

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

ENERGETICKÁ BILANCE BIOPLYNOVÉ STANICE THE ENERGY BALANCE OF BIOGAS STATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN URBÁNEK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ZDENĚK BEŇO

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav procesního a ekologického inženýrství

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Urbánek

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

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

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

Energetická bilance bioplynové stanice

v anglickém jazyce:

The energy balance of biogas station

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést úvodní rešerši v oblasti zpracování biodegradabilních odpadů. Provést rešerši pro bioplynové stanice. Zpracovat energetickou bilanci reálné bioplynové stanice. Student si sám zvolí již fungující bioplynovou stanici, zkontaktuje provozovatele a získá potřebná data pro výpočty.

Cíle bakalářské práce:

Seznámení se s energetickou bilancí reálné bioplynové stanice.

Seznam odborné literatury:

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

Dohányos, M. a kol.: Anaerobní čistírenské technologie. 1. vyd. Brno: NOEL 2000, 1998. 341 s. ISBN 80-86020-19-3.

Schulz, H., Eder, B.: Bioplyn v praxi. 1. české vyd. HEL, Ostrava 2004. 168 s. ISBN 80-86167-21-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Beňo

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 9.11.2010

L.S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Hlavní náplní této práce je seznámení s problematikou tvorby energetické bilance reálné bioplynové stanice. Důraz je kladen na problematiku současného stavu ve zpracování biologicky rozložitelných odpadů v EU a v ČR včetně související legislativy. Popsány jsou jednotlivé metody, skládkování, spalování, biologické zpracování a mechanicko-biologické zpracování. Práce obsahuje ucelený přehled v oblasti technologie bioplynových stanic a bioplynu. Energetická bilance byla provedena s pomocí dat získaných z bioplynové stanice Stonava.

Summary

The purpose of this thesis is to provide information about creating energetic balance of a biogas station. It focuses on discussing current issues of manufacturing biodegradable waste in European Union and the Czech Republic, including related legislature. The individual methods of manufacturing processes of landfilling, incineration, biological treatment and mechanical-biological treatment are described. The thesis presents comprehensive review of the technology of biogas station and the biogas itself. The energy balance has been performed on the grounds of data acquired from the biogas station Stonava.

Klíčová slova

Biologicky rozložitelný odpad, bioplyn, bioplynová stanice, energetická bilance.

Keywords

Biodegradable waste, biogas, biogas station, energy balance.

Bibliografická citace

URBÁNEK, M. *Energetická bilance bioplynové stanice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 47 s. Vedoucí Ing. Zdeněk Beňo

Prohlášení

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Beňo a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. května 2010

.....

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval Ing. Zdeňku Beňovi za vedení při vypracování této bakalářské práce. Také bych rád poděkoval panu Tadeáši Kochovi za poskytnutí dat a panu Ing. Jiřímu Thiemelovi, Ph.D. za věnovaný čas a vyčerpávající přednášku.

Martin Urbánek

Obsah

1 Úvod	10
2 Biologicky rozložitelný odpad v ČR a v EU	11
2.1 Definice biologicky rozložitelných odpadů	11
2.2 Možné způsoby zpracování BRO	11
2.2.1 Skládkování	11
2.2.2 Spalování	12
2.2.3 Biologické zpracování	13
2.2.4 Mechanicko-biologické zpracování	15
2.3 Oddělený sběr odpadu	16
2.4 Shrnutí	16
2.5 Zařízení zpracovávající BRO v ČR v číslech	17
2.6 Legislativa	18
2.6.1 Legislativa v EU	18
2.6.2 Legislativa v ČR	19
3 Bioplyn	20
3.1 Složení bioplynu	20
3.2 Ideální podmínky tvorby bioplynu	20
3.3 Proces vzniku bioplynu	21
4 Bioplynové stanice	23
4.1 Definice bioplynových stanic	23
4.2 Vývoj počtu bioplynových stanic	23
4.3 Rozdělení bioplynových stanic	23
4.4 Legislativa	25
4.4.1 Navrhování	25
4.4.2 Povolovací proces	25
4.5 Technologie stanice	25
4.5.1 Technologie výrobních postupů	25
4.5.2 Části a systémy	28
5 Energetická bilance BPS	34
5.1 Výběr bioplynové stanice	34
5.2 Popis stanice	34
5.2.1 Fermentory	36
5.2.2 Plynojemy	36
5.2.3 Kogenerační jednotky	37
5.2.4 Další technická zařízení	38
5.3 Zhodnocení vstupních materiálů	39
5.3.1 Bilance vstupních surovin stanice před rozšířením	40
5.4 Zhodnocení výstupů	40
5.4.1 Shrnutí tepelné energie	41
5.4.2 Shrnutí elektrické energie	41
5.4.3 Bilance energií stanice před rozšířením	42

6 Závěr	43
Seznam použité literatury	44
Seznam zkratek	47

1. Úvod

Biologicky rozložitelné odpady jsou surovinou, o kterou je v posledních letech nebývalý zájem. O tom vypovídá také systém dotací zavedený v Evropské Unii a tedy i v České republice, který se týká například výstavby bioplynových stanic nebo energie vyrobené z bioplynu. Přesto se mnohdy nedaří, především v nových členských zemích, zlepšovat systém nakládání s tímto odpadem. Česká republika, zažívá v současné době rozmach v oblasti zpracování bioodpadů, zvláště pak co se týče zpracování pomocí anaerobní fermentace v bioplynových stanicích.

V bioplynových stanicích probíhá proces, jehož výsledným produktem je bioplyn, jenž je následně použit pro pohon tzv. kogeneračních jednotek, což jsou motory upravené pro spalování plynu. Tím se získává elektrická energie a teplo. Přestože je tento způsob velmi efektivní, je stále velký podíl biologických odpadů zpracováván jiným způsobem, mnohdy životnímu prostředí nebezpečným skládkováním. Vedle těchto dvou existují ještě další metody zpracování. Jedná se o kompostování a spalování, popřípadě kombinace kompostování a anaerobní fermentace.

Rozvoj bioplynových stanic jde ruku v ruce s celkovým zlepšením a modernizací zemědělství a chovu. Kvalitnější zemědělské produkty, energie z obnovitelných zdrojů a čistší životní prostředí - to je cíl, za kterým směřuje současný rozvoj.

Čtenář by měl po přečtení této práce získat základní znalosti o současném stavu v nakládání s bioodpady, zejména o jednotlivých možnostech zpracování, a základní přehled o tom, co je to bioplynová stanice a z jakých částí se skládá a jak funguje.

2. Biologicky rozložitelný odpad v ČR a v EU

2.1. Definice biologicky rozložitelných odpadů

Biologicky rozložitelné odpady (dále jen BRO) jsou významnou skupinou odpadů, kterou definujeme jako odpad schopný anaerobního nebo aerobního rozkladu a jehož respirační aktivita po čtyřech dnech (AT_4) je nad $10 \text{ mg O}_2/\text{g}$ sušiny a dynamický respirační index je nad $1000 \text{ O}_2/\text{kg}$ spal. látek/h [4].

Dynamický respirační index udává míru biologické stability odpadního materiálu, udává tedy, zda je materiál ještě biologicky rozložitelný, nebo zda už je biologicky stabilní a lze ho uložit na skládku. [5]

Mezi BRO řadíme odpady zemědělské, zahradnické, lesnické, odpady z potravinářského průmyslu, papírensko - celulózarského průmyslu, ze zpracování dřeva, z kožedělného a textilního průmyslu, papírové a dřevěné obaly, čistírenské a vodárenské kaly a v neposlední řadě také biologicky rozložitelné komunální odpady (dále jen BRKO). Největší množství produkovaných BRO je v zemědělství [6].

Jedním z nejdůležitějších dokumentů, dle kterých je v současné době ovlivňováno nakládání s BRO, je Nařízení vlády č. 197/2003 Sb. o Plánu odpadového hospodářství ČR. Toto nařízení dává za cíl, mimo jiné, postupné snižování BRO na skládkách, aby byl hmotnostní podíl BRKO na skládkách v roce 2010 maximálně 75 % , v roce 2013 maximálně 50 % a v roce 2020 maximálně 35 % ve srovnání s rokem 2000. Dále zvýšit podíl využívání odpadu s upřednostněním recyklace na 55 % všech vznikajících odpadů a také zvýšit materiálové využití odpadů na 50 % do roku 2010 ve srovnání s rokem 2000.

BRO uložený na skládkách může být velmi nebezpečný životnímu prostředí, zejména z důvodu průsaků do podzemních vod a vzniku metanu, s kterým souvisí skleníkový efekt a globální oteplování. Pro odstraňování BRO musí být voleny jiné způsoby zpracování.

2.2. Možné způsoby zpracování BRO

V zásadě lze BRO zpracovávat těmito způsoby:

- Skládkování
- Spalování
- Biologické zpracování
- Mechanicko-biologické zpracování

2.2.1. Skládkování

Odpad je zpracován tak, že je uložen v úrovni nebo pod úrovní terénu. Dále se za skládkování považuje hlubinná injektáž, ukládání do povrchových nádrží, ukládání do speciálně provedených skládek, ukládání do podzemních prostor a podobně.

2.2. MOŽNÉ ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ BRO

V členských státech EU je na skládky průměrně ukládáno 41 % tuhých komunálních odpadů (dále jen TKO), přičemž existují země (např. Polsko, Litva) ve kterých je ukládáno až 90 %. Biologicky rozložitelná část zabírá v celkovém množství tuhých komunálních odpadů obvykle 30 až 40 % (maximální rozsah je 18 až 60 %). Je zřejmé, že z důvodu velkého tlaku Evropské Unie se tato čísla budou zmenšovat. Již v roce 2008 kleslo množství TKO uložených na skládky z původního množství 288 kg ročně na hlavu v roce 2000 na 213 kg ročně na hlavu.[9]

Skládky, kromě nevýhod uvedených výše (uvolňování metanu do atmosféry a rizika průsaku skládkové vody do podzemních vod), způsobují celou řadu dalších obtíží. Skládky uvolňují do ovzduší pachové látky, narušují vzhled okolí a v porovnání s ostatními metodami zabírají velkou plochu. Jako výhoda se může jevit velmi omezené energetické využití jímaného skládkového plynu.[9]

V souhrnu lze říci, že skládkování jako metoda nebude schopna konkurovat ostatním metodám a nebude před nimi upřednostňována, neboť výhody plynoucí ze skládkování jsou oproti nevýhodám zanedbatelné.[9]



Obrázek 2.1: Skládka komunálního odpadu Řídká Blana [26]

Skládkování v ČR

Dle druhé hodnotící zprávy o plnění nařízení vlády č. 197/2003 Sb., za rok 2005 - 2006, ještě v roce 2006 docházelo ke zvyšování množství BRO ukládaných na skládky oproti roku 2000, 2003, 2004 a 2005. Tento stav byl vysvětlován velkým množstvím skládkových kapacit a nedostatkem jiných možností jak BRO zpracovat.[28]

Dle čtvrté hodnotící zprávy o plnění Plánu odpadového hospodářství ČR za rok 2008 došlo k postupnému snižování hmotnostního podílu odpadů uložených na skládky. Za rok 2008 je to přibližně 16 % z celkového množství odpadů. Pokles procentuální hmotnosti odpadů uložených na skládky od roku 2000 do roku 2008 činí přibližně 50 % . [29]

