

**Mendelova zemědělská a lesnická univerzita  
v Brně**  
Institut celoživotního vzdělávání ve spolupráci s  
Ústavem zemědělské, potravinářské a environmentální techniky  
Brno, Zemědělská 1, PSČ 613 00

---

# **P ř í r u č k a**

**Návrh mikrobiální sanace  
v technologiích bioplynových stanic –  
provozní aplikace mikrobiotechnologických  
prostředků  
ve vybraných provozech bioplynových stanic**

---

**Brno 2008**

<b>Název</b>	<b>Návrh mikrobiální sanace v technologiích bioplynových stanic – provozní aplikace mikrobiotechnologických prostředků ve vybraných provozech bioplynových stanic</b>
<b>Objednatel</b>	<b>Česká republika – Ministerstvo zemědělství Praha 1, Těšnov 17, PSČ 117 05 Odbor bezpečnosti potravin, environmentálního rozvoje a prevence znečištění IČO: 00020478</b>
<b>Důvěrnost, copyright a kopírování</b>	<b>Důvěrné sdělení.</b> Tento dokument byl zpracován v rámci Smlouvy o dílo č.14/IPPC/2008 o poskytnutí prostředků z funkčních úkolů MZe ČR z rozpočtu běžných výdajů pro rok 2008. Obsah nesmí být poskytován třetím stranám za jiných podmínek, než jak je uvedeno ve smlouvě.
<b>Jednací číslo</b>	<b>PM / ED / 24092008</b>
<b>Zpráva číslo</b>	<b>MZe / MZLU / IPPC / 25092008</b>
<b>Status zprávy</b>	Vydání 2
<b>Zhotovitel</b>	<b>Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně Institut celoživotního vzdělávání ve spolupráci s Ústavem zemědělské, potravinářské a environmentální techniky Brno, Zemědělská 1, PSČ 613 00</b>
<b>Řešitel</b>	Ing. Luděk Kamarád, Ing. Petra Dundáková, Dr. Ing. Petr Marada, prof. Ing. Jan Mareček, DrSc.
<b>Oponoval</b>	Ing. Tomáš Vítěz, PhD.

## OBSAH:

<b>1.</b>	<b>Předmluva</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Úvod</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Literární přehled</b>	<b>8</b>
3.1	Využití kejdy v provozech bioplynových stanic – problematika generování	
3.2	Využití biopreparátů při zpracování biomasy v provozech bioplynových stanic	
<b>4.</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>16</b>
4.1	Rozklad organické složky zbytkového substrátu na BPS Brno-Černovice	
4.2	Mikrobiotechnologická sanace zapáchajícího digestátu	
<b>5.</b>	<b>Metodika</b>	<b>17</b>
5.1	Rozklad organické složky zbytkového substrátu na BPS Brno-Černovice	
5.2	Mikrobiotechnologická sanace zapáchajícího digestátu	
<b>6.</b>	<b>Vlastní řešení, výsledky a závěr</b>	<b>19</b>
6.1	Rozklad organické složky zbytkového substrátu na BPS Brno-Černovice	
6.2	Mikrobiotechnologická sanace zapáchajícího digestátu	
<b>7.</b>	<b>Přehled použité literatury</b>	<b>31</b>
<b>8.</b>	<b>Přílohy</b>	<b>35</b>
	Přehled o aplikovaných tabulkách	
	Přehled o aplikovaných grafech a vyobrazeních	
	Tabulkový přehled použitých zkratk a značek	

# 1. Předmluva

---

Aktuální potřeba setrvalého zlepšování podmínek životního prostředí nejenom ve městech, ale i v typických venkovských sídelních aglomeracích a jejich technologických subsystémech je stále velice aktuálním apelem. Ten je sice celospolečensky vnímán, diskutován, avšak realizační podoba tohoto pozitivního trendu nemívá vždy patřičně rychle uplatnitelnou a dostatečně progresivní podobu.

Nezbývá tedy, než čile hledat a bezodkladně volit postupy, které jsou jak technicky, tak i ekonomicky dosažitelné a proveditelné. Musí však být současně plně spolehlivé a působící v co nejširším spektru variabilních prostor a zařízení, produkuje jako katabolity rozmanité organické zátěže, a to nejenom plynného skupenství. Jedním z významných faktorů tohoto sanativního segmentu jsou právě rychle se rozvíjející bioplynové stanice ve všech svých technologických variantách.

Jejich provoz sebou přináší nejenom energetický efekt v podobě zisku cenné energie z obnovitelných zdrojů, případně z odpadních materiálů, ale i nezanedbatelný podíl zřetelné zátěže – a to především v podobě plynných, ale i kapalných katabolitů, vyžadujících patřičnou péči ve smyslu cíleného omezování jejich nežádoucích ataků vůči biotickému prostředí. A to je náplní tohoto elaborátu, přinášejícího technologickou inspiraci k dostupnému a provozně jednoduchému řešení zmíněného základního problému.

Připomínáme proto příhodnou možnost uplatnění polyfunkčnosti osobité kategorie bioalginátů, využívajících vlastních naturálních mechanismů a přírodních relačních dispozic ke stimulaci jednak produkčních metanogenních, ale také i dalších saprofytických mikrobiálních společenstev. Tedy především společenstev, směřujících k nastolení potřebných mikrobiotechnologických dějů, kterými lze, aniž by měnily podstatu okolního prostředí, toto významně a v několika směrech regulovat a zejména pak příznivě usměrňovat.

Úkolem této studie proto je provozní ověření vhodné operativní metody mikrobiotechnologické stimulace metanogenních procesů bioalginátovými přípravky ve fermentorech bioplynové stanice, s následným zvýšením energetické výtěžitelnosti použitých biodegradabilních materiálů.

Výsledkem studie bude návrh vhodné a v rutinní praxi bezproblémově realizovatelné metodiky pro využití tohoto stimulativního a současně i sanativního postupu v praxi provozovaných bioplynových stanic.

Zároveň budou sledovány kvalitativní parametry výstupního digestátu s ohledem na jeho efektivní zhodnocení.

Směrodatnými indikátory budou:

- rychlost nástupu využitelné produkce bioplynu;
- doba využitelnosti použité zakládky;
- posouzení energeticky významných kvalitativních charakteristik vyrobeného bioplynu (obsah metanu, kalorická hodnota);
- paralelně budou formou orientačního screeningu sledovány tímto postupem ovlivnitelné aspekty hygienické a ekotoxikologické.

Odborným podkladem této příručky bude evropský dokument BREF pro kategorii č. 6.4 a) a 6.5 přílohy č. 1 k zákonu č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, ve znění pozdějších předpisů „Jatka a zařízení na zneškodňování zvířecích těl a živočišného odpadu“. Stávající provozovatelé asanačních podniků a pracovníci státní správy řeší problematiku možného uplatnění a využití masokostní moučky v rámci kejdového hospodářství zemědělských provozů za účelem využití v technologii bioplynových stanic faremního typu.

Obsahem příručky je informativní návod, jak lze přistupovat ke zintenzívnění a současně i k environmentálnímu a hygienickému řešení komplexního omezování hlavních zátěžových rizik, které mohou být důsledkem této formy provozované mikrobiotechnologie. Současně je zde také poukázáno na produkty vývoje nových biotechnologií jako akceptace návrhu nové a použitelné BAT technologie. Cílem v tomto směru je poskytnout reálné praxi dostatek informací pro využití bezreziduálních biologických stimulátorů metanogeneze a současně i o postupu efektivního omezování fugativní kontaminace biotického prostředí. A to zejména pak v provozech faremních bioplynových stanic, spolu s poskytnutím rešerše dostupných informací a stručný report o jejich praktickém ověření a uplatnění v praxi.

## 2. Úvod

---

Změna přístupu k množícím se odpadům ve smyslu jejich zodpovědnějšího obhospodařování sebou logicky přináší nutnost řešit stále naléhavější problematiku, jak tyto odpady neškodně, ekonomicky a pokud možno ještě i s následným přínosným efektem zpracovávat. Tato tendence se velice citlivě dotýká i oblasti zemědělské výroby v celé její šíři, ale také komunální sféry a řady dalších segmentů hospodářské oblasti., Tedy konkrétně způsobu hospodaření s jejich organickými odpady, zbytkovou biomasou a různými druhotnými surovinami organického původu a posklizňovými i potěžebními zbytky.

Aktuální energetická situace ve světě se vyznačuje narůstající poptávkou po energiích a s tím zcela logicky souvisejícím silným nárůstem cen. Konvenční zdroje energie jsou již časově striktně limitovány predikcí vyčerpání jejich zásob. Proto je celospolečenská pozornost stále výrazněji orientována na možnosti produkování dostatku energií z tzv. obnovitelných zdrojů.

Původní naivistické představy, že hrozící schodek energetických zdrojů a jejich rezerv z kategorie fosilních paliv plně pokryjí vodní elektrárny a velké hydrocentrály. Realistické hodnocení současnosti již kalkuluje se všemi dostupnými technologiemi a zdroji, které jsou schopny efektivně a v pokud možno kontinuálním režimu potřebnou energii poskytovat. A tato kritéria se jeví být shodnými s možnostmi bioplynových stanic.

Jejich skutečný význam je samozřejmě podpořen ještě dalším, neméně závažným faktem. Zpracovávají totiž nezanedbatelná množství organického odpadu a kromě toho, že tím napomáhají v řešení nároků na úložiště odpadů, řeší současně i nežádoucí kontaminaci biotického prostředí spontánně vznikajícími katabolity.

Jejich ataky směřují primárně do aerosféry, rizika tohoto jevu dostávají čím dál, tím zřetelnější globální význam. Relativně skryté jsou však druhotné úniky rozpadných složek směrem do pedosféry a zejména pak do hydrosféry – s následky, majícími intoxikační charakter, jenž se manifestuje negativním ovlivňováním životodárné tekutiny. Tedy především pitné vody a návazně i významných článků potravního řetězce

Zemědělství je dozajista odvětvím, které má pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů největší předpoklady. Jedním z těchto velmi perspektivních obnovitelných zdrojů energie je bioplyn, který je navíc významně lukrativní komoditou.

Hlavními důvody využití anaerobní fermentace organických materiálů, jejichž původ je v zemědělství, jsou:

- získání významného druhotného a obnovitelného zdroje energie
- odstranění negativního vlivu odpadových reziduí na životní prostředí.
- produkce kvalitních organických hnojiv

V současné době leží v České republice ladem kolem půl milionu hektarů zemědělské půdy. Pro naplnění cíle roku 2010 by stačilo využívat přibližně polovinu této výměry. Podle údajů Ministerstva zemědělství České republiky se počítá s výměrou 1,5 milionu ha půdy pro pěstování biomasy pro energetické účely. Předpokládá se, že do roku 2010 stoupne v České republice podíl elektrické energie z obnovitelných zdrojů v hrubé spotřebě na osm procent, v současné době dosáhl asi poloviční úrovně. To České republice ukládá směrnice Evropské unie. Elektrická energie vyrobená z bioplynu se na tom může podílet velkou měrou.

Současný tlak Evropského společenství a jeho legislativních direktiv tento směr orientace v oblasti náhradních energetických zdrojů jednoznačně podporuje a navíc i efektivně materiálně stimuluje. Je tedy jen na operativním rozhodnutí směrodatných veličin, jak všechny tyto skutečnosti využijí. Náš elaborát se snaží zmíněné trendy věcně podpořit,

### 3. Literární přehled

---

#### Využití kejdy v provozech bioplynových stanic – problematika generování

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 plyných složek, metanu ( $\text{CH}_4$ ) a oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ). 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.

Anaerobní mikroorganismy produkující metan (metanogeny) jsou považovány za jedny z nejstarších živých organismů na naší planetě. Kyslík i v sebemenší koncentraci je pro ně totéž jako prudký jed pro živé organismy. Jejich přizpůsobivost umožnila přežít i poté, co se v atmosféře Země začal objevovat kyslík. Jejich těsná symbióza s jinými aerobními organismy, které jim zajišťují energetický zdroj a anaerobní (bezokyslíkaté) prostředí, umožnila jejich přežití po mnoho milionů let až do dnešní doby. Všudypřítomné metanogenní kultury proto v přírodě nalézáme zásadně ve směsných kulturách nikoliv v čistém stavu. Biologický rozklad organických látek v anaerobních podmínkách je proces, který se nazývá metanová fermentace, metanové kvašení, anaerobní fermentace, anaerobní digesce, biogasifikace, biometanizace, biochemická konverze organické látky. Tento proces probíhá v přírodě za určitých podmínek samovolně nebo je vyvolán záměrně pomocí biotechnických zařízení.

Výsledkem metanové fermentace je vždy směs plynů a fermentovaný zbytek organické látky. Pro tuto směs plynů, obsahujících vždy dva majoritní plyny (metan  $\text{CH}_4$  a oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ ) a v praxi početnou, avšak objemově zanedbatelnou řadu minoritních plynů, se ustálily různé názvy podle jejich původu nebo místa vzniku.

