

Univerzita Hradec Králové
Pedagogická fakulta

Diplomová práce

Univerzita Hradec Králové
Pedagogická fakulta
Katedra technických předmětů

Energetické zdroje využívající biomasu - příklady řešení a ekonomika provozu

Diplomová práce

Autor: Tomáš Záveský
Studijní program: N7503 Učitelství pro základní školy
Studijní obor: Učitelství pro 2. stupeň ZŠ - matematika
Učitelství pro 2. stupeň ZŠ - základy techniky
Vedoucí práce: doc. PaedDr. René Drtina, Ph.D.

UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ
Pedagogická fakulta
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Záveský**
Osobní číslo: **P14P0823**
Studijní program: **N7503 Učitelství pro základní školy (2. stupeň)**
Studijní obory: **Učitelství pro 2. stupeň ZŠ - matematika**
Učitelství pro 2. stupeň ZŠ - základy techniky
Název tématu: **Energetické zdroje využívající biomasu - příklady řešení a ekonomika provozu**
Zadávající katedra: **Katedra technických předmětů**

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

Cílem diplomové práce je zmapování možností využití biomasy pro energetické účely - teplárství, výroba elektrické energie, kombinovaná výroba elektrické energie a tepla (kogenerační jednotky). Předpokládaná struktura diplomové práce: - energeticky využitelné suroviny na bázi biomasy a biologicky rozložitelných materiálů, - přehled energetické výtěžnosti surovin na bázi biomasy a biologicky rozložitelných materiálů, - možnosti energetického využití teplárství, výroba elektrické energie, kombinovaná výroba elektrické energie a tepla, - systémy na přímé spalování biomasy: ohřev TUV, využití pro elektroenergetiku, - bioplynové stanice: princip činnosti, typy bioplynových stanic, možná využití bioplynu, bezpečnostní rizika provozu bioplynové stanice. - výroba elektrické energie a kombinovaná výroba elektrické energie a tepla v bioplynových stanicích: hnací stroje pro generátory, princip kogenerační jednotky, generátory a připojení energetické jednotky k síti, dosahované účinnosti motorogenerátorových soustrojí a kogeneračních jednotek, využití tepla ve spalínách hnacích strojů, - ekonomická bilance bioplynových stanic různých typů, provozní náklady, návratnost investice. Součástí diplomové práce bude podrobná fotodokumentace nebo videospoty konstrukce bioplynové stanice a jejího provozu od příjmu biomasy po výrobu elektrické energie a tepla. Obrazový materiál bude použitelný pro podporu výuky v předmětu Obnovitelné zdroje energie.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

MURTINGER, K. - BERANOVSKÝ, J. Energie z biomasy. Brno. ERA. 2008. ISBN 978-80-7366-115-1. KÁRA, J. Využití netradičních zdrojů energie ve vytápění. Praha. Dům techniky ČSVTS. 1988. KOUŘA J. a kolektiv. Bioplynové stanice s mokřým procesem. Praha. Informační centrum ČKAIT. 2008. ISBN 978-80-87093-33-7. KÁRA, J. - PASTOREK Z. - PŘIBYL, E. Výroba a využití bioplynu v zemědělství. Praha-Ruzyně. VÚZT. 2007. ISBN 978-80-86884-28-8. NOVÁ, D. Bioplyn - zdroje a možnosti praktického využití. Praha. Ústředí vědeckých, technických a ekonomických informací. 1982. QUASCHING, V. Obnovitelné zdroje energie. Praha. Grada. 2010. 296 s. ISBN 978-80-247-3250-3. BERANOVSKÝ, J. - TRUXA, J. Alternativní energie pro váš dům. Praha. EkoWATT. Brno. ERA. 2003. ISBN 80-86517-59-4. SEQUENS, E. Atlas energetických zařízení využívající obnovitelné zdroje. region jižní Čechy. České Budějovice. Calla. Energy centrum. 2000. SCHULZ, H. - EDER, B. Bioplyn v praxi. Ostrava. Hel. 2004. ISBN 80-86167-21-6. Dejte šanci bioodpadu!. Sborník přednášek k seminářům Dejte šanci bioodpadu - získejte finanční prostředky z OPŽP. Praha. Ekodomov. 2009. ISBN 978-80-903559-6-5. PASTOREK, Z. - JEVIČ, P. - KÁRA, J. Biomasa - obnovitelný zdroj energie. Praha. FCC Public. 2004. ISBN 80-86534-06-5. KLINKEROVÁ, J. Obnovitelné zdroje energie, příklady dobré praxe. Praha. Ministerstvo životního prostředí. 2009. ISBN 978-80-7212-520-3. SRDEČNÝ, K. Obnovitelné zdroje energie, přehled druhů a technologií. Praha. Ministerstvo životního prostředí. 2009. ISBN 978-80-7212-518-0. SOUČKOVÁ, H. - SRDEČNÝ, K. - PLICKA, P. Agroenergetika. Mělník. Vyšší odborná škola zahradnická a Střední zahradnická škola ve spolupráci s vydavatelstvím Profi Press. 2012. ISBN 978-80-87610-00-8.

Vedoucí diplomové práce: **doc. PaedDr. René Drtina, Ph.D.**
Katedra technických předmětů

Datum zadání diplomové práce: **12. prosince 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **28. června 2016**

L.S.

doc. PhDr. Pavel Vacek, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Pavel Cyrus, CSc.
vedoucí katedry

V Hradci Králové dne 12. prosince 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne

Anotace

ZÁVESKÝ, Tomáš. *Energetické zdroje využívající biomasu - příklady řešení a ekonomika provozu*. Hradec Králové: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2016. 81 s. Diplomová práce.

Bioplynová stanice. Bioplynový proces. Bioplyn. Vznik, výroba, kvalita a složení bioplynu. Skladování bioplynu - druhy plynových zásobníků. Složení a kvalita substrátu. Technologie výrobních postupů. Bioplynová technologie. Typy fermentorů. Horizontální konstrukční typ fermentoru. Vertikální konstrukční typ fermentoru. Přípravné a skladovací nádrže. Potrubí. Čerpadla. Míchadla. Topné zařízení. Řídící a kontrolní systémy bioplynové stanice. Skladování, zpracování bioplynu. Výroba proudu z bioplynu. Ekologické přínosy využití bioplynu. Hygienizační účinky bioplynových stanic. Kofermentace organických odpadů. Využití fermentačního zbytku. Problematika zápachu bioplynových stanic.

Klíčová slova: bioplynová stanice, bioplyn, kogenerační jednotka, fermentace, digestát.

Annotation

ZÁVESKÝ, Tomáš. *Using biomass as energy resources - examples of solutions and economics of operation*. Hradec Králové: Faculty of Education, University of Hradec Králové, 2016. 81 pp. Diploma Thesis.

Biogas plant. Biogas process. Biogas. Origin, production, quality and composition of biogas. Gas storage - species gas reservoirs. The composition and quality of the substrate. Technology manufacturing processes. Biogas technology. Types of fermenters. Horizontal design type fermenter. Vertical construction type fermenter. Preparation and storage tanks. Conduit. Pumps. Agitators. Heating equipment. Management and control systems of the biogas plant. Storage and processing of biogas. Power production from biogas. Environmental benefits of using biogas. Sanitation effects of biogas plants. Co-fermentation of organic waste. Use of the fermentation residue. The issue odor of biogas plants.

Keywords: biogas plant, biogas, cogeneration unit, fermentation, digestate.

OBSAH

Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	13
Seznam použitých symbolů a zkratk	14
Úvod	15
1 Bioplynová stanice	16
2 Bioplynový proces	17
2.1 Bioplyn	17
2.2 Vznik bioplynu	17
2.3 Výroba a kvalita plynu	24
2.3.1 Plynový výkon	26
2.3.2 Výnos plynu	26
2.3.3 Stupeň rozkladu	26
2.3.4 Doba kontaktu	27
2.3.5 Čistý výnos plynu	27
2.3.6 Složení a kvalita bioplynu	28
3 Druh a složení substrátu	31
3.1 Substrát	31
3.1.1 Kejda	31
3.1.2 Kejda a hnůj z volného ustájení	31
3.1.3 Stájový hnůj	32
3.1.4 Pevný hnůj	32
3.1.5 Klestí ze stromů a keřů	32
3.1.6 Svod domovních odpadních vod	32
3.1.7 Organické látky bohaté na živiny	32
3.1.8 Travniny a kukuřice	33
3.2 Složení substrátu	33
3.2.1 Sušina a organická sušina	33
3.2.2 Hodnota pH	33
3.2.3 Obsah surového vlákna	33
3.2.4 Surový tuk	33
4 Technologie výrobních postupů	38
4.1 Bioplynová technologie	38
4.1.1 Dávkovací způsob	38
4.1.2 Metoda střídání nádrží	38
4.1.3 Průtokový způsob	39
4.1.4 Metoda se zásobníkem	39
4.1.5 Kombinovaná průtoková metoda se zásobníkem	39

4.2	Jednostupňový nebo vícestupňový proces	39
5	Konstrukční typ fermentorů	42
5.1	Horizontální konstrukční typ	42
5.2	Vertikální konstrukční typ	42
5.3	Nadzemní a podzemní umístění fermentoru	42
5.4	Plášť nádrže	43
5.4.1	Železobetonové nádrže	43
5.4.2	Nádrže z ocelového plechu	44
5.5	Tepelná izolace	44
5.6	Vnější plášť a ochrana před povětrnostními vlivy	44
5.7	Fóliový poklop a fóliový kryt	44
6	Přípravné a skladovací nádrže	46
7	Potrubí, čerpadla, míchadla	47
7.1	Potrubí	47
7.2	Čerpadla	48
7.2.1	Odstředivá čerpadla	48
7.2.2	Objemová čerpadla	49
7.3	Míchadla	50
7.3.1	Mechanická míchadla	51
7.3.2	Hydraulická míchadla	52
7.3.3	Pneumatická míchadla	52
8	Topné zařízení a přípravný proces	53
8.1	Externí výměníky	53
8.2	Podlahové topení	53
8.3	Stěnové topení	53
8.4	Topení na hřídeli míchačky	54
8.5	Příprava vytápěcího tepla	54
9	Řídící a kontrolní systémy bioplynové stanice	56
10	Skladování, zpracování a využití plynu	58
10.1	Skladování plynu	58
10.1.1	Nízkotlaké zásobníky	58
10.1.2	Středotlaké zásobníky	59
10.1.3	Vysokotlaké zásobníky	59
10.2	Příprava zpracování plynu	59
10.2.1	Odlučovač kondenzátu a přetlaková pojistka	60
10.2.2	Čidlo podtlaku	60
10.2.3	Jištění proti zpětnému vyšlehnutí plamene	60
10.2.4	Odsíření	60
10.2.5	Čištění bioplynu	61

10.3	Zužitkování bioplynu	62
10.3.1	Využití bioplynu	63
10.3.2	Výroba proudu z bioplynu	65
11	Ekologické přínosy využití bioplynu	70
12	Hygienizační účinky bioplynových stanic	72
13	Kofermentace organických odpadů	75
14	Využití fermentačního zbytku	76
15	Problematika zápachu bioplynových stanic	78
	Závěr	79
	Použité zdroje	80
	Přílohy	CD

Seznam obrázků

Obr. 1	Schéma bioplynové stanice	16
Obr. 2	Vznik bioplynu	18
Obr. 3	Kontrolní okénko fermentoru	19
Obr. 4	Regulační zařízení pro ohřev fermentoru	20
Obr. 5	Nástavbová nádrž na LAPOLY	21
Obr. 6	Skládka trávy a sena	21
Obr. 7	Manipulátor BPS Úpice	22
Obr. 8	Skládka siláže	22
Obr. 9	Čelní nakladač JCB	23
Obr. 10	Automatický dávkovač senáže a siláže	24
Obr. 11	Fermentor	25
Obr. 12	Dofermentor	25
Obr. 13	Skladovací nádrž	26
Obr. 14	Dávkovač vzduchu do fermentoru	29
Obr. 15	Filtr s dřevěným uhlím	30
Obr. 16	Produkce bioplynu z hlavních složek organických látek	35
Obr. 17	Skladovací nádrž s bezpečnostním ventilem	40
Obr. 18	Otevřená skladovací nádrž se zařízením na oddělování pevné složky digestátu od kapalné	41
Obr. 19	Vertikální typ fermentoru bioplynové stanice Úpice	43
Obr. 20	Vertikální typ dofermentoru bioplynové stanice Olešnice	45
Obr. 21	Přípravná nádrž na hovězí kejdu	46
Obr. 22	Potrubí na substrát	47
Obr. 23	Plynovodní potrubí	48
Obr. 24	Horizontální odstředivé čerpadlo	49
Obr. 25	Šnekové čerpadlo	49
Obr. 26	Čerpadlo s rotujícími písty	50
Obr. 27	Míchací vrtule	51
Obr. 28	Lopátkové míchadlo	51
Obr. 29	Elektromotor lopátkového míchadla	52
Obr. 30	Vstup a výstup topných trubek do fermentoru	54
Obr. 31	Kogenerační jednotka	55
Obr. 32	Ovládací panel dávkování substrátu do fermentoru	56
Obr. 33	Řídicí panel kogenerační jednotky firmy Schnell	57
Obr. 34	Membránové čerpadlo	61
Obr. 35	Kotel na bioplyn	64
Obr. 36	Princip kogenerace	65
Obr. 37	Chlazení kogenerační jednotky	67

Obr. 38 Kogenerační jednotky značky Schnell	68
Obr. 39 Kogenerační jednotka TEDOM Cento T150	68
Obr. 40 Význam anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů	70
Obr. 41 Pasterizační nádoba hygienizační linky BPS Úpice	74
Obr. 42 Skládka vytěženého substrátu BPS Úpice	76
Obr. 43 Zařízení na oddělení pevné složky substrátu od kapalné	77
Obr. 44 Aplikované tekuté hnojivo na poli	77
Obr. 45 Filtr s vlhčenou dřevní kůrou	78

Seznam tabulek

Tab. 1	Teplotní oblasti, které prospívají bakteriím	19
Tab. 2	Doby kontaktu	27
Tab. 3	Složení bioplynu	29
Tab. 4	Výnos bioplynu u vybraných materiálů	36
Tab. 5	Produkce bioplynu z čerstvého a silážovaného rostlinného materiálu	37
Tab. 6	Spalovací parametry bioplynu ve srovnání s jinými hořlavými plyny	63

Seznam použitých symbolů a zkratk

kg os/m ³ ·d	kilogram organické sušiny na metr krychlový a den
DJ	dobytčí jednotka
kWh	kilowatthodina
NFE	bezdušičaté extrakty = uhlovodíky
PVC	polyvinylchlorid
EPDM	etylen-propylen-terpolymer
BRKO	biologicky rozložitelný komunální odpad
BRPO	biologicky rozložitelný průmyslový odpad
BPS	bioplynová stanice
LAPOL	odlučovač olejů a lapač tuků

ÚVOD

Práce popisuje možnosti využití biomasy pro energetické účely v bioplynových stanicích. Zpracování zemědělských produktů a odpadů a biologicky rozložitelných materiálů a odpadů s vidinou jejich maximální výtěžnosti a zužitkování v produkci bioplynu a jeho následném zpracování ve výrobě elektrické energie a tepla.

Práce podává informaci o složení a druhu substrátu, který se používá jako pohonná hmota v bioplynových stanicích, zabývá se konstrukčním řešením bioplynových stanic, technologickým procesem výroby bioplynu a s tím souvisejícími problémy, které při výrobě bioplynu vznikají a musí se konstrukčně řešit.

Text práce je doplněn obrázky, které ilustrují technologické zařízení bioplynových stanic. Jsou použity fotografie pořízené v zemědělské bioplynové stanici Olešnice a v bioplynové stanici Úpice, která slouží ke zpracování biologicky rozložitelných odpadů. V závěru práce jsou uvedeny informace o hygienizačních a ekologických účincích bioplynových stanic.

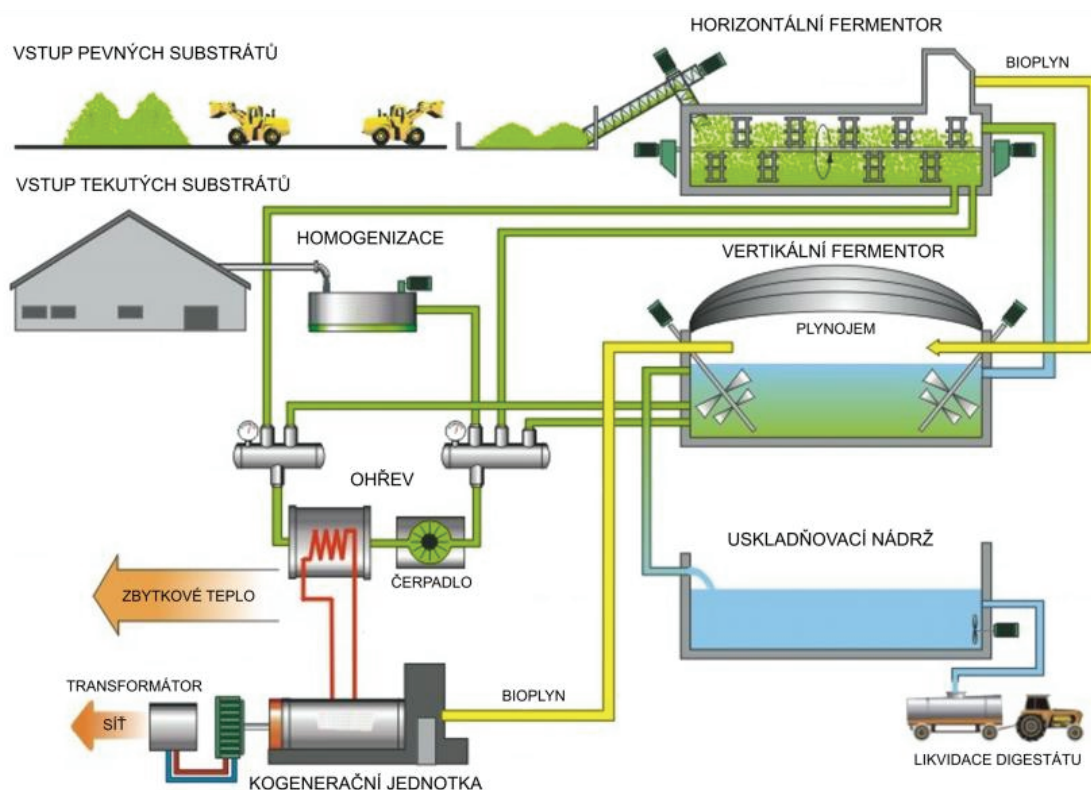
Součástí práce je příloha v podobě CD, kde jsou seřazeny a popsány fotografie z bioplynových stanic Olešnice a Úpice tak, jak probíhá výroba a zpracování bioplynu.

Po dohodě s vedoucím práce neobsahuje diplomová práce ekonomiku provozu a návratnost investice bioplynových stanic z důvodu neustále se měnící a nejednotné dotační politiky ve výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů a nejednotné výše dotací na stavbu těchto zařízení.

