

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Případová studie bioplynové stanice modelové zemědělské
farmy**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr CHARVÁT**
Osobní číslo: **E11B0285P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Případová studie bioplynové stanice modelové zemědělské farmy**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište potřebné parametry modelové farmy.
2. Analyzujte potenciál zdrojů energie této farmy.
3. Navrhněte vhodnou techniku a zařízení pro energetické využívání bioplynu.
4. Vyhodnoťte energetické a environmentální navrhovaného řešení .



Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.**

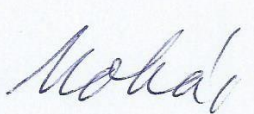
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10. května 2014**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2013

Abstrakt

Úvodem této bakalářské práce je popis potřebných parametrů modelové farmy. V této sekci jsem se nejvíce zaměřil na bioplynovou stanici. Stanice využívá materiál, který je produkován nebo vypěstován přímo na této farmě. Jsou zde popsány technické parametry, procesy vzniku bioplynu a popisu vstupních surovin. Dalším rozsáhlejším tématem je popis fermentoru. V těchto zařízeních probíhá samotné vyhnívání biologicky rozložitelného materiálu. Získávání elektrické a tepelné energie jsem se rozhodl získávat z kogeneračních jednotek, kde dochází ke spalování vzniklého bioplynu. Zbytkové teplo se bude využívat na sušení zemědělských komodit. Závěrem bakalářské práce je energetické a environmentální vyhodnocení navrhovaného zařízení.

Klíčová slova

bioplyn, bioplynová stanice, digestát, separátor tuhých částic, kompostárna, fermentor, bioreaktor, dofermentor, kogenerační jednotka

Abstract

At the beginning the required parameters of the model farm are described including the functioning of the biogas station. The biogas station uses the material produced or grown directly on the farm. Technical parameters, process of biogas production and input raw materials are described. The thesis continues by fermenter description. The fermentation of the biodegradable material takes part in here. Electrical and thermal energy will be obtained in cogeneration units where the produced biogas is burned. Residual heat will be used for drying agricultural commodities. The bachelor thesis is concluded by energetic and environmental evaluation of the proposed model farm facilities.

Key words

biogas, biogas station, fermentation residue, solid particles separator, composting plant, fermenter, bioreactor, final fermenter, cogeneration unit

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 4.6.2014

Petr Charvát

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Mgr. Eduardu Ščerbovi, Ph.D., za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Zároveň děkuji Ing. Pavlíně Volákové Ph.D., za její čas při opravování práce a za její ochotu mi pomoci.

Obsah

SEZNAM ZKRATEK	10
1 ÚVOD	1
2 POTŘEBNÉ PARAMETRY ZEMĚDĚLSKÉ FARMY	2
2.1 VYMEZENÍ POJMU „BIOMASA“	2
2.1.1 Rozdělení biomasy z hlediska jejího získávání	2
2.1.2 Způsoby získání energie z biomasy	3
2.1.3 Výhřevnost a podíl vlhkosti biomasy.....	4
2.2 VSTUPNÍ MATERIÁL	5
2.2.1 Kejda	5
2.2.2 Hnůj.....	5
2.2.3 Kukuřičná siláž	6
3 POTENCIÁL ZDROJŮ	6
3.1 LOKALITA	6
3.2 PLOCHA A POČET DOBYTKA	6
3.3 VÝPOČET VÝNOSU KUKUŘIČNÉ SILÁŽE.....	7
3.4 PRODUKCE KEJDY.....	7
3.5 POTENCIÁL ZDROJŮ	7
3.6 ELEKTRICKÝ A TEPELNÝ VÝKON	7
3.7 PŘÍPOJKA VYSOKÉHO NAPĚTÍ (VN)	8
4 ČÁSTI BIOPLYNOVÉ STANICE	9
4.1 BIOPLYNOVÁ STANICE.....	9
4.2 SILÁŽNÍ ŽLAB.....	9
4.3 HOMOGENIZAČNÍ JÍMKA	9
4.4 PŘÍPRAVNÁ NÁDRŽ.....	10
4.5 DÁVKOVACÍ ZAŘÍZENÍ	10
4.5.1 Způsoby dávkování.....	10
4.6 FERMENTOR	12
4.7 DOFERMENTOR	14
4.8 SEPARÁTOR.....	14
4.9 KONCOVÝ SKLAD	14
5 TECHNIKA PRO VYUŽÍVÁNÍ BIOPLYNU	15
5.1 DEFINICE BIOPLYNU	15
5.1.1 Vznik bioplynu	15
5.1.2 Vliv parametrů na výrobu bioplynu	18
5.1.3 Vliv teploty.....	18
5.1.4 Vliv pH.....	18
5.1.5 Vliv složení vstupního substrátu	19
5.1.6 Další faktory	19
5.2 KOGENERAČNÍ JEDNOTKA.....	19
6 ZPŮSOBY VYUŽITÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE A ODPADNÍHO TEPLA	20

6.1	VYUŽITÍ VYROBENÉ ELEKTRICKÉ ENERGIE	20
6.2	VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA.....	21
6.2.1	<i>Vytápění vlastních nebytových prostor</i>	21
6.2.2	<i>Vytápění stáji</i>	22
6.2.3	<i>Vytápění skleníků</i>	23
6.2.4	<i>Dodávka tepla do CZT</i>	24
6.2.5	<i>Sušení</i>	24
7	ZÁVĚR.....	28
	SEZNAM TABULEK	29
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	29
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	30

Seznam zkratek

BPS	bioplynová stanice
KGJ	kogenerační jednotka
BRO	biologicky rozložitelný odpad
BRKO	biologicky rozložitelný komunální odpad
OZE	obnovitelné zdroje energie
TV	teplá voda
CZT	centrální zásobování teplem
VN	vysoké napětí
NN	nízké napětí
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
ORC	organický Rankinův cyklus
FVE	fotovoltaické elektrárny

1 Úvod

V současné době jsou při výrobě elektrické energie kladeny důrazy na dva důležité problémy. Na neustále se zvyšující poptávku po elektrické energii a na tlak na dodržování složení vypouštěných emisí, které musí daná výrobní splňovat.

Řešením těchto problémů mohou být tzv. obnovitelné zdroje energie. Jedním z obnovitelných zdrojů je bioplyn vyrobený v BPS. V posledních letech zájem o stavbu BPS výrazně stoupá. To se projevuje velkou snahou mnoha zemědělců, obcí a firem, které mají k dispozici biologicky rozložitelné odpady, stavbu těchto zařízení realizovat.

Největší potenciál BRO je v potravinářském průmyslu a v zemědělství. Z těchto odvětví můžeme zajistit každodenní dodávky biologicky rozložitelného odpadu a tím zajistit neustálý zdroj čisté energie. Další výhodou moderních BPS je využívání odpadního tepla, které lze využít jako zdroj tepla pro vytápění kancelářských prostor, samotné vyhřívání fermentoru BPS nebo také jako zdroj tepla pro různé sušičky ovoce nebo obilí.

Pro majitele farmy má technologie výroby a využití bioplynu z mnoha důvodů velký význam. Farma nejenže ušetří finanční prostředky za nakupovanou energii, ale zároveň získá další zdroj příjmu v podobě plateb za vyrobenou elektřinu. Takto lze do té doby energeticky nevyužitý hnůj a kejdu zpracovat v BPS, získat elektrickou energii a teplo a na konci celého zpracování mít k dispozici hodnotné organické hnojivo. Toto organické hnojivo je ve formě kapalného digestátu vhodné pro hnojení rostlin, tuhý digestát je vhodné kompostovat a následně použít pro navýšení vrstev humusu na polích.

2 Potřebné parametry zemědělské farmy

2.1 Vymezení pojmu „biomasa“

Biomasou se označuje látka biologického původu. Biomasa se dělí na dvě hlavní skupiny, a to na rostlinnou a živočišnou. Jedná se o obnovitelný zdroj energie. V případě rostlinné biomasy je energie uložena ze slunečního záření, které se do rostlinné biomasy váže pomocí zeleného barviva nazývaného chlorofyl. Při růstu rostlina spotřebovává oxid uhličitý, který je následně uvolněn ve stejném množství zpět do ovzduší, pokud je rostlinná biomasa spalována nebo je z rostlinné biomasy fermentací vyroben bioplyn, který je následně opět spálen ve spalovacím motoru. Energetické využití rostlinné biomasy jako obnovitelného zdroje tedy nezatěžuje životní prostředí navyšováním množství oxidu uhličitého v ovzduší. Zavedení dotačních podpor pro obnovitelné zdroje energie mělo za následek významné navýšení poptávky po realizaci projektů využívajících obnovitelné zdroje energie. [1]

2.1.1 Rozdělení biomasy z hlediska jejího získávání

1) biomasa cíleně pěstovaná

- rychle rostoucí dřeviny (topol, vrba, paulovnie)
- energetické plodiny (š'ovík, či'orka pestrá, ozdobnice čínská)
- olejniny (řepka olejná, slunečnice roční)
- cukrovka, obilí, brambory [2]

2) odpadní biomasa

- rostlinné zbytky (sláma, odpady ze sadů a vinic, shnilé ovoce a zelenina)
- živočišné zbytky (exkrementy z hospodářských zvířat)
- organické odpady z průmyslových a potravinářských výroby (odpady z lihovarnictví, zbytky z těžby dřeva, jateční zbytky)
- biologicky rozložitelné komunální odpady (zbytky z údržby zeleně, sběrný papír, textilní materiál) [2]