2.2.2. Spalování

BRO je převážně spalován dohromady s tuhými složkami komunálního odpadu. Spalování za účelem získání energie, se může jevit jako zajímavá alternativa ke skládkování. Problémem může být vlhkost BRO, která může snižovat efektivitu spalování. Spalování neprotřídí-

2.2. MOŽNÉ ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ BRO

děného TKO probíhá například ve Švédsku, kde je podíl spáleného odpadu 47% , a v Dánsku, kde je podíl spáleného odpadu 55% . [8]

Nevýhodou spalování odpadů jsou především emise ze spalovacích pecí, ztráta organických látek a vysoké počáteční investice. Emise mají nepříznivý dopad na lidské zdraví, především obsahují-li těžké kovy a dioxiny. Proto se zavádí emisní limity, které i když jsou přísné, nedokáží emise omezit úplně. Vliv spalování na životní prostředí závisí na mnoha faktorech, především na kvalitě spalovaného materiálu, energetické účinnosti zařízení apod. Na druhou stranu je spalování dobrou metodou jak získat energii, a jak objemný odpad co nejvíce z redukovat.[9]

V roce 2005 bylo přibližně 20-25% vyprodukovaného TKO v EU-15 zpracováno spalováním. Přičemž v jednotlivých členských státech se podíl TKO zpracovaného spalováním pohybuje v rozmezí od 0 po 62% . V budoucích 10 letech lze předpokládat rozvoj spalování TKO.[30]



Obrázek 2.2: Spalovna TKO Liberec [31]

Spalování v ČR

V České republice je spalováno dlouhodobě jen malé množství z celkové produkce odpadů. V roce 2008 bylo spáleno pouze 3,86% z celkového množství odpadu, z toho bylo 3,6% odpadů klasifikováno jako nebezpečných a 0,26% jako odpad ostatní. V ČR jsou emisní limity stanoveny nařízením vlády 354/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu.[29]

2.2.3. Biologické zpracování

Biologické zpracování se dá zařadit jako recyklace, pokud je produkt vyhnívání zaorán do půdy. Zároveň by se na biologické zpracování mělo pohlížet jako na energetické využití, neboť při něm vzniká bioplyn, který je spalován pro energetické účely. Pokud se nepředpokládá ani jedno z uvedených dvou využití, zařazuje se jako předúprava před spalováním

2.2. MOŽNÉ ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ BRO

a skládkováním. Obecně je biologické zpracování materiálu považováno za nejšetrnější k životnímu prostředí. Mezi biologické zpracování zařazujeme:[9]

Kompostování

Kompostování je rozklad biologicky rozložitelného materiálu za pomoci aerobních bakterií. Jedná se o sled procesů, které jsou analogické k procesům probíhajícím ve volné přírodě. Výsledným produktem je kompost. Délka procesu trvá obvykle 2 – 3 týdny, ale záleží na rozkládaném materiálu a v některých případech může trvat i několik měsíců.[10]

Kompostovací proces probíhá intenzivněji, pokud budeme substrát provzdušňovat, ať už překopáváním kompostu, nebo tlakovou aerací, popřípadě odsáváním vzduchu nasyceného oxidem uhličitým. Dále je potřeba zabezpečit správný poměr uhlíku a dusíku, pro správný rozvoj mikroorganismů. Výsledný kompost by měl mít cca 70% objemu póru zaplněn vodou, aby nedocházelo k rozvoji nevhodné mikroflory a plísní. Je to nejstarší a jedna z nejrozšířenějších metod zpracování odpadů. [10]

Využití kompostu přináší řadu výhod, jako je zlepšení struktury půdy, dodávání živin a další. Nevýhodou je emise skleníkových a dalších plynů a také může docházet ke kontaminaci půdy nekvalitním kompostem. Při porovnání spalování a kompostování vyplývá, že kompostování má 17 – 20 krát příznivější investiční náklady na 1 t instalované kapacity ve srovnání se spalováním. Kompost je hojně využíván v zemědělství, pro rehabilitaci půdy nebo na zakrytí skládek.[8][9]



Obrázek 2.3: Kompostárna Slavkov u Brna [37]

Anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace řízeně probíhá v bioplynových stanicích. Jedná se o zpracování BRO za účelem vzniku metanu a digestátu bez přístupu vzduchu za pomoci anaerobních bakterií. Metan jakožto výsledný produkt se používá jako zdroj energie. Velikou výhodou anaerobní fermentace je, že probíhá v uzavřených reaktorech. Nedochází tedy k úniku skleníkových plynů a dalších pachových látek. Další výraznou výhodou je energetické využívání bioplynu.[9]

Nevýhodou je velká pořizovací cena bioplynové stanice. V porovnání s Evropskou unií má Česká republika stále velmi málo zařízení pro anaerobní fermentaci, zvláště oproti

Německu, Rakousku a Dánsku, ale i v jiných vyspělých státech EU, jako je Francie, Itálie a Španělsko a další.[9]



Obrázek 2.4: BPS Hanover, Německo [32]

Kombinované anaerobní a aerobní zpracování

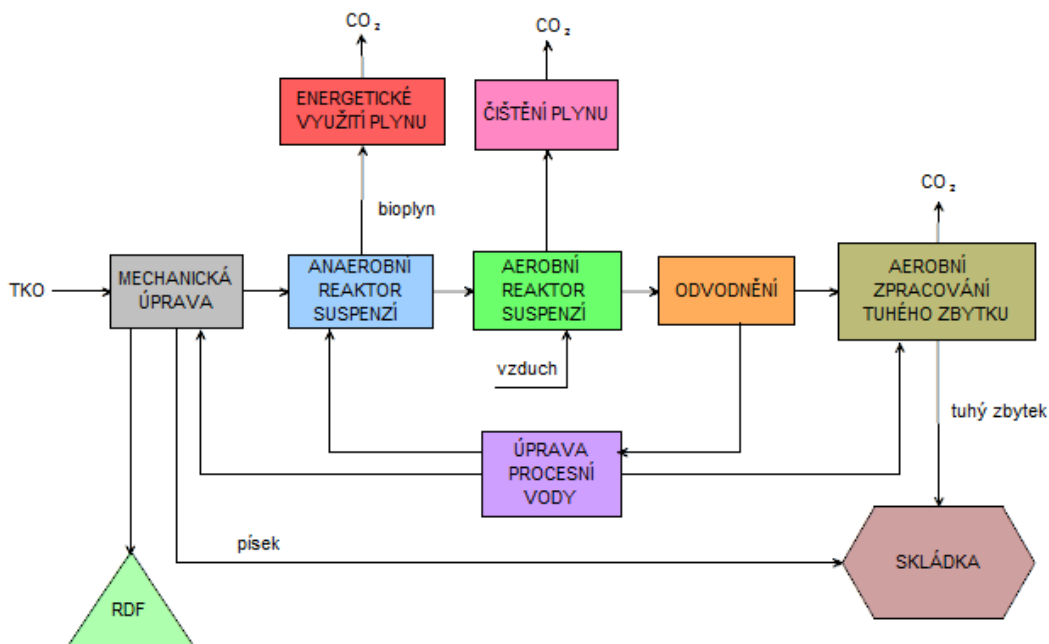
Další možností jak účinně odstraňovat BRO je kombinovat anaerobní fermentaci a aerobní perkolaci. Je to další možnost jak zpracovávat zbytkový komunální odpad, směsný komunální odpad, nebo odpad, který se nehodí ani pro kompostování ani pro anaerobní digesci. Mechanická část spočívá v drcení, třídění, magnetickém odstraňování kovových částic a vytrídění větších částic na sítu. [11][12]

2.2.4. Mechanicko-biologické zpracování

Ve spojitosti se skládkováním se v Německu a také v jiných spolkových zemích zkoumá a zavádí (údaj k roku 2005) tzv. Mechanicko-biologické předzpracování (MBP) odpadů. Předzpracováním TKO v něm dojde ke snížení množství biologicky rozložitelné části a tím se sníží nežádoucí vlivy v případě jeho dalšího uložení na skládky.[27]

Vstupem při MBP je TKO. Ten je zpracováván pomocí drcení, třídění, separace kovových částí atd. Při této mechanické úpravě dochází k vytrídění výhřevných složek, jako jsou plasty a papír, dále popel nebo písek. Papír a plasty jsou poslány na výrobu „paliva z odpadů“ (RDF = refuse derived fuel). Vytríděná biologicky rozložitelná složka je zpracována anaerobní fermentací. Odtoková suspenze je dále zpracována aerobně. Poté je zbytek odvodněn. Výstupem MBP je bioplyn, odpadní voda, a vyhnílý zbytek. Ten je spolu s vytríděnou částí biologicky nerozložitelného odpadu uložen na skládky.[27][12]

Schéma zpracování MBP:



Obrázek 2.5: Koncept zpracování tuhých komunálních odpadů s procesem MBP [12]

2.3. Oddělený sběr odpadu

Oddělený sběr odpadu je další možností jak získat čistou biologicky rozložitelnou složku z TKO. Zatímco v České Republice, Francii a Dánsku se například kuchyňský odpad sbírá spolu s dalším komunálním odpadem, v Rakousku, Nizozemsku, Německu, Švédsku je zaveden oddělený sběr. Výhodou odděleného sběru je snížení množství biologicky rozložitelného odpadu uloženého na skládky, zvýšení výhřevnosti zbylých TKO, vytváření čistší části BRO, což umožňuje výrobu kvalitnějšího bioplynu a kompostu.[9]

2.4. Shrnutí

Je zřejmé, že v jednotlivých státech EU jsou velké rozdíly, co se týká zpracovávání odpadů. Rozlišujeme tři hlavní skupiny.[9]

První je skupina zemí (Dánsko, Švédsko, Belgie (Flandry), Nizozemsko, Lucembursko a Francie), které vysokou měrou využívají spalování odpadů. Také mají vysokou úroveň využití materiálu a vysoce vyvinutou strategii na podporu biologického zpracování odpadu.[9]

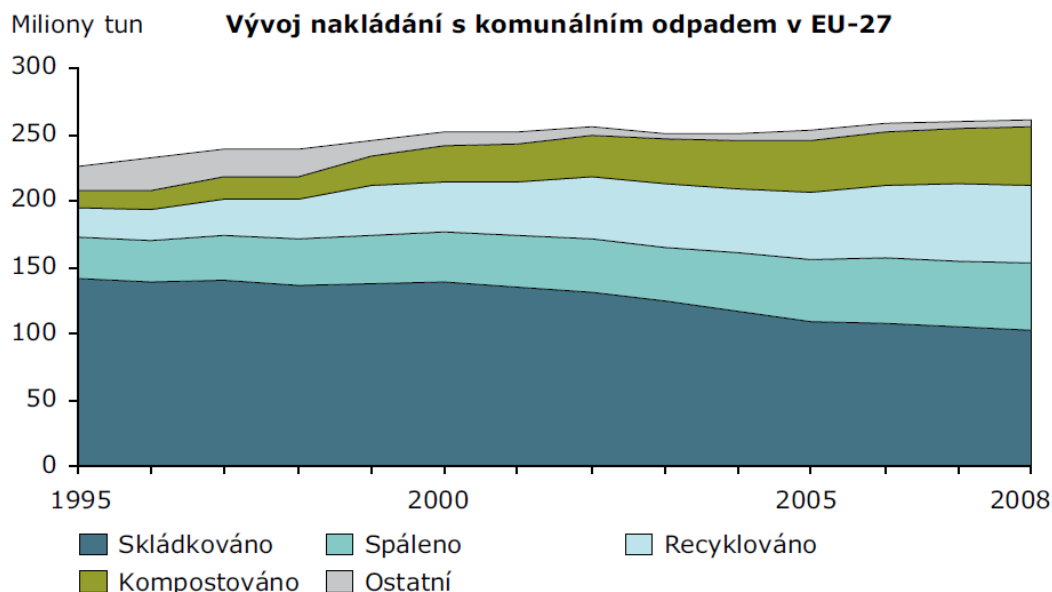
Druhá skupina jsou země, které mají malou míru spalování materiálu, velkou míru využití materiálu. Do těch patří Německo, Rakousko, Španělsko a Itálie. Konkrétně Německo a Rakousko mají nejvyšší míru zpracování odpadů kompostováním.[9]

