

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA

TECHNICKÁ FAKULTA

Obor technika a technologie zpracování odpadů



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Téma: Intenzifikace procesu výroby bioplynu v bioplynové stanici střední velikosti

Vypracoval: Jakub Neterda

Vedoucí diplomové práce: Ing. Zdeněk Pastorek, CSc. prof. h. c.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra technologických zařízení staveb

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Neterda Jakub

Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

Intenzifikace procesu výroby bioplynu v bioplynové stanici střední velikosti

Anglický název

Intensification of biogas production process in biogas plant of medium size

Cíle práce

Vyhodnotit možnosti intenzifikace výroby bioplynu v bioplynové stanici střední velikosti a navrhnout opatření pro vybraný případ.

Metodika

- prostudovat dostupnou literaturu a právní normy
- vypracovat literární rešerši na zadané téma
- navrhnout intenzifikační opatření pro vybranou bioplynovou stanici
- technicky a ekonomicky vyhodnotit navrhované opatření
- vypracovat závěr a doporučení pro praxi.

Osnova práce

Úvod do problému (1-2 str.), současný stav a trendy v provozování bioplynových stanic v ČR a ve světě (15-20 str.), návrh intenzifikačních opatření a jejich vyhodnocení (10-15 str.), stanovit intenzifikační opatření pro vybranou bioplynovou stanici (5-8 str.), technicko-ekonomické zhodnocení návrhu (2-5 str.), závěr a doporučení pro praxi (2-3 str.).

Rozsah textové části

50 stran

Klíčová slova

bioplyn, bioplynová stanice

Doporučené zdroje informací

STRAKA F. a kol., 2003, Bioplyn, nakl. GAS Říčany

SCHULZ H. EDER B., 2004, Bioplyn v praxi, nakl. HEL Ostrava

PASTOREK Z., KÁRA J., JEVIČ P., 2004, Biomasa – obnovitelný zdroj energie, nakl. FCC Public Praha

DOHLER H. a kol., 2009, Faustzahlen Biogas, 2. vyd., KTBL Darmstadt, D

Firemní literatura (Vogelsang, Lipp, Wolf, Thoni, Tedom, GE Jenbacher,...)

Sbírka zákonů ČR (dostupná na www.mvcr.cz)

Časopis OPADOVÉ FÓRUM (www.odpadoveforum.cz)

Elektronický časopis WASTE FÓRUM (www.wasteforum.cz)

Vedoucí práce

Pastorek Zdeněk, Ing., CSc., prof.h.c.

Termín zadání

listopad 2010

Termín odevzdání

duben 2012


doc. Ing. Miroslav Příkryl, CSc.

Vedoucí katedry




prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Dekan fakulty

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Intenzifikace procesu výroby bioplynu v bioplynové stanici střední velikosti zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a po odborných konzultacích s Ing. Zdeňkem Pastorkem, CSc. prof. h. c.

V Praze dne 29. 3. 2012

.....

(podpis autora práce)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Zdeňku Pastorkovi, CSc. prof. h. c. za odborné vedení a rady při zpracování diplomové práce.

Abstrakt: Tato práce je zaměřena na problematiku intenzifikace výroby bioplynu pomocí přídatných aditiv. Nejdříve jsou popsány intenzifikační metody a na trhu dostupná aditiva. Následuje návrh intenzifikace na konkrétní bioplynové stanici. Vybraná aditiva jsou ověřována v laboratorních podmínkách s cílem zjistit které aditivum je nejvhodnější pro zvýšení produkce metanu.

Klíčová slova: bioplyn, bioplynová stanice

Intensification of biogas production process in biogas plant of medium size

Abstract: This work is focused on the topic of the intensification of biogas production by the means of additives. Firstly, the intensification methods are described together with additives available in the market. Furthermore, a proposal for a specific biogas plant is developed. Chosen additives are verified under laboratory conditions in order to find out which additive is the most suitable to increase methane production.

Key words: biogas, biogas station

OBSAH

1	ÚVOD	2
2	VZNIK A VÝROBA BIOPLYNU.....	3
2.1	Jak vzniká bioplyn.....	3
2.2	Anaerobní fermentace	4
2.3	Vliv nejdůležitějších faktorů na anaerobní procesy	5
2.4	Zdroje biomasy pro výrobu bioplynu	9
2.5	Základní rozdělení bioplynových stanic, dle zpracovávaného substrátu	11
2.6	Rozdělení zařízení na výrobu bioplynu	14
2.6.1.	Rozdělení podle dávkování surového materiálu.....	14
2.6.2.	Rozdělení podle podílu vlhkosti zpracovávaného materiálu	15
2.7.	Technologie mokré fermentace.....	15
2.8.	Technologie suché fermentace	16
3	SOUČASNÝ STAV V PROVOZOVÁNÍ BIOPLYNOVÝCH STANIC	19
3.1.	Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (OZE)	20
3.2.	Pojmy výkupní cena a zelený bonus.....	22
4	ENERGETICKÁ EFEKTIVNOST BIOPLYNOVÝCH STANIC.....	23
4.1.	Opatření pro vyšší efektivnost využití energie.....	24
4.1.1.	Využití tepla z kogenerační jednotky	24
4.1.2.	Plynotěsné zakrytí koncových skladů digestátu.....	26
4.1.3.	Snížení vlastní technologické spotřeby elektřiny.....	26
4.1.4.	Úprava na biometan.....	27
5	MOŽNOSTI ZVÝŠENÍ VÝROBY BIOPLYNU NA STÁVAJÍCÍCH ZAŘÍZENÍCH .	29
5.1.	Přehled intenzifikačních technologií.....	30
5.2.	Příklady použití.....	32
5.3.	Komerční přípravky	34
6	INTENZIFIKAČNÍ OPATŘENÍ PRO VYBRANOU BPS	37
6.1	Bioplynová stanice Kněžice	37
6.2.	Návrh intenzifikačních opatření.....	42
6.3.	Ekonomický přínos	47
7.	ZÁVĚR.....	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	54
SEZNAM OBRÁZKŮ	55
SEZNAM TABULEK.....	55

1 ÚVOD

Celosvětové zásoby fosilních paliv klesají a tím zákonitě stoupá jejich cena. Výrobci energií se z tohoto důvodu zamýšlejí nad náhradou spalovaných fosilních paliv. Jednou z alternativ jsou obnovitelné zdroje elektrické energie (OZE). Vedle využití vodní, větrné a solární energie představují bioplynové systémy další zdroj s vysoce pozitivními přínosy pro ochranu a tvorbu životního prostředí. Bioplynové stanice (BPS) patří mezi regulovatelné a velmi stabilní zdroje obnovitelné energie. Protože bioplyn se uvolňuje při rozkladu biomasy nepřetržitě a může tak pohánět kogenerační jednotku vyrábějící elektřinu a teplo více než 8.000 hodin v roce. Energie z bioplynové stanice je tak do distribuční soustavy dodávána bez závislosti na aktuálním počasí. Toto je nesporná výhoda oproti neregulovatelným zdrojům energie, jako jsou například větrné a sluneční elektrárny.

Z důvodu poklesu živočišné výroby a snížení potřeby potravinářské výroby ovlivněné levnými dovozy ze zahraničí klesá v ČR využití zemědělské půdy. Jednou z možností jak přispět k udržitelnosti a rozvoji zemědělství je pěstování energetických plodin a provozování zemědělských bioplynových stanic. Bioplynové stanice představují pro zemědělce novou podnikatelskou příležitost, která jim zajistí další zdroje příjmů. Pomůže tak stabilizovat hospodaření v situaci, kdy ceny zemědělských komodit podléhají prudkým výkyvům trhu. Kombinace zemědělské činnosti a provozu bioplynové stanice je výhodným propojením podnikatelských činností. Produkce vlastní elektřiny či tepla navíc vede ke snížení stávajících provozních nákladů zemědělců. Prodej zbylé kapacity navýší celkové příjmy a zlepší ekonomiku investice.

Snahou řízení většiny procesů je zvyšování produktivity a snižování nákladů. V procesu anaerobní digesce je možné produktivitu procesu částečně ovlivnit přidávkem aditiv. Ve své diplomové práci se zabývám intenzifikací procesu výroby bioplynu v bioplynové stanici sledováním vlivu na trhu dostupných aditiv na produkci bioplynu a obsahu metanu v něm.

Cílem práce je vyhodnotit možnosti intenzifikace výroby bioplynu v bioplynové stanici střední velikosti a navrhnout opatření pro vybraný případ.

Práce je rozdělena do sedmi kapitol. První část obsahuje stručný úvod. V druhé části práce je popsáno, jak bioplyn vzniká, jaké zdroje biomasy lze použít a nejčastěji používané technologie na výrobu bioplynu. Hlavní důraz je kladem na technologii mokré fermentace. Ve třetí části je popisován současný stav v provozování bioplynových stanic a podpora výroby elektřiny z OZE s důrazem na bioplynové stanice. Čtvrtá se zabývá energetickou efektivností bioplynových stanic. Pátá část shrnuje možnosti zvýšení výroby bioplynu na stávajících zařízeních. V šesté části je řešena intenzifikační opatření vybrané BPS. Následuje závěr, který zhodnocuje navrženou inovaci.

2 VZNIK A VÝROBA BIOPLYNU

2.1 Jak vzniká bioplyn

Biologický rozklad organických látek je složitý vícestupňový proces, na jehož konci působením metanogenních, acetotrofních a hydrogenotrofních mikroorganismů vzniká bioplyn, který se v ideálním případě skládá ze dvou plynných složek, metanu (CH_4) a oxidu uhličitýho (CO_2). Tento proces rozkladu organických látek v anaerobních podmínkách se nazývá metanová fermentace, metanové kvašení, anaerobní fermentace, anaerobní digesce, biogasifikace, biometanizace nebo biochemická konverze organické látky. Průběh tohoto procesu ovlivňuje řada dalších procesních a materiálových parametrů, například složení materiálu, podíl vlhkosti, teplota prostředí, číslo pH neboli kyselost materiálu, anaerobní (bezokyslíkaté) prostředí, absence inhibičních biochemických látek atd.

V přírodě za určitých podmínek tento proces probíhá samovolně nebo je vyvolán záměrně pomocí biotechnických zařízení. Výsledkem metanové fermentace je vždy směs plynů a fermentovaný zbytek organické látky. Bioplyn obsahuje vždy dva majoritní plyny (metan CH_4 a oxid uhličitý CO_2) a v praxi početnou, avšak objemově zanedbatelnou řadu minoritních plynů. Průměrné složení bioplynu je uvedeno v tabulce 1. Název bioplyn lze obecně použít pro všechny druhy plynných směsí, které vznikly činností mikroorganismů. V technické praxi se však ustálilo použití názvu bioplyn pro plynou směs vzniklou anaerobní fermentací vlhkých organických látek v umělých technických zařízeních. [2]

Tabulka 1 – průměrné složení bioplynu [1]

Podíl	Koncentrace
Metan (CH ₄)	50 – 75 objem. %
Kysličník uhličitý (CO ₂)	25 – 45 objem. %
Voda (H ₂ O)	2–7 % objem. (20–40 °C)
Sirovodík (H ₂ S)	20–20000 ppm
Dusík (N ₂)	< 2 % objem.
Kyslík (O ₂)	< 2 % objem.
Vodík (H ₂)	2 % objem.

2.2 Anaerobní fermentace

Anaerobní fermentaci vlhkých organických materiálů lze rozdělit do čtyř základních fází.

Prvá fáze

hydrolyza – začíná v době, kdy prostředí obsahuje vzdušný kyslík. Předpokladem pro její nastartování je mimo jiné dostatečný obsah vlhkosti – nad 50% hmotnostního podílu. Hydrolytické mikroorganismy ještě striktně nevyžadují bezkyslíkaté prostředí. Enzymatický rozklad mění polymery (polysacharidy, proteiny, lipidy atd.) na jednodušší organické látky – monomery.

Druhá fáze

acidogeneze – zpracovaný materiál může obsahovat ještě zbytky vzdušného kyslíku, v této fázi však dojde definitivně k vytvoření anaerobního prostředí. Zajistí to četné kmeny fakultativních anaerobních mikroorganismů, které se aktivují v obou prostředích. Vznik CO₂, H₂, a CH₃COOH umožňuje metanogením bakteriím tvorbu metanu. Kromě toho vznikají jednodušší organické látky.

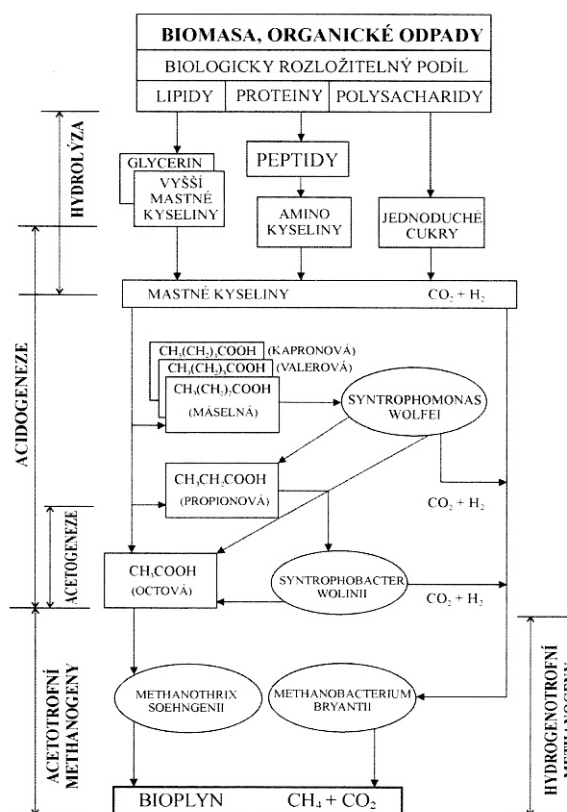
Třetí fáze

autogeneze – je někdy označována jako mezifáze. Acidogenní specializované kmeny bakterií transformují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý.

Čtvrtá fáze

metanogeneze – metanogení autotrofní bakterie rozkládají především kyselinu octovou na metan CH₄ a oxid uhličitý, hydrogenotrofní bakterie produkují metan

z vodíku a oxidu uhličitého. Určité kmeny metanogenních bakterií se chovají jako obojetné.



Obr. 1 - Schéma vzniku bioplynu z biologicky rozložitelných odpadů

Zdroj: Brandejsová, E., Přibila, Z. *Bioplynové stanice (zásady zřizování a provozu plynového hospodářství)*. Praha: GAS s.r.o., 2009. ISBN 978-80-7328-192-2

2.3 Vliv nejdůležitějších faktorů na anaerobní procesy

Pro stabilitu procesu anaerobní fermentace organických materiálů je velmi důležitá optimální rovnováha v kinetice jednotlivých fází, probíhajících s odlišnou kinetickou rychlostí. Metanogenní fáze probíhá přibližně pětkrát pomaleji než zbylé fáze. Tomu je třeba přizpůsobit konstrukci bioplynových technologických systémů a dávkování surového materiálu, jinak hrozí přetížení fermentoru se všemi nepříznivými důsledky.

[3]

Vliv teploty

S rostoucí teplotou roste rychlost metanizačních procesů a zároveň teplota ovlivňuje interakce mezi jednotlivými druhy mikroorganismů. Odezva mikroorganismů na změnu teploty je u všech druhů kvalitativně stejná, avšak kvantitativně může být úplně odlišná. To znamená, že změnou teploty se mění rychlosti probíhajících pochodů, což má za následek porušení dynamické rovnováhy procesu, a může vést až k úplné havárii procesu. Z uvedeného vyplývá, že pro udržení stability procesu je nutné zabezpečit konstantní teplotu. Změny teploty jsou tím nebezpečnější, čím je kratší doba zdržení a menší koncentrace biomasy v reaktoru. Při přechodu na jinou teplotu je nutná dlouhodobá adaptace biomasy popřípadě nová inokulace.

Vliv pH

Další závažný limitující faktor procesu je úzký rozsah pH optimálního pro růst metanogenních mikroorganismů. Různé skupiny mikroorganismů mají různé optimální hodnoty pH pro svůj růst. Většinou vyžadují pH v neutrální oblasti (6,5-7,5), které je nutné uvnitř reaktoru udržovat. Pod pH 6 a nad pH 8 je jejich činnost silně inhibována. Nejčastější příčinou výkyvu pH je jeho pokles vlivem přetížení reaktoru, kdy produkce kyselin rychlejšími mikroorganismy předmetanizační fáze je vyšší než jejich spotřeba a dochází k jejich akumulaci v systému. Naopak při vysoké koncentraci amoniaku to znamená při vysokých hodnotách alkality pH není citlivým ukazatelem. Proto je třeba řídit zatížení podle množství a složení mastných kyselin v médiu, aby nedošlo ke zhroucení procesu nebo udržovat dostatečnou neutralizační kapacitu přidávkem alkalizačních činidel. Pokud je pokles hodnoty pH zpozorován, musí být dodávání substrátu okamžitě sníženo nebo zastaveno, aby byl dán bakteriím čas k rozložení přítomných kyselin. [4] [5]

Přítomnost nutrientů

Pro zpracování a provoz reaktorů je nutný správný poměr N a P k organickým látkám. Z bilance produkce biomasy se udává potřebný poměr živin jako CHSK : N : P v rozmezí od 300 : 6,7 : 1 až 500 : 6,7 : 1. Vedle dusíku a fosforu je žádoucí přítomnost řady mikronutrientů - Na, K, Ca, Fe, S, Mg, Se, W, důležitá je také

přítomnost řady růstových faktorů. Většinou u substrátů přirozeného původu, je množství nutrientů postačující. Naopak, při anaerobní fermentaci kejdy nebo jiných živočišných produktů bývá vysoký přebytek amoniaku, který za zvýšeného pH může působit inhibičně až toxicky.

