

**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

**Aplikace mikrobiotechnologických prostředků ve
výrobních procesech
s koncovou technologií výroby bioplynu**

Brno 2008

Název	Aplikace mikrobiotechnologických prostředků ve výrobních procesech s koncovou technologií výroby bioplynu
Objednatel	Česká republika – Ministerstvo zemědělství Praha 1, Těšnov 17, PSČ 117 05 Odbor bezpečnosti potravin, environmentálního rozvoje a prevence znečištění IČO: 00020478
Důvěrnost, copyright a kopírování	Důvěrné sdělení. 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.
Jednací číslo	PM / ED / 25092008
Zpráva číslo	MZe / MZLU / IPPC / 25092008
Status zprávy	Vydání 2
Zhotovitel	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
Řešitelé	Ing. Luděk Kamarád, Ing. Petra Dundálková, Dr. Ing. Petr Marada, prof. Ing. Jan Mareček, DrSc.
Oponoval	MVDr. Bohuslav Vostoupal

OBSAH:

1	Předmluva	4
2	Úvod	6
3	Literární přehled	8
4	Vlastní experimentální část	17
4.1.	Laboratorní pokus provedený na VÚZT v Praze	17
4.1.1	Výsledky pokusu	17
4.1.2	Závěr	22
4.2	Aplikace mikrobiotechnologického přípravku na BPS Brno –Černovice	23
4.2.1	Charakteristika BPS	23
4.2.2	Cíl pokusu	24
4.2.3	Postup	24
4.2.4	Výsledky	26
4.2.5	Závěr	33
4.3	Aplikace mikrobiotechnologického přípravku na BPS Čejč	35
4.3.1	Popis BPS Čejč	35
4.3.2	Cíl pokusu	37
4.3.3	Postup	38
4.3.4	Výsledky	39
4.3.5	Závěr	40
5.	Souhrn výsledků a závěr	43
6.	Přehled související a použité literatury	45
7.	Přílohy	49
7.1	Přehled o aplikovaných grafů	49
7.2	Přehled o aplikovaných vyobrazení	50
7.3	Přehled o aplikovaných tabulek	50
7.4	Tabulkový přehled použitých zkratk a značek	52

1. Předmluva

Soudobé trendy, sledující dosažení setrvalého zlepšování podmínek životního prostředí nejenom ve městech, ale i v typických venkovských sídelních aglomeracích a jejich technologických subsytémech jsou čím dál, tím aktuálnějším programem, A to nejenom s ohledem na trvale hrozící důsledky pokračujícího rozvoje skleníkového efektu a nebezpečí pamenící z existence tzv. ozónové díry, ale především s ohledem na manifestujícími se zhoršování zdravotního stavu živých společenstev těmito vlivům exponovaným.

Tyto skutečnosti jsou aktuálním, který je čím dál, tím víc celospolečensky vnímán, diskutován, avšak realizační podoba tohoto pozitivního trendu nemívá vždy patřičně rychle uplatnitelnou a dostatečně progresivní podobu.

Jako nezbytná se tedy jeví potřeba 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, produkujících 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 plyných, ale i kapalných katabolů, 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 vyžitelnosti 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 environmentálním a hygienickému řešení komplexního omezování hlavních zátěžových rizik, která 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

Momentální energetická situace ve světě, Českou republiku nevyjímaje, se vyznačuje vysokou poptávkou po energiích a s tím souvisejícím silným nárůstem cen. Tento stav může být rozhodujícím momentem pro investory, kteří chtějí na této situaci profitovat a využít co nejvíce investičních pobídek při realizaci a provozování technologických zařízení na výrobu energií z obnovitelných zdrojů.

Zemědělství je bezesporu odvětvím, které má pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů největší možnosti a předpoklady. Jedním z těchto velmi perspektivních obnovitelných zdrojů energie je bioplyn.

Tato studie se ve zkratce pokusí shrnout v současné době používané způsoby získávání bioplynu a poslední dostupné informace o významnějších provozovaných nebo plánovaných zařízeních v České republice a okolních státech.

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

- produkce kvalitních organických hnojiv
- získání vedlejšího zdroje energie
- odstranění negativního vlivu na pracovní a životní prostředí.

Kromě toho i v Evropské unii je podporován rozvoj využití biomasy i jejího pěstování pro energetické účely jako součást řešení ekologických otázek energetiky, problémů zemědělské politiky a politiky rozvoje venkova.

V jejím rámci by do roku 2010 měla výroba elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů energie v České republice ve srovnání se současným stavem výrazně stoupnout. V současné době leží v České republice ladem kolem půl milionu hektarů zemědělské půdy. Pro naplnění cíle roku 2010 by postačilo 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, získané z obnovitelných zdrojů, v hrubé spotřebě až na osm procent. V současné době dosahuje asi jen poloviční úrovně. To České republice ukládá směrnice Evropské unie.

V rámci funkčního úkolu byla řešena problematika aplikace mikrobiotechnologických přípravků v podmínkách bioplynových stanic za účelem zlepšení jejich provozních parametrů, s hlavním důrazem na kvantitu a kvalitu produkce bioplynu

ve sledovaných provozech. Na základě výsledků laboratorních pokusů, provedených na VÚZT v Praze, byly v rámci funkčního úkolu uskutečněny další experimenty v provozních podmínkách bioplynové stanice Čejč a pilotní bioplynové stanice Brno – Černovice (Pilotní zařízení anaerobní fermentace Brno-Tuřany). Jejich cílem bylo ověření dosavadních slibných laboratorních výsledků i v praxi.

Úkolem této etapy je ověření metody mikrobiotechnologické stimulace metanogenních procesů alginátovými přípravky při výrobě bioplynu. Byly takto nyní sledovány účinky přípravku BIO-ALGEEN WKL. Preparát je vyráběn a dodáván na trh firmou Schulze & Hermsen GmbH.

Bioalgináty lze s úspěchem využít všude tam, kde je třeba podpořit pozitivní činnost mikroorganismů. Nabízí se řada oblastí při zpracování organických odpadů nebo organicky znečištěných vod. Výrobce Bio-Algeenů se zaměřil na odpady a znečišťující elementy vznikající v procesech výroby a zpracování zemědělských, živočišných a rostlinných produktů.

3. Literární přehled

Bioplyn vzniká mikrobiálně podmíněným vyhníváním jako proces spontánního rozkladu a biodegradace směsi organických látek. K vyhnívání neboli anaerobní fermentaci dochází v podmínkách bez přístupu vzduchu ve vlhkém prostředí vlivem působení metanogenních bakterií – tzv. metanogenů.

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 vyšší organismy. Jejich přizpůsobivost umožnila přežití 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 CH_4 a oxid uhličitý CO_2) a v praxi početnou, avšak objemově zanedbatelnou řadu minoritních plynů, se ustálily různé názvy podle jejich původu nebo místa vzniku.

Takže podle místa vzniku – respektive podle prostředí, ve kterém ke generování tohoto plynu * jako koproduktu biodegradčních procesů – dochází v praxi tyto finální plynné produkty pojmenováváme následovně:

1) Zemní plyn – vzniká klasickým anaerobním rozkladem biomasy (mikrobiální degradací organických struktur), nahromaděné pod zemským povrchem již v dávných dobách. Je energeticky nejhodnotnější ze všech zde uváděných variant, protože obsahuje téměř 98 % metanu. Je však klasifikován jako neobnovitelný zdroj energie, protože se stává dnes již nereprodukovatelnou komponentou – fosilií.

2) Důlní plyn – geneze jeho vzniku je značně obdobná jako u zemního plynu. Jeho energetické využití je značně omezené jen na vhodné lokality, blízké jeho povrchovým vývodům. Závažnou skutečností však je, že pro svou výbušnost ve směsi se vzduchem resp. s kyslíkem je velmi nebezpečným plynem (je častou příčinou důlních

podpovrchových, ale i nadzemních havárií a nehod).

3) Kalový plyn – vzniká anaerobním rozkladem organických usazenin v přírodních i umělých nádržích, uvolňuje se ze dna oceánů, moří, jezer, močálů, rybníků, které se pravidelně nečistí, ale i v biologickém stupni čištění odpadních vod, rýžovištích, rašeliništích. Intenzita jeho vývinu i chemické složení jsou značně variabilní. Je to způsobeno variabilitou procesních podmínek, za kterých vzniká.

4) Skládkový plyn – jeho zdrojem je většina skládek komunálního odpadu, obsahujících 20 – 60 % organických materiálů. Z nich totiž může – v odpovídajících podmínkách (nakupení těchto hmot) vznikat za vhodných podmínek – často i dlouholetou anaerobní fermentací po skládkový plyn s velmi proměnlivým složením. Jeho nezřetelné povrchové výrony jsou velmi nebezpečné. Proto je důležité i skládkové plyny, získané při odplynění skládek komunálního

odpadu, využívat k energetickým účelům nebo je likvidovat bezpečnostním hořákem.

5) Bioplyn – tento pojem je používán pro všechny druhy plyných směsí, které vznikly činností mikroorganismů. Tím je vyjádřeno, že všechny druhy bioplynů anaerobního původu vznikají principiálně stejným způsobem, a to bez rozdílu zda metanogenní proces probíhá v běžných podmínkách na povrchu nebo pod povrchem pod zemským povrchem

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 (CH_4) a oxidu uhličitého (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 fermentace je biochemickým procesem, sestávajícím z celé řady posloupných fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů. Vytváření bioplynu je konečnou fází biochemické konverze organických látek v anaerobních podmínkách na bioplyn a zbytkový fermentovaný materiál. Proces probíhá při teplotách od 0°C do 70°C a na rozdíl od jiných procesů nevzniká při anaerobní fermentaci teplo, ale vyvíjí se hořlavý plyn – metan. Současně s ním se vytváří oxid uhličitý a voda.

V literatuře se uvádí, že celý tento proces probíhá ve čtyřech základních etapách:

a.) etapa hydrolýzy

začíná v době, kdy je v prostředí vzdušný kyslík a dostatečná vlhkost, přesahující 50 % hmotnostního podílu exponované biomasy. V této fázi přítomné akční kmeny mikroorganismů ještě nevyžadují anaerobní prostředí. Dochází k rozkladu polymerů na jednodušší organické látky – monomery.

b.) etapa acidogeneze

při níž dochází k odstranění zbytků vzdušného kyslíku v biomase a k postupnému vytváření anaerobního prostředí. Na této přeměně se podílejí i fakultativní anaerobní mikroorganizmy schopné aktivace v obou prostředích.

c.) etapa acetogeneze

Během této fáze převádějí acidogenní kmeny bakterií vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý.

d.) etapa metanogeneze

Nyní metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají hlavně kyselinu octovou na metan a oxid uhličitý, hydrogenotrofní bakterie produkují metan z vodíku a oxidu uhličitého. Některé kmeny bakterií provádějí obojí. Optimální rovnováha v kinetice jednotlivých fází, probíhajících s odlišnou kinetickou rychlostí, je důležitá pro stabilitu procesu anaerobní fermentace organických materiálů. Závěrečná metanogenní fáze probíhá asi pětikrát pomaleji než předcházející tři fáze. Proto se musejí velikost a konstrukce fermentoru a dávkování surového materiálu této rychlosti přizpůsobit.

Centrem pozornosti této studie je však energeticky využitelný bioplyn, který se stává velice významnou (ale také i lukrativní) komoditou.

Obecně lze tento název – bioplyn 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 kejd s následným odčpavkováním a aerobním dočištěním kalové vody (fugátu) s výrobou bioplynu [tvořen hlavně metanem (CH_4) – 55-70% a oxidem uhličitým CO_2 - 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_4) a oxid uhličitý (CO_2). 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_2) znamená, že nebyly vytvořeny optimální podmínky pro anaerobní fermentaci. Přítomnost volného kyslíku (O_2) 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 halogenuhlovodíků a jejich derivátů, atd.).

Objeví-li se v bioplynu stopy vodíku (H_2), není to na závadu jeho energetické kvality, 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 výskyt lokálních ložisek požáru při suché anaerobní fermentaci. Tato nebezpečná situace se vyskytuje především na skládkách komunálních odpadů, nikoliv v reaktorech. Velmi závažným minoritním plynem v bioplynu je v některých případech sulfan (H_2S), pocházející zpravidla z biochemických procesů při rozkladu proteinů (bílkovin). Obsah sulfanu (H_2S) 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 objektivní potíže při následném konečném využití bioplynu, zejména ve formě výrazné organoleptické zátěže.

K jistým negativům této technologie patří organizačně-technický požadavek na zabezpečení dostatku kejdy s relativně vyšším obsahem sušiny. Při nesplnění této podmínky nejsou vytvořeny dostatečně efektivní předpoklady pro optimální rozvoj termofilních bakterií (zejména při zpracovávání kejdy prasat, vyznačující se téměř obligátně nižším obsahem sušiny). 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 provozním záporem je nutnost manipulace a logistické řešení značného objemu 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.láték (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 (CH_4) (obr. 1.4). Ostatní minoritní plyny v bioplynu (H_2 , H_2S ,...) 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. V elmi důležitá je hodnota

hustoty metanu a bioplynu s 60 % podílem 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 (CO_2) dolů.

Stručný nástin technologie na výrobu bioplynu z kejdových hmot (mokrú 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 substrátu by ve

fixovaných vrstvách a náplních nemohly být použity, neboť by jejich přítomností docházelo k ucpávání reaktoru.

