

# Produkce bioplynu z odpadu ze zpracování použitého jedlého oleje

Ing. Markéta Bouchalová, Ph.D.<sup>1</sup>, Ing. Jiří Rusín, Ph.D.<sup>1</sup>, Mgr. Sebastian Sikora<sup>2</sup>

1. VŠB-TU Ostrava – Centrum energetickým a environmentálních technologií,

Institut environmentálních technologií, e-mail: marketa.bouchalova@vsb.cz

2. Organic technology s.r.o., email: sebastian@organic-technology.cz

**Souhrn** V dnešní době má bioplyn vysoký potenciál při využívání obnovitelných zdrojů energie. Úspěšnost procesu anaerobní digesce závisí především na využitém substrátu, přítomnosti mikroorganismů a klíčových podmínkách uvnitř reaktoru. Lipidy obecně disponují vysokým teoretickým anaerobní výtěžek methanu, proto jsou jedlé oleje vhodným substrátem pro bioplynové stanice zejména komunálního typu. V tomto experimentu bylo zkoumáno 6 typů jedlých olejů. Nejvyšší produkce byla naměřena pro suspenzi 3 (smíchaných vod z mycího stroje po odmaštění sudů od potravinového oleje a sedimentu strouhanky) a to  $0,56 \text{ m}_N^3 \text{ kg}_{\text{VS}}^{-1}$ , naopak nejmenší produkci methanu se vyznačovala suspenze 5 (odpadní voda se strouhankou) s hodnotou  $0,29 \text{ m}_N^3 \text{ kg}_{\text{VS}}^{-1}$ .

**Klíčová slova:** bioplyn, anaerobní rozklad, olej, BMP test

## Úvod

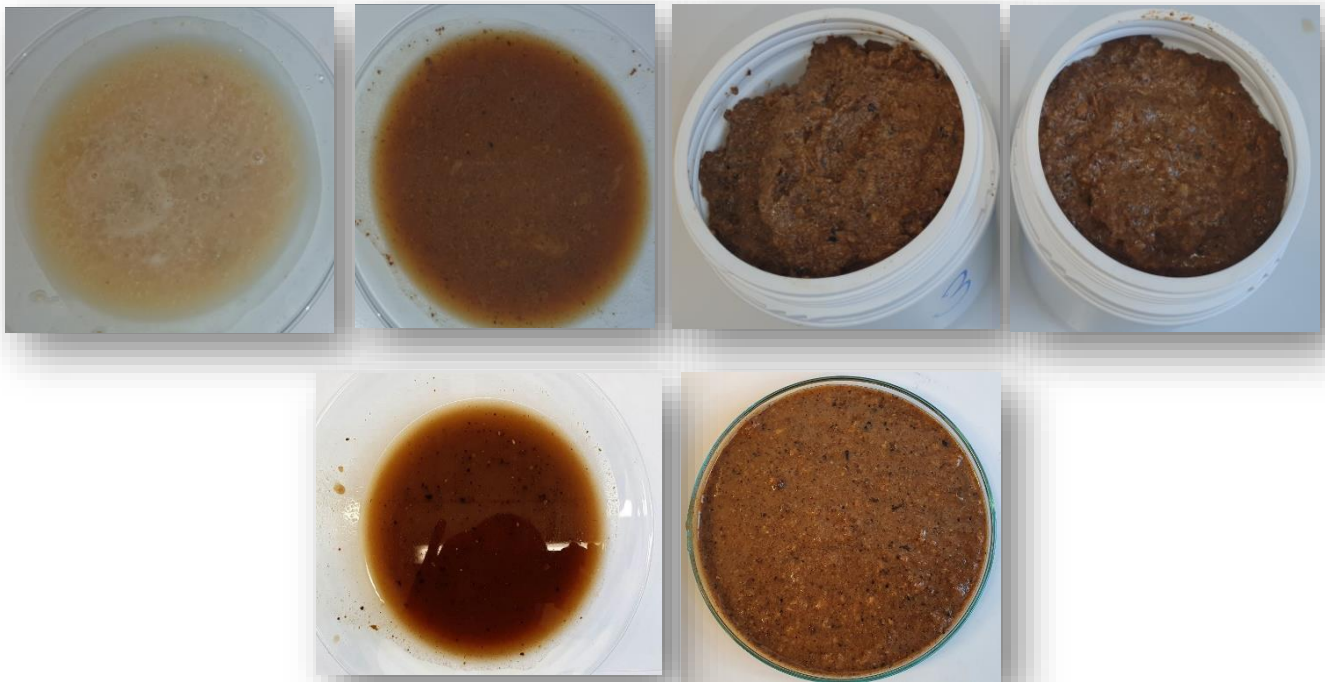
Výroba bioplynu a hnojiva ze surovin pocházejících ze zemědělství a z bioodpadů je jedním z příkladů oběhového hospodářství. V dnešní energeticky náročné společnosti má bioplyn vysoký potenciál při využívání obnovitelných zdrojů energie [1]. Účinnost procesu anaerobní digesce (AD) závisí především na složení substrátu, mikrobiální struktuře a dalších podmínkách v reaktoru [2]. Jelikož tuky (lipidy) mají nejvyšší teoretický anaerobní výtěžek methanu, jsou "mastné" bioodpady z recyklace a jiného zpracování použitých jedlých olejů ceněným substrátem pro bioplynové stanice zejména komunálního typu. V ČR se použité oleje dále využívají jako energetický zdroj v cementárnách a teplárnách, k výrobě hmot, které nahrazují ropné produkty a např. ve stavebnictví jako složky pro náhradu ropných maziv [3].