Centrem pozornosti této studie je však bioplyn, který se stává velice významnou (ale také i lukrativní) komoditou. Obecně lze tento název použít pro všechny druhy plyných směsí, které vznikly biologickými procedurami – tedy konkrétně plynotvornou aktivitou specifických mikroorganismů. Tím je vyjádřeno, že všechny druhy bioplynů anaerobního původu vznikají principiálně stejným způsobem, ať probíhá metanogenní proces pod povrchem země nebo v zažívacím traktu živočichů. A to zejména pak u přežvýkavců, ale i v luminu skládek komunálních odpadů, v produkčních lagunách nebo v řízených anaerobních reaktorech. V technické praxi se ustálilo použití názvu bioplyn pro plynou



směs, vzniklou anaerobní fermentací vlhkých organických látek v umělých technických zařízeních (reaktorech, digestorech, lagunách se zařízením na jímání bioplynu, atd.).

Spočívá v mezofilním (18 – 45°C) nebo termofilním (40 – 70°C) anaerobním vyhřívání kejdy s následným odčpavkovaním a aerobním dočištěním kalové vody (fugátu) s výrobou bioplynu [tvořen hlavně metanem (CH<sub>4</sub>) – 55-70% a oxidem uhličitým CO<sub>2</sub> - 27-44%]. Bioplyn se využívá jako energeticky bohaté palivo, vygenerovaný kal se používá ke hnojení a kalovou vodu lze použít obdobným způsobem jako hnojivou zálivku nebo se čistí biologickou aktivací a teprve pak se vypouští do povrchových vodních recipientů.

Princip vzniku bioplynu je ve všech popisovaných případech (zemní plyn, důlní plyn, kalový plyn, skládkový plyn, reaktorový plyn) stejný. Jeho fyzikální a chemické vlastnosti však závisí na materiálových a procesních parametrech. V ideálním případě by bioplyn obsahoval pouze dva majoritní plyny, a to metan (CH<sub>4</sub>) a oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>). Koncentrace metanu se obvykle pohybuje od 50 do 75 %. V ideálním případě jej doplní 25 – 50 % oxidu uhličitého. V praxi je však surový bioplyn tvořen příměsí dalších minoritních plynů, které mohou signalizovat přítomnost některých chemických prvků v materiálu nebo poruch průběhu anaerobní fermentace.

Vysoký obsah oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) znamená, že nebyly vytvořeny optimální podmínky pro anaerobní fermentaci. Přítomnost volného kyslíku (O<sub>2</sub>) s výjimkou počáteční fáze procesu může být zapříčiněna zavzdušňováním pracovního prostoru. Tento stav je nežádoucí z bezpečnostního hlediska tvorby výbušné směsi metanu se vzdušným kyslíkem. V bioplynu se mohou objevit stopy argonu, který je vzdušného původu, amoniaku a oxidu dusného. V případě komunálního odpadu se mohou v bioplynu ze skládky objevit stopy dalších nežádoucích příměsí (například halogenuhlovdíků a jejich derivátů, atd.). Objeví-li se v bioplynu stopy vodíku (H<sub>2</sub>), není to na závadu jeho energetické kvalitě, ale svědčí to o narušení rovnováhy mezi průběhem acidogenní a metanogenní fáze, způsobené nadměrnou zátěží reaktoru surovým materiálem a nebo dochází z různých důvodů k inhibičním účinkům potlačujícím rozvoj metanogenních organismů. Stopy oxidu uhelnatého (CO) mohou indikovat lokální vznik ložisek požáru při suché anaerobní fermentaci. Tato nebezpečná situace se vyskytuje především na skládkách komunálních odpadů, nikoliv v reaktorech. Velmi významným minoritním plynem v bioplynu je v některých případech sulfan (H<sub>2</sub>S) pocházející zpravidla z biochemických procesů při rozkladu proteinů (bílkovin). Obsah sulfanu (H<sub>2</sub>S) v bioplynu je velmi proměnlivý. Při zpracování exkrementů z chovu skotu je jeho obsah zanedbatelný, u exkrementů prasat a drůbeže je naopak velmi vysoký, což působí potíže při následném konečném využití bioplynu (tab. 1.2).

K nevýhodám této technologie patří technologický požadavek na zabezpečení dostatku kejdy s relativně vyšším obsahem sušiny. Při nesplnění této podmínky nejsou vytvořeny dostatečné předpoklady pro optimální rozvoj termofilních bakterií (zejména při zpracovávání kejdy prasat, vyznačující se téměř obligátně nižším obsahem sušiny) a méně kvalitní kejda pak musí být sušinou obohacována dodatečně. Důležitým mementem však je varovný fakt, hovořící o tom, že pokud probíhá fermentace kejdy při nižší teplotě (v mezofilní oblasti), existuje reálné riziko nedostatečného hygienického zabezpečení produkovaných materiálů (vyhnilého kalu, kalové vody).

Dalším nedostatkem je značný objem kalové vody (asi 50% vstupního množství kejdy), která vyžaduje buď dočištění, nebo aplikaci na pozemky jako kapalné hnojivo, které má ovšem velmi nízké hnojivé účinky, které neuhradí ani náklady na aplikaci. Tato technologie zpracovávání kejdy není dostatečně efektivní také z toho důvodu, že je doprovázena vyššími ztrátami org.látek (až 50% původního obsahu) a živin (74% N, 76% P a 86% K) a je rovněž provozně a investičně náročná.

### **Orientační přehled základních vlastností bioplynu**

**Výhřevnost:** Hodnota výhřevnosti bioplynu je určena majoritním obsahem metanu ( $\text{CH}_4$ ) (obr. 1.4). Ostatní minoritní plyny v bioplynu ( $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,...) mají prakticky zanedbatelný energetický význam. **Spalné teplo** suchého bioplynu má hodnotu stejnou jako výhřevnost. **Hranice zápalnosti** metanu ve směsi se vzduchem je 5 – 15 % objemových. Tato koncentrace metanu již tvoří výbušnou směs. **Zápalná teplota** bioplynu je určena stejnou hodnotou pro metan, tj. 650 – 750 °C. Velmi důležitá je hodnota **hustoty** metanu a bioplynu s 60 % podílem  $\text{CH}_4$ . Bioplyn je těžší než vzduch a vytváří pro živočichy i člověka smrtelně nebezpečné prostředí v reaktorových nádobách, v prohlubeninách u skládek a podobně. Po separaci obou hlavních složek bioplynu (kterou zpravidla naruší termodifuze), klesá oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) dolů.

### **Stručný nástin technologie na výrobu bioplynu z kejdivých hmot (mokrý fermentace)**

Reaktor je základní technologickou částí anaerobního procesu, zde se rozmnožují především metanogenní mikrobiální kultury. Hlavní podmínkou pro dobrou činnost těchto mikrobiontů je udržení relativně konstantní hodnoty teploty – a to na optimální úrovni. Zajištění takové vhodné teploty vložené biomasy je uskutečňováno pomocí ohřevu substrátu přímo ve fermentoru a nebo i externě, mimo fermentor. V prvním případě slouží jako topné médium horká voda, přiváděná dovnitř reaktoru systémem zabudovaných topných hadů (kovových nebo plastových), kde dochází ke předávání tepla z takto rozváděného termizačního média. Tento systém se používá zejména u menších a středních nádrží. Druhou možností je indukování ohřevu externí cirkulací reaktorové směsi přes tepelné výměníky, do nichž je opět

přiváděna topná horká voda. Tento způsob zároveň navíc ještě umožňuje kvalitní a dlouhodobější promíchávání reaktorové směsi. Pro ohřev teplé vody se využívají horkovodní kotle, zařízené na spalování bioplynu, nebo lépe kogenerační jednotky.

U starších provozů se můžeme setkat i s tzv. kombinovanými ohřivači, což je vlastně spojení kotle a výměníku do jedné jednotky. Nevýhodou těchto ohřivačů je jejich nízká tepelná účinnost. Konstrukce výměníků mohou být řešeny v různých podobách, (na př. systémem trubka v trubici, výměníky deskové, šroubovicové nebo spirálové). K cirkulaci kalu mezi reaktorem a výměníkem se používají výkonná kalová čerpadla.

Reaktor musí být rovněž opatřen zařízením pro míchání kalu v průběhu generování bioplynu. To může být řešeno pomocí čerpadla umístěného vně nádrže – při externím ohřevu, které je často kombinováno s proplyňováním bioplymem, (proplyňování obvykle zajišťuje paralelně instalované dmychadlo). Míchání stlačeným bioplymem je výhodné zejména s hlediska omezování usazování písku a drobných mechanických komponent na dně nádrže a souběžné tvorbě kalového koláče na povrchu hladiny kalu. Další možností je použití vrtulového míchadla – buď rychloběžného, nebo pomaloběžného s velkým průměrem míchací vrtule. Jeho energetická náročnost a požadavky na frekventní údržbu však jsou několikanásobně vyšší – tedy ovlivňují i nákladovost vlastní produkce bioplynu

Anaerobní reaktorové systémy můžeme podle způsobu fixace reagující biomasy rozdělit na systémy „prázdné“ tedy reaktory, v nichž je biomasa nesena na reagujícím substrátu, což je drtivá většina zemědělských bioplynových stanic. Tyto systémy patří mezi reaktory tzv. suspenzní, a kromě míchadel, topných systémů anebo usměrňovacích vestaveb není již v reaktorech žádná výplň. A to na rozdíl od systémů, kde je biomasa fixována na náplních či vestavbách reaktorových nádob. Takové reaktory, v nichž je biomasa fixována na pevném nosiči anebo na výplních aparátů anebo je granulována a zdržuje se jako kalový mrak ve vznosu, dosahují vyšší zatížitelnosti oproti reaktorům „prázdným“, kde reagující biomasa je nesena zpracovávaným substrátem.

Reaktorové systémy s fixovanou biomasou se používají více pro technologické zpracování odpadů v chemických a potravinářských provozech (roztoky, koloidní roztoky, jemné suspenze), ale rovněž tak i v technologiích čištění městských i průmyslových odpadních vod. Reaktory bezvýplňové, s biomasou nesenou na Ty by ve fixovaných vrstvách a náplních nemohly být použity, neboť by jejich přítomností docházelo k ucpávání reaktoru.

## Využití vhodných biopreparátů při zpracování biomasy v provozech bioplynových stanic

Bioalgináty jsou hydrolyzáty hnědé mořské řasy *Ascophyllum nodosum*, získávané v čistých pobřežních vodách v okolí Islandu. Navazují na úspěšné uplatnění řas a řasových přípravků v potravinářství a humánní i veterinární medicíně a nabízejí nejenom vlastní účast na tradiční sféře sanace a zhodnocování odpadních biologických materiálů, ale i specifické konzervace uvolňovaných živin. Bioalgináty disponují navíc i desodorační i detoxikační schopností, která se uplatňuje v půdním profilu nebo ve sládkovaných vrstvách odpadních materiálů biologického původu, kde svým vlivem na specifickou biologii dekompozitorů účinně potlačují emise plyných katabolitů z rozkladných dějů.

První řasy se údajně na Zemi objevily někdy před 3,2 miliardami let a podle dedukcí odborníků prý tehdy byly pouze jednobuněčné. Do vyspělejších, mnohobuněčných forem se vyvinuly až asi o 1,8 miliardy let později. (AHMAD-1989,; VOSTOUPAL, NOVÁK, ŠOCH – 2006; VOSTOUPAL ŠOCH, JELÍNEK – 2006;). Biologové dodnes popsali zatím na 50 000 druhů řas – od těch miniaturních a jednobuněčných velikosti kolem 10 mikronů až po obrovské mnohobuněčné chaluhy, dorůstající do výšky až šedesáti metrů (DOBSON-1992; RŮŽIČKA-1999). Drobné jednobuněčné řasy tvoří plankton, jímž se živí většina mořských živočichů. Mnohobuněčným se daří zejména v pobřežních pásmech moří (PEARCE–1996).

Schopnost bioalginátů významně podporovat specifické mikrobiální kooperátory, žijící v navazujícím prostředí, schopné potlačovat úniky fugativních plyných katabolitů, jejichž chemickou podstatu de facto efektivně konzervují, se stává v reálné současnosti mimořádně potřebnou. Tento fakt extrémní potřeby desodorace dokládáme odkazem na fenomén IPPC (integrované prevence před znečišťováním), prosazovaný Evropskou unií, který si v blízké budoucnosti doslova vynutí aplikaci zmiňovaných mikrobiotechnologických systémů

Přípravky bioalgeenové řady jsou – jak již bylo zmíněno v úvodu – koncentrátem specifických rostlinných gelů a přírodních polysacharidů, složených z polyuronových kyselin a cukrů z mořské řasy. Tyto uronové kyseliny jsou polyelektrolyty s vysokou iontovýměnnou kapacitou na úrovni 5.000 – 20.000 m/val. (VOSTOUPAL, ŠOCH, NOVÁK, JELÍNEK-2005). Absorbují substance, uvolněné biologickým rozkladem organické hmoty, zvláště pak jejich plyné formy, ale i celou řadu toxických prvků a komponent, včetně radioaktivních (BARNEY, BLEWETT-1993).

Mají molekulovou strukturu identickou s šedou huminovou kyselinou, která s jemnými částicemi půdy vytváří jílovito-humusový komplex (VOSTOUPAL, ŠOCH a kol.- 2005; VOSTOUPAL, ŠOCH, NOVÁK a kol. – 2006.). Komplexují těžké kovy a eliminují tak jejich

toxicitu, a to včetně některých radioaktivních toxikantů (ROUXHET, MOZES-1990; VOSTOUPAL, ŠOCH a kol.- 2005; VOSTOUPAL, ŠOCH, NOVÁK a kol. – 2006.).). Ve vodě tvoří pod vlivem kovů vodou nerozpustný „gel-vločky“.