Přítomnost toxických a inhibujících látek

Za toxické nebo inhibující látky pokládáme látky, které nepříznivě ovlivňují biologický proces. Nejčastěji se setkáváme s inhibičním působením nižších mastných kyselin a amoniaku. Zde je nutno upozornit, že v obou případech inhibičně působí tyto látky v nedisociované formě. To znamená, že inhibice těmito látkami bude závislá na pH a jejich celkové koncentraci v systému. Při nízkém pH mohou inhibičně působit mastné kyseliny, při vysokém amoniak. Důležité je také zmínit antibiotika, desinfekční prostředky, rozpouštědla, herbicidy, soli nebo těžké kovy, které mohou rozkladný proces zabrzdit již v nepatrných množstvích. Také esenciální stopové prvky v příliš vysoké koncentraci mohou být pro bakterie jedovaté. Lze jen těžko určit, jaká koncentrace určité látky bakteriím škodí a to zejména kvůli určité míře přizpůsobivosti. Pro některé inhibitory také existuje proměnlivé působení s ostatními látkami, například těžké kovy působí škodlivě na fermentační proces, jen když jsou k dispozici v rozpustné formě. [1]

Tabulka 2 - Látky omezující fermentaci a jejich škodlivé koncentrace

Tlumicí látka	Koncentrace
Sodík	Mezi 6–30 g.l ⁻¹ (v adaptovaných kulturách až k 60 g.l ⁻¹)
Draslík	Od 3 g.l ⁻¹
Vápník	Od 2,8 g.l ⁻¹ CaCl ₂
Hořčík	Od 2,4 g.l ⁻¹ MgCl ₂
Čpavek	2,7–10
Síra	Od 50 g.l ⁻¹ H ₂ S, 100 mg.l ⁻¹ S ²⁻ , 160 mg.l ⁻¹ NaS (v adaptovaných kulturách až k 600 mg.l ⁻¹ Na ₂ S a 1000 mg.l ⁻¹ H ₂ S)
Těžké kovy	<i>Jako volné ionty:</i> Od 10 mg.l ⁻¹ Ni, od 40 mg.l ⁻¹ Cu, od 130 mg.l ⁻¹ Cr, od 340 mg.l ⁻¹ Pb, od 400 mg.l ⁻¹ Zn <i>V karbonátech:</i> Od 160 mg.l ⁻¹ Zn, od 170 mg.l ⁻¹ Cu, od 180 mg.l ⁻¹ Cd, od 530 mg.l ⁻¹ Cr ³⁺ , od 1750 mg.l ⁻¹ Fe. Těžké kovy mohou být přes sulfidy vysráženy a neutralizovány
Mastné kyseliny	Iso-mléčná kyselina brzdí proces již od 50 mg.l ⁻¹

Zdroj: [1]

Vliv technologických faktorů

Z technologických faktorů je nejdůležitější míchání a doba zdržení. Obsah reaktoru musí být homogenní to znamená dobře promíchávan tak, aby byl umožněn co nejrychlejší a nejdokonalejší kontakt mikroorganismů se substrátem. Způsob a periodu míchání je vhodné volit tak aby nebyla získaná energie zbytečně mařena málo účelným mícháním. Není nutné míchat reaktory neustále a stejnou intenzitou. Pro suspenzní biomethanizační reaktory postačuje míchání v časovém fondu 5-20%, s využitím klidových period v délce od 15min až do několika hodin. [1] Doba zdržení musí být dostatečně dlouhá, aby nedocházelo k vyplavování potřebných mikroorganismů a aby bylo dosaženo potřebné účinnosti rozkladu. Vzhledem k tomu, že generační doby anaerobních mikroorganismů jsou relativně dlouhé, a to od 0,5 až do 12 dní pohybuje se doba zdržení v bioplynových reaktorech v rozmezí 20 až 40 dní. Přitom platí, že čím hůře je rozložitelný daný substrát, tím je generační doba příslušných bakterií delší.

Vliv chemického složení substrátu na výtěžnost metanu

Biologická rozložitelnost a tím i výtěžnost bioplynu závisí na chemickém složení substrátu, na obsahu sacharidů, tuků, proteinů, na podílu celulózy, hemicelulózy a ligninu eventuelně dalších inertních složek materiálu a na poměru jednotlivých složek. Vzhledem k tomu, že poměr těchto složek v různých druzích suroviny je různý, odlišná je i jejich rozložitelnost a výtěžnost metanu.

Polysacharidy

jsou součástí veškeré rostlinné biomasy, patří sem škrob, celulóza a hemicelulózy. Z polysacharidů je nejlépe rozložitelný škrob, který se poměrně snadno hydrolyzuje amylolytickými enzymy. Celulóza je polymerem glukózy, v biotechnologickém procesu je relativně málo rozložitelná. Pro její hydrolýzu je nutná přítomnost celulolytických enzymů, které jsou produkovány hydrolytickými mikroorganismy a v přírodě jsou přítomny v zažívacím traktu přežvýkavců. Další skupinou polysacharidů jsou heteropolysacharidy - hemicelulózy, které tvoří rozvětvené řetězce s

prostorovou strukturou. Hemicelulózy podléhají snáze a rychleji enzymatické hydrolýze než celulóza.

Lignin

biologická rozložitelnost ligninu je velmi nízká až nulová. Lignin je organickou součástí nejenom každé rostlinné biomasy, ale materiálů z ní pocházejících, jakou jsou například různé druhy kejdy nebo hnoje a je hlavní součástí biologicky nerozložitelné frakce organických látek v stabilizovaném zbytku po anaerobní fermentaci.

Lipidy

Charakteristikou lipidů je přítomnost mastných kyselin s dlouhým alifatickým řetězcem a malým počtem atomů kyslíku v jejich molekulách. To je důvod, že tuky mají nejvyšší výtěžnost metanu ze všech skupin substrátů. Podléhají relativně snadno enzymové hydrolýze. Problémem může být technické zvládnutí rozkladu tuků, které díky své hydrofobicitě mohou mít tendenci vyplouvat k hladině, oddělovat se z vodní fáze nebo zvyšovat tvorbu pěny.

Proteiny

Proteiny patří mezi dobře biologicky rozložitelné látky. Proteiny jako jediné s výše uvedených substrátových skupin obsahují ve svých molekulách heteroatomy. Kromě uhlíku, vodíku a kyslíku obsahují také síru a hlavně dusík. Dusík při anaerobní fermentaci přechází amoniak, který při vyšších koncentracích může způsobovat inhibici tvorby metanu. [6]

2.4 Zdroje biomasy pro výrobu bioplynu

Fermentace a tvorba bioplynu probíhá převážně ve vlhkém prostředí a proto jsou pro anaerobní zpracování vhodné kapalné nebo mokré materiály. Pro produkci bioplynu je optimální obsah sušiny v případě tekutých odpadů od 8 do 14%. Dalším významným faktorem je číslo pH a poměr uhlíkatých a dusíkatých látek. Za optimální hodnotu se považuje $\text{pH} = 7 \div 7,8$ a poměr C : N kolem 30:1.

Jako substrát pro výrobu bioplynu slouží biomasa rozložitelná za anaerobních podmínek. Tuto biomasu lze z hlediska jejího získávání rozdělit na dvě základní skupiny – odpadní a záměrně pěstovanou.

a) *Biomasa záměrně pěstovaná*

- plodiny lignocelulózové:
 - energetické dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty, apod.)
 - obiloviny
 - travní porosty (tritikale, chřastice rákosovitá, křídlatka, apod.)
 - ostatní rostliny (čirok, šťovík, konopí seté, apod.)
- plodiny olejnaté:
 - nejznámější je řepka olejná, slunečnice, len
- plodiny škrobnato – cukernaté:
 - cukrovka, obilí, brambory, kukuřice

b) *Biomasa odpadní:*

- rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny (sláma kukuřice a obilovin, řepková sláma, zbytky z lučních areálů a nedopasky, zbytky po likvidaci náletových dřevin a odpady ze sadů a vinic)
- odpady z živočišné výroby (ekrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady z mléčnic a přidružených zpracovatelských kapacit)
- biologicky rozložitelné komunální odpady (separovaný sběrový papír, kuchyňské odpady, organické zbytky z údržby zeleně a podobně)
- organické odpady z průmyslových a potravinářských výrob (odpady z provozů na zpracování a skladování produktů rostlinné výroby, jateční a mlékárenské odpady, odpady z lihovarů a konzerváren, vinařských a dřevařských provozoven)
- lesní odpady (dřevní hmota z probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, klestí, odřezky atd.) [7]

V tabulce 3 jsou uvedeny vybrané suroviny s uvedením obsahu sušiny a výhřevnosti plynu z daného substrátu.

Skladba vstupních surovin

Skladba vstupních surovin je definovaná v provozním řádu BPS. Změny skladby (druhu) vstupních surovin mohou být provedeny pouze v souladu s provozním řádem BPS. Důvodem je dlouhá doba adaptace biologického procesu na nové složení substrátu a z toho plynoucí technologické problémy s udržení systému v rovnovážném stavu a potencionální riziko emisí pachových látek. V návrhu skladby vstupních surovin je nutné uvažovat zimní a letní provoz, během nichž se bude skladba surovin vzájemně lišit. To znamená, nebude k dispozici čerstvý „zelený“ substrát. Změna suroviny nebo složení v rozporu s provozním řádem, potažmo s projektovou dokumentací podléhá povolení příslušného orgánu ochrany ovzduší v souladu s §17 odst. 2 písm. f) zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší. [8]

Tabulka 3 - Několik surovin a jejich vlastností, včetně výnosu bioplynu

Substrát	Obsah sušiny [%]	Obsah organické sušiny v sušině [%]	Výtěžnost plynu m ³ .t ⁻¹ substrátu	Obsah metanu [%]
Kejda dojného skotu	8	85	20	55
Kejda skotu ve výkrmu	10	85	34	55
Kejda prasat ve výkrmu	5	85	18	60
Suchý drůbeží hnůj	25	75	93	65
Luční tráva Ø 3-4 seče/rok	18	91	98	54
Kukuřičná siláž (vosková zralost)	33	96	190	53
Travní siláž Ø 3-4 seče/rok	35	89	183	54
Obilí	87	98	597	53
Čerstvé bramborové výpalky	6	87	35	56
Flotační tuk	12	90	108	68

Zdroj [15]

2.5 Základní rozdělení bioplynových stanic, dle zpracovávaného substrátu

Bioplynové stanice lze rozdělit podle zpracovávaného substrátu na:

- a) Zemědělské

- b) Čistírenské
- c) Ostatní BPS

Zemědělské bioplynové stanice

Zemědělské bioplynové stanice (BPS) jsou takové BPS, které zpracovávají materiály rostlinného charakteru a statkových hnojiv, respektive podestýlky. Na těchto BPS není možné zpracovávat odpady podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ani jiné materiály, které spadají pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě.

Na zemědělských BPS je možno zpracovávat zejména následující materiály:

[8]

1) Živočišné suroviny:

- kejda prasat
- hnůj prasat se stelivem
- kejda skotu
- hnůj skotu se stelivem
- hnůj a stelivo z chovu koní, koz, králíků
- drůbeží exkrementy, včetně steliva
- atd.

2) Rostlinné suroviny:

- sláma všech typů obilovin i olejnin
- plevy a odpad z čištění obilovin
- bramborová nať i slupky z brambor
- řepná nať z krmné i cukrové řepy
- kukuřičná sláma i jádro kukuřice
- travní biomasa nebo seno (senáže)
- nezkrmitelné rostlinné materiály (siláže, obiloviny, kukuřice)
- atd.

3) Pěstovaná biomasa

- obiloviny v mléčné zralosti (celé rostliny) čerstvé i silážované
- kukuřice ve voskové zralosti (celé rostliny) čerstvá i silážovaná
- kukuřice vyzrálá (celé rostliny) čerstvá i silážovaná
- krmná kapusta (celé rostliny) čerstvá i silážovaná
- „prutová“ biomasa (štěpky nebo řezanka z listnatých dřevin z rychloobrátkových kultur a nebo z prūklesů)
- atd

Čistírenské BPS

Zpracovávají pouze kaly z biologických čistíren odpadních vod a jsou organickou součástí čistírny odpadních vod. Slouží pouze jako součást kalového hospodářství ČOV jako celku. Do procesu nevstupují jiné materiály než kaly z ČOV, žump a septiků a odpadní voda.

Ostatní BPS

Mohou zpracovávat odpady podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech.

Jedná se například o:

- odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a výroby a zpracování potravin
- odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky
- odpady z výroby cukru
- Odpady z mlékárenského průmyslu
- odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu
- komunální odpady (odpad z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů), včetně složek z odděleného sběru

[9]

Seznam využitelných druhů odpadů pro tyto BPS podle Katalogu odpadů Vyhlášky č. 381/2001Sb. je uveden v příloze č.1

Dále mohou zpracovávat materiály, které spadají pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší

produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě.

Mezi vedlejší živočišné produkty se řadí části poražených zvířat, které nejsou určeny pro přímou lidskou spotřebu, včetně uhynulých hospodářských zvířat a odpadu (tepelně zpracovaného či nezpracovaného) z veřejného stravování (katering – odpad z restaurací, kuchyní apod.), který obsahuje či byl v kontaktu s masovými produkty. BPS, která zpracovává vedlejší živočišné produkty musí splňovat hygienické a technologické požadavky dané tímto nařízením.

Musí být například vybavena pasterizačně/hygienickou jednotkou, kterou není možné obejít a která je vybavena:

- a) zařízením na sledování, že je během jedné hodiny dosaženo teploty 70 °C;
- b) záznamovými přístroji ke kontinuálnímu zaznamenávání výsledků měření
- c) odpovídajícím systémem, aby se zabránilo nedostatečnému ohřevu.

2.6 Rozdělení zařízení na výrobu bioplynu

Technologické systémy pro výrobu bioplynu lze rozdělit podle technologie dávkování surového materiálu nebo podle podílu vlhkosti zpracovávaného materiálu.

2.6.1. Rozdělení podle dávkování surového materiálu

1) Diskontinuální (s přerušovaným provozem, cyklické, dávkové,...)

doba jednoho pracovního cyklu odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru; používá se zvláště při suché fermentaci tuhých organických materiálů. Způsob manipulace s materiálem je náročný na obsluhu.

2) Semikontinuální

doba mezi jednotlivými dávkami je kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru; je to nejpoužívanější způsob plnění fermentorů při zpracování tekutých organických materiálů; materiál se dávkuje 1x až 4x i vícekrát za den; materiál vstupující semikontinuálně do fermentoru má malý vliv na změnu pracovních parametrů fermentoru (teplota, homogenita); technologický proces lze snadno automatizovat; proces není náročný na obsluhu.

3) *Kontinuální*

používá se při plnění fermentorů, které jsou určeny pro zpracování tekutých organických odpadů s velmi nízkým obsahem sušiny.

2.6.2. Rozdělení podle podílu vlhkosti zpracovávaného materiálu

1) *Bioplynové technologie na zpracování tuhých materiálů*

vysokosušinnové s podílem sušiny 18 – 30 %, výjimečně až 50 %

2) *Bioplynové technologie na zpracování tekutých materiálů*

s nízkým podílem sušiny 0,5 – 3 % a negativní energetickou bilancí, resp. s vyšším podílem sušiny 3 - 14 % a pozitivní energetickou bilancí).

3) *Bioplynové technologie kombinované.*

2.7. Technologie mokré fermentace

Tato technologie se používá na výrobu plynu z tekutých materiálů. Jedná se o v zemědělství nejrozšířenější technologii, která je technicky propracovaná a provozně prověřená.

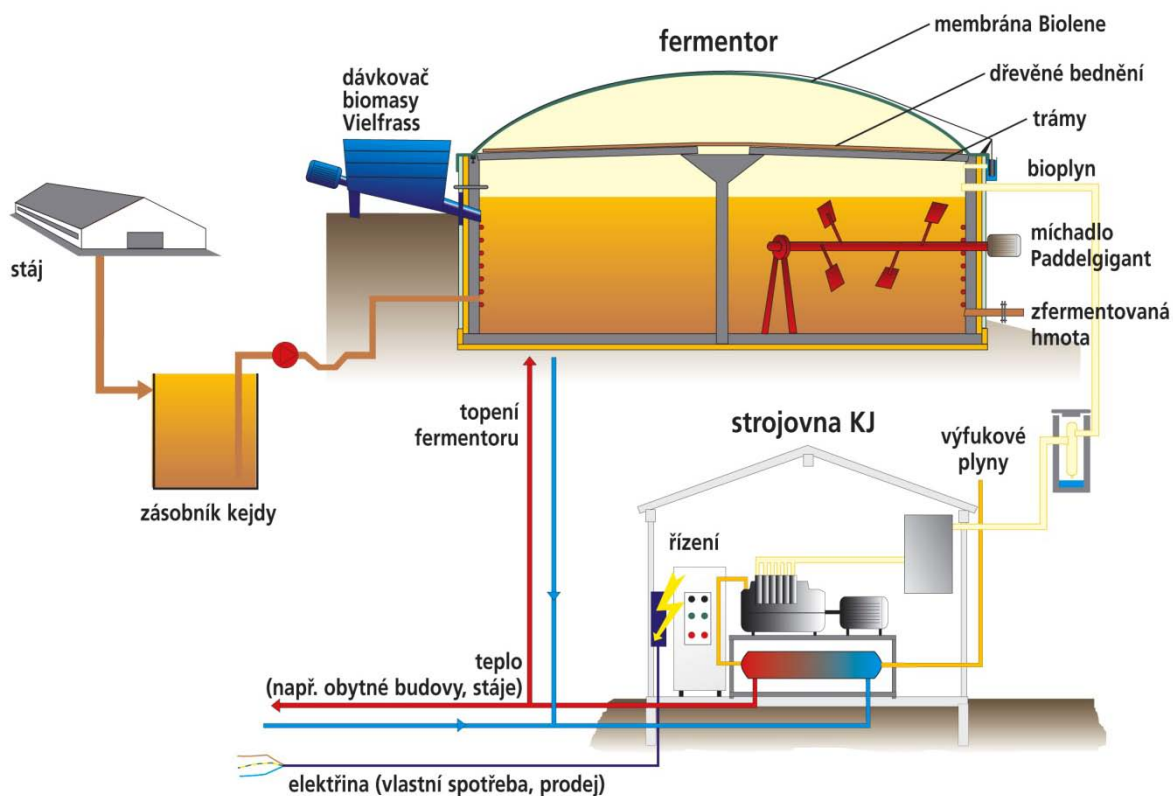
Mokrá anaerobní fermentace probíhá v uzavřených velkoobjemových nádobách (fermentorech/reaktorech). Tyto nádoby jsou vyhřívány na navrženou provozní teplotu (běžně 35°C až 55°C) a míchány. Technologická linka je tvořena čtyřmi základními stavebně-technologickými celky.