1 BIOPLYNOVÁ STANICE

Bioplynová stanice (BPS) je zařízení na výrobu bioplynu. Schéma bioplynové stanice obr. 1. V bioplynových stanicích se zpracovávají organické odpady: exkrementy hospodářských zvířat (kejda, trus, hnůj, močůvka, podestýlka), fytomasa (siláže, senáže, rostlinné zbytky, energetické plodiny, neprodejná zemědělské produkce. Domovní a komunální odpady, nazývané zkratkou BRKO – biologicky rozložitelné komunální odpady. Odpady zpracovatelského a potravinářského průmyslu (jatka, mlékárny) nazývané BRPO – biologicky rozložitelné průmyslové odpady a další (masokostní moučka, apod.). Zpracování několika druhů materiálu současně v jednom zařízení se nazývá kofermentace. To vše za předpokladu splnění hygienizačních podmínek, kdy kupříkladu odpad z jatek musí projít procesem pasterizace (teplota 70 °C po dobu 60 minut). Podle obsahu sušiny zpracovávaného materiálu pak rozeznáváme fermentaci mokrou, do 12 % obsahu sušiny, a fermentaci suchou, s obsahem sušiny od 20 do 60 %. Nejvíce se používají bioplynové stanice s mokrým procesem [1].

Bioplynové stanice můžeme dělit podle toho, jaké materiály zpracovávají, jsou to buď ryze zemědělské bioplynové stanice, které zpracovávají ryze zemědělské produkty, tyto stanice nemusí mít ve svém technologickém procesu výroby hygienizační linku, naopak bioplynové stanice, které zpracovávají odpady z průmyslu tuto technologickou součást musí obsahovat.



Obr. 1 Schéma bioplynové stanice [2]

2 BIOPLYNOVÝ PROCES

2.1 Bioplyn

Bioplyn je metan s příměsí dalších plynů. V přírodě vzniká metan v bažinách, v rýžových polích (bahenní plyn), ve skládkách odpadů a v kanalizaci. Velká množství metanu vznikají na dnech oceánů, v místech blízko kontinentálního šelfu, kam klesá z povrchu velké množství organických látek. Na dně oceánu již není dostatek kyslíku k normálnímu biologickému rozkladu, a proto se tam uplatní anaerobní bakterie, které část organických látek přemění na metan. Zajímavostí je, že část takto vzniklého metanu zůstává na dně oceánu ve formě takzvaných hydrátů metanu, které svým vzhledem a vlastnostmi připomínají běžný vodní led a jsou stále jen za zvýšeného tlaku a teploty mírně nad nulou. Při jejich tání se metan uvolňuje.

V této formě je také metan uložen ve věčně zmrzlé půdě (permafrostu) na Sibiři nebo na Aljašce. V průběhu let byly takto vytvořeny ohromné zásoby metanu. Odhaduje se, že je to možná vůbec největší zásobárna fosilního paliva na Zemi. Takto vzniklý metan však podle definice patří spíše mezi fosilní paliva než k biomase. Pokud mluvíme o metanu z biomasy (bioplynu), pak máme na mysli jeho současný vznik z různých organických odpadů [3].

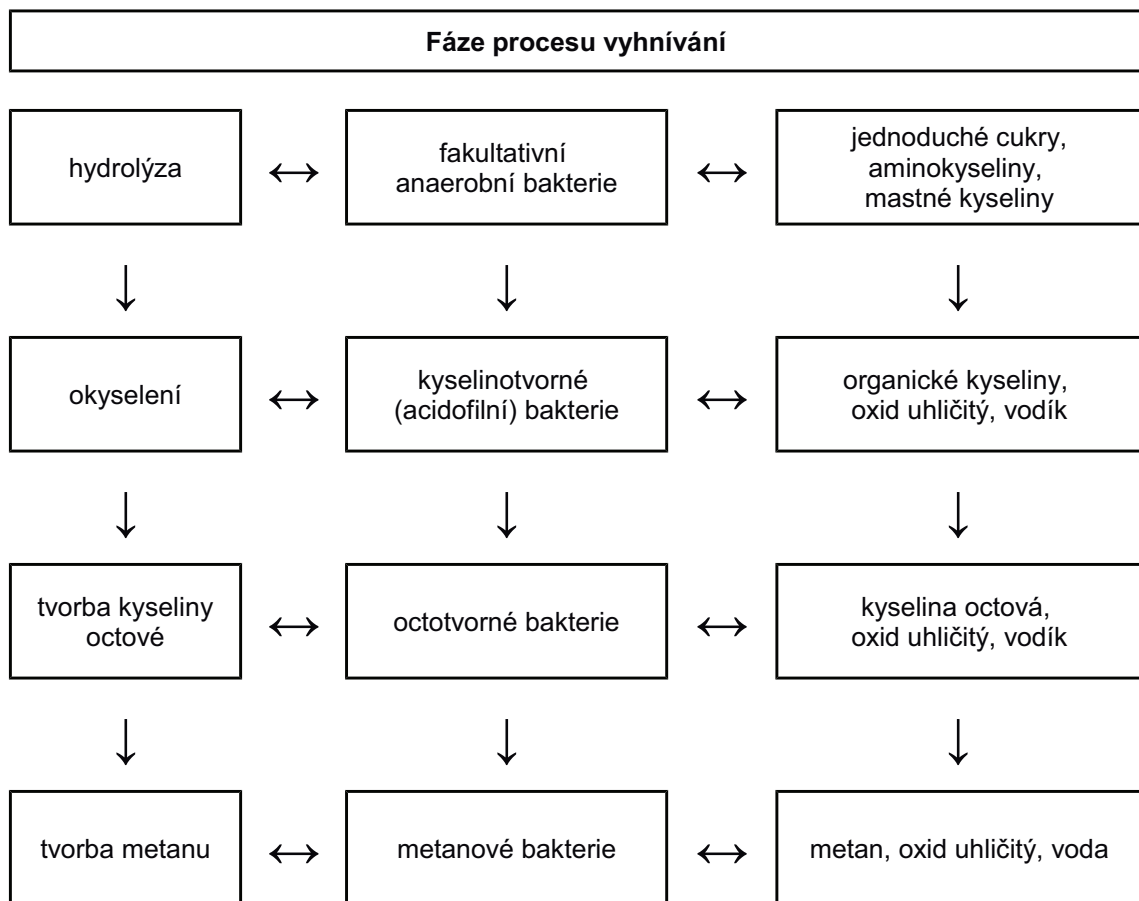
2.2 Vznik bioplynu

Anaerobní fermentace (digesce), při které metan vzniká, je velmi složitý biologický proces a tohoto procesu se účastní velké množství různých bakterií [3].

Bioplyn je produktem látkové výměny metanových bakterií, ke které dochází, když bakterie rozkládají organickou hmotu. Tento proces rozkladu má čtyři fáze (obr. 2).

- V první fázi přeměňují přítomné anaerobní bakterie, ještě nikoli metanové bakterie, makromolekulární organické látky (bílkoviny, uhlovodíky, tuk, celulózu) pomocí enzymů na nízkomolekulární sloučeniny jako jsou jednoduché cukry, aminokyseliny, mastné kyseliny a voda. Tento proces se nazývá hydrolýza.
- Poté provádějí acidofilní bakterie další rozklad na organické kyseliny, oxid uhličitý, sirovodík a čpavek – acidogeneze.
- V další fázi z toho octotvorné bakterie vytvoří acetáty, oxid uhličitý a vodík – acetogeneze.
- A teprve nakonec metanové bakterie v alkalickém prostředí vytvoří metan, oxid uhličitý a vodu – metanogeneze [4].

Při kontinuálním plnění organickou hmotou, které používá většina bioplynových stanic, probíhají tyto procesy vedle sebe a nejsou odděleny místně ani časově. Pouze při rozběhu bioplynové stanice, tj. začátek procesu vyhnívání. U dávkových (nespojitéch) procesů a u vícestupňových bioplynových stanic probíhají fáze rozkladu odděleně. Po zahájení provozu stanice může proto trvat několik týdnů, než nastane čtvrtá fáze, tj. tvorba metanu, a než vznikající plyn hoří. Doposud bylo objeveno 10 druhů methanococcus a methanobacterium o velikosti 1/1 000 mm, které požadují různé typy péče [4].



Obr. 2 Vznik bioplynu [4]

Všechny bakterie potřebují následující životní podmínky:

Vlhké prostředí

Metanové bakterie mohou pracovat a množit se jen tehdy, když jsou substráty dostatečně zavodněny (alespoň z 50 %). Na rozdíl od aerobních bakterií, kvasinek a hub nemohou žít v pevném substrátu.

Zábránění přístupu vzduchu

Metanové bakterie jsou striktně anaerobní. Je-li v substrátu obsažen kyslík, například v čerstvé kejďě, musejí ho aerobní bakterie nejdříve spotřebovat. K tomu dochází v první fázi bioplynového procesu. Nepatrné množství kyslíku, které vzniká z cíleného nafoukání vzduchu při odsíření nevádí.

Zabránění přístupu světla

Světlo bakterie neničí, ale zpomaluje proces. Zabránit přístupu světla není problém. Bioplynový proces probíhá skoro v úplné tmě. O tom se můžeme přesvědčit při pohledu na obr. 3, kde vidíme kontrolním okénkem ve fermentoru úplnou tmu.



Obr. 3 Kontrolní okénko fermentoru

Stálá teplota

Metanové bakterie pracují při teplotách mezi 0 °C až 70 °C. Kromě několika kmenů, které mohou přežít při teplotě až 90 °C, při vyšších teplotách hynou. Při teplotách pod bodem mrazu přežívají, ale nepracují. Rychlost procesu vyhnívání je velmi závislá na teplotě. V principu platí: čím vyšší je teplota, tím rychleji nastává rozklad, tím vyšší je produkce plynu, tím kratší je vyhnívání a tím nižší je obsah metanu v bioplynu. V praxi se používají tři typické teplotní oblasti, které jednotlivým bakteriálním kmenům prospívají (tab. 1).

Tab. 1 Teplotní oblasti, které prospívají bakteriím

psychrofilní kmeny	teploty pod 20 °C
mezofilní kmeny	teploty od 25 do 35 °C
termofilní kmeny	teploty nad 45 °C

podle [4]

Čím vyšší je teplota, tím jsou bakterie citlivější na teplotní výkyvy, zejména jsou-li výkyvy krátkodobé a teplota klesne. Zatímco v mezofilní oblasti výkyvy v rozmezí 2 až 3 °C kolem střední hodnoty ještě zvládnou, v termofilní oblasti by výkyvy neměly být větší než 1 °C. Po delší době (jeden měsíc) se bakterie přizpůsobí nové teplotní hladině [4].

Bioplynové stanice Úpice i Olešnice zahřívají fermentory nad 40 °C tudíž se pohybují v termofilní oblasti působení bakterií. Zahřívání fermentoru obstarávají vlastní výměníky tepla, které získávají teplo z kogenerační jednotky. Na obr. 4 vidíme regulační zařízení pro ohřev fermentoru bioplynové stanice Olešnice.



Obr. 4 Regulační zařízení pro ohřev fermentoru

Hodnota pH

Hodnota pH by se ve slabě alkalickém prostředí měla pohybovat okolo 7,5. U kejdy a hnoje tento stav vzniká většinou samovolně ve 2. fázi vyhnívacího procesu vlivem tvorby čpavku. U kyselých substrátů, jako jsou výpalky, syrovátka a siláž bývá zapotřebí přidání vápna, aby se hodnota pH zvýšila.

Přísun živin

Metanové bakterie nejsou schopny rozkládat tuky, bílkoviny, uhlovodíky (škrob, cukr) a celulózu v čisté formě. Pro svou buněčnou stavbu potřebují rozpustné dusíkaté sloučeniny, minerální látky a stopové prvky. V hnoji a kejdě je těchto látek dostačující množství. Ale také tráva (čerstvá nebo konzervovaná), obsah bachoru přežvýkavců, kuchyňské odpadky, zbytky jídla, mláto, výpalky a syrovátka obsahují dostatek veškerých živin a v podstatě mohou být samy rozloženy. V praxi se používá hnůj a kejda jako stálý základ substrátu a ostatních jmenovaných látek jako přísad, aby nedošlo k vyloučení složek ze směsi a aby se dosáhlo vyváženého poměru kyselosti a zásaditosti [4].

Bioplynová stanice Úpice zpracovává zbytkové tuky a oleje z restauračních zařízení a jídelen z LAPOLŮ. Na obr. 5 vidíme vedle homogenizační nádrže nastavbovou nádrž zelené barvy na vůz AVIA na dovoz tzv. LAPOLŮ, tento odpad se skladuje v homogenizační nádrži s dalšími odpady. Dále zpracovává odpady z jatek a mlékaren, tráva a seno, které získává z údržby městských parků a pozemků a od obyvatel pravidelným sběrem. Toto se skládkuje na skládce (obr. 6) a manipulátor (obr. 7) dopravuje do příjmového zařízení (obr. 8), kde je hmota drcena, řezána a míchána s tekutými odpady.



Obr. 5 Nástavbová nádrž na LAPOLY



Obr. 6 Skládka trávy a sena



Obr. 7 Manipulátor BPS Úpice

Bioplynová stanice Olešnice zpracovává výhradně siláže a senáže a hovězí kejdu. Kejda je přečerpávána automaticky do fermentoru dle potřeby. Siláž a senáž jsou skládkovány v blízkosti bioplynové stanice obr. 8 a dopravovány čelním nakladačem obr. 9 do automatického dávkovače.



Obr. 8 Skládka siláže



Obr. 9 Čelní nakladač JCB

Velké kontaktní plochy

Organické látky, které nejsou rozpustné ve vodě musejí být rozdrobeny (například tukové přísady) nebo mít takovou strukturu (například celulóza), aby vznikly velké plochy dotyku. Materiály jako je sláma, dlouhá tráva nebo bioodpad je nutné rozsekát. Pokud je to možné tak na vlákna, protože jinak vyhnívají velmi dlouho a vytvářejí kalový strop (plovoucí příkrov).

Inhibitory

Organické kyseliny, antibiotika, chemoterapeutika a desinfekční prostředky mohou proces vyhnívání zpomalovat nebo úplně zastavit, obzvláště při vyšších koncentracích. K tomu může docházet v případě, když jsou najednou ošetřována všechna zvířata nebo se dezinfikují stáje. Ošetřování jednotlivých zvířat nemá negativní vliv. Také je podstatný rozdíl mezi užívanými preparáty.

Zatížení vyhnívacího prostoru

Takzvané zatížení vyhnívacího prostoru (měrná jednotka: $1 \text{ kg os/m}^3 \cdot \text{d}$; os = organická sušina) určuje jaké maximální množství organické sušiny na m^3 a den může být dodáno do fermentoru, aniž dojde k „překrmení“ bakterií a přerušení procesu. Zatížení vyhnívacího procesu závisí předně na úrovni teploty, obsahu sušiny a době kontaktu. Běžné zatížení při teplotě $35 \text{ }^\circ\text{C}$ leží mezi $0,5$ a $1,5 \text{ kg os/m}^3 \cdot \text{d}$, to znamená, že na 1 m^3 obsahu fermentoru je denně dopraveno a zpracováno $0,5$ až $1,5 \text{ kg}$ organické sušiny. Zatížení vyhnívacího prostoru lze zvýšit až na $3 \text{ kg os/m}^3 \cdot \text{d}$, maximální horní hranice je dosaženo při $5 \text{ kg os/m}^3 \cdot \text{d}$ [4].

Rovnoměrný přísun substrátu

Aby nedocházelo k nadměrnému zatížení plnicí zóny fermentoru, je třeba zajistit stejnoměrný přísun substrátu, a to v co nejkratších intervalech, např. jednou až dvakrát denně nebo i vícekrát denně, v žádném případě ne týdně. To platí jak pro základní substrát (kejda nebo hnůj), tak obzvláště pro vysoce koncentrované kofermentáty jako např. tuk.

Automatický dávkovač siláže a senáže do fermentoru (obr. 10) toto kritérium splňuje, do fermentoru přidává hmotu každých pět minut. Tímto způsobem se také zabrání enormnímu poklesu teploty v plnicí zóně.

Odplynování substrátu

Vysoký rozkladný výkon mohou metanové bakterie vykazovat tehdy, když plyn ze substrátu může pravidelně odcházet. Není-li plyn z vyhnívací nádrže odváděn, může dojít v nádrži k velkému nárůstu tlaku, a tím i k eventuálním škodám. U řídkých substrátů dochází ke vzniku malých plynových bublin. Zemědělské substráty s vyšším obsahem sušiny – přes 5 %, by měly být dodatečně odplynovány. Pro tento účel se materiál několikrát denně promíchává [4].



Obr. 10 Automatický dávkovač senáže a siláže

2.3 Výroba a kvalita plynu

V bioplynových stanicích vzniká velká většina bioplynu ve fermentoru (obr. 11), což je tzv. srdce bioplynové stanice. Někdy se bioplyn jímá ještě z dofermentoru nebo ze skladovací nádoby, to podle konstrukce bioplynové stanice. V bioplynové stanici Olešnice mají dva fermentory a jeden dofermentor (obr. 12), který se na první pohled vizuálně neliší od fermentoru. V bioplynové stanici Úpice a mají pouze jeden fermentor a bioplyn ze skladovací nádrže (obr. 13) nejímají.



Obr. 11 Fermentor



Obr. 12 Dofermentor



Obr. 13 Skladovací nádrž

Výrobu plynu definuje, přesněji ovlivňuje několik veličin:

2.3.1 Plynový výkon

Množství plynu normálně vznikající v bioplynové stanici, tzn. plynový výkon, je většinou stanovován denním objemem vyrobeného plynu připadajícím na 1 m³ vyhnívací nádrže nebo jednu dobytčí jednotku (DJ).

2.3.2 Výnos plynu

Celkové množství plynu získané ze substrátu během doby kontaktu (výnos plynu) lze vztáhnout na jednotku objemu vyhnívací nádrže, dobytčí jednotku nebo 1 m³ čerstvé kejdy. Jelikož však zde musí být zohledněn rozdíl v obsahu vody, je vhodnější udávat množství získané z 1 kg os (organické sušiny). Na výnos plynu má kromě složení živin v substrátu vliv především stupeň rozkladu.

2.3.3 Stupeň rozkladu

Stupeň rozkladu udává, kolik procent organické sušiny bylo rozloženo během doby kontaktu. Úplný rozklad až na úroveň mineralizace je teoreticky možný jen tehdy, když substrát neobsahuje lignin, neboť metanové bakterie nejsou schopny ho rozkládat. V praxi by úplný rozklad potřeboval dlouhou dobu kontaktu, protože rychlost rozkladu není konstantní, nýbrž po počáteční fázi vzestupu se později zřetelně snižuje. To znamená, že poslední procenta možného celkového výnosu plynu by bylo možno vyzískat jen s vynaložením velkých materiálových (objem nádrže) i finančních nákladů. Ve skutečnosti se neusiluje o úplný rozklad, protože to má ještě jeden důvod, v půdě totiž musí

zůstat organická hmota pro tvorbu humusu, ta vzniká především z ligninu a celulózy, což jsou látky, které metanové bakterie nejsou schopny rozložit, nebo jen stěží [4].