Jde tedy o univerzální živnou půdu, v jejíž přítomnosti se mikroorganismy velmi rychle a v rovnováze množí, bez ovlivnění chemickými rušivými faktory (SCHAEFFER, BEASLEY – 1989). Na příklad Bio-Algeen WKL na principu silné aktivace bakteriálního rozkladu organických látek vydatně podporuje samočisticí schopnost odpadní vody a zrychluje sedimentaci vysrážených částic (;VOSTOUPAL, VURM – 1989; ZABLOUDIL, NOVÁK, VRÁBLÍKOVÁ, ŠOCH-1999; VOSTOUPAL, JELÍNEK, PLÍVA, DĚDINA, NOVÁK-2003). Výrazně snižují i hodnoty CHSK a BSK<sub>5</sub> v asanovaných vodách (BURGER-1978; HEMSWORTH, COLEMAN-1998).

Efektivitu a vhodnost nasazení a následného uplatnění bioalginátů v odpovídajících aplikačních formách, zaměřených na kontrolu toxických složek v prostředí, jmenovitě pak těch, které vznikají v souvislosti s různě intenzivní zemědělskou výrobou, případně s jiným odvětvím s biologickým typem produkce, posuzovala dnes již celá řada autorů (AMON, DOBIEC-1994; ALTMANN, WIEGAND – 1990;; BROUČEK J. – 1995; CANTAZARO – 2000; VOSTOUPAL, ŠOCH a kol. 2005, WATSON – 1999).

O dosažení příznivých výsledků s aplikací bioalginátů při omezování evaporací plyných katabolitů z rozkladných dějů referovali BURGER a STOYE . 1978;; FONTALBA-1998; ŠOCH, VOSTOUPAL, LANDOVÁ a kol. – 2006;

### **Použití popisovaných přípravků pro stimulaci a zefektivnění metanogeneze v bioplynových stanicích**

Pro oblast stimulace metanogeneze při výrobě bioplynu byl již opakovaně s úspěchem ověřen postup, využívající přídavek Bio-algeenu WKL aplikovaný do biodegradabilní kompozice, vkládané do bioreaktoru.

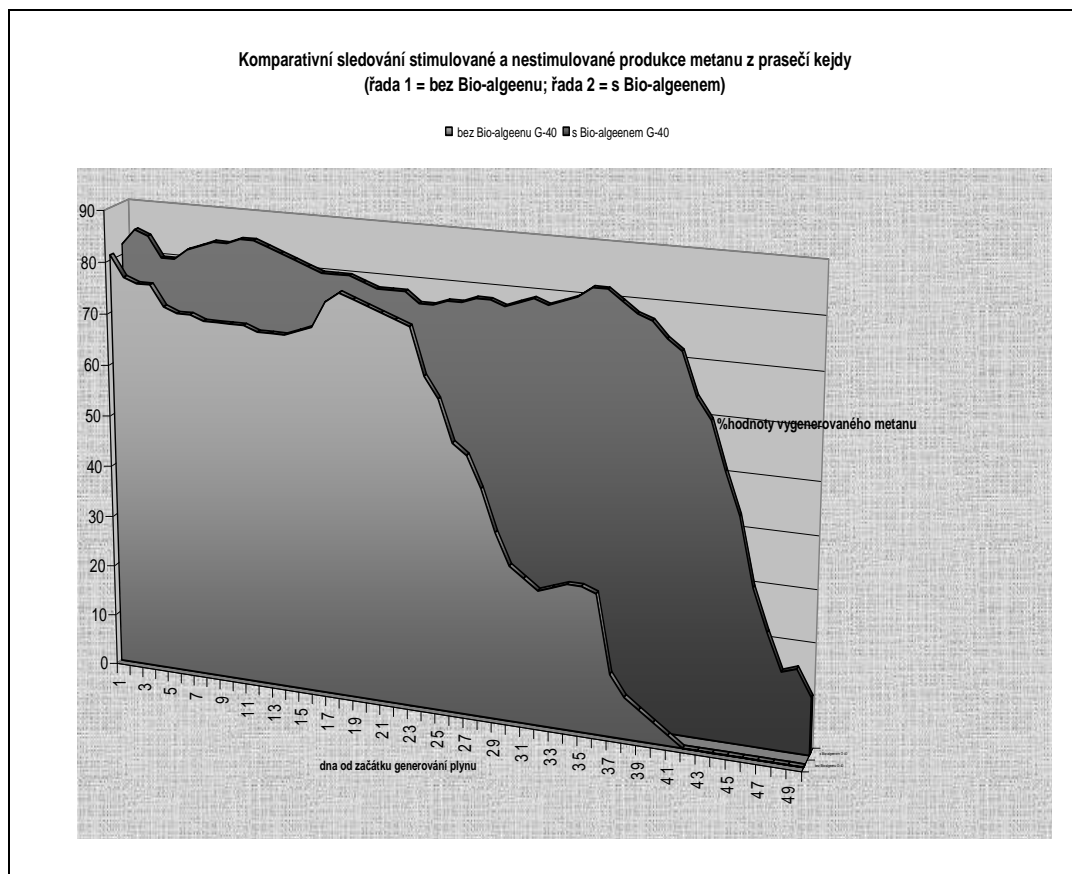
Vhodnými a funkčně specifikovanými druhy jsou pro tuto biotechnologickou oblast specifické formy bioalginátů, nesoucí komerční název **Bio-Algeen WKL** a **Bio-Algeen G-40-**. Uplatňují se v obdobné funkční oblasti jako většina bioalginátových forem, avšak jejich strukturální vyladění je zaměřeno na to, aby specifickým biochemismem příznivě – kvalitativně i kvantitativně - ovlivňovaly právě produkci a intaktnost provozu v bioplynových stanicích.

Oba právě zmiňované typy bio-algeenových přípravků zároveň účinně snižují emise zátěžových plynů, uvolňujících se z finálních frakcí, po vytěžení biomasy v bioplynových reaktorech.

**Bio-Algeen WKL** a **Bio-Algeen G-40** jsou hustou viskózní kapalinou hnědé barvy, dobře rozmísitelnou ve vodě. Oba přípravky jsou dováženy do České republiky a jsou tedy běžně k dosažení. Podrobnější informace o nich jsou dostupné na adrese:

**[www.bioalgeen.cz](http://www.bioalgeen.cz)**

Bio-Algeen WKL na principu silné aktivace bakteriálního rozkladu organických látek podporuje – jako vysoce účinné pomnožovací médium – rychlý a masivní reprodukční proces zejména u metanogenních mikrobiontů.

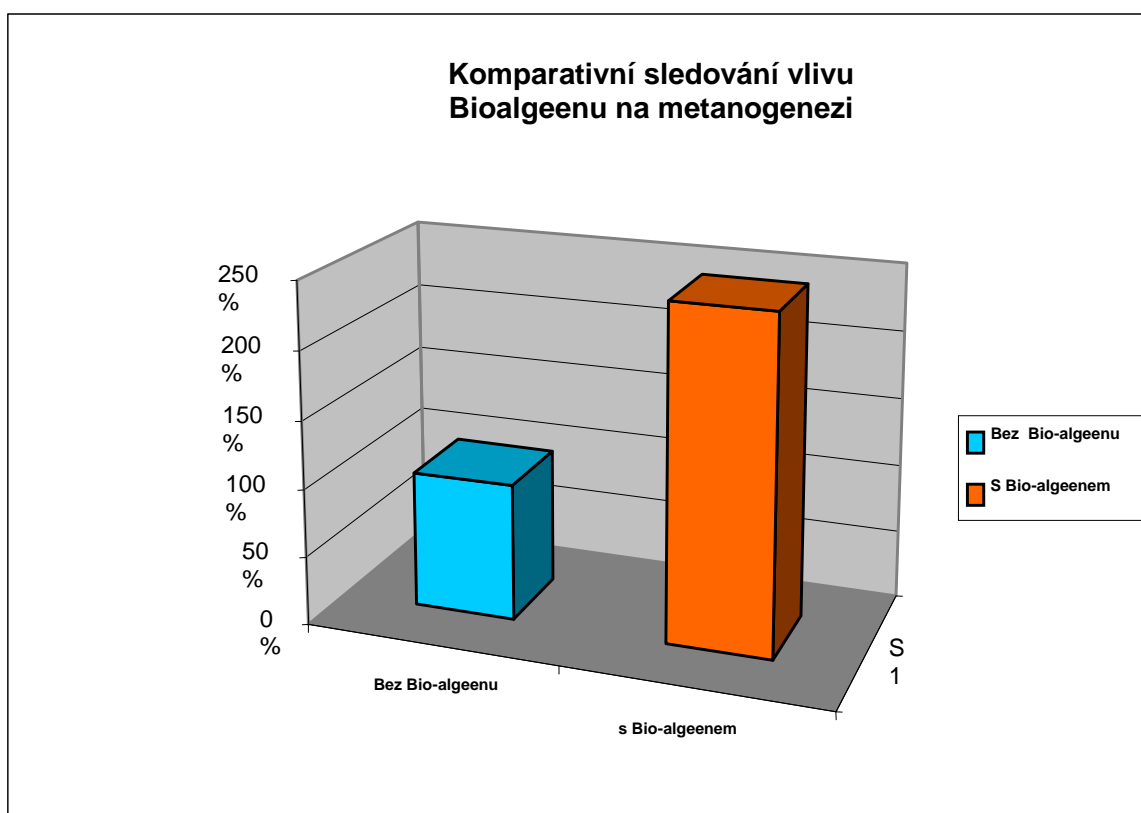


Graf. Č. 1

Komparativní sledování bioalginátem stimulované (tmavošedá plocha v pozadí) a nestimulované (světle šedá plocha v popředí) a řízené metanogeneze v konvenčním bioreaktoru (tmavá plocha ve druhém pořadí). (Podle Gjurova a kol. – 2007)

Tab. 1. Modelové schéma efektivity aplikace bioalginátů při metanogenezi

Výslednice použití bio-algeenové stimulace při zvyšování výtěžnosti v procesu produkce bioplynu			
<b>1. Vstupní údaje</b>	1 m <sup>3</sup> bioplynu	vyprodukuje	0,65 m <sup>3</sup> metanu
	1 m <sup>3</sup> metanu	vyprodukuje	10,00 kWh
	<b>1 kWh přinese zisk</b>		<b>0,10 EUR</b>
<b>2. Výsledky aplikace bioalginátu = vyšší výtěžnost a delší použitelnost biomasy:</b>	z 1 m <sup>3</sup> kejdy 15,60 m <sup>3</sup> bioplynu		
	to se rovná 10,14 m <sup>3</sup> metanu		
	to se rovná 101,40 kWh		
<b>Náklady na použitý bioalginát</b>	-		<b>4,85 EUR</b>
<b>Zisk z experimentu</b>	101,4 kWh x 0,10 EUR =		<b>10,14 EUR.</b>
<b>Čistý zisk z každého m<sup>3</sup> kejdy při využití k produkci bioplynu s bioalginátovou stimulací</b>			
<b>5,29 EUR</b>			



Graf. 2  
Grafické znázornění efektu nasazení bioalginátu pro stimulaci metanogeneze

## 4. Cíl práce

### **Rozklad organické složky zbytkového substrátu na BPS Brno-Černovice**

Cílem pokusu na BPS Černovice bylo ověřit vliv mikrobiotechnologického přípravku Bio-Algeen WKL na rozklad organické složky substrátu v bioplynové stanici. Tím by mělo být dosaženo vyššího stupně rozkladu s lepším využitím disponibilního energetického potenciálu substrátu.

Pro porovnání stavu před a po aplikaci přípravku byly v den jednorázové aplikace přípravku a na konci pokusu odebrány z fermentoru vzorky, aby mohl být charakterizován stav fermentoru před a po aplikaci zkoušeného přípravku, zároveň byla během pokusu sledována produkce a kvalita bioplynu, teplota a pH ve fermentoru

### **4.2 Mikrobiotechnologická sanace zapáchajícího digestátu**

Cílem tohoto experimentálního programu je formou orientačního screeningu zhodnotit vliv zkoušeného mikrobiotechnologického přípravku na míru uvolňování plyných emisí z digestátu anonymní bioplynové stanice. Současně je záměrem zjistit, jak dalece jsou – primárním i sekundárním působením bioalginátů – účinně sanovány aspekty ochrany životního prostředí před úniky fugativních plynů.

Jejich negativní vliv má nejenom charakter obtěžujícího senzorkého ataku, ale zejména pak pro volně žijící společenstva v naturálních ekosystémech je nezřídka závažným repelentem. Jeho vlivem může docházet i ke změnám biodiverzity v oblasti zoocenóz



## 5. Metodika

### 5.1 Rozklad organické složky zbytkového substrátu na BPS Brno-Černovice

Do fermentoru nebyl dva týdny před aplikací přípravku dávkován žádný substrát s výjimkou odpadů z kuchyní a stravoven, který musí být dle požadavků platné legislativy a smluvních závazků sledované BPS průběžně likvidován. Toto množství však bylo vzhledem k ostatním vstupům v týdenním průměru zanedbatelné.

Fermentor (objem 70m<sup>3</sup>) tak byl ponechán bez přísunu substrátu s cílem dosáhnout jeho produkčního minima a co nejlepšího rozkladu organické složky přítomné ve fermentoru. Po ustálení minimálního produkčního stavu byl do fermentoru 24. 6. jednorázově aplikován přípravek Bio-Algeen WKL v ředění 28L přípravku na 1m<sup>3</sup> vody a bylo sledováno, zda započne rozklad dosud nerozložených organických látek ve fermentoru a s tím spojená zvýšená produkce bioplynu. Kvůli hromadění kuchyňských odpadů, které bylo nutné zpracovat musel být pokus 3. 7. z provozních důvodů ukončen.