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. 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.

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 samočistící 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 BSK₅ 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 K-20**. 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**, tedy bioalgenové přípravky, použitelné v předmětném programu biostimulace metanogenezy v bioplynových reaktorech, jsou hustou viskózní kapalinou hnědé barvy, dobře rozmísitelnou ve vodě. Jsou koncentrátem rostlinných gelů přírodních polysacharidů, složených z polyuronových kyselin mořských řas. Tyto uronové struktury jsou polyelektrolyty s vysokou iontovýměnnou kapacitou na úrovni 5 000 – 20 000 m/val. Absorbují substance uvolněné biologickým rozkladem organické hmoty, zvláště jejich plynné formy.

Mají molekulovou strukturu identickou s šedou huminovou kyselinou, která s jemnými částčkami půdy vytváří jílovito – humózní komplex. Kompletují tak těžké kovy a eliminují tak jejich toxicitu.

Ve vodě tvoří pod vlivem kovů vodou nerozpustný komplex gel – vločky.

Jde tedy v pravé podstatě o univerzální živnou půdu, v jejíž přítomnosti se mikroorganismy velmi rychle a v rovnováze množí (s uplatněním žádoucího interferenčního fenoménu), bez ovlivnění rušivými chemickými faktory.

Bio-Algeen WKL na principu silné aktivace bakteriálního rozkladu organických látek podporuje samočisticí schopnost odpadní vody a zrychluje sedimentaci vysrážených částic. Výrazně snižuje také i hodnoty CHSK a BSK₅, což je - s ohledem na charakter a dynamiku působení bioalginátů – docela logické.

Oba přípravky jsou dováženy do České republiky a jsou tedy u nás běžně k dosažení. Podrobnější informace o nich jsou dostupné na adrese:

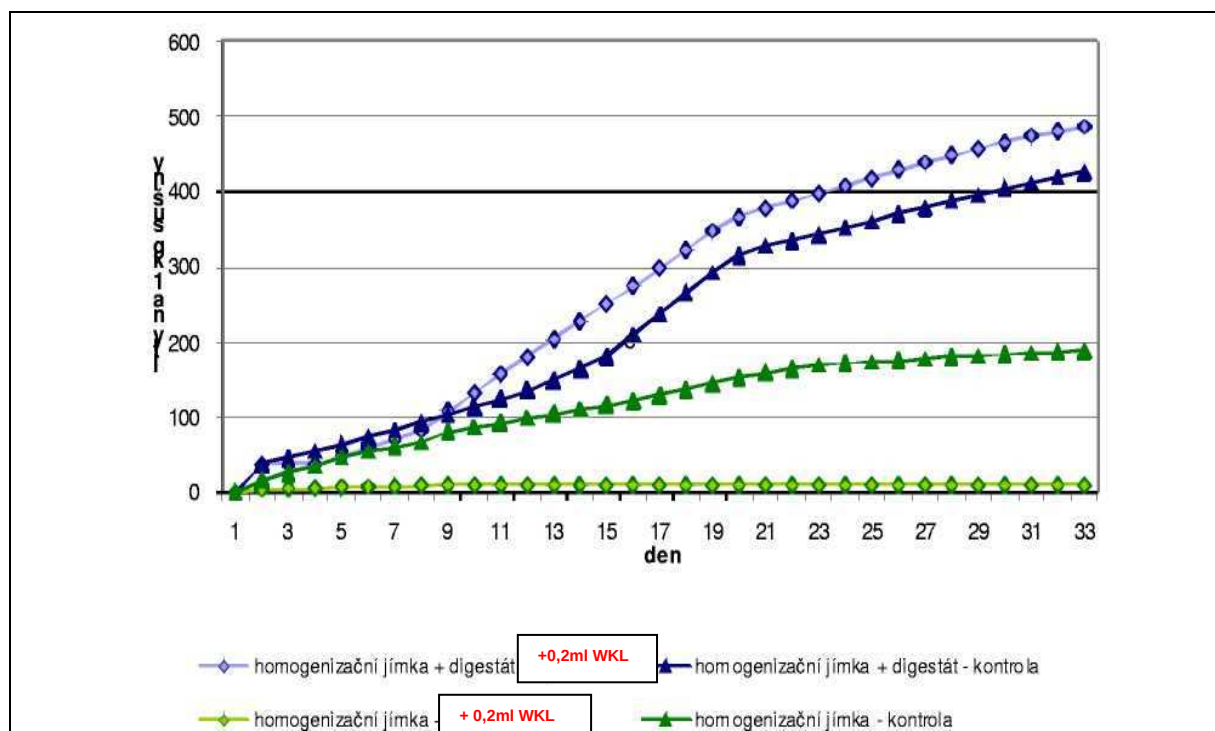
www.bioalgeen.cz

4. Vlastní experimentální část

4.1 Laboratorní pokus provedený na VÚZT v Praze

Laboratorní pokusy realizované na VÚZT v Praze trvaly 33 dní a byly prováděny v mezofilním prostředí při teplotě 42°C. K pokusu byl použit substrát pocházející z bioplynové stanice Čejč. Během anaerobního pokusu byly sledovány čtyři různé vsázky s přidavkem i bez přidavku biotechnologického přípravku Bio-Algeen WKL (dále také jako B. A. WKL).

4.1.1 Výsledky pokusu



Graf 1: Porovnání kumulativní produkce bioplynu použitých substrátů z BPS Čejč

Z grafu 1 je patrné, že během 33 denního pokusu bylo dosaženo nejvyšší produkce u substrátu, složeného z materiálu z homogenizační jímky (HJ), digestátu (D) s přidavkem 0,2 ml přípravku B. A. WKL (HJ+D+WKL).

Oproti kontrole (HJ+D) dosáhl **substrát s přidavkem přípravku B. A. WKL o 14,3 % vyšší kumulované produkce bioplynu** (viz tab. 1). Při modelovém porovnání čerstvě dodaného nativního substrátu z homogenizační jímky (HJ) a téhož substrátu s přidavkem 0,2 ml přípravku B. A. WKL (HJ+WKL) bylo zjištěno, že přidavek bioalginátu

nebyl v tomto konkrétním případě pro momentální navýšení produkce bioplynu zřetelnějším přínosem.

Substrát kombinující nativní (v daném okamžiku fermentačními ději ještě nikterak nezasazenou) směs vloženou do homogenizační jímky (HJ) a obohacenou jednorázovým přidáním bioalginátu B. A, WKL – v tomto ojedinělém případě – vykázal relativně nejnižší stimulaci metanogeneze oproti výsledkům všech zde synchronně zkoušených kombinací. (Vysvětlení příčinných souvislostí – viz níže).

Vysvětlení je v tomto případě zcela jednoznačné. Vzhledem k tomu, že tento experiment, prováděný ve specializované laboratoři VÚZT byl pouze modelovým – tedy prováděným in vitro, v mikrodimenziálních kvantitativních relacích. To znamená, že kvantitativní poměry a tedy i možnosti vzájemných potenciačních relací dílčích složek vkladky byly tisíckrát až desettisíckrát menší, než v reálných podmínkách fungujícího fermentoru.

Použitý materiál byl do laboratoře dovezen a experiment byl zahajován s určitou časovou prodlevou od doby odběru. Nejpodstatnějším faktem však je, že v laboratorním prostředí, které je – v důsledku jistého obecného provozního řádu laboratoří - relativně ochuzeno o pestrou škálu v terénu běžných mikrobiálních společenstev – se uplatnil fenomén chybějícího dostatku vlných metanogenních mikrobiontů. Proto tedy adice biostimulativního B. A. WKL nemohla ve vymezeném časovém prostoru navodit u nativního vzorku očekávanou ascendentní odezvu.

Tento fakt pak zcela potvrzuje souběžně zjištěná skutečnost, že shodný nativní vzorek (HJ) obohacený živým inokulem – tedy přidavkem digestátu z fungujícího terénního fermentoru – funkční odezvu v podobě navozené produkce bioplynu prokázal. Toto tvrzení navíc ještě důrazněji potvrzuje křivka, vyjadřující efekt biostimulativního účinku u směsi HJ +D(inokulum) + B. A. WKL. Ta ukazuje největší metanogenezi z porovnávaných variant

Na tomto místě je pak třeba upozornit i na skutečnost, že v grafu uvedená křivka kombinace HJ+ B. A. WKL, která se prakticky nevykazuje vůbec žádnou produkci bioplynu (což je v této konkrétní situaci velice nepravděpodobné) svědčí o zřejmé technické chybě nebo závadě, pro kterou – zcela nelogicky – generování bioplynu vůbec vlastně nezačalo.

Avšak vzhledem k výsledkům dosažených při ostatních měřeních zejména pak při ověřovacích experimentech v jiných provozech reálné praxe lze předpokládat, že v tomto případě šlo nejspíše o technickou a systémovou chybu při měření.

Tab. 1 Porovnání kumulované produkce bioplynu a metanu

Produkce bioplynu				Produkce CH ₄			
Boř. čís.	Datum	pokus	kontrola	pokus		kontrola	
		HJ +digestát + 0,2ml	HJ + digest.	HJ+digestát + 0,2ml WKL		HJ+digest.	
		bioplyn (ml)	bioplyn (ml)	CH ₄ %	CH ₄ -ml	CH ₄ %	CH ₄ -ml
1	24.3.						
2	25.3.	3500	3500	49,1	1718,5	35,5	1242,5
3	26.3.		800	49,3		36,0	288,0
4	27.3.		800	58,9		38,0	304,0
5	28.3.	1000	800	78,5	785,0	50,4	403,2
6	29.3.	1000	900	80,8	808,0	65,8	592,2
7	30.3.	1100	900	80,4	884,4	71,5	643,5
8	31.3.	1100	1000	81,3	894,3	71,5	715,0
9	1.4.	2300	900	82,0	1886,0	69,5	625,5
10	2.4.	2300	900	85,2	1959,6	74,0	666,0
11	3.4.	2300	1000	85,3	1961,9	74,3	743,0
12	4.4.	2200	1100	85,5	1881,0	74,6	820,6
13	5.4.	2200	1200	85,4	1878,8	77,3	927,6
14	6.4.	2200	1500	85,6	1883,2	77,5	1162,5
15	7.4.	2200	1500	84,5	1859,0	77,6	1164,0
16	8.4.	2100	2700	84,0	1764,0	79,7	2151,9
17	9.4.	2200	2600	76,5	1683,0	77,5	2015,0
18	10.4.	2300	2600	76,6	1761,8	77,6	2017,6
19	11.4.	2300	2500	76,6	1761,8	77,6	1940,0
20	12.4.	1800	2100	75,7	1362,6	77,6	1629,6
21	13.4.	1100	1200	75,8	833,8	77,8	933,6
22	14.4.	900	700	75,9	683,1	77,9	545,3
23	15.4.	900	700	75,9	683,1	77,9	545,3
24	16.4.	900	800	76,3	686,7	77,6	620,8
25	17.4.	1000	850	77,9	779,0	77,0	654,5
26	18.4.	1000	850	79,4	794,0	76,5	650,3
27	19.4.	900	850	79,5	715,5	76,1	646,9
28	20.4.	900	800	79,8	718,2	76,0	608,0
29	21.4.	800	800	79,8	638,4	75,9	607,2
30	22.4.	800	750	79,9	639,2	75,7	567,8
31	23.4.	800	700	79,8	638,4	75,7	529,9
32	24.4.	600	700	79,8	478,8	75,5	528,5
33	25.4.	600	650	79,7	478,2	75,6	491,4
		45300	39650	35499,3		27981,2	
		zvýšení produkce o 5650 ml		zvýšení produkce o 7518,1 ml			
		nárůst o 14,3%		nárůst o 26,9%			

Graf 2 znázorňuje denní produkci bioplynu z použitých (viz výše) substrátů. **Nejlepšího výsledku dosáhl substrát HJ+D+WKL a HJ+D, přičemž substrát HJ+D+WKL vykazoval o 21,8 % vyšší průměrnou denní produkci plynu, než substrát HJ+D.**

Nejhoršího výsledku dosáhl opět vzorek substrátu, reprezentovaný sestavou HJ+WKL. Výsledek, který je právě na tomto místě prezentován podle uváděného věcného hodnocení, je zcela logický a příčina je prostá. Předpokládá však nikoliv mechanistický, ale jednoznačně biologický přístup k souvisejícímu vyhodnocování a solidní znalost nejenom laboratorních ale především biologických dějů a procedur a reakcí.

Jestliže byl zkombinován obsah homogenizační jímky s přípravkem B.A, WKL, aniž by do této směsi bylo přidáno iniciační inokulum (jakýsi fermentační kvásek), nemůže být předpokládáno, že stimulátor mikrobiologických reprodukčních dějů bude v tomto směru působit, aniž by měl vlastní mikrobiologické agens ve své sféře vlivu.