A končně třetí skupina, do které patří země, jež jsou teprve čerství členové EU a do značné míry využívají skládkování.[9]

Přestože produkce komunálního odpadu ve 27 z 35 zemí EU v letech 2003 až 2008 vzrostla, je možné pozorovat jasné zlepšení v nakládání s tímto odpadem zejména proto, že se zvýšilo množství recyklovaného odpadu a snížilo množství odpadu uloženého na skládky. Ještě v roce 2006 byla na skládky uložena přibližně polovina ze 3 miliard tun

2.5. ZAŘÍZENÍ ZPRACOVÁVAJÍCÍ BRO V ČR V ČÍSLECH

celkového vyprodukovaného odpadu. Zbytek byl využit jiným způsobem - recyklován nebo energeticky využit. [34]



Obrázek 2.6: Vývoj nakládání s komunálním odpadem[34]

2.5. Zařízení zpracovávající BRO v ČR v číslech

Současný stav zařízení zpracovávající mimo jiné BRO za rok 2007 – 2009[3]:

Tab. 2.1: Zařízení k úpravě, využití a odstraňování odpadů

Zařízení:	rok 2008		rok 2009	
	počet	kapacita [t· r ⁻¹]	počet	kapacita [t· r ⁻¹]
Zařízení na energetické využívání odpadů:	3	646 000	39	1 490 236
spalovny komunálního odpadu			3	646 000
ostatní			36	844 236
Zařízení na materiálové využívání odpadů	1089	19 995 249	1 269	31 279 970
Zařízení na biologickou úpravu odpadů	51	44 477 009	58	46 844 632
Kompostárny	87	86 817	102	5 279 464
Spalovny (kapacita v m ³)	31	85 958	37	107 103
Skládky	283	137 175 512	323	155 812 743
Bioplynové stanice [21]	83		148	

2.6. Legislativa

V ČR a v EU je odpadové hospodářství řízeno platnou legislativou.

2.6.1. Legislativa v EU

Pro členské státy není stanovena jednotná strategie pro nakládání s BRO, směrnice vydané orgány EU si každý stát implementuje do svého právního systému.

Nejdůležitější směrnice jsou: [36]

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

Směrnice udává základní nařízení a normy o skládkování odpadů, kategorizuje skládky, stanovuje strategii pro přijetí odpadů na různé typy skládek, uvádí základní postupy přijímání odpadu na skládku, provozu skládky a péče o skládku a další. Obecným cílem této směrnice je pomocí nařízení a technických norem co nejvíce omezit negativní účinky ukládaných odpadů. Dále směrnice říká, že z důvodu tvorby metanu je nutné omezit skládkování biologicky rozložitelných odpadů a je nutné zavést kontrolu skládkových plynů a také podpořit třídění, využívání a recyklaci BRO.

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2008/98/ES ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic (Text s významem pro EHP)

Směrnice novelizuje původní směrnici rady 1999/31/ES. Obecné působení směrnice je v ochraně životního prostředí a lidského zdraví. Dále stanovuje opatření proti vzniku odpadů, nakládání s nimi, stanovuje opatření k omezování nepříznivých vlivů vzniku odpadů, jejich využíváním, a celkovou efektivitou využívání. Stanovuje tuto hierarchii v nakládání s odpady:

1. předcházení vzniku
2. příprava k opětovnému použití
3. recyklace
4. jiné využití, například energetické využití
5. odstranění

Členské státy zajistí takové opatření, aby bylo dosaženo nejlepšího možného výsledku, co se týče životního prostředí. V otázce biologických odpadů (článek 22) směrnice dává jasně za cíl podpořit oddělený sběr biologického odpadu pro jeho další úpravu anaerobní digescí a kompostováním, zpracovávat biologický odpad tak, aby byla splněna vysoká úroveň ochrany životního prostředí a používání materiálu z biologických odpadů takových, aby nebyla ohrožena bezpečnost životního prostředí.

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/76/ES ze dne 4. prosince 2000 o spalování odpadů

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES (Text s významem pro EHP)
- 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

2.6.2. Legislativa v ČR

Zpracování biologicky rozložitelných odpadů se v ČR řídí také, kromě výše zmíněných směrnic, těmito zákony: [36]

- Zákon 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů [106/2005 Sb.] Zákon zpracovává směrnice Evropské unie a zpracovává pravidla pro vznik odpadů, práva a povinnosti osob a působnosti orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství. V oblasti BRO udává povinnosti a náležitosti pro jeho zpracování.
- Nařízení vlády 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství ČR Mimo jiné také ukládá za cíl snížení podílu BRKO ukládaných na skládky tak, aby:
 - a) byl hmotnostní podíl BRKO na skládkách v roce 2010 maximálně 75 %
 - b) v roce 2013 maximálně 50 %
 - c) v roce 2020 maximálně 35 %

Dále ukládá omezovat znečištění, podporovat třídění, zvyšovat využití odpadů, zpracování realizačního programu pro nakládání s odpadem, vytvoření regionální sítě pro nakládání s odpadem, upřednostňovat kompostování a anaerobní rozklad, dodržování zákazu ukládat na skládku vytríděný BRO a další.

- Vyhláška 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 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)
- Vyhláška 61/2010 Sb., kterou se mění vyhláška 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, ve znění vyhlášky č. 341/2008 Sb., a vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

3. Bioplyn

Bioplyn je směs metanu, oxidu uhličitého a dalších složek. Vzniká v průběhu anaerobní digesce, jinak také fermentace neboli vyhnívání. Vytváří se při rozkladu organické hmoty, který zapříčiňují metanové a anaerobní bakterie. Organickou hmotou rozumíme odpadní produkty v zemědělství, jako jsou odpady z živočišné výroby a zbytky rostlin, dále pak exkrementy hospodářských zvířat a další.

3.1. Složení bioplynu

Chemické složení bioplynu udává tabulka [20]:

Tab. 3.1: Chemické složení bioplynu

Metan	Oxid uhličitý	Vodní pára	Dusík	Kyslík	Vodík	Čpavek	Sulfan
40-75 %	25-55 %	0-10 %	0-5 %	0-2 %	0-1 %	0-1 %	0-1 %

Nejdůležitější prvkem v bioplynu je metan, neboť ten je oproti neužitečnému oxidu uhličitému hořlavý. Platí tedy, že čím větší je podíl metanu v bioplynu, tím větší je jeho výhřevnost. Naměřená výhřevnost se pohybuje v rozmezí 18-25 MJ/m³, přičemž velmi záleží na kvalitě plynu. S tím úzce souvisí, zda je plyn zpracováván pouze v jednostupňových BPS s jedním reaktorem nebo ve dvoustupňových s dvěma. Výsledný plyn po druhém procesu může obsahovat i více jak 80 % metanu. [2][19]

Další věc, která velice ovlivňuje obsah metanu, je skladba živin v substrátu a teplota substrátu. Velký obsah metanu způsobují hlavně proteiny a tuky, horší obsah metanu způsobují uhlovodíky. [12]

3.2. Ideální podmínky tvorby bioplynu

K ideální tvorbě bioplynu dochází pouze v prostředí, které splňuje určité parametry[1]:

- Dostatečná vlhkost - metanové bakterie se nedokáží reprodukovat v prostředí, které není dostatečně zalito vodou (alespoň z 50%).
- Zabránění přístupu vzduchu - metanové bakterie se nedokáží reprodukovat v prostředí, které obsahuje kyslík.
- Zabránění přístupu světla - světlo zpomaluje rozmnožování bakterií.
- Stálá teplota - teplota velmi ovlivňuje rychlost a množství uvolněného plynu. Platí, že čím větší teplota, tím rychleji dochází k vyhnívání. Metanové bakterie pracují při teplotách od 0 °C do 70 °C.
- Optimální hodnota pH - hodnota pH v rozmezí 6 ÷ 8.
- Přísun živin - základní složky substrátu pro tvorbu bioplynu obsahují dostatek živin (rozpuštěné dusíkaté sloučeniny, minerální látky a stopové prvky).

3.3. PROCES VZNIKU BIOPLYNU

Bioplyn z bioplynových stanic je používán na: [21]

- přímé spalování (vaření, svícení, topení, sušení, ohřev užitkové vody,...)
- výrobu elektrické energie a tepla (kogenerace)
- výrobu elektrické energie, tepla a výroba chladu (trigenerace)
- pohon spalovacích motorů nebo turbín pro získání mechanické energie
- využití bioplynu v palivových člancích

V ČR je bioplyn nejběžněji využíván pro spalování v kotlích a pro využití v kogeneračních jednotkách. [21]

4. Bioplynové stanice

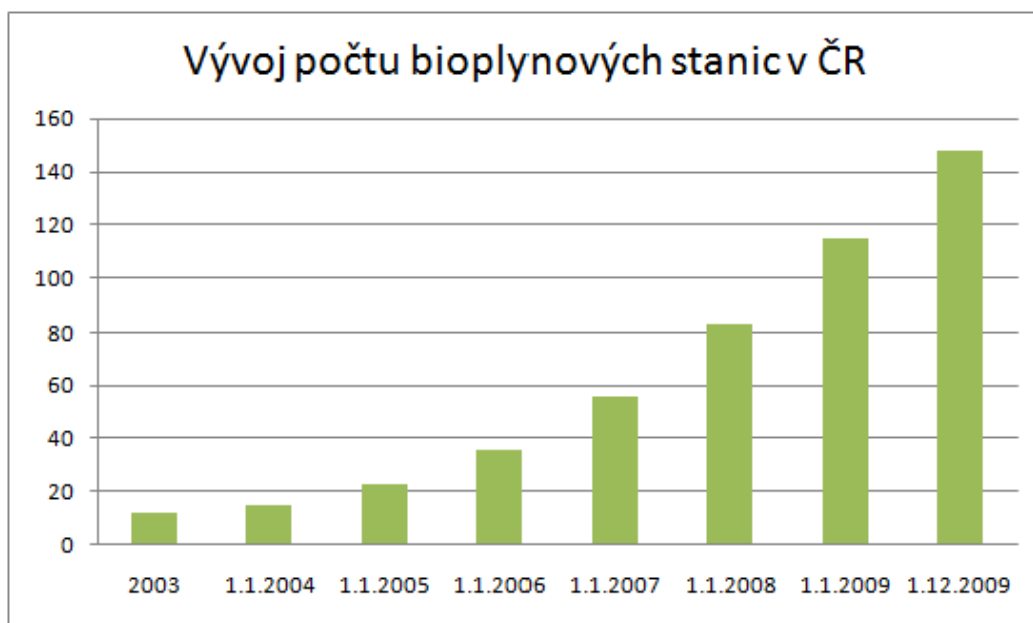
4.1. Definice bioplynových stanic

Definice dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 zní: závod na výrobu bioplynu je závod, ve kterém se provádí biologické odbourávání produktů živočišného původu v anaerobních podmínkách za účelem výroby a shromažďování bioplynu.