## Testované suspenze, inokulum, parametry

Šest vzorků suspenze ze zpracování použitých jedlých olejů (viz obr. 1) bylo získáno z příjmové haly Energetického centra Horní Suchá. Vzorky byly homogenizovány, analyzovány a vloženy do 20denního vsádkového testu biochemického methanového potenciálu (BMP). Inokulem byl digestát, přesněji řečeno fermentující anaerobní suspenze z 1. fermentoru odpadové bioplynové stanice (BPS) Pustějov. Vstupními surovinami této BPS jsou především hovězí kejda, slamnatý hnůj a travní hmota. Digestát byl odebrán ráno v den začátku laboratorního testu, při teplotě 30 °C homogenizován šnekovým mlýnkem přes matici s otvory Ø 2 mm, bez filtrace a jiné úpravy. Vstupní parametry inokula a substrátů jsou uvedeny v tabulce č. 1.

**Tabulka 1 Parametry inokula a testovaných suspenzí**

Materiál	Kyselost	Celková sušina	Organická sušina (ztráta ziháním sušiny)		Uhlík	Vodík	Dusík	Síra	Kyslík	Poměr
	pH-H <sub>2</sub> O	TS	VS	VS <sub>TS</sub>	C <sub>TS</sub>	H <sub>TS</sub>	N <sub>TS</sub>	S <sub>TS</sub>	O <sub>TS</sub>	C: N
	-	%	%	% <sub>TS</sub>	% <sub>TS</sub>					-
Inokulum	7,97	3,21	2,34	72,85	39,62	5,3	3,73	0,48	26,72	10,6
SUSPENZE 1	6,15	3,45	2,97	85,96	57,72	8,29	0,92	0,11	21,00	62,7
SUSPENZE 2	3,68	15,22	13,44	88,28	49,72	7,35	4,51	0,24	26,61	11,0
SUSPENZE 3	3,87	69,99	67,79	96,85	61,75	9,02	1,74	0,09	24,58	35,4
SUSPENZE 4	3,79	45,52	43,23	94,98	59,00	8,51	2,35	0,17	25,50	25,1
SUSPENZE 5	4,04	9,41	8,04	85,46	45,86	6,88	4,97	0,27	29,36	9,2
SUSPENZE 6	3,54	13,55	11,98	88,42	47,40	7,33	4,25	0,22	30,37	11,2



