

# OPTIMÁLNÍ DÁVKOVÁNÍ ADITIV PRO TVORBU VÝNOSU BIOPLYNU Z PROCESU ANAEROBNÍ DIGESCE

OPTIMAL DOSING ADDITIVES FOR THE PRODUCTION OF BIOGAS FROM  
THE ANAEROBIC DIGESTION PROCESS

J. Kára, I. Hanzlíková

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i.

## Abstract

The management of the biogas production process on agricultural biogas stations is aimed at low operating costs with the highest yield of biogas with high methane concentration. In this paper we studied the effect of the dosing of selected additives on biogas production and methane concentration. In the process of producing biogas, energy-rich methane is produced and ballast carbon dioxide. In the first phase, the best samples of the additives were selected, the first Sannist + Liquid followed by Gasbacking. In the second phase, different combinations of Sannist + Liquid components were compared. Here, the best option 3 was placed (0.0125 g Sannist + 0.0250 ml Liquid) approaching variant 4. The best option was to increase the biogas production by 84% and methane by 112%. In the third phase of experiments with the Gasbacking additive, biogas production increased by 22% and methane by 60%. Current research focuses in this direction on the intensification of the anaerobic process of biogas and the technology that will allow extra methane from the CO<sub>2</sub> ballast.

**Keywords:** biogas, methane, bacteria, enzymes, agricultural biogas stations

## ÚVOD

Budoucnost dopravy, průmyslu, domácností, ale i veřejných služeb je založena na využití elektrické energie. Předpokládá se, že během následujících třiceti let bude zásobování elektřinou vyřešeno pomocí solárních článků a vysokovýkonných velkokapacitních bateriových úložišť elektrické energie. Přesto je nutné pro případ potřeby diverzifikace vybudovat i další zdroje elektrické energie, jako jaderné elektrárny, větrné elektrárny a elektrárny využívající energii moře (vlny, příliv, odliv). Tím v dnešní době stoupá důležitost role bioplynu jako zálohy ropy a zemního plynu. Je to spojeno s potřebou připravit se na pokles zásob ropy, základní suroviny pro výrobu současných pohonných hmot nafty a benzínu. Zásoby zemního plynu podle posledních odhadů zřejmě postačí na zhruba 100 let. Obory a činnosti závislé na zdrojích zemního plynu se tomu budou muset přizpůsobit. Bioplyn by tedy mohl pokrývat část výroby elektřiny, nebo spotřeby dopravních prostředků, které ještě nebudou elektrifikovány.

## MATERIÁL A METODY

### Zvýšení produkce bioplynu

Smyslem příspěvku je popsat vliv dávkování aditiv na tvorbu a složení bioplynu. Důležité je právě množství metanu v bioplynu, neboť metan je nejdůležitější složkou, která se dále podílí na výrobě elektrické energie a tepla v kogeneračních jednotkách, nebo se čistí na kvalitu zemního plynu a je dále využíván pro pohon dopravních prostředků, nebo může být přidáván do rozvodných sítí.

Pokusy probíhaly ve třech etapách:

### 1 Stanovení zvýšení produkce zbytkového bioplynu z fermentátu bioplynové stanice

Laboratorní pokusy jsme uskutečnili v bioplynové laboratoři VÚZT, v. v. i. v Praze Ruzyni. Vybavení laboratoře je uvedeno na obr. 1. Jedná se o systém dvanácti fermentorů o objemu 1 litr, uložených v temperované vodní lázni. Produkovaný bioplyn se měří pomocí skleněných plynojemů. Zařízení laboratoře bylo navrženo a vyrobeno VÚZT, v. v. i. Příprava pokusu probíhala podle normy DIN 38-414 S8 a doporučení formulovaných v dokumentu VDI 4630.