4.2. Vývoj počtu bioplynových stanic

Z grafu je patrné, že zvláště v poslední době dochází ke značnému rozvoji a výstavbě BPS. Odhaduje se, že do roku 2020 bude postaveno dalších 400 zemědělských bioplynových stanic. Ačkoli se 400 nových BPS může zdát jako velké číslo, je dobré si uvědomit, že v sousedním Německu jich je v současné době provozováno cca čtyři tisíce, v Rakousku tisíc a jejich počet rychle stoupá.[22]

Vývoj počtu bioplynových stanic v ČR od roku 2003 po rok 2009:



Obrázek 4.1: Vývoj počtu BPS v ČR od roku 2003 do roku 2009 [21]

Dle stránek České bioplynové asociace (<http://www.czba.cz/>) je k 1. 4. 2011 je v ČR 253 bioplynových stanic.

4.3. Rozdělení bioplynových stanic

12/2008 Metodický pokyn MŽP k bioplynovým stanicím rozděluje bioplynové stanice dle použití na:

- **Zemědělské**
Zemědělské bioplynové stanice bývají většinou umístěny v zemědělských areálech. Jsou to typičtí představitelé bioplynových stanic v Německu a v Rakousku. Musí mít

4.3. ROZDĚLENÍ BIOPLYNOVÝCH STANIC

oproti ostatním výrazně nižší emise pachových látek jak při zpracování surovin, tak i ve výsledném fermentačním zbytku, zejména z důvodu umístění blízko obydlených oblastí. [2][25] Na zemědělských BP lze zpracovávat zejména tyto suroviny:[14]

- a) **živočišné suroviny:** kejda prasat, hnůj prasat se stelivem, kejda skotu, hnůj skotu, drůbeží exkrementy včetně steliva, hnůj a stelivo z chovu koní, koz, králíků, apod.
 - b) **rostlinné suroviny:** sláma všech typů obilovin a olejnin, plevy a odpad z čištění obilovin, bramborová nať a šlupky, řepná nať z krmné i cukrové řepy, travní biomasa, seno, nezkrmitelné rostlinné materiály (siláže, obiloviny, kukuřice), apod.
 - c) **pěstovaná biomasa:** obiloviny v mléčné zralosti (čerstvé i silážované), kukuřice ve voskové zralosti (čerstvá i silážovaná), kukuřice vyzrálá, krmná kapusta, prutová biomasa (štěpky atd), apod.
- **Čistírenské**

Jsou nedílnou součástí čistíren odpadních vod. Technologie stanice není určena pro zpracování bioodpadu a k nakládání s ním, ale pouze ke zpracování kalů z čistíren odpadních vod, žump, septiků a odpadních vod. U této stanice nejsou požadovány zásobní nádrže na vyhnílý kal. Stanice se řídí podmínkami nakládání s aktivovaným kalem a stabilizovaným kalem zahrnutými v provozním řádu ČOV. Pokud je do čistírenské BPS přidáván jiný odpad než kaly z ČOV, žump, septiků a odpadní vod, jedná se o ostatní BPS.[23][25]

- **Ostatní**

BPS u nichž je největší problém s emisí pachových látek a s řízením procesu. Zpracovávají biologicky rozložitelné odpady a vedlejší živočišné produkty (masokostní moučka, jateční odpady) podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009. Mohou také zpracovávat vytríděnou složku směšného komunálního odpadu. Ostatní BPS musí být vybaveny hygienizační jednotkou, což je uzavřený reaktor s nainstalovaným měřičem teploty, záznamovým zařízením a zařízením, které kontroluje zda nedochází k nedostatečnému ohřevu. Dále musí být vybaveny zařízením pro čištění a dezinfekci vozidla a nádob na přepravu vedlejších živočišných produktů.[23][25]



Obrázek 4.2: Zemědělská bioplynová stanice Třeboň [24]

4.4. Legislativa

Legislativa bioplynových stanic zahrnuje proces navrhování, povolovací proces a další nařízení týkající se jednotlivých technologických zařízení v BPS.

4.4.1. Navrhování

Bioplynové stanice podléhají, jakožto stavby, režimu dle těchto právních norem: [14]

- zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů
- zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí)
- zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší)
- zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů
- zákon č. 500/2004 Sb., správní řád

BPS jsou označeny jako zařízení s nebezpečím výbuchu, neboť zde dochází ke tvorbě metanu. Při navrhování procházíme třemi etapami. Je to územní rozhodnutí, stavební povolení a kolaudační souhlas.

4.4.2. Povolovací proces

Povolovací proces je proces uvedení BPS do provozu.

Zákony pojící se s povolovacím procesem: [14]

- zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší)
- zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů

4.5. Technologie stanice

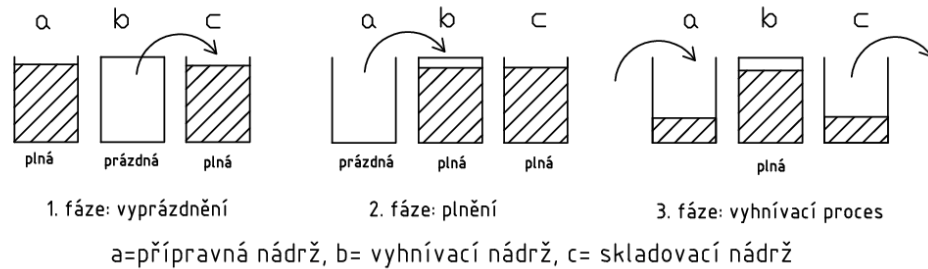
Bioplynové stanice mohou být různých konstrukcí a sestávat z různých technologických částí. Přesto lze technologické prvky, ať už jde o způsob plnění, řešení fermentorů nebo zařízení dobře kategorizovat.[1]

4.5.1. Technologie výrobních postupů

Všechna možná řešení BPS lze obecně kategorizovat a rozlišovat podle způsobu plnění (dávkový nebo průtokový způsob), podle toho, zda jde o proces jedno nebo vícestupňový a nakonec také podle konzistence substrátu (pevný nebo kapalný). Nejběžněji užívané metody jsou: [1]

Dávková metoda

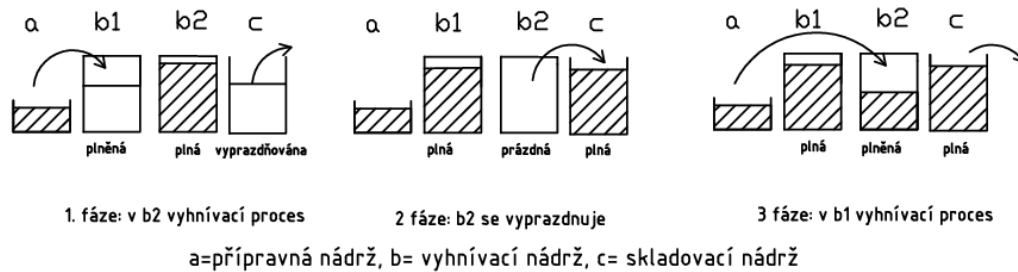
Při dávkovém způsobu se reaktor (fermentor) naplní najednou. Poté se dávka nechá vyhnívat, aniž se substrát odnímá nebo přidává. Po ukončené fermentaci se nádrž najednou vyprázdní, přičemž se v ní nechá cca 5 až 10 % vyhnílého kalu, aby došlo k naočkování nové dávky bakteriemi. Nevýhodou je, že při tomto postupu jsou potřeba ještě dvě další nádrže o stejné velikosti (přípravná a skladovací). Další nevýhodou je nerovnoměrná výroba plynu. V Německu existuje několik zařízení pracujících na dávkovém principu, ale v naprosté většině případů se používá jiná metoda. [1]



Obrázek 4.3: Dávková metoda [1]

Metoda střídání nádrží

Metoda pracuje se dvěma fermentory, jednou přípravnou a jednou skladovací nádrží. Za předpokladu, že je jeden fermentor plný a druhý prázdný, probíhá proces takto. Z přípravné nádrže se začne pomalu plnit první (prázdný) fermentor. Ve druhém mezitím dochází k fermentaci. Poté co se první fermentor naplní a začne probíhat fermentace, začne se druhý fermentor vypouštět do skladovací nádrže. Poté se začne znovu napouštět a až se naplní, tak se první fermentor vypustí. Tato metoda má velkou výhodu v rovnoměrné produkci bioplynu s dobrým hygienizačním účinkem. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady a vysoké tepelné ztráty.[1]

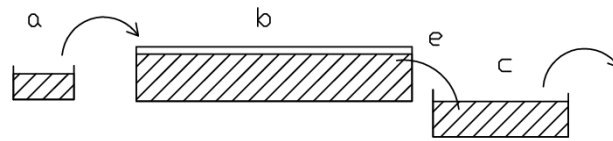


Obrázek 4.4: Metoda střídání nádrží [1]

Průtokový způsob

Způsob, na jehož základě pracuje většina bioplynových stanic. Fermentor je stále naplňován jednou až dvakrát denně z malé přípravné nádrže. Zároveň odchází stejné množství vyhnílého substrátu do skladovací nádrže. Výhodou je rovnoměrná výroba plynu, nízká

pořizovací cena a nízké tepelné ztráty. Nevýhodou je, že může dojít k smíchání čerstvého substrátu s vyhnílym zbytkem.[1]

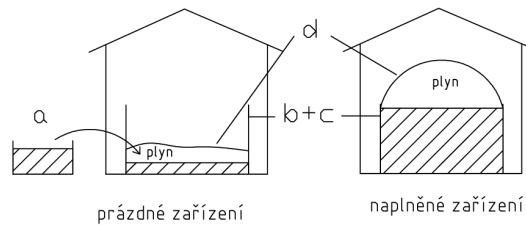


a=přípravná nádrž, b= vyhnívací nádrž, c= skladovací nádrž
e= přepad

Obrázek 4.5: Průtoková metoda [1]

Metoda se zásobníkem

Fermentor a skladovací nádrž jsou spojeny do jedné nádrže. Při vyprazdňování je v nádrži ponechán malý zbytek pro naočkování další náplně. Poté se nádrž znovu pomalu plní z přídatné nádrže. Výhodou jsou nízké náklady, jednoduchý a přehledný provoz zařízení. Nevýhodou mohou být vysoké tepelné ztráty.[1]

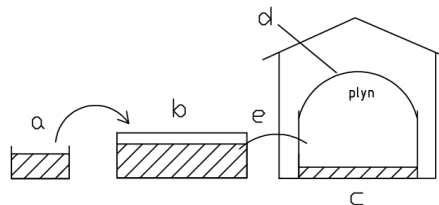


a=přípravná nádrž, b= vyhnívací nádrž, c= skladovací nádrž
d=fóliový poklop, f= přepad

Obrázek 4.6: Metoda se zásobníkem [1]