2.3.4 Doba kontaktu

Doba kontaktu substrátu ve fermentoru má v souvislosti s teplotou vyhnívacího procesu významný vliv na stupeň rozkladu, plynový výkon a výnos plynu. Krátké doby kontaktu přinášejí vysoký plynový výkon (vztaženo na m³ vyhnívací nádrže a den), neboť dochází především k rozkladu snadno rozložitelných živin, ty jsou na druhé straně spojeny s nízkým výnosem plynu (vztaženo na kg organické sušiny) a nízkým stupněm rozkladu. Při dlouhých dobách kontaktu klesá plynový výkon, zatímco výnos plynu a stupeň rozkladu se zvyšují. Doba kontaktu se vypočítá tak, že se objem nádrže dělí denně dodávaným množstvím substrátu. Při použití kejdy jako substrátu by se mělo přibližně počítat s uvedenými dobami kontaktu podle tabulky 2.

Tab. 2 Doby kontaktu

teplota procesu 20 až 25 °C	doba kontaktu 60 až 80 dní
teplota procesu 30 až 35 °C	doba kontaktu 30 až 35 dní
teplota procesu 45 až 55 °C	doba kontaktu 15 až 25 dní

podle [4]

Mezi jednotlivými zvířecími substráty jsou velké rozdíly. Slepičí trus je v mezofilní teplotní oblasti už při době kontaktu 30 dní úplně vytěžen, zatímco hovězí a prasečí kejda k tomu potřebuje 40 dní a tuhý hnůj 50 dní. Plyn vzniká většinou v počáteční fázi doby kontaktu, zatímco poslední fáze už mnoho nepřináší. V praxi se proto s plynem z poslední fáze už nepočítá [4].

2.3.5 Čistý výnos plynu

Jako čistý (netto) výnos plynu se označuje to množství plynu, které zůstane z hrubého (brutto) výnosu pro použití po odečtení energie potřebné na podporu procesu.

U moderně budovaných stanic činí čistý výnos 65 až 70 % hrubého výnosu, za předpokladu stoprocentního zisku zužitkování plynu během celého roku. Aby byla spotřeba energie pro podporu procesu co nejmenší, je nutné dosáhnout co největšího podílu sušiny v substrátu. Velký podíl vody v substrátu je pro výnos plynu neúčinný, protože pouze vyžaduje ohřev a udržování teploty a ještě se spotřebovává energie na čerpání a oběh směsi. Jestliže se zpracovává kejda bez kofermentace, měl by podíl sušiny činit více než 6 %. U hovězí kejdy tomu tak většinou je, u prasečí kejdy mohou být hodnoty nižší, obzvláště při užívání kapalného krmiva a vysoké spotřebě vody pro čištění vepřínů [4].

2.3.6 Složení a kvalita bioplynu

Kvalita bioplynu je určena zejména poměrem hořlavého metanu (CH_4) k neužitečnému oxidu uhličitému (CO_2). Oxid uhličitý ředí bioplyn a zvyšuje náklady při skladování plynu. Proto je nutné usilovat o co nejvyšší obsah metanu a co nejmenší obsah oxidu uhličitého. Jako obvykle dosažitelný obsah metanu udává literatura 50 až 75 %. Obsah CO_2 se měří Brigonovým přístrojem a po odpočtu zbytkových plynů se početně stanoví obsah CH_4 . Pro bioplynové stanice bez odsíření profoukáváním vzduchu lze tento postup pokládat za správný, avšak u bioplynových stanic s biokatalickým odsířením může vést k chybným vyhodnocením. Obsah metanu v bioplynu je závislý především na těchto kritériích:

Průběh procesu

U jednostupňových bioplynových stanic probíhá celý anaerobní rozklad v jednom fermentoru, tedy v jednom stupni, a veškerý získaný plyn je proto smíšený plyn, u dvoustupňových zařízení probíhá výroba bioplynu ve dvou stupních. Plyn vyrobený v prvním stupni obsahuje vysoký podíl oxidu uhličitého a jiných plynů, které nejsou energeticky využitelné, a proto se již v této fázi odvádějí. Plyn vznikající ve druhém stupni obsahuje vysoký podíl metanu, který může činit i více než 80 % [4].

Skladba živin v substrátu

Množství a kvalita vyrobeného bioplynu závisí na množství a složení dodaného substrátu. Z látek bohatých na bílkoviny a uhlovodíky se vyrobí mnohem méně plynu než z látek obsahující tuky. Proteiny a tuky způsobují vyšší obsah metanu. U substrátů bohatých na uhlovodíky, např. hovězí kejdy, kukuřice, atd., je kvalita plynu horší.

Teplota substrátu

V praxi se ukazuje, že při teplé a horké fermentaci je obsah metanu nižší než při procesech o nižších teplotách. Tento jev lze vysvětlit rozdílnou rozpustností, tudíž i rozdílnou produkcí plynného CO_2 . Čím vyšší je produkce CO_2 , tím menší je procentní podíl CH_4 v bioplynu. Pro hospodárnost bioplynové stanice je obsah metanu důležitým faktorem. Při posuzování určitého zařízení je proto nutné zohlednit nejen množství vyrobeného plynu, ale i obsah metanu. Po metanu a oxidu uhličitém je nejdůležitější součástí plynu sirovodík (H_2S). Tato látka je velmi agresivní a zapříčinuje korozi, což způsobuje problémy především na armaturách, plynoměrech, hořácích a motorech. Proto je nutné bioplyn odsířit. Sirovodík vzniká při rozkladu bílkovin, je to plyn jedovatý již v nejmenší koncentraci. Rozpoznatelný je podle typického zápachu po zkažených vejcích. Odsířený bioplyn téměř není cítit. Podle obsahu bílkovin se může obsah sirovodíku pohybovat mezi 0 až 1 %. Vyšší koncentrace sirovodíku zpomaluje proces vyhnívání, neboť je sirovodík velice jedovatý. Je-li zjištěn obsah sirovodíku kolem 1 % a vyšší, je nutné nalézt příčinu vysokého obsahu bílkoviny ve zvířecích výkalech. Příčinou bývá hlavně u slepic a prasat příliš vysoký obsah bílkoviny v krmivu. Přítomnost sirovodíku lze lehce změřit Drägerovou trubičkou. Kontroly by se měly provádět při změně složení krmiva a poklesu výroby plynu. Bioplyn dále obsahuje stopové množství amoniaku (NH_3), molekulárního dusíku, vodíku a kyslíku, jejich podíl činí celkem 6 až 8 %. Čerstvě vyrobený plyn z bioplynové stanice je nasycen vodní parou. Vodní pára obsahuje stopové množství dosud málo probádaných látek, které mohou způsobovat problémy při spalování bioplynu v kotlích a motorech. Vysušení bioplynu kondenzací vodní páry je proto velmi důležitým opatřením při úpravě plynu. Spolu s kondenzovanou vodou se totiž odstraní i velká část v plynu obsaženého čpavku, který by jinak mohl významně poškodit motory, obzvláště jejich díly z barevných kovů [4].

Tab. 3 Složení bioplynu

metan (CH ₄)	50–70 %
CO ₂	25–55 %
vodní pára	5 %
ostatní N ₂ , H ₂ , O ₂	5 %
H ₂ S	0–1 %
čpavek	0–1 %

podle [5]

V bioplynové stanici Úpice problémy se sirovodíkem, díky materiálům, které zpracovávají, nijak neřeší. Na proti tomu v bioplynové stanici Olešnice mají automatický systém na vhánění vzduchu do fermentoru (obr. 14) a před spalováním plynu v kogenerační jednotce je plyn upravován přes filtr s dřevěným uhlím (obr. 15).



Obr. 14 Dávkoř vzduchu do fermentoru



Obr. 15 Filtr s dřevěným uhlím

3 DRUH A SLOŽENÍ SUBSTRÁTU

Všechny organické látky lze alespoň zčásti rozložit jak anaerobní, tak aerobní cestou. V principu však platí že, pevné, členité materiály jako klestí z ořezu stromů a keřů jsou vhodné pro aerobní zpracování, tzn. pro zkompostování, zatímco kapalný, mokrý materiál jako kejda, zbytky jídla, tuky, atd. se výborně hodí pro anaerobní zpracování, to znamená pro zkvašení (fermentaci). Klíčovým faktorem pro volbu vhodné metody (zkvašení nebo zkompostování) je především obsah sušiny v materiálu. Přibližně lze říci, že pro bioplynovou technologii je ideální obsah sušiny mezi 5 až 15 %. Při obsahu organické sušiny menším než 5 % by proces sice ještě probíhal, avšak zařízením by bylo nutné proháňet velké množství vody, což by bylo neekonomické. 15 % organické sušiny je horní přípustná hodnota, při níž lze substrát ještě čerpat, mísit a promíchávat. Naopak pro kompostování leží optimální obsah sušiny mezi 40 až 60 %. Dále je důležitý poměr uhlíku a dusíku (poměr C:N), který by měl být 20:1 až 40:1. V podstatě mají odpady procházející ze zemědělského chovu zvířat optimální předpoklady jak pro anaerobní, tak pro aerobní zpracování, neboť mají vyrovnanou skladbu živin. Výroba bioplynu v zemědělství užívá jako substrát nejčastěji kejdu a hnůj.

3.1 SUBSTRÁT

3.1.1 Kejda (kapalný hnůj)

Kejda (kapalný hnůj) je tvořena směsí tuhých a kapalných exkrementů zvířat, která jsou ustájena bez podestýlky nebo jen na nízké podestýlce na šterbinových podlahách, roštech a v boxech, kde mohou ležet. Z pracovních ekonomických důvodů se tyto typy ustájení v posledních dvaceti letech výrazně prosadily především při chovu dojníc, jatečního hovězího dobytka, jatečních prasat a slepic. Při chovu jalovic, telat, sviní, koní, ovcí a koz je naopak obvyklé ustájení na tak vysoké podestýlce, že vzniká tuhý hnůj způsobilý k ukládání na hromadu, který se většinou kompostuje nebo se rovnou vyváží na pole. V posledních letech lze pozorovat stoupající trend k používání vyšší podestýlky také pro druhy zvířat v první jmenované skupině. Hlavním důvodem jsou levnější stáje, přizpůsobení potřebám zvířat, nové techniky sběru, skladování a zpracování slámy, jakož i ekologické problémy vznikající při obvyklých metodách zpracování kejdy. Proto lze také pozorovat tendenci zpracovávat v bioplynových stanicích větší či menší množství podestýlky nebo hotového tuhého hnoje [4].

3.1.2 Kejda a hnůj z volného ustájení

Kejda a hnůj z volného ustájení (kal bez podestýlky z tuhých a kapalných zvířecích exkrementů a dešťové vody z vybetonovaných krmišť a výběhů) jsou pro zpracování v bioplynových stanicích obzvláště vhodné. Z důvodu vysokého obsahu vody nelze tyto substráty bez dalších přísad kompostovat. Je to možné pouze po částech ve směsi s velkým množstvím slámy a jiných materiálů bohatých na surové vlákno.

3.1.3 Stájový hnůj

Stájový hnůj je směs tuhých a kapalných exkrementů hovězího dobytka s přidáním slámy. Vzniká na nakloněné lehací ploše, na kterou se na horním konci podestýlá. Pohybem zvířat se vrstva hnoje silná 30 až 70 cm sešlapává dolů do nepodestlaného prostoru, kde zvířata žerou. Tam se smíchává s přítomnými exkrementy a čelním nakladačem nebo skládacím vytlačovačem se ze stáje vyváží. Podle množství podestýlky, která činí 2 až 6 kg na dobytčí jednotku a den, kolísá konzistence stájového hnoje mezi hustě kapalnou a pevnou [4].

3.1.4 Pevný hnůj

Pevný hnůj vzniká při tradičních způsobech chovu ve stájích s podestýlkou, kde jsou zvířata uvázána nebo ustájena volně, při spotřebě slámy 2 až 12 kg na dobytčí jednotku a den. Při nižší spotřebě slámy lze získat pevný hnůj skladovatelný na hromadě jen ve stájích, kde jsou zvířata uvázána, neboť moč zvířat je odváděna žlábkem do jímky močůvky. Pevný hnůj lze snadno kompostovat.

3.1.5 Klestí ze stromů a keřů

Klestí ze stromů a keřů se kvůli vysokému obsahu ligninu pro bioplynovou technologii nehodí. Tyto rostlinné odpady patří do kompostu, kde zlepšují strukturu a provzdušnění.

3.1.6 Svod domovních a odpadních vod

Svod domovních a odpadních vod je na jedné straně pro mnoho zemědělců zajímavou záležitostí, neboť tak ušetří na vysokých poplatcích za stočné. Na druhé straně činí obsah sušiny v odpadních vodách většinou méně než 2 %, takže je třeba dbát na dostatečný obsah sušiny v kejďe a hnoji. Také by se v tomto případě v domácnosti neměly používat agresivní čistící a leštící prostředky ani chemické prostředky na čištění trubek. Kromě toho musí být kapacita bioplynové stanice v rozumném poměru k množství přiváděných odpadních vod. Jakožto empirické pravidlo může platit, že na 10 dobytčích jednotek lze bez problému zlikvidovat odpadní vody vyprodukované jednou osobou. Při záměru zpracovat odpadní vody je namístě zvolit typ zařízení s co nejlepším hygienizačním efektem [4].

3.1.7 Organické látky bohaté na živiny

Zpracování organických látek bohatých na živiny dosahuje v bioplynových stanicích velkého významu. Jedná se o výpalky, tuky, jateční odpad, kuchyňské odpadky a zbytky jídla. Tyto materiály se dají kompostovat jen za určitých podmínek.

3.1.8 Travniny a kukuřice

Senáže z luk a cíleně pěstovaná kukuřice na siláži jsou v posledních letech nedílnou součástí substrátu některých bioplynových stanic.

3.2 SLOŽENÍ SUBSTRÁTU

Složení kejdy a hnoje je závislé především na druhu zvířat, jejich využití, způsobu ustájení a úrovni výkonu. Z toho vyplývající faktory jsou typ krmení, ztráty způsobované odpařováním čpavku a vody, přítomnost podestýlky, zbytků krmiva, srážkové vody a čistých vod.

3.2.1 Sušina a organická sušina

Nápadné jsou velké rozdíly mezi hovězí a prasečí kejdou a slepičím trusem, jakož i enormní šíře kolísání jednotlivých hodnot. Přesto se dá určit, že prasečí kejda má nízký obsah sušiny, hovězí kejda střední a slepičí trus vysoký obsah sušiny. Pro výnos bioplynu je důležitý obsah organické sušiny, který je u slepičího trusu v průměru vyšší než u hovězí a prasečí kejdy. Nízký obsah organické sušiny je způsoben přítomností hlíny a písku v krmivu, jakož i částicemi z oděru betonových štěrbínových podlah. Tyto látky jsou náchylné k tvorbě usazenin ve fermentoru nebo skladovací nádrži.

3.2.2 Hodnota pH

Hodnota pH (stupeň kyselosti) prasečí kejdy je nižší než u hovězí kejdy. Nejvyšší hodnotu pH má slepičí trus (obsah vápna).

3.2.3 Obsah surového vlákna

Nejvyšších hodnot obsahu surového vlákna dosahuje podle povahy krmiva hovězí kejda. Surové vlákno se rozkládá jen při dlouhé době kontaktu. Méně výrazné jsou rozdíly v obsahu surových proteinů a NFE (= bezdusíkaté extrakty = uhlovodíky). Obě skupiny látek jsou mikroorganismy schopny dobře rozkládat. Surový protein je zodpovědný za obsah sirovodíku v bioplynu. Vyšší obsah surového proteinu je většinou vyvolán vysokým obsahem bílkovin v krmivu. Metanové bakterie nepotřebují dusík k výrobě plynu, ale potřebují ho pro svou vlastní buněčnou stavbu (bílkoviny) [4].

3.2.4 Surový tuk

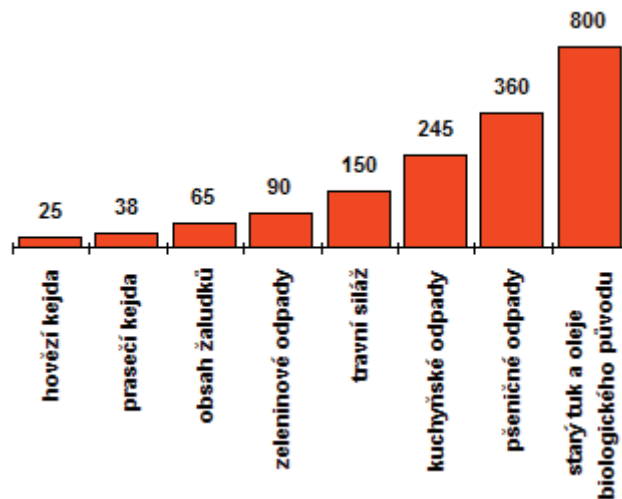
V obsahu surového tuku vede prasečí kejda. Tuk, vzhledem ke svému energetickému obsahu a schopnosti rozkládat se, přináší velmi vysoké výnosy plynu. Může se zdát, že prasečí kejda je pro výrobu bioplynu vhodnější než hovězí kejda a slepičí trus. Tato výroba však bere za své kvůli nízkému obsahu sušiny a vysokému obsahu vody. Co do výnosu plynu, vztaženo na výši obsahu organické sušiny, dopadá nejhůře hovězí kejda. Hovězí dobytek, jako přežvýkavci, díky mikroflóře bачору, dlouhému střevnímu traktu

a silnému rozmělnění potravy sám zpracuje a stráví vedle snadno stravitelných látek i podstatnou část surového vlákna. Tato nevýhoda hovězí kejdy však zpravidla bývá vyvážena vysokým obsahem sušiny. Prase stejně jako člověk využívá potravu dosti špatně, neboť má jednokomorový žaludek a krátké střevo. Výnos plynu v poměru k množství organické sušiny je proto zřetelně vyšší než u hovězího dobytka, právě díky tomu, že kejda obsahuje ještě poměrně hodně snadno rozložitelných živin. Jak jsme již uvedli, tato výhoda je omezována vysokým obsahem vody v kejdě. Slepice, jako ptáci, mají kvůli nízké hmotnosti špatnou trávicí soustavu. Jejich trus proto přináší nejvyšší výnosy plynu. Trus ovšem obsahuje tak vysoké množství sušiny, že je zpravidla nutné ho ředit vodou. Smíšení hovězí a prasečí kejdy a slepičího trusu kompenzuje nevýhody exkrementů jednotlivých zvířecích druhů. Některé bioplynové stanice této skutečnosti s úspěchem využívají. V důsledku specializace v zemědělství však mnoho stanic zpracovává jen materiál od jednoho zvířecího druhu. Ve většině případů jsou napojeny na chov hovězího dobytka jako je tomu v BPS Olešnice. Málo stanic zpracovává kejdu jatečních prasat a jen minimum využívá slepičí trus.

Kejda se liší podle druhu chovaných zvířat a jeho stáří:

- Kejda dojnic je řidší než kejda mladého dobytka nebo jatečných býků.
- Kejda mladého dobytka přináší kvůli méně častému krmení ve srovnání s jatečními býky o přibližně 10 % menší výnos plynu, výnos plynu z kejdy dojnic je ještě nižší.
- Chovné prasnice využívají potravu lépe než jatečná prasata, proto kejda chovných prasnic přináší o asi 10 % méně plynu než kejda jatečných zvířat.

V substrátech od všech zvířecích druhů může dělat potíže přítomnost cizorodých látek. Hovězí kejda obsahuje v závislosti na typu krmení a způsobu ustájení zbytky krmiva jako trávy, sena a siláže, nebo přímo zbytky podestýlky. Tyto látky v kejdě plavou a při nedokonalé technice míchání vytvářejí plovoucí příkrov, který může být tak tlustý a slepený, že ho lze jen stěží rozrušit. Kromě toho je při krmení trávou a polními píceňkami nutno počítat s tím, že do kejdy se přímo nebo přes zvířecí žaludek dostane hlína, písek nebo dokonce kamínky a kovové části ze zemědělských strojů. Prasečí kejda má vlastnost vytvářet usazeniny, především tehdy, obsahuje-li obtížně stravitelné kukuřičné a obilné slupky. Pokud není kejda dostatečně promíchávána, mohou se během doby vytvořit decimetrové vrstvy, které pak lze rozbít jedině krumpáčem. Slepici trus z chovu v klecích obsahuje peří a má dispozici tvořit plovoucí příkrov. Trus současně vykazuje vysoký obsah vápna a písku, takže i zde je nutné počítat s tvorbou usazenin [4].



Obr. 16 Produkce bioplynu z hlavních složek organických látek [6]

Vhodné materiály pro využití v bioplynové stanici:

- fytomasa (siláže senáže, rostlinné zbytky, energetické plodiny, neprodejná zemědělské produkce),
- výstupy z chovu hospodářských zvířat (kejda, hnůj atd.),
- bioodpady zpracovatelského a potravinářského průmyslu (jatka, mlékarny, cukrovary atd.),
- bioodpad ze zahrad a údržby veřejné zeleně (kromě dřeva), zbytky z jídelen, restaurací a hotelů.

Nevhodné materiály pro využití v bioplynové stanici:

- dřevo,
- sláma,
- papír,
- další lignocelulosové materiály [7].

Tab. 4 Výnos bioplynu u vybraných materiálů

Substrát	Sušina (%)	Org. sušina (% sušiny)	Výnos bioplynu	
			(m ³ /t org. suš.)	(m ³ /t VH)
statková hnojiva				
kejda skotu	8	80	300	22
kejda prasat	7	82	550	25
hnůj skotu	25	70	280	45
drůbeží hnůj	32	70	350	80
cíleně pěstované plodiny				
kukuřičná siláž	35	90	600	180
cukrová řepa	23	93	830	180
biodpad (z tříděného sběru)	42	70	500	100
obsah bacherů	18	80	320	50

podle [7]

Tab. 5 Produkce bioplynu z čerstvého a silážovaného rostlinného materiálu

Materiál		Produkce bioplynu (1 kg/org. suš.)	Obsah CH ₄ (%)	Doba zdržení ve fermentoru (dny)	Dávkové (D) Semikontinuální (SK)
tráva	čerstvá	640	52 - 55	7	D
		516	63	20	D
	seno	546	54	18	D
	siláž	617	60	20	D
		428	55	22	SK
		551	69	31	SK
vojtěška	čerstvá	630	52 - 55	7	D
		440	52 - 55	50	SK
	seno	380	65	17	D
	siláž	670	52 - 55	7	D
		530	52 - 55	45	SK
jetel	čerstvý	441	59	20	D
směs tráva, jetel		580	52 - 55	90	SK
artičoky	čerstvé	480 - 590	52 - 55	46	SK
	siláž	510	52 - 55	7	D
		510 - 560	52 - 55	43	SK
		468	67	33	SK
kukuřice	čerstvá	526	65	33	D
		750	64	20	D
	siláž	557	61	20	D
		335	51	8	SK
		430	52	52	SK
zelí	čerstvé	750	52 - 55	7	D
		425	60	20	D
		493	60	36	D
		651	63	31	SK

podle [8]

4 TECHNOLOGIE VÝROBNÍCH POSTUPŮ

4.1 Bioplynová technologie

Velký počet různých řešení bioplynových zařízení lze zmenšit na několik typických technologických postupů. V podstatě se dají postupy rozlišovat podle způsobu plnění (dávkový nebo průtokový postup), dále podle toho, zda je proces jednostupňový, nebo vícestupňový a podle konzistence substrátu (pevný nebo kapalný).

4.1.1 Dávkovací způsob

U dávkového postupu je vyhnívací nádrž (fermentor) naplněn najednou. Dávka pak vyhnívá do konce doby kontaktu, aniž by se další substrát přidával nebo odnímal. Produkce plynu po naplnění pomalu stoupá, dosáhne maximální hodnoty a poté klesá. Na konci, tzn. po skončení doby kontaktu, je vyhnívací nádrž najednou vyprázdněna, avšak menší množství vyhnílého substrátu (5 až 10 %) se ponechává v nádrži, aby se nová dávka naočkovala zapracovanými bakteriemi. Aby bylo možno dávkový fermentor naplňovat a vyprazdňovat najednou, je potřeba mít vedle fermentoru k dispozici přípravnou a skladovací nádrž, a to ve stejném objemu, čímž se tento postup přirozeně prodražuje. Nevýhodu také představuje nerovnoměrná výroba plynu, kterou lze vyrovnat jen tehdy, když se pracuje se dvěma menšími fermentory, které se střídavě plní a vyprazdňují vždy po uplynutí poloviny doby kontaktu. Zařízení tohoto typu je ještě dražší, neboť dva malé fermentory jsou podstatně dražší než jeden velký. Další nevýhodou je, že než se obsah přípravné nádrže přemístí do fermentoru, uplyne dlouhá doba, během níž už v přípravné nádrži probíhá proces rozkladu, což způsobuje ztráty dusíku a metanu.

4.1.2 Metoda střídání nádrží

Technologie střídání nádrží pracuje se dvěma vyhnívacími nádržemi: z přípravné nádrže, která pojme substrát získaný za 1 až 2 dny, se prázdná vyhnívací nádrž pomalu, ale plynule plní, zatímco v druhé probíhá proces vyhnívání. Když je první nádrž plná, obsah druhé nádrže se najednou přesune do skladovací nádrže a následně se tato vyprázdněná druhá nádrž začne plnit z přípravné nádrže. Mezi tím se vyhnílé kal ze skladovací nádrže vyváží na vhodné pozemky, takže nádrž se průběžně částečně nebo zcela vyprazdňuje. Její objem by proto měl být větší než objem jednoho fermentoru. Tento postup se vyznačuje velmi konstantní výrobou plynu a dobrým hygienizačním účinkem, protože v průběhu celé doby vyhnívání není doplňován čerstvý substrát. Nevýhodou jsou stejně jako u dávkového systému vysoké pořizovací náklady a oproti systému s jedním fermentorem vyšší tepelné ztráty. Dalším problémem je, že se nádrž při vyprazdňování musí zavzdušňovat, pokud zásobník plynu nemá dostatečný objem a není naplněn tak, aby plynem zaplnil prostor po odebraní vyhnílého substrátu [4].

4.1.3 Průtokový způsob

Velká většina bioplynových stanic pracuje na bázi průtokového způsobu nebo v kombinaci se zásobníkovým způsobem. Tento postup je oproti jiným charakterizován tím, že vyhnívací nádrž je stále plná a vyprazdňuje se pouze zřídka, a to kvůli opravám nebo odstranění usazenin. Z malé přípravné nádrže je čerstvý substrát jednou až dvakrát denně dodáván do fermentoru, zároveň automaticky odchází stejné množství vyhnílého substrátu do skladovací nádrže. Výhodou této metody je rovnoměrná výroba plynu, dobré vytižení vyhnívacího prostoru, a tím také cenově příznivá konstrukce s nízkými ztrátami tepla. Kromě toho je možnost proces plnění automatizovat, například plovákovým spínačem v přípravné nádrži nebo prostřednictvím časového spínače na plnicím čerpadle. Nevýhodou oproti dávkovému systému a systému se střídáním nádrží je především to, že v závislosti na míchací technice a typu nádrže může dojít ke smíchání čerstvého substrátu s vyhnílym materiálem, čímž je znehodnocován hygienizační efekt.

4.1.4 Metoda se zásobníkem

U zásobníkové metody jsou fermentor a skladovací nádrž sloučeny do jedné nádrže. Při vyvážení vyhnílé kejdy se zásobník vyprázdní až na malý zbytek, který je nutný k naočkování další náplně. Poté se kombinovaná vyhnívací a skladovací nádrž zvolna plní z přípravné nádrže nebo stálým přítokem kejdy přes přirozený přepad. Výhodou zásobníkového zařízení jsou především nízké náklady: provozovatel potřebuje pouze velkou a relativně levnou nádrž. Kromě toho je provoz těchto zařízení jednoduchý a přehledný. Použitím fóliové krytiny se také daří stávající otevřené jámky na kejdu s nízkými náklady přebudovat na bioplynové stanice. U zásobníkových zařízení sfóliovým krytem jsou problémem vysoké tepelné ztráty, a proto jsou tato zařízení provozována většinou v oblastech s nižšími teplotami (20 až 25 °C). Kromě toho je výroba plynu závislá na množství náplně. U zásobníkových zařízení s pevným krytem musí být obsah plynojemu tak velký, že při vyvážení kejdy nevznikne nebezpečí vniknutí vzduchu. U zásobníkových zařízení s fóliovým poklopem je nutné zajistit ochranu před povětrnostními vlivy (přístřešek nebo dvojitý fóliový kryt) [4].

4.1.5 Kombinovaná průtoková metoda se zásobníkem

Kombinovaná průtokovo-zásobníková zařízení představují současný nejvyšší vývojový stupeň bioplynové technologie. Vznikly tak, že k průtokovému fermentoru byly připojeny dříve otevřené skladovací nádrže na vyhnílou kejdu a dodatečně opatřeny fóliovým poklopem nebo pevným krytem, a to s cílem zabránit ztrátám na dusíku způsobeným aerobními rozkladnými procesy a získat dodatečný bioplyn. Praxe ukázala, že 20 až 40 % celkového výnosu plynu pochází ze skladovacích nádrží.

4.2 Jednostupňový nebo vícešupňový proces

Vyhnívání substrátu a výrobu bioplynu lze z hlediska techniky výrobního procesu provádět jednostupňově nebo vícešupňově. Při jednostupňovém procesu probíhají čtyři fáze vyhnívacího procesu jak bylo popsáno v druhé kapitole. Ve vícešupňovém procesu se prostorově oddělují fáze procesu za použití více fermentorů nebo oddělením fází při-

mo ve fermentoru. Největší nevýhodou vícestupňového procesu jsou finanční náklady na výstavbu takové zařízení [4].

Bioplynová stanice Olešnice využívá kontinuálního průtokového systému. Dva fermentory jsou automaticky plněny z dávkovače každých pět minut. Náplň do dávkovače je plněna čelním nakladačem každých 24 hodin. Z fermentorů je sustrát odváděn do dofermentoru a poté do skladovací nádrže, kde se ještě jímá bioplyn. Vhorní části se nachází plynojem s bezpečnostním ventilem (na obr. 17 uprostřed). Nakonec se vyhnílý substrát skladuje v nezakryté skladovací nádrži, kde se odděluje pevná složka od kapalné pomocí zařízení na obr. 18.

Bioplynová stanice Úpice dodává do fermentoru substrát a také pomocí kontinuálního plnění. Rozdíl mezi BPS Olešnice je v tom, že materiál před vpuštěním do fermentoru prochází hygienizační linkou.



Obr. 17 Skladovací nádrž s bezpečnostním ventilem



***Obr. 18 Otevřená skladovací nádrž se zařízením
na oddělování pevné složky digestátu od kapalné***

5 KONSTRUKČNÍ TYPY FERMENTORŮ

5.1 Horizontální konstrukční typ

Prvním způsobem konstrukce fermentoru je horizontální typ (ležící). Jeho největší výhodou je instalace výkonného, funkčně bezpečného a energeticky úsporného mechanického míchadla. Tímto způsobem lze dosáhnout dobrého promíchání napříč směrem průtoku, aniž by docházelo k přílišnému promíchání substrátu v podélném směru. Protože délka horizontální nádrže je oproti její výšce zpravidla několikanásobná, samočinně zde vzniká velmi žádoucí tzv. pístové proudění. Tento pojem označuje jev, kdy jedna dávka kejdry je posouvána rourou jako píst, takže čerstvý substrát z plnicí zóny se nemíchá s vyhnilým materiálem na druhém konci nádrže, což podporuje hygienizační efekt. Nevýhodou je potřeba velkého prostoru na umístění nádrže, nadměrná velikost povrchu nádrže v poměru k jejímu objemu (velké tepelné ztráty) a nemožnost očkování čerstvého substrátu bakteriální flórou vyhnilého kalu. U hovězí kejdry a hnoje tyto skutečnosti nehrají žádnou roli, neboť v substrátu už je přítomno dostatečné množství metanových bakterií. Prasečí kejda, slepičí trus nebo organický odpad, které neobsahují žádné anaerobní bakterie nebo jen velmi malé množství, by u konstrukce tohoto typu měly být očkovány vyhnilým kalem. K tomu může dojít v přípravné nádrži nebo recirkulací očkovacího materiálu pomocí malého čerpadla.

5.2 Vertikální konstrukční typ

Vyhňivací nádrže konstruované jako vertikální (obr. 19) jsou ze statických důvodů vyrobeny z betonu a mají kruhový průřez. Oproti horizontálnímu provedení mají tu přednost, že zde lze dosáhnout lepšího poměru mezi povrchem a objemem, čímž se sníží materiálové náklady a tepelné ztráty. Nevýhodou je to, že zde nemůže probíhat pístové proudění [4].

5.3 Nadzemní a podzemní umístění

Nadzemní umístění se volí většinou při vysokém stavu spodní vody. Jeho výhodou je i to, že k vnější tepelné izolaci lze použít nepříliš drahé materiály. Nevýhodou jsou velké tepelné ztráty v zimním období, protože je nádrž plně vystavena povětrnostním vlivům.

Z jedné poloviny podzemí a z jedné poloviny nad zemí jsou vertikální fermentory uloženy tehdy, když kvůli stavu spodní vody nelze provést úplné uložení do země.

Zcela pod zemí uložená zařízení se stropem, po kterém lze jezdit, mají velkou výhodu v tom, že nezabírají místo a proto mohou být umístěna i přímo na dvoře. Kromě toho jsou okolní země chráněny před změnami venkovní teploty, což je především v chladném zimním období znát na relativně nízké spotřebě energie potřebné pro běh zařízení. Je ovšem nutností celý plášť izolovat proti vlhkosti.



Obr. 19 Vertikální typ fermentoru bioplynové stanice Úpice

5.4 Plášť nádrže

Plášť nádrže je obvykle vyroben z betonu nebo oceli, ale jsou možná i další provedení například plastové nebo kombinované z více materiálů.

5.4.1 Železobetonové nádrže

Železobeton je použit pro celou nádrž, výjimku tvoří ve velké většině strop nádrže, na který se dává dřevěná konstrukce s fólií. Dno a stěny jsou většinou vylity z monolitického betonu. Plynojemy musí být plynotěsné. Malé netěsnosti v podlaze a v místech, kde se napojují stěny a potrubí ve spodní části, kde je uložena kejda, nepředstavují velkou hrozbu, protože jsou utěsněny pevnými složkami kejdy. Naopak v horní části, kde se napojují stěny na fólii a kde vzniká plyn musí být těsnost dokonalá, aby plyn neunikal ven.

5.4.2 Nádrže z ocelového plechu

Druhým významným stavebním materiálem pro fermentory je ocelový plech. Jedná se převážně o využití použitých, ale často ještě zachovalých cisteren pro skladování a přepravu kapalin. Kupříkladu benzínové čerpací stanice musejí nádrže z bezpečnostních důvodů vyměňovat v pravidelných intervalech. Nádrže jsou ze 4 až 6 cm silného plechu a mají vnější protikorozní vrstvu. Na místě se osadí na podezdívku, současně se jejich poloha fixuje dřevěnou podložkou, která je přizpůsobená zakřivení cisterny. Ta zároveň slouží ke snížení tepelného mostu mezi cisternou a podezdívkou.

5.5 Tepelná izolace

Tepelná izolace fermentoru, teplovodního potrubí a zásobníku tepla je v našich zeměpisných šířkách nezbytností. Pro tento účel se používají materiály jako minerální vlna, rohože z minerálního vlákna, pěnové hmoty, desky z extrudovaného pěnového polystyrenu, organické izolační materiály, atd.

5.6 Vnější plášť a ochrana před povětrnostními vlivy

Fermentory vystavené povětrnostním vlivům musí mít vnější izolaci, která je zakryta pláštěm. Je možné obložení z kovových profilů. Hliníkový, pozinkovaný ocelový plech nebo dřevo. Jestliže má izolační materiál dostatečnou nosnost, např. polystyrénové desky, není nutná spodní nosná konstrukce a profilové desky lze ukládat přímo na izolační vrstvu. Při použití rohoží z minerální vlny je však nosná konstrukce nutností [4].

Bioplynové stanice Olešnice i Úpice mají vertikální zásobníky ze železobetonu, které jsou zaizolované a obloženy lakovaným plechem zelené barvy. Stanice Olešnice má nádrže částečně v zemi kvůli lepší ochraně před povětrnostními vlivy (obr. 20).

5.7 Fóliový poklop a fóliový kryt

Zakrytí fermentoru fóliovým poklopem, který slouží zároveň jako plynojem, má ve srovnání s uzavřenými fermentory (cisternami) několik výhod. První výhodou je možné zvednutí poklopu a nouzové otevření nádrže. Další výhodou je, že poklop zcela nebo částečně přejímá funkci plynojemu. Hlavní nevýhodou má fóliový kryt v tom, že je málo odolný povětrnostním vlivům (sníh, led, UV záření, bouřky). Možnosti provedení jsou:

Fóliový poklop pod fóliovým zastřešením nádrže

Při tomto řešení je plachta vytvarovaná svařováním pásu ze zesíleného PVC. Plachta se natáhne jako ochrana před povětrnostními vlivy přes kuželovitou dřevěnou konstrukci, která je posazena na horním okraji fermentoru. Vnitřní fóliový poklop se jako variabilní plynojem spustí do fermentoru tak hluboko, že jeho spodní okraj je ponořen do kapaliny. Použití alternativy k fóliím z PVC zesíleným tkaninou se pro výrobu poklopů používá etylen-propylen-terpolymer (EPDM), tlakové zatížení je menší než u PVC. Používá se fólie o tloušťce 1,2 mm, které má černé zbarvení a díky tomu odolává UV záření.