2.1.2 Způsoby získání energie z biomasy

1) termochemická přeměna (suché procesy)

a) spalování

- provádí se ve spalovacích zařízeních, kde se dbá na dokonalé spalování, které zajistíme vysokými teplotami a dostatkem prostoru pro vyhoření všech hořlavých plynů. V případě biomasy v pevné formě se musí před vstupem do zařízení biomasa vhodně upravit (sušení, drcení, lisování).

b) zplyňování

- dochází k téměř úplné přeměně organických složek biomasy na plynné produkty. Vstupními materiály mohou být obiloviny, tráva a odpadní či palivové dřevo, které vzniká v dřevozpracujících závodech a při těžbě dřeva. Plyn lze využít v parní nebo plynové turbíně, kde jsou kladeny vysoké nároky na čistotu a kvalitu plynu.

c) pyrolýza

- jedná se o termický děj, při kterém bez přístupu vzduchu dochází k rozkladu organických látek na nízkomolekulární sloučeniny. Rozmezí teplot se při pyrolýze pohybuje mezi 400 °C až 700 °C. [3]

2) biochemická přeměna (mokrý procesy)

a) alkoholové kvašení

- Jedná se o biochemický proces. Rostlinné polysacharidy jsou přeměňovány na alkohol. To vše probíhá za přítomnosti kvasinek, které obsahují vlastní enzymy. Tyto bílkoviny mění rostlinné sacharidy na etanol a oxid uhličitý. Při vzniku těchto změn dochází k uvolnění tepla a energie.

b) metanové kvašení

- Výsledkem procesu je vždy směsice plynů a fermentovaný zbytek organické látky. Majoritní složkou plynu je metan a oxid uhličitý. V praxi se setkáváme i s objemově zanedbatelnými složkami, na kterých však závisí kvalitu plynu.

c) esterifikace surových bio-olejů

- Dochází k reakci alkoholu s kyselinou. Výslednými produkty jsou estery a voda. [3]

2.1.3 Výhřevnost a podíl vlhkosti biomasy

Z hlediska využití energie z biomasy se jako nejvíce vhodná jeví termo-chemická přeměna, tedy spalování. Velice důležitým faktorem je v tomto případě obsah vlhkosti, který má bezprostřední vliv na výhřevnost biomasy. Procento vlhkosti dřeva čerstvě pokáceného stromu může přesahovat hodnotu 60 %. Při vlhkosti dřeva nad 30 % dochází k nedokonalému spalování, spalovací proces je nerovnoměrný a účinnost spalování je nízká. [4]

DRUH PALIVA	OBSAH VODY	VÝHŘEVNOST
	[%]	[MJ/kg]
listnaté dřevo	15	14,605
jehličnaté dřevo	15	15,584
borovice	20	18,4
vrba	20	16,9
olše	20	16,7
habr	20	16,7
akát	20	16,3
dub	20	15,9
jedle	20	15,9
jasan	20	15,7
buk	20	15,5
smrk	20	15,3
bříza	20	15
modřín	20	15
topol	20	12,9
dřevní štěpka	30	12,18
sláma obilovin	10	15,49
sláma kukuřice	10	14,4
lněné stonky	10	16,9
sláma řepky	10	16

Tab. 1 Výhřevnost biomasy, převzato z [4]

2.2 Vstupní materiál

Projekt se bude nacházet v lokalitě, kde bude možné získat veškerý potřebný objem biologicky rozložitelného materiálu potřebného pro zajištění nepřetržitého provozu BPS. Technologie celého projektu bude zařízena pro vstupy zejména vepřové a hovězí kejdy, hnoje, kukuřičné siláže, travní senáže a také močůvky a zbytků z provozu jatek.

2.2.1 Kejda

Jedná se o částečně zkvašené exkrementy hospodářských zvířat (prasat, skotu, drůbeže). Složení závisí na druhu chovaných zvířat, ale také na druhu krmení a množství vypité vody zvířetem. Součástí kejdy jsou různé druhy bakterií podporující příznivý proces rozkladu látek ve fermentoru. Důležitým faktorem pro určení kvality exkrementů je obsah sušiny. U každého hospodářského zvířete se tato hodnota liší. Pro názornost přikládám tabulku s orientačními hodnotami obsahu sušiny a průměrné produkce kejdy jednotlivých zvířat.

Druh hospodářského zvířete	Denní produkce [kg]	Roční produkce [t]	Sušina [%]
Skot (1 ks)	50	18 – 22	7,5
Prasata (10 ks)	40 – 70	15 – 26	7,2
Drůbež (100 ks)	50 – 100	18 – 36	14,2

Tab. 2 Produkce kejdy jednotlivých zvířat, převzato z [5]

Exkrementy hospodářských zvířat tvoří z velké části podíl na celkovém zdroji biologicky rozložitelného materiálu jako substrátu pro provoz BPS.

2.2.2 Hnůj

Na rozdíl od kejdy se hnůj skládá ze směsi výkalů a podestýlky (např. sláma, piliny). Vysoký obsah dusíku znamená, že hnůj je velice kvalitní organické hnojivo. Kvalitně vyzrálý hnůj by měl mít tmavou barvu a zápach amoniaku by měl být nepatrný. Při určité teplotě a vlhkosti a za přístupu vzduchu se v tomto materiálu rozmnožují bakterie a plísně, které napomáhají rozkladu látek ve fermentoru. Hnůj jednotlivých hospodářských zvířat se svým složením velmi liší. U každého zvířecího exkrementu se mění hodnota živin, ale také rychlost rozkladu živin. Některé druhy hnoje se rozkládají velice rychle za současného značného uvolňování tepla a některé naopak velice pomalu.

2.2.3 Kukuřičná siláž

Kukuřičná siláž je pro výrobu bioplynu v BPS nejpoužívanějším materiálem. Výhoda kukuřice jako používané rostliny je v tom, že její dlouhodobé šlechtění vedlo k získání rychle rostoucích odrůd s vysokými výnosy až 30 tun hmoty z 1 hektaru pole. V našich podmínkách se výnosnost suché hmoty pohybuje okolo 10,5 t z 1 hektaru pole [6]. Pěstování vyšlechtěné kukuřice slouží přímo pro její zpracování v provozech BPS. Dalšími výhodami je vysoký obsah sušiny (cca. 35%) a po vysušení obsahuje tento materiál pouze okolo 10% vody [7].

Nevýhodou využívání kukuřice je, že při jejím pěstování dochází k degradaci půdy. Tato rostlina má malou schopnost zadržovat vodu, a proto dochází k vysychavosti půdy. Dále dochází při vydatných deštích k odplavování půdy a silném větru k odnosu malých částic. Řešením je po určité době druh pěstovaných rostlin na daném poli obměňovat nebo pro zamezení odnosu půdy vlivem deště pěstovat kukuřici na rovných plochách.

3 Potenciál zdrojů

3.1 Lokalita

Stavba bude určena pro vysoce účinné a ekologicky přijatelné využití kejdy, hnoje a kukuřičné siláže a následné produkci elektřiny a tepla z OZE. Hlavními stavebními objekty bude fermentor, dofermentor, koncový sklad a silážní žlaby, které budou zapuštěné. Kolem bioplynové stanice bude položen travnatý koberec a projekt se bude nacházet v zemědělském areálu, který už bude vytvářet souvislý celek zapadající do okolní krajiny. To vše zdůrazňuje ekologickou funkci stavby. Projekt bude situován mimo obytnou zástavbu a tím bude zaručen minimální vliv na okolní obyvatelstvo. V objektu se již nacházejí kravíny, vepřiny a přilehlá zemědělská půda.

3.2 Plocha a počet dobytka

Zemědělský areál vlastní úrodnou půdu o rozloze 270 hektarů. Jsou zde už vybudované příjezdové cesty a napajedla pro hospodářská zvířata. V těsné blízkosti jsou vybudované kravíny a vepřiny, které jsou po stránce ustájení, na vysoké úrovni. Ustájení skotu je zde provedeno volným způsobem, tudíž se mohou zvířata volně pohybovat. V kravíně jsou zavedené topné spirály s principem průtoku horké vody. Výhodou topných spirál je, že teplo jen sálá a tudíž nedochází k víření prachu a udržuje se mikroklima v přijatelných podmínkách. Kravín pojme 250 kusů hovězího dobytka a vepřin má kapacitu pro 100 kusů prasat.

3.3 Výpočet výnosu kukuřičné siláže

Výnos kukuřičné siláže dosahuje v podmínkách České republiky hodnot 30 tun siláže z 1 hektaru pole. Jak je již výše zmíněno, kukuřičná siláž obsahuje 35% sušiny. Z toho vychází, že z 1 hektaru pole můžeme sklídit 10,5 tuny sušiny. Výtěžnost bioplynu z 1 tuny kukuřičné siláže je přibližně 190 m³. Výhřevnost bioplynu se pohybuje okolo 23MJ/m³. Při rozloze 270 hektarů půdy lze tedy sklídit 8 632 tun kukuřičné siláže[8].

3.4 Produkce kejdy

Podle výše zmíněné tabulky je denní produkce skotu 50 kilogramů. Při 250 kusech hovězího dobytka lze tedy denně odebírat 12,5 tun hovězí kejdy. Roční produkce se pohybuje okolo 4 562 tun.

Farma vlastní 100 kusů prasat. Prase denně vyprodukuje 5 kilogramů, takže lze pro využití v bioplynové stanici získat 0,5 tuny za den. Což znamená 182 tun za rok.