Množství produkovaného bioplynu bylo kontinuálně zaznamenáváno elektronickým záznamovým zařízením (clona), zároveň byla produkce každý den v 7h odečítána z instalovaného plynoměru. Měření clonou a plynoměrem vykazují jistou diferenci, která je způsobena nepřesností clony. Hodnoty kontinuálně měřené na cloně tak lze brát spíše jako vývojový trend v čase. Hodnoty naměřené plynoměrem odpovídají skutečnému množství vyprodukovaného bioplynu. Jednou denně probíhalo měření teploty ve fermentoru, měření pH a koncentrace metanu v bioplynu pomocí analyzátoru plynů.

### 5.2 Mikrobiotechnologická sanace zapáchajícího digestátu

K pokusu byl vybrán digestát z anonymní bioplynové stanice, která vedle klasických zemědělských vstupů zpracovává i vedlejší živočišné produkty dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002. Během aplikace tohoto digestátu na zemědělskou půdu si občané okolních obcí stěžovali na zápach, který tuto činnost provází.

Provozovatel ve snaze problematickou situaci řešit zvažoval aplikaci biotechnologického přípravku do skladovací jímky digestátu za účelem eliminovat unikající plyné emise z otevřené nádrže. Kvůli ověření vlivu mikrobiotechnologického přípravku před jeho plošnou aplikací byly formou orientačního screeningu měřeny emise čpavku a metanu z problematického digestátu. Čpavek byl hodnocen jako jeden z hlavních plynů způsobujících zápach a metan jako nositel energie, která by mohla být využita v kogeneračních jednotkách. Uvolňování obou sledovaných plynů do atmosféry má navíc

výrazný vliv na globální oteplování, proto je žádoucí aby jejich emise byly co nejnižší. Během osmi dní byla u vzorků ve třech termínech měřena koncentrace sledovaných plynů s cílem zhodnotit jejich koncentraci v uvolňovaných plynných emisích.

Zařízení k měření objemu unikajících emisí nebylo bohužel k dispozici, proto nebylo možné kvantifikovat celkový objem uvolňovaných plynů. Měření probíhalo v pokusných nádobách. Jako kontrola byl použit samotný digestát (1litr) bez přídavku přípravku, ve druhém případě byl k digestátu přidán biotechnologický přípravek Bio-Algeen WKL v ředění doporučeném dodavatelem. U vzorků pak byla při průměrné venkovní teplotě +12°C měřena koncentrace metanu a čpavku v uvolňovaných emisích.

### **Příprava a označení hodnocených vzorků:**

**Vzorek č. 1: kontrola** (1litr digestátu)

**Vzorek č. 2: pokusný vzorek** (1 litr digestátu + 0,2 ml Bio-algeenu WKL)

(provozní dávka = 0,2 l přípravku B-a WKL /1m<sup>3</sup> digestátu)

Přípravek byl před aplikací nejdříve primárně pečlivě rozmíchán v užitkové vodě v poměru **1:100** a takto vzniklý rozředěný roztok byl pak v druhé fázi ředění znovu dobře promíchán se vzorkem digestátu a následně byl zahájen proces experimentální metanogeneze pod vlivem biolaginátu.

## 6. Vlastní řešení, výsledky a závěr

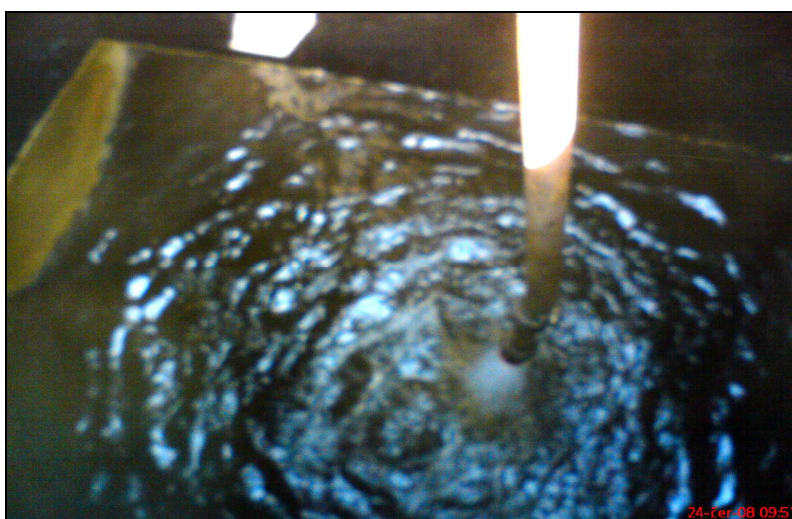
### Rozklad organické složky zbytkového substrátu na BPS Brno-Černovice

#### Výsledky

Dne 24. 6. 2008 byl do experimentálního poloprovozního fermentoru bioplynové stanice Brno – Černovice jednorázově naaplikován zkoušený mikrobiotechnologický přípravek (viz obr. 1).

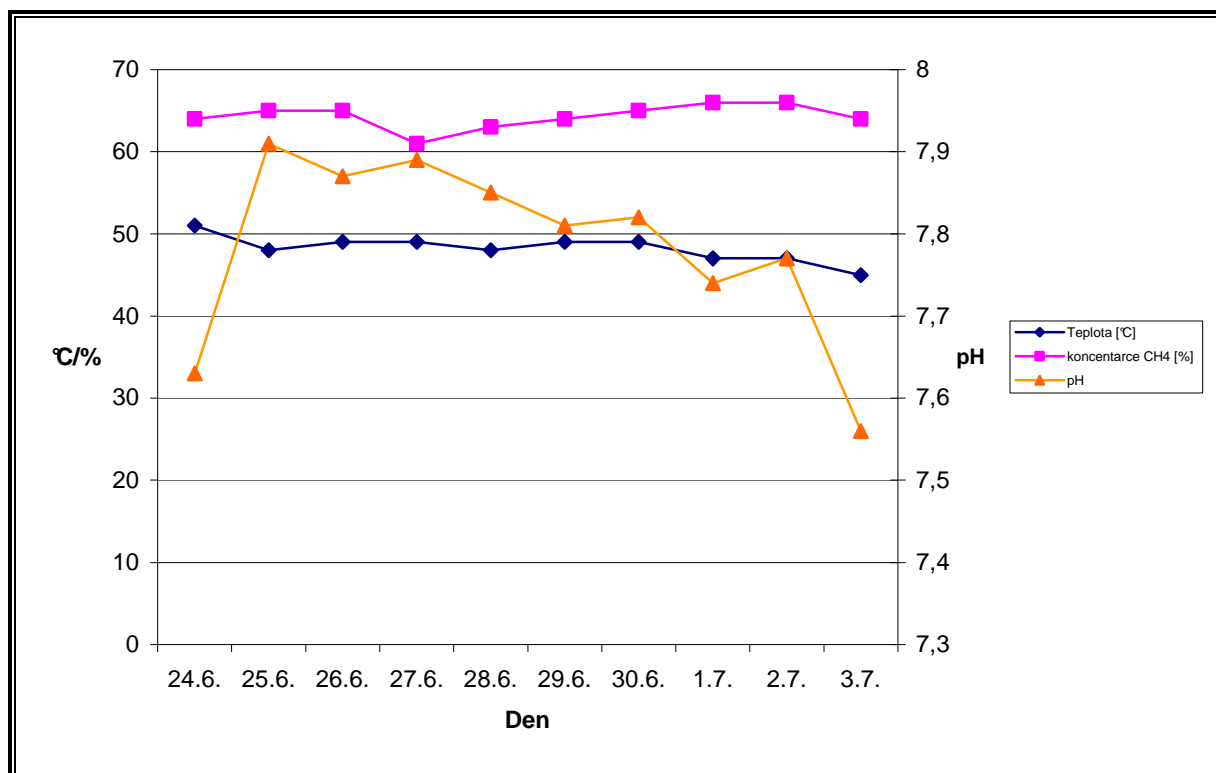


*Obr. 1 První část dvoufázového ředění přípravku v kanystru, kde je možné docílit jednoduchou manipulací dokonalého promísení*



*Obr. 2 Následná aplikace mikrobiotechnologického přípravku Bio-Algeen WKL do přípravné nádrže v systému BPS*

Pokus probíhal při průměrné teplotě obsahu fermentoru na úrovni 48,2°C, při průměrné koncentraci metanu v produkovaném bioplynu 64,3% a průměrné hodnotě pH =7,78. Z grafu 3 je patrné, že koncentrace metanu velmi rychle dosáhla předpokládané úrovně a během celého sledování pak nezaznamenala žádné výrazné výkyvy a udržovala si konsolidovanou, velice solidní úroveň. Synchronní vývoj teploty měl nepříliš výraznou, lehce klesající tendenci, avšak hodnoty pH klesaly podstatně dramatičtěji.

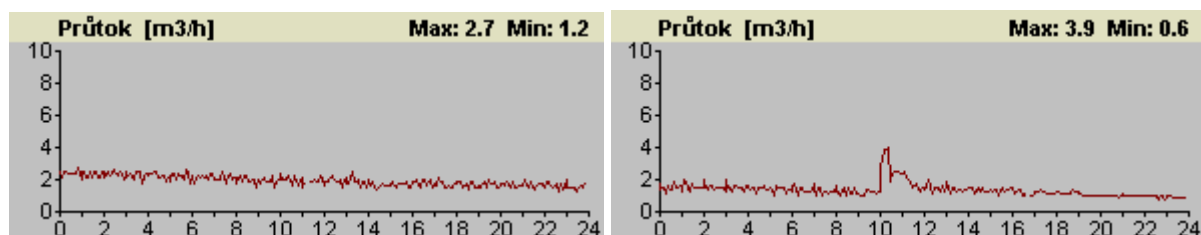


**Graf 3: Vývoj teploty, koncentrace metanu a proměny pH během sledovaného období**

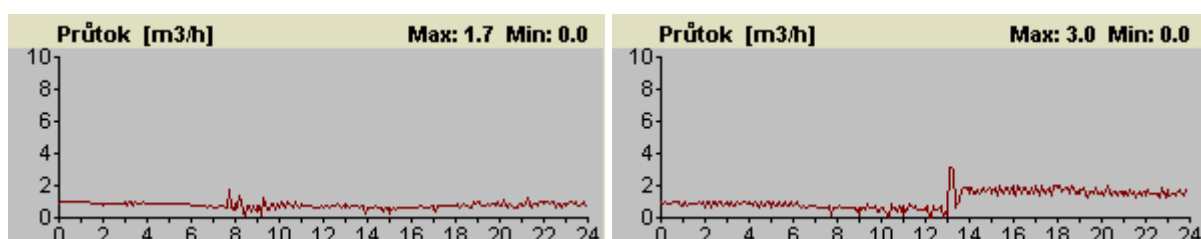
Z prováděného a registrovaného kontinuálního měření na cloně (viz dílčí etapovité záznamy na obr. 3 až. 8) lze dobře pozorovat příznivou dynamiku vývoje produkce bioplynu za období od 23. 6. do 4. 7.2008. Je zde také dobře patrné – biotechnologicky stimulované adicí biolaginátu – rychlé nasazení procesu generování bioplynu na relativně vyšší hladinovou úroveň a posléze, počínaje datem 28. 6. ještě i další pravidelný pozvolný vzestup produkce bioplynu od 1. 7. tj. od osmého dne tohoto založeného pokusu.

Dne 3. 7. však – bohužel – musel být kolem 15. hod. do fermentoru z provozních důvodů nadávkován další substrát a možnost dalšího systematického sledování pokusu tak prakticky skončila. To zabránilo dalšímu systematickému sledování započatých dějů, navzdory stále sympaticky zřetelně stoupající bioplynové produkci..

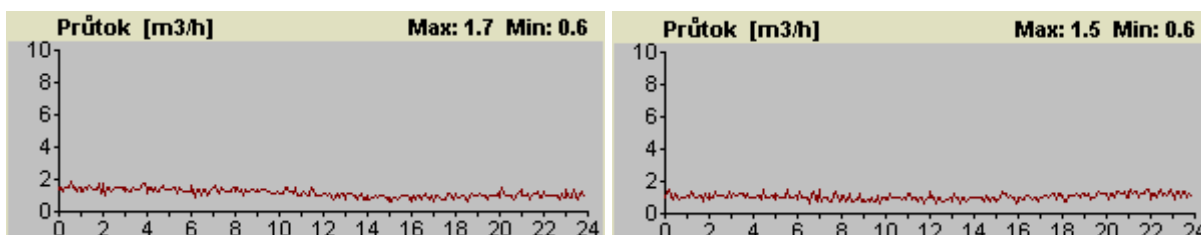
Průměrný hodinový průtok bioplynu v tomto procesu během pokusu vzrostl z původního 1m<sup>3</sup>/h ze dne 25. 6. až na 3m<sup>3</sup>/h v průběhu dne 3. 7. 2008. A tento trend i nadále pokračoval.