**Obrázek 1** Testované suspenze 1-6 (zleva) ze zpracování jedlých olejů

### Testy produkce bioplynu a methanu

Anaerobní test biochemického methanového potenciálu (BMP) je diskontinuálně provedený test mezofilní anaerobní digesce s cílem určení produkce bioplynu a methanu v průběhu degradace vzorku substrátu v přítomnosti anaerobního inokula. Test byl proveden ve skleněných reaktorech, každý o celkovém objemu 1,0 dm<sup>3</sup>, uzavřených plynoměrnými byretami (objem byrety 1,3 dm<sup>3</sup>). Postup experimentu vycházel z normy ČSN ISO 11734 [4] ale volumetrické měření produkce plynné fáze odpovídá normě VDI 4630 [5]. Reaktory byly umístěny ve vodní lázni při teplotě 40 °C ± 0,5 °C, plynoměrné byrety byly umístěny v digestoři při teplotě laboratoře, patřičně byl také upraven přepočítávací objemový koeficient. Pro stanovení endogenní produkce bioplynu a methanu (produkce z inokula) byly použity 2 bioreaktory a pro přídavky substrátu byly použity vždy další 2 bioreaktory, celkem se tedy jednalo o 14 paralelně běžících reaktorů. Míchání reaktorů nebylo prováděno.

V pracovních dnech byla po dobu 20 dnů vždy 1x denně ráno kontrolována teplota jak vodní lázně (teplota vsázky), tak zapisována okolní teplota (teplota bioplynu), dále barometrický tlak v laboratoři a přírůstek objemu bioplynu. Při dostatečném množství bioplynu v byretě, zhruba nad 150 ml, bylo také možno měřit složení bioplynu. K měření byl použit analyzátor bioplynu Geotechnical Instruments (UK) Ltd. "Biogas5000" s duálními infračervenými sensory CH<sub>4</sub> (0-70% ± 0,5%) a CO<sub>2</sub> (0-60% ± 0,5%) a elektrochemickými sensory O<sub>2</sub> (0-25% ± 1,0%), H<sub>2</sub> (0-2000 ppm ± 2,0% FS) a H<sub>2</sub>S (0-5000 ppm ± 2,0% FS). Obsah CH<sub>4</sub> byl korigován dle zbytkového zavzdušnění bioplynu. Lineárně interpolovány byly chybějící denní údaje o objemu bioplynu a methanu. Obsah H<sub>2</sub> byl měřen pouze pro doložení nízké míry zatížení inokula a obsah H<sub>2</sub>S pro odhalení možné inhibice. Parametry pH, TS a VS<sub>TS</sub> byly stanoveny v inokulu, v substrátu, i ve zpracované vsázce (digestátu po ukončení testu). Hodnota pH byla stanovena přístrojem WTW 340i se sondou SenTix41 potenciometricky [6]. Dále bylo odebráno požadované množství vzorků o hmotnosti cca 10 g pro stanovení obsahu celkové sušiny (TS), sušením v atmosféře O<sub>2</sub> při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti při 2,0 % RSD. K sušení byl použit analyzátor vlhkosti KERN DLB 160 3A s halogenovou lampou [7]. Dalších 5 podvzorků, o hmotnosti 1-2 g, bylo použito pro stanovení obsahu organických látek – ztráty žháním sušiny (VS), žháním při teplotě 550 °C v atmosféře O<sub>2</sub> do konstantní hmotnosti při 5,0 % RSD. Použit byl termogravimetrický analyzátor LECO TGA 701 [8]. Hustota sušiny

v práškovém stavu byla stanovena poloautomatickým plynovým pyknometrem Thermo Fisher Scientific Pycnomatic ATC s heliem při tlaku 50 kPa [9,10]. Prvkové složení sušiny (CHNSO) bylo stanoveno elementárním analyzátozem LECO Truspec CHN 628 + S 628 [11]. Aparaturu pro BMP test a analytické lze vidět na obrázku 2.