3.5 Potenciál zdrojů

Celkem tedy lze získat z úrodné půdy 8632 tun kukuřičné siláže a celkově 4744 tun hovězí a vepřové kejdy za rok. Ze sekání zeleně se bude ročně získávat 1 tuna travní siláže. V praxi se uvedené hodnoty mohou lišit. Počínaje efektivností výnosu kuřice a konče kvalitou vyrobeného bioplynu nebo účinností spalování motoru. Ovlivňujících faktorů spotřeby kejdy nebo potřebné zemědělské plochy je mnoho a proto všechny tyto údaje jsou jen ilustrační.

Při sečtení všech dostupných zdrojů lze zajistit kontinuální provoz bioplynové stanice o výkonu 500kW [9]. Pro tento výkon jsou zdroje lehce naddimenzované, ale vstupní materiál lze uskladnit nebo prodat. V případě nedostatku lze vstupní materiál zajistit z jiných vzdálenějších zdrojů.

3.6 Elektrický a tepelný výkon

Vzniklý bioplyn je přiveden do spalovacího motoru. Tyto druhy motorů se nazývají kogenerační jednotky. Jsou upraveny tak, aby mohly spalovat produkovaný bioplyn. Elektrická energie je vyráběna v generátoru, který je spojen s hřídelí kogenerační jednotky. U generátorů se používají jak synchronní, tak i asynchronní motory. Tepelnou energii získáváme z odpadního tepla. Odpadní teplo vzniká z chlazení spalovacího motoru,

výstupních spalin a mazacího oleje.

Farma poskytuje vstupní materiál pro BPS o výkonu 500kW. Pro výrobu elektrické energie jsem zvolil dvě kogenerační jednotky firmy MAN o výkonu 2*253 kW. Elektrická účinnost jednotky je 38,5 %. Tepelný výkon jedné kogenerační jednotky činí 310 kW. Celkový tepelný výkon provozu bioplynové stanice je tedy 620 kW a tepelná účinnost dosahuje hodnoty 47,2 %. Výsledná celková účinnost provozu bioplynové stanice je 85,7%.

Značka MAN se považuje za nejlepšího výrobce kogeneračních jednotek v oblasti malých výkonů. Přesné označení motoru je MAN E2848 LE322 a typ jednotky je MGM 250. Motory se dají použít jak ve vnitřních prostorech, tak i ve venkovních. V našem případě bude kogenerační jednotka umístěna v budově. [10]

3.7 Přípojka vysokého napětí (vn)

Z venkovního vedení vn bude zřízena přípojka k bioplynové stanici, kterou bude realizovat společnost ČEZ Distribuce, a.s. Kabelové vedení bude typu 3xAXEKVCEY 1x20 mm². Kabel bude uložen po celé jeho délce v betonových žlabech v minimální hloubce 1 m. Na straně vn bude ochrana před nebezpečným dotykovým napětím řešena uzemněním a na straně nn automatickým odpojením od zdroje. [11]

Trafostanice bude vybavena hermetizovaným transformátorem 22/0,4 kV. Jedná se o druh transformátoru, který je oproti vnějšímu prostředí hermeticky uzavřený. Změny objemu vzniklé kolísáním teplot při provozu jsou vyrovnávány chladícími žebry. Plnění transformátoru se provádí ihned při výrobě a to z určité střední teploty oleje a tudíž nevzniká přetlak nebo podtlak. Výhodou tedy je, že kontrola chladící a izolační kapaliny v tomhle případě není nutná.

4 Části bioplynové stanice

4.1 Bioplynová stanice

V bioplynové stanici dochází ke zpracování biologicky rozložitelného odpadu pomocí procesu, který se nazývá anaerobní digesce. Tento proces probíhá pouze bez přístupu vzduchu a jeho koncovým produktem je bioplyn. Vzniklý plyn lze dále použít jako alternativní zdroj energie. Zbylým produktem při výrobě bioplynu je kapalná látka (tzv. digestát). Digestát je ekologicky naprosto nezávadný a lze ho použít jako vysoce kvalitní hnojivo.

Projekt bioplynové stanice lze realizovat jen v lokalitě, ve které bude zajištěn dostatek potřebného objemu biologicky rozložitelného materiálu, aby mohl být zajištěn její nepřetržitý provoz. Technologie celého provozu bude zařízena pro vstupy vepřové a hovězí kejdy, hnoje, kukuřičné siláže, travní senáže a rovněž pro vstup močůvky a biologicky rozložitelných zbytků z jatek.

4.2 Silážní žlab

V České republice je použití silážního žlabu nejčastějším způsobem ukládání silážovaného materiálu. Silážní žlaby se nejčastěji stavějí na volném prostranství a jsou ohraničeny ze dvou nebo tří stran. Uložený materiál je nutné udusat například traktory nebo válci za účelem vytlačení vzduchu. Poté se žlab přikryje plachtou, aby se zabránilo přístupu vzduchu a vody. Obvykle se plachta zatěžkává starými pneumatikami. Podlaha silážního žlabu musí být zpevněna a upravena tak, aby nedocházelo k průsakům nebezpečných látek do spodních vod.

Silážování je proces, při kterém chceme uchovat silážovanou hmotu ve šťavnatém stavu. Při silážování nedochází ke ztrátě živin a vitamínů. Konzervace probíhá při přítomnosti kyseliny mléčné, která vzniká pouze při zabránění přístupu vzduchu a vody, za optimální teploty, která se pohybuje v rozmezí 25 - 28 °C a při kyselosti okolo 4 pH. Doba zrání siláže je přibližně 6 týdnů. [12]

4.3 Homogenizační jímka

Homogenizační jímka slouží k dokonalému promísení substrátu. Výstupní materiál by měla být kvalitní stejnorodá směs. Homogenizační jímka obsahuje centrální míchadlo a výměník tepla. Dodávaný materiál může být pouze ten, který se nemusí pasterizovat nebo hygienizovat. V případě čerpatelné látky se materiál dodává do homogenizační jímky pomocí podzemních potrubí a u tuhých látek se materiál přepravuje kolovým manipulátorem. [13]

4.4 Přípravná nádrž

Tato část slouží pro zásobování substrátu a zároveň pro diskontinuální dávkování fermentoru. Zásobování probíhá dvakrát až třikrát denně. Vstupní materiál nelze dodávat přímo z jímky na kejdu. Přípravná nádrž by měla pojmout substrát na 2 až 3 dny. Proti nebezpečí průsaků je nutno dodržet vodotěsnost nádrže.

4.5 Dávkovací zařízení

K dávkování tuhého materiálu (např. kukuřičná siláž, travní senáž) slouží zařízení, které je složeno ze šnekových dopravníků. Šnekové dopravníky jsou poháněny elektrickým proudem, a tudíž můžeme regulovat zásobování fermentoru ze vzdálenějšího místa pomocí počítačového softwaru.

Při přesunu kapalného materiálu se využívá čerpadel. Nejčastěji se používají vřetenová čerpadla, která jsou vhodná pro přepravu tekutých substrátů. Pomocí drtiček a odlučovačů cizích těles má čerpadlo dlouhou životnost. Další výhodou je přesné dávkování. Regulace průtočného množství se také řídí pomocí softwaru.

4.5.1 Způsoby dávkování

Způsob dávkování je možné rozdělit na tři druhy, kontinuální, semikontinuální a diskontinuální dávkování.

1) Kontinuální dávkování

Jedná se o plynulé dávkování substrátu. Tato metoda se nejvíce používá u fermentorů, které jsou určeny pro zpracování biologicky rozložitelného odpadu s velmi malým obsahem sušiny. Prodlevy mezi plněním musí být uzpůsobeny tak, aby nedošlo k přerušení provozu bioplynové stanice. Odstupy mezi jednotlivými doplňováními jsou dány velikostí zásobníku.

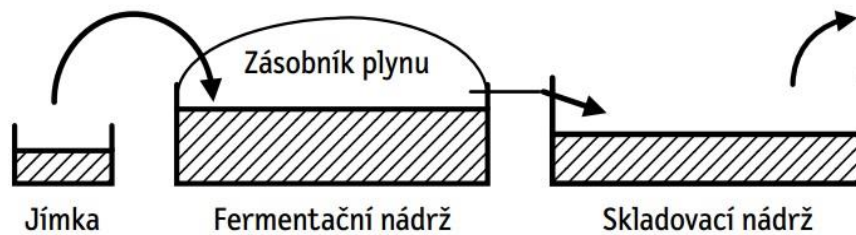
2) Semikontinuální dávkování

Dávkování zde probíhá mnohokrát za den. Hmotnost substrátu však odpovídá součtu odpovídající denní dávce. Fermentor po celou dobu zůstává zcela zaplněn. Dávkovací zařízení je automatické s vícedenní kapacitou.

Tuto metodu lze ještě dále rozdělit do 3 částí.

a) průtoková metoda

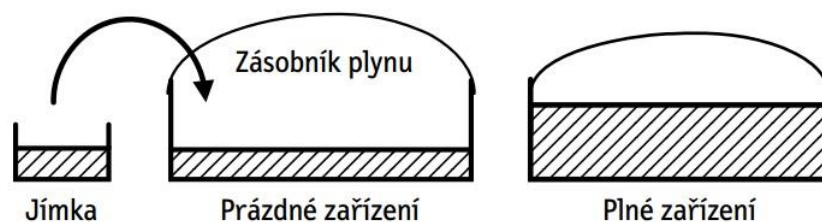
Ze zásobníku je několikrát denně pumpován čerstvý substrát do fermentační nádrže, čímž dojde k vytlačení toho samého množství substrátu do skladovací nádrže. Existuje však nebezpečí, že může dojít k vytlačení čerstvého substrátu, což lze vyřešit vícestupňovým uspořádáním fermentoru.