Kombinovaná průtoková metoda se zásobníkem

V současné době je to nejvyspělejší metoda výroby bioplynu. K průtokovému fermentoru je připojena skladovací nádrž na vyhnílou kejdou, která se zastřeší foliovým poklopen nebo pevným krytem za účelem získat další, zbytkový bioplyn. [1]



a=přípravná nádrž, b= vyhnívací nádrž, c= skladovací nádrž
d=fóliový poklop, e= přepad

Obrázek 4.7: Průtoková metoda se zásobníkem na konci [1]

Při jednostupňovém procesu proběhnou všechny čtyři fáze anaerobní fermentace v jednom reaktoru. U vícestupňových reaktorů jsou prováděny pokusy ve snaze oddělit jednotlivé fáze anaerobní fermentace.[1]

4.5.2. Části a systémy

Základní prvky bioplynové stanice jsou:

1. Reaktory
2. Plynojemy
3. Plynovody a další technologické prvky
4. Spotřebiče plynu
 - Hořáky a kotle
 - Zařízení k využití bioplynu pro výrobu elektrické a tepelné energie
5. Zařízení pro zneškodňování zbytkového bioplynu

Reaktory

Reaktor můžeme považovat za "srdce" bioplynové stanice. Jedná se o izolovanou nádobu, různých konstrukčních typů, ve které dochází k procesům, jejichž výsledkem je metan. Co se konstrukce týče, rozdělují se reaktory na tyto typy: [1]

1. Horizontální typ

Pod horizontálním typem si nejlépe představíme klasicky nadzemně položenou ocelovou nádrž cylindrického tvaru, jejíž délka je daleko větší než šířka. Horizontální typ má tu výhodu, že do něj lze umístit velice efektivní, výkonné a energeticky nenáročné míchadlo. Vzniká zde také samovolně jev (díky tomu, že délka nádrže je mnohem kratší než její šířka) označovaný jako píستové proudění. Píستové proudění znamená, že nová keжда, kterou do reaktoru dáváme, je postupně posunována rourou. Tím dosáhneme toho, že vyhnílý substrát z plnicí zóny se nesmíchává s čerstvým materiálem, což podporuje hygienizační efekt. Nevýhodou tohoto typu nádrží je potřeba velkého prostoru pro umístění nádrže, energetická náročnost vytápění z důvodu velké venkovní plochy nádrže a nemožnost očkování čerstvého substrátu bakteriální florou vyhnílého kalu.

2. Vertikální typ

Typ nádrže, jehož tvarem je válec postavený na své základně. Jejich výhodou je menší spotřeba energie při vytápění a menší materiálové náklady, nevýhodou pak to, že zde nedochází k píстovému proudění.

3. Nadzemní a podzemní umístění

Nadzemní umístění volíme tehdy, pokud vysoká hladina spodní vody nedovoluje umístit reaktor částečně nebo úplně pod zem. Nadzemní umístění má tu výhodu, že lze použít levnější izolační materiály a nátěry, nicméně energetické ztráty, hlavně v

zimě, jsou značné. Nádrže uložené částečně pod zemí a úplně pod zemí mají výhodu v menší spotřebě energie pro chod stanice, nevýhodou je pak nutnost použít dražší izolační materiály a nátěry odolné proti vlhkosti.

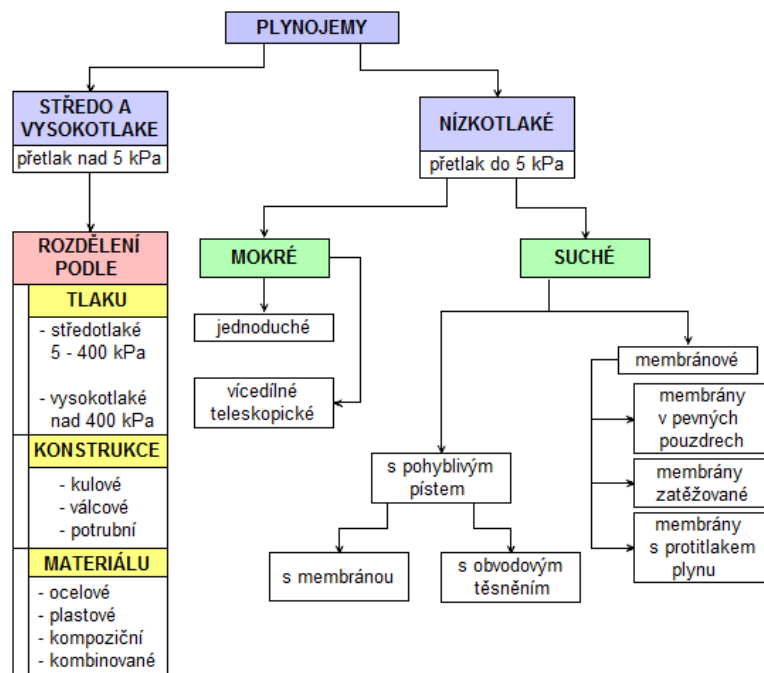
V reaktorech najdeme tato technická zařízení:

- čerpadla
- míchadla
- topení atd.

Vzhledem k zákonu č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, a o změně některých dalších zákonů, musí být reaktor utěsněn a izolován proti úniku zápachu. Reaktory musí být také tepelně izolovány, aby ztráty při provozu byly co nejmenší. [1]

Plynojemy

Plynojemy, jako jedna ze základních částí bioplynové stanice, slouží k uskladnění vzniklého bioplynu, vyrovnávání změn v objemech bioplynu vyrobeného a spotřebovaného a mohou sloužit ke stabilizaci tlaku plynu ve výrobním systému. Rozdělení a popis plynojemů udává literatura [12]:



Obrázek 4.8: Uspořádání plynojemů [12]

Středo a vysokotlaké plynojemy se používají pouze zřídka a pouze tam, kde je stlačený plyn potřeba, popřípadě se mohou použít i k promíchání materiálu uvnitř reaktoru. Používají se jednoplášťové i dvouplášťové verze.

U nízkotlakých plynojemů, jejichž použití převažuje, rozdělujeme plynojemy mokré, suché, membránové a kombinované, popřípadě i jejich kombinace.

Ve starších bioplynových stanicích se vyskytují spíše mokré plynojemy, které mohou být umístěny buď jako samostatný rezervoár nebo jsou namontovány přímo na vrcholu reakční nádrže. Používají se v celé škále velikosti zařízení. Jejich nevýhodou je korozní citlivost a potřeba temperace v zimním období.

Suché plynojemy se téměř vždy konstruují s uzavřením plynového prostoru pomocí membrán. Suché plynojemy s utěsněním pomocí plynových límců se v bioplynových technologiích téměř nepoužívají. V současné době jsou velmi rozšířené dvoumembránové plynojemy.



Obrázek 4.9: Dvoumembránový plynojem Sattler na BPS Třeboň [15]

Plynojemy musí být vybaveny zařízením pro uvolnění přetlaku v případě havárie. Jedná se obvykle o mechanické uzávěry nebo kapalinové uzávěry, instalované na vstupním nebo výstupním potrubí plynojemu.[14]

Definice jednotlivých druhů plynojemu dle ČSN 75 6415: [12][14]

Mokrý plynojem: Jde o plynojem, ve kterém je plyn jímán v prostoru pod plovoucím zvonem a provozní (pracovní) tlak plynu je dán hmotností zvonu. Těsnost plynového prostoru zajišťuje vodní uzávěr (výška sloupce vody mezi tělesem zvonu a základnovou nádrží).

Suchý plynojem: Plynojem, ve kterém je plyn jímán v kruhové (mnohoúhelníkové) nádrži pod pohyblivým stropem (pístem) a provozní tlak plynu je dán hmotností pohyblivého pístu, těsněného těsníci lištami po obvodu pístu, ponořenými do těsnícího oleje. Těsnící lišty jsou přitlačovány k plášti plynojemu pákami se závažím.

Membránový plynojem: Plynojem, ve kterém je plyn jímán mezi základovou deskou a vnitřní membránou - vakem (plynová část) a provozní tlak plynu zajišťuje tlak vzduchu mezi vnitřní a vnější membránou, nebo takové plynojemy, kde provozní tlak plynu je zajišťován s pomocí pohyblivé vodní nebo tuhé zátěže přiléhající na plynový vak nebo je tlak zajišťován pružinovým systémem působícím na plynový vak.

Tlakový plynojem: Též středně a vysokotlakový plynojem je velkokapacitní tlaková nádoba stabilní (podle ČSN 69 0010), kde plyn je skladován za stálého geometrického objemu pod zvýšeným tlakem (zpravidla tlakem nad 5 kPa). [12][14]

Plynovody a další technologické prvky plynových tras

Plynovody slouží jako spojovací potrubí mezi jednotlivými částmi staveb. Na plynovodech jsou umístěny technologické prvky, které slouží k obsluze bioplynové stanice, regulaci a zabezpečení transportu plynu z výrobního reaktoru až ke spotřebičům. Celé prostředí transportu bioplynu musí být vysoce chemicky odolné z důvodu vysokých obsahů CO₂ a H₂S. Tyto prvky spolu s vysokou vlhkostí způsobují rychlou korozi. Nejvíce korozi podléhají slitiny mědi a běžné oceli. Používají se nerezavějící chemicky odolné oceli. Mezi technologické prvky patří:[12][14]

- Regulační a uzavírací prvky
 - kohouty, ventily, šoupátka, klapky, regulátory tlaku
 - prvky uzavírací nebo regulační
 - prvky pojistné (zpětné klapky, explozní pojistky, pojistné ventily)
- Čerpací zařízení
 - plynová dmyhadla a kompresory pro střední a vyšší tlaky
 - plynová dmyhadla nízko a středně tlaká, čerpací turbíny
- Měřicí prvky
 - signalizace poloh a chodů
 - impulsní potrubí včetně armatur
 - snímače tlaků a teplot
 - měřidla průtoků a jejich snímače
 - zařízení pro odběr a úpravu vzorků plynu
 - analyzátory plynu systémy pro sběr a vyhodnocení dat
 - řídicí systémy
 - místní měřidla
- Průtokoměry

Používají se průtokoměry se škrtkými orgány, které sice nejsou nejpřesnější, ale také jejich údržba není tak náročná. Dalším typem jsou průtokoměry turbínové a průtokoměry ultrazvukové, které jsou velice přesné a bezproblémové, avšak dražší.
- Analyzátory

Používají se pro sledování obsahu metanu v plynu. Jsou velice náročné na čistotu plynu a na údržbu.