Obr. 20 Vertikální typ dofermentoru bioplynové stanice Olešnice

Dvojitá fólie jako nafukovací střecha

U tohoto provedení není třeba nosná konstrukce, místo toho se do prostoru mezi plynovou fólií a fólií střešního pláště malým kompresorem nafouká venkovní vzduch, čímž se krycí plachta nafoukne a silně napne. K jímání a skladování bioplynu slouží vnitřní, druhá tzv. plynová fólie. Ta se může při vzestupu a poklesu množství bioplynu pohybovat nahoru a dolů. Jako střešní plášť se používá plachta vytvarovaná svařováním z PVC fólie zesílené tkaninou. Plynová fólie je ze stejného materiálu nebo ze syntetického etylén-propylen-terpolymer-kaučuku nebo jde o nezesílenou polyetylén-etylén-vinylacetátovou fólii.

Plynojemy kryté jednoduchou fólií

Nahoře otevřená nádrž je opatřena krytem z jednoduché fólie. Plachta slouží jako střecha fermentoru i jako plynojem. Plachta je uložena na podpěrné konstrukci a je takto chráněna proti poklesu pod okraj nádrže [4].

6 PŘÍPRAVNÉ A SKLADOVACÍ NÁDRŽE

Kejda ze stájí většinou odtéká do přípravné nádrže (obr. 21), odkud je jednou až dvakrát denně přečerpávána do fermentoru. Přípravné nádrže jsou ve většině případů konstruované jako částečně podzemní, vylité z betonu, osazeny míchadly a čerpadly.



Obr. 21 Přípravná nádrž na hovězí kejdu

Skladovací nádrže jsou konstruovány na velké množství vyhnílého substrátu, u zemědělských bioplynových stanic jsou tyto nádrže plněny po dobu zhruba půl roku a poté se digestát používá jako hnojivo na rostliny v období, kdy ho přijímají. Obvykle se aplikuje na jaře a na podzim.

7 POTRUBÍ, ČERPADLA, MÍCHADLA

Potrubí, čerpadla a míchadla jsou nedílnou součástí BPS. Používají se k dopravování nového a vyhnílého substrátu.

7.1 Potrubí

Potrubí je v BPS více druhů: plnicí potrubí, jímž je pod tlakem dopravován substrát (např. z přípravné nádrže do fermentoru (obr. 22) nebo ze skladovací nádrže do cisternového vozu). Dále pak přeřadové potrubí, z něž materiál odchází samovolně vlivem přirozeného spádu (např. z fermentoru do skladovací nádrže). Tlakové potrubí má mít v průměru od 100 do 150 mm, aby se zabránilo ucpávání a velkým ztrátám tlaku. Většinou bývá z ocelových trubek se svařovanými nebo přírubovými spoji. V případě použití plastových trubek musí být použity takové typy, které vydrží maximální tlak čerpadla. Spojují se lepením, svařováním nebo šrouby.

Přeřadové a vratné beztlakové potrubí by mělo mít výrazně větší průměr. Minimum je 200 mm pro průtok řídkého kapalného substrátu, jako je prasečí kejda, zatímco pro průtok husté kapalně hovězí kejdy by potrubí mělo mít průměr 300 mm. Substrát obsahující tuhý hnůj, trávu nebo jiné vláknité materiály může vyžadovat ještě větší průměr. Pro tato potrubí se používají kanalizační trubky z PVC nebo polypropylenu. V litinových trubkách se tvoří usazeniny rychleji než na hladkých stěnách plastových trubek. Všechna potrubí musí být uložena v nezámrazné hloubce a pokud jimi protéká teplý substrát, pak také tepelně izolovaná [4].



Obr. 22 Potrubí na substrát

Dalším druhem potrubí je plynovodní, kterým proudí bioplyn. Potrubí může být vyrobeno z PVC (obr. 23) a přelepeno hliníkovou páskou.



Obr. 23 Plynovodní potrubí

7.2 Čerpadla

Čerpadla se používají k čerpání materiálu mezi nádržemi a dále pro pohon hydraulických míchadel. V BPS se používají tyto druhy čerpadel:

7.2.1 Odstředivá (rotační) čerpadla

Odstředivá čerpadla (obr. 24) se při zpracování kejdy používají často. Jsou konstrukčně jednoduchá, relativně robustní a používají se přednostně pro dopravu řídkých kapalných substrátů o obsahu sušiny menším než 8 %. Pro odstředivá čerpadla je typická silná závislost čerpacího výkonu na tlaku média (respektive na dopravní výšce). Maximálně dosažitelný tlak leží mezi 4 a 20 bary. Výkon čerpadla se pohybuje mezi 2 až 6 m³/min, při příkonu od 3 do 15 kWh. Existují ponorná čerpadla, která je možno zavěsit do kejdy, tím odpadají problémy s nasáváním.

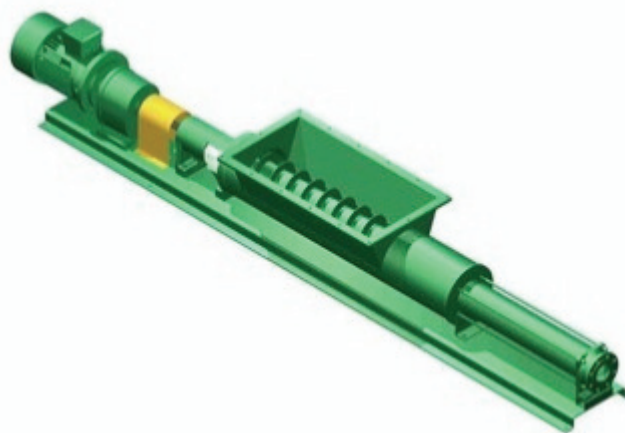
Břítová čerpadla jsou zvláštní formou rotačních čerpadel. Na oběžném kole mají tvrzené břity a na skříni protilehlý břit. Takto lze rozsekat vláknité látky v kejdě (například slámu, zbytky krmiva, apod.) [4].



Obr. 24 Horizontální odstředivé čerpadlo [9]

7.2.2 Objemová (plunžrová) čerpadla

Objemová čerpadla se používají přednostně pro dopravu kejdy s vysokým obsahem sušiny. Jsou samonasávací a stabilnější vůči změnám tlaku než rotační čerpadla, což znamená, že výkon čerpadla je mnohem méně závislý na dopravní výšce. Čerpadla tohoto typu mohou po změně směru otáčení čerpat i v protisměru. Z mnoha principiálně různých čerpadel se v bioplynových stanicích používají hlavně šneková čerpadla (obr. 25) a čerpadla s rotujícími píсты (obr. 26). Šneková čerpadla mají rotor z ušlechtilé oceli ve tvaru vývrtky, který běží ve statoru z elastického materiálu. Tato čerpadla mohou sama nasávat z hloubky až 8,5 m a dodávat tlak až 24 barů. Nedosahují ale tak velkého výkonu jako rotační čerpadla. Jsou citlivá na chod na sucho, na přítomnost cizích těles a vláknitých látek. Čerpadla s rotujícími písty se v posledních letech velmi prosazují. Mají dva v protisměru rotující dvou až čtyřkřídlé otáčivé písty uložené v oválné skříni. Maximální tlak je 2 až 10 barů a výkon čerpadla kolísá mezi 0,5 až 4 m³/min, při hnacím výkonu od 7,7 do 55 kW. Ve srovnání s excentrickými šnekovými čerpadly se stejným příkonem zvládají tato čerpadla i čerpání materiálů obsahujících větší cizí tělesa a vláknité látky. Z tohoto důvodu se v rostoucí míře užívají v zařízeních, která zpracovávají jako substrát zkapalněný a rozmělněný tuhý hnůj [4].



Obr. 25 Šnekové čerpadlo [10]



Obr. 26 Čerpadlo s rotujícími písty [11]

7.3 Míchadla

Substrát se ve fermentoru několikrát denně promíchává, aby bylo dosaženo následujících efektů:

- smíchání čerstvého substrátu s již vyhnívajícím substrátem,
- aby se čerstvý substrát naočkoval aktivními bakteriemi,
- rozdělení tepla,
- aby se ve fermentoru udržovala co nejrovnoměrnější teplota,
- zabránění vzniku plovoucích příkrovů a usazenin nebo jejich odstranění,
- zlepšení látkové výměny bakterií vypuzením bublin bioplynu a přívodem čerstvých živin.

Ve fermentoru dochází k určitému promíchávání i samovolně bez míchadel působením termického konvekčního proudění a stoupajících plynových bublin. Pasivní míchání je dostačující jen u velmi řídkých, homogenních kapalných substrátů, jako jsou odpadní vody, což je ale v BPS nepříliš častá situace. Promíchávání lze provádět mechanicky zařízením zavedeným do fermentoru, hydraulicky odděleně instalovanými čerpadly, nebo využitím vlastního tlaku vyráběného plynu a pneumaticky vtlačováním bioplynu.

7.3.1 Mechanická míchadla

Mechanická míchadla jsou dvojího druhu, první jsou pomaluběžné míchačky, rychlé kompaktní vrtule (obr.27) a mixéry.

Mechanická lopatková míchadla se užívají v horizontálních cisternových fermentorech, ale i ve vertikálních fermentorech (obr. 28). Typické pro tato míchadla je, že zasáhnou celý vyhnívací prostor, nevyvolávají žádné významné proudění a působí hlavně ve vertikální, nikoli v horizontální rovině (směr toku). Substrát se proto posouvá rourou jako píst, aniž se přitom mísí s vyhnílym substrátem [4].



Obr. 27 Míchací vrtule [12]



Obr. 28 Lopatkové míchadlo [13]

7.3.2 Hydraulická míchadla

Při požití hydraulického míchání se většinou používá výkonné centrální čerpadlo, které současně slouží k přečerpávání substrátu z přípravné nádrže do fermentoru a vyhnílého substrátu ze skladovací nádrže do cisternového vozu. Požadovaná funkce se nastavuje přesměrováním dopravního proudu uzavíracím šoupátkem.

7.3.3 Pneumatická míchadla

Plynové bubliny, které vznikají v bioplynu vyvolávají vertikální pohyb v substrátu, ne však horizontální proudění. Proto se pneumatická míchadla hodí pro případy, kdy obsah fermentoru nemá být promícháván v plném rozsahu kvůli dosažení hygienizačního efektu [4].

Bioplynová stanice Olešnice používá lopatková míchadla, která jsou poháněna elektromotorem uloženým mimo fermentor (obr. 29). BPS Úpice používá ponorné motorové míchadlo, které se dá v případě poruchy vytáhnout z fermentoru.



Obr. 29 Elektromotor lopatkového míchadla

8 TOPNÉ ZAŘÍZENÍ A PŘÍPRAVNÝ PROCES

Naše klimatické podmínky zapříčiňují to, že bioplynové stanice musejí být uměle vytápěny z důvodu udržení teploty, při které probíhá bioplynový proces a z důvodu vyrovnaní tepelných ztrát způsobených únikem tepla do okolí. Substrát je ve většině případů zahříván cirkulací teplé vody nebo přes výměník tepla.

8.1 Externí výměníky

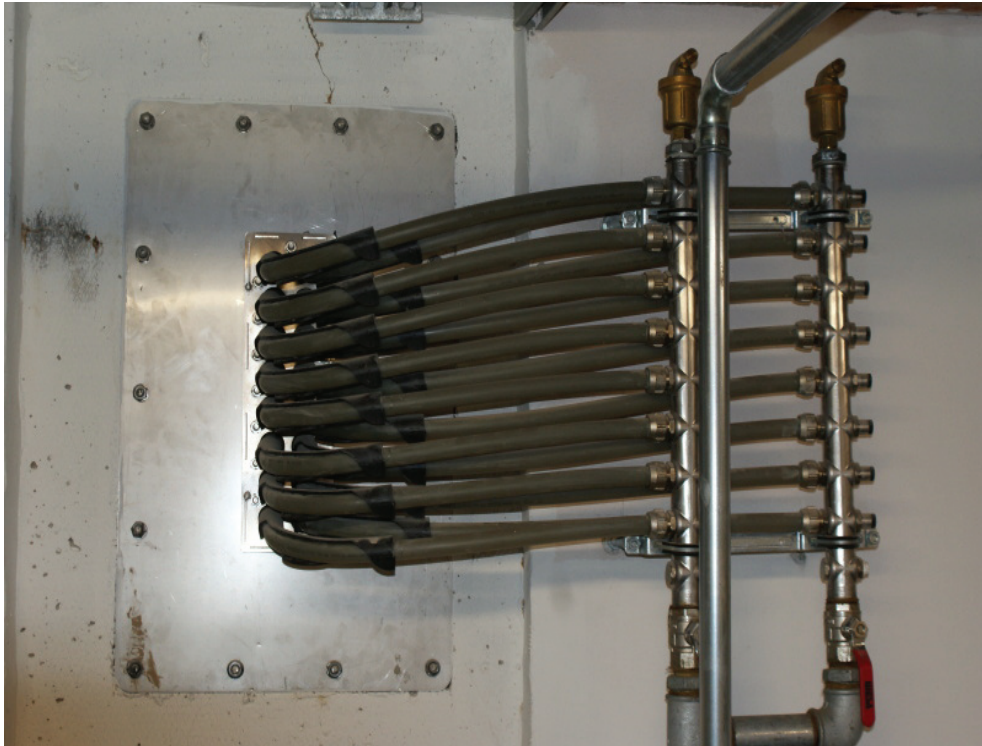
Jedná se o výměníky tepla, které jsou umístěny mimo fermentor. Substrát a horká voda jsou čerpány teplotonosnými zařízeními proti sobě a tím dochází k předání tepla. Tento princip protiproudu je z termodynamického hlediska velmi efektivní.

8.2 Podlahové vytápění

Vnitřní výhřevné plochy, tj. plochy instalované ve fermentoru nebo na něm, pracují na jiném principu, v tomto případě se přečerpává jen horká voda, nikoli však substrát.

8.3 Stěnové topení

Stěnové topení se u vertikálních fermentorů dnes většinou provádí v plastových trubkách. Používají se dvě varianty, první stejně jako u podlahového topení se u nádrží z vytlitého betonu do stěny zalijí trubky ze síťovaného polyetylenu o průměru 22 až 25 mm. V druhém případě se trubky nezabetonují do stěny fermentoru, ale upevní se v určité vzdálenosti na stěnu (obr. 30). Účelné je stočit trubky do spirály a nechat je odvodušňovat prouděním odspodu nahoru. V závislosti na průměru trubek a velikosti nádrže se trubky paralelně napojují ve dvou nebo více kruzích. Vzdálenost trubek od podlahy musí být minimálně 20 až 50 cm. Velmi důležité je, aby trubky byly stále omývány substrátem. Tím se zabrání tvorbě mrtvých zón, ve kterých nedochází k výměně tepla. Při použití u ocelových nádrží se plastové trubky ovinou vně okolo nádrže. V tomto případě je ovšem přenesený tepelný výkon na běžný metr topné trubky podstatně menší než v předešlém případě, kdy jsou trubky přímo v substrátu. Výhodou je ovšem levná montáž [4].



Obr. 30 Vstup a výstup topných trubek do fermentoru

8.4 Topení na hřídeli míchačky

Vytápění tohoto druhu se hodí pro horizontální fermentor s lopatkovým míchadlem. V místě, kde do nádrže vtéká sustrát, je v určité části namísto lopatek osazena několika-dílná smyčka z ocelové trubky, kterou proudí horká voda. Při otáčení míchadla dochází k dobrému předání tepla, takže postačují i relativně malé plochy výměníku. Pokud míchadlo není v provozu nepřetržitě, ale je zapínáno jen krátkodobě, pak je třeba počítat s tím, že v klidu bude přestup tepla podstatně horší.

8.5 Příprava vytápěcího tepla

Dostatek tepla pro bioplynový proces se dá zajistit několika způsoby. V dnešní době je takřka každá bioplynová stanice osazena kogenerační jednotkou (obr. 31). Bioplyn se používá jako palivo motoru. Kogenerační jednotka slouží přednostně pro výrobu elektrické energie a odpadní teplo motoru, které se vyprodukuje, se používá na vytápění. Na 1 m³ bioplynu dodává kogenerační jednotka až 4 kWh tepelné energie [4].



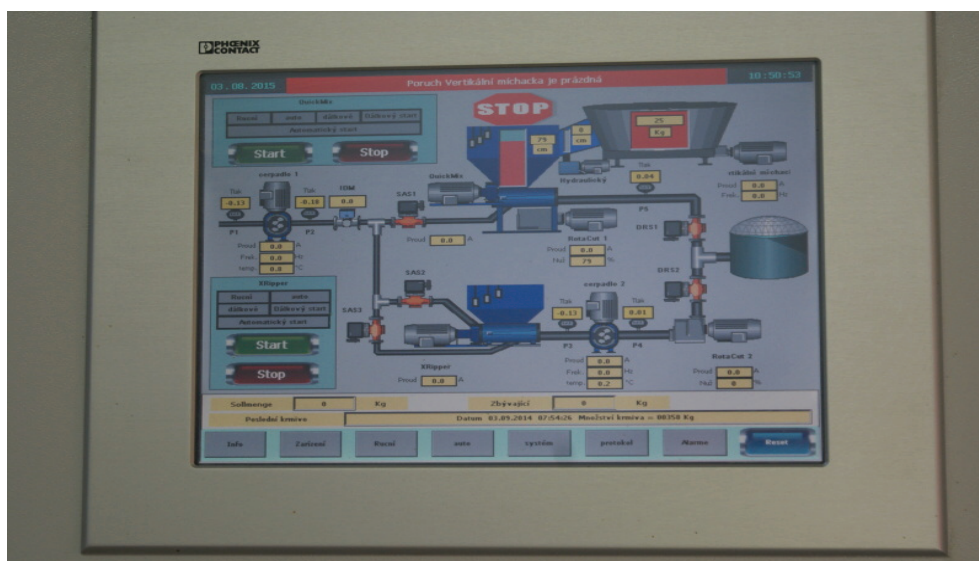
Obr. 31 Kogenerační jednotka

9 ŘÍDÍCÍ A KONTROLNÍ SYSTÉMY BIOPLYNOVÉ STANICE

Veškeré procesy probíhající v bioplynových stanicích jsou řízeny a hlídány elektronickými systémy, které jsou pod kontrolou odborně vyškolených zaměstnanců bioplynové stanice. Ti drží pohotovostní služby a v případě jakékoli události musí být schopni zasáhnout a odstranit mimořádnou situaci. Na obr. 32 je ovládací panel dávkování substrátu do fermentoru v bioplynové stanici Úpice. Na obr. 33 je řídicí panel kogenerační jednotky firmy Schnell, který se nachází v předsíní kontejnerové buňky, kde je posazena kogenerační jednotka.