Obr. č. 1: Průtoková metoda, převzato z [14]

b) zásobníková metoda

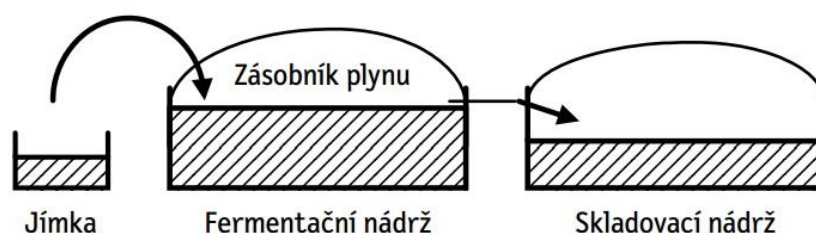
Fermentor se ze začátku začne postupně plnit a poté se vyprázdí. Ve fermentoru se však musí ponechat materiál nutný pro zachování procesu. Poté je opět plněn ze zásobovací nádrže stabilním substrátem. Tato metoda se v praxi příliš nepoužívá.



Obr. č. 2: Zásobníková metoda, převzato z [14]

c) kombinovaný postup průtokově – zásobníkový

Fermentační nádrž je zaplněna a funguje jako zásobníkové zařízení. Před tímto zařízením je postaven průtokový fermentor. Vzniklý bioplyn lze zachycovat a dále zpracovávat v kogeneračních jednotkách.



Obr. č. 3: Kombinovaný postup průtokově zásobníkový, převzato z [14]

3) Diskontinuální dávkování

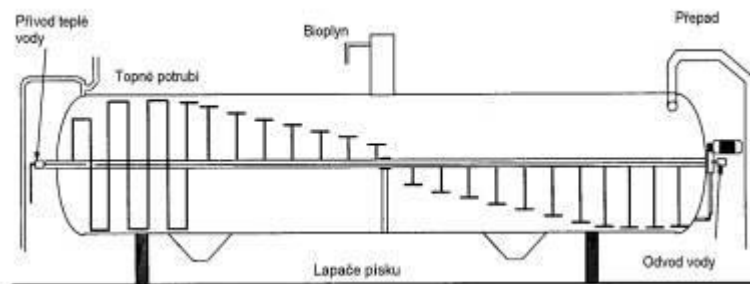
V tomto případě se fermentor naplní čerstvým substrátem a vzduchotěsně se uzavře. Takto je substrát uzavřen po celou dobu fermentace aniž by se přidával další. Po uplynulé době se fermentor vyprázdní a poté se opět kompletně naplní čerstvým substrátem. V nádrži se může ponechat materiál, který pomocí bakterií napomáhá k rozkladu čerstvě přidaného materiálu. Produkce bioplynu není během procesu konstantní a kvalita bioplynu se může měnit.

Při diskontinuálním dávkování se využívá dvou fermentorů. První fermentační nádrž je rovnoměrně zaplněna a ve druhé nádrži substrát vyhnívá. Po uplynutí prodlevy hnití je nádrž vyprázdněna do skladovací nádrže a pomalu se začne plnit z první nádrže. [14]

4.6 Fermentor

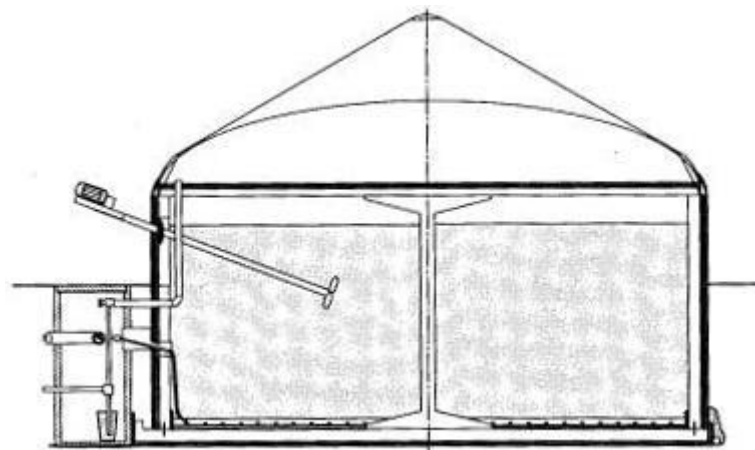
Fermentor neboli bioreaktor je zařízení, kde dochází k cílenému rozmnožování mikroorganismů. V bioplynových stanicích je fermentor využíván pouze k produkci určitých chemických látek. Plyny, které zde vznikají, jsou velice agresivní, a tudíž musí být fermentor vyroben z velmi odolných materiálů. Bioreaktory lze technologicky rozdělit na dva typy a to na horizontální a vertikální.

Horizontální typ: Jedná se o cylindrické ocelové nádrže uložené těsně nad zemí pod mírným sklonem. Hlavní předností horizontálního uložení bioreaktoru je velice snadné promíchávání substrátu a s tím i spojené náklady na míchání. Nevýhodou pro tento typ uložení je potřeba většího prostoru pro zástavbu. Vytápění reaktoru je řešeno pomocí rozvodných trubek uvnitř fermentoru nebo umístění trubek ve dvojité stěně. U tohoto typu dochází k větším tepelným ztrátám než u typu vertikálního. Horizontální řešení se používá u menších objemů nádrží a to přibližně o velikosti od 50 – 100 m³. [15]



Obr. č. 4: Horizontální řešení bioreaktoru, převzato z [16]

Vertikální typ: Reaktory se nejčastěji staví jako železobetonové nádrže, které jsou umístěny pod úrovní terénu. Mohou být ale také zhotoveny jen z oceli. Stavba vyniká lepší tepelnou izolací a plynotěsnou vrstvou než v předešlém případě. V praxi se objem těchto nádrží pohybuje okolo 250 – 5000 m³. [15]



Obr. č. 5: Vertikální řešení bioreaktoru, převzato z [16]

4.7 Dofermentor

Biologický rozklad vstupního materiálu ve fermentoru není zcela dokončen. Po časové prodlevě, která je závislá na objemu nádrže se pomocí šnekových čerpadel obsah fermentoru přečerpá do dofermentoru. Zde nastává druhý stupeň anaerobní fermentace, kdy dochází ke kompletnímu rozkladu zbytků organických látek. Produkce bioplynu je v této fázi menší než ve fermentoru, ale výstupem je vysoce kvalitní plyn s mnohem větším obsahem metanu. Vzniká zde také velmi stabilizovaný digestát, který lze použít jako vysoce kvalitní organické hnojivo.

4.8 Separátor

Pomocí separátoru lze oddělit tuhou část kejdy od tekutých složek. Zařízení se skládá z tubusu s nerezovým šnekovým dopravníkem, který zajišťuje kontinuální plnění separátoru. Nerezový šnek tlačí substrát pod velkým tlakem přes filtr a tím odděluje obě složky. Výstupem může být sušina s pouze 6% obsahu tekutých látek. Výhodou výstupní sušiny je mnohem menší objem a dále to, že lze sušinu kompostovat na zabezpečených kompostárnách. Vylisovaná voda může být zpětně použita k očkování čerstvého substrátu, kde může napomoci k tvorbě mikroorganismů. Je však nutné dávat pozor, aby se v kapalině nekonzentrovaly soli, což by mohlo mít za následek ohrožení celého průběhu anaerobního procesu.

4.9 Koncový sklad

Po skončení anaerobní fermentace je fermentační zbytek (digestát) přečerpáván do skladovací nádrže o objemu 2 200 m³. Skladovací nádrž musí být opatřena vlastním míchacím zařízením. U každého koncového skladu musí být provedena zkouška vodotěsnosti stěn i podlahy. Před začátkem stavby je nutné vybudovat rovněž sběrné kanálky zaústěné do kontrolní jímky, pomocí kterých bude následně kontrolován únik tekutin. Skladovací nádrž není nijak tepelně izolována ani zastropena. Odběr digestátu zajišťuje přečerpávací jednotka.

5 Technika pro využívání bioplynu

5.1 Definice bioplynu

Jedná se o organický plyn vzniklý biologickou cestou. Získáme ho při procesu, který se nazývá anaerobní metanová fermentace organických látek. Bioplyn získaný touto metodou se v ideálním případě skládá pouze ze třech složek: z metanu (55 % - 75 %), oxidu uhličitého (25 % - 50 %) a vodní páry (0 % - 10 %). S tímto složením se ale v praxi nesetkáme.

Bioplyn se totiž dále skládá z mnoha příměsí ve formě plynů a dalších chemických sloučenin jako je dusík, kyslík, čpavek nebo sulfan. Tyto příměsi jsou zastoupeny v plynu sice jen v malém množství, ale mohou významně ovlivňovat jeho kvalitu a proto je nutné je na konci fermentačního procesu odloučit chemickou cestou.