**Obrázek 2 Aparatura pro BMP test a analyzátor bioplynu**

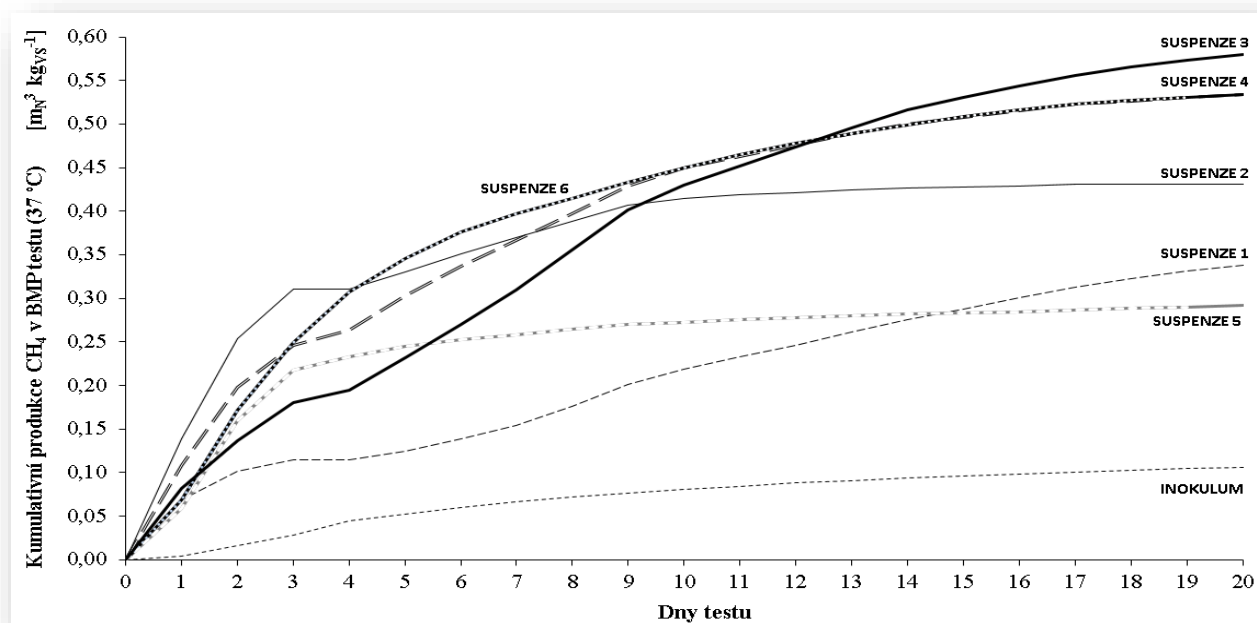
Teoretické produkce bioplynu a methanu byly vypočteny na základě prvkového složení celkové sušiny (Total Solids, TS) dle Buswellovy formule modifikované Richardsem [12]. Teoretické a prakticky dosažené substrátové produkce jsou uvedeny v tabulce 2.

**Tabulka 2 Naměřené a teoretické produkce bioplynu a methanu**

	Měrná produkce bioplynu v testu	Měrná produkce methanu v testu	Obsah CH <sub>4</sub>	Teoretická produkce bioplynu	Praktický výtěžek	Teoretická produkce methanu	Praktický výtěžek
	mN <sup>3</sup> kg <sub>VS</sub> <sup>-1</sup>	mN <sup>3</sup> kg <sub>VS</sub> <sup>-1</sup>	% obj.	mN <sup>3</sup> kg <sub>VS</sub> <sup>-1</sup>	%	mN <sup>3</sup> kg <sub>VS</sub> <sup>-1</sup>	%
<b>Inokulum</b>	0,1498	0,0904	60,3	0,9959	15,0	0,5226	17,3
<b>SUSPENZE 1</b>	0,5031	0,3452	68,6	1,2662	39,7	0,8127	42,5
<b>SUSPENZE 2</b>	0,6844	0,4301	62,8	1,0621	64,4	0,6281	68,5
<b>SUSPENZE 3</b>	0,8732	0,5601	64,1	1,2025	72,6	0,7638	73,3
<b>SUSPENZE 4</b>	0,8211	0,5218	63,5	1,1715	70,1	0,7285	71,6
<b>SUSPENZE 5</b>	0,4735	0,2914	61,6	1,0120	46,8	0,5757	50,6
<b>SUSPENZE 6</b>	0,9042	0,5337	59,0	1,0108	89,4	0,5883	90,7

Obrázek 3 znázorňuje kumulativní produkci methanu z 1 kilogramu organické sušiny (VS) inokula a jednotlivých suspenzí 1-6. Nejvyšší produkce byla naměřena pro suspenzi 3 (smíchaných vod z mycího stroje po odmaštění sudů od potravinového oleje a sedimentu strouhanky) a to 0,56 mN<sup>3</sup>kg<sub>VS</sub><sup>-1</sup>. Dalšími kvalitními substráty byly suspenze 6 a 4 s produkcemi 0,53 mN<sup>3</sup>kg<sub>VS</sub><sup>-1</sup> a 0,51 mN<sup>3</sup>kg<sub>VS</sub><sup>-1</sup>. Naopak nejmenší

produkcí methanu se vyznačovala suspenze 5 (odpadní voda se strouhankou) s hodnotou  $0,29 \text{ m}_N^3 \text{ kg}_{VS}^{-1}$ .



**Obrázek 3 Měrná produkce methanu**

## Závěr

Nejvyšší produkci methanu poskytl vzorek suspenze č. 3, a to  $0,56 \text{ m}_N^3 \text{ kg}_{VS}^{-1}$  z jednoho kilogramu organické sušiny vzorku přesto, že měl nejvyšší obsah celkové i organické sušiny. Z elementární analýzy vyplývá, že tento vzorek měl nejvyšší obsah tuků. Se vzrůstajícím podílem sacharidových příměsí typu strouhanka měrná produkce methanu klesá. I vzorek s nejvyšším obsahem strouhanky měl stále natolik vysokou produkci  $\text{CH}_4$  ( $0,29 \text{ m}_N^3 \text{ kg}_{VS}^{-1}$ ), že byl pro průmyslové biozplynování velmi zajímavý. Pouze dva vzorky ze šesti se vyznačovaly spíše nedostatečným obsahem dusíku a obsah síry byl ve všech vzorcích velmi nízký. Část z naměřených obsahů uhlíku všech vzorků zřejmě nebyla přístupná biologické přeměně, neboť se jednalo o hmotu tepelně degradovanou ("připáleniny"). Bioodpady ze zpracování jedlých olejů je nutno do BPS dávkovat obezřetně, předcházet deficitu dusíku a mikroprvků, a zároveň předcházet tvorbě pěny.

## Poděkování

Tato práce byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci projektu Velká výzkumná infrastruktura ENREGAT č. **LM2023056** a Technologickou agenturou ČR v rámci projektu Národní centrum energetiky II č. **TN02000025**.

## Použitá literatura

- [1] Mohanty, A. et al. A critical review on biogas production from edible and non-edible oil cakes. 2022, Biomass Convers Biorefin12(3): 949-966.
- [2] Marchietti, R. et al. Conversion of waste cooking oil into biogas: perspectives and limits. 2020 Applied Microb. and Biotechn.104: 2833-2856.
- [3] J. Kizzling, ČAPPO, Časopis Odpady
- [4] ČSN EN ISO 11734 Jakost vod - Hodnocení úplné anaerobní biologické rozložitelnosti organických látek kalem z anaerobní stabilizace - Metoda stanovení produkce bioplynu.
- [5] VDI 4630: Vergärung organischer Stoffe – Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gäversuche.

- [6] ČSN EN 15933 Kaly, upravený bioodpad a půdy – Stanovení pH.
- [7] ČSN EN 15934 Kaly, upravený bioodpad, půdy a odpady – Výpočet podílu sušiny po stanovení zbytku po sušení nebo obsahu vody.
- [8] ČSN EN 15935 Kaly, upravený bioodpad, půdy a odpady – Stanovení ztráty žíháním.
- [9] ISO 12154:2014 Determination of density by volumetric displacement – Skeleton density by gas pycnometry.
- [10] ČSN EN ISO 18753 Jemná keramika (speciální keramika, speciální technická keramika) – Pyknometrické stanovení hustoty keramických prášků.
- [11] ASTM D5373-16 Standard Test Methods for Determination of Carbon, Hydrogen and Nitrogen in Analysis Samples of Coal and Carbon in Analysis Samples of Coal and Coke.
- [12] Richards, B. K., Cummings, R. J., White, T.E., