.Imhoff dvouprostorovou nádrž s odděleným usazovacím a „vyhňivacím“ prostorem, která byla patentována roku 1907. Principem těchto nádrží byla separace toků kalu a vody tak, že zdržení zachycených kalů je vyšší a sedimentované kaly přitom podlehnou anaerobní fermentaci. Tento typ nádrží se rozšířil pod názvem „Emscherské studny“ anebo „Imhoffovy nádrže či usazováký“. První samostatné zařízení pro anaerobní vyhňívání uvedli do provozu O'Shaughessy a Watson roku 1910 v Birminghamu. Provozně úspěšný reaktor pro anaerobní digesci kalů z čistírny odpadních vod byl navržen a vybudován na ČOV v Essenu-Rellinghausenu v roce 1924. Tento reaktor byl tvořen vyhřívanou nádrží, přičemž k jejímu otopu byl používán vznikající bioplyn. Díky ohřevu byl proces rozkladu kalu přiveden k velmi vysoké intenzitě a tento způsob zpracování vod se začal rychle rozšiřovat. Současně se zhruba od poloviny dvacátých let 20. stol. začalo rychle šířit i využití bioplynu k pohonu elektrických motorgenerátorů a k pohonu vozidel. Od počátku 30. let rovněž začíná intenzivní výzkum procesu anaerobní fermentace. Nová vlna zájmu a rozšíření technického poznání je pozorovatelná těsně po skončení 2. sv. v.. Výzkum metagenů však také nezaháležel a Marvin P.Bryant uveřejnil v roce 1967 nové základní poznatky o metan produkujících anaerobech.

Základ bioplynných technologií jednoznačně vzešel z procesů čištění odpadních vod. Teprve technické úspěchy bioplynu v tomto oboru motivovaly snahy o rozšíření aplikace i na jiné organické substráty než na kaly z odpadních vod. Tak byly aplikovány procesy anaerobní digesce na nejrůznějších potravinářských i zemědělských odpadech.

Souběžně s vývojem reaktorových technologií pro anaerobní fermentaci organických odpadů byla v 60.-70.letech rozpoznána i nebezpečí plynoucí ze samovolné tvorby bioplynu ve skládkách komunálních odpadů.

Od 70.let se již technologie reaktorové anaerobní digesce neomezuje pouze na odpady, nýbrž je úspěšně ověřeno i biologické zplynění záměrně pěstované (tzv. energetické) biomasy, ať již se jedná o zelenou dužnatou biomasu (krmná kapusta, vodní hyacint apod.) anebo o dřevní prutovou anebo štěpkovou biomasu (většinou rychle rostoucí listnaté dřeviny). Současný stav poznání těchto procesů dokládá, že jako vstupní surovinu lze anaerobní fermentaci použít téměř libovolnou směs odpadů a biomasy. Technologickým omezením pro výběr komponent směsi je velmi málo, pokud jsou tyto složky biologicky rozložitelné. Potíže v procesu mohou působit buď materiály s baktericidními anebo antibiotickými účinky. Například jsou biologicky velmi obtížně rozložitelná dřeva s vysokými obsahy pryskyřic nebo může být rozkladný proces zpomalen přívodem antibiotik, například z hromadné medikace hospodářských zvířat.[2]

## 1.2 Anaerobní organismy

Anaerobní mikroorganismy produkující metan patří mezi nejstarší živé organismy na Zemi. Jejich různé druhy se stále a účinně samovolně množí, přestože jejich nároky na bezkyslíkaté prostředí jsou vždy vysoké a jejich citlivost na přítomnost kyslíku je někdy až extrémní. Pro všechny druhy metanogenních organismů je kyslík prudkým jedem a to i ve velmi nízkých koncentracích. Jejich přirozené přežívání je však dáno velmi těsnou symbiózou s mnoha jinými mikroorganismy, které jsou ve svých životních funkcích s metanogeny neoddělitelně spjaty. Nikde v přírodě nelze nalézt metanogenní kultury jako samostatná společenství, neboť tyto mikroorganismy se úspěšně množí právě jen ve směsných kulturách, v nichž jim jejich symbionty zajišťují nejen energetické zdroje, ale i trvale bezkyslíkaté prostředí. [2]

## 1.3 Fáze anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace je biologický proces rozkladu organické hmoty, probíhající za nepřístupu vzduchu. Tento proces probíhá přirozeně v přírodě např. v bažiništích, na dně jezer nebo např. na skládkách komunálního odpadu. Při tomto procesu směsná kultura mikroorganismů postupně v několika stupních rozkládá organickou hmotu. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem pro další skupinu. Proces můžeme rozdělit do 4 hlavních fází.[12]

### 1.3.1 Hydrolýza

Působením extracelulárních enzymů dochází mimo buňky k hydrolytickému štěpení makromolekulárních látek na jednodušší sloučeniny. Mezi štěpené makromolekulární rozpuštěné i nerozpuštěné organické látky patří například bílkoviny, polysacharidy, tuk, celulóza atd. Mezi nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě, které anaerobní bakterie vytvoří v průběhu hydrolyzní fáze patří monosacharidy, aminokyseliny, mastné kyseliny, voda, alkoholy. Při tomto procesu se rovněž uvolňuje  $H_2$  a  $CO_2$ . [12, 13, 14]

### 1.3.2 Acidogeneze

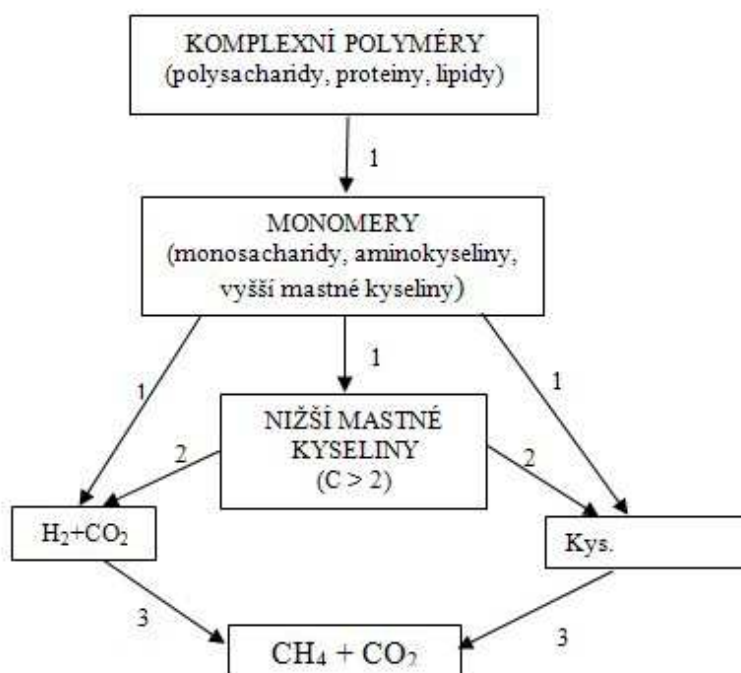
Acidogeneze (kyselá fáze) následuje bezprostředně po hydrolýze. Produkty hydrolýzy jsou zde vstupními materiály a budou štěpeny na ještě jednodušší organické látky, jako jsou kyseliny, alkoholy,  $CO_2$ ,  $H_2$ , apod. Fermentací těchto látek se tvoří řada konečných produktů. Tyto produkty jsou závislé nejen na charakteru původního substrátu, ale také na podmínkách prostředí za jakých proces probíhá. Při nízkém parciálním tlaku vodíku jsou produkovány hlavně kyselina octová,  $CO_2$ ,  $H_2$  a při vyšším parciálním tlaku vodíku jsou produkovány vyšší organické kyseliny, kyseliny mléčná, etanol apod. [14]