Největší vliv na výsledné složení bioplynu má druh vstupního materiálu a podmínky při fermentačním procesu. Vlastnosti vzniklého bioplynu ovšem nezávisí pouze na tom, zda jde o rostlinnou nebo živočišnou biomasu. V případě využívání živočišných exkrementů závisí jejich složení také na zvířeti, které je produkuje. Například v drůbežích exkrementech je obsah sulfanu velmi vysoký, ale v exkrementech produkovaných skotem je jeho obsah skoro zanedbatelný.[17]

5.1.1 Vznik bioplynu

Bioplyn vzniká činností metanogenních bakterií. Organismy, které tento rozklad provádějí, jsou velice citlivé na přítomnost kyslíku. Prostředí, ve kterém dochází k procesu vzniku bioplynu, musí být dokonale odizolováno od vnějšího přístupu vzduchu, aby bylo zajištěno anaerobní prostředí. Další podmínkou pro vznik bioplynu je zajištění stálé teploty prostředí nejlépe kolem 50 °C. Za dodržení těchto podmínek se bioplyn tvoří nejrychleji. Při jejich nedodržení se proces vzniku bioplynu velice zpomaluje nebo může dokonce dojít až k jeho úplnému zastavení. Pak je nutná obměna vsádky substrátu v celém objemu fermentoru.

Vznik bioplynu je i v přírodě velice rozšířeným procesem. Dochází k němu například v trávicím traktu přežvýkavců, v bahně na dně jezer nebo v rašeliništích.

Anaerobní fermentace je chemicky velice složitý proces, který se dá rozdělit do čtyř fází.[18]

1. Hydrolýza

Jde o přeměnu vysokomolekulárních látek (lipidy, polysacharidy, celulóza, tuky apod.) na monomery pomocí hydrolytických bakterií. Monomery jsou jednodušší organické látky (jednoduché cukry, aminokyseliny atd.). Tato fáze probíhá i v aerobním prostředí, proto nemusí být striktně dodržována nepřítomnost kyslíku. Předpokladem pro aktivaci procesu je alespoň 50 % obsah vody v substrátu. Pro tyto účely lze vhodně použít obsah jímek odpadní vody z chléva, jelikož tato odpadní voda obsahuje bakterie, které fermentačnímu procesu napomáhají.

Pro tyto účely nelze použít vodu obsahující chlór, který by všechny živé organismy ve fermentoru zahubil a fermentační proces by se tím zastavil.

2. Acidogeneze

V této fázi dochází k působení acidogenních bakterií, které mají za následek vznik mastných kyselin, oxidu uhličitého, sirovodíku, čpavku a některých alkoholů. Procentuální zastoupení těchto látek je dáno složením vstupního substrátu a dále záleží na podmínkách procesu fermentace.

Acidogenní bakterie mají schopnost pracovat v kyslíkatém i bezkyslíkatém prostředí. Při této fermentační fázi se kyslík spotřebovává, což vede ke vzniku anaerobního prostředí.

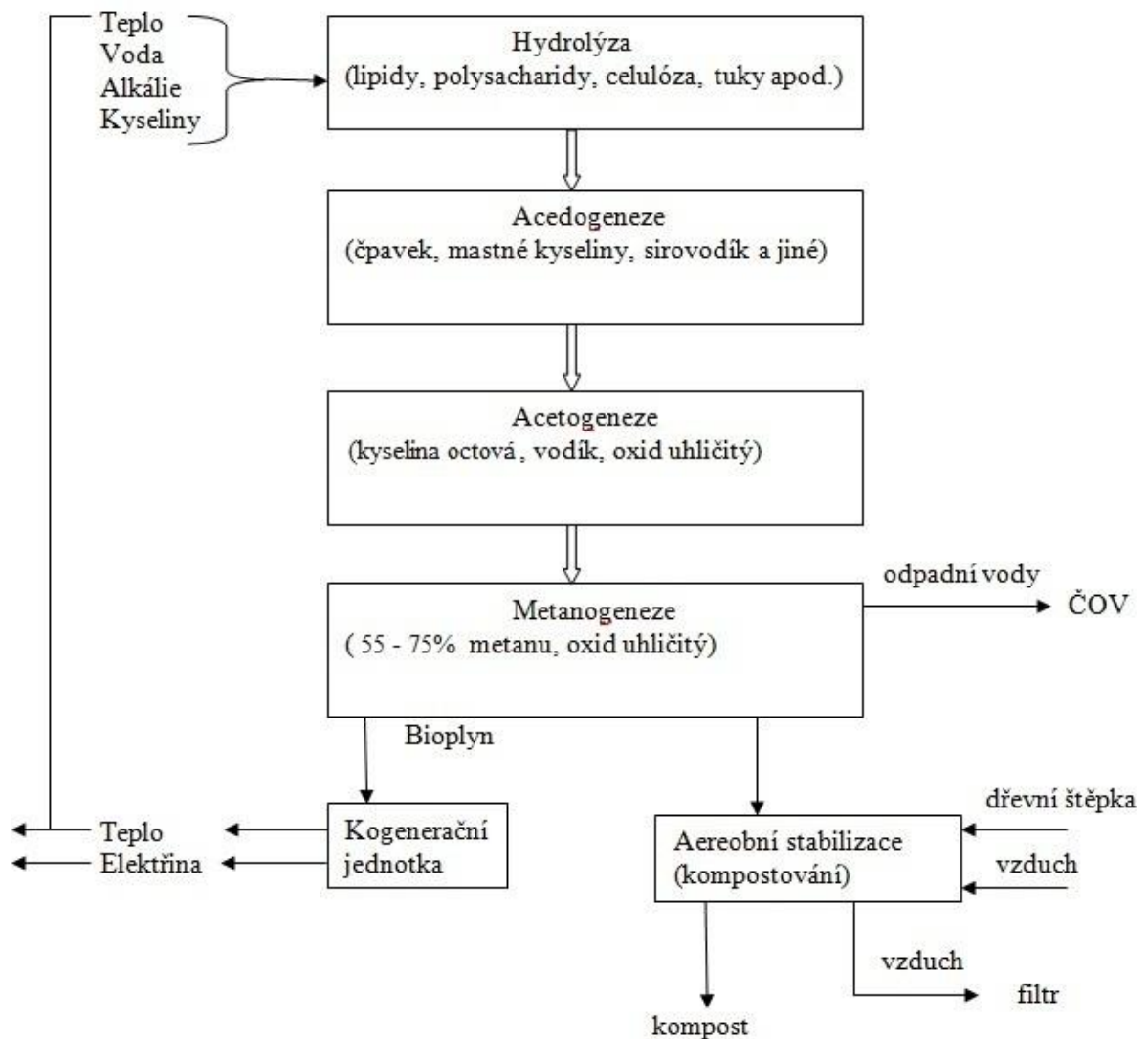
3. Acetogeneze

Hlavním produktem této fáze je kyselina octová, oxid uhličitý a vodík. Tyto látky vznikají působením acidogenních bakterií, které by měly pracovat už za nepřítomnosti vzduchu ve vzniklém anaerobním prostředí. Někdy je také tato fáze nazývána jako mezifáze.

4. Metanogeneze

V této konečné fázi dochází k vlastní tvorbě bioplynu. Kyselina octová vzniklá v předešlé fázi je pomocí působení metanogenních autotrofních bakterií přeměněna na metan a oxid uhličitý. V celém objemu vzniklého plynu je 55 % - 75 % metanu. Při tomto procesu musí být striktně dodrženo anaerobní prostředí. V případě přítomnosti kyslíku bakterie rychle odumírají a proces vzniku metanu se může zastavit.[18]

Pro názornost zde přikládám schéma výroby bioplynu a návaznosti dalších procesů.



Obr. č. 6: Schéma výroby bioplynu a návaznost dalších procesů

5.1.2 Vliv parametrů na výrobu bioplynu

Správná, tedy ekonomicky výnosná výroba bioplynu musí splňovat určitá kritéria. Jak bylo zmíněno výše, tak mezi tato kritéria patří požadavek na správné dodržení hodnoty pH a vyšší teploty. Tato kritéria musí být průběhu celého procesu stálá. Abychom dosáhli optimálního výtěžku bioplynu, musíme také dbát na vyvážené složení vstupního substrátu.

Všechny tyto požadavky nás vedou k navržení správného konstrukčního řešení fermentoru, ke vhodné volbě míchacího ústrojí a k nastavení optimální metody ohřevu substrátu.[18]

5.1.3 Vliv teploty

V zásadě platí, že se zvyšující se teplotou roste i produkce bioplynu. S vyšší teploty je úzce spjata doba rozkladu substrátu. Mikroorganismy v anaerobním prostředí mohou obvykle pracovat v rozmezí teplot 0 °C až 70 °C. Metanogenní bakterie v tomto rozmezí prochází čtyřmi oblastmi teplot.

- kryofilní bakterie teplotní interval 0 °C – 5 °C
- psychofilní bakterie teplotní interval 5 °C – 27 °C
- mezofilní bakterie teplotní interval 27 °C – 45 °C
- termofilní bakterie teplotní interval 45 °C – 60 °C

Výhodou vyšších teplot je, že dochází k hlubšímu rozkladu biologicky rozložitelného odpadu. Toto má dopad na vyšší produkci bioplynu a vysoký stupeň hygienizace substrátu.[18]

5.1.4 Vliv pH

Rovnováha mezi obsahem sirovodíku, čpavku, oxidu uhličitého a kyseliny octové je pro proces bioplynu velice významná. Optimem pro bakterie produkující bioplyn je hodnota pH v rozmezí od 6,5 – 7,5.[18]

5.1.5 Vliv složení vstupního substrátu

Pro vyhodnocení kvality vstupního substrátu z hlediska jeho energetického obsahu je používáno stanovování několika faktorů. Hlavními faktory ovlivňujícími výrobu metanu je obsah proteinů, lipidů a polysacharidů ve vstupním substrátu. Tyto složky jsou obsaženy v biologicky rozložitelném odpadu, jako jsou například zvířecí exkrementy, rostlinná biomasa a aktivovaný kal vznikající v čistírnách odpadních vod.