- 1) *Příjmová část* – zde se upravuje čerstvý substrát před vstupem do fermentoru (úprava velikosti částic, míchání, homogenizace, úprava TS, ředění, apod.) a jeho optimální dávkování do anaerobního procesu.
- 2) *Fermentační systém* - zde probíhá vlastní anaerobní vyhnívání v čistě anaerobním prostředí. V zemědělství se nejčastěji využívá válcových železobetonových plynotěsných fermentorů se svislou osou.
- 3) *Ukládací systém* – zde se uskládá stabilizovaný materiál po fermentaci.
- 4) *Energetické využití plynu* – bioplyn lze využívat mnoha způsoby například na výrobu tepla, kombinovanou výrobu elektřiny a tepla v kogeneračních jednotkách, prodej do plynárenské sítě a pro pohon dopravní techniky.

Na obr. 2 je zobrazeno základní schéma BPS.

Ke zvýšení biologické rozložitelnosti různých druhů surovin pro anaerobní fermentaci je důležité provádět předúpravu zpracovávaného materiálu. Zmenšením velikosti částic dochází k podstatnému zvětšení povrchu a tím i k větší dostupnosti enzymovému rozkladu. [3] Dále se zmenšením částic snižuje viskozita zpracovávaného materiálu a stupeň čerpatelnosti se posunuje až na 9 -12% sušiny. Tato předúprava se provádí tak jak bylo uvedeno výše v příjmové části BPS.

Jednou z možností jak dezintegrovat vstupní substráty je mechanický způsob. Patří sem dezintegrace tuhých složek substrátu mletím, drcením, odřezáváním apod.



Obr. 2 –Schéma BPS

Zdroj: http://www.agrikomp.de/attachments/article/371/Schema_BPS-cs-CZ.jpg

2.8. Technologie suché fermentace

Technologií suché fermentace se zpracovávají substráty s větším podílem sušiny z pravidla v rozsahu 30 až 35%. Teplota pro průběh fermentace se pohybuje v

mezofilním pásmu v rozsahu 32 až 38°C. Rozsah pH se musí udržovat v rozmezí 6,5 až 7,5.

Technologie pro suchou fermentaci rozdělujeme na:

- a) *Diskontinuální* – tato technologie se skládá z několika reakčních komor a meziskladu. Na začátku procesu je vstupní substrát navezen do fermentoru a po jeho naplnění jsou zavřena plynotěsná vrata. Biomasa je vyhřívána podlahovým topením a postřikována perkolátem. Do tří dnů po navezení dojde k odstranění zbytkového kyslíku a stabilizaci celého anaerobního procesu. Vznikající bioplyn je odsáván do plynových vaků a dále odváděn do kogenerační jednotky. Délka cyklu je cca 28 dnů. Aby byla dodržena rovnoměrná produkce bioplynu tak se doporučuje používat minimálně čtyři fermentory. Na konci cyklu je část zfermentovaného substrátu vyvezena a nahrazena novým substrátem. [10] [11]
- b) *Kontinuální* - reakční objem bývá rozdělen na několik fermentorů. Běžně jsou využívány ležaté fermentory (válcové i komorové) s jedním pomaloběžným míchacím zařízením, uloženým napříč celým fermentorem.

Tato technologie není tak rozšířená jako technologie mokré fermentace. Vhodné použití je zejména pro biomasu s vyšším obsahem sušiny, zpracovává substráty tří až čtyřnásobným obsahem organické hmoty oproti reaktorům na tekuté substráty.

Výhody suché fermentace:

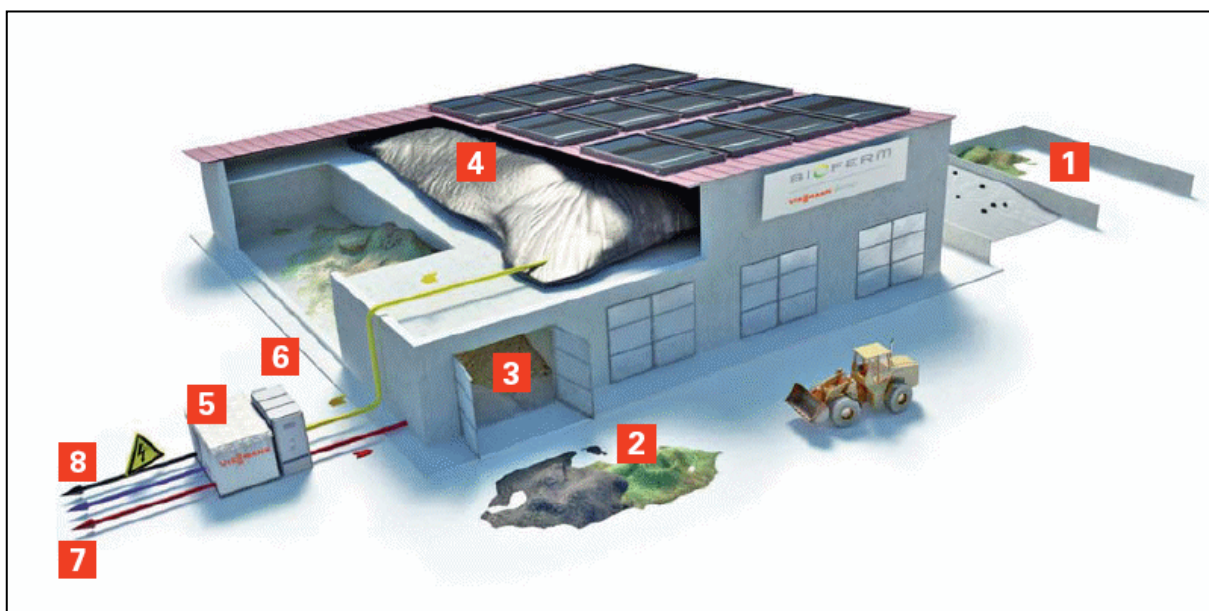
- technologie je vhodná pro biomasu s vyšším obsahem sušiny (25% a více)
- nižší spotřeba elektrické energie a to z důvodu že biomasa se ve fermentoru nemíchá ani do něj nečerpá. Vlastní spotřeba bioplynové stanice se pohybuje mezi 2-4%
- jednoduché rozšíření stanice
- biomasu není nutné před vstupem do fermentoru ředit, rozmělnovat, třídit nebo jinak upravovat

- nižší poruchovost stanice – nemá míchací zařízení, biomasa se naváží dovnitř kolovým nakladačem, nikoliv čerpadly
- jednodušší na obsluhu – plnění fermentoru probíhá pouze jednou až dvakrát do týdne

Nedostatky suché fermentace:

- 10-15% vyšší investiční náklady na výstavbu bioplynové stanice
- nemožnost zpracovávat větší množství tekutých materiálů – kejda, kaly z ČOV,
- technologie není příliš vhodná pro materiály vyžadující hygienizaci (kuchyňské odpady, jateční odpady)
- nerovnoměrná produkce bioplynu, nutné postavit minimálně čtyři fermentory
- náročnější řízení procesu. Ten je možné efektivně řídit pouze stanovením vhodné struktury biomasy na začátku každého cyklu (struktura, směsné navýšení, předpokládaná délka zdržení). Možnosti zasahování do procesu v průběhu cyklu jsou pak již velmi omezené (prostřednictvím perkolátu).

[12]



Obr. 3 – schéma suché BPS garážového typu

Legenda:

(1) Biomasa (2) Namíchávací místo (3) Fermentor (4) Plynový zásobník (5) Topná technika (6) Kogenerační jednotka (7) Využití tepla/chladu (8) Napájení proudem

Zdroj: http://www.viessmann.cz/cs/products/Biogasanlagen/Biogasanlagen_BIOFerm.html

Technologii suché fermentace v ČR používá komunální bioplynová stanice Šumperk-Temenice. Jejím provozovatelem je První bioplynová Šumperk, s.r.o.. BPS byla uvedena do plného provozu v roce 2009 a jako substrát se používá kukuřičná siláž, travní senáž, hovězí hnůj, obilná GPS a obilný šrot.

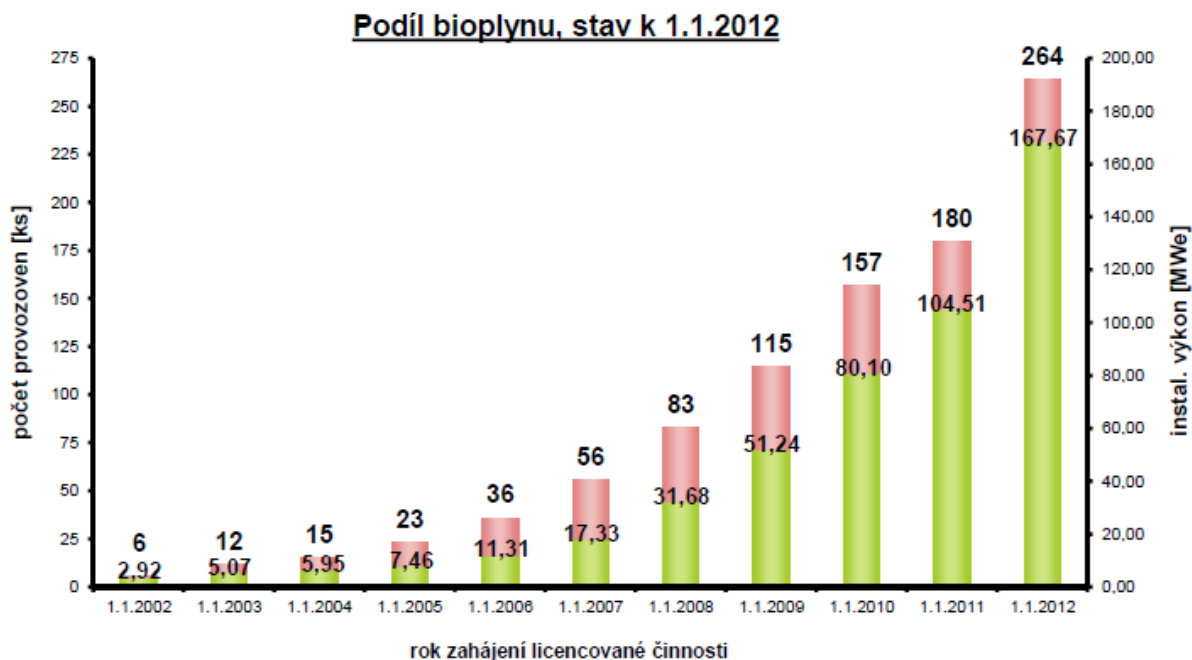
3 SOUČASNÝ STAV V PROVOZOVÁNÍ BIOPLYNOVÝCH STANIC

Počet provozovaných BPS v ČR včetně instalovaných výkonů kogeneračních jednotek se z různých zdrojů liší. Dle ERU začátkem roku 2012 byl počet licencovaných výroben elektřiny využívajících k výrobě elektrické energie bioplyn v ČR 264 s instalovaným výkonem 167,67 MW_e. Například Česká bioplynová asociace uvádí na svých internetových stránkách k 15.2. 2012 počet bioplynových elektráren 327 s instalovaným výkonem 224,17 MW. Dle tohoto zdroje v roce 2011 vzrostla celková výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie o 1934,9 GWh oproti roku 2010. V roce 2011 bylo vyrobeno 7821,8 GWh a v roce 2010 5886,9 GWh. Zvýšil se i podíl bioplynu na výrobě elektrické energie z OZE, a to z 10,2% v roce 2010 na 11,1% v roce 2011. Celková výroba elektřiny z bioplynu v roce 2011 dosahovala 868,2 GWh. Za měsíc prosinec 2011 bylo poprvé vyrobeno přes 90 GWh elektřiny z bioplynu. Pro srovnání, veškeré větrné a sluneční elektrárny v ČR vyrobily ve stejném období 100,2 GWh. [13]

Vývoj instalovaného výkonu z bioplynu je zřejmý z obrázku 4.

V evropské unii (EU) v roce 2010 vzrostla primární produkce energie z bioplynu oproti roku 2009 o 31,3%. V roce 2010 bylo vyrobeno více než 126 767 GWh primární energie, to je o 30 238 GWh více oproti roku 2009. Tento potenciál v největší míře směřoval do výroby elektřiny. Odhadovaná hrubá produkce elektřiny z bioplynu v EU činí 30 339,6 GWh. Německo s 16 205 GWh vyrobené elektřiny z bioplynu se řadí na první místo v rámci EU. Česká republika zaujímá osmé místo s 636 GWh vyrobené elektřiny za rok 2010. [14]

V příloze č.2 je uvedena mapa s přehledem podílů jednotlivých států v EU na výrobě primární energie z bioplynu.



Obr. 4 - Počet licencovaných výroben elektřiny a jejich instalovaný výkon

Zdroj: http://www.eru.cz/user_data/files/licence/info_o_drzitelich/OZE/12_01_bpl.pdf

3.1. Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (OZE)

Podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů upravuje zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (dále jen zákon o podpoře OZE). Na základě uvedeného zákona jsou provozovatelé distribučních soustav a provozovatel přenosové soustavy povinni přednostně připojit k soustavě výrobu elektřiny na bázi OZE, pokud splňuje podmínky připojení a dopravy elektřiny stanovené zákonem č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích, a dále pokud v místě připojení není prokazatelný nedostatek kapacity. Provozovatelé regionálních distribučních soustav a provozovatel přenosové soustavy jsou na svém licenci vymezeném území povinni vykoupit veškerou elektrickou energii vyrobenou z obnovitelných zdrojů.

Výkupní ceny elektřiny z obnovitelných zdrojů určuje cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu (ERU). Ceny pro rok 2012 jsou stanoveny

cenovým rozhodnutím ERU č.7/2011 ze dne 23.listopadu 2011. V tabulce č.4 jsou uvedeny výkupní ceny a zelené bonusy z uvedeného cenového rozhodnutí pro spalování bioplynu, skládkového plynu, kalového plynu a důlního plynu z uzavřených dolů. Zařazení bioplynových stanic do kategorií AF1 nebo AF2 stanoví vyhláška č. 482/2005 Sb., kterou se stanoví druhy, způsoby využití a parametry biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, ve znění pozdějších předpisů. [16] [17]

Podle této vyhlášky existují tyto kategorie bioplynu:

kategorie AF1, která zahrnuje biomasu určenou k výrobě bioplynu s původem v cíleně pěstovaných energetických plodinách, pokud tato biomasa tvoří v daném kalendářním měsíci více než polovinu hmotnostního podílu v sušině vstupní suroviny a zbytek vstupní suroviny tvoří biomasa stanovená v příloze k této vyhlášce

kategorie AF2, která zahrnuje veškerou jinou biomasu, než je uvedena v AF1

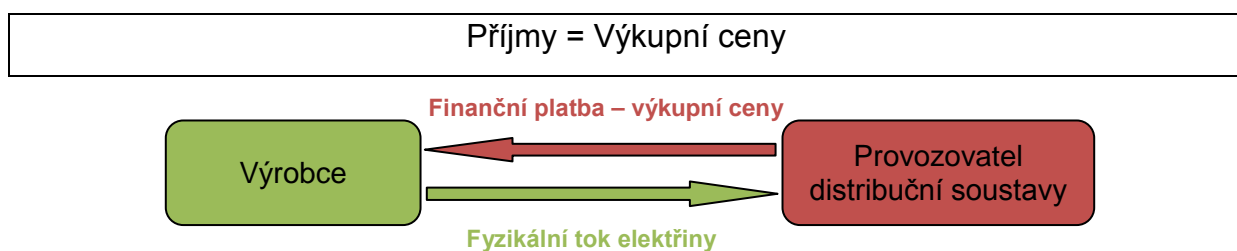
Tabulka 4 - Výkupní ceny a zelené bonusy pro spalování bioplynu pro rok 2012

Druh obnovitelného zdroje	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč.MWh ⁻¹	Zelené bonusy v Kč.MWh ⁻¹
Spalování bioplynu v bioplynových stanicích kategorie AF1 pro zdroje uvedené do provozu od 1. ledna 2012 do 31. prosince 2012 splňující podmínku výroby a efektivního využití vyrobené tepelné energie	4120	3070
Spalování bioplynu v bioplynových stanicích kategorie AF1 pro zdroje uvedené do provozu od 1. ledna 2012 do 31. prosince 2012 nesplňující podmínku výroby a efektivního využití vyrobené tepelné energie	3550	2500
Spalování bioplynu v bioplynových stanicích kategorie AF1 pro zdroje uvedené do provozu před 1. lednem 2012	4120	3070
Spalování bioplynu v bioplynových stanicích kategorie AF2	3550	2500
Spalování skládkového plynu a kalového plynu z ČOV po 1. lednu 2006 včetně	2580	1530
Spalování skládkového plynu a kalového plynu z ČOV od 1. ledna 2004 do 31. prosince 2005	2910	1860
Spalování skládkového plynu a kalového plynu z ČOV před 1. lednem 2004	3020	1970
Spalování důlního plynu z uzavřených dolů	2580	1530

3.2. Pojmy výkupní cena a zelený bonus

Výkupní cena

V případě výkupních cen má provozovatel regionální distribuční soustavy nebo provozovatel přenosové soustavy povinnost od výrobce elektřiny z OZE vykoupit veškerý objem vyrobené elektřiny za cenu stanovenou cenovým rozhodnutím.



Výhody:

- Zajištěný odběr energie
- Vyšší výkupní cena elektřiny

Nevýhody:

- Nutnost i nadále platit za odebranou elektřinu

Zelený bonus

Zelený bonus je příplatek k tržní ceně elektřiny. Prodá-li výrobce elektřinu z OZE za smlouvenou tržní cenu jakémukoliv konečnému zákazníkovi či obchodníkovi s elektřinou nebo vyrobenou elektřinu sám spotřebuje, má právo navíc inkasovat od provozovatele přenosové nebo regionální distribuční soustavy na základě předloženého výkazu zelené bonusu.



Výhody:

- lze získat vyšší výnos než v režimu pevných výkupních cen
- neplatíte spotřebovanou elektřinu

Nevýhody:

- vyšší míra rizika, neboť výrobce nemá zaručen 100% odbyt vyrobené elektřiny na trhu ani výši tržní ceny.
- Svého odběratele elektrické energie si musí každý najít sám a s ním sjednat cenu dodané elektřiny.