### 1.3.3 Acetogeneze

V této fázi probíhá oxidace produktů acidogeneze na  $CO_2$ ,  $H_2$  a kyselinu octovou. Kyselina octová je tvořena autogenní respirací  $CO_2$  a  $H_2$  homoacetogenními mikroorganismy. Účast těchto mikroorganismů produkujících vodík je nezbytná, protože rozkládají kyselinu propionovou a ostatní organické kyseliny, které jsou vyšší než octová, alkoholy a některé aromatické sloučeniny. Jsou zde zastoupeny i minoritní skupiny organismů (sulfátreduktanty, nitrátreduktanty) produkující vedle kyseliny octové a vodíku také sulfan a dusík. [13]

### 1.3.4 Metanogeneze

Je poslední fází procesu anaerobní fermentace. V této fázi jsou přítomny metanogenní bakterie, které rozkládají některé jednodušší látky jako je metanol, kyselina mravenčí, metylamin,  $CO_2$ ,  $H_2$  na  $CO$  a kyselinu octovou. Jsou nejdůležitější trofickou skupinou, mají specifické požadavky na substrát i životní podmínky a vedleacetogenů zpracovávajících kyselinu propionovou se často stávají limitujícím faktorem celého procesu. [13]



Obrázek 1 Schéma anaerobního rozkladu za tvorby bioplynu[14]

Bakterie metanogenní fáze lze rozdělit na pouze hydrogenotrofní nebo pouze acetotrofní, podle specifiky substrátu, který rozkládají. Acetotrofnímetanogenní bakterie rozkládají kyselinu octovou na směs metanu a  $\text{CO}_2$ , způsobují vznik více než  $2/3$  metanu v bioplynu. Ve srovnání s druhou skupinou pomaleji rostou (generační doba - několik dní). Hydrogenotrofnímetanogenní bakterie produkují metan z  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2$ . Rostou poměrně rychleji (generační doba – cca 6 hodin). V anaerobním procesu působí jako samoregulátor. Odstraňují z procesu vodík, jehož koncentrace by měla být při dobré činnosti mikroorganismů minimální. Vodíkem jsou nejvíce ovlivňovány acetogenní bakterie rozkládající kyselinu propionovou a máselnou. Pro tyto organismy je přítomnost hydrogenotrofních organismů životně důležitá.

Metanové bakterie jsou nejdůležitější metabolickou skupinou procesu metanizace. Tyto bakterie převádějí konečné produkty obsahující uhlík do plynné fáze a tím zakončují metabolický řetězec anaerobního rozkladu organických látek. Metanogenní bakterie ve své buněčné stěně neobsahují murein. Mají charakteristické složení 16S – RNA a unikátní složení lipidů cytoplasmatické membrány. Jsou fylogeneticky příbuzné s nejprimitivnějšími orga-

nismy na počátku života na Zemi. Vyžadují pro svůj růst nízký redoxní potenciál (okolo 330 mV).

Na základě tvorby metanu z různých známých substrátů bylo zjištěno, že pomocí těchto bakterií je energeticky nejméně výhodná reakce tvorby metanu z kyseliny octové. Na rychlost produkce metanu a na růstovou rychlost metanogeneze mají vliv rozdílné energetické výtěžky reakcí. Při růstu na kyselině octové je generační doba metanogenních bakterií 2 až 10 dní. Při růstu na vodíku s oxidem uhličitým je generační doba těchto bakterií 9 až 24 hodin. K inhibici kyselinou octovou může dojít v případě přítomnosti energeticky výhodných substrátů s obsahem vodíku a metanolu.[13]

## 1.4 Faktory ovlivňující anaerobní fermentaci

Každý proces je limitován určitými faktory. Tyto faktory je nutné dodržet, aby byla zaručena kvalita průběhu anaerobní fermentace.

### 1.4.1 Živiny

Potřebný poměr živin se udává jako CHSK:N:P v rozmezí 300:6,7:1. Vedle těchto prvků jsou neméně důležité také stopová množství některých prvků, která mohou zvyšovat metanogenní aktivitu např. Na, K, Ca, Se, Ni, Co, atd.[14]

### 1.4.2 pH

Hodnota pH je velice důležitá. Mikroorganismy jsou nejčastěji schopny růst v neutrální oblasti okolo 6,5 – 7,5, pod pH 6 a nad pH 8 je jejich činnost silně inhibována.

### 1.4.3 Teplota

Anaerobní procesy rozdělujeme podle optimální teploty pro mikroorganismy na psychrofilní (5 – 30°C), mezofilní (30 – 40°C), termofilní (45 – 60°C) a extrémně termofilní (nad 60°C). Nejběžnější aplikací jsou zatím procesy mezofilní při teplotě cca 38°C.

### 1.4.4 Poměr uhlík:dusík

Vhodný poměr C:N je udáván 20-35:1. V případě, že je organické hmoty v substrátu více, je vhodné, pro lepší průběh fermentačního procesu přidávat dusík.[27]



### 1.4.5 Toxické a inhibující látky

Inhibiční či toxické vlastnosti inhibitoru se projeví v závislosti na koncentraci inhibitoru, složení vstupného substrátu a mimo jiné i na adaptaci mikroorganismů na daný inhibitor.

Příklady nejčastějších inhibitorů:

Amoniak ( $\text{NH}_3$ ) – toxicita amoniaku je závislá na pH procesu (se stoupajícím pH stoupá i množství amoniaku) a poměru C:N (je-li tento poměr nízký dochází k vysoké produkci amoniaku), toxický je zejména pro metanogeny

Mastné kyseliny –základní meziprodukt anaerobní digesce, při přetížení reaktoru organickou hmotou dochází k tvorbě menšího množství kyseliny octové a máselné, naopak k vyšší tvorbě kyselin propionové, valerové a vyšších kyselin, což vede k výraznému snížení účinnosti procesu

Velikost částic – inhibičně mohou v procesu působit i částice o velikosti větší než 20 mm, a to tím, že jsou pro mikroorganismy hůře zpracovatelné. Ideální velikost částic z tohoto pohledu je maximálně 8 mm.

Sulfidy – toxická je především nedisociovaná forma  $\text{H}_2\text{S}$

Těžké kovy

Ionty alkalických kovů – Na, K, Mg, Ca, Al

Dezinfekční prostředky

Antibiotika – hlavně u prasečí a drůbeží kejdy

Insekticidy, herbicidy – např. na kůrách citrusů, slupkách ovoce a zeleniny

I přes často protichůdné závěry vědeckých prací na téma inhibitorů anaerobní fermentace je možné konstatovat, že anaerobní proces je adaptabilní a velmi rezistentní vůči inhibičním látkám, a to i ke koncentracím, které jsou toxické v jiných procesech.[28, 29]

## 2 BIOPLYNOVÉ STANICE

Bioplynové stanice (BPS) jsou složitá technologická zařízení určená pro vývoj metanové plynné směsi (bioplynu) za pomoci řízené anaerobní fermentace při zpracování biologicky rozložitelného materiálu a bioodpadu. Dělí se podle druhu biomasy, kterou pro výrobu využívají a podle typu anaerobní fermentace, kterou vzniká bioplyn.

Bioplynové stanice spadají mezi zdroje zelené energie a v České republice jsou finančně podporované státem, výstavbu nových výroben podporují dotacemi Ministerstvo zemědělství (MZ ČR), Ministerstvo životního prostředí (MŽP ČR) a Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky (MPO ČR). Výstavba nových bioplynových stanic je navíc součástí Národního akčního plánu pro energii z obnovitelných zdrojů, vypracovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu České republiky.[5]

### 2.1 Dělení bioplynových stanic

#### 2.1.1 Dělení bioplynových stanic podle druhu vstupní suroviny

##### 2.1.1.1 Zemědělské bioplynové stanice

Zemědělské BPS, často součástí zemědělských areálů, zpracovávají rostlinné suroviny (seno, plevy, sláma, zbytky obilovin, bramborová a řepná nať, travní biomasa apod.), suroviny živočišného původu (kejda, hnůj prasat, drůbeže, skotu apod.) a cíleně pěstovaná biomasa (energetické plodiny, jako je kukuřice, luční tráva, cukrová řepa apod.) V zemědělských BPS se nesmí zpracovávat odpady.