Obrázek 4.10: Plynová trasa a další technologické prvky BPS ve Vejprnicích [17]

Spotřebiče bioplynu

Hořáky a kotle

Spalováním plynu v kotelnách získáváme teplo dále použitelné pro ohřev provozních staveb, k ohřevu užitkové vody, k předehřívání substrátu vstupujícího do reaktoru. Hořáky se používají buďto atmosférické (pro malý výkon) nebo dmýchadlové pro větší výkon. Místo kotlů se mohou použít i průtokové ohříváče. [1][12]

Zařízení k využití bioplynu pro výrobu elektrické a tepelné energie

Bioplyn se v BPS používá na výrobu tepla a elektrické energie. Elektrická energie se odvádí dále do sítě a vzniklé odpadní teplo se může využívat pro vytápění provozních staveb, atd. Společná výroba tepla a elektrické energie se nazývá kogenerace, společná výroba tepla, elektrické energie a chladu se nazývá trigenerace. [1][12]

Bioplyn je spalován v kogenerační jednotce, což je spalovací motor nebo turbína spolu s elektrickým generátorem. Používají se benzinové motory upravené pro spalování bioplynu, dieselové motory upravené na plynový zážehový provoz, dieselové motory se zapalovacím vstříkem.[1][12]



Obrázek 4.11: Kogenerační jednotka s el. výkonem 330 kW BPS Kněžnice [18]

Zařízení pro zneškodňování zbytkového bioplynu

Zbytkový bioplyn je bioplyn, který nelze ekonomicky využít. Musíme ho tedy odstranit jiným způsobem, konkrétně ve speciálním zařízení na spalování zbytkového bioplynu nebo ho můžeme vypustit pomocí havarijního vypouštěcího zařízení. Pokud bioplyn spalujeme v hořáku, musíme respektovat příslušné právní předpisy pro splnění emisních limitů, stejně jako umístění hořáku na vzdálenost 15 m od nadzemních objektů. Hořák také musí být zabezpečen samočinným zabezpečovacím zařízením. [12][14]



Obrázek 4.12: Hořák pro spalování zbytkového bioplynu BPS-Kralovice [16]

5. Energetická bilance BPS

Energetickou bilancí rozumíme zhodnocení vstupních veličin (zpracovávané suroviny) a výstupních veličin (elektrická a tepelná energie).

5.1. Výběr bioplynové stanice

První krok k provedení takovéto bilance je výběr vhodné bioplynové stanice. Pro tuto práci byla vybrána bioplynová stanice Stonava, umístěná na okraji obce v areálu Farma Stonava. Farma Stonava vznikla z bývalého družstevního podniku, který byl přetransformován na středisko živočišné výroby. Poté došlo ke změně majitele, až nakonec farmu koupil současný majitel, pan Tadeáš Koch. Farma dosáhla špičkové úrovně a to nejen v České Republice, ale i v EU. S modernizací farmy došlo i k myšlence na výstavbu bioplynové stanice, která byla realizována 31. března 2008, kdy došlo k zahájení stavby. Po roce provozu byla rozšířena z původního výkonu 500 kW na výkon 1381 kW. Změnil se také systém fermentorů a skladovacích nádrží.

Při výběru bioplynové stanice bylo nutné zohlednit zejména polohu a umístění, dále pak ochotu provozovatelů k poskytnutí žádaných dat. BPS Stonava splnila obě kritéria a po domluvě s majitelem došlo k udělení povolení pro poskytnutí dat.

Po domluvě s vedoucím BPS Ing. Jiřím Thiemelem, PhD. byla absolvována exkurze v areálu BPS.



Obrázek 5.1: Bioplynová stanice Stonava

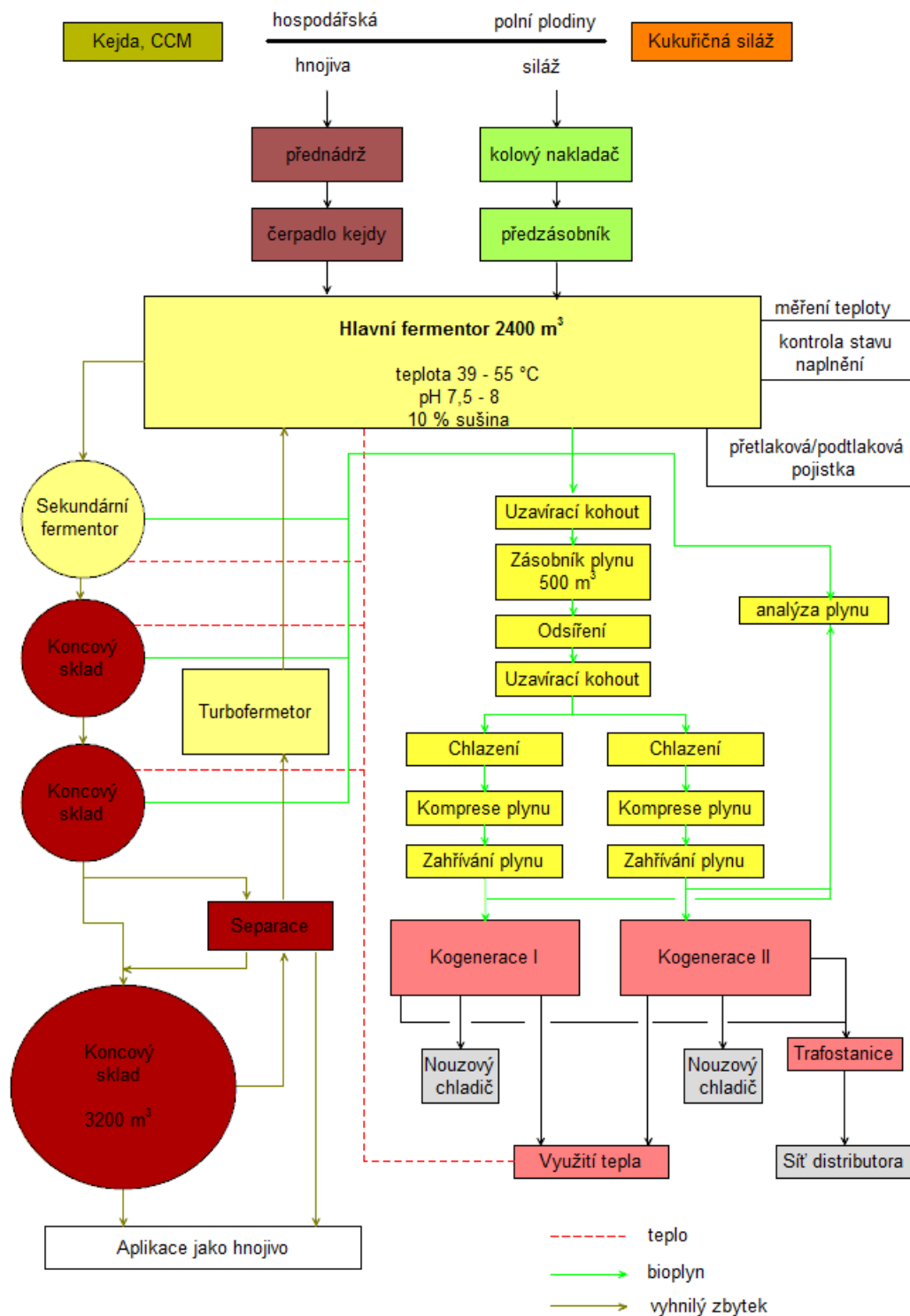
5.2. Popis stanice

Kejda je do stanice dopravována pomocí systému čerpadel a potrubí z nedalekého velkochovu prasat. Pro vpravení kejdy do primárního fermentoru slouží čerpadlo a přednádrž. Spolu s kejdou je dodávána kukuřičná siláž navezená přes kolový nakladač do předzásobníku. V hlavním fermentoru probíhá řízená fermentace přibližně 50 až 62 dní. Částečně vyhnílý zbytek putuje do sekundárního fermentoru a po uplynutí potřebné doby do koncových nádrží.

Bioplyn vytvořený ve fermentorech a v koncových nádržích je jímán do plynojemu, kde zároveň probíhá jeho odsiřování. Přitom je měřena jeho kvalita, obsah CH_4 , obsah H_2 , obsah H_2S , CO_2 a N_2 . Poté je bioplyn ochlazován tak, aby se vysrážela voda, stlačen, zahřát a přiveden jako palivo do kogeneračních jednotek.

Výstupem z kogeneračních jednotek je elektrická energie, jejíž část je použita na provoz stanice a druhá část je odvedena pomocí transformátoru do distribuční sítě. Teplo

vyprodukované motory je využito pro ohřev technologických zařízení bioplynové stanice (hlavně fermentorů). Vytápění hospodářských staveb farmy Stonava není řešeno pomocí tepla z BPS. Projekt pro jeho využití je v současné době zpracováván. V současné době na stanici také funguje homogenační jednotka, která bude v budoucnu odstraněna.



Obrázek 5.2: Zjednodušené schéma BPS Stonava [35]

5.2.1. Fermentory

Po rozšíření stanice došlo ke změně v uspořádání fermentorů. Původní stav byl 3 vertikální fermentory a jeden koncový sklad. Po dostavbě nového horizontálního fermentoru byl jeden z původních fermentorů změněn na sekundární a ze zbylých vznikly koncové sklady.

Hlavní fermentor je zřízen jako dva průtokové fermentory se dvěma míchadly. Jeho rozměry jsou 32 x 15 x 6 a jeho užitečný objem je 2 400 m³. Sekundární fermentor má kapacitu 1 746 m³.

Koncové nádrže jsou složeny ze dvou bývalých fermentorů, každý o objemu přibližně 1650 m³, a původní koncové nádrže, jejíž objem je 3 200 m³.



Obrázek 5.3: Vlevo: míchadlo primárního fermentoru, vpravo: fermentory

Do celkové kapacity je také potřeba započítat jímky na kejdu na nedaleké farmě Stonava o objemu 1000 m³.

5.2.2. Plynojemy

Primární membránový plynojem je umístěn v prvním patře budovy, v níž je uložen primární fermentor. Plynojem má objem 1 100 m³. Sekundární plynojemy jsou umístěny nad sekundárním fermentorem a nad koncovými sklady, přičemž jejich objem činí cca 500 m³.



Obrázek 5.4: Membránový primární plynojem

5.2.3. Kogenerační jednotky

Starší kogenerační jednotka je motor Tedom Quanto D500 a novější je motor Jenbacher JMS 412. V následující tabulce je podrobná specifikace těchto jednotek:

Tab. 5.1: Parametry kogeneračních jednotek

Parametr	Typ motorů	
	Tedom Quanto D500	Jenbacher JMS 412
Příkon v palivu	1 341 kW	2 019 kW
Spotřeba plynu*	206 m ³ /hod	404 m ³ /hod
Elektrický výkon na výstupu	537 kW	844 kW
Tepelný výkon na výstupu	524 kW	789 kW
Účinnost elektrická	40 %	41,8 %
Účinnost tepelná	39,1 %	42,5 %
Celková účinnost	79,1 %	84,3 %
*Platí pro obsah metanu 65 %.		

Kogenerační jednotky jsou umístěny v samostatné zvukotěsné budově.



Obrázek 5.5: Zleva motor Jenbacher JMS 412, napravo Tedom Quanto D500.

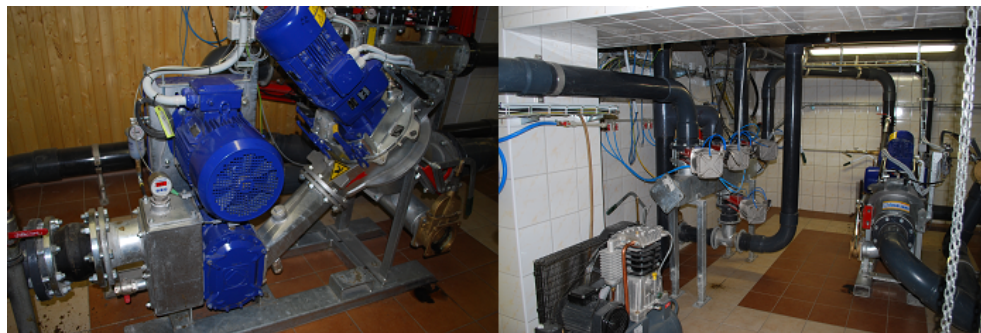


Obrázek 5.6: Řídící jednotka motoru Jenbacher JMS 412

5.2.4. Další technická zařízení

Centrální stanice čerpadel

Centrální stanice čerpadel je umístěna v suterénu budovy hlavního fermentoru. Spolu s čerpadlem je i drtící-rozrušovací jednotka, která má za úkol rozdrtit větší kousky substrátu předtím, než bude aplikován do fermentoru.



Obrázek 5.7: Vlevo: drtící-rozrušovací jednotka spolu s čerpadlem, napravo pohled do centrální stanice čerpadel

Dávkovač pevného substrátu

Substrát je dodáván do primárního fermentoru pomocí dávkovače, což je míchací kontejner o objemu 70 m³. Substrát je pomocí šnekového zařízení dopraven do fermentoru kde je zalisován 2 m pod úroveň hladiny.



Obrázek 5.8: Dávkovač pevného substrátu

Chladicí jednotka a systém odvodu tepla

Chladicí jednotka slouží pro ochlazení bioplynu, aby došlo k vysrážení nežádoucí vody. Je umístěna ve venkovní části před budovou kogeneračních jednotek.

Systém odvodu tepla je tvořen vrtulovými větráky, které odvádějí přebytečné teplo produkované v kogeneračních jednotkách.

5.3. ZHODNOCENÍ VSTUPNÍCH MATERIÁLŮ



Obrázek 5.9: Chladicí jednotka BPS Stonava



Obrázek 5.10: Systém odvodu tepla BPS Stonava

Ostatní součásti a skupiny

Ostatní zařízení jsou míchadla, čerpadlo substrátu, rotocut (drtič), separátor, navážení pevného substrátu, čerpadlo topení, MSR (regulátor točivého momentu motoru), kompresory a další.

5.3. Zhodnocení vstupních materiálů

Zpracovávané materiály jsou tuhé a tekuté. Mezi tekuté patří hlavně vepřová kejda a silážní šťávy, které jsou skladovány v přejímce a pomocí čerpadla dopravovány přímo do hlavního fermentoru.

Pevné substráty jsou siláže nebo ve formě CCM (silážované zrno kukuřice). Siláž je uložena v silážních žlabech.

Tab. 5.2: Výtěžek metanu jednotlivých materiálů

Materiál	Předpokládaný výtěžek metanu
Prasečí kejda	190 ÷ 350 litr CH ₄ /kg sušiny
Kukuřičná siláž	370 litr CH ₄ /kg sušiny

Předpokládá se, že při provozu budou zajištěny suroviny v určitém množství.

Tab. 5.3: Zajištění surovin

Materiál	Zajištěno celkem	Podíl sušiny
Prasečí kejda	37,5 t/den	4%
Kukuřičná siláž	62,3 t/den	33%
Ječmen	0,06 t/den	87,4%
CCM(silážované zrno kukuřice)	370 1,91 t/den	63,5%
Silážní šťávy	-	

Pro předpokládané složení zpracovávaných materiálů je určen vážený průměr těchto parametrů:

Tab. 5.4: Shrnutí parametrů materiálů

Parametr	Množství
Výtěžnost metanu	0,260 m ³ /kg sušiny
Výtěžnost bioplynu	0,419 m ³ /kg sušiny
Celková sušina	31,57 t/den
Obsah sušiny na vstupu do fermentoru	10,32 %
Organická sušina	28,95 t/den
Obsah organické sušiny na vstupu do fermentoru	9,47 %

Celkový obsah sušiny na vstupu do fermentoru bude 31,6 t/den, což představuje přibližně 10,3 % ze vstupních hodnot. Celková produkce bioplynu bude přibližně 539 m³/hod, ročně to činí 4 827 426 m³. Předpokládaná výhřevnost bude 19,27 MJ/m³. Očekávaný obsah metanu v bioplynu je 53 % .

Předpokládá se, že bude potřeba zajistit navíc 4,5 t/den prasečí kejdy a 41,8 t/den kukuřičné siláže.

5.3.1. Bilance vstupních surovin stanice před rozšířením

Bioplynová stanice se do roku 2011 skládala ze tří vertikálních fermentorů o objemu 3 x 1 746 m³ a jedné kogenerační jednotky Tedom Quanto D500 o výkonu 537 kW. Na stanici se zpracovávala převážně siláž a kejda. Množství jednotlivých vstupních surovin je v následující tabulce:

Tab. 5.5: Spotřeba surovin za rok 2010

Typ suroviny	Množství	Procentualní zastoupení
Celkem	22 266 t	100 %
Siláž, senáž, čerstvá tráva, CCM, atd.	9 191 t	41 %
Kejda	13 075 t	59 %

5.4. Zhodnocení výstupů

Důležité prvky bioplynové stanice, které musí být zahrnuty v energetické bilanci jsou fermentory, jakožto odběratelé tepelné energie, technologické zařízení, jakožto odběratelé elektrické energie, a budovy.

Ve fermentorech bude probíhat řízený anaerobní proces a to buďto při teplotě 40 °C (mezofilní proces) nebo při teplotě 55 °C (termofilní proces). Do výpočtu se také musí

5.4. ZHODNOCENÍ VÝSTUPŮ

zahrnout ztráty tepla do okolí a prvotní ohřev z teploty cca 10 °C na 40 až 50 °C s tím, že sušina má měrnou tepelnou kapacitu cca 2,093 J/kg·K a voda má měrnou tepelnou kapacitu 4,186 kJ/kg·K.

Pro objekty v areálu se předpokládá dodávka 1 450 GJ/rok.

Zařízení spotřebávající elektrickou energii jsou shrnuty v tabulce.

Tab. 5.6: Souhrn zařízení odebírajících elektrickou energii

Součást (skupina)	Výkon připojení [kW]	Doba chodu [h/a]	Energetická potřeba [kWh/a]
Míchadlo I hlavní fermentor	22	1 314,0	18 790,0
Míchadlo II hlavní fermentor	22	1 314,0	18 790,0
Čerpadlo substrátu	6,5	1 095,0	4 271,0
Rotocut	7,0	1 095,0	4 599,0
Separátor	6	1 095,0	5 913,0
Navážení pevného substrátu	34	1 460,0	44 676,0
Čerpadlo topení	3	1 825,0	4 380,0
MSR	4	8 395,0	33 580,0
Vlastní spotřeba kogenerace (kompresor, nouzový chladič)	11	8 395,0	92 345,0
Vhánění vzduchu odsíření	0,6	8 395,0	5 037,0
Kompresor tlakový vzduch	2	182,5	365,0
Ostatní spotřebiče (světlo)			5 000,0
Celkem	118,1		237 746,0

5.4.1. Shrnutí tepelné energie

V tabulce jsou pouze teoretické údaje, přesná reálna data nejsou zatím známa z důvodu teprve nedávného rozšíření stanice (duben 2011).

Tab. 5.7: Shrnutí tepelné energie

Typ energie	Množství	Procentuální zastoupení
Celková generovaná tepelná energie	36 446 GJ/rok	100 %
Energie využitá pro vytápění fermentorů	16 116 ÷ 22 259 GJ/rok	44 ÷ 61 %
Možnost dodávky v areálu farmy	1 450 GJ	4 %
Nevyužitá energie (ztrátová)	18 880 ÷ 12 737 GJ	52 ÷ 35 %

5.4.2. Shrnutí elektrické energie

Bilanční tabulka elektrické energie ukazuje stejně jako tabulka tepelné energie pouze teoretická data.

Tab. 5.8: Shrnutí elektrické energie

Typ energie	Množství	Procentuální zastoupení
Celková generovaná elektrická energie	10 636 604 kWh	100 %
Vlastní spotřeba	425 464 kWh	4 %
Celkem pro prodej	10 211 140 kWh	96 %
Nákup pro vlastní spotřebu	388 000 kWh	-

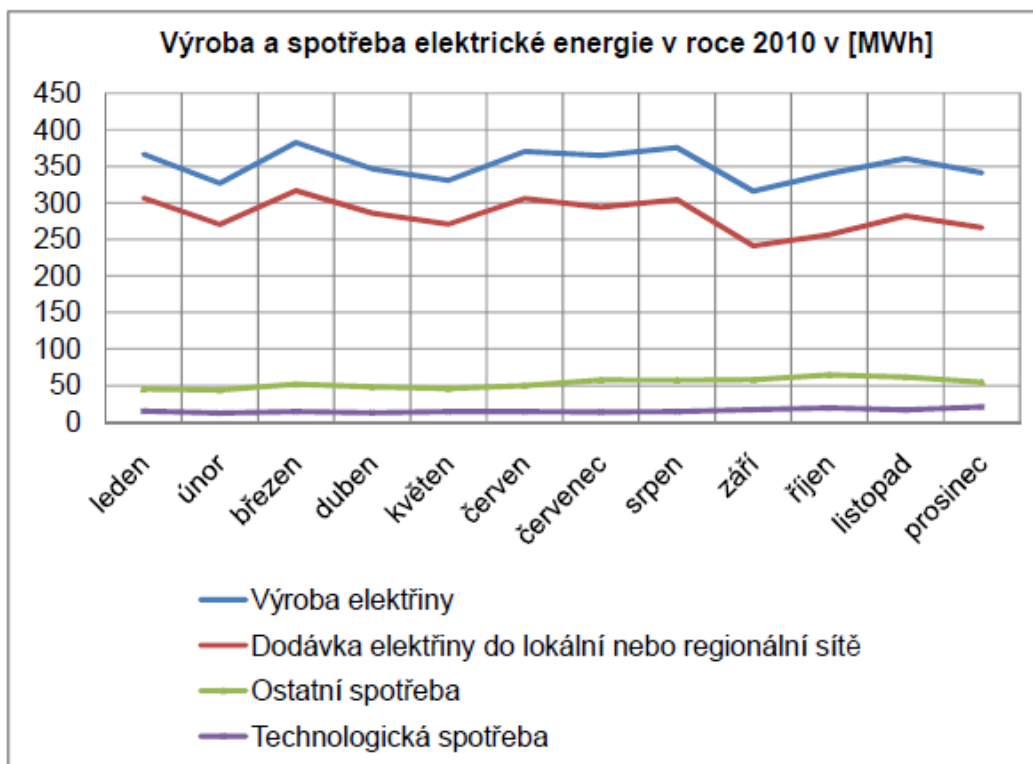
5.4.3. Bilance energií stanice před rozšířením

Tabulka zobrazuje reálná data naměřená za rok 2010.

Tab. 5.9: Bilance výroby za rok 2010

Parametr	Množství
Elektrická energie	4 224 802 kWh
Výroba bioplynu	2 026 750 m ³
Technologická spotřeba	184 980 kWh
Nákup elektřiny ze sítě	37 242 kWh
Tržby bez DPH	16 886 015 Kč

Bilance výroby a spotřeby elektrické energie je shrnuta v grafu:



Obrázek 5.11: Graf výroby a spotřeby elektrické energie

6. Závěr

V průběhu vypracování bakalářské práce se autor seznámil se základy problematiky biologicky rozložitelných odpadů. Přes úplnou počáteční neznalost problematiky došlo k vypracování ucelené práce.