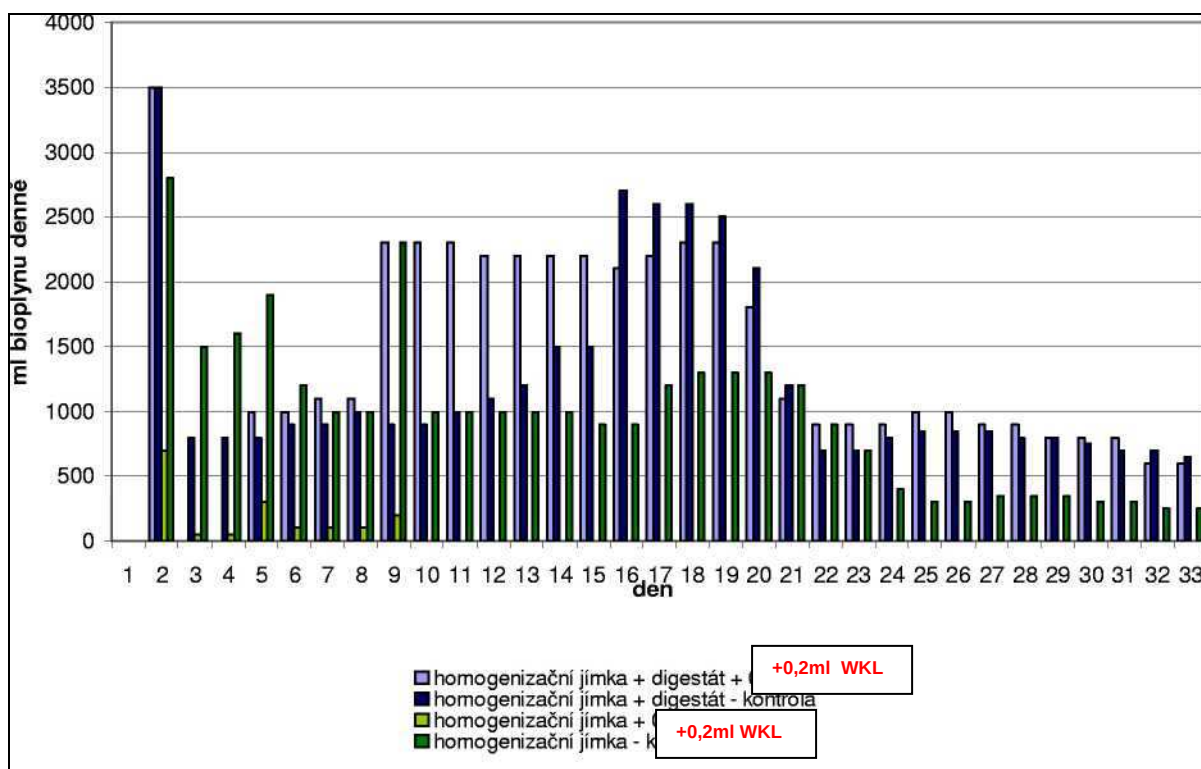
Je proto naprosto pochopitelné, že nástup účinku u substrátu dočasně relativně prostého metanogenních mikrobiontů, nemohl v počáteční fázi bioalginát – ve smyslu jeho oprávněně deklarovaných vlastností a schopností – přimět k bouřlivému množení společenstvo, které ještě v čerstvém substrátu není přítomno v iniciační denzitě.

Toto konstatování návazně velice přesně koreluje s výsledky jiných experimentů, kdy k této dvojkombinaci, deklarované jako neúspěšné, bylo přidáno jenom symbolické inokulum – a výsledek byl excelentní. Hodnocení těchto relací totiž vyžaduje mnohem hlubší znalosti biotechnologických procedur, které nevystačí pouze s mechanistickým nebo laboratorně-chemickým hodnotícím aspektem, ale vyžaduje akceptability velice jemných mikrobiologických relací a projevů. To ostatně potvrzují i výsledky a poznatky, prezentované hned v následujícím odstavci.

Substrát, který byl kombinací složek HJ+D+ B.A. WKL, začal dosahovat produkčního maxima již od 9. dne pokusu, přičemž vykazoval po dobu následujících 12 dní stabilní a vysokou produkci bioplynu. Zatímco kombinace HJ+D dosáhla produkčního maxima teprve až šestnáctý den, přičemž si vyšší produkční výkon udržela pouhé 4 dny. Lze tedy říci, že v tomto případně byl u substrátu s přídatkem biotechnologického přípravku nástup produkce bioplynu o 7dní rychlejší.

Předpokládáme, že na dosavadní výsledky těchto úvodních experimentů bude moci v blízké budoucnosti navazovat analogická studie, která by sledovala nejenom čas nástupu relativní produkční špičky, ale také její setrvalost a charakteristiku úhlu organického descenzu, tedy dlouhodobější dynamiku řízené a podporované metanogeneze.

Jedině takto, při počasném sledování celého průběhu efektivně řízené a tedy i racionálně stimulované metanogeneze může být fundované hodnocení vliv mikrobiotechnologické stimulace a tedy intenzifikace metanogenních procedur ve fermentorech BPS, používajících nyní prvotně takto exaktně posuzovaných bioalginátů, fungujících při energetickém zhodnocování biomasy.

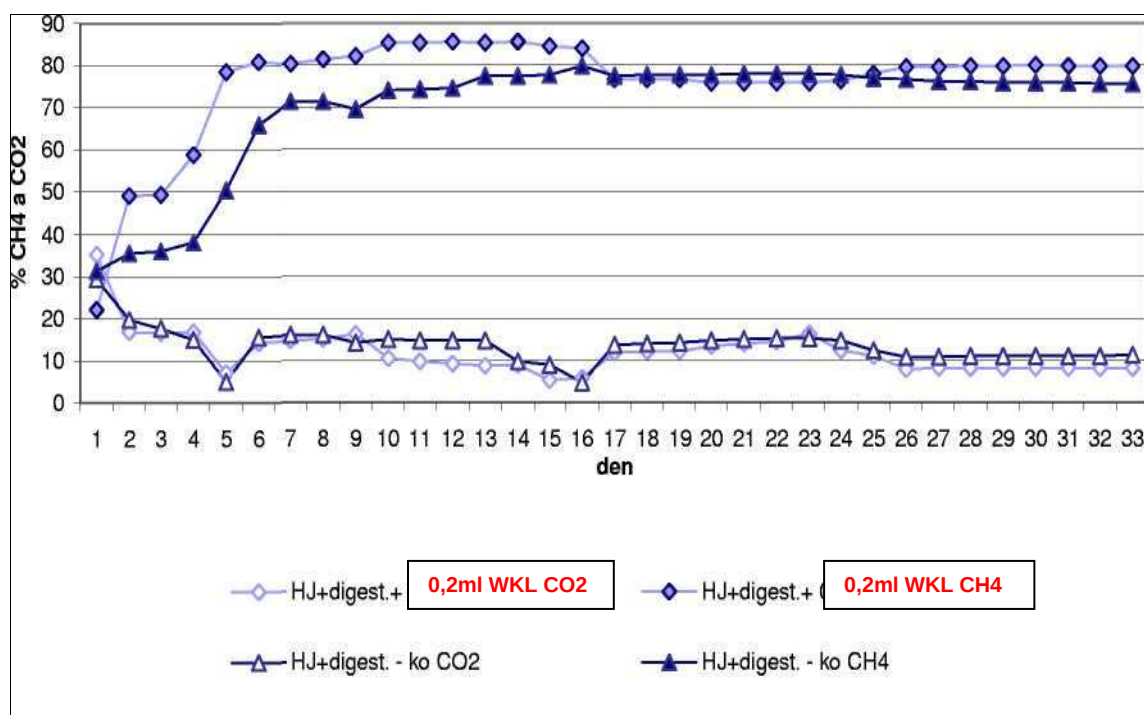


Graf 2: Porovnání denní produkce bioplynu použitých substrátů z BPS Čejč

Celková měřená doba pokusu činila 33 dní. První měření však nebylo provedeno hned první den od provedení vsázky. Vzhledem k dosaženým výsledkům však lze odvozovat, že se bioplyn pravděpodobně v pokusné nádobě začal tvořit a kumulovat ještě před provedením prvního měření, to vysvětluje vysoké naměřené hodnoty ze druhého dne pokusu.

Graf 3 znázorňuje koncentraci metanu a oxidu uhličitého v bioplynu produkovaném v porovnávaných substrátech HJ+D+WKL a HJ+D. Substrát HJ+D+WKL dosáhl nejvyšší koncentrace metanu 85,6% ve čtrnáctém dni pokusu. U tohoto substrátu se koncentrace metanu pohybovala nad hranicí 80% od šestého do šestnáctého dne. U substrátu HJ+D byla dosažena maximální koncentrace metanu 79,7%. Substrát HJ+D+WKL vykazoval průměrnou koncentraci metanu 75,8% a substrát HJ+D průměrnou koncentraci metanu 70%.

Bioplyn produkovaný ze substrátu s přidavkem přípravku B.A.WKL tedy vykazoval o 5,8% vyšší průměrnou koncentraci metanu, než substrát bez přípravku. Celkově bylo ze substrátu HJ+D+WKL vyprodukováno o 26,9 % více metanu než ze substrátu HJ+D (viz Tab. 1).



Graf 3: Koncentrace metanu a oxidu uhličitého v produkovaném bioplynu

4.1.2 Závěr

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že přípravek B.A.WKL je výhodnější aplikovat v kombinaci s recirkulovaným digestátem, neboť zde pravděpodobně dochází ke stimulaci již přítomných metanogenních bakteriálních kmenů, které jsou v digestátu obsaženy. Akceptování této domněnky mělo za následek **o 7 dní rychlejší nástup metanogeneze v substrátu a o 14,3% vyšší kumulovanou produkci bioplynu ve srovnávacím experimentu. Substrát HJ+D+WKL vykazoval o 21,8% vyšší průměrnou denní produkci bioplynu a delší fázi stabilní produkce bioplynu než substrát HJ+D.**

U substrátu HJ+D+WKL byla zjištěna o 5,8 % vyšší průměrná koncentrace metanu než u kontrolního vzorku. Nejvyšší dosažená koncentrace metanu v bioplynu ze substrátu s přípravkem WKL byla 85,6 %. **Ze substrátu HJ+D+WKL bylo kumulativně vyprodukováno o 26,9 % více metanu než ze substrátu bez přípravku.**

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že přípravek B.A.WKL v laboratorních podmínkách pozitivně ovlivňuje produkci a kvalitu bioplynu vznikajícího ze substrátu s přidavkem recirkulovaného digestátu. Tyto výsledky dávají dobrý předpoklad využití a ověření pozitivního působení přípravku B.A.WKL v provozních podmínkách bioplynových stanic.

4. 2 Aplikace mikrobiotechnologického přípravku na BPS Brno – Černovice

4.2.1 Charakteristika BPS

BPS Černovice (Pilotní zařízení anaerobní digesce Brno Tuřany) je pokusná bioplynová stanice s jednostupňovou fermentací a objemem fermentoru 70 m³. Provoz fermentoru částečně připomíná tzv. „batch reaktor“, kdy je do fermentoru dávkován substrát bez současného vypouštění digestátu z reaktoru. Konstrukčně se jedná o horizontální fermentor, kde je míchání zajištěno horizontálně umístěným mechanickým míchacím zařízením, pracujícím v pravidelném režimu dle schématu 6 minut míchání a 10 minut klidu.

Substrát o minimální sušině 25 % je do reaktoru postupně plněn v pravidelných denních dávkách, dokud hladina ve fermentoru nedosáhne svého funkčního maxima. Při dosažení tohoto maximálního stavu naplnění je z fermentoru vypuštěna asi 1/5 objemu (průměrně každé 2 měsíce) a proces postupného plnění se opakuje.

Substrát je každý týden upravován v přípravné nádrži a potom je vždy jednou denně v pondělí až pátek do BPS po částech dávkován. O víkendech se žádný substrát nedávkuje (akceptace rizik z tzv. lidského faktoru). BPS pracuje v termofilním pásmu, teplota ve fermentoru se pohybuje kolem 50° C.

Základní vstupní suroviny pro tuto BPS jsou druhotné suroviny z potravinářského průmyslu, nevhodné ke primárně účelové spotřebě anebo ke zpracování (např. čokoláda, pečivo atd.), jedlé oleje a tuky, biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven a jiný biologicky rozložitelný odpad. Hlavní vstupní surovinou je zbytek po filtraci fritovacího oleje (směs oleje se strouhankou), jehož anaerobní rozklad by měl zaručovat vysoké výtěžky bioplynu.

Avšak proces řízení je zde náročnější na monitoring a optimalizaci skladby i vzájemných poměrů vstupních kosubstrátů. Anaerobní rozklad tuků je obecně časově i energeticky náročnější, než sacharidů nebo proteinů, z těchto důvodů může ve fermentoru docházet ke kumulaci dosud nerozložených organických látek.

Tepelným zdrojem pro vytápění fermentoru je odpadní teplo z instalované kogenerační jednotky (dále jen jako KJ) o elektrickém výkonu 125 kW, která je zásobována především skládkovým plynem z přilehlé a odplynovávané skládky. Plyn z bioplynové stanice je tedy pro instalovanou KJ pouze doplňkovým energetickým zdrojem, který má za úkol zvýšit koncentraci metanu ve směsném plynu. Aniž by samotná BPS měla na chod KJ zásadní vliv, výpadek KJ však může naopak zapříčinit pokles teploty v celém topném systému BPS a vést k poklesu teploty ve fermentoru. Při delších výpadech nebo nižším výkonu KJ tak může docházet ke kolísání teploty a tedy i úrovně metanogeneze ve fermentoru bioplynové stanice.