Zemědělské BPS jsou nejpočetnějším typem BPS v České republice.

##### 2.1.1.2 Čistírenské bioplynové stanice

Čistírenské BPS bývají součástí areálu čistíren odpadních vod (ČOV) a umožňují stabilizaci čistírenského kalu. Slouží jako součást kalového hospodářství čistíren. Využívají se pouze materiály jako čistírenské kaly, materiály žump, septiků a odpadní voda.

##### 2.1.1.3 Ostatní bioplynové stanice

###### 2.1.1.3.1 Průmyslové (odpadové) bioplynové stanice

Odpadové bioplynové stanice zpracovávají biologicky rozložitelný odpad (BRO). Mezi BRO patří například biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO), odpady z potravinářského průmyslu, maloobchodu – prošlé potraviny, zemědělské odpady, vedlejší produkty živočišné výroby (jateční odpad, masokostní moučka apod.)

#### 2.1.1.3.2 Skládkové bioplynové stanice

Skládkové BPS jsou zvláštní kapitola mezi BPS. Principiálně jde o zcela stejné procesy jako u reaktorové biometanizace, ovšem složení skládkových plynů bývá mnohem proměnlivější.

Jako skládkový plyn (LFG – LandfillGas) se označují veškeré plyny, které lze odsát či navzorkovat z tělesa skládky odpadů bez ohledu na to, zda obsahuje třeba jen 1 obj.% metanu a nebo i 10obj.% kyslíku. Kvalitní skládkový plyn se však svým složením velmi blíží reaktorovým bioplynům, především nízkými obsahy dusíku a velmi nízkými až nulovými obsahy kyslíku při majoritním zastoupení pouze metanu a oxidu uhličitého.[2]

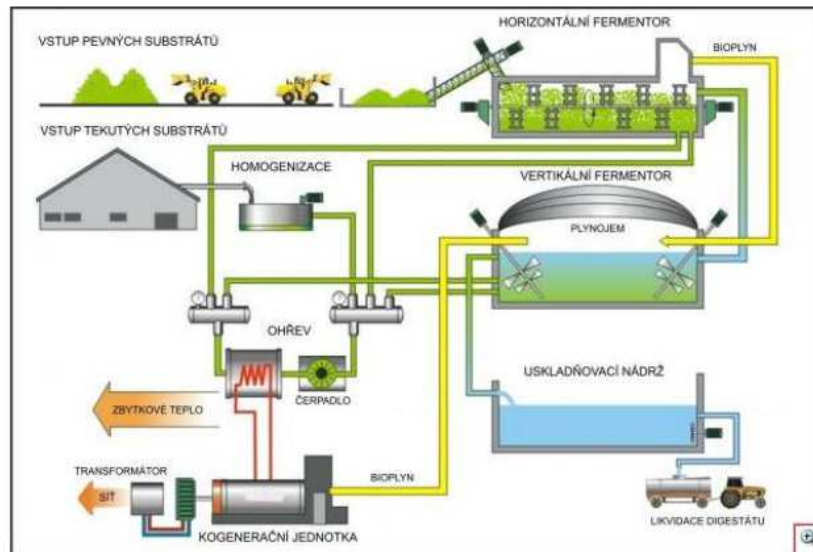
### 2.1.2 Dělení bioplynových stanic podle typu anaerobní fermentace

#### 2.1.2.1 Mokrý anaerobní fermentace

Pod pojmem mokrá anaerobní fermentace se ukrývá, v dnešní době hojně využívaný typ fermentace, který probíhá a využívá se ve většině BPS nejen v České republice. Jedná se o zpracování vstupního materiálu ve formě čerpatelné suspence s průměrnou sušinou do zhruba 12 %. V praxi to znamená, že materiály s vyšším obsahem sušiny (hnůj, podestýlka) se před vstupem do fermentoru ředí na odpovídající podíl sušiny kejdou nebo procesní vodou. Jedná se o kontinuální biologicky proces provozovaný ve velkých vzduchotěsných míchaných nádobách – fermentorech, tyto mohou být ležaté, svislé, případně v kombinaci. Do těchto nádob je prakticky kontinuálně dávkován substrát. Ve fermentorech je udržována stálá teplota kolem 35 °C při mezofilních podmínkách, nebo kolem 55 °C při termofilních podmínkách. Termofilní proces je charakterizován hlubším rozkladem organické hmoty, vyšší produkcí bioplynu, avšak i nižší stabilitou procesu.

Při zpracování biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) metodou mokré anaerobní fermentace je vždy nutná předúprava zpracovávaného bioodpadu drcením, případně dalším tříděním (separace anorganických částí, separace plastů apod.) eliminujícím

podíly nežádoucích příměsí. Například i nadměrný obsah slámy nebo dokonce podestýlka na bázi pilin může u mokrých technologií působit vážné provozní problémy. Tyto materiály mohou způsobovat ucpávání a nadměrné opotřebení čerpacích systémů (pískem, hlínou, kovy) nebo vytváření plovoucích vrstev v nádržích a znečištění výstupních digestátů (např. plasty). Dalším rizikem je kontaminace digestátu některými rizikovými prvky (Cu, Hg, As, apod.)[10, 19]



Obrázek 2 Bioplynová stanice využívající mokrou anaerobní fermentaci[19]

Výhody mokré anaerobní fermentace:

- Širší uplatnění, historicky rozšířenější
- Technicky propracovanější
- Dobře provozně prověřené
- Možnost využít tekuté materiály
- Stálá produkce bioplynu
- Homogenita výstupního digestátu

Nevýhody mokré anaerobní fermentace:

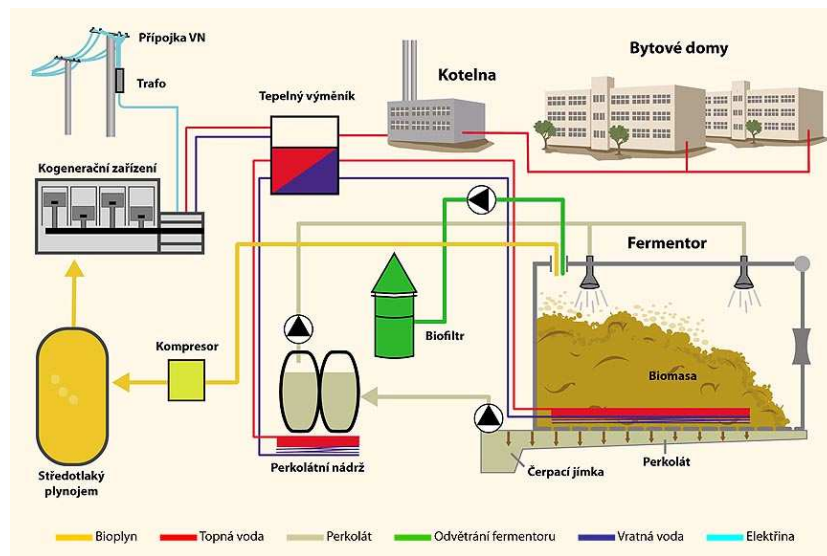
- Nutná a náročná předúprava vstupní biomasy
- Bohatší technologická výbava a příslušenství (např. míchadla, čerpadla, drtiče,...) zvyšují provozní náklady (spotřeba energie, servis, údržba)

- Více poruch
- Nutnost zabezpečení stálého přísunu substrátu (problém u biologicky rozložitelného komunálního odpadu s nerovnoměrností produkce)
- Produkce velkého množství kapalného výstupního digestátu[10]