Faktory, které se sledují v bioplynové stanici:

- kontrolní, měřicí a ovládací zařízení,
- množství substrátu,
- obsah sušiny,
- měření teploty ve fermentoru a v topném okruhu,
- stanovení hodnoty pH čerstvé a vyhnílé kejdy,
- měření množství plynu,
- měření složení bioplynu,
- spotřeba proudu a výroba proudu,
- spotřeba topného oleje vznětovými motory se vstřikováním zapalovacího oleje [4].



Obr. 32 Ovládací panel dávkování substrátu do fermentoru



Obr. 33 Řídící panel kogenerační jednotky firmy Schnell

10 SKLADOVÁNÍ, ZPRACOVÁNÍ A ZUŽITKOVÁNÍ PLYNU

10.1 Skladování plynu

V porovnání se sluneční energií a energií větru má bioplyn to pozitivum, že je to forma energie, která proudí relativně rovnoměrně a navíc jí lze dobře skladovat. Teplo a elektrická energie se v dnešní době dá skladovat jen s velkými ztrátami, z důvodu tepelných ztrát zásobníků na teplou vodu a samovybíjení akumulátorů. U bioplynu je tomu jinak, ten se jímá do nepropustné nádrže, lze v něm tedy obsaženou chemicky vázanou energii skladovat dlouhou dobu a poté využít ke spálení beze ztrát. Další výhodou proti pevným a kapalným palivům je v tom, že má vysoký obsah vodíku v metanu (CH_4), jeho čtyři atomy se s kyslíkem ze vzduchu spalují na čtyři molekuly vody (H_2O), což je velmi příznivé pro životní prostředí, zatímco jeden atom uhlíku se spaluje na jednu molekulu oxidu uhličitého (CO_2). Ten je však spolu s oxidem uhličitým přítomným v bioplynu přijímán a vázán rostlinami hnojenými čerstvou kejdou. Proto je bilance CO_2 při spalování bioplynu na rozdíl od fosilního zemního a kapalného plynu neutrální. Hlavní nevýhodou bioplynu je relativně malá hustota energie v poměru k objemu. 1 m^3 bioplynu obsahuje stejné množství energie jako 0,6 až 0,7 l topného oleje. Pro beztlakové skladování je tudíž nutný větší objem zásobníku. Velikost plynojemu bioplynové stanice je dána objemem vyrobeného plynu a průběhem spotřeby. Je proto nutné tuto velikost pro každé zařízení stanovit zvlášť. Je-li bioplyn využíván pro výrobu tepla, je zásobník dimenzován na skladování plynu vyrobeného za jeden den. Při využití pro výrobu elektrické energie postačuje podstatně menší zásobník, který pojme 20 až 50 % denní produkce plynu, pokud agregát běží po celý den při plném zatížení. Kolísání spotřeby pro vytápění fermentoru a pro sušení se vyrovná tak, že odpadní teplo z motorů je zachycováno v zásobníku teplé vody. Provoz bez plynojemu je nemožný, neboť v průběhu dne dochází k výkyvům výroby bioplynu v závislosti na míchání a přísunu substrátu. Zásobníky na bioplyn se dělí podle typu konstrukce a velikosti a dále podle provozního tlaku, při kterém pracují [4].

10.1.1 Nízkotlaké zásobníky

Nízkotlaké zásobníky jsou rozšířeny nejvíce. Mají formu plynojemů s vodním uzávěrem. Plynojem s vodním uzávěrem (mokrá zásobník) tvoří ocelový zvon ponořený do nádrže s kapalinou. Kapalinou může být samotný substrát, jestliže plynový zvon plave na fermentoru nebo skladovací nádrži. U externích plynojemů je užito vody nebo směsi vody a mrazuvzdorných prostředků. Hloubka ponoření zvonu do kapaliny závisí na naplnění plynojemu. U velkých plynojemů tohoto typu je zvon veden kladkami uchycenými na vnějším plášti. Hlavní výhodou tohoto typu plynojemu je to, že plyn je skladován pod relativně stálým tlakem.

Zvony plovoucí v substrátu se dobře osvědčily na malých bioplynových stanicích v teplých zeměpisných pásmech. V našich zeměpisných podmínkách přinášejí velké tepelné a plynové ztráty a zároveň je zde nebezpečí zamrznutí v období zimy. Plynojemy s vodním uzávěrem vyžadují velké pořizovací náklady, neboť musí být stavebně upraveny na 2,2 násobek vlastního objemu zásobníku.

V poslední době se kvůli výše uvedeným nevýhodám vyrábějí výhradně fóliové plynojemy, a to buď ve formě fóliových poklopů fermentorů, tak jak to mají BPS Olešnice i Úpice, nebo odděleně jako externí nádrže. Výhodou je, že tento typ plynojemu lze vy-

robit v dílně nebo přímo na místě svařením pásů fólií libovolného tvaru a je to levné. Tyto zásobníky mají objem do 1 000 m³, ve zvláštních případech i do 2 000 m³. Vnitřní prostor plynojemu je díky flexibilitě materiálu využitelný téměř na 100 %. Nevznikají žádné problémy s korozí a utěsnění proti úniku metanu je dostatečné.

10.1.2 Středotlaké zásobníky

Středotlaké zásobníky vyrobené z oceli fungují s provozním tlakem 5 až 20 barů. Používají se v případech, kdy montáž nízkotlakého zásobníku není možná z prostorových důvodů. V oblasti středního tlaku se bioplyn při stlačení chová téměř jako ideální plyn, to znamená, že množství obsažené v nádrži stoupá úměrně tlaku. Při stlačení na 10 barů je možné skladovat množství desetkrát větší než za normálního tlaku. Stlačení v této tlakové oblasti lze provádět jednostupňovým kompresorem. Pro odběr plynu je nutné instalovat regulátor tlaku [4].

10.1.3 Vysokotlaké zásobníky

Vysokotlaké stlačení bioplynu, tj. na více než 200 barů a skladování v ocelových lahvích, bylo v minulosti zkoušeno, ovšem kvůli vysokým nákladům se neprosadilo. Technickým problémem není stlačit bioplyn vícestupňovým kompresorem na 200 až 300 barů. Teoreticky je k tomu potřeba asi 5 % energetického obsahu bioplynu. V praxi to ale znamená, že pro pohon kompresoru je nutno použít asi 20 % bioplynu, který má být stlačen, protože při mechanickém pohonu a výrobě proudu dochází ke značným ztrátám v důsledku nízké účinnosti. V této tlakové oblasti se bioplyn už nechová jako ideální plyn, ale podstatně lépe. To znamená, že v jedné objemové jednotce lze skladovat až o 40 až 50 % více bioplynu než ideálního plynu. Stlačeným bioplynem je možno pohánět motory aut a traktorů. Využití bioplynu jako pohonné hmoty se začíná čím dál více prosazovat. Před vysotlakým stlačením je nutné bioplyn odsířit a odvodnit, aby bylo zabráněno korozi lahví a zamrznutí redukčních ventilů při odběru. Zkapalnění bioplynu není za normálních teplot možné. K tomu je zapotřebí za normálního tlaku ochlazení na zhruba -160 °C. Tento postup je ještě nákladnější než vysokotlaké stlačení.

10.2 Příprava a zpracování plynu

Bioplyn, který odchází z fermentoru je zhruba ze 100 % nasycen vodní párou a zároveň ve většině případů obsahuje takové množství sirovodíku, že na potrubích, armaturách a plynoměrech dochází ke korozi. Při intenzivním míchání může také docházet k vytváření aerosolu, jedná se o velmi jemně rozptýlené kapky ze substrátu, které jsou potom přítomny v odčerpávaném plynu, usazují se a způsobují zarůstání trubek a jiných vnitřních prostor. K prvnímu velkému odvodnění bioplynu dochází při ochlazení na teplotu okolí v zásobníku a potrubí. Trubky proto musí být uloženy v nezamrzném prostoru nebo být dobře izolovány. Kromě toho nesmějí vytvářet sifony (snížená místa). Naopak musí být uloženy se spádem tak, aby kondenzovaná voda mohla odtékat zpět do fermentoru, skladovací nádrže nebo do zásobníku, respektive do odlučovače kondenzátu. Pro plynové potrubí vedené ve venkovním prostoru lze použít plastových trubek, pro vedení v budovách jsou nutné kovové trubky [4].

10.2.1 Odlučovač kondenzátu a přetlaková pojistka

Odlučovač kondenzátu je na začátku plynového potrubí v nezámrzném prostoru. Tvoří ho nádoba, do níž proudí odlučující se kondenzát z plynového potrubí, které má sklon 1 až 2 % do nádoby. Z nádoby odtéká kondenzát přes sifon, aniž by docházelo k úniku bioplynu.

Přetlakový ventil mezi plynojemem a odběrným místem je nutný. Jako přetlaková pojistka může sloužit zabudovaný mechanický ventil, ale je třeba jeho pravidelná kontrola, jestli těsní, lehce se otevírá a nekoroduje [4].

10.2.2 Čidlo podtlaku

Čidlo podtlaku zamezuje, aby při odběru velkého množství plynu nebo při vyprázdnění zásobníku došlo v plynovém systému k podtlaku a ke vstupu vzduchu z okolí, například přes sifonovou hadici odlučovače kondenzátu nebo přes ponornou nádobu na ponorném motorovém míchadle. Čidlo podtlaku vypne plynové zařízení magnetickým ventilem na tak dlouho, dokud se přívod plynu z fermentoru znovu nedostane na potřebnou výši.

10.2.3 Jištění proti zpětnému výšlehu plamene

Jištění v podobě plamenového filtru musí u každého plynového zařízení zajistit, aby i při vytvoření zápalné směsi plynu a vzduchu v plynovém potrubí nedošlo k jejímu zapálení plamenem zařízení. K tomuto účelu se ve většině případů používá takzvaná šterková ucpávka. Je to nádrž odolná proti korozi naplněná jemným šterkem, na němž se zpětně vyšlehnutý plamen ochladí tak silně, že následně zhasne. Tyto filtry plamene se dodávají jako vestavné prvky pro různé průtoky plynu.

10.2.4 Odsíření

Odsíření bioplynu (kap. 2.3.6) je po vysušení nejpodstatnějším opatřením proti korozi. U dříve postavených bioplynových stanic bylo odsíření řešeno chemicky za použití hydroxidu železa. Hydroxid železa byl stlačený do pelet a byly jím plněny válcové nádoby, přes které proudil bioplyn. Přitom se tvořil siřník železitý. Tato látka se dala několikrát regenerovat nafoukáním vzduchu. Zároveň se při tom odlučuje elementární síra. Z důvodu problémů s likvidací pelet plných síry, vysokým nákladům a složité údržbě se tato metoda dnes už nevyužívá. Dnes se používá biotechnické odsíření cílným nafoukáním venkovního vzduchu do plynojemu fermentoru. Působením siřných bakterií dochází za přívodu vzduchu k přeměně sirovodíku na elementární síru, tedy i na kyselinu sírovou a vodu. Při tomto procesu se síra usazuje jako nažloutlá vrstva na substrátu a při hnojení vyhnílym substrátem slouží jako výživa rostlin.

Vzduch je nafoukáván malým kompresorem, například membránovým pístovým čerpadlem (obr. 34). Pokud u velkých stanic jedno čerpadlo nestačí, paralelně se zapojí dvě nebo více čerpadel. Při správném dávkování vzduchu je dosaženo odsíření až 95 %. Dávky nafoukáváného vzduchu jsou tak malé, že nevzniká zápalná nebo výbušná směs, ani když přechodně dojde k velkému poklesu produkce bioplynu. Uvedená metoda funguje správně za následujících předpokladů: bakterie nepracují v bioplynu samy od sebe,

potřebují usazovací plochy, které jsou vlhké a zajišťují přísun živin ze substrátu. Nafoukané množství vzduchu by mělo činit 3 až 5 % přítomného množství bioplynu. Nepřesnost dávky vzduchu zhoršuje požadovaný efekt. Tato metoda je závislá na teplotě. Při nižších teplotách jsou nutné velké usazovací plochy, takové jaké poskytují zásobníková bioplynová zařízení. Při teplotách vyšších než 30 °C postačují menší plochy, jaké má například plynojem zcela zaplněného fermentoru. Odsiřovací proces reaguje velmi rychle na změny koncentrace kyslíku. Zapnutí nebo vypnutí vzduchového čerpadla se už za půl dne projeví na obsahu H₂S v bioplynu. Čerpadlo by proto mělo pracovat plynule, ne přerušovaně. Nafoukaný vzduch se v prostoru plynojemu šíří rovnoměrně. Nafoukávací otvor tedy nemusí být daleko od ústí potrubí pro odběr plynu. Sliz vytvořený ze síry, bakterií, vody a stop kejdy lze lehce umýt, jestliže se neusadí přímo na substrátu, ale v plynojemu nebo trubkách. Odsiřovací metoda je tak jednoduchá, levná a efektivní, že její objevení významně přispělo k rozvoji bioplynové techniky [4].



Obr. 34 Membránové čerpadlo

10.2.5 Čištění bioplynu

Keramická molekulární síta dávají možnost vyrábět z bioplynu čistý metan, a to od-filtrováním oxidu uhličitého, vodní páry a sirovodíku. Síta se od usazených látek čistí profouknutím. Tato metoda je důležitá proto, že v palivových člancích jde z čistého me-tanu vyrábět elektrický proud. Ochlazením bioplynu pomocí chladícího agregátu lze z bioplynu odebrat vodu a škodlivé plyny. Tento postup se používá stále častěji, a to z důvodu ochrany bioplynových motorů před předčasným opotřebením. V praxi stále docházelo k tomu, že motory už po několika týdnech provozu přestávaly fungovat kvůli poškození kluzných ložisek, klikového hřídele, ojnice a čepu pístu. Tyto součástky jsou vyrobeny z barevných kovů a jsou napadány látkami, které jsou v bioplynu vyskytují ve stopovém množství. Hlavním viníkem je amoniak. Když je bioplyn v ocelovém vý-

měníku tepla ochlazen na cca 0 až 5 °C, kondenzuje největší část vodní páry. Když má plyn teplotu okolo 35° C a 100 % obsahu vlhkosti, tak se odlučuje přibližně 35 g vody na 1 m³ bioplynu. Spolu s vodou se odlučují také ve vodě rozpustné stopové plyny jako čpavek, sirovodík a aerosoly. Praxe ukázala, že při použití této metody se počet škod na plynových motorech výrazně snížil. Tato metoda zpracování plynu sama nestačí snížit v dostatečné míře obsah sirovodíku, ale ve spojení s metodou odšíření nafoukáním vzduchu do fermentoru, eventuálně do plynojemu je to nejlepší metoda čištění plynu. Všechny ostatní dosud zkoušené metody úpravy bioplynu dokládají horší výsledky [4].

10.3 Zužitkování bioplynu

Vlastnosti bioplynu

Bioplyn je vysoce hodnotný nositel energie, proto může mít mnohostranné a velice účinné využití, přednostně pro výrobu proudu, vytápění a přípravu teplé vody k sušení, chlazení. Výhřevnost se pohybuje v závislosti na obsahu metanu mezi 5,5 až 7,0 kWh/m³, v průměru okolo 6,0 kWh/m³. Tabulka 5 ukazuje porovnání nejdůležitějších spalovacích parametrů bioplynu a jiných energetických plynů. Na těchto hodnotách vidíme, že bioplyn má v poměru k objemu podstatně menší výhřevnost než zemní plyn, propan a metan, ale dvojnásobně větší než vodík. S hustotou 1,2 kg/m³ je bioplyn lehčí než vzduch. Tento fakt je velmi důležitý, neboť znamená, že proudící bioplyn se nemůže hromadit u podlahy nebo v prohlubních jako těžký propan. Při stoupaní se velice rychle mísí se vzduchem, čímž se zmenšuje nebezpečí hoření nebo výbuchu. Tyto poznatky ale neznamenají, že obezřetnost se zacházením s bioplynem není na místě. Zapalovací teplota je celkem vysoká, pohybuje se okolo 700 °C, což je z bezpečnostního hlediska příznivý ukazatel. S maximální rychlostí postupu plamene ve vzduchu 0,25 m/s vykazuje bioplyn velmi pomalé šíření hoření, což je závislé na příměsi CO₂. Bioplyn má velmi úzké meze zápalnosti, to znamená, že hoří pouze pokud podíl plynu ve směsi se vzduchem činí 6 až 12 %. V porovnání má propan a zejména vodík podstatně širší hranice zápalnosti, z čehož vyplývají větší bezpečnostní rizika. Potřeba vzduchu k dokonalému hoření teoreticky činí 5,7 m³ vzduchu na 1 m³ bioplynu. V praxi je ale potřeba nadbytku vzduchu ve výši 20 až 30 %, neboť docílení ideální směsi plynu a vzduchu v hořáku nebo v motoru je skoro nemožné [4].

Tab. 6 Spalovací parametry bioplynu

Plyn		Bioplyn	Zemní plyn	Propan	Metan	Vodík
výhřevnost	kWh/m ³	6	10	26	10	3
hustota	kg/m ³	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
hustota v poměru k hustotě vzduchu		0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
zapalovací teplota	°C	700	650	470	650	585
max. rychlost postupu plamene ve vzduchu	m/s	0,25	0,39	0,42	0,47	0,43
rozsah zápalné koncentrace plynu ve vzduchu	%	6 až 12	5 až 15	2 až 10	5 až 15	4 až 80
teoretická potřeba vzduchu	m ³ /m ³	5,7	9,5	23,9	9,5	2,4

Složení bioplynu: 60 % metan, 38 % oxid uhlíčitý, 2 % stopové plyny ve srovnání s jinými hořlavými plyny podle [4]

Hořlavost a výbušnost

Bioplyn nehoří sám o od sebe, ale vždy jen se směsí se vzduchem v mezích zápalné koncentrace, to znamená v odpovídajícím poměru plynu a vzduchu. Kdybychom zkoušeli škrtnout zápalku uvnitř plynojemu, zápalka by se z důvodu nedostatku kyslíku vůbec nezapálila, tudíž oheň, ba dokonce výbuch, jsou zde vyloučeny. Velká obezřetnost je vyžadována při stavu, kdy bioplyn uniká neutěsněnými spárami, a tudíž může vznikat zápalná směs plynu a vzduchu. Toto nebezpečí hrozí jednak v uzavřených prostorách a jednak v bezprostředním okolí spár, pokud má plyn dost času smíchat se se vzduchem. Proto jde u bioplynu takzvanou spalovací zkoušku bezpečně provádět tak, že se bioplyn nechá proudit z kohoutku nebo hadice a hned na výstupu se zapálí. Jestliže plyn trvale přitéká, nehrozí, že by plamen mohl proniknout přes kohoutek nebo hadici zpět do plynojemu.

10.3.1 Využití bioplynu

Energie skrytá v bioplynu by měla být využita co nejvíce. Týká se to zejména schopnosti vyvíjet vysoké teplo a sílu. Pro přeměnu na nízkoteplotní teplo je energie bioplynu škoda, neboť toto teplo lze vyrobit i slunečními kolektory nebo získat z odpadního tepla motorů.