4.2.2 Cíl pokusu

Cílem pokusu je porovnat dosažené výtěžky bioplynu nejprve bez přídavku biotechnologického přípravku a po té s přídavkem přípravku B.A.WKL k denní dávce substrátu do fermentoru. Výsledkem pokusu má být ověření vlivu biotechnologického přípravku B.A.WKL na produkci a kvalitu produkovaného bioplynu. Vzhledem k povaze dávkovaného substrátu, provozních záznamů a výpovědi provozovatele bylo patrné, že produkce bioplynu neodpovídá teoreticky dosažitelným a plánovaným hodnotám. Dalším cílem pokusu tedy bylo se těmito hodnotám pomocí aplikace biotechnologického přípravku přiblížit.

4.2.3 Postup

Fermentor bioplynové stanice byl sledován v období od 29. 7. do 24. 8. 2008. Toto období bylo rozděleno na dva časové úseky o délce 14 dnů. Do reaktoru byl během sledovaného období dávkován substrát o přibližně shodném složení (400 kg tuk z odlučovačů tuků, 720 kg zbytek po filtraci fritovacího oleje, 200 kg odpad z kuchyní a stravoven, 450 kg odpadní potravinářské suroviny [čokoláda], 27kg obilné plevy). Průměrné denně dávkované množství organické sušiny (oTS) tak činilo 170 kg, čímž bylo dosaženo přibližně rovnoměrného organického zatížení fermentoru během celého pokusu - tj. 2,5kg oTS/m³.den.

Během první poloviny průběhu tohoto pokusu (období od 29. 7. do 11. 8.) byl do fermentoru dávkován pouze substrát. Tento časový úsek je dále v této práci označován jako období I. Dne 12. 8. byl do fermentoru, spolu s denní dávkou jednorázově aplikován přípravek B.A.WKL v ředění 28 litrů B.A. WKL/ na 1400 l užitkové vody.

Každý další dávkovací den pak byl k dennímu objemu vkládaného substrátu přidáván i stejný bioalginátový preparát, tedy B.A. WKL, a to v poměru 400 ml stejně naředěného přípravku B.A. WKL na každý 1 m³ vkládané dávky. Denní objem vkládaného substrátu byl, včetně technologické vody, průměrně 300 litrů. Do fermentoru pak bylo zvláštním dávkovacím otvorem (viz obr.) denně aplikováno 120 ml přípravku, rozmíchaného ve 12 l technologické vody. Toto období sledování trvalo od 12. 8. do 24. 8. a je nadále označován jako období II. Období I bylo bráno jako referenční a byly k němu vztahovány provozní výsledky z období II, kdy byl k denní dávce pravidelně přidáván přípravek B.A.WKL ve výše uvedeném množství..

Kvantum vyprodukovaného bioplynu bylo kontinuálně zaznamenáváno elektronickým záznamovým zařízením (clona), zároveň byla produkce každý den v 7 h ráno odečítána z instalovaného plynoměru. Měření clonou a plynoměrem vykazují jistou diferenci, která je ale způsobena jistou nepřesností clony. Hodnoty kontinuálně měřené na cloně tak lze považovat spíše za vývojový trend v čase. Hodnoty naměřené plynoměrem odpovídají skutečnému množství vyprodukovaného bioplynu.

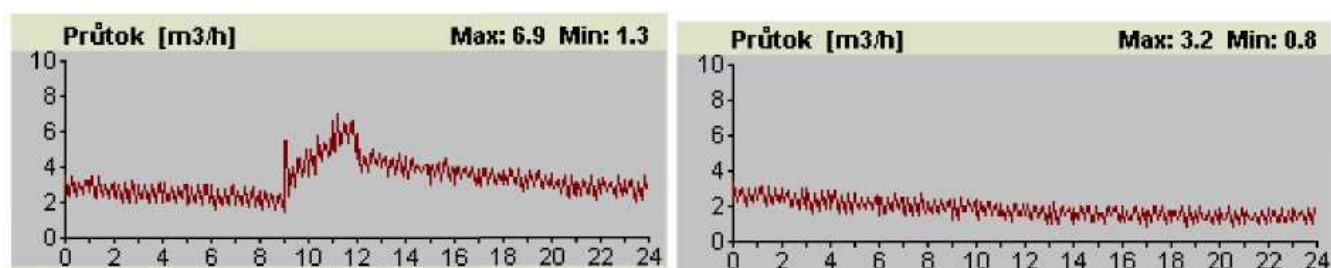
Jednou denně probíhalo měření teploty a pH ve fermentoru, dále pak měření koncentrace metanu v bioplynu pomocí analyzátoru plynů.

Dne 23. 8. došlo k výpadku kogenerační jednotky a topný systém BPS začal chladnout. Výpadky kogenerační jednotky se vinou provozních problémů (zcela nezávislých na provozu BPS) několikrát opakovaly.

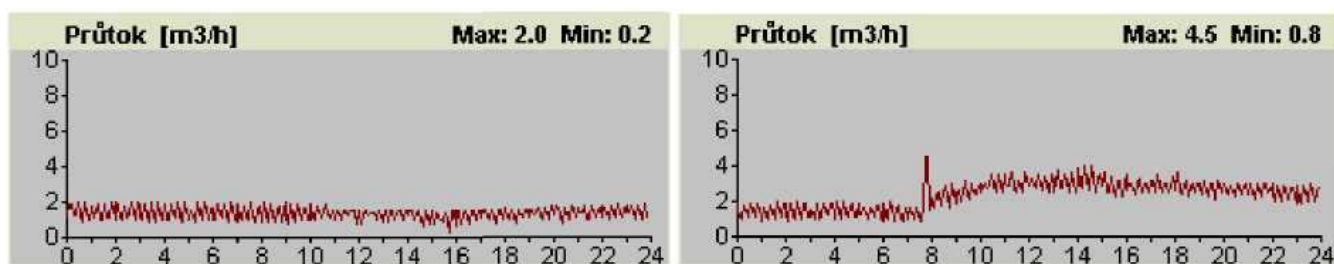
Došlo tedy výraznému vychladnutí fermentoru a po několika dnech i k poklesu produkce bioplynu. Poslední dávkování substrátu a přípravku do fermentoru bylo provedeno 22. 8. 2008 a po té bylo kvůli přetrvávajícím provozním problémům a následně klesající teplotě ve fermentoru další sledování zcela přerušeno. To bohužel narušilo záměr hodnotit experimentální provoz BPS za nezměněných podmínek dále.

4.2.4 Výsledky

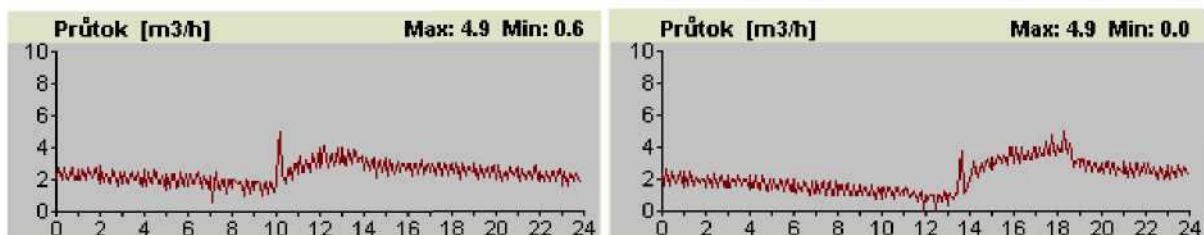
Kontinuální záznamu produkce bioplynu (viz obr. 1 až obr. 12) dokumentuje vývoj produkce bioplynu ve sledovaném fermentoru. Od 12. 8. (viz obr. 6) je patrný výrazný vzestup průměrné hodinové produkce bioplynu.



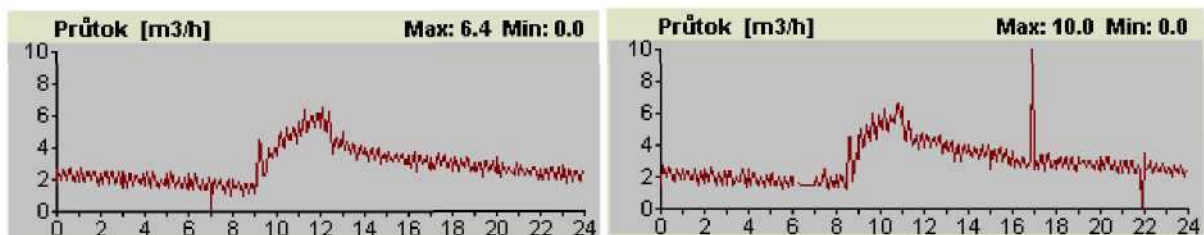
Obr. 1 *Kontinuální měření produkce bioplynu 1. 8. a 2. 8. 2008*



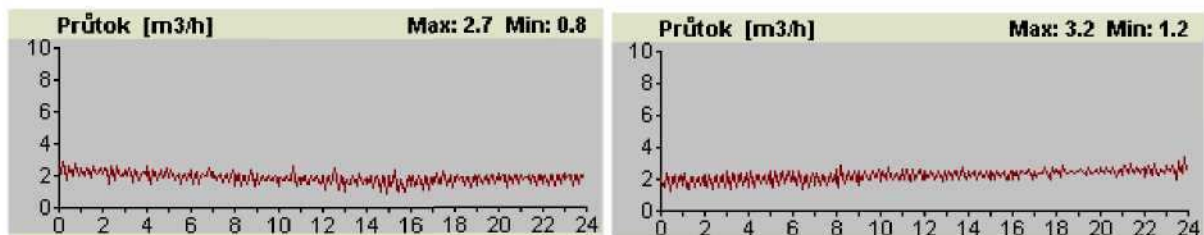
Obr. 2 *Kontinuální měření produkce bioplynu 3. 8. a 4. 8. 2008*



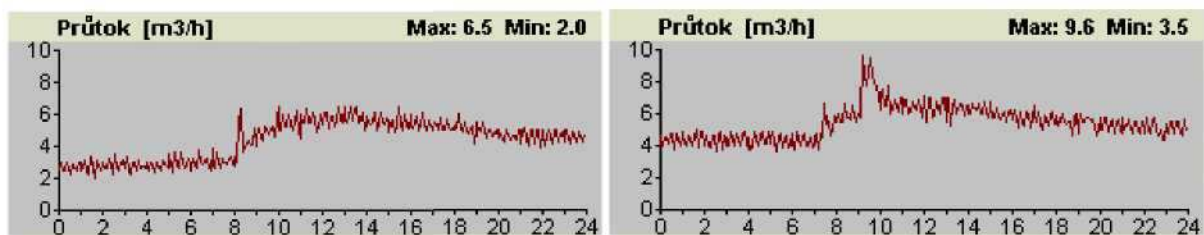
Obr. 3 Kontinuální měření produkce bioplynu 5. 8. a 6. 8. 2008



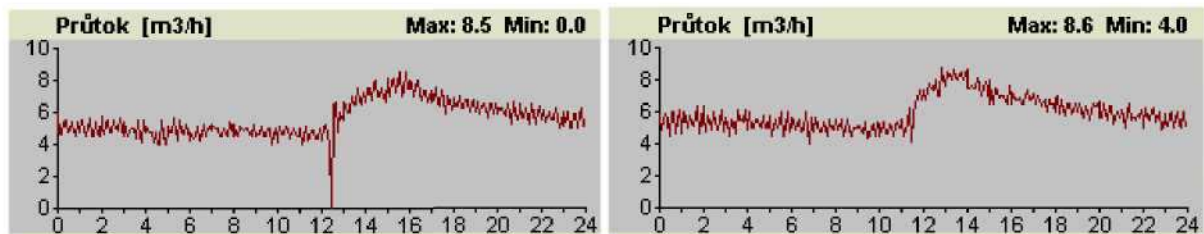
Obr. 4 Kontinuální měření produkce bioplynu 7. 8. a 8. 8. 2008



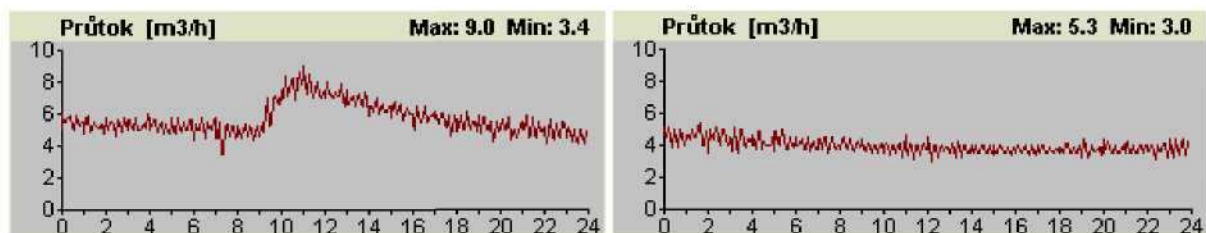
Obr. 5 Kontinuální měření produkce bioplynu 9. 8. a 10. 8. 2008



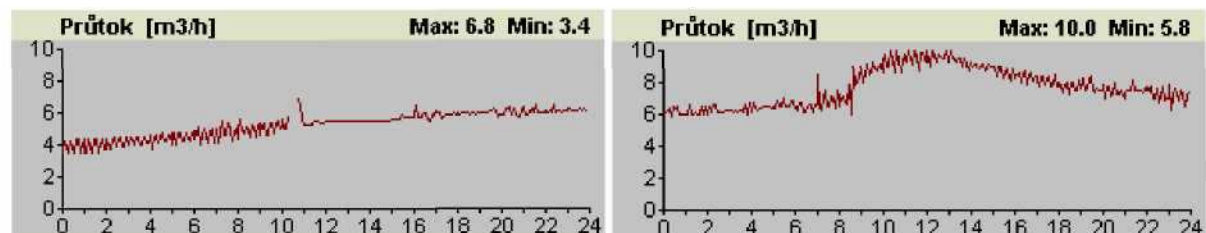
Obr. 6 Kontinuální měření produkce bioplynu 11. 8. a 12. 8. 2008