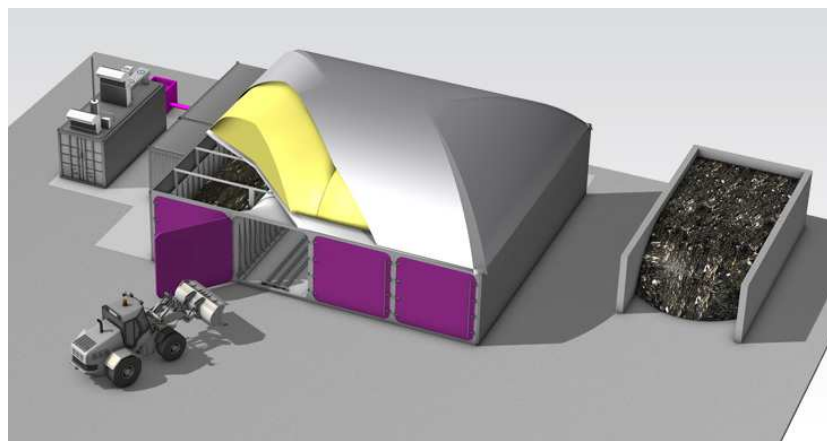
### ***2.1.2.2 Suchá anaerobní fermentace***

Suchá anaerobní fermentace je vývojově mladší než mokrá fermentace. Technologie pracuje se vstupními materiály bez větší potřeby ředící kapaliny s pracovní sušinou pohybující se v reaktorech v množství kolem 30 %. Dle obsahu sušiny ji lze ještě dále dělit na suchý proces (25 – 45 % sušiny) a vysokosušinový proces (nad 40 % sušiny). Suchá fermentace u tzv. garážových bioplynových stanic využívá diskontinuálního procesu, kdy je materiál nadávkován do paralelních fermentačních železobetonových boxů, následně je uzavřen a zahříván na provozní teplotu (obvykle cca 40 °C) za současného zkrápění procesní tekutinou (tzv. perkolátem) pocházející z výluhu z boxů.

Ve velmi krátké době dojde ke spotřebování kyslíku v boxu a za nepřístupu vzduchu probíhá anaerobní fermentace a produkce bioplynu. Boxů je navrženo obvykle několik vedle sebe a celková produkce bioplynu z celého zařízení je tak přes nerovnoměrnou produkci z jednotlivých boxů stálá. Bioodpad setrvává v boxu cca 20-40 dní, po této době již produkce bioplynu ustává. Následně je materiál vyskladněn a obvykle dokořpostován. Část se může vracet do boxu jako inokulum. Další metodou suché fermentace je např. zpracování v ležatých válcových reaktorech s pístovým tokem.[10, 19]



Obrázek 3 Bioplynová stanice využívající suchou anaerobní fermentaci [18]



Obrázek 4 Model bioplynové stanice využívající suchou anaerobní fermentaci [24]

Výhody suché anaerobní fermentace:

- Využití biomasy s vyšší sušinou
- Menší energetická náročnost (biomasa se v reaktoru nemíchá, ani se do něj nečerpá)
- Jednoduché zařízení biostatice
- Není nutné biomasu před vstupem do reaktoru ředit, rozmělnovat, třídit nebo jinak upravovat
- Možné využití suroviny s delší řezankou (tráva, travní senáž, slamnatý hnůj)
- V případě navedení nevhodného substrátu nehrozí kolaps celé stanice, vyveze se pouze jeden postižený fermentor a následně se naplní čerstvou biomasou

- Nižší poruchovost stanice (absence míchacího zařízení, čerpadel)
- Jednodušší obsluha (plnění reaktoru pouze jednou až dvakrát do týdne)
- Lze použít pro biomasy, pro které nelze použít mokrou metodu fermentace (např. nedokonale vytríděné bioodpady – příměsi dřeva, zeminy)
- Jednoduché rozšíření bioplynové stanice

Nevýhody suché anaerobní fermentace:

- O 10 – 15 % vyšší investiční náklady na výstavbu bioplynové stanice
- Nemožnost zpracovávat větší množství tekutých surovin (kejda, kaly v ČOV)
- Nevhodné pro materiály vyžadující hygienizaci (jateční odpady)
- Nerovnoměrná produkce bioplynu (vhodné postavit alespoň 4 fermentory)
- Náročnější řízení procesu (stanovení vhodné struktury a složení biomasy na počátku každého cyklu, předpokládané doby zdržení)
- Nižší výtěžnost bioplynu
- Nižší účinnost rozkladu
- Komplikovanější náběh technologie[10]

## 2.2 Vstupní suroviny

Vstupní surovinou pro BPS je biomasa. Tímto termínem je souhrnně označována hmota organického původu (rostlinného i živočišného). Jeden ze základních předpokladů pro správný a efektivní provoz BPS je optimální volba vstupních surovin. V BPS lze zpracovávat širokou škálu surovin a bioodpadů, i jinak obtížně zpracovatelných. Nejvyužívanější jsou cíleně pěstované plodiny, hnůj a kejda a ostatní biologicky rozložitelné odpady. [6]

### 2.2.1 Exkrementy hospodářských zvířat

Zvířecí exkrementy by měly být základem pro zemědělské BPS. Měrnou produkcí bioplynu patří exkrementy mezi podprůměrně vydatné materiály, ale zato vznikají na jednom místě v relativně velkém množství. Významné je, že součástí exkrementů jsou také kmeny bakterií podílející se na rozkladné reakci ve fermentoru a vzniku bioplynu. Jedná se o žádoucí mikroflóru, která je důležitá především i při zprovoznění BPS, neboť „oživuje reaktor“. [7]

### 2.2.2 Cíleně pěstovaná biomasa

Hojně se využívá cíleně pěstované kukuřičné, obilné siláže nebo cukrovky. Použití kukuřičné siláže se však osvědčilo nejvíce, díky vysoké úrovni šlechtění, moderní technologii sklizně a silážování. Mnohdy je ale pro provozovatele bioplynových stanic výhodné použití kombinace různých plodin, přičemž zajímavým dílčím zdrojem se jeví travní senáž, která však vyžaduje náročnější technologický postup na zpracování.[7]

### 2.2.3 Biologicky rozložitelné odpady

Materiály z potravinářského průmyslu většinou neobsahují nežádoucí příměsi a jsou velmi vhodné na výrobu bioplynu. Zpracování tříděných odpadů z domácnosti vyžaduje instalaci dodatečných technologií na mechanickou úpravu vstupů, které zajistí dostatečné odstranění nečistot (plasty, kovy apod.). Na druhou stranu jsou tyto vstupy energeticky zajímavé a jsou zdrojem příjmu za jejich zpracování. Na některé bioodpady živočišného původu se vztahuje Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002, které stanovuje hygienická pravidla na jejich zpracování. Tyto materiály musí před fermentací nebo následně projít tzv. hygienizační jednotkou. [7]

## 2.3 Výstupní produkty

Díky složitému procesu anaerobní fermentace se v reakčních nádržích tvoří bioplyn a digestát.