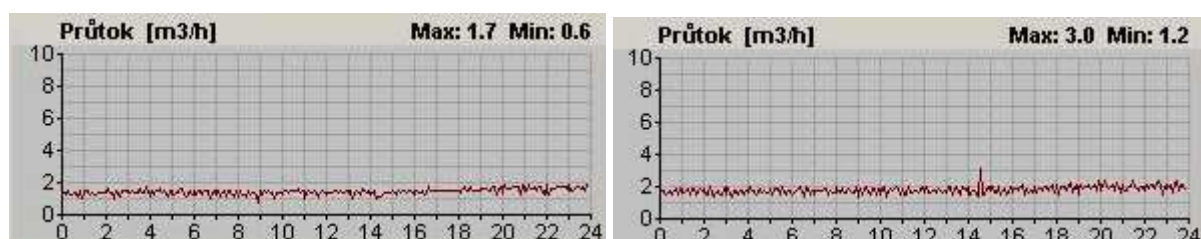
Obr. 3 Kontinuální měření produkce bioplynu 23. 6 a 24. 6. 2008



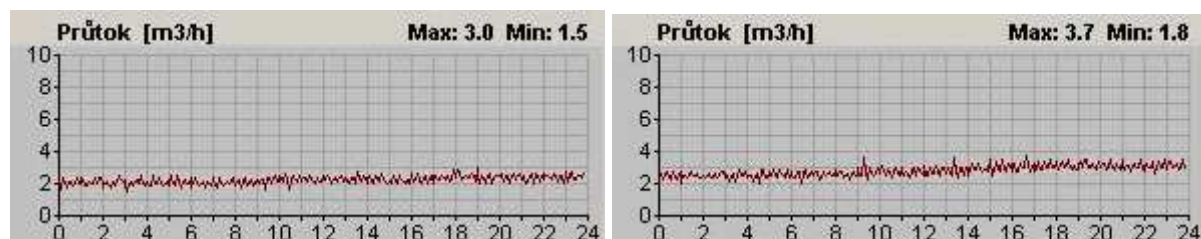
Obr. 4 Kontinuální měření produkce bioplynu 25. 6 a 26. 6. 2008



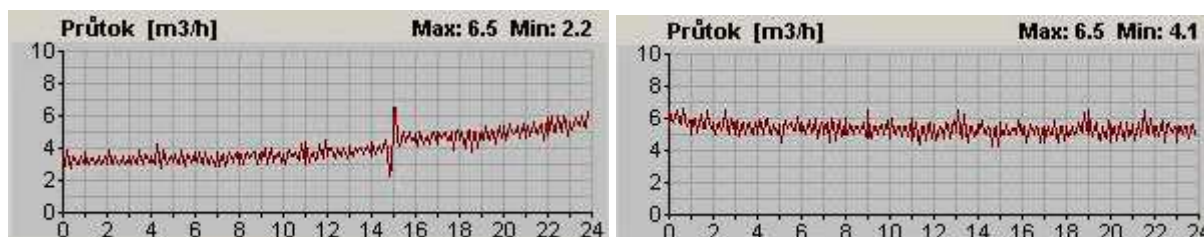
Obr. 5 Kontinuální měření produkce bioplynu 27. 6 a 28. 6. 2008



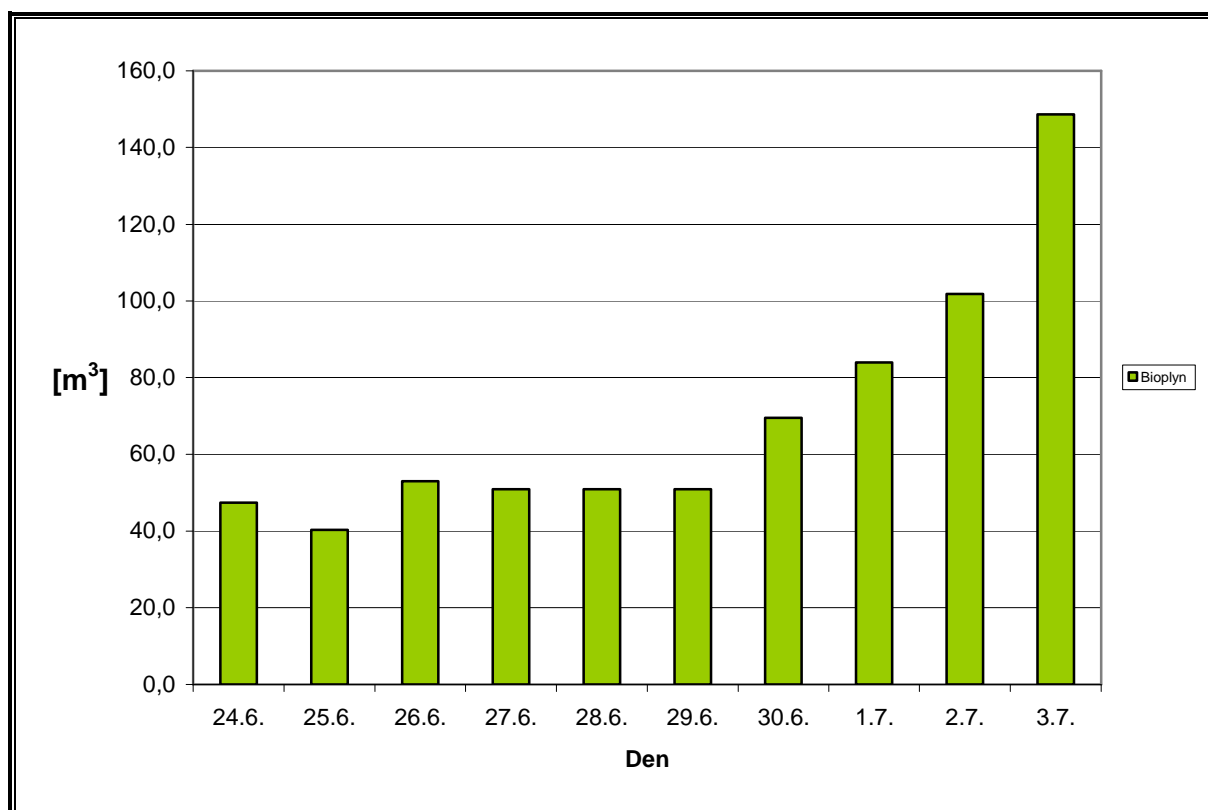
Obr. 6 Kontinuální měření produkce bioplynu 29. 6 a 30. 6. 2008



Obr. 7 Kontinuální měření produkce bioplynu 1. 7 a 2. 7. 2008



Obr. 8 Kontinuální měření produkce bioplynu 3. 7 a 4. 7. 2008



Graf 4 : Denní produkce bioplynu během období od 24. 6. až 3. 7. 2008

Od sedmého dne (tj. od data 30. 6.) od jednorázové substituční aplikace biotechnologického přípravku (Bio-algeenu WKL v dávce 0,2 ml na 1 m<sup>3</sup> biomasy) se začala výrazně zvyšovat denní produkce bioplynu (viz graf 4). Koncentrace metanu však rovnoměrně a setrvale zůstávala na rychle nabyté výši, podmíněné přítomností mikrobiotechnologického stimulantu Bio-algeenu WKL. Svou hodnotu po celou dobu sledování neměnila (viz graf 3). Tato skutečnost jenom potvrzuje veškeré dosavadní poznatky z reálné praxe v provozu u nás i v zahraničí, kdy je již cíleně, v moderně komponovaných a řízených bioplynových stanicích, prostřednictvím bioalginátové substituce

nejenom zvyšována produkce bioplynu, ale i zlepšována jeho kvalita, tedy jeho energetická (kalorická) vydatnost a proto i výhřevnost.

**Tab. 2 Výsledky analýz významných elementů z obsahu fermentoru na začátku a na konci pokusu**

Sledovaná kritéria	Datum sledování		Vyhodnocení	
	24. 6. 2008	3. 7. 2008	rozdíl	%
CHSK <sub>(Cr)</sub> [g/l]	83,55	107,95	24,40	29,2
Sušina (TS) [%]	8,45	7,19	-1,26	-14,9
Org. sušina (oTS) [%]	80,9	75,85	-5,05	-6,2
Sušina v 1000g vzorku [g]	84,5	71,9	-12,60	-14,9
Org. sušina v 1000g vzorku [g]	68,36	54,54	-13,82	-20,2
pH	7,68	7,56	-0,12	-1,6
N-NH <sub>4</sub> [g/l]	4,142	3,226	-0,92	-22,1
N <sub>celk.</sub> [g/l]	8,81	7,615	-1,20	-13,6
mastné kyseliny (přepoč.na CH <sub>3</sub> COOH) [mmol/l]	112	81,3	-30,70	-27,4
kys.octová [mg/l]	81,5	89,4	7,90	9,7
kys.propionová [mg/l]	2450	570	-1880,00	-76,7
kys.isomáselná [mg/l]	193,5	122	-71,50	-37,0
kys.máselná [mg/l]	20	17,35	-2,65	-13,3

Téměř u všech sledovaných složkových parametrů byl na konci pokusu – oproti původnímu, výchozímu stavu - zaznamenán pokles kvantitativního zastoupení dílčích složek. Což je jednoznačně pozitivním jevem, plně potvrzujícím realitu údajů o produkci bioplynu. Konstatovaný úbytek složek je totiž v přímé relaci s jejich přeměnou na transformovanou energii a de facto s jejich spotřebováním v procesu energetické přeměny

na cílený bioplyn. V tomto smyslu se – podle očekávání - snížilo množství sušiny ve fermentoru stejně tak, jako i množství organické sušiny. Množství organické sušiny, přepočtené na 1000 g vzorku, pokleslo proti původnímu stavu o 20,2%. Pozoruhodné však bylo i zjištění vyšších hodnot chemické spotřeby kyslíku (CHSK).

Ze získaných výsledků je rovněž patrný velmi výrazný pokles koncentrace kyseliny propionové. Poměr kyseliny propionové a octové je jeden ze základních parametrů pro hodnocení stavu biochemické disponovanosti fermentorů bioplynových stanic.

Koncentraci kyseliny propionové na konci sledovaného období tak lze charakterizovat jako výrazně příznivější (pokles o 76,7%), než na začátku pokusu. Lze proto oprávněně předpokládat, že přítomnost testovaného přípravku (Bio-algeenu WKL) v procesu řízené metanogeneze má pozitivní vliv na přínosný rozklad této kyseliny, který je při jejích obvykle značně vyšších koncentracích v mikrobiotechnologicky nestimulovaném prostředí fermentorů bioplynových stanic poměrně zdlouhavý a obtížný. Je třeba zdůraznit, že vysoká koncentrace této kyseliny působí inhibičně na metanogenní proces, Artificiálně potencovaný pokles její koncentrace – v popisovaném postupu za přítomnosti bioalginátu – by tak bylo možno ohodnotit i jako další nezanedbatelné pozitivum.

## **Závěr**

Stoupající trend produkce bioplynu od 1. 7. 2008 a výsledky laboratorních rozborů vypovídají o tom, že zkoušený biotechnologický přípravek měl pozitivní vliv na lepší a rychlejší rozklad organické sušiny ve sledovaném fermentoru. Tento fakt exaktně dokládá především pokles množství organické sušiny, přepočtené na 1000 g proti původnímu stavu o 20,2%.

Zajímavým zjištěním je výrazný (přibližně čtyřnásobný) pokles koncentrace kyseliny propionové, který byl zaznamenán během pouhých deseti dní pokusu. Rozklad tohoto meziprojektu anaerobní digesce totiž za normálních okolností trvá několikanásobně déle a svou přítomností inhibuje aktivity metanogenní mikroflóry uvnitř fermentoru.

Doporučujeme proto, aby tento soubor pozitivních poznatků a zkušeností z popisovaného experimentu byl bezodkladně rozšířen do reálné praxe, protože zmiňované efekty, vyplývající z účinku testovaného bioalginátu, by mohly účinně přispět nejen ke zvýšení efektivity takto stimulované produkce bioplynu, ale i k vyšší stabilitě metanogenního procesu ve fermentorech bioplynových stanic. Tam totiž bývá právě zvýšená koncentrace kyseliny propionové zdrojem provozních problémů s biochemickou rovnováhou procesu. Pro potvrzení nebo vyvrácení tohoto efektu je však nutné pokračovat dále v cíleném výzkumu.



## 6.2 Mikrobiotechnologická sanace zápachajícího digestátu

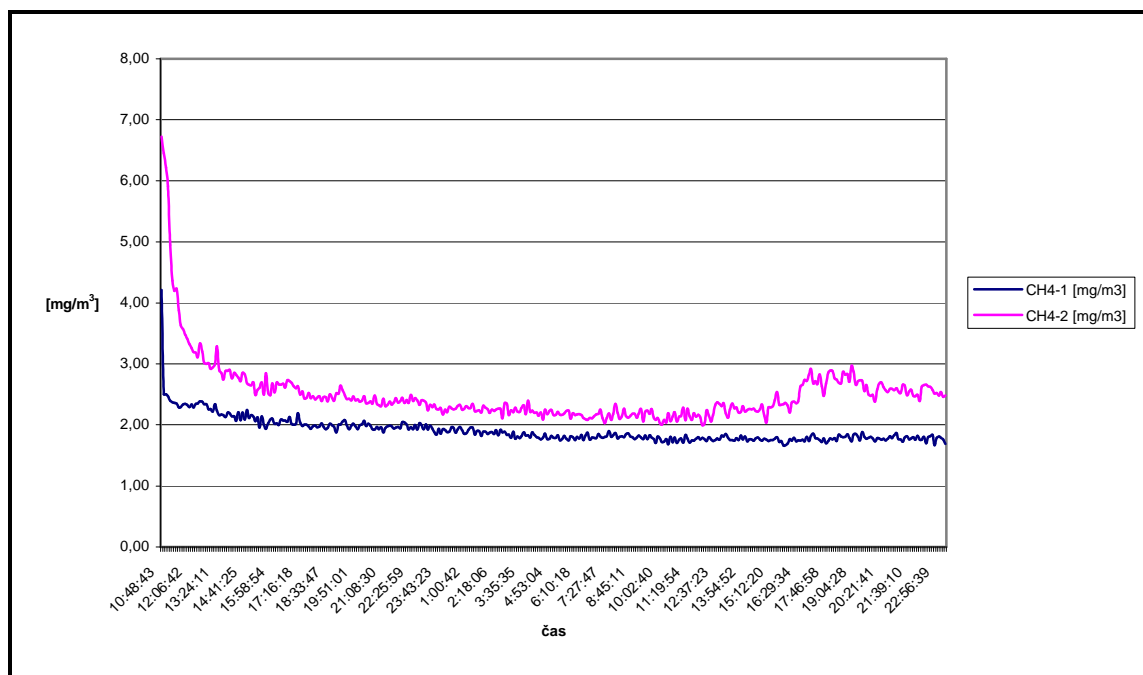
### Výsledky

#### Měření koncentrace metanu

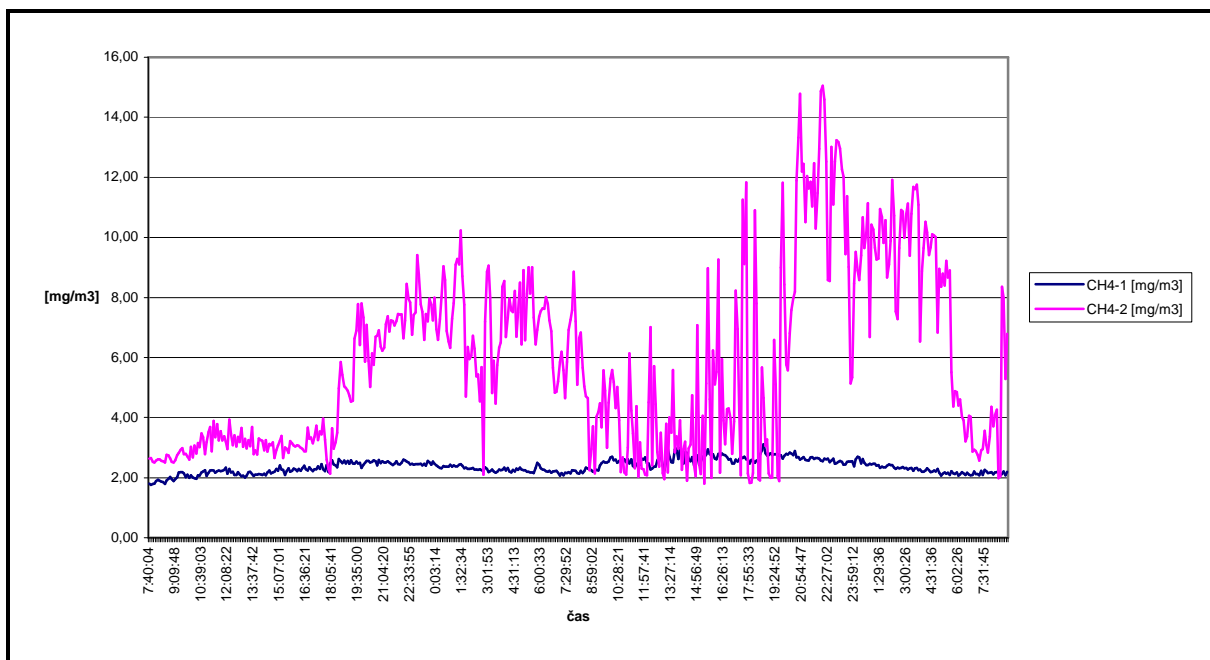
Tab. 3 Výsledky měření koncentrace metanu

Jednotlivá sledování	Průměrná koncentrace metanu z experimentální produkce [mg/m <sup>3</sup> ]			Vyhodnocení proměn koncentrací metanu
	CH <sub>4</sub> -1	CH <sub>4</sub> -2	Rozdíl	
Měření I	1,897	2,492	0,595	31,38
Měření II	2,376	5,850	3,474	146,19
Měření III	2,199	5,742	3,543	161,09
<b>Průměr</b>	<b>2,157</b>	<b>4,695</b>	<b>2,537</b>	<b>117,61</b>

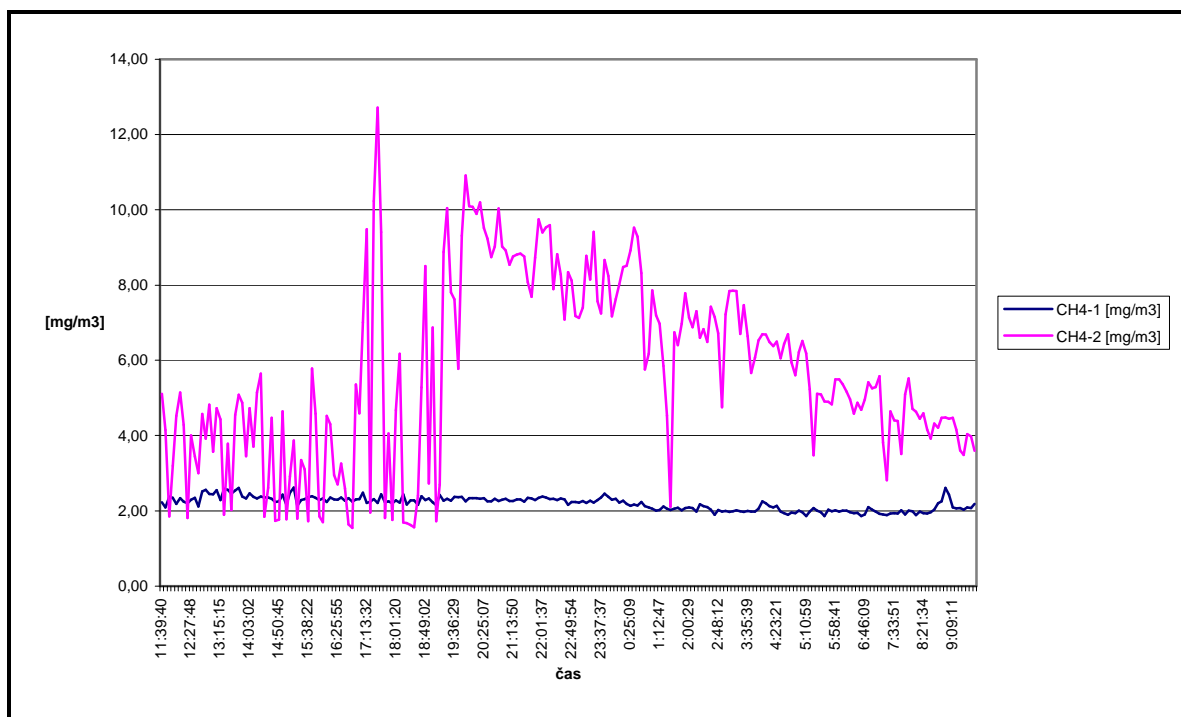
Ve všech třech termínech měření byly koncentrace metanu u vzorku s přidavkem mikrobiotechnologického přípravku výrazně vyšší než u samotného digestátu (viz graf 3 až 5). Průměrně byly ze vzorku s přidavkem biotechnologického přípravku uvolňovány plynné emise s o 117,6% vyšší koncentrací metanu než ze samotného digestátu (viz tab. 3).



Graf 5: Vývoj koncentrace generovaného metanu během sledování – měření I



Graf 6: Vývoj koncentrace generovaného metanu během sledování – měření II



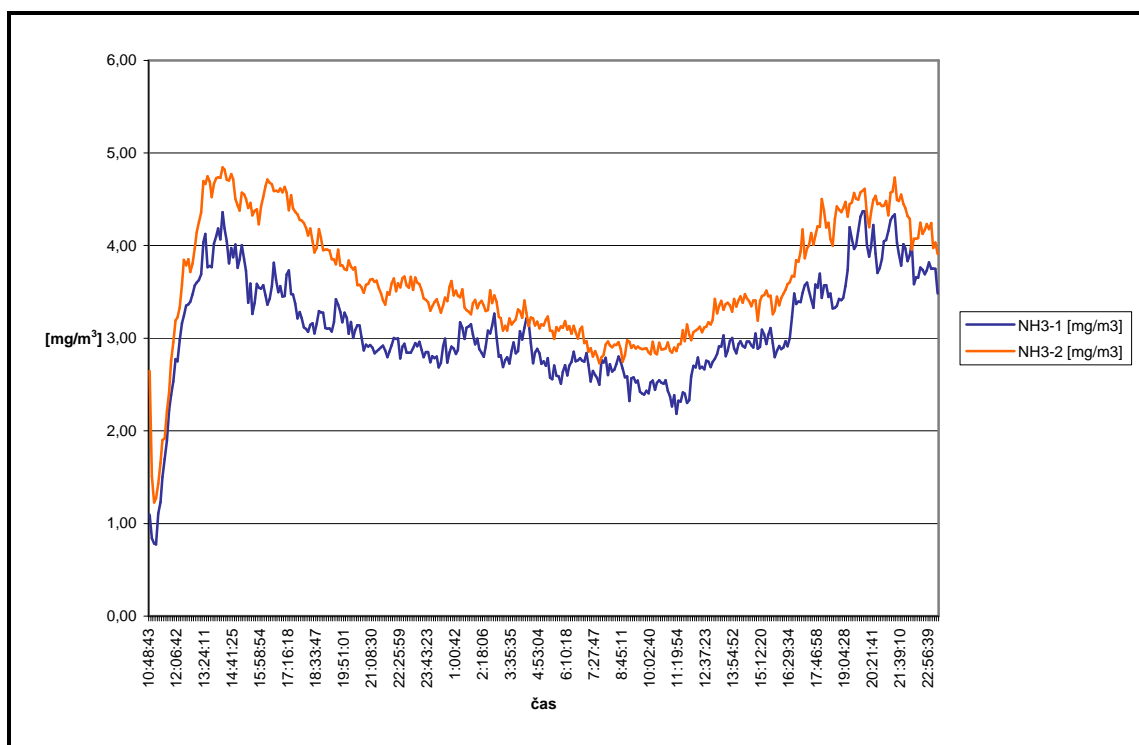
Graf 7: Vývoj koncentrace generovaného metanu během měření III

## Měření koncentrace čpavku

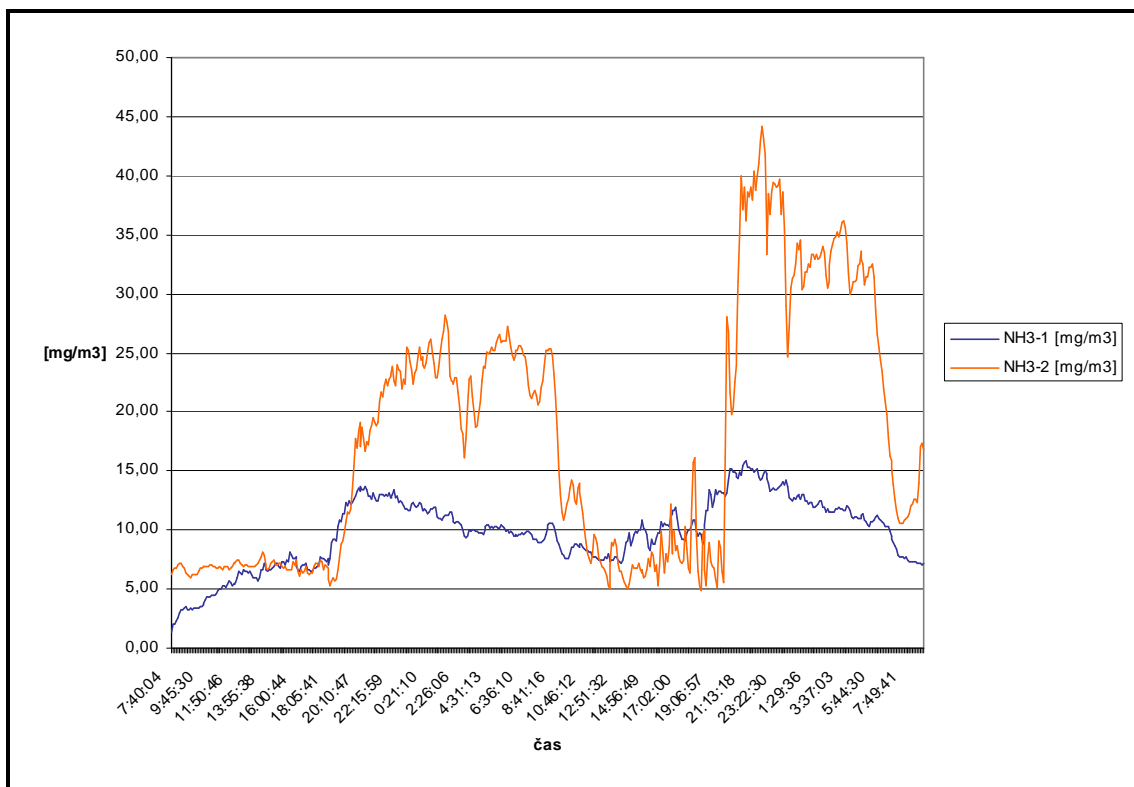
Tab. 4. Výsledky sledování koncentrace čpavku v procesu metanogeneze