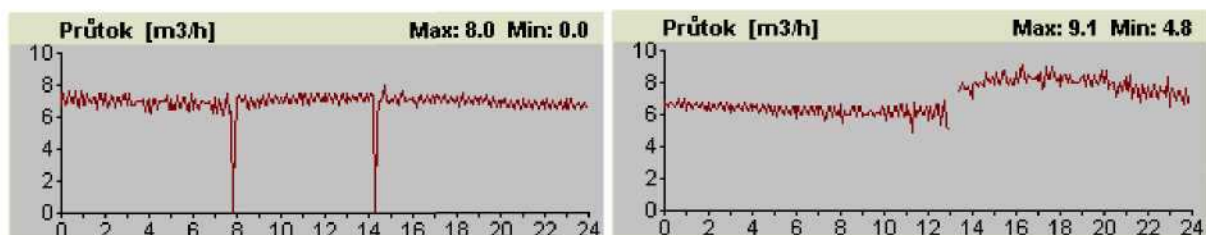
Obr. 7 Kontinuální měření produkce bioplynu 13. 8. a 14. 8. 2008



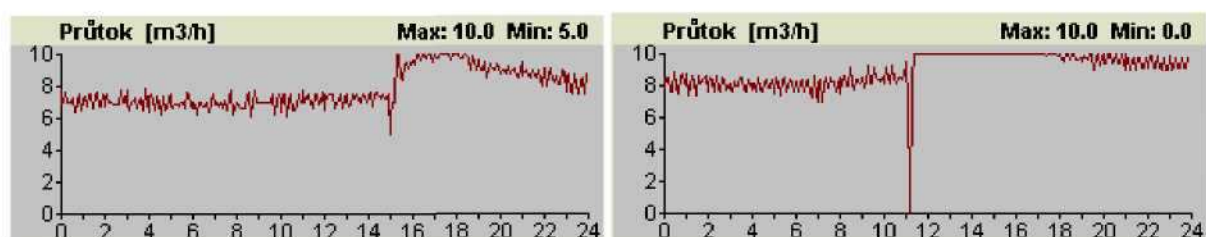
Obr. 8 *Kontinuální měření produkce bioplynu 15. 8. a 16. 8. 2008*



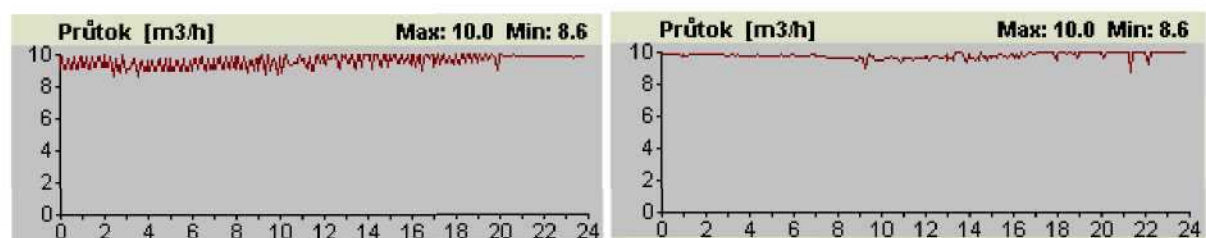
Obr. 9 *Kontinuální měření produkce bioplynu 17. 8. a 18. 8. 2008*



Obr. 10 *Kontinuální měření produkce bioplynu 19. 8. a 20. 8. 2008*



Obr. 11 *Kontinuální měření produkce bioplynu 21. 8. a 22. 8. 2008*



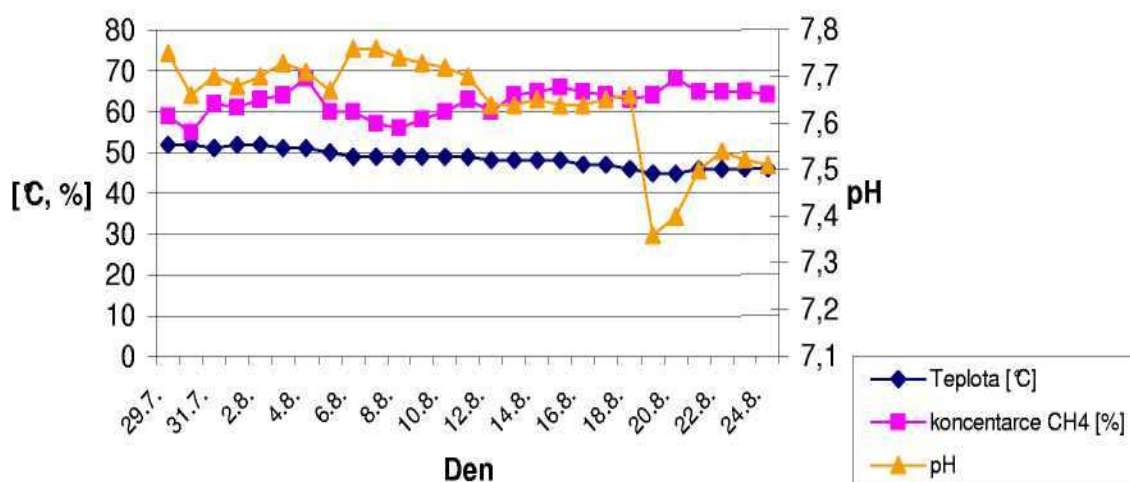
Obr. 12 *Kontinuální měření produkce bioplynu 23. 8. a 24. 8. 2008*

Ve sledovaném období od 29. 7. do 24. 8. 2008 byla průměrná teplota ve fermentoru $48,5^{\circ}\text{C}$, průměrná koncentrace metanu v produkovaném bioplynu činila 62,4%, a to při průměrné hodnotě $\text{pH} = 7,64$. Vývoj teploty, pH a koncentrace metanu za sledovaná období znázorňuje graf 4.

V období I byla průměrná teplota ve fermentoru $50,35^{\circ}\text{C}$, průměrná koncentrace metanu v produkovaném bioplynu činila 60,42% při průměrné hodnotě $\text{pH} = 7,72$.

Velice významným poznatkem však je, že přes znatelný pokles průměrné teploty uvnitř fermentoru, vzrostla během poměrně krátké doby v období II (při aplikaci bioalginátového přípravku Bio-algeen WKL) produkce bioplynu o 108,3%. Koncentrace metanu v bioplynu se - oproti období I - zvýšila o 4%.

Průměrná hodnota pH ve fermentoru -oproti prvnímu období – naopak mírně avšak zřetelně poklesla.



Graf 4: Sledované provozní parametry BPS Brno-Černovice v období od 29. 7. do 24. 8. 2008

Během aplikace přípravku, tj. v období II, průměrná teplota ve fermentoru poklesla na $46,61^{\circ}\text{C}$, průměrná koncentrace metanu v produkovaném bioplynu činila 64,46% při průměrné hodnotě $\text{pH} = 7,57$. Kolísání a pokles teploty v období II způsobovaly provozní výpadky a servisní práce na kogenerační jednotce. Toto se zřetelně odrazilo i na nižší průměrné teplotě ve fermentoru během období II.

Z grafu 5 je patrné, že od 12. 8. (tj. po aplikaci mikrobiotechnologického přípravku B.A. WKL) začala produkce bioplynu výrazně stoupat. Za období I bylo celkem vyprodukováno 1305,2 m³ bioplynu o průměrné koncentraci metanu na úrovni 60,43%. Vyprodukované množství odpovídá průměrnému průtoku 3,89 m³/h.

Průměrná kalorická hodnota tohoto bioplynu byla 21,66 MJ / m³. V období II bylo vyprodukováno 2718,7m³, což odpovídá průměrnému průtoku 8,71 m³/h. Průměrná kalorická hodnota bioplynu v období II se zvýšila na 23,16 MJ / m³.

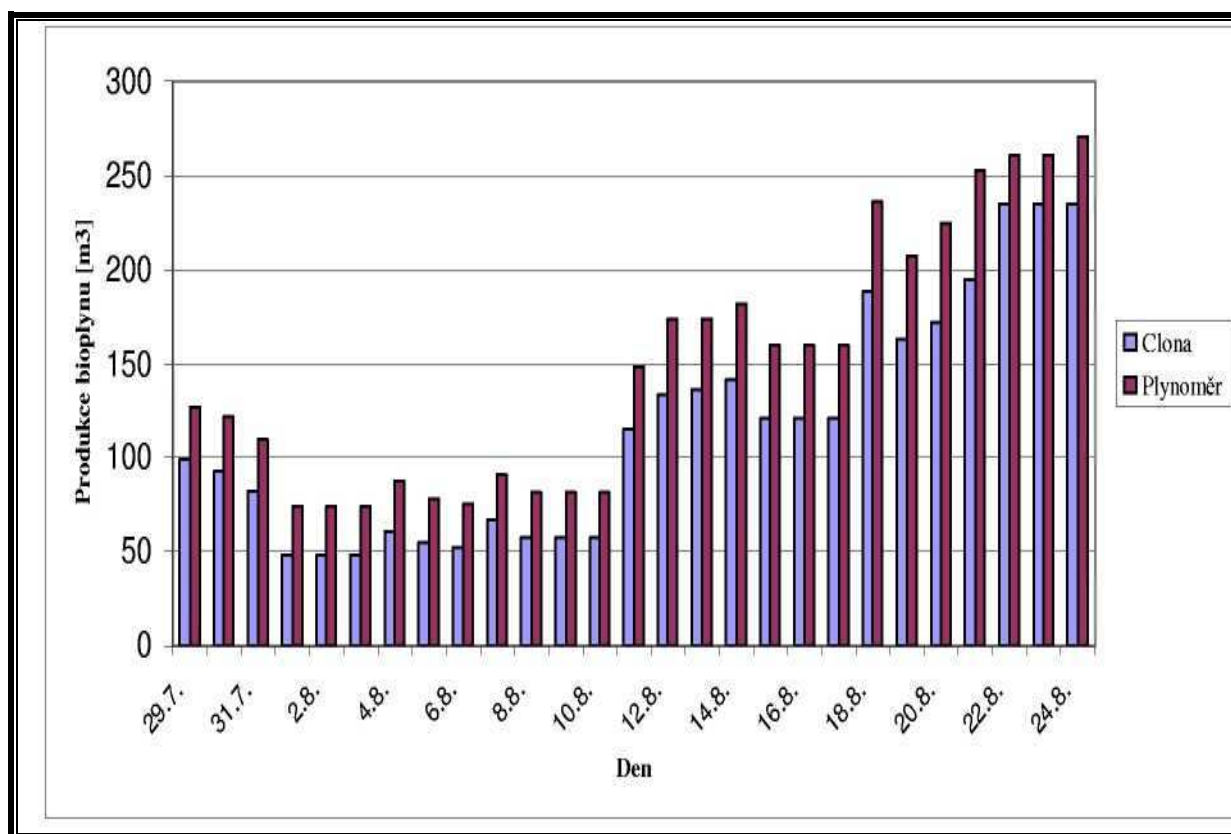
Celkově bylo za období I vyprodukováno 787,75m³ metanu.

Toto množství odpovídá kalorické hodnotě 28272,25 MJ.

Za období II bylo vyprodukováno 1754m³ metanu

o celkové kalorické hodnotě 62950,88 MJ.

Tato čísla jsou zcela jednoznačným neverbálním pozitivním hodnocením efektivity uplatnění bioalginátu ((Bio-algeenu WKL) v procesu řízené metanogeneze.



Graf 5: Denní produkce bioplynu za sledované období od 29. 7. do 24. 8. 2008

Tab. 2 Srovnání sledovaných období

Sledovaná kritéria	Období I	Období II	Rozdíl	%
Celkové množství nadávkovaného substrátu [kg]	3594	3594	0	0,00
Celkové množství nadávkované org. sušiny [kg]	2384	2384	0,00	0,00
Vyrobený bioplyn [m ³]	1305,2	2718,70	1413,50	108,30
Vyrobený metan [m ³]	787,75	1754,00	966,25	122,66
Průměrná koncentrace metanu [%]	60,43	64,56	4,13	6,84
Vyrobená energie v palivu [H _C H ₄ =35,89MJ/m ³]	28272,25	62950,88	34678,63	122,66
Výtěžnost BP z org. sušiny [m ³ Vkg oTS]	0,548	1,141	0,593	108,30
Výtěžnost metanu z org. sušiny [lrcVkg oTS]	0,330	0,736	0,405	122,66

Výtěžnost bioplynu v období I byla $0,546 \text{ m}^3/\text{kg oTS}$, což je výsledek nižší, než odpovídá teoretickému výtěžku pro substráty tukové povahy. V období II však již byl výtěžek $1,141 \text{ m}^3/\text{kg oTS}$. Tato hodnota už se výrazně blíží teoreticky očekávanému výtěžku.