5.1.6 Další faktory

Proces vzniku bioplynu ovlivňují i další faktory, jako je zajištění rovnoměrného vhánění vzduchu a pravidelného odvětrávání substrátu, zajištění rovnoměrného přísunu vstupního materiálu a ohlídání míry používání antibiotik.

5.2 Kogenerační jednotka

Kogenerace znamená společnou výrobu jak tepla, tak i elektrické energie. Jak již bylo výše zmíněno, tak použitá KGJ je motor vyrobený firmou Man. Jedná se o speciálně upravený motor, který dokáže spalovat vzniklý bioplyn. KGJ je vedle spalovacího motoru spojeného s generátorem elektrické energie tvořena výměníky tepla. Výměníky tepla slouží ke zpětnému získání odpadního tepla, které vzniká nejen při chlazení KGJ, ale je rovněž získáváno z horkých spalin a z chlazení uzavřeného oběhu mazacího oleje. Odpadní teplo je využito k ohřevu vody, kterou lze pak jako teplonosné médium použít k vytápění přilehlých nebo vzdálenějších objektů, či k jiným vhodným účelům. Se vzdáleností dopravy tohoto teplonosného média samozřejmě stoupají ztráty tepla. Pokud je vhodně využito rovněž odpadního tepla, lze z bioplynu získat až 80% energie [19]. Při spalování bioplynu by obsah metanu neměl nikdy klesnout pod 40%. Obsah metanu lze monitorovat pomocí laboratorních průtokoměrů. Při nízkém obsahu metanu ve spalovaném bioplynu může docházet k zhasínání plamene, což má za následek snižování účinnosti i životnosti motoru.

6 Způsoby využití elektrické energie a odpadního tepla

Předpokladem k získání investičních dotací od Evropské unie je nutnost využít pro další účely odpadní teplo, které při provozu KGJ vzniká. Realizaci těchto opatření je potřeba řešit již před zahájením stavby a zpravidla by se mělo jednat o samostatný podnikatelský záměr. Tento záměr by měl při volbě využití odpadního tepla zohledňovat místní poptávku, vývoj cen energií, anebo možnosti, jak lze odpadní teplo využít přímo v areálu farmy.

Jak již bylo výše zmíněno, tak elektrický výkon KGJ připravované BPS je zvolen ve výši 506 kWe. Předpokládané množství vyrobené elektrické energie za rok je tedy 4 048 MWh. Tato hodnota je spočítána pouze pro 8 000 hodin provozu BPS, jelikož zohledňuje odstávky BPS kvůli kontrole stěn fermentoru a odstávky KGJ za účelem servisu a údržby zařízení. Vlastní spotřeba elektrické energie BPS se pohybuje okolo 5 -7%, což je ročně 202,4 kWh. Zde jsou zahrnuty pohony míchadel, dávkovače substrátu a čerpadel. Zbytek vlastní spotřeby elektrické energie může být využit rovněž pro jiné účely přímo v areálu zemědělské farmy. Celkový tepelný výkon KGJ činí 620 kWt. Vlastní spotřeba tepelné energie dosahuje vyšších hodnot. Jsou zde zahrnuty tepelné ztráty stěn fermentoru, různé druhy fermentačních procesů a také skutečnost, zda je instalován hygienizační stupeň pro vstupní suroviny a pro fermentační zbytek. To vše představuje vlastní spotřebu 20 – 40 % vyrobeného odpadního tepla [20]. Velké rozmezí je zapříčiněno změnou ročního období. Za rok tedy můžeme pro jiné účely využít cca 1 488 kWh tepla.

6.1 Využití vyrobené elektrické energie

Cenu elektřiny na českém trhu určuje Energetický regulační úřad. Majitel BPS uvedené do provozu od 1. 1. 2014 již nemůže čerpat, na elektřinu vyrobenou spalováním bioplynu, provozní podporu. Podporu může čerpat pouze tehdy, pokud rovněž využije odpadní teplo z KGJ, a tudíž se bude pohybovat v režimu KVET. Podpora na vyrobenou elektřinu je vyplácena formou zelených bonusů a její výše je závislá na instalovaném výkonu KGJ a na jejích provozních hodinách. Podpora pro KVET je stanovována na každý rok v cenovém rozhodnutí vydávaném ERÚ. V současné době je v platnosti Cenové rozhodnutí ERÚ č. 4/2013, které určuje výši podpory pro výroby uvedené do provozu do 31. 12. 2014. Pro zdroje uvedené do provozu po 1. 1. 2015 bude vydáno nové cenové rozhodnutí.

V případě, že by kupní cena elektřiny byla nižší než prodejní, tak by se všechna vyrobená elektrická energie prodávala do rozvodné sítě a spotřeba zemědělské farmy by pokrývala energie z distribuční sítě. Je to dáno špatnou legislativou v ČR.

6.2 Využití odpadního tepla

Jak již bylo výše zmíněno, tak odpadní teplo vzniká při chlazení KGJ, a to spalovacího motoru, mazacího oleje a výstupních spalin. V dnešní době je podmínkou pro získání dotací zvýšení efektivity využití odpadního tepla. Investiční náklady na realizace projektů využívajících odpadní teplo jsou však velmi vysoké. Vždy se na místě musí uvažovat o výstavbě dalších systémů, které využití odpadního tepla umožní, a to například o výstavbě teplovodů, výměníků, sušiček anebo také o výstavbě systémů pro ohřev TV. Pro realizaci těchto opatření by měl být zpravidla zpracován samostatný podnikatelský záměr. Úspěšný projekt může mít významný přínos pro ekonomickou efektivitu stavby.

Teplo lze využít v zemědělské farmě několika způsoby. Realizace níže uvedených způsobů záleží jen na okolních podmínkách, jak by mohlo být odpadní teplo využito.

6.2.1 Vytápění vlastních nebytových prostor

Vytápění vlastních nebytových prostor se jeví jako nejvíce výhodné jen do určité míry. Vyprodukované odpadní teplo je značně ovlivněno sezónními výkyvy. V zimě se spotřeba tepla vysoká a teplo je odebíráno kontinuálně. V létě je naopak spotřeba tepla minimální. Nespornou výhodou je krátké vedení teplovodního potrubí. Tepelné ztráty v potrubí jsou v dnešní době, kdy se používají předizolované systémy teplovodů velice malé, ale stále je cílem dopravit odpadní teplo co nejefektivněji. Teplovody také musí splňovat další požadavky jako je nepropustnost, ochrana před poškozením, životnost anebo také odolnost materiálu proti korozi. Důležitým faktorem je také délková roztažnost potrubí, kdy musíme počítat s tím, jakou teplotu bude mít přenášené teplotné médium. Teplovody se mohou vyrobit z několika materiálů, a to zejména z mědi, oceli a také z plastu. Každý vyniká určitými svými vlastnostmi, kdy měď má mnohem větší teplotní roztažnost než ocel nebo kdy je použití plastových trubek limitováno jmenovitým tlakem uvnitř teplovodů. V praxi se používají dvouvrstvé a třívrstvé potrubí pro zvýšení efektivity přenosu tepla.

I v zimě se však celkové množství odpadního tepla nespotřebuje k vytápění vlastních nebytových prostor, a proto musí být počítáno s dalším projektem, jak zbylé odpadní teplo zužitkovat. Při návrhu projektu pro topný systém se musí počítat s detailní charakteristikou spotřeby tepla. Nejdůležitějšími charakteristikami jsou:

- Celková spotřeba tepla.
- Roční spotřeba tepla.

- Spotřeba tepla ve špičce.
- Sezónní rozdíly ve spotřebě tepla.

6.2.2 Vytápění stájí

Kravíny a vepřiny jsou v provozu po celý rok. V zimě se však musí stáje vytápět, aby se docílilo stálého klimatu. Nevýhodou vytápění stájí jsou změny ročního období. V létě se v těchto prostorách zužitkuje vyrobené teplo minimálně. Spíše naopak se musí do stájí přivádět chladný vzduch, aby se zemědělská zvířata nepřehřívala. Avšak nespornou výhodou je to, že se stáje nachází v blízkosti zdroje odpadního tepla (KGJ) a tím se minimalizují investiční náklady pro výstavbu teplovodních potrubí.

Při vytápění stájí by měla být dodržena určitá technologie, kde by nemělo docházet k víření prachu a tím i v něm obsažených škodlivin pro zvířata. Zvířený prach může způsobit až k respirační potíže ustájených zvířat. Nejvíce se využívá sálavé teplo. Každé zvíře potřebuje pro svůj růst jinou teplotu. To vše je nutné detailně řešit v samostatném podnikatelském záměru.



Obr. č. 7: Teplovzdušný centrální systém vytápění, převzato z [21]

6.2.3 Vytápění skleníků

V případě, že bychom chtěli celoročně pěstovat květiny, byliny anebo také keře je potřeba vybudovat vytápěné skleníky. Využití odpadního tepla k vytápění skleníků je podobné jako jeho využití k vytápění stájí. V létě je potřeba tepla mizivá a naopak v zimě velká, neboť je potřeba teplotu uvnitř skleníku udržovat v rozmezí teplot 20 – 25 °C. S vytvořením nejlepších podmínek k pěstování rostlin se tedy pojí nemalé provozní náklady. Zde se uvažuje i s izolací skleníku, aby ztráty tepla byly minimalizovány, ale naproti tomu se je nutné zachovat dostatečný průnik světla.

Výhodou je, pokud je možné skleníky vybudovat v blízkosti KGJ, čímž dojde k minimalizaci investičních nákladů na výstavbu teplovodních potrubí. Také se zde může použít CO₂ z výfukových plynů, který podpoří růst rostlin. Nevýhodou je sezónnost potřeby tepla, kdy i přes velkou náročnost vytápění v zimním období se nemusí všechna tepelná energie spotřebovat a tudíž musíme hledat další perspektivu, kde zbývající teplo využít.



Obr. č. 8: Systémy vytápění skleníků, převzato z [21]

6.2.4 Dodávka tepla do CZT

Možnost využít dodávku tepla do centrálního rozvodu tepla lze jen za určitých podmínek. Provozovatel CZT má povinnost odebírat teplo z obnovitelných zdrojů energie pouze při splnění níže uvedených podmínek:

- Je-li to možné po technické stránce, tedy pokud to například umožňuje dostatečná přenosová kapacita. Pokud je tato podmínka splněna, pak náklady na připojení k CZT hradí majitel BPS.
- Pokud je realizována jiná dodávka z OZE či odpadního tepla, pak provozovatel CZT není povinen teplo z BPS odebírat.
- Dojde-li ke zvýšení ceny tepla pro konečného spotřebitele, které bude zapříčiněno připojením BPS k CZT, pak provozovatel CZT není povinen odpadní teplo z BPS odebírat.

Při splnění podmínek je provozovatel CZT povinen teplo z obnovitelných zdrojů energie odebírat. Je to dáno zákonem č. 458/2000 Sb., ve znění pozdějších právních předpisů, energetický zákon. [21].

Hlavním faktorem efektivnosti dopravy tepla je vzdálenost odběrného místa. Čím více je odběrné místo vzdálené od KGJ, tím vyšší jsou investiční náklady na teplovodní potrubí a se vzdáleností rostou rovněž tepelné ztráty. V případě nevybudované přípojky k CZT musí majitel BPS výstavbu této nové přípojky hradit, s čímž jsou spojeny další investice.

Další možností je nedopravovat teplo, ale jen bioplyn. V místě kde je poptávka po teple se osadí KGJ. Tudíž nám odpadá ztrátové teplo teplovodního potrubí a při zajištění úniku bioplynu z potrubí jsou zanedbatelné celkové ztráty.

6.2.5 Sušení

Odpadní teplo z KGJ může být také použito pro sušení různých komodit jako je například dřevo, dřevní štěpka, piliny, obilí, ovoce atd. Každý materiál potřebuje konkrétní teplotu, aby nedošlo k zhoršení kvality produktu. Například materiály ze dřeva snesou vyšší teplotu, ale potravinářské produkty by vysokou teplotou byly znehodnoceny. Dalším důležitým faktorem při sušení je vlhkost vzduchu v sušičkách. Každý produkt potřebuje určitou vlhkost, která může dosahovat vyšších hodnot při vyšších teplotách. Teplota v sušičce by se měla navyšovat rovnoměrně. To zejména platí u komodit, které obsahují větší podíl vody.

Proces využití zbytkového tepla v sušičkách se jeví jako nejlepší možnost. Sušičku můžeme vybudovat v těsné blízkosti BPS a odebírání tepla je po celý rok možné téměř kontinuálně. Sušení komodit je velice náročné na spotřebu tepla, a proto spotřebuje téměř všechnu tepelnou energii produkovanou z KGJ. V současné době je na trhu mnoho druhů sušiček, proto níže přikládám tabulku s přehledným rozdělením typů sušiček.

Typ sušičky	Materiály k sušení	Charakteristika
Komorová sušička	Obilí, kukuřice, semena a ostatní sypké hmoty	Horký vzduch prostupuje materiálem v horizontálních či vertikálních kontejnerech (silech, nákladních autech...). Jedná se o nejjednodušší sušičku. S materiálem není aktivně pohybováno. Jde o velmi levnou a vhodnou metodu pro nízkokapacitní stanice: pro pěstování obilí s rozlohou do 100 ha či zdroje tepla o výkonu do 500 kW
Pásová sušička	digestát (separovaný), dřevní štěpky, obilí, kukuřice, kukuřičná siláž	Horký vzduch prostupuje materiálem, který je zvolna posouván na páse. Vzhledem k vyšším pořizovacím nákladům je tato technologie všeobecně vhodná pro zdroje tepla o výkonu nad 500 kW
Žlabová sušička	olejniny, byliny, trávy, pelety, granuláty, dřevní štěpka	Horký vzduch proudí dvojitým dnem (mřížovitým) skrz materiál. Pádlovitá zařízení současně materiál promíchávají
Bubnová sušička	sypký materiál z prostředí zemědělství a údržby krajiny	Materiál prostupuje horizontálním bubnem. K řádnému chodu jsou potřebné teploty okolo 1000°C, proto tento typ není vhodný pro bioplynové stanice.

Tab. 6.1 Technologie pro sušení a jejich základní charakteristiky, převzato z [23]

6.2.5.1 Sušení digestátu

Digestát je označení pro výstupní materiál z bioplynové stanice, který má minimální podíl sušiny. Digestát se dále může použít, i když se jedná o zbytek, který již prošel anaerobní fermentací. Digestát je nejdříve jako výstupní materiál odseparován na pevnou a kapalnou složku. Kapalnou složku, neboli fugát, lze ihned použít jako vysoce kvalitní organické hnojivo. Odseparování se provádí v praxi většinou mechanicky, a proto pevná složka stále obsahuje určité procento vody. Dále se tedy tato pevná složka dopravuje do sušičky. K této přepravě se používají pásové dopravníky, jejichž chod je plně automatizovaný. Výstupní materiál ze sušičky již obsahuje pouze malý podíl vody, a proto je tento materiál vhodný pro přepravu na větší vzdálenosti i pro případné skladování. Jako zdroj tepla pro sušičky je využíváno právě odpadní teplo z chlazení KGJ.

6.2.5.2 Sušení dřeva, dřevní štěpky a pilin

Čerstvě vytěžené dřevo obsahuje vysoký podíl vody, a proto je potřeba ho pro další využití sušit. Sušit je potřeba také dřevní štěpku a piliny, které se dále využívají pro například pro výrobu dřevních pelet pro vytápění. Výhřevnost těchto druhů paliv závisí právě především na podílu vody. S růstem vlhkosti výhřevnost prudce klesá, a tím prudce klesá také účinnost spalování. Další nespornou výhodou vysušené dřevní štěpky a pilin je, že se omezuje růst plísní, bakterií a nedochází k zapaření, a tudíž se může skladovat po delší dobu. U velkých průmyslových kotlů může vstupní palivo obsahovat více vody než je tomu u malých spalovacích jednotek.



Obr. č. 9: Bubnová sušička, převzato z [24]

6.2.5.3 Sušení pelet

Pelety mají standardizovanou velikost a vznikají lisováním pilin, které by měly mít obsah vody pod 10%. Vysušené pelety mají velkou výhřevnost a dají se spalovat v kotlích průmyslových i domácích. Využití pelet v průmyslových spalovacích jednotkách zajišťuje celoroční poptávku, a proto návratnost investic do sušičky pelet je velice rychlá. Výrobci udávají, že životnost jednotlivých sušiček dosahuje více než 15 let.

6.2.5.4 Sušení zemědělských komodit

Jako další možnost využití odpadního tepla lze při sušení zemědělských komodit, jako jsou například obiloviny, kukuřice, brambory atd. Sušení se provádí kvůli šetření nákladů při převozu a zlepšení skladovatelnosti komodit. Při nesprávném sušení může v produktech zůstat větší podíl vody a při skladování by mohlo docházet k tvorbě plísní. Obsah vody nelze bez měření přesně určit. Záleží to na jednotlivém produktu a klimatických podmínkách v dané lokalitě. Pro kvalitní skladování obilovin bez tvorby plísní je maximální obsah vody 14,5 % [23]. Maximální teplota uvnitř sušičky je spjata s relativní vlhkostí.

Výhodou výstavby sušiček komodit je realizace stavby v blízkosti zdroje tepla a tudíž odpadají investice do teplovodů. I tepelné ztráty sušičky jsou velice malé. Už při výstavbě se může sušička dimenzovat na celkový výkon KGJ a tudíž se může použít všechno vyrobené teplo. Avšak nevýhodou je sezónní sušení produktů, a proto v případě nevyužití odpadního tepla na jiném místě jsou v létě přebytky tepla.