Při laboratorních pokusech bylo zkoušeno 6 různých aditiv dostupných na trhu. Co do účinku se jednalo zejména o enzymatické preparáty, přípravky pro podporu růstu žádoucích bakteriálních kultur nebo s lyofilizovanými bakteriemi. Jako substrát byl použit fermentát z bioplynové stanice Sázava. Aditiva byla dávkována v množství doporučené výrobcem. Na začátku laboratorních prací bylo do pokusné nádoby odváženo 1kg substrátu a výrobcem doporučené množství aditiva. Pro navázení přesného množství byly použity analytické váhy KERN ALJ 220 s chybou měření 0,1 mg. Pro každé aditivum byly připraveny 3 pokusné nádoby. Ve vzorku substrátu byl stanoven obsah sušiny a organické sušiny. Připravené nádoby (fermentory) byly uzavřeny, vloženy do vodní lázně temperované na 42°C a výstupy z fermentorů spojeny hadicí s plynojemem na jímání plynu. V těchto podmínkách byly pokusné nádoby ponechány 50 dní a po tuto dobu bylo v pravidelných intervalech sledováno množství vytvořeného bioplynu a koncentrace metanu v něm. Výsledky byly

porovnávány s množstvím metanu vytvořeného ze substrátu bez přidavku aditiv (kontrolní vzorek). Výtěžky byly vztaženy na množství organické sušiny substrátu, která byla stanovena pomocí elektrické laboratorní muflové pece MF5/1100°C/2,3kW/OMRON. Dávkování jednotlivých přípravků aplikovaných na 1000 g substrátu je uvedeno v tabulce 1.

Produkováný bioplyn byl jímán do skleněných nádob otočených dnem vzhůru naplněných vodou. Voda byla vstupujícím bioplymem vytlačována, a tím mohl být na stupnici odečítán objem vytvořeného bioplynu Obr. 2. Koncentrace metanu byla měřena pomocí přístroje AIRLF (AIRLF, Praha). Během pokusu byla prováděna analýza kvality a množství bioplynu vyrobeného ze substrátu upraveného jednotlivými aditivy. Výsledky byly porovnávány s množstvím metanu vytvořeného ze substrátu bez přidavku aditiv (kontrolní vzorek).

### **2. Stanovení zvýšení produkce zbytkového bioplynu z fermentátu bioplynové stanice při různém dávkování vybraného aditiva**

Veškeré podmínky a vybavení jsou stejné jako v první etapě. Pro další ověření vlivu dávkování aditiv byla vybrána ta nejlepší varianta výsledků ze všech ověřovaných vzorků. Jednalo se o kombinaci práškového přípravku Sannisty a tekutého Liquid. Proto jsme se rozhodli vyzkoušet různá dávkování obou přípravků a určit jaký vliv má kombinace jednotlivých složek. Pro ověření byly zvoleny varianty uvedené v tabulce 2.

### **3. Stanovení zvýšení produkce bioplynu ze smíšeného substrátu**

Vzhledem k vysoké variabilitě výsledků kombinací Sannisty a Liquid dosažených ve druhé variantě pokusů, byl zvolen pro ověření produkce se substrátem prakticky shodným s provozními podmínkami jako aditivum Gasbacking, který byl v úvodním ověření na druhém místě hned za Sannisty + Liquid. Dávkování bylo zvoleno stejné jako v prvním pokuse.

Smíšený substrát pro laboratorní zpracování byl připraven ze tří složek:

- kravský hnůj
- fermentát z bioplynové stanice Sázava
- rostlinný materiál, kukuřičná siláž, travní senáž
- kontrolní vzorek obsahoval pouze fermentát z bioplynové stanice Sázava

Poměr jednotlivých složek substrátu uvádíme v tabulce.

Veškeré podmínky a vybavení jsou stejné jako v první etapě.



Obr. 1: Pokusné zařízení s fermentory a plynojemy



Obr. 2: Detail plynojemů na zachycení plynu

## **VÝSLEDKY A DISKUZE**

### **1) Zvýšení produkce bioplynu z digestátu**

Průběh i výsledná množství vytvořeného metanu jsou zaznamenána v tabulce 1. Z výsledků je patrné, že všechna aditiva měla pozitivní vliv na tvorbu metanu, jeho výtěžky jsou po přidavku jakéhokoliv ze zkoušených aditiv vyšší, než v případě kontrolního pokusu. Intenzivní tvorba bioplynu probíhala v prvních 7-8 dnech od zahájení pokusu. Poté se zpomalila, v některých pokusných nádobách pak již klesala velmi výrazně.