### 2.3.1 Bioplyn

Jedná se o bezbarvý, vysoce výbušný a dusivý plyn, se specifickým zápachem po sirovodíku. Měrná výhřevnost bioplynu se pohybuje, v závislosti na použité vstupní surovině, mezi 18- 25 MJ/m<sup>3</sup>, meze výbušnosti jsou v rozmezí 6-12 % a zápalná teplota je okolo 700 °C. Bioplyn je majoritně složen jen z metanu (CH<sub>4</sub>) a oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) v různých poměrech podle podmínek biometanizace a kvality substrátu. Minoritní složení bioplynu může být velmi pestré – mnoho skupin a typů derivátů - uhlovodíky alifatické, alicyklické, aromatické, alkoholy a thioly, aldehydy i ketony, karbonové kyseliny, estery, ethery i sulfidy a disulfidy, halogen deriváty chlorované, fluorované, bromované i jodované, furan a jeho deriváty.[2]



### **2.3.2 Digestát**

Zbytkový materiál, vytvořený procesem anaerobní fermentace. Lze jej využít jako organické hnojivo velmi bohaté na dusík. Digestát se dále upravuje na kapalnou část nazývanou fugát (perkolát) a tuhou část neboli separát (fermentát). Skladování tuhých i tekutých digestátů musí být prováděno podle Vyhlášky č. 274/1998 Sb. „o skladování a způsobu používání hnojiv“ za podmínek, jaké jsou vyžadovány pro hnůj a kejdu.[8]

#### **2.3.2.1 Perkolát**

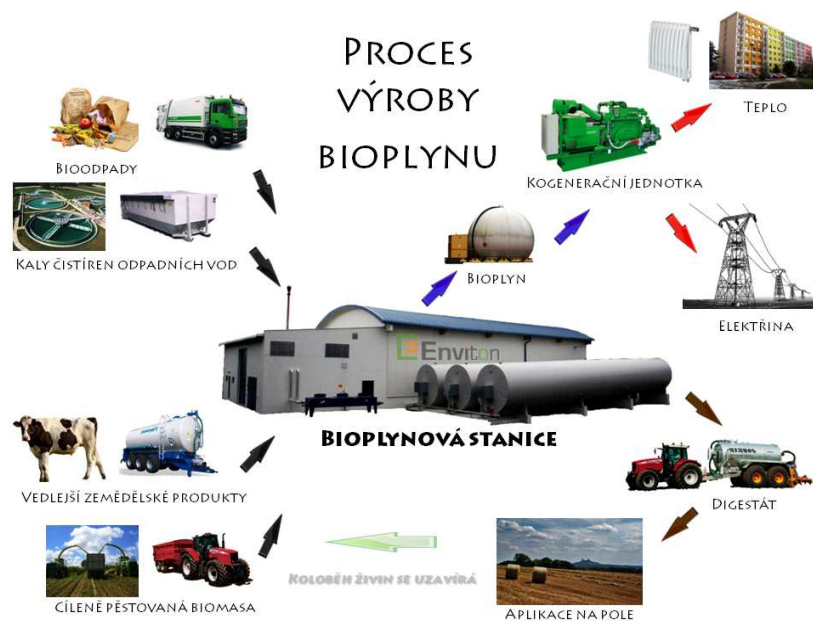
Kapalný zbytek po suché anaerobní fermentaci. Jde vlastně o „výluh“. Využívá se jako inokulum při sprchování nově navezeného substrátu do fermentoru, což vede jeho zaočkování. Většina je ho takto spotřebována a přebytek lze využít jako hnojivo.[30]

#### **2.3.2.2 Fermentát**

Pevný zbytek po fermentaci. Využívá se jako hnojivo nebo pro výrobu certifikovaných organo-minerálních hnojiv. Další možností je energetické využití jako paliva ve formě pelet. Jinou variantou je kompostování a následné využití takto vzniklého kompostu. Pro potřeby suché anaerobní fermentace je část fermentátu využívána jako očkovací médium pro čerstvý substrát.[30]

## 2.4 Vliv bioplynových stanic na životné prostředí

Při správně navržené technologii, dodržování provozních postupů a právních nařízení, převažují BPS pozitivní vlivy na životní prostředí. Je-li vše v pořádku, bioplynová stanice produkuje kvalitní hnojivo, elektřinu a teplo, bez dalšího zatížení životního prostředí. Vliv provozu bioplynových stanic na životní prostředí je posuzován podle Zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí. Pokud však není správně zvolená technologie provozu, zejména pak technologie skladování vstupních surovin, může docházet k negativním vlivům na okolí bioplynové stanice. Nejčastěji se jedná o možné úniky pachových látek, znečišťování okolí jako důsledek převozu a skladování vstupních surovin. Nárůst četnosti dopravní a manipulační techniky navíc zvyšuje zátěž místních komunikací, prašnost a samozřejmě také hlučnost. Proto je nutné brát ohled na místní rozptylové podmínky a situovat bioplynovou stanici co možná nejdále od obytných částí již při plánování umístění provozu.[9]



Obrázek 5: Schéma výroby bioplynu [13]

### 3 BIOPLYNOVÉ STANICE VYUŽÍVAJÍCÍ SUCHOU ANAEROBNÍ FERMENTACI

Přestože celková výroba elektřiny z bioplynu v České republice (ČR) roste, a odpady jsou jedním ze zdrojů bioplynu, podstatná část odpadů se stále nijak energeticky nevyužívá a končí na skládkách. Přitom BPS jsou ideální pro nakládání s biologicky rozložitelným odpadem (BRO). [19]

#### 3.1 Zkušenosti ze Spolkové republiky Německo

Německo je v oblasti BPS používajících metodu suché anaerobní fermentace na špici. Praktickou ukázkou využití BPS pro zpracování BRO je BPS v Passau.

Bioplynová stanice v Passau, zpracovává bioodpady pouze metodou suché anaerobní fermentace a je největší svého druhu v Německu. BPS je zde vhodně zakomponována do lokality, kde se poblíž nachází i několik kompostáren.

Zařízení zpracovává bioodpady ze svozové oblasti s asi 400 000 obyvateli a jeho zpracovatelská kapacita činí 39 000 tun/rok. Jedná se především o bioodpady z domácností, větších hotelů či restaurací a bioodpad z údržby zeleně. Průměrná výtěžnost z jedné tuny vstupního materiálu činí 115 m<sup>3</sup> a celkové množství zde vyrobeného bioplynu za rok činí 4,5 mil m<sup>3</sup>. Po přijetí BRO se tento proseje a podrtí na částice velikosti menší než 80 mm. Přitom se na bubnovém sítu oddělí neodbouratelné (nežádoucí) částice (např. plasty, kameny) a případné kovové kontaminanty jsou odděleny magnetickou jednotkou. Zbývající organický materiál podstupuje další drcení na velikost zrna menší než 50 mm. Takto upravený materiál se naváží do fermentoru. Fermentační jednotka je navržena jako třířadové zařízení, tzn., že materiál je zpracováván ve třech fermentorech, každý o kapacitě 950 m<sup>3</sup>. Proces fermentace probíhá nepřetržitě, s dobou zdržení materiálu ve fermentoru 21 dní. Pomalým otáčením míchadla ve fermentoru se dosáhne optimálních podmínek, které zaručují homogenizaci vsádky a tvorbu bioplynu. Jelikož je proces termofilní (teplota přibližně 55°C), dochází během něj k zneškodnění případných nežádoucích zárodků, mikroorganismů a semen plevelů.

Bioplyn vyrobený touto BPS je převeden na tepelnou a elektrickou energii v přílehlé kogenerační jednotce. Část tepla a elektrické energie se používá pro vlastní spotřebu BPS. Elektrická energie jde do veřejné sítě.

Na konci procesu je vzniklý digestát odstraněn z fermentoru a přímo transportován do šnekových lisů na dehydrataci. Pevná část se podrobí aerobnímu procesu kompostování. Kapalná část digestátu se částečně recykluje zpět do procesu a zbývající část je použita jako zemědělské hnojivo. V prostorách BPS je instalována biofiltrační jednotka, která eliminuje zápach, jež by mohl obtěžovat okolí.[16, 21]

## **3.2 Bioplynové stanice využívající suchou anaerobní fermentaci v České republice (ČR)**

### **3.2.1 FORTEX-AGS, a.s. Šumperk**

Nejstarší BPS používající suchou anaerobní fermentaci v ČR je bioplynová stanice FORTEX-AGS, a.s. v Šumperku-Temenici. Provoz zde byl zahájen v květnu roku 2009. Tato BPS disponuje i vlastním poloprovozním pracovištěm pro výzkum suché anaerobní fermentace. Účelem výzkumného pracoviště je optimalizace procesu fermentace. Zjištění kvality a kvantity vznikajícího bioplynu u jednotlivých druhů biomas, kvality výstupních substrátů a kinetika a dynamika celého procesu.