Obr. č. 10: Hala pro sušení balíků, převzato z [25]

7 Závěr

Úkolem mé bakalářské práce bylo namodelovat zemědělskou farmu s konkrétní rozlohou a poté určit její budoucí potenciál. Zemědělská farma o rozloze 270 hektarů orné půdy s 250 kusy hovězího dobytka a 100 kusy prasat může kontinuálně provozovat bioplynovou stanici o výkonu 506 kW_{el} a 620 kW_{t} . Nejdůležitějším bodem této práce je bod šestý, který se zabývá využitím odpadního tepla z kogenerační jednotky. Pro tak malý výkon jsem proto neuváděl ORC systém. Jedná se o zařízení využívající zdroj tepla, které přeměňuje na elektrickou energii. Zařízení využívá speciální formu Rankine–Clausiova cyklu, která je rozdílná pouze v použité kapalině. Místo vody je zde užitá organická kapalina. Jako zdroj tepla se využívají spaliny z KGJ. Systém dokáže zvýšit účinnost přeměny tepla, avšak náklady jsou velice vysoké a návratnost investic u výkonu 620 kW_{t} příliš zdlouhavá. Životnost zařízení je hlavním limitujícím faktorem návratnosti.

Odpadní teplo se tedy nejčastěji využívá pro vlastní spotřebu. Ekonomicky výhodné se jeví kombinace vytápění nebytových prostor, stájí, sušení zemědělských komodit a dodávka tepla do CZT. V létě se velká část tepla stává nadbytečnou, a proto se dodává do CZT pro ohřev užitkové vody pro okolní obytné zástavby. Vytápění skleníků zatím není v praxi příliš časté. Všechny tyto možnosti jsou závislé na okolních faktorech a místní poptávce.

Důležité je brát v potaz také otázku investic a to především u malých podniků jako je tato zemědělská farma. Rozpočet farmy není dostačující pro projektování a výstavbu zařízení pro využití odpadního tepla, a proto jsou odkázané na Evropské dotace. Počáteční investice se pohybují v řádech milionů. Na dotacích je závislá i samotná výstavba bioplynové stanice. Životnost těchto staveb se pohybuje v řádech desítek let, což při kontinuálním provozu BPS znamená pravděpodobnou návratnost počátečních investic.

V praxi se v současné době využívá separátor tuhých částic, který je umístěn na výstupu z dofermentorů. Mechanicky se oddělí kapalná složka od pevné. Kapalínu lze dále prodávat jako kvalitní organické hnojivo bez jakékoliv další úpravy, což je pro bioplynovou stanici další finanční příjem. Pevnou složku pak lze kompostovat a také prodávat jako hnojivo nebo lze využít na své orné půdě k navýšení aktivního humusu. Jedná se pouze o přírodní materiál.

Ve výstavbě bioplynových stanic vidím veliký potenciál jakožto zdroj čisté energie z obnovitelných zdrojů. V tomto ohledu se dostává podpory i ze strany státu, který chce do budoucna navyšovat podíl vyrobené energie z obnovitelných zdrojů. Například oproti FVE je dodávka energie rovnoměrná a nepotřebují další náhradní zdroje.

Seznam tabulek

Tab. č. 1: Výhřevnost biomasy

Tab. č. 2: Produkce kejdy jednotlivých zvířat

Tab. č. 3: Technologie pro sušení a jejich základní charakteristiky

Seznam obrázků

Obr. č. 1: Průtoková metoda

Obr. č. 2: Zásobníková metoda

Obr. č. 3: Kombinovaný postup průtokově zásobníkový

Obr. č. 4: Horizontální řešení bioreaktoru

Obr. č. 5: Vertikální řešení bioreaktoru

Obr. č. 6: Schéma výroby bioplynu a návaznost dalších procesů

Obr. č. 7: Teplovzdušný centrální systém vytápění

Obr. č. 8: Systémy vytápění skleníků

Obr. č. 9: Bubnová sušička

Obr. č. 10: Hala pro sušení balíků

Seznam použité literatury

- [1] CELJAK, Ivo: *Biomasa je nezbytná součást lidského života*. Biom.cz [online]. 2008-12-22 [cit. 2014-06-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-nezbytna-soucast-lidskeho-zivota>>. ISSN: 1801-2655.
- [2] BECHNIK, Bronislav. *Biomasa - definice a členění* [online]. 15.5.2009 [cit. 2014-06-03]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5641-biomasa-definice-a-cleneni>
- [3] MASTNÝ, Petr. PhD., *Biomasa* [online]. Ústav elektroenergetiky, 2006 [cit. 2014-06-03]. Dostupné z: http://www.ueen.feec.vutbr.cz/~mastny/vyuka/mmze/prednasky/09_pr.pdf. Přednáška. Ústav elektroenergetiky VUT v Brně.
- [4] BERANOVSKÝ, Jiří, Monika KAŠPAROVÁ, František MACHOLDA, Karel SRDEČNÝ a Jan TRUXA. *Energie biomasy*. [online]. 2007 [cit. 2014-06-03]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>
- [5] *Kejda a kejdové hospodářství* [online]. 2001 [cit. 2014-06-03]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/>. Článek.
- [6] Technologie bioplynových stanic. *Bioplynové stanice* [online]. [cit. 2014-06-03]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/>
- [7] BERANOVSKÝ, Jiří, Jan TRUXA. et al., *Alternativní energie pro váš dům: 2. aktualizované vydání*. Vydavatelství ERA, 2004, s. 152.
- [8] KAZDA, Radek: Projekt bioplynové stanice. Sborník příspěvků ze semináře „Energie z biomasy X“, VUT v Brně, 2009, ISBN 978-80-214-4027-2
- [9] *Referenční bioplynové stanice* [online]. Velké Meziříčí [cit. 2014-06-03]. Dostupné z: http://www.envitec-biogaz.cz/fileadmin/References/CzechRepublic/EnviTec_ref.flyer_4x_CZ_1203_print.pdf

- [10] Kogenerační jednotky. *Motorgas* [online]. 2011 [cit. 2014-06-03]. Dostupné z: <http://www.motorgas.cz/cz/vyroby/kogeneracni-jednotky/man-motory/>
- [11] Pravidla provozování distribučních soustav: standardy připojení zařízení k distribuční soustavě. In: PROVOZOVATELÉ DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV. [online]. 17.3.2009 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: http://www.eon-distribuce.cz/file/cs/electricity/regulations/PPDS_2009_6.pdf
- [12] Co je siláž?. *Akaska* [online]. [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: <http://www.akaska.cz/sdruzeni-ms/co-je-silaz.php>
- [13] MARADA, Petr, KOTOVICOVÁ, Jana: Bioplynové stanice jako zařízení na zpracování vedlejších živočišných produktů. *Biom.cz* [online]. 2010-09-15 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynovy-stance-jako-zarizeni-na-zpracovani-vedlejsich-zivocisnych-produktu>. ISSN: 1801-2655.
- [14] KRATOCHVÍLOVÁ, Ing. Zuzana, Jan HABART, PhD., Václav SLADKÝ, CSc., Ing. František JELÍNEK, Tomáš ROSENBERG, PhD., Ing. Vladimír STUPAVSKÝ a Ing. Tomáš DVOŘÁČEK. Průvodce výrobou a využitím bioplynu. In: [online]. *CZ Biom*. 2009 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Pruvodce_vyrobu_vyuzitim_bioplynu_2.pdf
- [15] Podpora lokálního vytápění biomasou. In: *Technologie* [online]. [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: <http://www.biomasa-info.cz/cs/techfer.htm>
- [16] KAJAN, Miroslav: Výroba a využití bioplynu v zemědělství. *Biom.cz* [online]. 2002-11-26 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-a-vyuziti-bioplynu-v-zemedelstvi>>. ISSN: 1801-2655.
- [17] KOPETZ, Heinz a Ernst SCHEIBER. Bioplyn jako pohonná hmota. In: *Zařízení na zpracování bioplynu a bioetanolu ve Švédsku: Zpráva z exkurze expertů z rakouského spolku pro biomasu* [online]. Vídeň, 2009 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: <http://intranet.zas-me.cz/oprv/bioplyn-jako-pohonna-hmota.pdf>

- [18] Bioplyn. In: [online]. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD_Biomasa_nove/Pdf/Bioplyn.pdf
- [19] Základní vztahy kombinované výroby elektřiny a tepla: Výpočet elektrické energie získané společnou výrobou elektřiny a tepla. In: [online]. 2008 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: <http://www.kombinovana-vyroba.cz/?id=1505>
- [20] Desatero bioplynových stanic: aneb zásady efektivní výstavby a provozu bioplynových stanic v zemědělství. In: [online]. Teplárenské sdružení, 2007 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/260441/Desatero_BPS.pdf
- [21] Vytápění ostatních objektů. In: *Microclima system* [online]. [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: <http://www.microclimasystems.com/cz/vytapeni-ostatnich-objektu>
- [22] CZ Biom, : Využití odpadního tepla z výroby bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2020-12-18 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadniho-tepla-z-vyroby-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
- [23] RUTZ, Dominik, Miroslav KAJAN, Bohuslav MÁLEK a Tomáš VOŘÍŠEK. *Udržitelné využívání tepla z bioplynových stanic*. In: [online]. Německo: Renewable Energies, 2012 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: <http://www.biogasheat.org/wp-content/uploads/2013/03/BiogasHeat-Handbook-CZ.pdf>
- [24] SYROVÁTKO, Michal. Bubnová sušárna, sušička BS 6 (BS-6). *Hyperinzerce* [online]. ČR, 2012 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: http://stroje.hyperinzerce.cz/zemedelska-technika/inzerat/6898244-bubnova-susarna-susicka-bs-6--28bs-6-29-nabidka/#.U48Cev1_tqV
- [25] ŠAFAŘÍK, Miroslav: Bioplynové stanice – podmínky a možnosti využití tepla. *Biom.cz* [online]. 2012-03-13 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stance-podminky-a-moznosti-vyuziti-tepla>>. ISSN: 1801-2655.