První rešerše v oblasti biologicky rozložitelných odpadů dává nahlédnout do zajímavé přítomnosti a budoucnosti dynamicky se rozvíjejícího odvětví, kterým zpracování bioodpadů bezesporu je. V současné době lze problematiku bioodpadů považovat za lukrativní byznys štědře dotovaný z Evropské Unie, který je na vrcholu svého rozmachu. Zatímco u biologických metod zpracování odpadů lze očekávat další rozvoj, u skládkování lze očekávat jeho nahrazování jinými metodami.

V České republice lze pozorovat současně probíhající rozvoj a výstavbu nových zařízení na výrobu bioplynu. Přesto bude ještě pár let trvat, než se Česká republika stane rovnocenným partnerem Německu a Rakousku na poli využívání energie z obnovitelných zdrojů, zvláště pak biologicky rozložitelných odpadů.

Rešerše v oblasti bioplynu a bioplynových stanic popisuje složitý proces tvorby bioplynu. Energetická bilance byla provedena na základě dostupných dat z energetického auditu a poskytnutých materiálů za rok 2010 od provozovatele BPS Stonava. Naměřené hodnoty v roce 2010 mají již pouze informativní charakter, neboť došlo k rozšíření stanice. Výstupem bilance je množství vstupních surovin a rozbor výstupních energií a jejich spotřeba a využití.

Podrobná energetická bilance rozebírající celý systém pomocí výpočtů je časově náročný úkol. Z toho důvodu ji nebylo možné provést ve vymezeném čase k napsání bakalářské práce. Výpočtová část tedy byla vynechána a nahrazena teoretickou bilancí ze shromážděných materiálů.

Při tvorbě energetické bilance je potřeba zohlednit mnoho faktorů, ať už jde například o obsah sušiny ve zpracovávaných materiálech nebo energetickou náročnost jednotlivých zařízení, je nutné s nimi počítat v celkovém zhodnocení.

Bioplynová stanice Stonava má kapacitu pro další rozvoj, zejména ve využití zbytkového tepla z kogeneračních jednotek pro vytápění hospodářských budov na farmě Stonava.

Seznam použité literatury

- [1] SCHULZ, H.; EDER, B. *Bioplyn v praxi*. Ostrava : HEL, 2004. 167 s. ISBN 80-86167-21-6.
- [2] BAČÍK, Ondřej: *Bioplynové stanice: technologie celonárodního významu*. Biom.cz [online]. 2008-01-14 [cit. 2011-02-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-technologie-celonarodniho-vyznamu>>. ISSN: 1801-2655.
- [3] *Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2010* [online]. Praha : Ministerstvo životního prostředí a Český statistický úřad, 2011 [cit. 2011-03-11]. Dostupné z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMJG45KYBJ/](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMJG45KYBJ/)>.
- [4] Wikipedie otevřená encyklopedie: *Biologicky rozložitelný odpad* [online], 13.3.2011, [cit. 13. 3. 2011]. Dostupný z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Bioodpad>>.
- [5] ZEMÁNEK, Pavel, a kolektiv. *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování* [online]. Praha : VÚZT, v.v.i., 2010 [cit. 2011-02-27]. Dostupné z WWW: <<http://212.71.135.254/vuzt/poraden/prirucky/2010-1.pdf?menuid=674>>. ISBN 978-80-86884-52-3.
- [6] HABART, Jan: *Integrovaný systém nakládání s odpady, mechanicko biologická úprava a dynamický respirační index jako ukazatel biologické stability*. Biom.cz [online]. 2003-08-25 [cit. 2011-03-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/integrovaný-system-nakladani-s-odpady-mechanicko-biologicka-uprava-a-dynamicky-respiracni-index-jako-ukazatel-biologicke>>. ISSN: 1801-2655.
- [7] ŠIMON, T: *Sborník z mezinárodního semináře "Život v půdě VI"*. [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2005 [cit. 2011-03-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.vurv.cz/files/publications/ISBN80-86555-58-5.pdf>>. ISBN: 80-86555-58-5
- [8] VÁŇA, Jaroslav: *Koncepce nakládání s komunálními bioodpady v České republice*. Biom.cz [online]. 2002-01-09 [cit. 2011-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/koncepce-nakladani-s-komunalnimi-bioodpady-v-ceske-republice>>. ISSN: 1801-2655.
- [9] *Zelená kniha o nakládání s biologickým odpadem v Evropské unii* [online], Brusel 2008, [cit. 2011-03-25]. Dostupný z: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0811:FIN:CS:PDF>>.
- [10] VÁŇA, Jaroslav: *Kompostování odpadů*. Biom.cz [online]. 2002-01-14 [cit. 2011-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.

- [11] VÁŇA, Jaroslav: *Mechanicko - biologická úprava odpadů*. Biom.cz [online]. 2003-04-10 [cit. 2011-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mechanicko-biologicka-uprava-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.
- [12] STRAKA, F. a kol.: *Bioplyn*. 2. vyd. GAS s.r.o., Praha 2006. 706 s. ISBN 80-7328-090-6.
- [13] *Bioplynová stanice Houstoně* [Fotografie]. Dostupný z: <<http://www.bioproject.cz/lang/cz-cs/reference/bioplynova-stanice-hostoun>>
- [14] BRANDEJSOVÁ, E. PŘIBYLA, Z. *Bioplynové stanice (Zásady zřizování a provozu plynového hospodářství)*. Praha: vydavatelství GAS s.r.o., 2009. 118, [16] s. ISBN 978-80-7328-192-2.
- [15] *Plynojem Sattler u bioplynové stanice v Třeboni* [Fotografie]. Dostupný z: <<http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Bara/vyuziti.html>>.
- [16] *Hořáky na zpracování zbytkového bioplynu* [Fotografie]. Dostupný z: <http://www.pbspe.cz/cze/index.php?action=reference_detail&id=46>.
- [17] *Plynová trasa BPS Vejprnice* [Fotografie]. Dostupný z: <http://www.agroweb.cz/Bioplyn-vyrabeji-z-drubeziho-trusu_s46x33411.html>.
- [18] *Kogenerační jednotka s elektrickým výkonem 330 kW* [Fotografie]. Dostupný z: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/knezice-komplexni-energeticke-reseni_N2412>.
- [19] *BIOPLYN.zde.cz* [online],[cit. 2011-02-18]. Dostupný z: <<http://stary.biom.cz/publikace/bioplyn.html>>.
- [20] Wikipedie otevřená encyklopedie: *Bioplyn* [online], 24.1.1011, [cit. 27. 2. 2011]. Dostupný z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Bioplyn>>.
- [21] ŠVEC, J. KÁRA, J. VÁŇA, J. PASTOREK, J. MACHÁLEK, E.: *Využití obnovitelných zdrojů, energie v zemědělství, zemědělské bioplynové stanice*. Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o., 2010. 69 s. ISBN 978-80-86832-49-4.
- [22] SEQUENS, Edvard. *Bioplynové stanice a životní prostředí*. České Budějovice : Calla - Sdružení pro záchranu prostředí, 2009. 4 s. ISBN 978-80-87267-06-6.
- [23] VÁŇA, Jaroslav: *Bioplynové stanice na využití bioodpadů*. Biom.cz [online]. 2010-05-10 [cit. 2011-04-17]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynové-stanice-na-vyuziti-bioodpadu>>. ISSN: 1801-2655.
- [24] *Bioplynová stanice Třeboň* [Fotografie]. Dostupný z: <<http://stavitel.ihned.cz/c1-48328810-celostatni-soutez-ceska-energeticka-a-ekologicka-stavba>>
- [25] AUTERSKÁ, Petra: *Problematika zápachu na bioplynových stanicích*. Biom.cz [online]. 2010-07-26 [cit. 2011-04-17]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/problematika-zapachu-na-bioplynovych-stanicich>>. ISSN: 1801-2655.

- [26] *Skládka komunálního odpadu Řídká Blana* [fotografie]. Dostupný z:
<<http://www.okprojekt.eu/foto/skladka-komunalniho-odpadu-ridka-blana.html>>
- [27] STRAKA, František: *Komunální odpady - anaerobní fermentace versus skládkování*. Biom.cz [online]. 2005-08-24 [cit. 2011-04-18]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/komunalni-odpady-anaerobni-fermentace-versus-skladkovani>.
ISSN: 1801-2655.
- [28] *Druhá hodnotící zpráva o plnění nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky za roky 2005 - 2006* [online]. Praha : MŽP, 2007 [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <http://www.odpadovyhospodar.cz/keStazeni/2_hodnotici_zprava_POH_CR_za_roky_2005_2006-2007.pdf>.
- [29] *Čtvrtá hodnotící zpráva o plnění nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky za rok 2008* [online]. Praha : MŽP, 2009 [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/plneni_narizeni_vlady/\\$FILE/OODP-ctvrta_hodnotici_zprava_o_plneni_POH_CR_za_rok_2008-20100830.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/plneni_narizeni_vlady/$FILE/OODP-ctvrta_hodnotici_zprava_o_plneni_POH_CR_za_rok_2008-20100830.pdf)>.
- [30] *Integrovaná prevence a omezování znečištění - Referenční dokument o nejlepších dostupných technologiích spalování odpadů* [online]. Seville : Institut perspektivních technologických studií, 2005 [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFLZ7EX4/\\$FILE/20080407_BREF_WI_CZ_final.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFLZ7EX4/$FILE/20080407_BREF_WI_CZ_final.pdf)>.
- [31] *Spalovna TKO Liberec* [fotografie]. Dostupný z:
<<http://www.gema-statika.cz/?view=39,11,0,0,0&cat=5>>
- [32] *Biogas plant in Hanover* [fotografie]. Dostupné z:
<http://postoakrcd.org/biohybrid_energy_cycle_photos.htm>
- [33] EEA, 2010. *Evropské životní prostředí stav a výhled 2010: shrnutí*. Evropská agentura pro životní prostředí, Kodaň. ISBN 978-92-9213-109-8
- [34] *Evropské životní prostředí stav a výhled 2010: shrnutí*. [online]. Kodaň : Evropská agentura pro životní prostředí, 2010 [cit. 2011-04-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.eea.europa.eu/soer/synthesis/translations/evropske-zivotni-prostredi-2013-stav>>. ISBN 978-92-9213-109-8.
- [35] ŠIMON, Robert. *PROTOKOL O ENERGETICKÉM AUDITU EV.Č.: EPI 02-01/10. Ostrava 2010. 38 s.*
- [36] MBÚ: *Legislativa* [online]. 2010-04-13 [cit.2011-05-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.mbu.cz/cz/Legislativa.php>>
- [37] *Kompostárna slavkov u Brna* [fotografie]. Dostupné z:
<<http://www.tsslavkov.cz/Actuality.aspx?ActId=21>>
- [38] *Farma stonava: Představení farmy* [online], 2011-03-16 [cit. 2011-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.farmastonava.cz/bioplynova-stanice/>>

Seznam zkratek

Zkratka		Význam
BRO	-	Biologicky rozložitelný odpad
BRKO	-	Biologicky rozložitelný komunální odpad
TKO	-	Tuhý komunální odpad
MBP	-	Mechanicko - biologické předzpracování
RDF	-	"Refused derived fuel" Certifikované palivo
BPS	-	Bioplynová stanice
MŽP	-	Ministerstvo životního prostředí
ČOV	-	Čistírna odpadních vod
CCM	-	Silážované zrno kukuřice
ES	-	Evropské společenství