Fermentace v této BPS probíhá v tzv. "garážových" fermentorech, kam se naveze biomasa. Po uzavření vzduchotěsných vrat se zde biomasa zdrží 28 dní.

BPS vyrobí 71 MWh elektrické energie týdně a 14 600 GJ tepla za rok.[18]



Obrázek 6 Bioplynová stanice v Šumperku – vrata fermentorů[18]



Obrázek 7 Navážení biomasy do fermentoru[18]

### 3.2.2 ODAS Žďár nad Sázavou

Druhou BPS, která může zpracovávat potraviny je Odas ve Žďáru nad Sázavou. Denně sem putuje neprodané ovoce a zelenina z velkoskladu a jednoho celostátního řetězce supermarketů. V roce 2014 tvořily potraviny zhruba polovinu vstupního materiálu BPS Odas.

Za jeden týden sem doputuje 40 tun potravin ze supermarketů (cca 25 tun tvoří pečivo) a 75 tun ovoce a zeleniny. Pečivo je pro BPS cenným materiálem, jelikož právě z něj se vyrobí nejvíce bioplynu. Problémy BPS, ovšem dělá živočišná část odpadů ze supermarketů.

Tyto se musí zbavit obalů a patogenních látek. Po ručním odstranění obalu a rozdrčení pak putují s ostatním jídlem do fermentoru.

Substrát se naveze do hluboké nádrže, která se uzavře vzduchotěsnými dveřmi. Fermentace zde probíhá 28 dní. Během kterých se fermentační nádrže kropí a zahřívají, aby mikroorganismy měly vhodné podmínky.

Zde vyrobený bioplyn obsahuje až 65 % metanu, kogenerační jednotka z něj vyrobí teplo a elektřinu. Za týden vyrobí tato BPS 70 MWh elektřiny a 10 300 GJ tepla za rok.[17]



Obrázek 8 Sklad vstupní biomasy v bioplynové stanici ODAS Žďár nad Sázavou[17]



Obrázek 9 Ruční odstraňování obalů z masa ze supermarketů[17]

### 3.2.3 DEPOS Horní Suchá, a.s.

Nejmladší BPS fungující na principu suché anaerobní fermentace je BPS DEPOS Horní Suchá, a.s. na Karvinsku. Provoz zde byl zahájen v červenci 2016.

BPS v Horní Suché umí využít veškeré BRO, nepodléhající nutnosti hygienizace (nesmí obsahovat živočišnou složku). Zpracovává zejména travní hmotu sváženou u okolních obcí, suroviny nevhodné ke spotřebě (ovoce, zelenina), odpad ze stravovacích zařízení a jídelen. Určité firmy sem vozí prošlé potraviny (ovoce, zelenina), občas pečivo či odpady z výroby a zpracování těsta na nudle. Seznam odpadů přijímaných do BPS (Příloha I).

Materiál není nutno před vstupem do jednotlivých komor nijak upravovat. Dojde jen ke smíchání s materiálem vyváženým z komory, a to v poměru 60-70% nového materiálu ku 30-40% starého.

Základem technologie BPS jsou čtyři fermentační komory dlouhé 29 metrů, zde se zpracuje až 12 000 tun odpadu ročně a vyprodukuje se 150 m<sup>3</sup> bioplynu za hodinu.

Pouze při zahájení provozu BPS bylo třeba řešit problém se součinnostmi mikroorganismů ve fermentorech, tyto se vyřešili zvýšením teploty ve fermentačních komorách a nadávkováním bakterií v sypké formě do perkolátních jímek.

Fermentát vzniklý v této BPS, který se opětovně nenaskladní jako očkovací médium, je dále kompostován a po cca 60 dnech použit k technickému zabezpečení na skládce jako kompost nevyhovující jakosti.

Perkolát je využíván v uzavřeném okruhu pro sprchování substrátu a prozatím zde není problém s výrazným přebytkem. Pokud by, ale došlo k navýšení množství perkolátu, má BPS schválení provozním řádem pro využití perkolátu k zavlažování krechtů (jámy určené pro skladování zeleniny) či aplikaci na skládce. Momentálně (4/2017) pracují zaměstnanci BPS na certifikačním procesu perkolátu a fermentátu tak, aby se dal využít a finančně zhodnotit jako hnojivo. Je sledována kvalita a vývoj parametrů v těchto výstupech.

Tato BPS je v provozu relativně krátce a zatím neměla příležitost jet tzv. naplno. V tuto dobu (4/2017) jsou zde, vzhledem k začínající sezóně svozu bioodpadu, realizovány první návozy čerstvého materiálu. Prozatím je teplo využíváno pouze k ohřevu a vytápění BPS jinak je mařeno. Pro výrobu elektrické energie disponuje BPS 3 mikroturbínami s výkonem dohromady 195 kW a každá spotřebuje cca 50 m<sup>3</sup> bioplynu hodinově. Tyto mikroturbíny

jsou zvláštností a prvenstvím BPS DEPOS Horní Suchá, jelikož většina BPS využívá klasické kogenerační jednotky sestavené ze soustrojí spalovacího pístového motoru a generátoru. Elektrická energie je využívána pro potřeby BPS a přebytek je dodáván do sítě. Ročně je zde v plánu vyrobit až 1 400 MWh elektřiny a cca 9 400 GJ tepla.[22, 23]



Obrázek 10 Bioplynová stanice DEPOS Horní Suchá, a.s.[22]



Obrázek 11 Bioplynová stanice DEPOS Horní Suchá, a.s.[25]

### 3.3 Využití potravinářských odpadů pro výrobu bioplynu metodou suché fermentace v České republice (ČR)

Častým tématem dnešní doby jsou potraviny končící v odpadu. Potravinové obchody z prodeje vyřazují množství zdravotně nezávadných, ale z nějakého důvodu neprodejných potravin. Tyto by přitom nemusely končit na skládkách, ale bylo by možné je využít pro výrobu bioplynu, posléze tepla či elektrické energie, v BPS.

V Česku fungují jen tři BPS, které mohou zpracovávat potraviny z prodejních sítí. BPS jsou jednou z nejvíce ekologických cest, jak neprodané jídlo přeměnit v energii.



Zpracování vyřazených potravin nejen ze supermarketů jako suroviny do BPS s sebou nese i řadu komplikací, ať již jsou to potraviny balené v obalech, které se musejí většinou ručně odstranit, jelikož do fermentoru takto přijít nemohou. Dalším možným úskalím mohou být nejrůznější ochranné postřiky na ovoci či zelenině, jejichž složky mohou v reaktoru působit inhibičně na mikroorganismy. Nižší výtěžnost a složitější provoz může způsobit i ne stále stejné složení vstupního substrátu. Pokud je vyšší podíl pečiva je to pro bioplynovou stanicí výhoda, naopak velký podíl např. citrusových plodů může způsobit změnu pH v reaktoru a následně změnu chování mikroorganismů (většinou negativně).

## ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo provést literární rešerši na téma bioplynové stanice (BPS), charakterizovat jednotlivé druhy BPS a způsoby anaerobní fermentace se zaměřením se na suchou anaerobní fermentaci a BPS, které u nás tento způsob fermentace používají.

Historie výroby bioplynu za pomoci anaerobní fermentace (digesce) je spjat přelomem 19. a 20.stol. Kdy k jejímu prvnímu využití docházelo především na čistírnách odpadních vod. Teprve od 60.-70.let 20.stol. se ke slovu dostali i jiné substráty než kaly z ČOV. A to ať již cíleně pěstovaná biomasa či biologicky rozložitelný odpad (BRO), později i biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO).

BPS jsou u nás relativně rozšířené. Převážně se jedná o BPS zemědělské (často součást zemědělských areálů), hojně rozšířené jsou i BPS čistírenské (součást ČOV). Méně je BPS skládkových (zde vzniká skládkový plyn – LFG) a průmyslových-odpadových. BPS mohou své vstupní suroviny buďto mokrou nebo suchou metodou anaerobní fermentace. Mokrá metoda je nejen u nás rozšířenější a mnohem lépe prostudovaná i technologicky zvládnutá než metoda suché anaerobní fermentace. Bioplynových stanic využívajících suchou anaerobní fermentaci je nejvíce v Německu, které je v této oblasti na špici. U nás v ČR máme tři bioplynové stanice využívající suchou anaerobní fermentaci. Jako první vznikla BPS firmy FORTEX-AGS a.s. v Šumperku-Temenice, druhá byla ODAS ve Žďáru nad Sázavou a nejmladší byla spuštěna teprve v červenci minulého roku a to DEPOS a.s. v Horní Suché.

Zajímavosti u BPS FORTEX-AGS, a.s. je jejich vlastní výzkumné pracoviště se 6 fermentory, kde zkoušejí různé směsi a kombinace vstupních substrátů, podmínky, při kterých má daný substrát nejvyšší efektivitu procesu a co nejvyšší výtěžnost bioplynu.

BPS ODAS Žďár nad Sázavou začala jako první zpracovávat vyřazené potraviny z prodejních řetězců.

Mrzí mě, že se mi ani s jednou z těchto BPS nepodařilo navázat kontakt a zjistit bližší informace přímo z praxe. Jelikož jsou indicie, že v těchto BPS nastávají problémy a proces anaerobní fermentace „nejede“ úplně tak, jak by měl. Ovšem na veřejně dostupných zdrojích jsem žádnou takovou informaci nenašla. Jedinou komplikaci, kterou připustil majitel firmy ODAS v rozhovoru pro tisk jsou obaly na vyřazených potravinách, které se musí ručně odstraňovat. Což, tak úplně s procesem anaerobní fermentace nesouvisí, jedná se o

nutnou předpravuvstupní suroviny před procesem fermentace. O konkrétních inhibičních problémech ve fermentorech jsem žádné informace nenalezla.

Jediná, naše nejmladší, BPS DEPOS Horní Suchá a.s. byla vstřícná a ochotná komunikovat. Tuto bioplynovou stanici, teprve letos, čeká první celá sezóna, čili ještě „nejede“ na plný výkon. Z rozhovoru se zástupcem vedoucího provozu této BPS, jsem zjistila, že zatím měli jen drobné problémy při rozjezdu BPS, kdy bylo nutné upravit podmínky ve fermentorech, aby mohl proces začít pracovat, jak má.

Myslím si, že BPS mají budoucnost. Přináší další možnost, jak získat energii z obnovitelných zdrojů a jako veliké plus vidím zpracování BRO a BRKO, který se bude produkovat stále, a využití vyřazených potravin, které nemusí končit na skládce, i když tady by bylo samozřejmě lepší, kdyby jich bylo co nejméně a většina vyprodukovaných potravin se spotřebovala, tak jak má.

Bioplynové stanice se suchou fermentací čeká ještě dlouhá cesta, než bude – pokud bude, vše fungovat, tak bychom si přáli. Přece jen je zde mnoho možností, kde ve vstupních surovinách může být obsaženo něco, co nám bude proces inhibovat. Ať již postřiky na ovoci či zelenině, obsah antibiotik ve zvířecích exkrementech atd.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] EKOBONUS. Jak fungují bioplynové stanice? Ukázkový příklad zajímavého řešení z Třeboně [online]. 23.10.2011. Dostupné z: <http://www.ekobonus.cz/jak-funguji-bioplynove-stanice-ukazkovy-priklad-zajimaveho-reseni-z-trebone>
- [2] STRAKA F.; a kol.: Bioplyn . 1.vyd. Říčany: GAS s.r.o., 2003, ISBN 80-7328-029-9
- [3] ENVITON. Členění bioplynových stanic [online]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/cleneni-bps/>
- [4] NA ZELENO.cz. Biomasa: Co je dobré vědět, než ji začneme spalovat [online]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni-1/biomasa/biomasa-co-je-dobre-vedet-nez-ji-zacneme-spalovat.aspx>
- [5] KOŘÍNKOVÁ-SEIFERTOVÁ, E. ENERGIE21. Výstavba nových bioplynových stanic má zatím podporu [online]. 18.4.2011. [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: <http://energie21.cz/vystavba-novych-bioplynovych-stanic-ma-zatim-podporu/>
- [6] BIOM.CZ. *Desatero bioplynových stanic* [online]. 2009 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/novinky/desatero-bioplynovych-stanic>
- [7] BIOM.CZ. Dostatek kvalitních vstupních surovin pro výrobu bioplynu. [online]. 2010-12-18 [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/dostatek-kvalitnich-vstupnich-surovin-pro-vyrobu-bioplynu>. ISSN: 1801-2655
- [8] BIOM.CZ. Nakládání s digestátem, možnost využití jako kvalitní hnojivo. [online]. 2010-12-18 [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-digestatem-moznost-vyuziti-jako-kvalitni-hnojivo>. ISSN: 1801-2655
- [9] SEQUENS, E. *Bioplynové stanice a životní prostředí*. České Budějovice: Calla - Sdružení pro záchranu prostředí, 2009, 4 s.[online]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/data/energetika/ostatni/BioplynaZP.pdf>. ISBN 978-80-87267-06-6
- [10] ŠKORVAN, O., Odpady. Suchou, nebo mokrou fermentaci? [online].2012-02-15. Dostupné z: <http://odpady-online.cz/suchou-nebo-mokrou-fermentaci/>

- [11] POSPÍŠIL, L., Výzkum „suché“ anaerobní fermentace různých druhů biomasy za účelem výroby bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2011-10-24 [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyzkum-suche-anaerobni-fermentace-ruznych-druhu-biomasy-za-ucelem-vyroby-bioplynu>. ISSN: 1801-2655.
- [12] BIOPROFIT. Anaerobní technologie. [online]. 2007. Dostupné z: [http://www.bioplyn.cz/at\\_popis.htm](http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm)
- [13] BIOLOGICKÉ METODY ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ. Fáze anaerobní digesce. [online]. Dostupné z: [http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Faze\\_anaerobni\\_digesce.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Faze_anaerobni_digesce.html)
- [14] DOHÁNYOS, M., Anaerobní reaktor není černou skřínkou - teoretické základy anaerobní fermentace. *Biom.cz* [online]. 2008-11-17 [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>. ISSN: 1801-2655.
- [15] BIOM.CZ., Spolehlivá a ověřená technologie bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2020-12-18 [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/spolehliva-a-overena-technologie-bioplynove-stanice>. ISSN: 1801-2655.
- [16] BAČÍK, O., Jak na bioodpady? Zkušenosti z Německa (4). *Biom.cz* [online]. 2006-03-15 [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/jak-na-bioodpady-zkusenosti-z-nemecka-4>. ISSN: 1801-2655.
- [17] Keményová, Z., Prošlé jídlo z obchodu? Lze z něj vyrobit elektřinu i teplo. *Enviweb.cz*. [online]. 2014-04-23. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/biodpad/99289/prosle-jidlo-z-obchodu-lze-z-nej-vyrobit-elektrinu-i-teplo>
- [18] FORTEX, Bioplynové stanice „suchá“ anaerobní fermentace. [online]. Dostupné z: <http://www.fortexbioplyn.cz/cz/sucha-fermentace/>
- [19] Ekolist.cz, Výroba elektřiny z bioplynu vzrostla, bioodpady přesto dál končí na skládkách. *Ekolist.cz* [online]. 2014-04-07. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/vyroba-elektriny-z-bioplynu-vzrostla-biodpady-presto-dal-konci-na-skladkach>