Obr. 13 *Dávkování mikrobiotechnologického přípravku B.A. Wkl do fermentoru BPS*



Obr. 14 *Instalovaná clona, elektronické záznamové zařízení průtoku na cloně a plynoměr s odlučovačem kondenzátu (z leva do prava)*

4.2.5 Závěr

Během sledovaného období II (tj. s aplikací mikrobiotechnologického přípravku B.A. WKL) bylo dosaženo o **108%** vyšší produkce bioplynu a o **122%** vyšší produkce metanu, než v období I (bez aplikace biostimulativního přípravku B.A. WKL).

Rovněž průměrný **hodinový průtok bioplynu** se zvýšil z 3,89 m³/h v období I na 8,71 m³/h v období II.

Pokud tyto výsledky vztáhneme k **výtěžnosti bioplynu** na kilogram vložené organické sušiny, výtěžek se zvýšil z 0,546 m³/kg oTS v období I na 1,141 m³/kg oTS v období II. Jedná se tedy o **108%** nárůst.

Vztáhneme-li výtěžnost pouze na samotný **metan**, došlo k nárůstu dokonce o **122,6%**. Pravděpodobnou příčinou tak vysokého nárůstu v experimentu s použitím B.A. WKL mohla být navíc i jistá kumulace organické sušiny ve fermentoru. K té mohlo dojít například z důvodu určité inhibice metanogeneze ve fermentoru, ve kterém nebyla přítomna mikrobiotechnologická přísada biolaginátu.

Zmíněná inhibice by mohla být – mimo jiné - způsobena například i nízkou koncentrací některých stopových prvků v obsahu fermentoru, které v procesu metanogeneze působí jako katalyzátory biochemických degradačních transformací.

Přídavkem zkoušeného mikrobiotechnologického prostředku tak mohly být tyto stopové prvky do systému uměle dodány, čímž mohlo dojít ke zlepšení biochemických podmínek pro úspěšné biodegradační děje. Spolu se známou schopností bioalginátů výrazně stimulovat reprodukční děje metanogenních mikrobiontů se mohl vhodnou formou uplatnit i podpůrný vliv substituce stopových prvků, dodaných právě prostřednictvím řasového média (bioalginátem) A tím také k masivnímu nárůstu produkce díky lepšímu mikrobiologickému i biochemickému rozkladu disponibilní organické sušiny.

Protože tento experiment musel být - kvůli exogenním technologickým problémům vlastního zařízení - neplánovaně přerušen, proto nebylo možné hodnotit další trend produkce bioplynu za nezměněných podmínek, nelze rozhodnout, zda byla zvýšená produkce bioplynu pouze přechodným efektem transformace nakumulovaných organických látek ve fermentoru nebo zda se jednalo o trvalý a udržitelný vývoj. Aby bylo možné toto rozhodnutí udělat, bylo by nutné provést dlouhodobější a detailněji zaměřený výzkum.

**Obr. 15 Bioplynová stanice Brno-Černovice
(fermentor a přípravná nádrž)**



Ze získaných dat tedy vyplývá, že zkoušený biotechnologický přípravek B.A.WKL měl za daných podmínek ve sledované BPS Brno-Černovice výrazně pozitivní vliv na kvantitu a kvalitu produkovaného bioplynu..

Při hodnocení výsledků je také třeba vzít v úvahu, že sledovaná bioplynová stanice používá jako vstupní materiály (substrát) především tuky, oleje, a kuchyňské odpady. Její provoz je tak určitým způsobem atypický.

Pokusná BPS také pracuje oproti např. zemědělským BPS s výrazně vyšší sušinou, což mohlo celý efekt umocnit. Vzhledem k těmto okolnostem je možné, že na bioplynových stanicích s jinými provozními podmínkami a substrátovým složením nemusí mít aplikace přípravku stejně výrazný pozitivní efekt jako v tomto konkrétním případě.

Obr. 16 Dávkování přídavku B.A. WKL do fermentoru



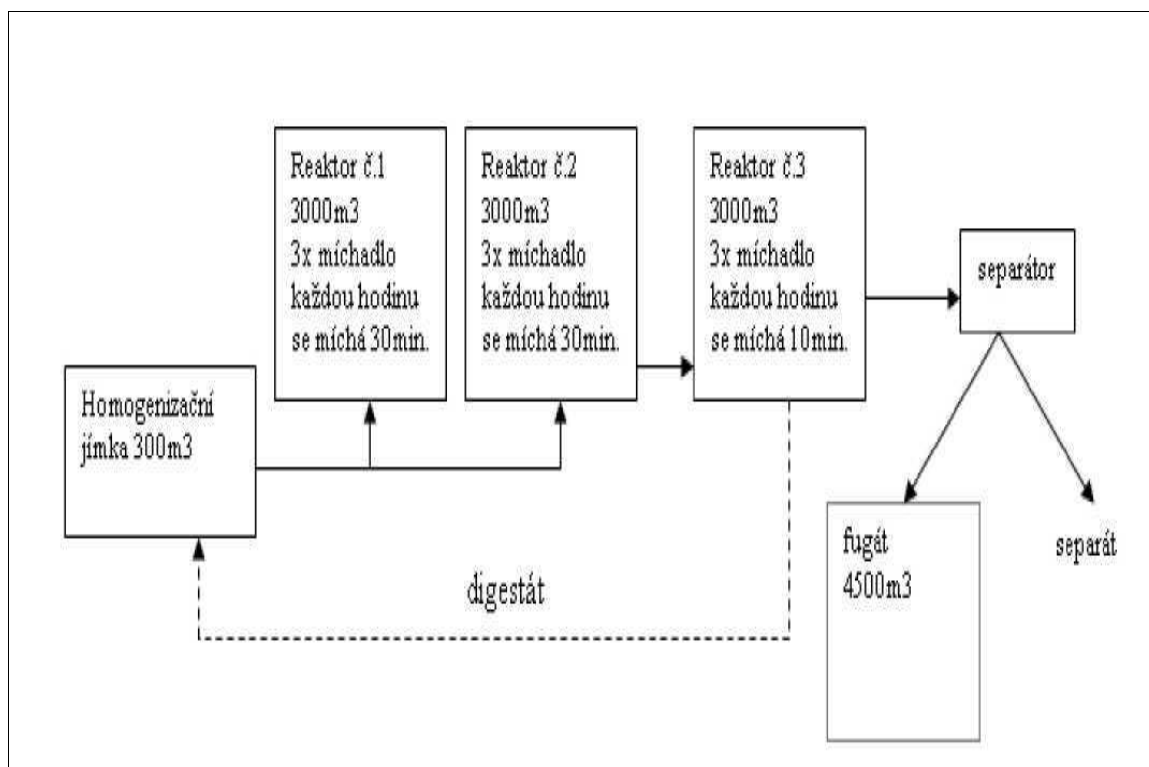
4. 3 Aplikace mikrobiotechnologického přípravku na BPS Čejč

4.3.1 Popis BPS Čejč

BPS Čejč je nově vybudovaná zemědělská bioplynová stanice s dvoustupňovou fermentací (viz Obr. 17) a byla oficiálně uvedena do provozu v lednu 2008. Vstupními substráty pro BPS jsou kukuřičná siláž, vepřová kejda a recirkulovaný digestát.

Kukuřičná siláž je nakladačem vkládána do homogenizační jímky (viz obr. 18), do které je rovněž – v odpovídajícím poměru - čerpána vepřová kejda místního původu (z provozu Horákovy farmy v Čejči) a navíc je k této směsné biomase doplňován digestát, jako funkční inokulum. Ten je do systému přepouštěn z činného reaktoru č. 3.

V homogenizační jímce je materiál promícháváním homogenizován a následně aplikován do reaktorů 1 a 2, které jsou řazeny paralelně, a probíhá v nich primární produkce bioplynu.



Obr. 17 Technologické schéma BPS Čejč

Z reaktoru 1 a 2 je každý den adekvátní objem materiálu samospádem přepouštěn do reaktoru č. 3, kde probíhá sekundární produkce bioplynu. Z reaktorů 1, 2, a 3 je produkovaný bioplyn jímán do plynoměru nebo přímo odváděn ke kogeneračním jednotkám, kde je spalován ve vznětovém motoru, pohánějícím elektrický generátor za účelem výroby elektrické energie a tepla. Instalovaný elektrický výkon kogenerační jednotky na BPS Čejč je 2 x 536 kW.

Elektřina je dodávána do distribuční sítě a teplo prostřednictvím teplovodního rozvodu využíváno k vytápění objektů v zemědělském areálu. Digestát je z fermentoru 3 přepouštěn do skladovací nádrže digestátu nebo do homogenizační nádrže jako složka vstupního substrátu, kde zároveň plní funkci inokula.

Doba zdržení materiálu energetické biomasy ve fermentorech se v tomto Novém provozním zařízení pohybuje kolem 50 dnů.

Denní dávka se skládá přibližně z 35 m³ siláže, 50 m³ vepřové kejdy a 70 m³ recirkulovaného digestátu. Celkový objem denní dávky se má pohybovat kolem 155 m³. Každou hodinu jsou do fermentoru 1 nebo 2 dávkovány přibližně 3 m³ substrátu. Množství dávkovaného materiálu je měřeno instalovaným průtokoměrem. BPS je provozována v mezofilním teplotním pásmu. Teplota ve fermentorech se pohybuje kolem 40° C.



Obr. 18 Reaktor č. 1, homogenizační jímka



Obr. 19 Reaktor č. 3, skladovací nádrž digestátu

4.3.2 Cíl pokusu

Na sledované bioplynové stanici byl sledován vývoj produkce bioplynu a jeho kvality v období před a po aplikaci mikrobiotechnologického přípravku B.A.WKL. Zároveň byly monitorovány fermentory BPS za účelem sledování vývoje množství sušiny a organické sušiny v nich. Cílem pokusu je zhodnotit vliv mikrobiotechnologického přípravku na kvalitu a kvantitu produkovaného bioplynu.



Obr. 20 *Materiál v homogenizační nádrži a dávkování zředěného biotechnologického přípravku Bio-algeenu WKL*

4.3.3 Postup

Přípravek byl do systému dávkován od 7. 4. 2008 do 23. 4. v dávkách 30 l/den (200ml přípravku / m³ vstupní dávky). Dne 24. 4. bylo do fermentorů jednorázově nadávkováno 330 l a od 25. 4. do 13. 7. bylo do fermentorů opět každý den dávkováno 30 l přípravku. Od 14. 7. do 22. 7. bylo do zařízení dávkováno pouze 15 l přípravku za den. Přípravek byl vždy před dávkováním ředěn vodou v poměru 1:10.

Dávkování biotechnologického přípravku bylo nejdříve prováděno tak, že byl naředěný přípravek strháván proudem čerpaného digestátu do homogenizační jímky (viz obr. 20). V letních měsících však podle provozovatele docházelo díky tomuto způsobu aplikace k tvorbě bioplynu už v homogenizační jímce. Aby bylo zabráněno tomuto nežádoucímu jevu, byl změněn způsob dávkování. Naředěný přípravek pak byl dávkován přímo do fermentorů.

Při vyhodnocování výsledků byla využita data získaná za dobu 180 dní. Doba sledování byla pro účel porovnání rozdělena na dvě stejně dlouhá období. První odběr vzorku pro stanovení tzv. bodu nula byl proveden 23. 4. 2008. Prvních 90 dní (od 25. 1. až 23. 4.) je označeno jako období I. Během tohoto období nebyl do fermentorů BPS dávkován žádný přípravek a je bráno jako referenční. Období II trvalo od 24. 4. do 22. 7. Během tohoto období probíhalo dávkování biotechnologického přípravku. Během sledovaného časového úseku byla provozní data zaznamenávána do provozního deníku. Shromážděná data byla po odběru posledního vzorku ze dne 22. 7. 2008 vyhodnocena. Při vyhodnocování byly použity rovněž výsledky chemických analýz, které si provozovatel nechal zhotovit na vlastní náklady.

Při vyhodnocování výsledků byl kladen důraz na množství vyrobeného bioplynu, množství vyrobené el. energie, kvalitu bioplynu (obsah CH₄) a výtěžnost bioplynu z organické sušiny.

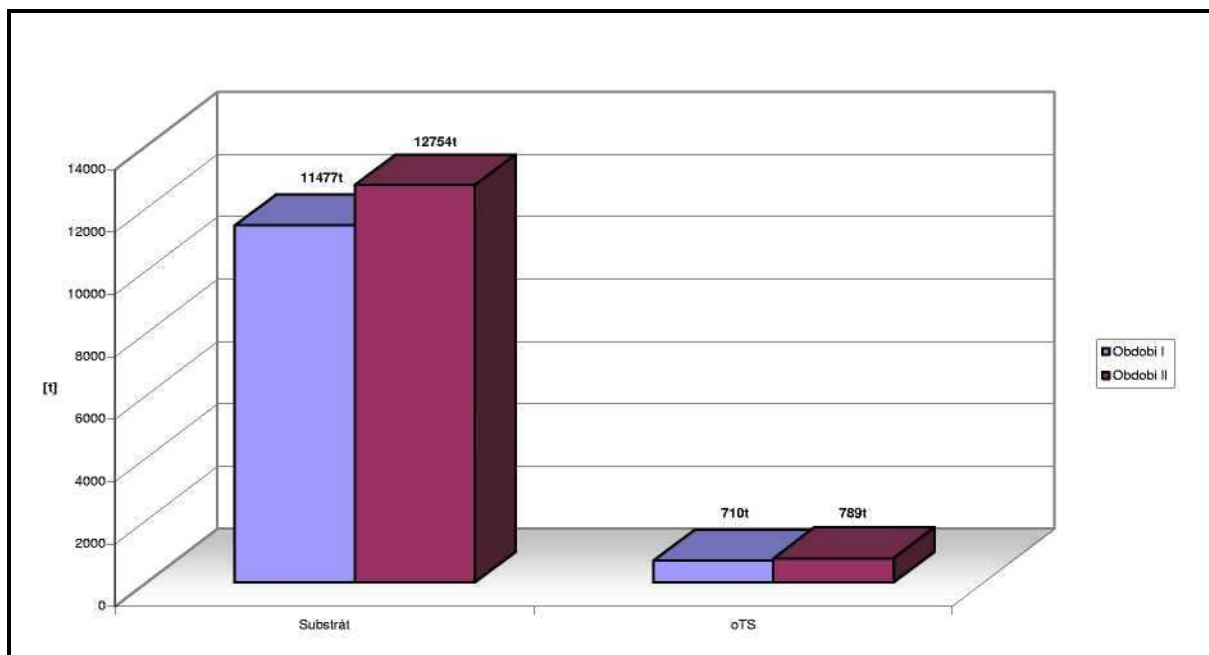
Organická sušina je ta část substrátu, ze které biochemickou transformací vzniká za anaerobních podmínek bioplyn, proto je nutné vztahovat produkci bioplynu právě k ní.