Jednotlivá sledování	Průměrná koncentrace čpavku [mg/m <sup>3</sup> ]			[%]
	NH <sub>3</sub> -1	NH <sub>3</sub> -2	Rozdíl	
Měření I	3,083	3,615	0,532	17,27
Měření II	9,781	17,532	7,751	79,25
Měření III	10,125	20,420	10,296	101,69
<b>Průměr</b>	<b>7,663</b>	<b>13,856</b>	<b>6,193</b>	<b>80,82</b>

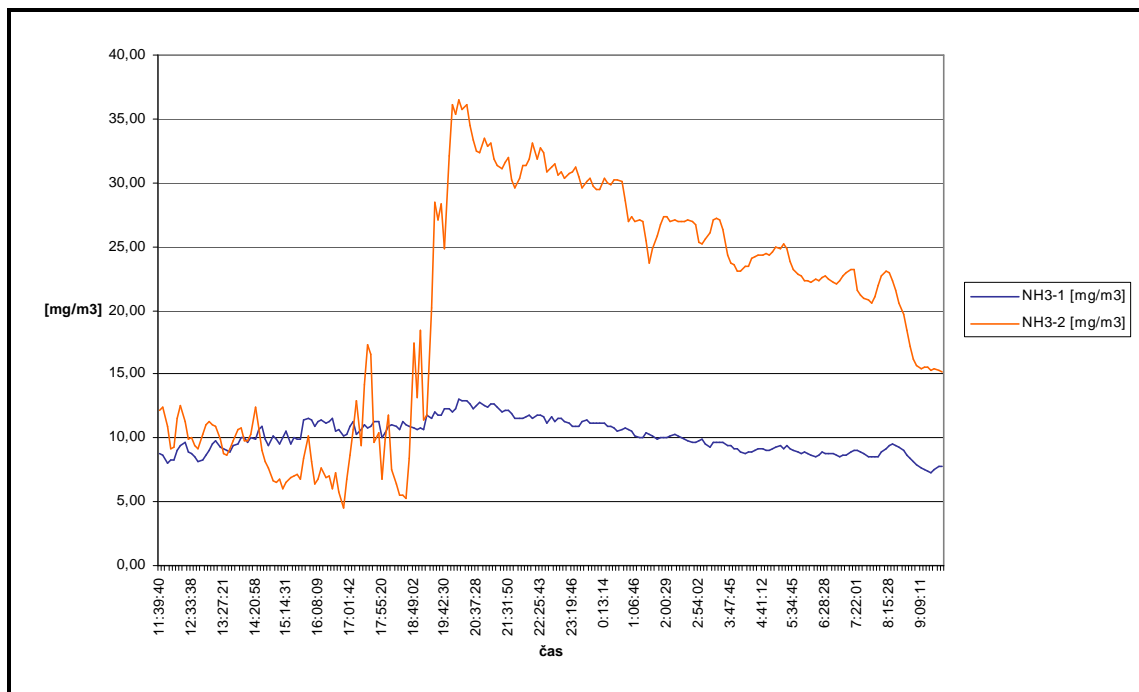
Ve všech třech termínech měření byly koncentrace čpavku u vzorku s přidavkem mikrobiotechnologického přípravku výrazně vyšší než u samotného digestátu (viz grafy 6-8). Průměrně byly ze vzorku s přidavkem biotechnologického přípravku uvolňovány plynné emise s o 80,82% vyšší koncentrací čpavku, než ze samotného digestátu (viz tab. 3).



Graf 8: Vývoj koncentrace čpavku během měření I



**Graf 9: Vývoj koncentrace čpavku během měření II**



**Graf 10: Vývoj koncentrace čpavku během měření II**

Výsledky měření amoniakálních složek, uvolňovaných během fermentačních dějů ze skladby vložené energetické biomasy, potvrzují míru stimulační funkce testovaného biolaginátu na biodegradační děje. Je však také nutno zdůraznit, že právě zmiňovaný zvýšený obsah amoniakálních složek je významným donátorem stavebních „kamenů“ pro rychle se reprodukcující mikrobiotechnologická metanogenní společenstva. A je tedy i zárukou takto cyklicky obnovovaného dostatečného biodegradativního potenciálu, v pravé podstatě vlastně obnovitelným zdrojem revitalizace aktivně spolupracující mikroflóry.

Pokud je proces fermentace a generování bioplynu veden podle všech technologických pravidel, pak jsou amonné podíly, vyskytující se v průběhu energetické přeměny biomasy v bioplyn, téměř beze zbytku zkonsumovány právě kooperujícími mikrobionty.

## **Závěr**

Z výsledku popsaných měření vyplývá, že aplikace přípravku za účelem snížení plyných emisí sledovaných plynů ze skladovací jímky digestátu měla přesně opačný efekt. Přípravek potvrdil stimulační schopnost ověřovanou v předchozím případě. Při všech měřeních byla u vzorku s přidavkem mikrobiotechnologického přípravku naměřena vyšší koncentrace sledovaných plynů než u kontrolního vzorku. V případě metanu byla průměrná koncentrace vyšší o 117,6 %, u čpavku o 80,8 %. Použití přípravku za účelem snižování emisí z otevřených nádrží je tedy nevhodné. Výsledky rovněž naznačily, že problémy se zápachem digestátu byly pravděpodobně způsobeny nedostatečnou dobou zdržení materiálu ve fermentorech bioplynové stanice. Následkem toho docházelo k vyplavování nedostatečně vytěženého materiálu, který přirozeně zapáchal. Provozovatel by měl tedy denní dávku substrátu a dobu zdržení přizpůsobit povaze dávkovaného materiálu.

## **Shrnutí**

Výsledky obou pokusů spolu korespondují. V případě aplikace mikrobiotechnologického přípravku přímo do fermentoru bioplynové stanice došlo k poklesu množství organické sušiny a koncentrace těkavých karbonových kyselin, které bývají nositeli zápachu nedostatečně vytěženého digestátu.

Zároveň byla zaznamenána stoupající produkce bioplynu z fermentoru sledované bioplynové stanice. Tento fakt nepřímou potvrzuje vyšší naměřená koncentrace metanu a čpavku u vzorků ze skladovací jímky digestátu.

Zkoušený mikrotechnologický přípravek je tedy za účelem mikrobiotechnologické sanace vhodnější dávkovat přímo do fermentoru, kde může působit preventivně. Nelze však říci, že pouze aplikace přípravku vyřeší problémy se zápachem. Těm je třeba předcházet správnou technologickou praxí.

Dávkování zkoušeného mikrobiotechnologického přípravku do skladovací jímky digestátu se vzhledem k naměřeným hodnotám ukázalo jako nevhodné.

## 7. Přehled použité související literatury

---

1. Altmann, L., Wiegand, H., (1990):  
**Acute neurotoxic effect of organic solvent exposure on visual and auditory evoked potentials in human.** *Umwelthygiene* - Jahresbericht 1989/1990, Band 22, s. 250 - 251. (Förderung der Lufthygiene., Düsseldorf).
2. Amon, M., Dobeic, M., (1994).  
**Possibilities of reducing of ammonia and offensive odour on pig and poultry farms with additives given into food and slurry and comparison of ammonia and odour emission.** In: Environmental and management systems for total animal health care in agriculture. Proc. 8<sup>th</sup>. Int. Congr. Anim. Hyg., St. Paul, Minnesota, USA, s. 16
3. Baader, W.: (1992)  
**Biotechnologies for pollution control and energy : proceedings of the 3rd workshop of the Working Group on Biogas Production Technologies, CNREE Network on Biomass Production and Conversion for Energy, Braunschweig, Germany, 5-7 May 1992.** [Rome] : FAO, 544 Seiten , REUR technical serie 21
4. Baader, W.: (1990)  
**Biogas technology and implementation in the Federal Republic of Germany Report of International Conference on Biogas : technologies and implementation strategies.** In: Proceedings : International Conference on Biogas Technologies and Implementation Strategies, Pune (India), 10-15 Jan 1990. Eschborn : GTZ, 43-65,
5. Baader, W.: (1990)  
**International conference on biogas technologies and implementation strategies : january 10th to 15th, 1990, Pune, India ; report.**Bremen : BORDA, 593 s.
6. Barney, G. O., Blewett, J., Barney K. R., 1993. **Global 2000 Revisited.** Arlington Millenium Institut, 268
7. Braun R., Kirchmayr R., Laaber M., Madlenek R.:  
**Aufbau eines Bewertungssystems für Biogasanlagen – „Gütesiegel Biogas“,** 3. Zwischenbericht, Energiesysteme der Zukunft, Číslo projektu 807742, vydáno 31. 3. 2006, Braun et al., 2006)
8. Clemens, J., Trimborn, M., Weiland, P., Amon, B.: (2006)  
**Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry.** Agriculture, ecosystems and environment, Svazek 112, sešit 2-3, str. 171-177, ISSN: 0167-8809
9. Dittrich, V.:  
**Výroba energoplynu z odpadní dřev. hmoty.** Soukromý energetik,1,7; únor 1996,s.20 – 29. Dobson, A., 1992, **Green Political Thought.** London: Harper Collins, 167 s..
9. Eder, B., Schulz, H.:  
**Biogas-Praxis.** Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele. (2. Aufl., 2001)
11. Gjurov, V., Šoch, M., Novák, P., Vostoupal, B., Zajíček, P.(2007):  
**Biotechnologické přípravky typu BIO-ALGEEN... pro bioplynové stanice a čistírny odpadních vod.** Sborník z konference s mezinár. účastí „Aktuální otázky bioklimatologie...“ Brno 12. 2007, ČBkS a VÚŽV, s. 33 – 40.
12. Hahne, G., Jochen, H., Janssen, I., Schuchardt, F., Sonnenberg, H.: (1992)  
**Treatment of liquid manure with nutrient recovery.** In: Biotechnologies for pollution control and energy : proceedings of the 3rd workshop of the Working Group on Biogas Production Technologies, CNREE Network on Biomass Production and Conversion for Energy, Braunschweig, Germany, 5-7 May 1992. Rom, Italy : FAO, 226-244,
13. Hemsworth P. H., Coleman, G. J., 1998:  
**Human-Livestock Interactions.** *The Stockperson* 14.
14. Hornbacher, D., Hunter, G., Moor, D. (2005)  
**Biogas-Netzeinspeisung,** Berichte aus Energie – und Umweltforschung, 19/2005
15. Jelínek, A., Altman, V., Andrt, M., Černík, B., Plíva, P., Jakešová, H. (2001)  
**Hospodaření a a manipulace s odpady ze zemědělství a venkovských sídel.** Agrospoj, SAVOV, Praha.

16. Kamarád L.(2007),  
**Možnosti využití zbytkového skládkového bioplynu uzavřené skládky**, Diplomová práce, MZLU Brno, Brno 2007.
17. Laaber, M., Braun, R. und Kirchmayr, R.:  
**Biologische Prozessoptimierung von Biogasanlagen**. Input, Informationsmagazin der ARGE Kompost und Biogas, 1/06, Linz 2006
18. Lechner, P.:  
**Kommunale Abfallentsorgung**, Fakultas, Wien 2004
19. Lüllmann, H., Mohr, K, Wehling, M. (2004):  
**Farmakologie a toxikologie**. Avicenum, Praha, 2004,
20. Magera, J.: (2008)  
**Poznatky z provozu bioplynových stanic ve Velkých Albrechticích**. Seminář „ Biomasa jako zdroj energie II“ 28. - 29. února 2008 v Rožnově pod Radhoštěm.
21. Pearce, D. (1996):  
**Ekonomie a výzva ke globální ochraně životního prostředí**. In: Ekonomie životního prostředí a ekologická politika. Nakladatel. a vydavatelství litomyšlského semináře, Praha, 1996. 352 s.
22. Růžička, J.:  
**Mikrobiologie pro technology životního prostředí**; Brno, Vysoké učení technické v Brně 1999, 124 s..
23. Sanchez H. E. P., Weiland, P., Travieso C. L.: (1992)  
**Final treatment for cattle manure using immobilized microalgae: study of the support media**.REUR technical series, svazek 21, str. 213-225, rawan, Tjahjono (2007) **New palm oil mill processes and the impact on EFB and POME utilization**.In: International Conference on Oil Palm and Environment : Bali ; 2007.11.15-16 Jakarta , 14 stran,  
Schaeffer, D. J., Beasley, V. R., 1989.  
**Ecosystems Health. Quantifying and Predicting Ecosystems Effects of Toxic Chemicals**. Regulat. Toxicol. and Pharmacol., 9, , s. 296 - 311.
24. Schulz H, Eder B.:  
**Bioplyn v praxi**, přel. Marie Šedivá, 1. české vydání, nakladatelství HEL, Ostrava 2004
25. Straka, F.:  
**Bioplyn, příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů**, 1. vydání, GAS s.r.o., Říčany 2003
26. Straka,F., Kunčarová, M., Lacek, P. (2007) :  
**Optimalizace vsádek pro bioplynové stanice při použití biomasy, živočišných odpadů nebo dalších možných vedlejších živočišných produktů**, Ústav pro výzkum a využití paliv a.s., Praha 2007
27. Šoch, M., Vostoupal, B., Landová, L., Novák, P., Písek, L., 2006.  
**Zoohygienické aspekty a welfare chovaných zvířat při použití separované kejdy jako,plastického steliva**. Předneseno na semináři v Krásné Hoře dne 12.09. 2006 (sborník nebyl vydán).
28. Tritt, W. P., Baader, W.: (1992)  
**Biomethanation of slaughterhouse wastes in pilot-scale**.REUR technical series, Sv. 21, str. 371-394,
29. Vostoupal, B., Šoch, M., Jelínek, a., Plíva, P., GJUROV, V., 2006.  
**Bioalgináty a biodegradace**. Sborník referátů z mezinárodní konference DDD VII. Přívorovy dny, Poděbrady 2006.
30. Vostoupal, B., Vurm, V., Vostoupalová, M., Vurm, V. jr., 1989.  
**Profilový scénář programu sledování průniku toxikantů významnými články potravních řetězců**. Sborník referátů z celostátní konference s mezinárodní účastí “Metody krajinně ekologických analýz a syntéz” - KR ČSVTS + ÚKE ČSAV České Budějovice, s. 1 - 16.
31. Vostoupal, B., Šoch, M., Novák, P., Jelínek, A., Gjurov, V., 2006.  
**Bioalgináty – jejich role při asanaci stájového a půdního prostředí**. Sborník referátů z mezinárodní konference DDD VII. Přívorovy dny, Poděbrady
32. Weiland, P.: (2008)  
**Impact of competition claims for food and energy on German biogas production**. In: The PROBIOGAS (UK) Seminar : Ludlow 17th April 08 ; organised by Task 37 (UK). 10 str.
33. Vostoupal, B., Šoch, M., Jelínek, a., Plíva, P., Gjurov, V. (2006).  
**Bioalgináty a biodegradace**. Sborník referátů z mezinárodní konference DDD VII. Přívorovy dny, Poděbrady 2006