Vytápění bioplynem

Při vytápění bioplynem se používají kotle s atmosferickými hořáky pro malý výkon od 10 kW do 30 kW a kotle s dmýchadlovými hořáky pro větší výkon. Topné kotle (obr. 35) podstatně lépe pracují s vyrovnávacími zásobníky (akumulační nádrže), na které je napojeno vytápění, ohřev fermentoru, zásobování užitkovou vodou a podle možnosti i sušení obilí a jiných produktů [4].



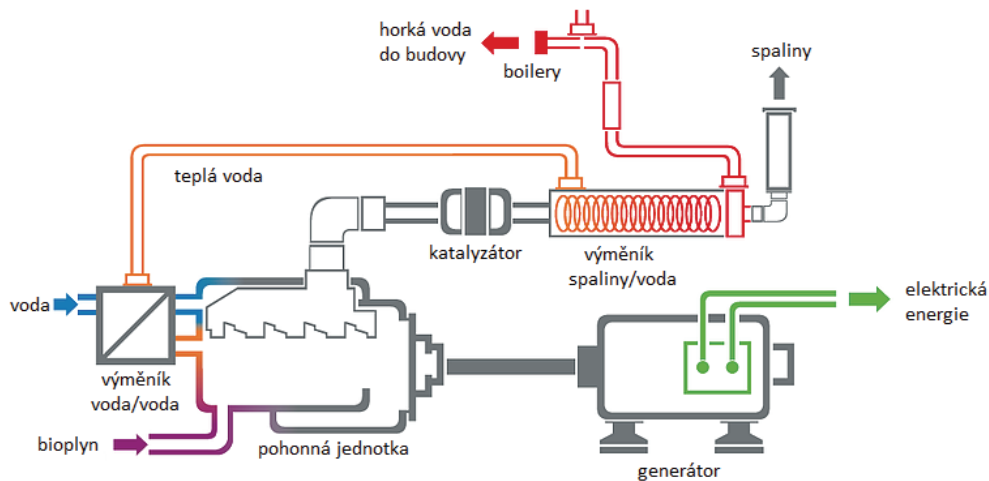
Obr. 35 Kotel na bioplyn

Kogenerace tepla a elektrické energie

Bioplyn je využíván jako pohonná hmota pro spalovací motor pohánějící generátor pro výrobu elektrické energie (střídavý třífázový proud). Odpadní teplo z chlazení motoru a výfukové plyny lze využít pro vytápění (obr. 36). Tato metoda využití dosáhla velkého významu, více v kapitole Trigenerace.

Zásobování plynovodní sítě

Do budoucna může získat na významu přímé zásobování plynovodní sítě bioplymem. Plyn se musí před dodáním do plynovodní sítě odvodnit a odsířit a musí být odloučen CO_2 . Další možností jsou rozvody bioplynu, který by byl upraven pro spalování v mikrokogenerační jednotce. Mikrokogenerační jednotka by byla umístěna např. u rodinného domu, kde by vyráběla elektrickou energii a teplo.



Obr. 36 Princip kogenerace [14]

10.3.2 Výroba proudu z bioplynu

Motory pro bioplynový proces

Největším problémem při výrobě proudu z bioplynu bylo nalézt spalovací motor, který splňoval následující podmínky: nízká cena umožněná sériovou výrobou, dlouhá životnost při plné zátěži a stálém provozu, počet otáček maximálně 1 500 ot/min, dobrá mechanická účinnost i při částečné provozní zátěži, jednoduchá údržba a dobrá přístupnost k součástem vyžadujícím údržbu, rychlá dostupnost náhradních dílů, velká zásoba mazacího oleje a dlouhé intervaly pro jeho výměnu, kapalinové chlazení pro využití odpadního tepla, odolnost vůči vlhkosti a stopovým látkám v bioplynu. Tento problém byl řešen přestavbou benzínových a dieselových motorů. Dnes se již tyto přestavby neprovádějí. Přešlo se na výrobu motorů, které jsou konstruovány výhradně pro spalování bioplynu [4].

Úpravy benzínových motorů

Agregát Fiat-Totem, u kterého byl použit motor z osobního automobilu Fiat 127 měl potíže kvůli vysokým otáčkám 3 000 ot/min. Tím byly způsobeny problémy s životností motoru, takže tyto motory se dnes v bioplynových stanicích už nepoužívají.

Při přestavbě benzínového motoru na bioplyn se musí počítat se ztrátou výkonu ve výši 10 až 15 % při stejných otáčkách, což je dáno příměsí CO_2 . Bioplyn má vyšší odolnost proti samozápalům, ztráta výkonu by mohla být kompenzována zvýšením komprese. K tomuto účelu by spalovací prostor musel být zmenšen odbroušením hlavy válců, což se dnes už neprovádí. Významným vybavením k úpravě benzínového motoru na bioplyn je montáž směšovače plynu v sací části, aby se plyn smísil se vzduchem co nejrovnoměrněji. Bioplyn, na rozdíl od olovnatého benzínu, nemá žádný chladicí a mazací účinek na sedla ventilů, měly by být použity motory s opancéřovanými sedly ventilů, jak je v dnešní době standardní pro bezolovnatý benzín [4].

Úprava diesellových motorů na plynový zážehový provoz

Tento způsob úpravy se provádí a je osvědčený už několik desítek let. Využívá se mohutné konstrukce stacionárních dieselmotorů s jejich kompresí a na místo vstřikovacího zařízení se zabuduje mechanismus pro zážeh z externího zdroje a směšovač plynů.

Diesellové motory se zapalovacím vstřikem

Sériový dieselmotor se samozápalem způsobeným vstřikem zapalovacího oleje se nechá běžet stejně rychle jako na naftu. Motor funguje na bioplyn a požadovaného výkonu a otáček se dosáhne přimísením dalšího paliva bioplynu do nasávaného vzduchu. Kvůli dlouhé životnosti se užívají stabilní, průmyslové automobilové a traktorové motory, které díky vysoké kompresi mají dobrou účinnost. Kromě instalace přídatného směšovače plynu nejsou potřebné další úpravy.

Generátory pro kogeneraci tepla a elektřiny

K výrobě elektrického proudu se používají asynchronní a synchronní generátory.

Asynchronní generátor je trojfázový motor s kotvou nakrátko, který je připojen na veřejnou síť. Je-li poháněn otáčkami, které jsou vyšší než otáčky dosahované v motorovém režimu, vyrábí elektrický proud, který je dodáván do sítě. Současně ze sítě odebírá malé množství proudu (jalový proud) pro své magnetické buzení. Buzením ze sítě je zároveň počet otáček stabilizován v určitých mezích, závislých na výkonu generátoru. Hlavní nevýhodou asynchronních generátorů je, že v případě výpadku proudu ze sítě nemohou vyrábět proud.

Synchronní generátory jsou samobudící, tedy konstruované tak, že mohou vyrábět elektrický proud i bez připojení k síti. Proud nutný k vytvoření magnetického pole je vyráběn malým pomocným generátorem osazeným na hřídeli generátoru a přiváděn do vinutí kotvy. U synchronních generátorů musejí být otáčky synchronizovány se sítovou frekvencí, proto musí být osazen bioplynový motor regulátorem otáček a regulátorem množství plynu [4].

Využití odpadního tepla

Hlavním záměrem kogenerace tepla a proudu z bioplynu je plně využít proud, ale také zároveň i odpadní teplo z motorů. Kogenerační jednotky přemění zhruba 30 % energie v elektřinu, 60 % energie je přeměněno na teplo a zbytek jsou tepelné ztráty. Na výrobu 1 kWh elektrické energie je potřeba 0,6 až 0,7 m³ bioplynu s průměrným obsahem metanu (CH₄) 60 %. Hrubým odhadem je na výrobu 1 kWh elektrické energie a 1,27 kWh tepla potřeba 5 až 7 kg odpadní biomasy odpadní biomasy, 5 až 15 kg komunálního odpadu, 8 až 12 kg chlévské mrvy nebo 4 až 7 m³ tekutých komunálních odpadů [15]. V naší zemi vyrábí kogenerační jednotky například firma TEDOM nebo MOTORGAS. U větších bioplynových stanic mohou být postaveny sušičky obilí nebo dřeva [3]. Dalšími mezinárodními výrobci kogeneračních jednotek jsou např. firmy SCHNELL a Jenbacher. Obě firmy se zabývají výrobou spalovacích motorů na bioplyn, čímž odpadá starost s přestavbou diesellových nebo benzínových motorů, které se dříve ve velké míře uplatňovaly.

V létě často vzniká přebytek tepla. Proto ke každému bioplynovému motoru náleží tzv. nouzový chladič, aby bylo možno odpadní teplo vyfoukat do venkovního ovzduší (obr. 37).



Obr. 37 Chlazení kogenerační jednotky

Stirlingovy motory

Stirlingův motor se dá použít pro spalování bioplynu. Motor tvoří dvě komory, horká a studená, které jsou tvořené pracovním prostorem válců. Pracovní látka se během práce motoru nevyměňuje, ale přemísťuje z jednoho válce do druhého. Stirlingovy motory mají účinnost až 33 % a výkon 8-25 kW [1].

Bioplynová stanice Olešnice má tři kogenerační jednotky značky Schnell. Každá o elektrickém výkonu 250 kW. Jedna je vždy mimo provoz a funguje jako záložní. Kogenerační jednotky jsou uloženy v samostatných kontejnerech (obr. 38).

Bioplynová stanice Úpice má jednu kogerační jednotku značky Tedom (obr. 39), která je umístěna v hlavní budově bioplynové stanice, v případě její poruchy je v budově umístěn záložní kotel na spalování bioplynu.

Obě bioplynové stanice jsou připojeny na vysoké napětí, do kterého dodávají elektrickou energii, která je transformována v transformačních stanicích, Trafostanice jsou v obou případech osazeny dvěma transformátory. Teplo, které vyrobí používají pouze k vytápění provozních budov v sousedství bioplynových stanic. Ostatní teplo vypouští do ovzduší.



Obr. 38 Kogenerační jednotky značky Schnell



Obr. 39 Kogenerační jednotka TEDOM Cento T150

Trigenerace

V některých objektech a výrobních zařízeních je potřeba chlazení. Běžná chladicí zařízení mají kompresor poháněný elektromotorem (princip domácí chladničky). Existuje však i chladicí zařízení poháněné teplem, které pracuje na principu absorpčního chlazení. Při výrobě elektřiny v kogenerační jednotce je k dispozici dostatek tepla, pro které

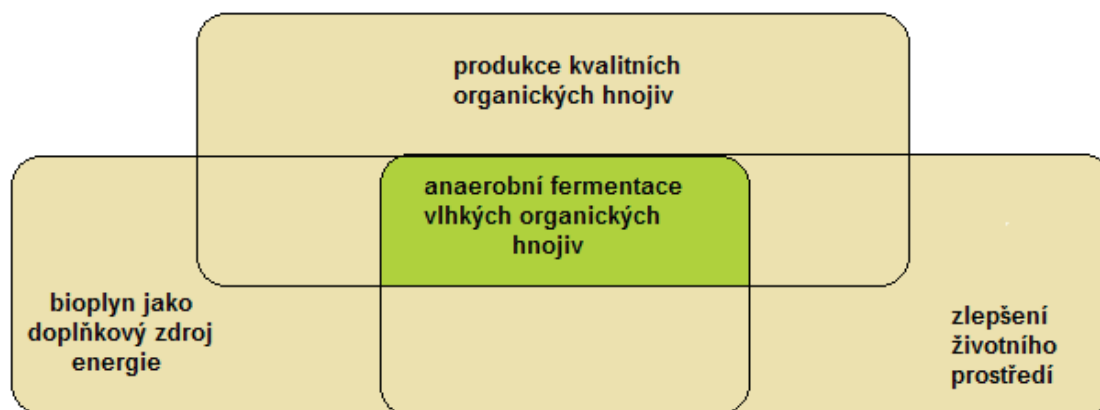
není v létě často využití, naproti tomu v létě bývá větší potřeba chlazení. Trigenerace využívá právě teplo z výroby elektřiny pro výrobu chladu, popřípadě i pro vytápění [1].

Přímá výroba elektrického proudu z bioplynu v palivových článkách

Palivové články jsou elektrochemické soustavy. Chemickou energii z oxidačního procesu napřímo přeměňují na elektrickou energii. Jejich funkční princip se podobá principu galvanických baterií, ovšem s tím rozdílem, že energie není uložena v elektrodách, ale je ukládána v externí nádrži. Technologie palivových článků byla objevena už před více než 100 lety a již několik let se intenzivně vyvíjí k praktickému použití. První oblasti jejího využití jsou kogenerační systémy pro výrobu elektrické a tepelné energie a dále pak zdroje proudu pro elektrická vozidla. Ve srovnání s elektrickými vozidly na bateriový pohon dosahují vozidla poháněná palivovými články hustotu výkonu a dojezd srovnatelný s vozidly se spalovacími motory. Bioplyn se dá použít pro energetické využití v palivových článkách, ovšem pouze ve vyčištěné formě [4].

11 EKOLOGICKÉ PŘÍNOSY VYUŽITÍ BIOPLYNU

Výroba a účelné využití vysoce hodnotné energie není jediným cílem bioplynové stanice. Stále významější roli hrají příznivé dopady na kvalitu kejdy a na životní prostředí (obr. 40).



Obr. 40 Význam anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů [16]

Zmenšení intenzity zápachu kejdy

Možností jak snížit zápach z kejdy je pro zemědělce někdy rozhodující důvod pro výstavbu bioplynové stanice. Zápach je způsobován převážně biochemickými procesy při rozkladu prchavých, nepříjemně zapáchajících organických mastných kyselin. Intenzita zápachu se měří olfaktometrem.

Snížení leptavého účinku kejdy

Snížení leptavého účinku kejdy a zlepšení snášenlivosti rostlinami má několik důvodů. V některých případech je to rozklad neprchavých a leptavě působících organických kyselin, projevující se vzestupem hodnoty pH. Kromě toho se rozkládají mazlavé a vláknité látky, které u surové kejdy brání stékání z rostlin. Rozkladem sušiny se kejda také ředí a následně je méně schopná vytvářet na povrchu rostlin krustu. Je třeba mít na mysli, že se leptavý účinek zmenší, ale zcela nezmizí, tudíž i bioplynová kejda může rostliny při předávkování poleptat.

Zlepšení tekutosti kejdy

Zlepšení tekutosti kejdy a homogenity kejdy je velmi pozitivní účinek. Přičinuje se o to rozklad sušiny a mazlavých vláknitých látek. Stejného účinku rozkladu těchto látek by bylo možno dosáhnout zředěním surové kejdy vodou 1:1, což je ale z důvodu vysoké spotřeby vody neekonomické. Bioplynová kejda se lépe míchá, čerpá a rovnoměrněji rozváží. Kromě toho kejda, díky podstatnému snížení viskozity, proniká do země rychleji a hlouběji, důsledkem je snížení zápachu.

Zabránění ztrátám na živinách

Fermentační proces, který probíhá bez kyslíku zabraňuje ztrátám na živinách. Oproti otevřenému skladování kejdy a hnoje (ztráty dusíku 20 až 40 %) nedochází ke ztrátám rostlinných živin odpařováním nebo vyplavováním dešťovou vodou jako při skladování a kompostování hnoje. Bioplynová kejda má většinou vyšší obsah amonia než nezpracovaná kejda. Tím je nebezpečí ztrát dusíku vzhledem k odloučení čpavku do bioplynu při

vyvážení větší. Proto by bioplynová kejda měla být v každém případě rozvážena nízko nad zemí. Zlepšení tekutosti společně s vyšším podílem amonia vede ale také k rychlejšímu vsakování kejdy do země, přijímání živin rostlinami, a tím k vyšším výnosům. Organicky vázaný dusík je v bioplynové kejdě z většiny tvořen odumřelými metanovými bakteriemi a v půdě se pomalu mineralizuje. Obsah fosforu, draslíku a vápníku zůstává plně zachován. Stopový prvek síru spotřebovávají rostliny k tvorbě bílkovin. V minulosti byl spalován neodsířený bioplyn a síra ve formě oxidu siřičitého odcházela do vzduchu jako škodlivina. Dnešním způsobem odsířování (nafoukáním malého množství vzduchu) zůstává elementární síra v digestátu a poté se s ním vyváží na pole.

Snížení zatížení ovzduší metanem a čpavkem

Zatížení vzduchu metanem a čpavkem v důsledku uzavřené bioplynové technologie je důležitým opatřením na ochranu životního prostředí. Metan se na skleníkovém efektu podílí 20 %. Po CO₂ (50 %) je druhým nejvíce škodlivým skleníkovým plynem. Čpavek působí na rostliny leptavě, kromě toho je dešťovou vodou splachován do půdy, což negativně působí na lesní porosty a zeleň. Při otevřeném skladování hnoje a kejdy není možné ztratím metanu a čpavku zabránit.

Snížení vyplavování dusičnanů

Snížení vyplavování dusičnanů z půdy do spodní nebo povrchové vody je nepřímým důsledkem bioplynové techniky. Bioplynová kejda sama o sobě je stejně ohrožena vyplavováním jako surová kejda, jestliže se látky vyvázejí mimo vegetační dobu. Ale protože bioplynovou kejdu snášejí rostliny lépe, lze jí na rostlinné porosty použít jako rychle působící hnojivo na list, a to i za suchého, teplého počasí. Dusík je z větší části vstřebán rostlinami a jen malá část je splavena do země a následně do vody.

Snížení klíčivosti semen plevelů

Snížení klíčivosti semen plevelů závisí stejně jako hygienizace na úrovni teploty a délce doby kontaktu. V mezofilní teplotní oblasti byla snížena klíčivost semen s měkkými slupkami, ne však semen se slupkami tvrdými. V termofilní oblasti ztratila klíčivost všechna semena.

Rychlejší obnova pastvin

Pastviny ošetřované bioplynovou kejdou jsou dobře spásány dobyt看em, zatímco parcely ošetřené běžnou kejdou zůstávají netknuté. Rychlá obnova pastvin při hnojení bioplynovou kejdou se tedy potvrdila. Hnojení je třeba provádět s použitím vlečené hadice a je doporučováno po třech dnech zapravení sítovými branami.

Úspora poplatků za stočné

Mnoho zemědělců ušetří na poplatcích za stočné, neboť domovní odpady svádějí do bioplynové stanice. Vyskytují se i bioplynové stanice, které cíleně likvidují odpady z jímků a septiků. Obec Kněžice, která vlastní bioplynovou stanici, sváží odpadní vody od místních obyvatel a tudíž v obci nemuseli nákladně budovat kanalizaci a řešit její údržbu.

Hygienizace kejdy

Hygienizace kejdy v bioplynové stanici a kofermentace organických zbytkových látek získaly v poslední době natolik na významu, že o tom pojednávají následující kapitoly [4].

12 HYGIENIZAČNÍ ÚČINKY BIOPLYNOVÝCH STANIC

Výkaly zvířat představují možnost přenosu nemocí. Jako důležité opatření k přerušení přenosové cesty se požaduje aplikace kejdy respektující hlediska pěstování rostlin a ekologie a za určitých předpokladů se to týká manipulace s kejdou. Zároveň je třeba podotknout, že dosud neexistují informace o skutečném propuknutí nějaké nemoci po aplikaci kejdy a o následném rozšíření nákazy. Vědci sice pokládají kejdu za možného přenašeče chorob, avšak pravděpodobnost propuknutí nemoci pokládají za nepatrnou. Kejda obsahuje 10^{10} mikroorganismů na 1 ml, z nichž infekčních je minimum.

Nebezpečí šíření původců chorob vyplavováním do spodních vod je při správně prováděné vyvážce kejdy pokládáno za velmi malé a při mocnosti půdy 1,5 m dokonce za vyloučené. Pro člověka by přímé nebezpečí vzniklo především tehdy, kdyby se kejdou pohnojily plochy, kde se pěstuje ovoce a zelenina, a produkty by se v tu dobu konzumovaly.

Z vědeckého hlediska je substrát zpracováván v bioplynové stanici hodnocen jako hygienicky nezávadný, jestliže použitá technologie je schopná snížit počet určitých testovaných zárodků o 10^4 a koncentrace veškerých zárodků je menší než 10^2 jednotek tvořících kolonie na 1 g substrátu, neboť se má za to, že zárodky (bakterie, viry, paraziti) již nejsou schopny způsobovat choroby a přenášet nákazu.

Zákon požaduje při kofermentaci látky podléhající povinnosti hygienizace provedení důkazu bezinfekčnosti a fytohygienické nezávadnosti přímým testem procesu (redukce testovaných zárodků) a nepřímým testem procesu v zařízení (dodržení určité kombinace teploty a doby), jakož i kontrolu koncového produktu. Pro organické odpady z kuchyní, tukové odpady, tuk z lapačů tuku a flotační kaly je nezbytně nutná pasterizace (1 hodina při $70\text{ }^{\circ}\text{C}$), jestliže substrát má být použit jako hnojivo.

Hygienizační výkon bioplynového procesu

Faktor teploty

Jednobuněčné organismy reagují na zvyšování teploty naprosto jinak než vysoce vyvinuté organismy. Zatímco vysoce vyvinuté organismy svými složitými vyrovnávacími a přizpůsobovacími mechanismy mohou na teplotní změny reagovat částečně zcela specificky, mikroorganismy mají v tomto ohledu omezené možnosti. To se týká nejen jednotlivých mikroorganismů, ale celé populace. Čím vyšší je provozní teplota, tím vyšší je zničující účinek bioplynové stanice na mikroorganismy. Jestliže zařízení pracující na mezofilní teplotní úrovni dosahují snížení počtu zárodků od 10^1 až do 10^2 , poté u zařízení pracujících na termofilní teplotní úrovni je dosaženo již dostatečného hygienizačního účinku (snížení o 10^4).

Faktor času

Platí, že hygienizační účinek je tím silnější, čím déle musí organismus pobývat v nepříznivém prostředí. Střevní bakterie přežívají ve skladovací nádrži na kejdu často několik týdnů či dokonce měsíců. To platí i pro vajíčka parazitů. Všechny organismy ztrácejí v termofilních zařízeních životaschopnost rychleji než v mezofilních zařízeních. Při zpracování v termofilních zařízeních je zpravidla po dvou týdnech dosaženo dostatečné hygienizace. Pro některé látky je doba hygienizace přesně stanovena. Zákon požaduje, aby jídelní odpady byly před dodáním do fermentoru podrobeny hygienizací po dobu jedné hodiny při teplotě $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Faktor hodnoty pH

Substráty s neutrálním pH poskytují mikroorganismům lepší podmínky pro přežití než substráty kyselé nebo zásadité. V prvních týdnech skladování kejdy hodnota pH prudce klesá, což vede ke zničení mikroorganismů až z 90 %. Příčinou je toxický účinek organických kyselin. K tomuto okyselení dochází také během anaerobního kvašení. Následný vzestup hodnoty pH během fermentace vede stejně jako okyselení ke zvýšení likvidace bakterií. Tyto změny hodnoty pH se však v plně promíchávaných zařízeních tak výrazně neprojevují. Zde zůstává hodnota pH v neutrální nebo slabě alkalické oblasti.

Druh kejdy jako působící faktor

Délka přežívání mikroorganismů závisí na druhu kejdy. Salmonela přežívá nejdéle v hovězí kejdě. Prasečí kejda obsahuje ve srovnání s hovězí kejdou častěji původce infekce, což je podmíněno mimo jiné větší hustotou a větším podílem kupovaných krmiv, která původce infekce často obsahují.

Protektivní efekty působící jako faktor

Takzvané protektivní efekty (ochranné účinky) vedou k tomu, že mikroorganismy jsou schopny škodlivému vlivu po určitou dobu ještě poměrně dobře odolávat. Protektivní efekt je například nakupení nebo absorpce mikroorganismů na pevných složkách kejdy, takže likvidace nastává teprve po určité časové prodlevě. Tyto mechanismy nakonec při dostatečně dlouhé době kontaktu a vyšších teplotách selhávají.

Faktor obsahu čpavku

Jednoznačně existuje souvislost mezi koncentrací čpavku v kejdě a zneškodnění mikroorganismů. Čím vyšší obsah čpavku, tím lepší zneškodnění. Podíl čpavku ve zfermentované kejdě je vyšší než v surové kejdě, proto má anaerobní fermentace jednoznačně vliv na snížení množství mikroorganismů. [4]

Bioplynová stanice Úpice provádí hygienizaci vstupních surovin do bioplynové stanice pomocí dvou pasterizačních nádob (obr. 41). Nádoby jsou dvouplášťové z důvodu zahřívání surovin teplou vodou, která je ohřívána pomocí vyprodukovaného tepla kogenerační jednotky. Tím je docíleno energetické úspory.



Obr. 41 Pasterizační nádoba hygienizační linky BPS Úpice

13 KOFERMENTACE ORGANICKÝCH ODPADŮ

Termín kofermentace označuje fermentaci kejdy nebo tuhého hnoje spolu s organickými látkami, které nevznikají v živočišné výrobě. Jako kofermenty se mohou použít:

- zbytky z rostlinné výroby,
- odpady ze zpracování a výkrmu,
- rostliny pěstované pro fermentaci,
- odpady a zbytky potravinářského průmyslu (mlékarny, jatka, škrobárny, cukrovary, drožďárny, lisovny oleje, pivovary).

Kofermentací tj. zužitkováním organických zbytků v bioplynových stanicích, vzniká pozoruhodná kombinace odpadového a energetického hospodářství, protože se z odpadů získává elektrická energie a teplo. Stávající způsoby likvidace, potažmo zužitkování organických odpadů z výroby krmiv, potravin a získání základních surovin pro kosmetický průmysl dosáhly maxima. Skladování organických odpadů podléhá přísnému omezení. Odpady se mohou skládkovat jen tehdy, vykazují-li ztrátu na hmotnosti při spálení ve výši max. 3 %. To znamená, že obsahují méně než 3 % organických látek. V současné době máme k dispozici několik metod fermentace organických odpadů. Touto cestou se dá získávat energie, a tudíž má tato technologie oproti kompostování výhody. Aerobní a anaerobní technologie se technicky, ekonomicky a ekologicky ideálně doplňují. Bioplynové stanice vyhledávají možnosti odběru kašovitých až pevných odpadů z domácností, agrárních a potravinářských provozů, odpadů vznikajících v rámci péče o krajinu. Mnoho z těchto odpadů jako tuky, trávnicková seč, výpalky, ovocná dřevina, zmrzlina, marmelády a masné výrobky kvůli vysoké koncentraci živin a chybějící struktuře nejsou vhodné pro kompostování. Je jasné, že infekční nebo škodlivinami nadměrně zatížený materiál nesmí být používán. Odpady, které se složením pevných látek „nepodobají“ kejdě a kvůli obsahu nežádoucích a škodlivých látek i z hygienických důvodů musejí být ošetřeny, nutné je před fermentací speciálně upravit. Pokud má být vyhnitý substrát přímo použit jako hnojivo, je předúprava nezbytná. V praxi se oddělování nežádoucích látek provádí jen u biologických odpadů a balených produktů. Předúprava kalu se provádí za použití míchadla nebo ponorného řezacího čerpadla.

Kosubstráty se do fermentoru zpravidla dostávají smícháním s kejdou v přípravné nádrži. Současná technika dopravuje kosubstráty přímo do fermentoru. Jedná se hlavně o nekapalné látky jako siláž, zeleninové odpady, výtlačky a tuhý hnůj. Pro tento účel se používá dopravních šneků a výtlačných pístových agregátů. Tukové kaly a další kapalné látky jdou přímo dávkovat čerpadlem. Proud materiálu má do fermentoru vstupovat co nejbližše běžícímu míchadlu, aby bylo zaručeno celkové promíchání. Předně jde o obsah sušiny ve směsi. Při použití kejdy jako základního substrátu jsou odpady kofermentovány v takzvaném mokřém procesu, to znamená při obsahu sušiny menším než 12 %. Poměrně suché látky, například obsah sběrných nádob na biologický odpad, mají jako přísady omezenou možnost využití. Tento problém se dá řešit tím, že se po ukončení fermentace odloučí pevné a kapalné složky. Řídká složka se poté přidá zpět do čerstvého substrátu bohatého na sušinu. Tím je zvýšeno denní množství fermentovaného substrátu o podíl procesové vody. U současných bioplynových stanic je třeba mít na mysli z toho vyplývající zkrácení doby kontaktu, což ovšem může být vyrovnáno zvýšením teploty procesu. Dosažitelný výtěžek plynu při kofermentaci ovšem ovlivňuje nejen technika, ale mnohem více faktory prostředí, limitující podíl kofermentátů [4].

14 VYUŽITÍ FERMENTAČNÍHO ZBYTKU (DIGESTÁTU)

Digestát se aplikuje na zemědělské pozemky, přímá aplikace na zemědělskou půdu podléhá zákonu o hnojivech č. 156/1998 Sb., podle kterého musí být takovéto hnojivo registrováno. Dále pak je možná přímá aplikace podle vyhlášky 341/2008 „o bioodpadech“ mimo zemědělskou půdu. Digestát je možné použít k výrobě substrátu a kompostů [7].

Bioplynová stanice Úpice používá pevnou složku vytěženého substrátu na hnojení městské zeleně, skládá ho na skládce v areálu bioplynové stanice (obr. 42), odtud je odvážen technickými službami města ke zpracování. Kapalná část substrátu je odváděna do sousední čistírny odpadních vod, kde je likvidována.



Obr. 42 Skládka vytěženého substrátu BPS Úpice

Bioplynová stanice Olešnice skladuje vyhnílý substrát ve skladovací nádrži. Pevná složka je oddělována od kapalné pomocí zařízení na obr. 43. Pevnou složku používá ke hnojení polí a jako podestýlku pod dobytek. Kapalnou složku aplikuje na pole a louky jako hnojivo pomocí traktoru a tažené cisterny s hadicemi nízko nad zemí (obr. 44).



Obr. 43 Zařízení na oddělení pevné složky substrátu od kapalné



Obr. 44 Aplikované tekuté hnojivo na poli

15 PROBLEMATIKA ZÁPACHU BIOPLYNOVÝCH STANIC

Problematiká zápachu bioplynových může být způsobena špatně navrženou technologií jedná se tyto aspekty: špatný návrh receptury, nevhodně navržený systém míchání, špatně navržený systém odsávání přes biofiltry, neuzavřené příjmové jímky, kratší doba zdržení materiálů v procesu než je pro jejich správné odbourání nutné. Další možností zápachu je provozní nekázeň, která může panovat v bioplynových stanicích. Jedná se o příjem jiných než uvažovaných materiálů pro fermentaci, přetížení a vysoká dávka substrátu, únik tekutých materiálů při návozu, špatné spalování bioplynu nebo jeho únik do ovzduší, dále pak špatná manipulace se siláží, zbytky surovin v areálu, nevhodná aplikace digestátu, nedostatečná skladovací kapacita a nedostatečná plocha k aplikaci digestátu [7].

Bioplynová stanice Úpice používá k jímání pachů ze skladovací nádrže zařízení na bázi filtru z vlhčené dřevěné kůry (obr. 43 a obr. 44). Skladovací nádrž byla osazena tímto filtrem dodatečně po stížnostech obyvatel okolních domů.



Obr. 45 Filtr s vlhčenou dřevní kůrou

ZÁVĚR

Práce pojednává o zpracování biomasy pro energetické účely v bioplynových stanicích. Bioplynové stanice jsou nedílnou součástí výroby elektrické energie a tepla v systému zařízení na výrobu elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů.

Velkou výhodou je, že bioplynový proces působí pozitivně na životní prostředí. Díky tomu, že se hnůj a kejda mohou zpracovávat v bioplynových stanicích je zamezeno vypouštění emisí metanu z otevřených skládek hnoje a kejdy do ovzduší. Dále je to snížení pronikání oxidu uhličitého, který je vypouštěn do atmosféry. Na rozdíl od fosilních paliv, kde se jejich spalováním dostává jeho velké množství do ovzduší. V případě bioplynových stanic je oxid uhličitý zpět spotřebováván rostlinami a zůstává, tak součástí koloběhu uhlíku v přírodě.

Spalováním bioplynu pomocí kogeneračních jednotek vzniká při výrobě elektrické energie velké množství tepla, které se dá použít k vytápění a ohřevu teplé užitkové vody. Velký problém vidím v tom, že teplo není ve většině případů využíváno a je vypouštěno do vzduchu. Toto by se dle mého názoru mělo urychleně řešit, abychom do budoucna příliš neplýtvali vyrobenou energií, která není zužitkována, i když je to technologicky snadné. Problém s nevyužitím tepelné energie vznikl v důsledku dotační politiky na výkup elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Využití tepelné energie zde vůbec nebylo řešeno.

Dalším problémem, který vzniká s rozvojem bioplynových stanic je soustředění se na, co největší množství vyrobené tzv. „zelené“ elektřiny a to i v případě, že se úrodné zemědělské pozemky osévají kukuřicí i několikrát po sobě (kukuřice se používá jako palivo v bioplynových stanicích), místo toho, aby se zemědělská půda používala k produkci plodin, ze kterých se vyrábějí potraviny. Myslím že v bioplynových stanicích by se měly zpracovávat především biologicky rozložitelné odpady a zemědělské odpady, pro které byly bioplynové stanice přednostně vymyšleny a postaveny.

Přílohy diplomové práce obsahují fotografie pořízené v bioplynových stanicích Olešnice a Úpice. Předpokládá se, že jako obrazový materiál budou mít především ilustrační funkci k problematice obnovitelných zdrojů energie využívajících biomasu a bioodpady. Fotografie jsou řazeny podle technologického postupu v bioplynových stanicích. Problematika staveb a chodu bioplynových stanic představuje širokou mezioborovou kooperaci a tím zcela logicky vytváří interdisciplinární vazby mezi řadou vzdělávacích oblastí a předmětů (stavební konstrukce, materiály, statika, chemie, termodynamika, hydraulika, strojírenské obory, spalovací motory, elektrotechnika, atd.). Fotografie mohou sloužit jak k rozvoji představitivosti o stavebně technické části bioplynových stanic a technologickém procesu, tak v orientaci typů bioplynových stanic a ilustraci zadání modelových výpočtů v různých technických oborech.

POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

- [1] SOUČKOVÁ, H. - SRDEČNÝ, K. - PLICKA, P. *Agroenergetika*. Mělník: Vyšší odborná škola zahradnická a Střední zahradnická škola ve spolupráci s vydavatelstvím Profi Press, 2012. ISBN 978-80-87610-00-8.
- [2] POWER-ENERGO. *Schéma bioplynové stanice*. [online]. [cit.2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.power-energo.cz/produkty/bioplynovse-stanice.html>
- [3] MURTINGER, K. - BERANOVSKÝ, J. *Energie z biomasy*. Brno: ERA, 2008. ISBN 978-80-7366-115-1.
- [4] SCHULZ, H. - EDER, B. *Bioplyn v praxi*. Ostrava: Hel. 2004. ISBN 80-86167-21-6.
- [5] KOUŘA J. a kol. *Bioplynové stanice s mokřým procesem*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-33-7.
- [6] JIHOČESKÁ UNIVERZITA ČESKÉ BUDĚJOVICE. *Produkce bioplynu z hlavních složek organických látek*. [online]. [cit.2016-04-22]. Dostupné z: http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/obrazky/24-Produkc_bioplynu_z_1_t_ruznych_substratu.jpg
- [7] *Dejte šanci bioodpadu! sborník přednášek k seminářům "Dejte šanci bioodpadu - získejte finanční prostředky z OPŽP"*. Praha: Ekodomov, 2009. ISBN 978-80-903559-6-5.
- [8] KÁRA, J. - PASTOREK Z. - PŘIBYL, E. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Praha-Ruzyně: VÚZT, 2007. ISBN 978-80-86884-28-8.
- [9] SIGMET. *Horizontální odstředivé čerpadlo*. [online]. [cit.2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.sigmet.cz/sortiment/prumyslova-cerpadla/cerpadla-hydrodynamicka/odstrediva-horizontalni-spiralni>
- [10] AUTOMATIZACE. *Šnekové čerpadlo*. [online]. [cit.2016-04-22]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/principy-prumyslovych-cerpadel-8dil-vretenova-cerpa>
- [11] TAFLOPUMP. *Čerpadlo s rotujícími písty* [online]. [cit.2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.tapflopump.cz/cz/cz/pages/cerpadla-s-rotacnimi-pisty>
- [12] WELTEC-BIOWPOWER. *Míchací vrtule*. [online]. [cit.2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.weltec-biowpower.cz/bioplynovse-stanice/technika/michaci-technika>
- [13] FARMA STONAVA. *Lopátkové míchadlo*. [online]. [cit.2016-04-20]. Dostupné z: http://www.farmastonava.cz/bioplynova-stanice/detail-fotografie/22/foto_761.html
- [14] JINÁ ENERGIE. *Princip kogenerace*. [online]. [cit.2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.jina-energie.cz/#!/untitled/c24vq>
- [15] PASTOREK, Z. - JEVIČ P. - KÁRA, J. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004. ISBN 80-86534-06-5.
- [16] EAGRI. *Význam anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů*. [online]. [cit.2016-04-20]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/26952/Vyrobaavyuzitbioplynu.pdf>

PŘÍLOHY

Přílohy obsahují fotodokumentaci bioplynové stanice Olešnice a Úpice. V první a druhé složce jsou fotografie seřazené a popsány tak, jak probíhá bioplynový proces v bioplynových stanicích. Ve třetí a čtvrté složce jsou fotografie volně, dají se tedy prohlížet libovolně. Přílohy jsou na CD, které je vloženo v tištěné verzi diplomové práce.