4.3.4 Výsledky

Průměrná teplota ve fermentorech během pokusu se pohybovala okolo 40° C, průměrná hodnota pH za sledované období ve fermentoru R1 činila 7,37, ve fermentoru R2 byla hodnota pH = 7,52 a ve fermentoru R3 pak 7,59.

Za první sledované období bylo do fermentoru bioplynové stanice nadávkováno celkem 11477 tun substrátu o průměrné sušině (TS) 7,15%. Organická sušina (oTS) činila průměrně 86,54% z celkové sušiny. Celkem tedy bylo za první sledované období do fermentoru nadávkováno 710,18 t organické sušiny. Tato množství odpovídají denní dávce 127,52 t substrátu, který obsahuje 7,89 tun organické sušiny.

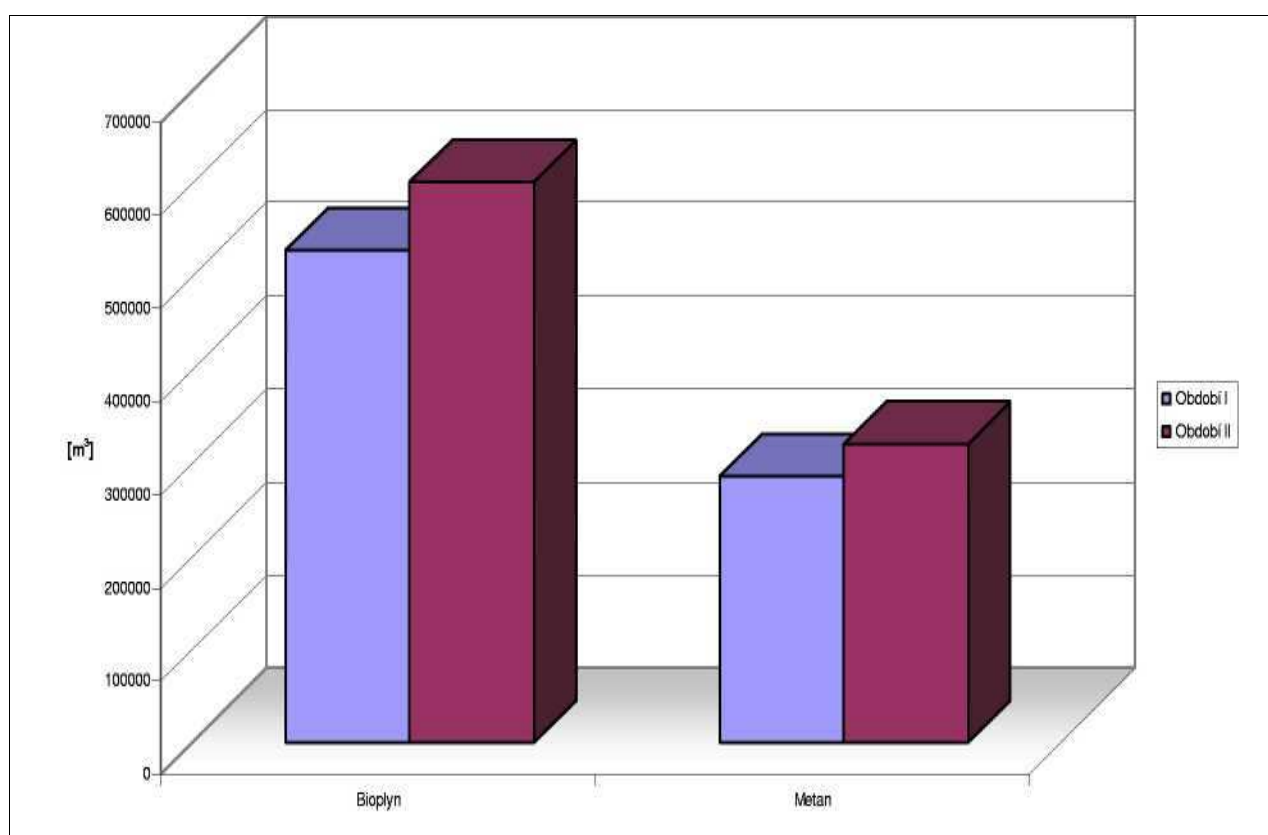
Za druhé období bylo do fermentoru nadávkováno celkem 12754 tun substrátu o průměrně stejné sušině a organické sušině. Denní dávka substrátu tak průměrně odpovídala 141,711 t s obsahem 8,77 t organické sušiny. Ve druhém sledovaném období tak bylo do fermentoru celkem nadávkováno o 11,13% více organické sušiny, než v prvním období (viz graf 6).



Graf 6: Celkové množství dávávané org. sušiny (oTS) ve sledovaných obdobích

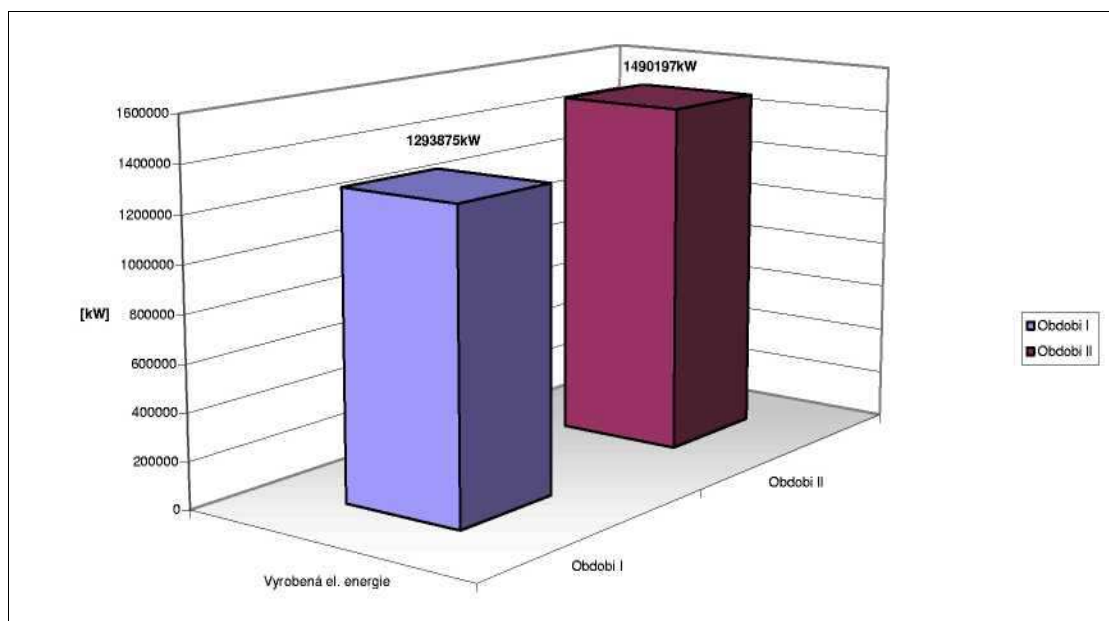
Každý den bylo měřeno produkované množství bioplynu a koncentrace metanu v něm. Z těchto dvou údajů byla vypočtena čistá denní produkce metanu, který je nositelem energie v bioplynu. Výhřevnost metanu odpovídá $35,89 \text{ MJ/m}^3$.

Za první sledované období bylo vyprodukováno $285969,659 \text{ m}^3$ metanu, za druhé období $320325,974 \text{ m}^3$ metanu, což je o 12% více. Množství vyprodukovaného metanu za sledovaná období je znázorněno v grafu 7. V prvním sledovaném období byla průměrná koncentrace metanu v produkovaném bioplynu 54,03 %, ve druhém období pak 53,24 %. Došlo tedy k poklesu o 0,8%.



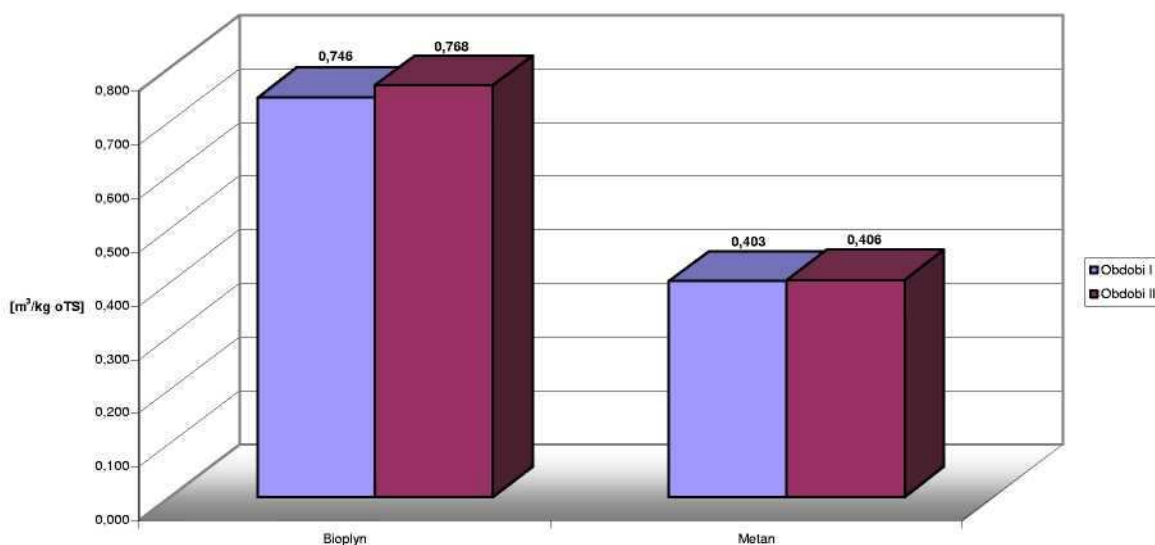
Graf 7: Celkové množství vyprodukovaného bioplynu a metanu za sledovaná období

Množství vyrobené elektrické energie ve sledovaných obdobích znázorňuje graf 8. V období I bylo celkem vyrobeno 1293875 kW elektrické energie, což je o 15,17% méně než v období II, kdy bylo vyrobeno 1490197 kW.



Graf 8: Vyrobená elektrická energie za sledovaná období

Rozhodujícím parametrem pro posouzení, zda měl přípravek na vyšší produkci metanu ve druhém sledovaném období vliv je porovnání výtěžnosti metanu z kilogramu organické sušiny. V prvním období bylo průměrně z jednoho kilogramu organické sušiny získáno 0,403 m³ metanu. Ve druhém období to bylo 0,406 m³, což je o 0,8 % více. Obdobně lze porovnat výtěžnost bioplynu na kilogram organické sušiny. Porovnání znázorňuje následující graf 9.

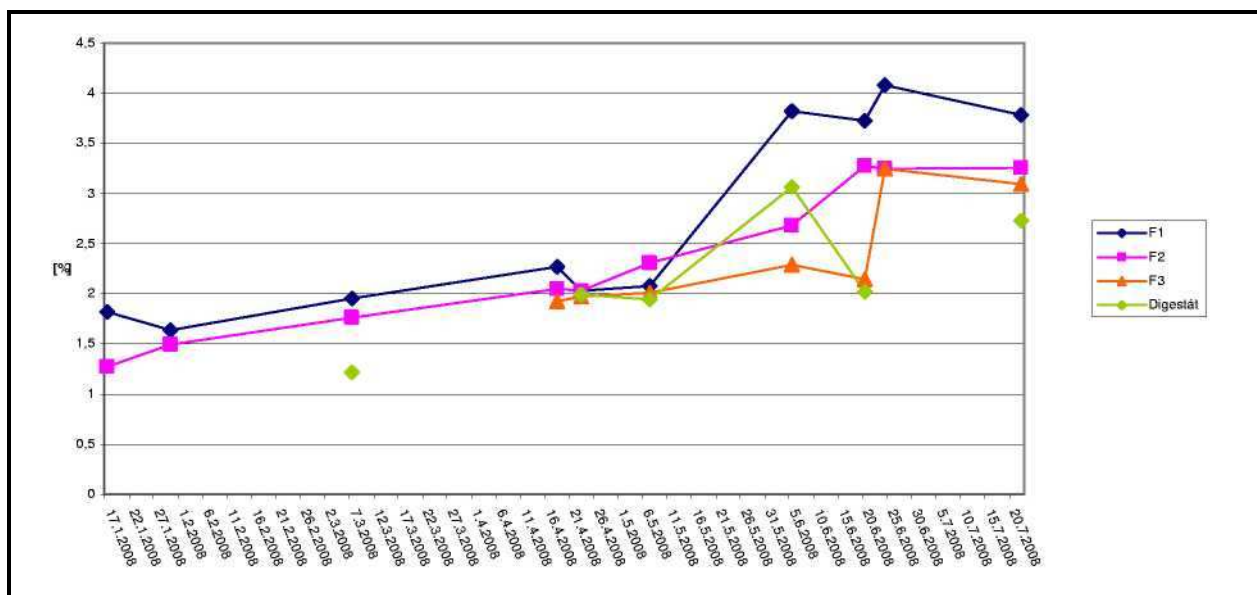


Graf 9: Výtěžnost bioplynu a metanu z dávkované org. sušiny za sledovaná období

Z výtěžnosti je patrné, že vyšší produkce bioplynu koresponduje s větším množstvím dodané organické sušiny ve druhém období. Důsledkem toho mohlo být rovněž vyrobeno více elektrické energie. Ve druhém období se výtěžnost bioplynu oproti referenčnímu období zvedla o 2,98 %

Z provozního deníku a od provozovatele BPS byly získány doplňující informace ohledně provozu a provozních problémů, které se během sledovaného období vyskytly. Při návštěvách sledované BPS a odběrech vzorků bylo zjištěno, že se ve fermentorech BPS tvoří plovoucí krusta dávkovaného materiálu (především siláže) o mocnosti několika centimetrů, kterou nebyla instalovaná míchadla schopna rozmíchat. Nedostatečné rozmíchávání substrátu má zásadní vliv na produkci bioplynu. Materiál, který není dostatečně rozmícháván není v dostatečném kontaktu s kapalnou fází. Ve fermentoru se tak tvoří tzv. mrtvé zóny. Tímto se výrazně snižuje kontaktní plocha pro metanogenní mikroorganismy, a nemůže tak být dosaženo jejich optimálního kontaktu se substrátem. Tato situace trvala téměř celé období II až do výměny míchadel za výkonnější. Tento technologický problém mohl výrazně ovlivnit výsledek celého pokusu. Míru skreslení však nelze spolehlivě odhadnout.

Během pokusu byl důležitým sledovaným parametrem sušina ve fermentorech a digestátu. Z grafu 10 je patrné, že v době krátce po uvedení do oficiálního provozu (leden 2008) byl obsah sušiny ve fermentorech ještě poměrně nízký a pohyboval se kolem 1,5 %. Při závěrečném odběru vzorku už obsah sušiny ve všech třech fermentorech přesahoval hodnotu 3 %. Současně se stoupající sušinou ve fermentorech stoupala i sušina v digestátu, která na konci sledovaného období dosáhla úrovně 2,7 %.



Graf 10: Vývoj obsahu sušiny ve fermentorech za sledované období

V tab. 3 jsou uvedeny sledované hodnoty za sledovaná období. V období II bylo množství nadávkované org. sušiny o 11,13 % vyšší, než v období I. To se odrazilo ve vyšší produkci bioplynu (o 13,92 %) a metanu (o 12,01 %). V období II bylo rovněž vyrobeno o 15,7 % více el. energie, než v období I. Z uvedených dat je patrné, že vyšší množství dávkované organické sušiny kopíruje vyšší množství vyrobeného metanu a následně vyrobené elektrické energie. Výtěžnost bioplynu z organické sušiny naopak stoupla pouze o 2,98 % a výtěžnost metanu pouze o 0,8%.

Tab. 3 Srovnání sledovaných období

Sledovaná kritéria	Období I	Období II	Rozdíl	%
Množství nadávkovaného substrátu [t]	11477	12754	1277	11,13
Množství nadávkované org. sušiny [%]	710	789	79,02	11,13
Vyrobený bioplyn [m ³]	528112,2	601655,18	73542,94	13,93
Vyrobený metan [m ³]	285969,7	320325,97	34356,31	12,01
Průměrná koncentrace metanu [%]	54,03	53,24	-0,79	-1,47
Vyrobená el. energie [kW]	1293875	1490197	196322,00	15,17
Výtěžnost BP z org. sušiny [m ³ /kg oTS]	0,746	0,768	0,022	2,98
Výtěžnost metanu z org. sušiny [m ³ /kg oTS]	0,403	0,406	0,003	0,80

5. Souhrn a závěr experimentů

Získaná data z provozu za uvedeného způsobu dávkování a provozních podmínek nepotvrzují, že by byl zkoušený mikrobiotechnologický přípravek přínosem pro množství a kvalitu produkovaného bioplynu na BPS Čejč. Vyšší produkce bioplynu a elektrické energie není způsobena aplikací zkoušeného mikrobiotechnologického přípravku.

Výsledky porovnání obou sledovaných období jasně dokumentují, že vyšší hodnoty v období II jsou způsobeny především větším množstvím nadávkované organické sušiny, nikoli aplikací přípravku. To dokumentuje fakt, že výtěžnost bioplynu a metanu z organické sušiny se v období II oproti období I výrazně nezměnila. Zjištěné hodnoty mírného zvýšení výtěžnosti nelze považovat za statisticky významné.

Výsledky laboratorního pokusu na VÚZT v Praze naznačovaly, že aplikace zkoušeného mikrobiotechnologického přípravku může mít pozitivní vliv na kvantitu a kvalitu produkovaného bioplynu v podmínkách bioplynových stanic. Za účelem ověření laboratorních výsledků v praxi byly provedeny pokusy s aplikací na pokusné bioplynové stanici Brno - Černovice a BPS Čejč.

Aplikace přípravku v provozu BPS Brno - Černovice ve sledovaném období za daných podmínek velmi pozitivně ovlivnila množství produkovaného bioplynu. Vzhledem k předčasnému ukončení nebylo možné zjistit, na jaké produkci bioplynu by se sledované zařízení při stabilních podmínkách ustálilo.

V bioplynové stanici Čejč nebyl - přes slibné výsledky z provozu BPS Brno - Černovice - přínos přípravku prokázán. Na bioplynové stanici Čejč byla z úsporných důvodů aplikována poloviční dávka přípravku na 1m³ vstupní dávky. Sledované bioplynové stanice se lišili zpracovávaným substrátem a provozními podmínkami.

Na základě laboratorního pokusu na VÚZT v Praze a výsledků z BPS Brno - Černovice lze říci, že zkoušený biotechnologický přípravek má pozitivní vliv na produkci a kvalitu bioplynu. Vzhledem k výsledkům z BPS Čejč, přestože substrát pro laboratorní pokusy pocházel právě odtud, nelze tento vliv kvantifikovat a zobecňovat. Z důvodu objektivních provozních problémů s mícháním fermentorů a možná nedostatečného množství dávkovaného přípravku, by bylo chybou brát negativní výsledek z BPS Čejč jako definitivní.

Aplikace mikrobiotechnologického přípravku v provozech bioplynových stanic ukázala, že výsledky prováděných pokusů mohou být ovlivněny řadou faktorů jako např. pokles teploty ve fermentorech, nedostatečné míchání fermentorů, výkyvy v kvalitě a složení vstupního materiálu atd. Tato proměnlivost podmínek reálného provozu může komplikovat správné vyhodnocování výsledků. I přes výše zmíněná rizika výsledky provedených pokusů a zkušenosti ze zahraničí naznačují, že aplikace mikrobiotechnologických přípravků by mohla být do budoucna zajímavým doplňkovým způsobem zlepšování provozních parametrů bioplynových stanic.

6. 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 comparsion of ammonia and odour emission. *In: Environmental and management systems for total animal health care in agriculture. Proc. 8th. 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..
10. Eder, B., Schulz, H.:
Biogas-Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele. (2. Aufl., 2001)
11. Gjuruv, 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,
- 23a. 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 : PROFACOR, 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 und Biomasse. Planung, Technik, Förderung, Rendite.** (2000) ISBN 3-7843-3075-4

Elektronické zdroje:

www.kh-kinetic.cz/home/velke/bioplynovestanice.html - 17k

www.bioplyn.cz/at_suroviny.htm -

www.rynholec.cz/download/Poznatky_z_BPS_Albrechtice.doc

www.chytrazaba.cz/aktuality/74/bps-budoucnost-komunalni-energetiky-a-odpadoveho-hospodarstvi - 19k

cs.wikipedia.org/wiki/Masokostní_moučka - 25k

www.kh-kinetic.cz/home/velke/bioplynovestanice.html - 17k

www.bioprim.cz

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

<http://www.ias.ac.in/currensci/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=

www.bioalgeen.cz

7. Přílohy

7.1 Přehled o aplikovaných grafech

Graf č.	O b s a h	str.
1	Porovnání kumulativní produkce bioplynu použitých substrátů z BPS Čejč	17
2	Porovnání denní produkce bioplynu použitých substrátů z BPS Čejč	21
3	Graf 3: Koncentrace metanu a oxidu uhličitého v produkovaném bioplynu	22
4	Sledované provozní parametry BPS Brno-Černovice v období od 29. 7. do 24. 8. 2008	29
5	: Denní produkce bioplynu za sledované období od 29. 7. do 24. 8. 2008	31
6	Celkové množství dávkované org. sušiny (oTS) ve sledovaných obdobích	39
7	: Celkové množství dávkované org. sušiny (oTS) ve sledovaných obdobích	40
8	: Vyrobená elektrická energie za sledovaná období	41
9	Výtěžnost bioplynu a metanu z dávkované org. sušiny za sledovaná období	41
10	Vývoj obsahu sušiny ve fermentorech za sledované období	42

7.2 Přehled o aplikovaných vyobrazeních

obrázek č.	O b s a h	str.
1	Kontinuální měření produkce bioplynu 1. a 2. 8. 2008	26
2	Kontinuální měření produkce bioplynu 3 a 4. 8. 2008	26
3	Kontinuální měření produkce bioplynu 5. a 6. 8. 2008	27
4	Kontinuální měření produkce bioplynu 5. a 6. 8. 2008	27
5	Kontinuální měření produkce bioplynu 5. a 6. 8. 2008	27
6	Kontinuální měření produkce bioplynu 5. a 6. 8. 2008	27
7	Kontinuální měření produkce bioplynu 5. a 6. 8. 2008	27
8	Kontinuální měření produkce bioplynu 5. a 6. 8. 2008	28
9	Kontinuální měření produkce bioplynu 5. a 6. 8. 2008	28
10	Kontinuální měření produkce bioplynu 5. a 6. 8. 2008	28
11	Kontinuální měření produkce bioplynu 5. a 6. 8. 2008	28
12	Kontinuální měření produkce bioplynu 5. a 6. 8. 2008	28
13	Dávkování mikrobiotechnologického přípravku B.A. Wkl do fermentoru BPS	32
14	Instalovaná clona, elektronické záznamové zařízení průtoku na cloně a plynoměr s odlučovačem kondenzátu (z leva do prava)	32

7.2 Pokračování tabulky 7.2

obrázek č.	O b s a h	str.
15	15 Bioplynová stanice Brno-Černovice (fermentor a přípravná nádrž)	34
16	Dávkování přídavku B.A. WKL do fermentoru	35
17	Technologické schéma BPS Čejč	36
18	Reaktor č. 1, homogenizační jímka	37
19	Reaktor č. 3, skladovací nádrž digestátu	37
20	Průběh reakce v homogenizační nádrži a dávkování zředěného biotechnologického přípravku Bio-algeenu WKL	38

7.3 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	Strana
1	Porovnání kumulované produkce bioplynu a metanu	19
2	Srovnání sledovaných období	31
3	Srovnání sledovaných období	43

7.4 Tabulkový přehled použitých zkratk, značek a symbolů

Zkratka - symbol – značka	Vysvětlení - význam
BPS	bioplynová stanice
BPS - OZ	bioplynová stanice zpracovávající materiál typu obnovitelného zdroje
BPS - ODP	bioplynová stanice zpracovávající odpadní hmoty
BSK-5	biologická spotřeba kyslíku – ukazatel
CH ₄	metan
C:N	poměr uhlíku k dusíku ve zpracovávané směsi, je důležitý pro správnou úroveň anaerobní dekompozice (opt. 25-30) . Indikátor úspěšnosti rozkladných dějů
ČOV	čistírna odpadních vod
D	digestát
HCl	kyselina chlorovodíková
HJ	homogenizační jímka
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
IPPC	symbol programu integrované prevence a kontroly znečišťování (Integrated Prevention Pollution and Control)
KJ	kogenerační jednotka
kW	výkonová jednotka - kilowatt
mJ	megajoul (megadžoul) - násobek jednotky práce a energie
MKM	masokostní moučka
MZLU	Mendlova zemědělská a lesnická universita v Brně
MZe	ministerstvo zemědělství
m.Vtg oTs	výraz pro výpočet výtěžnosti bioplynu z organického materiálu
N _{cel.}	výraz pro vyjádření obsahu celkového dusíku
NH ₄	čpavek - amoniak
oTc	organická sušina
OZ	obnovitelný zdroj
pH	symbol pro vyjádření určité chemické reakce (reciproční hodnota koncentrace vodíkových iontů)
VFA	nižší karbonové kyseliny
VÚZT	Výzkumný ústav zemědělské techniky v Praze
% hm.	hmotnostní procento