- [20] MATĚJKA, J., ZÁVESKÝ, M., Bioplyn. Odpadové fórum [online]. 2014-05-07. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/upload/pageFiles/of-05-2014-pdf.pdf>
- [21] THOENI, Reference Plant. Dostupné z: [http://www.thoeni.com/UserFiles/thoeni/Dokumente/Prospekt/uet/thoeni\\_ttv\\_referenzblatt\\_gb.pdf](http://www.thoeni.com/UserFiles/thoeni/Dokumente/Prospekt/uet/thoeni_ttv_referenzblatt_gb.pdf)
- [22] Tisková zpráva ČTK, Na Karvinsku funguje nová bioplynová stanice, první svého druhu., Biom.cz [online]. 2016-07.22. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/na-karvinsku-funguje-nova-bioplynova-stanice-prvni-sveho-druhu>
- [23] Moravskoslezský kraj, Do provozu byla na Karvinsku spuštěna unikátní bioplynová stanice. [online]. 2016-07-21. Dostupné z: <http://www.msk.cz/cz/verejnost/doprovozu-byla-na-karvinsku-spustena-unikatni-bioplynova-stanice-75645/>
- [24] SMARTFERM Dostupné z: [http://www.smartferm.com/en/the-system.html?no\\_cache=1](http://www.smartferm.com/en/the-system.html?no_cache=1)
- [25] DEPOS, AD Technologie [online]. Dostupné z: <http://depos.cz/sekce-ad-technologie>
- [26] LINC, O., Byznys žije: Šéfem z popeláře. Byznys s odpadem sice nevoní, ale je věčný. [online]. 2014-07-13. Dostupné z: [http://byznys.lidovky.cz/byznys-zije-byznys-ktery-prilis-nevoni-ale-pretrva-fyi-/firmy-trhy.aspx?c=A140710\\_142334\\_firmy-trhy\\_ttr](http://byznys.lidovky.cz/byznys-zije-byznys-ktery-prilis-nevoni-ale-pretrva-fyi-/firmy-trhy.aspx?c=A140710_142334_firmy-trhy_ttr)
- [27] VÍTĚZ, T., KUKLA, R., KARAFIÁT, Z., HAITL, M.: Netekutá fermentace substrátů ze zemědělské činnosti. *Biom.cz* [online]. 2011-03-21 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/netekuta-fermentace-substratu-ze-zemedelske-cinnosti>. ISSN: 1801-2655.
- [28] TECHNOLOGICKÁ AGENTURA ČR: Studie využití bioplynu pro energetickou bezpečnost a rozvoj obcí a mikroregionů – Úvod pro metodiku. 2014-06. Dostupné z: <http://www.czba.cz/files/ceska-bioplynova-asociace/uploads/files/Studie%20-%20BioReg.pdf>
- [29] MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ – AGRONOMICKÁ FAKULTA: Anaerobní fermentace. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/files/211/17222.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/211/17222.pdf)

- [30] BIOPROFIT. Jak využít fermentační zbytek? [online]. 2007. Dostupné z:  
[http://www.bioplyn.cz/at\\_fermentace.htm](http://www.bioplyn.cz/at_fermentace.htm)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

BPS	Bioplynová stanice
BRO	Biologicky rozložitelný odpad
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
ČR	Česká republika
ČOV	Čistírna odpadních vod
ES	Evropský parlament a Rada
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
LFG	LadfillGas – skládkový plyn
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky
ČR	Ministerstvo zemědělství České republiky
MZ ČR	Ministerstvo životního prostředí České republiky
MŽP ČR	



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Schéma anaerobního rozkladu za tvorby bioplynu[14].....	15
Obrázek 2 Bioplynová stanice využívající mokrou anaerobní fermentaci[19].....	20
Obrázek 3 Bioplynová stanice využívající suchou anaerobní fermentaci[18]	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 4 Model bioplynové stanice využívající suchou anaerobní fermentaci [24] .....	22
Obrázek 5: Schéma výroby bioplynu [13] .....	26
Obrázek 6 Bioplynová stanice v Šumperku – vrata fermentorů[18] .....	29
Obrázek 7 Navážení biomasy do fermentoru (bioplynová stanice Šumperk)[18].....	29
Obrázek 8 Sklad vstupní biomasy v bioplynové stanici ODAS Žďár nad Sázavou[17] .....	30
Obrázek 9 Ruční odstraňování obalů z masa ze supermarketů[17].....	30
Obrázek 10 Bioplynová stanice DEPOS Horní Suchá, a.s.[22].....	32
Obrázek 11 Bioplynová stanice DEPOS Horní Suchá, a.s.[25].....	32

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI Seznam odpadů přijímaných do BPS

## PŘÍLOHA PI: SEZNAM ODPADŮ PŘIJÍMANÝCH DO BPS DEPOS HORNÍ SUCHÁ A.S.

Dle vyhlášky č. 93/2016 Sb. Jsou do zařízení přijímány následující druhy odpadů, pro něž je zařízení určeno, zatřídění podle katalogu odpadů:

Biologické odpady, nepodléhající nutnosti hygienizace

02 01	<i>Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství</i>
02 01 01	<i>Kaly z praní a čištění</i>
02 01 03	Odpad rostlinných pletiv
02 01 06	Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalné odpady, soustředované odděleně a zpracovávané mimo místo vzniku
02 01 07	Odpady z lesnictví
02 03	<i>Odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kaka, kávy a tabáku; odpady z konzervářského a tabákového průmyslu z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy</i>
02 03 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 06	<i>Odpady z pekáren a výroby cukrovinek</i>
02 06 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 07	<i>Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kaka)</i>
02 07 02	Odpad z destilace lihovin
03 01	<i>Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek a nábytku</i>
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	<i>Odpad z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky</i>
03 03 01	Odpadní kůra a dřevo
03 03 07	Mechanicky oddělený výmět z rozvlákňování odpadního papíru a lepenky
03 03 08	Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci
04 02	<i>Odpady z textilního průmyslu</i>
04 02 10	Organické hmoty z přírodních produktů (např. tuk, vosk)
04 02 21	Odpady z nezpracovaných textilních vláken
04 02 22	Odpady ze zpracovaných textilních vláken
15 01	<i>Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)</i>
15 01 01	Papírové a lepenkové obaly
15 01 03	Dřevěné obaly
17 02	<i>Dřevo, sklo, plasty</i>
17 02 01	Dřevo
19 05	<i>Odpady z aerobního zpracování pevných odpadů</i>

19 05 03	Kompost nevyhovující jakosti
19 06	<i>Odpady z anaerobního zpracování odpadu</i>
19 06 03	Extrakty z anaerobního zpracování komunálního odpadu
19 06 04	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování komunálního odpadu
19 12	<i>Odpady z úpravy odpadů jinde neuvedené (např. třídění, drcení, lisování, peletizace)</i>
19 12 01	Papír a lepenka
19 12 07	Dřevo neuvedené pod číslem 19 12 06
20	<i>Komunální odpady, včetně složek z odděleného sběru</i>
20 01 08 <sup>1)</sup>	Odpady z kuchyní a stravoven
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad ze zahrad a parků
19 08 09 <sup>1)</sup>	Směs tuků a olejů z odlučovače tuků obsahující pouze jedlé oleje a tuky
20 01 08 <sup>1)</sup>	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
20 01 25 <sup>1)</sup>	Jedlý olej a tuk

<sup>1)</sup> Odpad je možné do zařízení přijímat jen v případě, že neobsahuje živočišné tkáně.