Kdy volit zelený bonus a kdy výkupní cenu

Oba druhy podpory mají svá specifika a jsou výhodné pro jiné subjekty. Zelený bonus je přibližně o 1Kč.kWh^{-1} nižší než výkupní cena, a je vhodný v případě, kdy je výrobce schopen větší část z vyrobené elektřiny sám spotřebovat. Čím větší spotřeba, tím je zelený bonus pro výrobce výhodnější, protože za odebranou elektřinu už nic neplatí. Důležitá je i cena nakupované elektřiny. Obecně lze říci, že čím dražší elektřina, tím více se vyplatí zelený bonus.

Oproti tomu podpora formou výkupní ceny je vhodná zejména při nižší spotřebě elektřiny.

Garance podpory výkupních cen

Garance podpory je legislativně zakotvena ve vyhlášce ERÚ č. 140/2009 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen, v platném znění (§ 2, odst. 9). Vyhláška garantuje, že výkupní ceny a zelené bonusy jsou uplatňovány po celou předpokládanou dobu životnosti výroben elektřiny.

Předpokládaná doba životnosti bioplynové stanice je 20let. [18]

4 ENERGETICKÁ EFEKTIVNOST BIOPLYNOVÝCH STANIC

Vývoj posledních let začíná odhalovat nedostatky dříve postavených BPS mající vliv na energetickou efektivnost BPS. Zásadní nedostatek je, že velká většina z doposud vybudovaných stanic je lokalizována do míst, kde není možné nalézt efektivní využití

pro veškeré teplo, které vzniká jako vedlejší produkt při spalování bioplynu v kogeneračních jednotkách. Tlak na lepší využívání tepla je i ze strany ERU. Cenové rozhodnutí ERÚ stanoví podmínku využití tepla následovně: „u bioplynových stanic kategorie AF 1 uvedených do provozu po 1. lednu 2012 včetně je podmínkou pro poskytnutí podpory výroba a efektivní využití vyrobené tepelné energie minimálně v úrovni 10 % vůči vyrobené elektřině v daném roce, s výjimkou elektřiny pro technologickou vlastní spotřebu elektřiny a tepla.“ Vlastní technologická spotřeba tepla BPS spotřebovává přibližně jen 20 až 30% z celkové výroby. Pokud není pro zbylé teplo z kogenerace využití může docházet k maření i třetiny energie bioplynu.

Jak definovat energetickou účinnost

Účelně užitou energií chápeme tu energii, která je předána k dalšímu využití mimo vlastní bioplynovou stanici. Při obvyklém řešení stanice se jedná o:

- čistou elektřinu E_{dod} dodanou do distribuční sítě anebo spotřebovanou v dané lokalitě (farmě, areálu, kde je BPS umístěna) mimo vlastní technologickou spotřebu vlastní stanice.
- čistou dodávku tepla Q_{dod} , to je po odečtení vlastní technologické potřeby tepla stanicí, pro uspokojení nejrůznějších ekonomicky odůvodněných tepelných potřeb (vytápění staveb, příprava teplé vody, sušení atd.).

Ukazatel nazvaný jako „Stupeň energetického využití bioplynu“ zkráceně SEV_{BP} se vypočte podle vztahu:

$$SEV_{BP} = \frac{(E_{dod} + Q_{dod})}{Q_{BP,brutto}}$$

4.1. Opatření pro vyšší efektivnost využití energie

4.1.1. Využití tepla z kogenerační jednotky

Zvýšení využití tepla z kogenerační jednotky lze provést následujícími způsoby:

Odvedení tepla teplovodem

Toto řešení je vhodné pouze pro malé vzdálenosti přibližně do cca 1km. Pro delší dopravní vzdálenosti toto řešení není ekonomicky vhodné z důvodu vysokých investičních nákladů, relativně velkých tepelných ztrát a nutnosti čerpacích prací. Příkladem realizace je BPS Šumperk-Temenice. Z této BPS je dodáváno teplo do rozvodu centrálního zásobování tepla (CZT) města Šumperk. [19] Jedním z dalších příkladů fungujícího systému zásobování teplem z bioplynové stanice je vytápění celého sídliště v Jaroměři. Provozovatel bioplynové stanice o výkonu 1,4 MW vybuodoval teplovod o délce 2 km nákladem necelých 12 mil. Kč. Spotřeba sídliště je přibližně 20 000 GJ tepla ročně. Téměř veškerou tuto potřebu pokrývá teplo z bioplynové stanice, původní plynové kotle jsou uchovány jako rezerva a doplňkový zdroj v případě extrémních mrazů. [20]

Přeprava bioplynu plynovodem

V tomto případě je instalovaná kapacita kogeneračních jednotek rozdělena. Malá jednotka je umístěna na BPS pro vlastní spotřebu. Větší kogenerační jednotka je umístěna v blízkosti spotřeby tepla a bioplyn se k ní dopravuje potrubím. Náklady na jeho instalaci jsou několikrát menší než na teplovod stejné délky a provozní náklady na dopravu plynu jsou zanedbatelné. Investiční náklady takového projektu jsou samozřejmě v porovnání s umístěním kogenerační jednotky v blízkosti BPS větší. Návrhnost vícenákladů závisí na objemu prodaného tepla. Příkladem realizace je rozvod bioplynu z BPS Třeboň do lázní Aurora Třeboň. Dopravu bioplynu zajišťuje středotlaký plynovod d_e 160 PE 100 v délce 4 294m. Na trase je osazeno celkem 18 kusů odvodňovačů umožňujících odběr případného kondenzátu. Instalovaná kogenerační jednotka o tepelném výkonu 850 kW pokrývá včetně ztrát kolem 70 % celkové spotřeby tepla lázní.

Využití tepla v zemědělských areálech

Kogenerační jednotka je v tomto případě zapojena jako hlavní zdroj tepla, pokrývající převážnou část či veškerou potřebu tepelné energie. Teplotní spád takto zapojeného systému odpovídá teplotnímu spádu získanému na výměnících kogenerační jednotky. Využití je například pro vytápění a přípravu teplé vody v

administrativních budovách, halách pro chov zvířat, dílenských provozech, skladech, sklenících, sušárnách apod.

4.1.2. Plynotěsné zakrytí koncových skladů digestátu

Efektivní cestou, jak maximalizovat míru rozkladu organické hmoty do bioplynu, je zajistit plynotěsné zakrytí koncových skladu digestátu. Zakrytí má pozitivní vliv nejen na vyšší výtěžnost bioplynu, ale eliminuje i nežádoucí úniky metanu a šíření senzorických emisí volně do ovzduší.

4.1.3. Snížení vlastní technologické spotřeby elektřiny

Bioplynová stanice potřebuje pro svůj provoz řadu zařízení s elektrickým pohonem. Jedná se především o míchadla, čerpadla a dávkovače substrátu a čerpadla a ventilátory kogenerační jednotky. K vlastní spotřebě je třeba počítat i ztráty trafostanice na dodávku elektřiny do sítě VN.

Míchadla

Míchadla musí zajistit účinné promíchání náplně fermentoru, aby nedocházelo zejména k sedimentaci suspenze u dna a stěn a tvorby plovoucí krusty. Z hlediska energetické efektivity procesu je nejvhodnější porovnávat spotřebu míchadla k celkové hrubé výrobě elektřiny (či množství energie v bioplynu), jelikož je tím rozhodujícím ukazatelem efektivity stanice. Typický poměr bývá mezi 2 – 4 % celkové roční svorkové výroby elektřiny, dobré provozy přitom nepřesahují 2,5 – 3 %.

Nouzové chladiče kogenerace

Přebytek tepla z kogenerace, který se nespotebuje pro vytápění fermentoru ani jej nelze účelně využít, mimo stanici je třeba odvést do okolí. Zpravidla se tak děje na takzvaných nouzových chladičích, což jsou výměníky voda/vzduch s elektricky poháněnými ventilátory. V řadě bioplynových stanic bez využití tepla jsou tyto „nouzové“ chladiče v provozu trvale a spotřeba elektřiny, zvláště v letním období tvoří významný podíl vlastní spotřeby BPS (na 1 odvedený kilowatt tepla je

potřeba 1 až 2 wattů el. energie pohánějící ventilátory chladiče). Pokud je z projektového záměru jasné, že využití tepla bude malé, nemá smysl instalovat spalínový výměník a pak teplo předané do vody mařit na chladičích. Pro odvod tepla z vodního okruhu chlazení motoru je pak třeba v tomto případě instalovat dostatečně dimenzované vzduchové chladiče, aby potřebný výkon ventilátoru a doba jejich chodu byla co nejmenší.

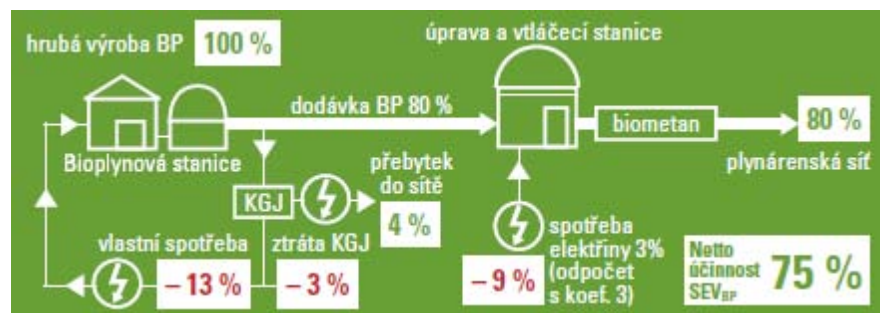
Transformátor

Přednostně by měli být instalovány transformátory olejové. Tyto transformátory jsou dle ČSN EN 50 464-1 členěny do energetických tříd. V současnosti nejlepší dostupné výrobky na trhu splňují třídu Ao a Bk a jsou označovány jako takzvané nízkoztrátové transformátory. Pořizovací náklady jsou zpravidla vyšší o 20 až 30 % než v případě standardních typu s energetickou třídou Co a Ck, ale návratnost vícenákladů je díky nižším transformačním ztrátám menší než jeden rok. Efektivnost transformátoru je možné dále zlepšit správným výkonovým dimenzováním. Empirické zkušenosti dokazují, že kapacitu transformátoru se vyplatí volit výrazně (nejlépe 2krát) větší, než je provozní výkon kogenerace. Například návratnost vícenákladů na transformátor s dvojnásobnou kapacitou ve stejné energetické třídě je okolo dvou let. Touto optimalizací je možné snížit ztráty elektřiny při její transformaci na vyšší napěťovou hladinu na méně než 1 % roční svorkové výroby elektřiny bioplynové kogenerace oproti běžným 1 – 2 %. [21]

4.1.4. Úprava na biometan

Další z možností je úprava bioplynu na kvalitu zemního plynu a vtláčet takto upravený bioplyn do plynárenské sítě. Bioplyn by nebyl používán v místě výroby, ale v místě kde by byl zajištěn efektivní odběr tepla či vyšší zhodnocení elektrické energie. Abychom dosáhli požadovaných parametrů na kvalitu bioplynu před vtláčením do sítě, musí být bioplyn nejdříve sušen, zbaven CO₂ a dalších nežádoucích příměsí (především sulfanu). Vedle vlastní úpravy je třeba zajistit zvýšení tlaku plynu na příslušný tlak ve vedení zemního plynu. V evropském měřítku je tato technologie rozšířena převážně ve Švédsku, Německu, Rakousku,

Francii a Holandsku. V ČR neexistuje v současné době žádné zařízení na úpravu a vtláčení biometanu do plynárenské sítě. Důvodem jsou vysoké náklady na pořízení technologie a nulová podpora ze strany státu. Energetickou bilanci BPS s úpravou a vtláčením do sítě ukazuje Obr 5.



Obr. 5 – modelový výpočet stupně energetického využití bioplynu SEV_{BP}

Příkladem realizace ze zahraničí je BPS Pliening. Tato BPS byla prvním zařízením se vtláčením biometanu do sítě zemního plynu. Zařízení patří k nejmodernějším výrobním stanicím bioplynu v Evropě. Výkon BPS je $920 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ surového bioplynu. Z tohoto množství vznikne $485 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ biometanu.



Obr. 6 – letecký snímek BPS Pliening

Zdroj: <http://www.biogaspartner.de/index.php?id=11072>

Roční kapacita biometanu je přibližně 3,9 mil. Nm³ což je cca 43 mil. kWh, to odpovídá spotřebě tepla pro přibližně 1 300 rodinných domku. Biometan je vtlačěn do sítě zemního plynu Městských podniků veřejných služeb města Mnichov. V zařízení Pliening se používá pro úpravu bioplynu proces adsorpce se změnou tlaku (PSA). Vzniklý bioplyn musí obsahovat více než 96% metanu dle požadavků směrnice DVGW plynového hospodářství.

[22]

5 MOŽNOSTI ZVÝŠENÍ VÝROBY BIOPLYNU NA STÁVAJÍCÍCH ZAŘÍZENÍCH

Anaerobní rozklad organických látek a bioodpadů dlouhou dobu probíhal bez přílišného důrazu na účinnost a další parametry procesu, zejména při zpracování nejrůznějších druhů bioodpadů. V posledních letech se však výroba bioplynu uskutečňuje i z cíleně pěstovaných surovin a vzhledem k podstatnému zvýšení cen vstupů vzniká otázka efektivního využití surovin, protože výtěžnost bioplynu a jeho lepší kvalita se stávají klíčovou otázkou pro udržitelnou ekonomiku procesu.

Maximálního využití kapacitních možností BPS a dosažení co největší produkce bioplynu lze obecně dosáhnout dvěma způsoby, případně jejich kombinací.

1. Zlepšením využití vstupních substrátů
2. Zvýšením výkonnosti optimálním využitím stávající technologie

Rekonstrukce, nebo nová výstavba fermentorů, plynojemů a dalších technologických celků pro dosažení větší výroby bioplynu je finančně velmi nákladná. Z těchto důvodů je ekonomicky výhodnější provést taková opatření, aby ze stávajícího zařízení bylo využito maximum. Zvýšení výroby bioplynu na stávajícím zařízení lze dosáhnout zvýšením látkového zatížení fermentorů, předúpravou zpracovávaných surovin, zvýšením teploty fermentace z mezofilní do termofilní oblasti, nebo zvyšováním vstupní koncentrace zpracovávaného substrátu.

Předúpravou zpracovávaných surovin rozumíme zvýšení biologické rozložitelnosti vstupních materiálů za pomoci fyzikální, chemické, mechanické nebo biologické

dezintegrace. Většina bioplynových stanic je odkázána na zdroje z nejbližšího okolí, protože doprava ze vzdálenějších míst by výrazně zvyšovala náklady. Ne vždy jsou proto substráty vstupující do bioplynové stanice v harmonii s potřebami bakteriálního konsorcia v reaktoru a účinnost celého procesu se snižuje. Způsob, kterým můžeme účinnost tvorby bioplynu zvýšit, je přidavek aditiv.

5.1. Přehled intenzifikačních technologií

Biologické metody

Mezi biologické metody patří enzymová nebo mikrobiální předúprava. Přidání vhodných enzymů například celuláz, přímé použití mikroorganismů s vysokou celulázovou aktivitou a anaerobní houby napomáhající rychlejší hydrolyze. Slibná je biotechnologická metoda aplikace mikroorganismů se zvýšenou celulázovou aktivitou přímo do anaerobního reaktoru ve směsi s ostatními mikroorganismy fermentace. Tato metoda je však zatím ve stadiu výzkumu. [23] Ve fázi ověřování je například zjišťování využití aplikace kultivací řas. Další metoda je dotování fermentační směsi mikronutrienty jako například Co, Ni, Mo. Určitou nevýhodou biologických metod je v porovnání s dalšími špatná reprodukovatelnost výsledků. Zatím nejsou prozkoumány závislosti funkce enzymových přípravků různých výrobců na změny technologických podmínek anaerobní fermentace. Problémem je také vysoká cena enzymových přípravků a nutnost pravidelného dávkování do reaktoru. Z těchto důvodů prozatím nedošlo k rozšíření a širšímu uplatnění.

Chemické metody

Patří obecně mezi vysoce účinné způsoby hydrolyzy. Je minimálně v laboratorním měřítku odzkoušená celá škála chemických látek reagujících se sloučeninami buněčné stěny např. u čistírenských kalů (detergenty, rozpouštědla, ozón). Největší pozornost však byla věnovaná použití minerálních kyselin a zásad, zvyšujících rozklad i materiálu s vysokým obsahem celulózy. Hydrolyzu lze realizovat v podstatě v celém rozsahu pH. V kyselém prostředí kyseliny chlorovodíkové při pH 6 proběhne hydrolyza během 6 až 12 hodin. V zásadité oblasti pH 11,5 - 12,5 dochází k hydrolyze během 20 až 30 minut.

Mechanické metody

Patří sem dezintegrace a mletí tuhých látek přítomných v substrátu různými druhy mlýnů, drtičů, vysokotlakým homogenizátorem apod.

Způsob dezintegrace je řešen převážně následujícími způsoby:

- pomocí rotujících nožů, které odřezávají procházející hmotu
- pomocí řezných, kol které se otáčejí a drtí procházející hmotu
- pomocí dvou proti sobě se otáčejících šneků s vroubkováním, které rozmělňují procházející hmotu
- pomocí vertikálního šneku, který je opatřen noži

Zajímavou a provozně ověřenou mechanickou metodou používanou na bioplynových stanicích komunálních čistíren odpadních vod je dezintegrace čistírenských kalů v zahušťovací odštědivce s integrovaným zařízením pro destrukci buněk.