Tab. 1: Zbytková produkce metanu z digestátu při použití různých aditiv aplikovaných na 1000 g substrátu

Přípravek	Dávkování g,ml	Produkce CH <sub>4</sub> [l.kg <sup>-1</sup> os]
Sannisty g + Liquid ml	0,0125+ 0,0125	172,2
Gasbacking g	0,007	168,5
Sekol Jenor g	0,007	140,5
Bio-algeen WKL ml	0,4	138,4
Metha Ferm g	0,08	119,5
Homogen g	0,25	114,7
Kontrola	0	28,7

Z tabulky 1 je patrné, že nejlepších výtěžků bylo dosaženo při použití kombinace aditiv Sannisty + Liquid a Gasbacking. Jedná se o kumulativní objemy vytvořeného plynu za 30 dní měření, které jsou vztaženy na obsah organické sušiny v substrátu. Původně jsme počítali s dodržením doby 50 dní podle normy DIN 38-414 S8 a doporučení VDI 4630, ale po třicátém dni již nebyla zaznamenána zratelná produkce bioplynu. Je však potřeba zdůraznit, že testy

byly provedeny na digestátu z bioplynové stanice Sázava, není tedy vyloučeno, že při použití jiného substrátu mohou být výsledky odlišné. Dosažené výsledky potvrzují, že přídavek aditiv podporuje jak tvorbu bioplynu, tak i metanu a může zvýšit ekonomické parametry výroby bioplynu.

### 2) Kombinace dávkování aditiv Sannisty +Liquid pro zvýšení produkce bioplynu z digestátu

Ve variantě 2, jsme zjišťovali produkci bioplynu a metanu z fermentátu pro různé kombinace dávkování Sannisty + Liquid. V tabulce 2 jsou uvedené výsledky pro různé kombinace dávkování aditiv, produkce bioplynu a metanu z digestátu v porovnání s kontrolou. Nejlépe vychází varianta 3 (0,0125 g Sannisty + 0,0250 ml Liquid). U varianty 1 je sice možné zaznamenat zvýšení produkce bioplynu o 14%, ale snížení produkce metanu o téměř 34%. Jednotlivé varianty s různě dávkovanými aditivami jsou velmi rozdílné. Optimální je varianta 3, které se blíží variantě 4. Nejhorší je již zmíněná varianta 1. V grafickém znázornění na obrázku 3 je zobrazena produkce bioplynu a metanu. Obrázek 4 ukazuje zvýšení produkce bioplynu, metanu a zvýšení koncentrace metanu s použitím jednotlivých kombinací aditiv Sannisty + Liquid.

Tab. 2.: Produkce bioplynu a metanu z digestátu při použití různých kombinací aditiv Sannisty + Liquid

Varianta	Dávkování aditiva	Produkce bioplynu NI . kg <sup>-1</sup> os	Zvýšení produkce bioplynu %	Koncentrace metanu %	Zvýšení koncentrace metanu %	Produkce metanu NI . kg <sup>-1</sup> os	Zvýšení produkce metanu %
3	0,0125 g Sannisty + 0,0250 ml Liquid	251,25	83,80%	64,56	15,42%	162,08	111,97%
4	0,0250 g Sannisty + 0,0250 ml Liquid	224,75	64,41%	64,64	15,56%	145,29	90,00%
1	0,0125 g Sannisty + 0,0125 ml Liquid	155,8	13,97%	37,05	-33,77%	57,75	-24,48%
2	0,0250 g Sannisty + 0,0125 ml Liquid	138,55	1,35%	61,05	9,14%	84,58	10,61%
Kontrola	bez aditiv	136,7	0,00%	55,94	0,00%	76,47	0,00%

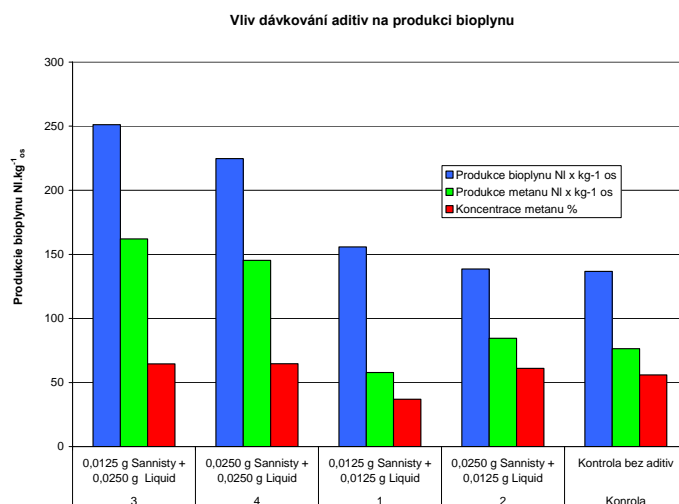
### 3) Vliv dávkování aditiva Gasbacking na zvýšení produkce bioplynu ze směšného substrátu

Třetí série pokusů byla zaměřena na laboratorní pokusy se směšným substrátem stejného složení jako na bioplynové stanici. Jak již bylo shora uvedeno hmotnostní poměr materiálu je uveden tabulce 3. Při pokusu bylo využito aditivum Gasbacking.

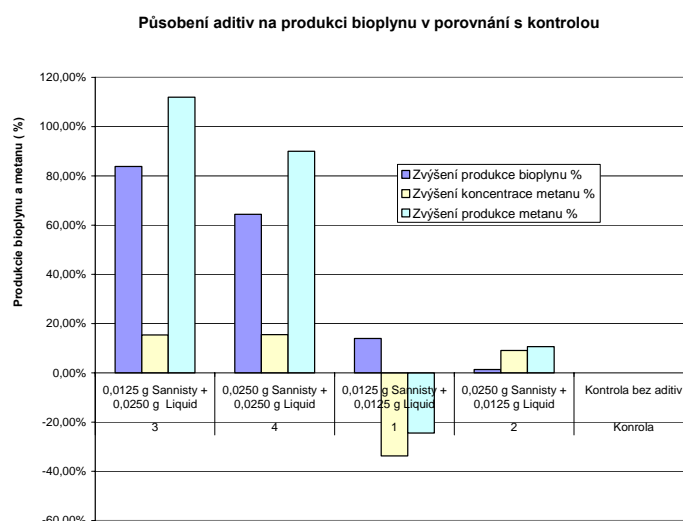
Hlavním důvodem bylo, že při ověření různých variant složek Sannisty a Liquid v pokusu č.2 byly

výsledky produkce metanu velmi variabilní. Gasbacking se jevil jako vhodnější pro různorodý substrát díky stabilnímu výnosu metanu, prakticky na úrovni směsi Sannisty a Liquid.

Účinky aplikace Gasbackingu vidíme v tabulce 4, kde je porovnávána produkce z neupraveného a upraveného je vzorku. Zvýšení produkce bioplynu je 22% a produkce metanu 60%.



Obr. 3: Výsledky produkovaného množství bioplynu a metanu s použitím kombinací aditiv Sannisty + Liquid, vztaheno na organickou sušinu



Obr. 4: Výsledky zvýšení produkce bioplynu, metanu a zvýšení koncentrace metanu s použitím kombinací aditiv Sannisty + Liquid, vztaheno na organickou sušinu

Tab. 3: Poměr složek směsného substrátu při použití aditiva Gasbacking

Materiál	Sušina materiálu (%)	Hmotnostní poměr materiálů v substrátu (%)
kukuř.siláž	32,80	35,0
senáž	45,60	35,0
cukr řízky	14,70	15,0
kravský hnůj	19,70	15,0

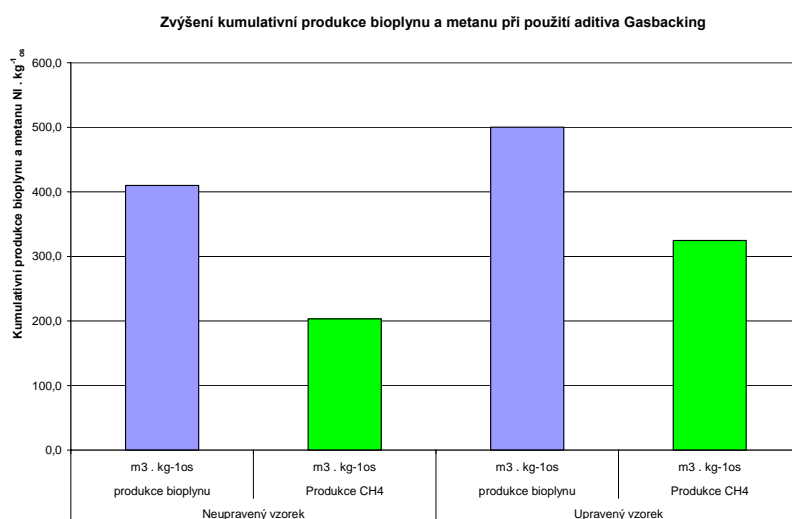
Podmínky laboratorních pokusů byly přizpůsobeny převážujícím podmínkám na většině bioplynových stanic v ČR. To znamená zpracování silážní kukuřice, travní senáže, cukrovarnických řízků a hnoje skotu, dalšími častými surovinami jsou zejména GPS siláže, kejda skotu a kejda prasat a složení směsného substrátu se prvním velmi blíží. Proto byl v první i druhé fázi pokusů jako substrát použit fermentát z bioplynové stanice Sázava, která využívá silážní kukuřici, travní senáž, cukrovarnické řízky a hnůj skotu. V první fázi byly na tomto fermentátu vytypovány nejlepší vzorky aditiv, z výběru se umístil

těsně první Sannisty + Liquid následovaný Gasbackingem. Ve druhé fázi pokusů byly při působení na stejný fermentát porovnávány různé kombinace složek Sannisty + Liquid. Zde se jako

nejlepší umístila varianta 3 (0,0125 g Sannisty + 0,0250 ml Liquid), které se blížila varianta 4. U nejlepší varianty bylo zvýšení produkce bioplynu o 84% a metanu o 112%.

Tab. 4.: Produkce bioplynu a metanu ze směšného substrátu při použití aditiva Gasbacking

Neupravený vzorek			Upravený vzorek		
produkce bioplynu	Produkce CH <sub>4</sub>	produkce bioplynu	Produkce CH <sub>4</sub>	Zvýšení produkce bioplynu	Zvýšení produkce CH <sub>4</sub>
m <sup>3</sup> · kg <sup>-1</sup> <sub>os</sub>	m <sup>3</sup> · kg <sup>-1</sup> <sub>os</sub>	m <sup>3</sup> · kg <sup>-1</sup> <sub>os</sub>	m <sup>3</sup> · kg <sup>-1</sup> <sub>os</sub>	%	%
410,1	203,4	500,04	324,7	21,95%	59,65%



Obr. 5: Porovnání výsledků produkce bioplynu a metanu neupraveného a upraveného vzorku ze směšného substrátu při použití aditiva Gasbacking

Ve třetí fázi pokusů s reálným substrátem při aplikaci aditiva Gasbacking byla navýšena produkce bioplynu o 22% a metanu o 60%. Výsledky potvrzují dobré vlastnosti aditiv pro praktické využití. V praxi, při používání aditiv na bioplynových stanicích, sice ve valné většině případů těchto příznivých hodnot dosáhnout nelze, ale navýšení produkce metanu o 20% je pro Sannisty + Liquid i Gasbacking vcelku běžné. V praxi to znamená, že lze ušetřit 20% vstupních surovin. Při plánování požití aditiv je vhodné jejich účinek na konkrétní směšný substrát laboratorně odzkoušet. Tím lze předejít experimentování s dávkováním v provozních podmínkách. Je vždy správné držet se dávkování navrženého výrobcem, ale v některých případech můžeme změnou dávky docílit i lepších výsledků než udává výrobce. Jak již bylo řečeno, parametry produkce z laboratorních podmínek jsou v provozu těžko dosažitelné, ale dá se jim někdy hodně přiblížit.