34. Weiland, P.: (2007)  
**Biogas from energy crops : techno-scientific evaluation of the fast growing biogas market in Germany.** NJF report, Sv 10.2007,10, 4 str.
35. Weiland, P.: (2005)  
**Results and bottle necks of energy crop digestion plants - required process technology innovations.** In: Proceedings "Energy, crops & biogas - pathways to success? Utrecht, 22.09.2005. Utrecht : IEA, 9 stran.
36. Weiland, P.: (2003)  
**Agricultural biogas plants : actual state and future trends.**In: 6. Internationale Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung" : Vechta ; 2003.03.25-27 Münster:KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag, 336-341, ISBN10: 3-7843-2151-8
37. Weiland, P.: (2003)  
**Production and energetic use of biogas from energy crops and wastes in Germany.** Applied biochemistry and biotechnology, Svaz. 109(2003)1-3, str. 263-274, ISSN: 0273-2289
38. Weiland, P.: (2002)  
**Efficient technologies for the production and energetic use of biogas.** In: Kalyuzhnyi S. V. (Herausgeber): Anaerobic digestion for sustainability in waste (water) treatment and re-use : proceedings of 7th FAO/SREN-Workshop, 19-22 May 2002, Moscow, Russia ; vol. 2. Moscow : Moscow State University, 299-308,
39. Weiland, P.: (2002)  
**Process, technique and typical application of biogas technology in Germany.** In: Biogas International 2002 : 17.-19. Januar 2002, ICC und Messe Berlin : conference script. Reutlingen : erneuerbare energien Kommunikations- und Informationsservice, 11 stran,
40. Weiland, P.: (2001)  
**Cofermentation of biogenic wastes and energy crops : status and recent developments.** In: European Science Foundation / Standing Committee for Physical and Engineering Sciences (Herausgeber). ESF/PESC Exploratory Workshop on "The need for research towards biogas usage in fuel cells : a strategic question for the European energy autonomy", Steyr, Austria, 1-4 April 2001. Steyr : PROFACTOR, 10 stran.
41. Weiland, P.: (1994)  
**Experience with different demonstration plants for an environmental compatible treatment.** In: FAO-REUR Technical Series "Biogas technology as an environmental solution to pollution". Rom, Italy : FAO, 1-10 s.
42. Weiland, P.: (1992)  
**Anaerobic fluidized bed reactors with PUR carriers.** REUR technical series, Band 21, str.175-183,
43. Weiland, P., Ahlgrimm, H.-J.: (1992)  
**Biogasification of solid residues from agriculture and agro-industry.** REUR technical series, Band 21, str. 358-365.
44. Weiland, P., Hassan, E. A. (2001)  
**Production of biogas from forage beets.** In: 9th World Congress Anaerobic Digestion 2001 September 2-6, 2001 Antwerpen, Belgium ; Proceedings díl 2. Antwerpen : Technologisch Instituut, 631-633, ISBN10: 90-76019-16-9
45. Weiland, P., Rieger, Ch.: (2005)  
**Experience report from the evaluation of 60 agricultural biogas plants in Germany.** In: 7th FAO/SREN-Workshop "The future of biogas for sustainable energy production in Europe", 30 Nov - 2 Dec 2005, Uppsala. ohne Verlag, 9 str.
46. Weiland, P., Rieger, Ch.,; Ehrmann, T.: (2003)  
**Biogas technology in Germany : evaluation of the actual state and future trends.** In: 27. International Exhibition-Congress on Chemical Engineering, Environmental Protection and Biotechnology ; Frankfurt am Main, 19-24 May 2003. Frankfurt Main : Dechema, 65, englisch
47. Weiland, P.,; Rieger, Ch.,; Ehrmann, T.: (2003)  
**Evaluation of the newest biogas plants in Germany with respect to renewable energy production, greenhouse gas reduction and nutrient management.** In: Al Seadi Teodorita (Herausgeber). The future of biogas in Europe II : European Biogas Workshop, October 2-4, 2003, University of Southern Denmark Esbjerg/Denmark. Esbjerg : University, 44-50,

48. Xiaoming, W., Cong, L., Chenlu, S., Zhenjun, S.; Rahmann, G.: (2004)  
**The importance and impact of biogas production in organic farming systems in China: the case of the "China Man Village/District of Beijing"**. In: Tielkes E., Hülsebusch Ch., (Herausgeber). Tropentag 2005 : The Global Food & Product Chain - Dynamics, Innovations, Conflicts, Strategies ; book of abstracts ; University of Hohenheim, Stuttgart, October 11-13, 2005. 307, ISBN10: 3-00-017063
49. Zábranská J. (2008):  
**Možnosti anaerobního zpracování bioodpadů**, Sborník příspěvků z konference „Bioplyn 2008“, České Budějovice 2008
50. -,; **Top agrar, Das Magazin für moderne Landwirtschaft.**, *Biogas: Strom aus Gülle umd Biomasse. Planung, Technik, Förderung, Rendite.* (2000) ISBN 3-7843-3075-4

### Elektronické zdroje:

[www.kh-kinetic.cz/home/velke/bioplynovestanice.html](http://www.kh-kinetic.cz/home/velke/bioplynovestanice.html) - 17k

[www.bioplyn.cz/at\\_suroviny.htm](http://www.bioplyn.cz/at_suroviny.htm) -

[www.rynholec.cz/download/Poznatky\\_z\\_BPS\\_Albrechtice.doc](http://www.rynholec.cz/download/Poznatky_z_BPS_Albrechtice.doc)

[www.chytrazaba.cz/aktuality/74/bps-budoucnost-komunalni-energetiky-a-odpadoveho-hospodarstvi](http://www.chytrazaba.cz/aktuality/74/bps-budoucnost-komunalni-energetiky-a-odpadoveho-hospodarstvi) - 19k

[cs.wikipedia.org/wiki/Masokostní\\_moučka](http://cs.wikipedia.org/wiki/Masokostní_moučka) - 25k

[www.kh-kinetic.cz/home/velke/bioplynovestanice.html](http://www.kh-kinetic.cz/home/velke/bioplynovestanice.html) - 17k

[www.bioprim.cz](http://www.bioprim.cz)

<http://www.ktbl.de/english/article/lt6-05e.htm>

<http://www.ias.ac.in/currsci/jul10/articles13.htm>

<http://stary.biom.cz/publikace/bioplyn/index.html>

<http://www.eeci.net/archive/biobase/B10251.html>

<http://www.biogas.ch/f+e/grasbasi.htm>

[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list\\_uids=14531447&dopt=](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=14531447&dopt=)

[www.bioalgeen.cz](http://www.bioalgeen.cz)

## 8. Přílohy

### 8.1 Přehled o aplikovaných grafech

Graf č.	O b s a h	str.
1	Komparativní sledování bioalginátem stimulované (tmavošedá plocha v pozadí) a nestimulované (světle šedá plocha v popředí) a řízené metanogeneze v konvenčním bioreaktoru (tmavá plocha ve druhém pořadí).	12
2	Grafické znázornění efektu nasazení bioalginátu pro stimulaci metanogeneze	13
3	Vývoj teploty, koncentrace metanu a proměny pH během sledovaného období	19
4	Denní produkce bioplynu během období od 24. 6. až 3. 7. 2008	20
5	Vývoj koncentrace generovaného metanu během sledování – měření I	23
6	Vývoj koncentrace generovaného metanu během sledování – měření II	24
7	Vývoj koncentrace generovaného metanu během sledování – měření III	24
8	Vývoj koncentrace čpavku během měření I	25
9	Vývoj koncentrace čpavku během měření II	26
10	Vývoj koncentrace čpavku během měření III	26

## 8.2 Přehled o aplikovaných vyobrazeních

obrázek č.	O b s a h	str.
1	První část dvoufázového ředění přípravku v kanystru, kde je možné docílit jednoduchou manipulací dokonalého promísení	17
2	Následná aplikace mikrobiotechnologického přípravku Bio-Algeen WKL do přípravné nádrže v systému BPS	17
3	Kontinuální měření produkce bioplynu 23. 6 a 24. 6. 2008	19
4	Kontinuální měření produkce bioplynu 25. 6 a 26. 6. 2008	19
5	Kontinuální měření produkce bioplynu 27. 6 a 28. 6. 2008	19
6	Kontinuální měření produkce bioplynu 29. 6 a 30. 6. 2008	19
7	Kontinuální měření produkce bioplynu 1. 7 a 2. 7. 2008	19
8	Kontinuální měření produkce bioplynu 3. 7 a 4. 7. 2008 (15)	20

## 8.3 Přehled o aplikovaných tabulkách

Tabulka č.	O b s a h – o r i e n t a c e t a b u l k y	str.
1	Modelové schéma efektivity aplikace bioalginátů při metanogenezi	
2	Výsledky analýz významných elementů z obsahu fermentoru na začátku a na konci pokusu	
3	Výsledky měření koncentrace metanu	
4	Výsledky sledování koncentrace čpavku v procesu metanogeneze	

## 8.4 Tabulkový přehled použitých zkratk, značek a symbolů

Zkratka - symbol – značka	Vysvětlení - význam
BAT	zkratka anglického termínu: Best Available technice = nejlepší dostupná technika
BPS	bioplynová stanice
BPS - OZ	bioplynová stanice zpracovávající materiál typu obnovitelného zdroje
BPS - ODP	bioplynová stanice zpracovávající odpadní hmoty
BREF	soubor aplikovatelných BATů
BSK <sub>5</sub>	biologická spotřeba kyslíku – ukazatel stupně organické kontaminace sledovaných vod, případně odpadních technologických tekutin
CH <sub>4</sub>	metan
C:N	poměr uhlíku k dusíku ve zpracovávané směsi, je důležitý pro správnou úroveň anaerobní dekompozice (opt. 25–30). Indikátor úspěšnosti rozkladných dějů
CO	oxid uhelnatý – významně toxický
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý – koproduct biodegradačních dějů, ale také dýchání atd.
ČOV	čistírna odpadních vod
D	digestát
H <sub>2</sub>	vodík
H <sub>2</sub> S	sulfan – rozpadný produkt při degradaci bílkovinných struktur
ICL	kyselina chlorovodíková
HJ	homogenizační jímka
CHSK	chemická spotřeba kyslíku – ukazatel stupně organické kontaminace sledovaných vod, případně odpadních technologických tekutin
IPPC	symbol programu integrované prevence a kontroly znečišťování (Integrated Prevention Pollution and Control)
K	draslík
KJ	kogenerační jednotka
kW	výkonová jednotka - kilowatt
MJ	megajoul (megadžoul) – násobek jednotky práce a energie
MZLU	Mendelova zemědělská a lesnická universita v Brně
MZe	ministerstvo zemědělství
m.Vtg oTs	výraz pro výpočet výtěžnosti bioplynu z organického materiálu
N	dusík
N <sub>cel.</sub>	výraz pro vyjádření obsahu celkového dusíku

*Pokračování* – **Tabulkový přehled použitých zkratk, značek a symbolů**

<b>Zkratka - symbol – značka</b>	<b>Vysvětlení – význam</b>
<b>NH<sub>4</sub></b>	čpavek – amoniak
<b>oTc</b>	organická sušina
<b>OZ</b>	obnovitelný zdroj
<b>P</b>	fosfor
<b>pH</b>	symbol pro vyjádření určité chemické reakce (reciproční hodnota koncentrace vodíkových iontů)
<b>VFA</b>	nižší karbonové kyseliny
<b>VÚZT</b>	Výzkumný ústav zemědělské techniky v Praze
<b>% hm.</b>	hmotnostní procento