Během zahušťování přebytečného aktivovaného kalu v centrifugách dochází k mechanickému rozrušení malé části buněk mikroorganismů střížnými silami. Umístěním lyzovacího (rozrušovacího) zařízení do proudu vystupujícího zahuštěného kalu se zvýší účinnost destrukce buněčných stěn. Využije se tím částečně přebytek kinetické energie centrifugy. Takto upravená centrifuga je potom využívána jako dvojúčelové zařízení k lyzaci a zahušťování. Množství rozbitých buněk závisí na parametrech centrifugy (počet otáček, průměr bubnu, atd.), na druhu rozrušovacího zařízení a na druhu a kvalitě zpracovávané biomasy zpracovávaného aktivovaného kalu. Lyzace probíhá v centrifuze v oblasti zahuštěného kalu, a proto nedochází k ovlivnění jakosti koncentráту. Kal zahuštěný lyzátovací centrifugou je dále podroben anaerobní stabilizaci. [24]

Fyzikální metody

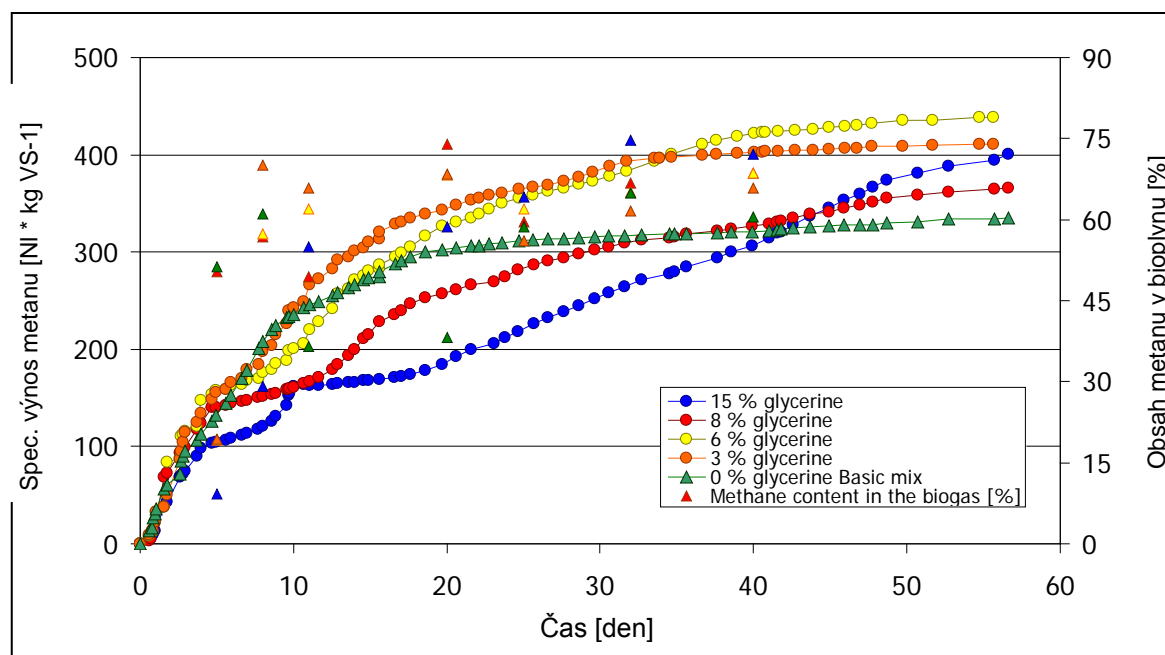
Z hlediska provozních aplikací jsou z této skupiny nejrozšířenější termická hydrolýza využívající působení zvýšené teploty a tlaku, ionizující záření a dezintegrace ultrazvukem. Mezi termickou předúpravu podle druhu suroviny může být zařazena pasterizace při 70 °C nebo hygienizace při 130 °C. Obě metody vedle sanitačního efektu fungují jako termická hydrolýza a zvyšují výtěžnost bioplynu.

5.2. Příklady použití

Glycerin

V poslední době se objevují příklady využití vedlejších produktů z výroby biopaliv v bioplynových stanicích, jedná se o tzv. glycerínové vody či G-fáze apod. Odpadní glycerinové fáze (G-fáze) vznikají při výrobě methylesteru z řepkového oleje. Glycerin je viskózní, hygroskopická tekutina bez zápachu. Surový glycerin vzniká jako vedlejší produkt z výroby metyl-esterů mastných kyselin při výrobě bionafty z čistě rostlinných olejů. Při použití glycerinu vzniká riziko zvýšené solnosti, která může narušovat stabilitu biologického procesu. [23]

Testování vlivu glycerinu na tvorbu metanu prováděla Rakouská univerzita BOKU ve Vídni. Jako substrát byla použita směs prasečí kejdy, kukuřičné siláže a glycerinu. Obr. 7 ukazuje výnosy metanu vyplývající z různých množství glycerinu, které byly přidány do základní směsi.



Obr. 7 - výnos metanu ze základní směsi a s dávkováním glycerinu

Základní směs obsahovala 31% kukuřičné siláže, 15% kukuřičných palic a 54% prasečí kejdy. Zelená čára grafu s "▲" na Obr. 7 ukazuje výnos metanu "základní směsi" bez glycerinu. Přídavek 3% glycerinu zvýšil výnos metanu o 20%. Přídavkem

6% glycerinu bylo dosaženo nejvyššího výnosu metanu. Přidání více než 6% glycerinu do základní směsi mělo jen malý pozitivní vliv na výnos metanu. Naopak přidání 15% glycerinu snížilo výnos metanu oproti základní směsi bez glycerinu.

Na základě tohoto pokusu lze říci, že dávka 3 až 6 % glycerinu do základní směsi má pozitivní účinek na tvorbu metanu. [26]

Využití anaerobních hub

Anaerobní houby osidlují zažívací trakt býložravců, zejména pak předžaludek přežvýkavců, kde společně s bakteriemi a prvoky tráví rostlinnou potravu přijatou hostitelským zvířetem. Bachorové či „střevní“ houby jsou jediné houby, které nejenže nepotřebují k životu kyslík, ale kyslík je pro ně toxický. Na bioplynových stanicích, které kromě odpadů živočišné výroby využívají i kukuřičnou siláž jakožto substrát, zůstává 40 – 60% biomasy nevyužito a proces je tak neefektivní. Experimenty bylo ověřeno, že anaerobní houby a jimi produkované enzymy jsou schopné zefektivnit transformaci polysacharidových materiálů na bioplyn. Opakovaně bylo použitím anaerobních hub dosaženo zvýšení výtěžnosti bioplynu, a to až o 20 %.

Problémem pro nasazení hub je složitá kultivace a jejich přenos do jiného systému a přirozené osídlení substrátu. Další negativní poznatek je ztráta schopnosti hub rozmnožovat se v bioplynovém fermentoru. Tento jev nebyl dosud dle dostupných pramenů uspokojivě vyřešen. [27] [28] [29]

Využití dřevokazných hub

V rámci projektu na fakultě chemické a potravinářské technologie, Slovenské technické univerzity byly zkoušeny možnosti využití dřevokazných hub na předúpravu lignocelulózových substrátů jako jsou listí, seno a sláma. Na předúpravu substrátu byla použita dřevokazná houba Ucho Jidášovo (*Auricularia auricula-judae*). Tato houba u nás roste velmi hojně, a to po celý rok, včetně zimy. Vyskytuje se převážně na živých i odumřelých větvích bezu černého. Jako substrát bylo použité listí kaštanu jedlého (*Castanea sativa*) a seno. Inokulace listí a sena proběhla za použití 6 tyčí o průměru 6 mm a délce 4 cm aktivně porostlých koloniemi houby. Doba prorůstání mycelia trvala 4 až 5 týdnů. Teplota kultivace byla 37°C a probíhala

ve tmě. Takto provedenou předúpravou substrátu pomocí houby bylo dosaženo 15 % zvýšení produkce bioplynu. [30]

5.3. Komerční přípravky

MethaPlus® S/L 100

BIOPRACT GmbH Berlin dodává na trh od roku 2005 přípravek MethaPlus® S/L 100. Výrobce tohoto přípravku deklaruje, že užití MethaPlus® S/L 100, umožňuje úsporu přibližně 1 tuny organického substrátu denně. Uvažujeme-li čerstvou hmotu průměrné kukuřičné siláže s obsahem sušiny 33%, vyjde nám, že můžeme snížit dávku siláže o 3 tuny denně, to znamená úsporu na jedné bioplynové stanici přibližně 1000 tun kukuřičné siláže ročně, při produkční době 330 dní v roce. Produkce bioplynu je zvýšena průměrně o 18 % (4–35 %) [31]

Možností využití tohoto produktu bylo posuzováno v rámci projektu Ministerstva životního prostředí (MŽP) SP/3g4/129/07 „Intenzifikace produkce bioplynu“ který byl řešen v letech 2007 až 2009. V rámci projektu proběhlo hned několik experimentů, které ověřovali účinnost tohoto preparátu ve vztahu k hydrolyze travní siláže a množství produkovaného bioplynu. Bylo naměřeno, že účinkem enzymu při dávkování 1 g/l × (0,5 ml 3x týdně) bylo dosaženo minimálního nárůstu specifické produkce bioplynu (2 – 4 %). Při dávkování enzymu o koncentraci 2 g/l (0,5 ml 3x týdně; tj. celková dávka enzymu

100mg na 1g org. sušiny substrátu) bylo zjištěno zvýšení produkce bioplynu o 5 – 21 % než u vzorků bez enzymu. Z použitých substrátů byl zaznamenán největší účinek enzymu na rozklad rostlinné biomasy u travní siláže. Enzym zároveň podporuje produkci bioplynu ze samotného inokula. Závěrem bylo konstatováno, že provedené experimenty jednoznačně neprokázaly schopnost přípravku štěpit rostlinné materiály na rozpustné organické látky využitelné jako substrát pro tvorbu bioplynu. [32] Dodavatel tohoto přípravku pro ČR firma NovaEnergio s.r.o. provedla testování na třiceti bioplynových stanicích. Dávkován byl produkt MethaPlus® L 100. Během zkušební doby byly všechny provozy detailně sledovány a všechny procesní údaje byly statisticky zpracovány. Naměřené hodnoty navýšení produkce bioplynu se pohybovaly v rozmezí 4% – 35%, v průměru pak dosahovaly hodnoty 19%. Kromě

navýšení produkce bioplynu bylo pozorováno výrazné snížení viskozity obsahu fermentoru. Hranice rentability použití přípravku byla na úrovni odpovídající navýšení bioplynu o 3%. [33]

BC.PRO®

Schaumann BioEnergy GmbH, SRN dodává směs mikrokomponentů vyrobených podle požadavků konkrétní BPS pod obchodním názvem BC.PRO®. Jedná se o směsi mikroživin vyrobené na základě konkrétní analýzy odebraných vzorků z fermentoru.

HOMOGEN

Homogen je biologický produkt pro zlepšení tekutosti kejdy a snížení jejího zápachu. Dodává se v granulované formě. Navázání dusíku v organické formě snižuje zatížení stájového vzduchu čpavkem a současně se stává kejda snesitelnější pro rostliny. Výrobce Schaumann BioEnergy GmbH, SRN [34]

Bio-Algeen WKL

Výrobce Schulze a Hermsen, Dahlenburg, SRN vyrábí biologický prostředek z mořských řas sklízené v arktických pobřežních marinních vodách. Bio-Algeen WKL je koncentrátem rostlinných gelů přírodních polysacharidů složených z polyuronových kyselin mořské řasy. Jedná se o hustou viskózní kapalinu hnědé barvy rozpustnou ve vodě. Má specifický pach marinního prostředí, případně mořských ryb. Přípravek je předurčen na úpravu odpadních vod z provozů, které zpracovávají rostlinný nebo živočišný materiál jako jsou cukrovary, škrobárny, mlékárny a podobně. [35]

Využití tohoto přípravku bylo testováno na Mendelově univerzitě v Brně v rámci projektu "Ověření možnosti ekonomických úspor v provozech BPS ve vztahu ke spotřebě vstupních surovin" v roce 2011. Ověření proběhlo v provozních podmínkách bioplynové stanice v Suchohrdlech. Přípravek měl tyto pozitivní přínosy:

- zachytil čpavek a sirovodík vznikající ve fermentátu
- podpořil metabolismus bakterií ve fermentoru stopovými prvky, které produkt z mořské řasy obsahuje
- zlepšil homogenitu a tekutost fermentátu

- hlubším rozložením organické sušiny zvýšil biologickou stabilitu a snížil riziko plyných emisí u digestátu
- zabránil tvorbě plovoucích krust a úsad na hladině a stěnách koncového skladu digestátu.

Vlivem aplikace přípravku Bio-Algeen WKL se postupně snižovala spotřeba organické sušiny, kdy v posledním měsíci testu klesla o 7,9 %. [36]

APD BIO GAS

BAKTOMA spol. s r.o., ČR pod obchodním názvem APD BIO GAS dodává bioenzymatický přípravek pro optimalizaci výkonu bioplynových stanic a následné odstranění zápachu z digestátu. Jedná se o směs bakteriálních kultur, enzymů a živin nutných pro činnost mikroorganismů podporujících metanogenezi. Výsledkem působení přípravku v bioplynových stanicích je lepší, účinnější a rychlejší rozklad biomasy (exkrementy zvířat; fytomasa – senáž, kukuřičná siláž, vybrané části rostlin apod.; odpady ze zpracovatelského a potravinářského průmyslu nebo např. masokostní moučka). Orientační dávkování je cca 1kg denně pro fermentor o velikosti 2000m³. [37]

Společnosti Sanbien Trade s.r.o. dodává na český trh přípravky Sannisty a Fatcrater Liquid. Výrobce těchto přípravků je Safekeepers Sannitree Pty (Ltd) Kapské město, Jihoafrická republika.

Sannisty

Sannisty je bioenzymatický přípravek pro snížení čpavku v ovzduší a kejďě. Zároveň zlepšuje tekutost kejdy a zrychluje rozložení statkových hnojiv a rozklad exkrementů hospodářských zvířat při současném zachování živin. Aplikuje se přímo na rošty do odtokových kanálů nebo na hlubokou podestýlku. [38]

Fatcracker Liquid

Jedná se o směsi přírodních enzymů, neobsahuje žádné fenoly, chloridy, či jiné chemikálie, je proto naprosto ekologický a šetrný jak k člověku, tak k životnímu

prostředí. Přednostně se používá k rozkladu tuků v kuchyních, vývařovnách a domácnostech. Odstraňuje nežádoucí zápach a zabraňuje růstu patogenních bakterií.

SEKOL JALKA

Přípravky řady SEKOL® výrobce Ventura-venkov, ČR obsahují užitečné bakterie z kmenů nepatogenních bakterií v zaspórované formě („uspané“), aktivací se užitečné bakterie „probouzejí“ a začínají „pracovat“, přičemž mají za cíl dosáhnoutí přírodní vyváženosti. Přípravek SEKOL JALKA slouží pro ošetření podlahy stájí a kejdrových jímků v chovech prasat. Zlepšuje tekutost kejdy, ozdravuje stájové prostředí, snižuje hladinu čpavku a omezuje zápach. [39]

Seche-etable

Přípravek pro ošetření podlahy stájí v chovech odstavených selat. Váže amoniak, zachycuje pachy, snižuje tlak infekcí, zlepšuje a provoní stájové klima, vysušuje plochy ke stání. Výrobce INTERLAC, Postfach, Kehl, SRN [40]

VERMISTIMUL

Jedná se o směs enzymů zlepšující kvalitu podestýlek a mikroklimatu stáje. Tento přípravek vyrábí firma Karel PECL – EKOVERMES, ČR.

Charakteristika a složení:

Jde o směs enzymů (proteázy, celulázy, lipázy, amylázy, hemicelulázy) biotechnologicky extrahovaných z biomasy žížal rodu Eisenia Foetida. Separované enzymy jsou stabilizované odpovídajícím nosičem a ošetřeny potravinářským konzervantem. [41]

6 INTENZIFIKAČNÍ OPATŘENÍ PRO VYBRANOU BPS

Jako referenční bioplynová stanice byla vybrána BPS Kněžice

6.1 Bioplynová stanice Kněžice

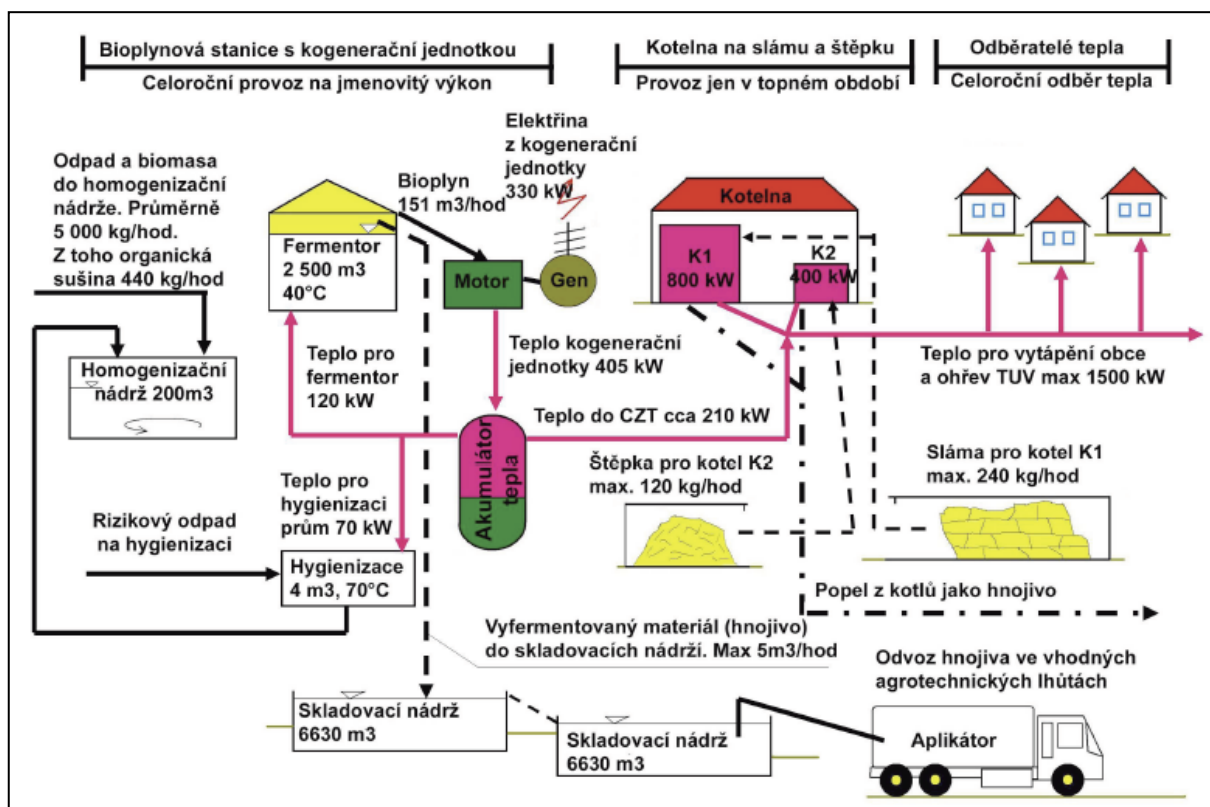
Bioplynová stanice Kněžice se nachází v blízkosti obce Kněžice ve Středočeském kraji, dvacet kilometrů severovýchodně od Poděbrad. Provozovatelem je firma Energetika Kněžice s.r.o. Stavební práce na výstavbě bioplynové stanice byly zahájeny v listopadu 2005, do zkušebního provozu byla uvedena v září 2006 a postupně do konce roku 2006 přešla do plného provozu se slavnostním zahájením 4. 12. 2006. Iniciátorem a investorem celého projektu je samotná obec Kněžice. Větší část finančních prostředků na projekt obec získala z fondu ERDF EU, Státního fondu životního prostředí a menší část tvoří půjčka od banky. Bioplynová stanice je součástí bioenergetického systému v obci Kněžice který je první svého druhu v České republice. Tento systém se skládá z kotelny na fytomasu, bioplynové stanice a distribuční sítě dodávající teplo pro topení a ohřev vody.

Kotelna na fytomasu

Kotelna na biomasu má dva kotle, jeden kotel o výkonu 800 kW na spalování slámy, druhý o výkonu 400 kW na spalování štěpky a dřevního odpadu, provozní zásobník slámy na přibližně 8 hodin nepřetržitého automatického provozu kotle na slámu, provozní zásobník štěpky na více než jednodenní automatický provoz kotle na štěpku, krytý sklad paliva na několik týdnů provozu kotelny, čerpací stanici pro cirkulaci topné vody v soustavě, chemickou úpravnu vody a systém udržování tlaku v soustavě CZT . Kotelna spaluje hlavně obilní slámu a energetický šťovík v obřích balících, drobný dřevní odpad, podle potřeby dodává teplo do soustavy CZT. Popel ze spalování slámy a dřeva je využíván jako hnojivo pro zemědělské pozemky. Kotle jsou normálně v provozu pouze v topném období, kdy přebytečné teplo z bioplynové stanice nestačí na pokrytí potřeby tepla v soustavě CZT. V létě jsou kotle odstaveny, přičemž menší kotel tvoří zálohu pro dodávku tepla do soustavy pro případ výpadku kogenerační jednotky anebo při jejím odstavení při plánované opravě. Výkyvy ve spotřebě pokrývá teplovodní akumulátor, který může zabezpečit pokrytí spotřeby tepla z kogenerační jednotky bez spouštění kotlů v přechodném období o jeden až dva dny.

Rozvod tepla

Rozvod tepla v obci je bezkanálový, z předizolovaného potrubí s diagnostickým systémem případných poruch a netěsností, celková délka tras, včetně přípojek, je cca 6 000 metrů. Předpokládaná nejvyšší spotřeba tepla soustavy CZT, včetně ztrát teplovodů, je cca 1500 kW. Provoz celé soustavy CZT včetně bioplynové stanice, kotelny a předávacích stanic je automatický, včetně diagnostiky a dálkového hlášení poruch. Zařízení kotelny a bioplynové stanice vyžaduje dozor 1x za 8 hodin provozu, plánovanou údržbu a servis a případně zásahy při poruchách. Ve větší míře je potřeba práce obsluhy jen při manipulaci s palivem a surovinami při příjmu a při jejich přípravě ke zpracování, při manipulaci s popelem z kotlů a při vyskladňování hnojiva z bioplynové stanice. [42]



Obr. 8 - Schéma energetického systému energeticky soběstačné obce Kněžice

Zdroj: brožura Bioplynová stanice energeticky soběstačné obce Kněžice, Energetika Kněžice s.r.o.

Za tento realizovaný projekt udělilo obci Kněžice Ministerstvo životního prostředí Certifikát energeticky soběstačné obce (ESO).

Části BPS

BPS obsahuje příjmový objekt vybavený příjmovou jámkou na tuhé odpady o objemu cca 4 m³ se šnekovým dopravníkem. Následuje hrubý drtič, detektor kovů a jemný drtič na frakci 12 mm. Materiál je následně veden do hygienizační linky kdy je při teplotě 70°C zdržován po dobu min. 60 minut. Jiná předúprava materiálu není možná. Všechny materiály jsou následně shromažďovány v jedné zásobní jámce o objemu 180 m³. Z této jámky je pak materiál dávkován do fermentoru o objemu 2500m³. Nad fermentorem je umístěn beztlakový plynojem na bioplyn s objemem 750 m³. Příjmový objekt je odsáván na biofiltr. Produkovaný bioplyn je zpracováván v jedné pístové kogenerační jednotce Jenbacher JMS 208 GS s elektrickým výkonem 330 kW a tepelným výkonem 400 kW. Kapalný odpad a kejda je stáčena přímo do zásobní jámky BPS o objemu 180 m³. Výstupní digestát je skladován ve dvou skladovacích nádržích o celkovém objemu 2 x 6630 m³. Součástí stanice je trafostanice 22/0,4 kV pro vyvedení elektrického výkonu kogenerační jednotky do elektrizační sítě. [42] [2] Schéma uspořádání provozu BPS je na Obr.9

Legenda:

1. Provozní budova
2. Homogenizační jámka
3. Fermentor
4. Skladovací nádrž
5. Skladovací nádrž
6. Sklad pro biomasu
7. Kotelna na slámu a štěpku



Obr. 9 – letecký pohled na BPS Kněžice
Zdroj: www.mapy.cz



Obr. 10 - Vstupní objekt na zpracování a hygienizaci odpadů

Zdroj: www.tenza.cz/files/3657/bps_tenza.pdf

BPS zpracovává především organický odpad z místní zemědělské farmy, keřda hospodářských zvířat, ale i krmné a posklizňové zbytky (siláž, traviny, šrot atd.). Stanice dále zpracuje a ekologicky naprosto nezávadně likviduje svážený obsah septiků a žump z Kněžic a okolí. Další surovinou plánovanou do budoucna pro bioplynovou stanici bude záměrně pěstovaná biomasa, například kukuřice a jeteloviny.



Obr. 11 – BPS Kněžice



Obr. 12 – pohled na kogenerační jednotku Jenbacher JMS 208 GS

Zdroj Obr.11: http://www.calla.cz/atlas/detail.php?id=1542&kat=3&img_id=3345

Zdroj Obr.12: <http://www.bioproject.cz/lang/cz-cs/fotogalerie/fotogalerie-knezice>

Protože je stanice vybavena tepelnou hygienizační linkou může zpracovávat rizikové vstupní suroviny. Například je schopna zpracovávat a ekologicky likvidovat zbytky jídel z restauračních zařízení a krev z jatek.

Fermentační zbytek je využíván jako hnojivo. Teplo z jednotky se z menší části využívá pro ohřev fermentoru a veškeré zbylé teplo se trvale dodává do rozvodu tepla v obci.

Základní technické údaje zařízení

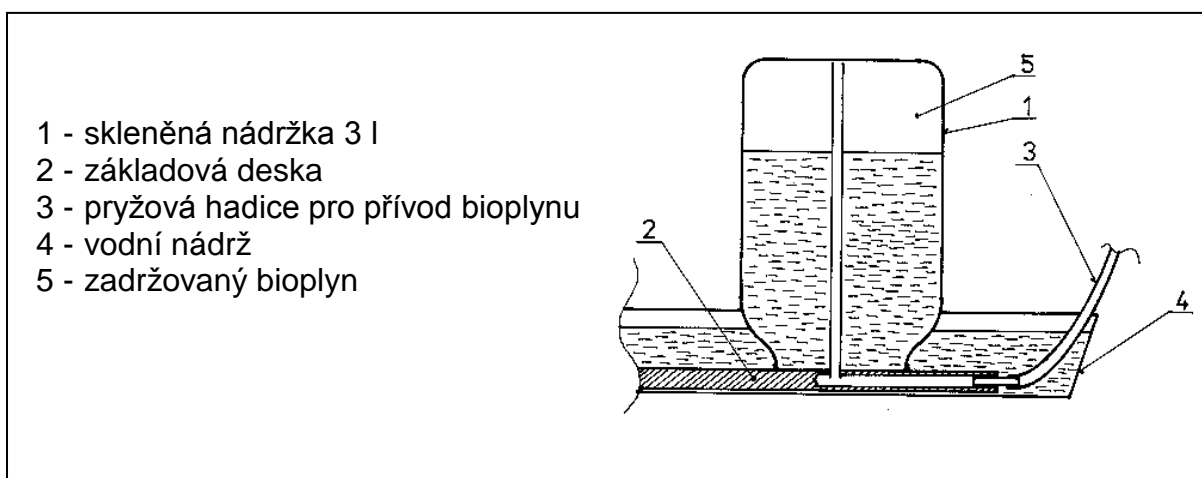
Objem fermentoru	2500m ³
Teplota fermentace	40°C
Obsah metanu v bioplynu	61%
Elektrický výkon	330 kW
Tepelný výkon	400 kW
Denní produkce bioplynu	3 626 m ³ .den ⁻¹
Vyrobenaá elektřina	7 920 kWh _{el} .den ⁻¹
Vyrobenaá tepelná energie	9 720 kWh _{th} /den ⁻¹
Výhřevnost bioplynu	21 MJ.m ⁻³

6.2. Návrh intenzifikačních opatření

Způsob, kterým můžeme účinnost tvorby bioplynu zvýšit, je přidáním aditiv do fermentoru. Na trhu je několik druhů aditiv lišící se svým složením, konzistencí i účinkem. Cílem této práce bylo popsat vliv jednotlivých aditiv na tvorbu bioplynu a sledovat i množství metanu v bioplynu před použitím a po použití aditiv.

Pokusná měření, byla provedena ve Výzkumném ústavu zemědělské techniky (VÚZT) v Praze Ruzyni. Pro pokusná měření jsem vybral sedm různých aditiv, která jsou na trhu běžně dostupná. Základní přehled o přípravcích jsem získal na webových stránkách VÚZT. [43] Svou účinností se jednalo zejména o enzymatické preparáty, přípravky pro podporu růstu žádoucích bakteriálních kultur nebo o lyofilizované bakterie. K testům byly využity malé pokusné nádoby s množstvím 1kg substrátu napojené na nádoby které slouží jako plynojemy. Schéma vodního

plynojemů je uvedeno na Obr. 13. Celkový pohled na sestavu je na Obr.14 a dále na Obr. 15 a 16.



Obr. 13 – schéma vodního plynojemu

Takto složené zařízení slouží k hrubému odhadu produkce bioplynu a dalších vlastností směsí různých substrátů, potravinářských odpadů, jatečních odpadů, fytomasy energetických plodin, kejdy, fugátu a neutralizačních činidel pro snížení kyselosti anaerobně zpracovávané směsi organických substrátů a různých enzymatických a bakteriálních aditiv pro ovlivňování průběhu procesu. Jako vzorkový základní materiál byl použit zfermentovaný substrát z bioplynové stanice Kněžice s obsahem sušiny 5% hm. Aditiva byla dávkována v množstvích doporučených výrobcem. Popis a doporučené dávkování aditiv je uvedeno v příloze č.3. Dávkování jednotlivých přípravků při pokusu je uvedeno v tabulce 5.



Obr. 14 – pohled na laboratorní sestavu fermentoru a nádob na jímání plynu (plynojemů)

Tabulka 5 – Množství aditiv dávkované na 1000g substrátu

fermentor	substrát	H ₂ O	a d i t i v u m							materiál
			Bio-algeen WKL	Sekol Jalka	Homogen	Sannisty	Liquid	Seche-etable	Vermistimul	
			ml	g	g	g	ml	g	ml	
1 B	1000	20	0,4							Bio-algeen WKL
2 B	1000	20	0,4							Bio-algeen WKL
3 B	1000	x		0,007						Sekol Jalka
4 B	1000	x		0,007						Sekol Jalka
7 B	1000	x			0,25					Homogen
8 B	1000	x			0,25					Homogen
9 B	1000	x				0,0125	0,0125			Sannisty+Liquid
10 B	1000	x				0,0125	0,0125			Sannisty+Liquid
11 B	1000	10						3		Seche-etable
12 B	1000	10						3		Seche-etable
3 C	1000	10								slepý pokus
4 C	1000	10								slepý pokus
7 C	1000	x							0,8	Vermistimul
8 C	1000	x							0,8	Vermistimul

Pro navážení přesného množství byly použity analytické váhy KERN ALJ 220 s chybou měření 0,1 mg. Pokusy probíhaly po dobu 27 dnů a výsledky byly porovnávány s množstvím metanu vytvořeného ze substrátu bez přídavku aditiv (slepý pokus). Výtěžky byly vztaženy na množství organické sušiny substrátu, které byly stanovovány pomocí elektrické laboratorní muflové pece MF5/1100°C/2,3kW OMRON. Vytvořený bioplyn byl, jímám do nádob dnem vzhůru naplněných vodou. Tato voda byla vnikajícím bioplynem vytlačována, a tím byl na stupnici měřen objem vytvořeného plynu. Množství metanu ve vznikajícím bioplynu bylo měřeno pomocí přístroje Dröger X-am 7000. Přístroj měří koncentrace plynů v následujících rozmezech: CH₄ 0-100 %, O₂ 0-25 %, CO₂ 0-100 %, H₂S 0-1000 ppm, CO 0-2000 ppm.

Na začátku laboratorních prací bylo do pokusné nádoby odváženo 1kg substrátu a výrobcem doporučené množství aditiva. Pro každé aditivum byly připraveny dvě pokusné nádoby. Ve vzorku substrátu byl stanoven obsah organické sušiny. Připravené nádoby byly uzavřeny, vloženy do vodní lázně temperované na 45° C a spojeny s nádobami na jímání plynu. V těchto podmínkách byly pokusné nádoby ponechány 27 dní a po tuto dobu bylo v pravidelných intervalech sledováno množství vytvořeného bioplynu a obsah metanu v něm.



Obr. 15 - pokusná nádoba



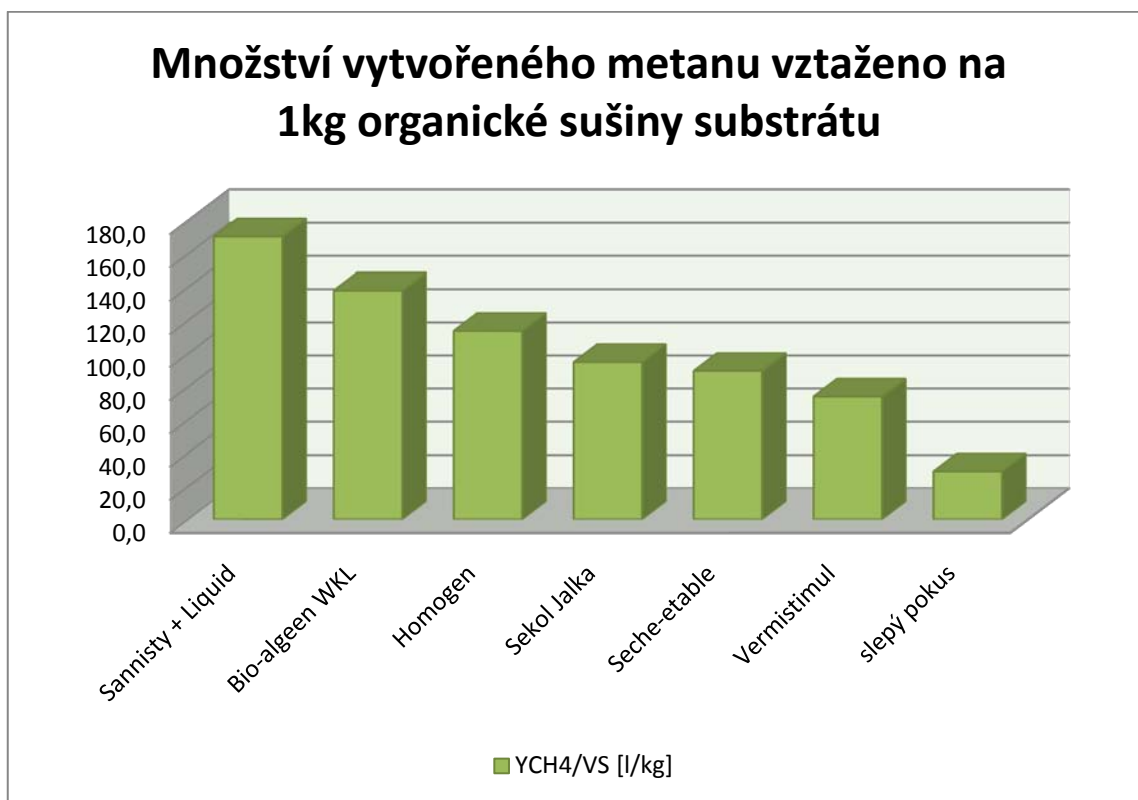
Obr. 16 – nádoby na jímání plynu

Zvýšení produkce bioplynu

Výsledná množství vytvořeného metanu za 27 dní jsou znázorněna v tabulce č.6 a v grafu na obrázku č. 17. Jedná se o kumulativní objemy vytvořeného plynu za 27 dní měření, které jsou vztaženy na obsah organické sušiny v substrátu. Z grafu je patrné, že všechna aditiva měla pozitivní vliv na tvorbu metanu, jeho výtěžky jsou po přidavku jakéhokoliv ze zkoušených aditiv vyšší, než v případě slepého pokusu. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při použití kombinace aditiv Sannisty a Liquid.

Tabulka 6 – množství vytvořeného metanu

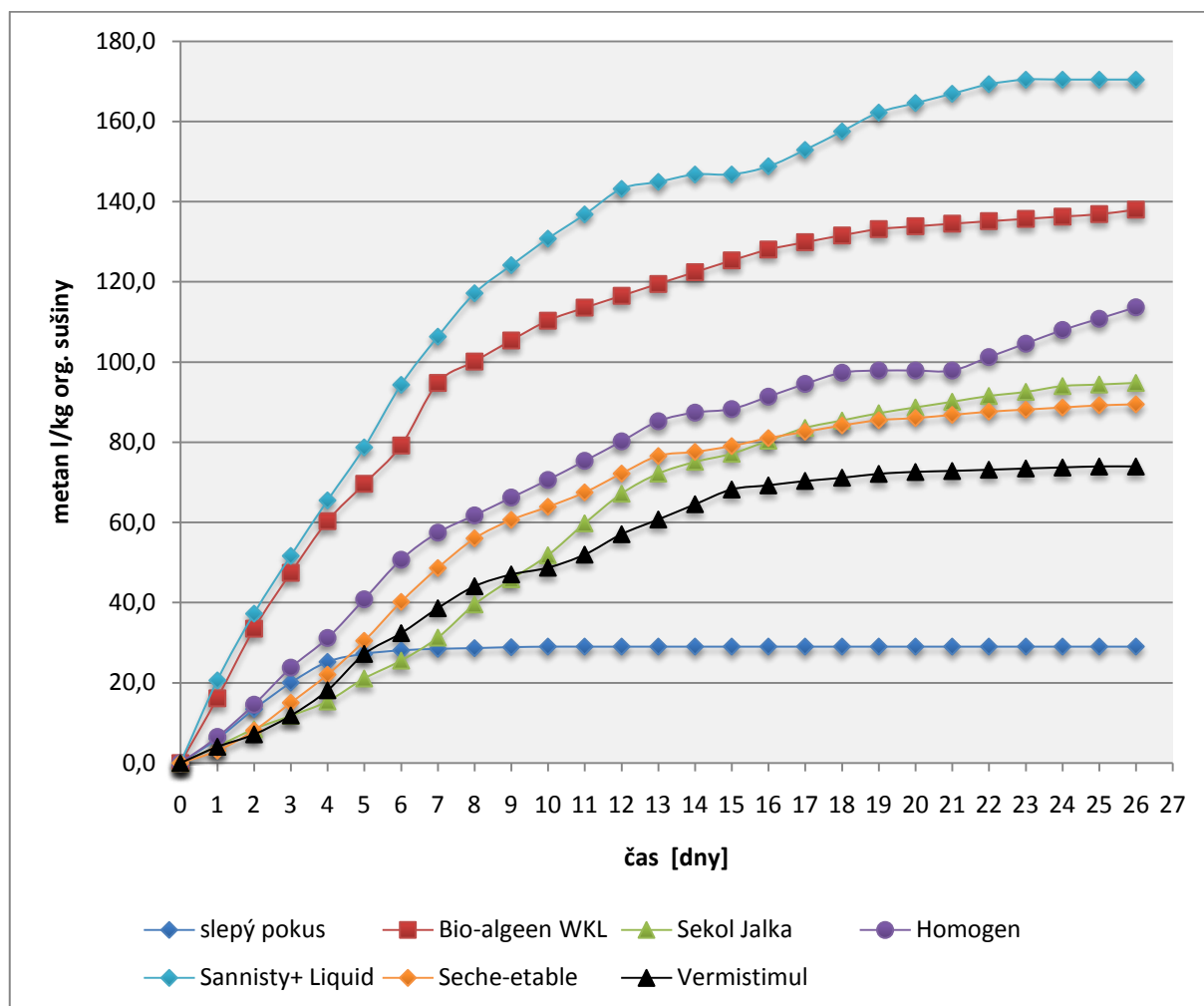
Přípravek	$Y_{CH_4} \cdot VS^{-1}$ [$l \cdot kg^{-1}$]
Sannisty + Liquid	170,4
Bio-algeen WKL	138,0
Homogen	113,7
Sekol Jalka	94,8
Seche-etable	89,5
Vermistimul	74,0
slepý pokus	29,0



Obr. 17 - Výsledky množství vytvořeného metanu vztaheno na organickou sušinu v průběhu času dle jednotlivých aditiv

V grafu na obrázku č. 18 je zachycen průběh tvorby metanu v jednotlivých dnech za jednotlivá aditiva. Průběh křivky, která sleduje tvorbu metanu je u všech zkoušených aditiv podobná. K intenzivní tvorbě plynu docházelo v prvních 7-8 dnech od zahájení pokusu. Poté se tvorba plynu zpomalila, v některých pokusných nádobách se zastavila úplně.

Je však nutné zdůraznit, že testy byly provedeny na substrátu z bioplynové stanice v Kněžicích, není tedy vyloučeno, že při použití jiného substrátu mohou být výsledky odlišné. Z dosažených výsledků lze tedy konstatovat, že přídavek aditiv podporuje tvorbu metanu a může tak zvýšit ekonomický přínos v procesu tvorby bioplynu.



Obr. 18 – průběh tvorby metanu

6.3. Ekonomický přínos

Na základě množství aditiva přidávaného do základní směsi byly vypočítány náklady na 1 kg organické sušiny substrátu. Odečtením množství vytvořeného metanu v slepém pokusu od množství metanu vytvořeného přidáním aditiv byla zjištěna výtěžnost metanu oproti slepému pokusu na 1 kg organické sušiny substrátu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 7. Ceny jednotlivých přípravků byly poskytnuty od VÚZT.

Tabulka 7 – vypočtené hodnoty

Přípravek	Množství aditiva na 1 kg org. sušiny substrátu	Jednotka	Cena	Náklady na 1 kg org. sušiny substrátu [Kč]	Výtěžnost metanu* navíc na 1 kg org. sušiny substrátu [l]
Bio-algeen WKL	0,4	ml	94,5 Kč/1 l	0,0378	109,0
SEKOL Jalka	0,007	g	500 Kč/500 g	0,007	65,8
Homogen	0,25	g	22,50 Kč/1 kg	0,005625	84,7
Sannisty	0,0125	g	140 Kč/50 g	0,04075	141,4
Liquid	0,0125	ml	230 Kč/0,5 l		
Seche-etable	3	g	790 Kč/ 25 kg	0,0948	60,5
Vermistimul	0,8	ml	336 Kč/1 l	0,2688	45

* o kolik více metanu se vyprodukovalo oproti slepému pokusu

Následně bylo vypočteno o kolik se vyrobí více kWh energie na 1kg organické sušiny substrátu a předpokládaný zisk. Pro výpočet byla brána tabulková hodnota výhřevnosti metanu $9,5 \text{ kWh.m}^{-3}$. BPS Kněžice zpracovává především jinou biomasu a výkupní cena vyrobené elektřiny je tedy zařazena do cenové sazby AF2. Garantovaná výkupní cena pro spalování bioplynu dle cenového rozhodnutí ERU pro rok 2012 činí $3,55 \text{ Kč.kWh}^{-1}$ viz tabulka 9. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8 – zisk na 1kg organické sušiny

Přípravek	Produkce elektřiny na 1kg org. sušiny substrátu [kWh]	Výnos [Kč. kg^{-1}]	Zisk na 1kg org. sušiny substrátu [Kč]*
Bio-algeen WKL	1,04	3,68	3,64
SEKOL Jalka	0,63	2,22	2,21
Homogen	0,80	2,86	2,85
Sannisty + Liquid	1,34	4,77	4,73
Seche-etable	0,57	2,04	1,95
Vermistimul	0,43	1,52	1,25
Slepý pokus	0,28	0,98	0,98

* za jeden cyklus (27dní)

Tabulka 9 - Výkupní ceny a zelené bonusy pro spalování bioplynu pro rok 2012

Kategorie	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč.MWh ⁻¹	Zelené bonusy v Kč.MWh ⁻¹
kategorie AF2	3550	2500

7. ZÁVĚR

Anaerobní rozklad organických látek a bioodpadů dlouhou dobu probíhal bez přílišného důrazu na účinnost a další parametry procesu, zejména při zpracování nejrůznějších druhů bioodpadů. V posledních letech se však výroba bioplynu uskutečňuje i z cíleně pěstovaných surovin a vzhledem k podstatnému zvýšení cen vstupů vzniká otázka efektivního využití surovin, protože výtěžnost bioplynu a jeho lepší kvalita se stávají klíčovou otázkou pro udržitelnou ekonomiku procesu v BPS.

Pokud chceme snížit náklady a zvýšit produktivitu na BPS musíme se problémem energetické účinnosti a intenzifikací procesu výroby bioplynu zabývat. Energetická účinnost by měla být řešena již v prvopočátku před stavbou BPS v rámci studie proveditelnosti. Cílem by mělo být zejména maximální využití odpadního tepla a snížení vlastní technologické spotřeby elektřiny. Na stávajících BPS vedou snahy o zlepšení energetické účinnosti k obnově nebo k rekonstrukci stávajících technologických celků a součástí. Tyto změny jsou však velice finančně nákladné. Další možností je intenzifikace výroby bioplynu na stávajících BPS využitím fyzikálních, chemických, biotechnických a mechanických metod. Všechny vyjmenované intenzifikační metody je nutné hodnotit individuálně podle konkrétních podmínek BPS a to zejména s vazbou na složení substrátu a teplotu procesu.

Mechanická dezintegrace a termická hydrolýza se již v praxi používají. Biotechnologické metody nejsou doposud plně prozkoumány. Slibné výsledky například vykazuje biotechnologická metoda aplikace mikroorganismů se zvýšenou celulázovou aktivitou přímo do fermentoru vše je však zatím ve fázi výzkumu. Komerční záležitostí se již stalo používání čistých enzymů, avšak je zde několik nedorozřešených otázek. Na trhu je několik druhů aditiv slibujících zvýšení produkce bioplynu. Problémem je, že není stanovena jednoznačná metodika jejich aplikace, která by zaručila výrobcem dané parametry výtěžnosti a závislosti funkce těchto

přípravků na změny technologických podmínek anaerobní fermentace. Brzdícím elementem rozšíření některých již odzkoušených metod je jejich technická a ekonomická náročnost.

Obecně lze říci, že prvotní snahou by mělo být zajištění dostatečné dezintegrace vstupních surovin pomocí mechanických metod a poté případně zvolit nějakou další již odzkoušenou metodu. Například dávkování vybraného a na daný substrát a fermentační proces odzkoušeného aditiva. Zvolením správných parametrů dezintegrace se zvyšuje účinnost hydrolýzy dle dostupných pramenů o 5 až 25% a zároveň se zkracuje doba zdržení ve fermentoru až o 20 až 40%.

Cílem práce bylo porovnat vliv vybraných aditiv na tvorbu metanu ze substrátu BPS Kněžice. Bylo vybráno sedm různých aditiv, které byly nadávkovány do pokusných nádob spolu se substrátem. Pokusy probíhaly po dobu 27dnů. Výsledky tvorby metanu byly porovnány s množstvím metanu vytvořeného ze substrátu bez přídavku aditiv (slepý pokus). Nejlepších výsledků bylo dosaženo při použití kombinace aditiv Sannisty a Liquid. Nárůst vytvořeného metanu oproti slepému pokusu byl o 141,4 l na 1kg organické sušiny substrátu.

Laboratorní testy sice potvrdily pozitivní vliv aditiv na produktivitu procesu anaerobní digesce, zkoušen však byl pouze jeden substrát, jedno dávkování aditiv, při jedné teplotě vodní lázně. Pro konkrétnější závěry je potřeba ověřit vliv těchto proměnných na produkci metanu. Nelze také předpokládat, že laboratorní pokusy a jejich výsledky budou přímo aplikovatelné v reálném provozu na skutečné BPS. Před aplikací aditiv do fermentoru BPS je nutné vždy ověřit vliv aditiv na konkrétní substrát a fermentační proces.

Závěrem lze říci, že pokud se podaří vyřešit výše popsaná úskalí při aplikaci aditiv lze používání těchto přípravků doporučit. Je to jedna z cest jak zvýšit produkci metanu a tím i zvýšit ekonomický přínos BPS.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KRATOCHVÍLOVÁ, Z. - HABART, J. a kol. *Průvodce výrobou a využitím bioplynu*. CZ Biom 2009. ISBN 978-80-903777-5-2.
- [2] KÁRA, J. - PASTOREK, Z. - PŘIBYL, E. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Praha 2007. ISBN 978-80-86884-28-8
- [3] PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. *Biomasa obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public s.r.o., 2004. ISBN 80-86534-06-5
- [4] DOHÁNYOS, M. *Anaerobní reaktor není černou skříňkou - teoretické základy anaerobní fermentace*. *Biom.cz* [online] Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>>. [cit. 10.února 2012]
- [5] FCHPT STU BRATISLAVA. Odborný seminár „*Produkcía bioplynu, pyrolýza a splynovanie – efektívny spôsob zhodnotenia biomasy ako obnoviteľného zdroja energie*“. Bratislava: FCHPT STU, 2010. ISBN 978-80-89088-88-1
- [6] - DOHÁNYOS, M. *Jak zvýšit efektivnost bioplynové stanice?*. *EnviWeb.cz* [online] Dostupné z <<http://www.enviweb.cz/clanek/bioplynky/73815/jak-zvysit-efektivnost-bioplynovy-stance>>. [cit. 20.prosinec 2011]
- [7] MICHAL, P. *Bioplyn – energie ze zemědělství*. Praha: Informační přehledy ÚZPI, 2005 Dostupné z <http://www.agronavigator.cz/attachments/Studie_bioplyn.pdf>. [cit. 20.prosinec 2011]
- [8] BRANDEJSOVÁ, E., PŘIBILA, Z. *Bioplynové stanice (zásady zřizování a provozu plynového hospodářství)*. Praha: GAS s.r.o., 2009. ISBN 978-80-7328-192-2
- [9] MŽP, *Metodický pokyn k podmínkám schvalování bioplynových stanic před uvedením do provozu*. *Mzp.cz* [online] Dostupné z <http://www.mzp.cz/cz/schvalovani_bioplynovy-stance>. [cit. 20.prosinec 2011]
- [10] Fortex – AGS. *Bioplynové stanice „suchá“ anaerobní fermentace*. *fortexbioplyn.cz* [online] Dostupné z <<http://www.fortexbioplyn.cz/cz/bioplynovy-stance-sucha-fermentace/>>. [cit. 21.prosinec 2011]
- [11] BIOPLYN CS. *Popis anaerobní technologie*. *bioplyncs.cz* [online] Dostupné z: <http://bioplyncs.cz/popis_anaerobni_technologie>. [cit. 2.ledna 2012]
- [12] POSPÍŠIL, L. *Suchá fermentace – alternativní výroba bioplynu*. Sborník konference – Výstavba a provoz bioplynových stanic, 2010, Třeboň

- [13] CZBA. *Výroba elektrické energie z OZE v roce 2011*. Coba.cz [online]. Zdroj: <<http://www.czba.cz/aktuality/vyroba-elektricke-energie-z-oze-v-roce-2011.html>>. [cit. 15.února 2012]
- [14] EurObserv'ER. *The state of renewable energies in europe 2011*. Eurobserv-er.org [online] Dostupné z <http://www.eurobserv-er.org/quest_bilan_11.html>. ISSN: 2101-9622.
- [15] RENERGY, *Základní údaje k výrobě bioplynu*, Dostupné z <http://www.renergy.cz/pdf/vyroba_bioplynu.pdf>. [cit. 2.února 2012]
- [16] KUSÝ, P. *Podpora výroby elektřiny z biomasy a bioplynu (z pohledu ERÚ)*. Dostupné z <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/S3_06.pdf>. [cit.12.listopadu 2011]
- [17] ŠVEC, J.- KÁRA, J.- VÁŇA, J. *Využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství, zemědělské bioplynové stanice*. Chrudim: Ekomonitor 2011. ISBN 978-80-86832-49-4
- [18] ERU. *FAQ - Obnovitelné zdroje energie*. ERU.cz [online] Dostupné z <http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=860>. [cit. 22.února 2012]
- [19] SIS Zábřeh. *Energetická koncepce města Šumperk*. Dostupné z: <www.sumperk.cz/filemanager/files/file.php?file=37691>. [cit. 22.února 2012]
- [20] ŠAFARÍK, M. *Bioplynové stanice – podmínky a možnosti využití tepla*. Biom.cz [online]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-podminky-a-moznosti-vyuziti-tepla>>. ISSN: 1801-2655. [cit. 2012-03-25]
- [21] SEVEn. *Energetická efektivnost bioplynových stanic*. Praha: SEVEn, 2011
- [22] Aufwind Schmack GmbH. *Bioplynová stanice v obci Pliening*. Sborník konference Výstavba a provoz bioplynových stanic. Třeboň 2008.
- [23] DOHÁNYOS, M. *Zvyšování efektivity fermentace - nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi*. Biom.cz [online]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zvysovani-efektivity-fermentace-nejnovejsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi>>. ISSN: 1801-2655. [cit. 2012-02-16]
- [24] KAJAN, M. - LHOTSKÝ, R. *Možností zvýšení výroby bioplynu na stávajících zařízeních*. Mpo-efekt.cz [online]. Dostupné z <<http://www.mpo-efekt.cz/dokument/30.pdf>>. [cit. 18.února 2012]
- [25] DVOŘÁČEK, T. *Základní problémy přípravy a provozu bioplynových stanic v České republice*. Biom.cz [online]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zakladni-problemy-pripravy-a-provozu-bioplynovych-stanic-v-ceske-republice>>. ISSN: 1801-2655. [cit. 23.února 2012].

- [26] Kryvoruchko, V.- Amon T. *Influence of nutrient composition on methane production from animal manures and co-digestion with maize and glycerine*. Dostupné z <http://www.boku.ac.at/fileadmin/_/H93/H931/AmonPublikationen/Influence_of_nutrient_composition_on_methane_production_from_01.pdf>. [cit. 23.února 2012].
- [27] FLIEGEROVÁ, K. - ŠTROSOVÁ, L. *Anaerobní houby a jejich biotechnologické aplikace*. Mezinárodní konference bioplyn 2011 [CD-ROM]. Praha: GAS s.r.o., 2011. ISBN 978-80-86176-41-3
- [28] PROCHÁZKA, J. *Anaerobní houby v technologii výroby bioplynu*. Mezinárodní konference bioplyn 2011 [CD-ROM]. Praha: GAS s.r.o., 2011. ISBN 978-80-86176-41-3
- [29] ZÁBRANSKÁ, J. *Intenzifikace výroby bioplynu z rostlinných materiálů*. Biom.cz [online]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/intenzifikace-vyroby-bioplynu-z-rostlinnych-materialu>>. ISSN: 1801-2655. [cit. 17. února 2012]
- [30] MACKULÁK, T.- PROUSEK, J.- KUBASKÁ, M. *Možnosti zvýšení produkce bioplynu pomocou predúpravy sena a lístia využitím drevokazných húb*. Mezinárodní konference bioplyn 2010 [CD-ROM]. Praha: GAS s.r.o., 2010. ISBN 978-80-7328-224-0
- [31] NOVAENERGO, *MethaPlus[®] S/L 100*. Dostupné z <<http://www.novaenergo.cz/get.php?id=496>>. [cit. 18.února 2012]
- [32] DOHÁNYOS, M. - KAJAN, M. *Výsledky projektu MŽP – intenzifikace produkce bioplynu*. Mezinárodní konference bioplyn 2010 [CD-ROM]. Praha: GAS s.r.o., 2010. ISBN 978-80-7328-224-0
- [33] ŠTAMBASKÝ, J., *Využití enzymových přípravků ke zvýšení výroby bioplynu z biodegradabilních odpadů*. Dostupné z <http://www.uake.cz/novinky/odpady_biodegradabilni_2008/odpady_2008/prispevky/stambasky.pdf> [cit. 18.února 2012]
- [34] SCHAUMANN. *Produkty pro podporu fermentace*. Dostupné z <<http://bioplyn.schaumann.cz/produkty/>>. [cit. 10.ledna 2012]
- [35] BIO-ALGEEN. *Bio-Algeen WKL*. Dostupné z <<http://www.bioalgeen.cz/odpovy.html>>. [cit. 17.ledna 2012]
- [36] VOSTOUPAL, B.- VEVERKA, F. *Ověření možnosti ekonomických úspor v provozech BPS ve vztahu ke spotřebě vstupních surovin*. [online] Mendelova univerzita v Brně. Brno 2011. Dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/file/142394/>>

Overeni_moznosti_ekonomickych_uspor_v_provozech_BPS_ve_vztahu_ke_spotr_ebe_vstupnich_surovin.doc>. [cit. 2.března 2012]

- [37] BAKTOMA. *Bio-enzymatický přípravek pro optimalizaci výkonu BPS*. Baktoma.cz [online]. Dostupné z <<http://www.baktoma.eu/index.php?page=produkty-pro-prumysl-a-zemedelstvi&sub=bps-apd-bio-gas>>. [cit. 5.března 2012]
- [38] Sanbien Trade. *Sannisty*. Sanbien.com [online]. Dostupné z <<http://www.sanbien.com/index.php?lang=cz&menu=about>>. [cit. 5.března 2012]
- [39] VENTURA-VENKOV. *Užitečné bakterie*. Ventura-venkov.cz [online]. Dostupné z <<http://www.ventura-venkov.cz/>>. [cit. 26.února 2012]
- [40] KETRIS. *Seche-etable*. Ketriz.cz [online]. Dostupné z <<http://www.ketriz.cz/>>. [cit. 26.února 2012]
- [41] EKOVERMES. *Vermistimul*. Ekovermes.cz [online]. Dostupné z <<http://www.ekovermes.cz/>>. [cit. 26.února 2012]
- [42] DVOŘÁČEK, T. *Bioplynové stanice na zpracování bioodpadů v České republice*. Biom.cz [online]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynovy-stance-na-zpracovani-bioodpadu-v-ceske-republice>>. ISSN: 1801-2655. [cit. 15.března 2012]
- [43] VÚZT, v.v.i.. *Seznam ověřených biotechnologických přípravků*. VUZT.cz [online]. Dostupné z <<http://www.vuzt.cz/index.php?l=A91>>. [cit. 3.ledna 2012]

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BPS - Bioplynová stanice

EU – Evropská unie

ERU - Energetický regulační úřad

CZT - Centrálního zásobování tepla

VUZT - Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.

OZE – obnovitelný zdroj energie

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1 - SCHÉMA VZNIKU BIOPLYNU Z BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ.....	5
OBR. 2 –SCHÉMA BPS	16
OBR. 3 – SCHÉMA SUCHÉ BPS GARÁŽOVÉHO TYPU	18
OBR. 4 - POČET LICENCOVANÝCH VÝROBEN ELEKTRINY A JEJICH INSTALOVANÝ VÝKON.....	20
OBR. 5 – MODELOVÝ VÝPOČET STUPNĚ ENERGETICKÉHO VYUŽITÍ BIOPLYNU SEV_{BP}	28
OBR. 6 – LETECKÝ SNÍMEK BPS PLIENING	28
OBR. 7 - VÝNOS METANU ZE ZÁKLADNÍ SMĚSI A S DÁVKOVÁNÍM GLYCERINU	32
OBR. 8 - SCHÉMA ENERGETICKÉHO SYSTÉMU ENERGETICKY SOBĚSTAČNÉ OBCE KNĚŽICE	39
OBR. 9 – LETECKÝ POHLED NA BPS KNĚŽICE.....	40
OBR. 10 - VSTUPNÍ OBJEKT NA ZPRACOVÁNÍ A HYGIENIZACI ODPADŮ	41
OBR. 11– BPS KNĚŽICE	41
OBR. 12 – POHLED NA KOGENERAČNÍ JEDNOTKU.....	41
OBR. 14 – POHLED NA LABORATORNÍ SESTAVU FERMENTORU A NÁDOB NA JÍMÁNÍ PLYNU (PLYNOJEMŮ)	43
OBR. 13 – SCHÉMA VODNÍHO PLYNOJEMU	43
OBR. 15 - POKUSNÁ NÁDOBA	45
OBR. 16 – NÁDOBY NA JÍMÁNÍ PLYNU	45
OBR. 17 - VÝSLEDKY MNOŽSTVÍ VYTVOŘENÉHO METANU VZTAŽENO NA ORGANICKOU SUŠINU V PRŮBĚHU ČASU DLE JEDNOTLIVÝCH ADITIV	46
Obr. 18 – průběh tvorby metanu	47

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1 – PRŮMĚRNÉ SLOŽENÍ BIOPLYNU [1]	4
TABULKA 2 - LÁTKY OMEZUJÍCÍ FERMENTACI A JEJICH ŠKODLIVÉ KONCENTRACE	7
TABULKA 3 - NĚKOLIK SUROVIN A JEJICH VLASTNOSTÍ, VČETNĚ VÝNOSU BIOPLYNU.....	11
TABULKA 4 - VÝKUPNÍ CENY A ZELENÉ BONUSY PRO SPALOVÁNÍ BIOPLYNU PRO ROK 2012.....	21
TABULKA 5 – MNOŽSTVÍ ADITIV DÁVKOVANÉ NA 1000G SUBSTRÁTU.....	44
TABULKA 6 – MNOŽSTVÍ VYTVOŘENÉHO METANU	45
TABULKA 7 – VYPOČTENÉ HODNOTY	48
TABULKA 8 – ZISK NA 1KG ORGANICKÉ SUŠINY	48
TABULKA 9 - VÝKUPNÍ CENY A ZELENÉ BONUSY PRO SPALOVÁNÍ BIOPLYNU PRO ROK 2012.....	49

Seznam využitelných bioodpadů na bioplynové stanici

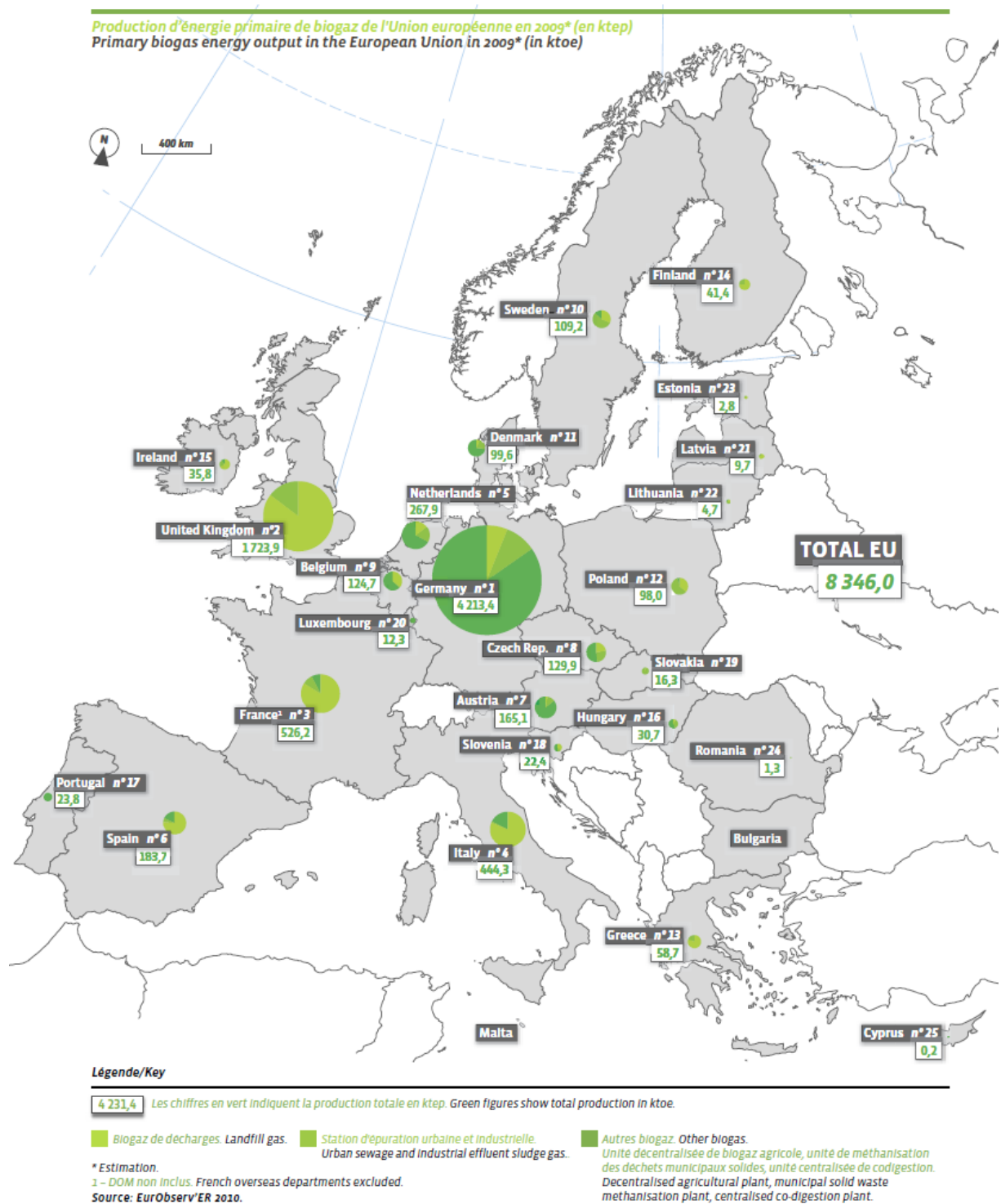
Zvláštní způsoby nakládání	Druhy odpadů podle Katalogu odpadů ¹⁾	
	02	Odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a z výroby a zpracování potravin
	02 01	Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství
	02 01 01	Kaly z praní a z čištění
	02 01 03	Odpad rostlinných pletiv <i>Například: posekaná tráva, zkažená nemořená osiva</i>
1	02 01 06	Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalné odpady, soustředované odděleně a zpracovávané mimo místo vzniku
	02 01 07	Odpady z lesnictví
1	02 02	Odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu
1	02 02 01	Kaly z praní a z čištění
1	02 02 03	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování <i>Například: zkažené nebo záruční lhůtou prošlé potraviny živočišného původu, kousky rohů, zvířecí srst, peří</i>
1	02 02 04	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
	02 03	Odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kaka, kávy a tabáku; odpady z konzervářského a tabákového průmyslu, z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy
	02 03 01	Kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace
3	02 03 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování <i>Například: spadané ovoce, odpady ze zeleniny a ovoce, obilí, droždí, tabákové odpady</i>
	02 03 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
	02 04	Odpady z výroby cukru
	02 04 01	Zemina z čištění a praní řepy
	02 04 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku <i>Nekontaminované kaly nebo zbytky z filtračních lisů ze separovaného zachycování odpadní vody z procesů potravinářského průmyslu, výroby pochutin a krmiv</i>
	02 05	Odpady z mlékárenského průmyslu
1	02 05 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
	02 05 02	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
	02 06	Odpady z pekáren a výroby cukrovinek
3	02 06 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování <i>Například: droždí, ztvrdlé a jinak prošlé pečivo</i>
	02 06 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
	02 07	Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kaka)

Zvláštní způsoby nakládání	Druhy odpadů podle Katalogu odpadů ¹⁾	
	02 07 01	Odpad z praní, čištění a mechanického zpracování surovin <i>Například: pivovarské mláto, odpadní kvasnice</i>
	02 07 02	Odpad z destilace lihovin
3	02 07 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
	02 07 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
	03	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky
	03 01	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek a nábytku
	03 01 01	Odpadní kůra a korek
	03 01 05	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy, neuvedené pod číslem 03 01 04 (bez obsahu nebezpečných látek – impregnační, fungicidní a jiné látky)
	03 03	Odpad z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky
	03 03 01	Odpadní kůra a dřevo
	03 03 07	Mechanicky oddělený výmět z rozvlákňování odpadního papíru a lepenky
	03 03 08	Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci
	03 03 09	Odpadní kaustifikační kal
	03 03 10	Výmětová vlákna, kaly z mechanického oddělování obsahující vlákna, výplně a povrchové vrstvy z mechanického třídění
	03 03 11	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod číslem 03 03 10
	04	Odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu
	04 01	Odpady z kožedělného a kožešnického průmyslu
1	04 01 01	Odpadní kůže a štipenka
	04 01 07	Kaly neobsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
	04 02	Odpady z textilního průmyslu s výjimkou textilií ze syntetických vláken
1	20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
1	20 01 25	Jedlý olej a tuk
	20 02	Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)
	20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad <i>Například: posekaná tráva, seno, listí, spadlé ovoce, odpady ze zeleniny, kůra, posekané křoviny, ořezané části stromů, drobný odpad ze zpracování dřeva, ovoce, zelenina, dřevo (vcelku nebo posekané), odděleně sebrané organické hřbitovní odpady kromě trávy a části keřů z okrajů silnic.</i>
	20 03	Ostatní komunální odpady
	20 03 02	Odpad z tržišť <i>Například: květiny, ovoce, zelenina.</i>
2	20 03 04	Kal ze septiků a žump

Kurzívou jsou uvedeny příklady s případnými zvláštními požadavky na přijímaný odpad.

1) Vyhláška č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů.

Přehled produkce bioplynu v EU za rok 2009 (v ktoe)



Poznámka: **toe** je energetická jednotka (Ton of Oil Equivalent). Představuje energii uvolněnou při hoření jedné tuny oleje. 1toe odpovídá 41,868 GJ nebo 11,63 MWh.

Zdroj: BIOGASBAROMETER – EUROBSERV'ER – NOVEMBER 2010

	Popis	Balení	Výrobce	Distributor CZ	Použití	Doporučené dávkování	Cena
Bio-Algeen WKL	Hustá viskózní kapalina hnědé barvy rozpustná ve vodě. Má specifický pach marinního prostředí – případně mořských ryb	Plastikový kanystr 5 l	Bio-Algeen Schulze & Harnusen GmbH Germany	BIOALGEEN, Ing. V. Gjurov, 251 64 Klokočná 89, Phone: 224 937 749 Mob.: 603 825 659	V předurčen na úpravu odpadních vod z provozů, které zpracovávají rostlinný nebo živočišný materiál- cukrovary, škrobárny, mlékárny apod.	200-400 ml přípravku na 1m ³ , ředění 1:50 do 1:100	1 l / 94,50 Kč
Sannisty	Prášek, světle krémová barva bez zápachu	Plechovka 500 g, 1000 g	Safekeepers Sannitree Pty (Ltd) Cape Town, South Africa	SANBIEN s.r.o., Nádražní 19, 150 00 Praha 5, Phone: 257 317 267, 257 313 198	Bioenzymatický přípravek pro ošetření podestýlky nebo podlahy stáji v chovech drůbeže, prasat a skotu, možno využít i pro vývin bioplynu	1 kg přípravku na 80 t + 1 l Liquidu, zředit 1 000 g přípravku ve 20-100 l roztoku (teplota vody 20 °C, nepoužívat kovové nádoby)	50 g / 140 Kč
LIQUID	Viskózní kapalina, zelená barva, specifická velice příjemná vůně	Plastikový kanystr 1 l	H. Wilhelm Schaumann GmbH, An der Muhlenau 4, 254 21 Pinneberg, Germany	SCHAUMANN ČR s.r.o., Náměstí Svobody 35, 387 01 Volyně, Phone: 383 339 110	Směsí přírodních enzymů. Odstraňuje zápach na skládkách hnoje, kejdy, odpadních vod	1 l na 80 m ³ kejdy + Sannisty	0.5 l / 230 Kč
HOMOGEN	Prášek	Pytel 25 kg	INTERLAC-Postfach 1340 – D 77673 Kehli, Germany	KETRIS s.r.o., Valchařská 36, 614 00 Brno, Phone: 545 235 027	Biologický přípravek pro ztekcení kejdy a snížení jejího zápachu.	250 g přípravku na 1m ³	1 kg / 22,50 Kč
Seche-etable	Prášek	Pytel 3kg nebo 25 Kg	Ventura – Venkov s.r.o., Jedousov 28, 535 01 Přelouč, Phone: 466 972 370, Mob.: 724 275 846	Pro ošetření podlahy stáji v chovech odstavených selat. Váže amoniak, zachycuje pachy, snižuje tlak infekci, zlepšuje a provoní stájové klima, vysušuje plochy ke stání.	50-300 g přípravku na 1m ³	25 kg / 790 Kč	
SEKOL JALKA	Prášek (nosič – krmná mouka)	Kyblík 500 g	Karel PECL-EKOVERMES, 742 43 Pustějov 41, Phone: 556 400 856, Mob.: 731 613 799	Slouží pro ošetření podlahy stáji a kejdových jímek v chovech prasat. Zlepšuje tekutost kejdy, ozdravuje stájové prostředí, snižuje hladinu čpavku a omezuje zápach.	1 kg přípravku na 500 m ³	500 g / 500 Kč	
VERMISTIMUL	Kapalina	Plastikové kanystry 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 l			Směs enzymů biotechnologicky extrahovaných z biomasy žíhal rodu Eisenia Foetida. Zlepšuje kvalitu podestýlek a mikroklima stáje.	20 ml přípravku na 1 m ³ , ředění 1:10	1 l / 336 Kč