## ZÁVĚR

Laboratorní testy, které sledovaly vliv aditiv na tvorbu metanu, potvrdily velmi pozitivní vliv na produktivitu procesu anaerobní digesce, testován byl pouze jeden typ směšného substrátu a z něj vzniklý digestát. Variantní dávkování aditiv proběhlo při jedné teplotě vodní lázně. Jsou to podmínky, které odpovídají drtivě většině bioplynových stanic. Navýšení produkce metanu v laboratorních podmínkách činilo až 120%. V praxi je to ale hodnota těžko dosažitelná, většinou se produkce metanu zvýší okolo 20ti%. To je samozřejmě hodnota velmi dobrá. Laboratorní pokusy slouží ke zjištění reakcí aditiv a jednotlivých substrátů a vytypování nejlepších možných variant. Využití aditiv v provozních podmínkách pro jednotlivá technologická zařízení je třeba vždy plánovat na základě laboratorních pokusů a pak zpracovat ekonomickou analýzu, vyčíslit náklady i předpokládané výnosy plynoucí z jejich použití.

## PODĚKOVÁNÍ

Článek vznikl v rámci institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj VÚZT, v. v. i. RO0618.

## LITERATURA

GOODSTEIN, D.: Out of Gas: The End of the Age of Oil, W. W. Norton, New York -USA, 2004, ISBN 0-393-32647-0.

DIN 38 414 S8. German standard methods for the examination of water, waste water and sludge — Sludge and sediments. Description of fermentation characteristics.

VDI 4630. Fermentation of organic materials. Characterisation of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests.

Song Z., Yang G., Guo Y., Zhang T. (2012). Comparison of two chemical pretreatments of rice straw for biogas production by anaerobic digestion. BioResources 7(3): 3223-3236.

VESELÁ, K., KÁRA, J., HANZLÍKOVÁ, I.: Zvýšení produktivity procesu anaerobní digesce pomocí aditiv, Proceedings of the International Scientific Conference, CULS Prague, Kostelec nad Černými lesy, 2009

## Abstrakt

Řízení procesu produkce bioplynu na zemědělských bioplynových stanicích je cíleno na nízké provozní náklady při co nejvyšším výnosu bioplynu s vysokou koncentrací metanu. V tomto příspěvku jsme sledovali vliv dávkování vybraných aditiv na produkci bioplynu a koncentraci metanu. V procesu produkce bioplynu vzniká především energeticky bohatý metan a jako balast vnímaný oxid uhličitý. V první fázi byly vytypovány nejlepší vzorky aditiv, z výběru se umístil těsně první Sannisty + Liquid následovaný Gasbackingem. Ve druhé fázi pokusů byly porovnávány různé kombinace složek Sannisty + Liquid. Zde se jako nejlepší umístila varianta 3 (0,0125 g Sannisty + 0,0250 ml Liquid), které se blížila varianta 4. U nejlepší varianty bylo zvýšení produkce bioplynu o 84% a metanu o 112 %. Ve třetí fázi pokusů při aplikaci aditiva Gasbacking byla navýšena produkce bioplynu o 22% a metanu o 60%. Současný výzkum se v tomto směru zaměřuje právě na intenzifikaci samotného anaerobního procesu tvorby bioplynu a technologie, které umožní z balastního CO<sub>2</sub> vyrobit další metan.

**Klíčová slova:** bioplyn, metan, bakterie, enzymy, zemědělské bioplynové stanice

### *Kontaktní adresa:*

*Ing. Jaroslav Kára, CSc.*

*tel. +420 233 022 334*

*e-mail: [jaroslav.kara@vuzt.cz](mailto:jaroslav.kara@vuzt.cz)*

*Ing. Irena Hanzlíková*

*tel. +420 233 022 532*

*e-mail: [irena.hanzlikova@vuzt.cz](mailto:irena.hanzlikova@vuzt.cz)*

*Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i.*

*Drnovská 507*

*161 01 Praha 6 Ruzyně*

*Recenzovali: Ing. S. Ust'ak, CSc., Ing. J. Frydrych*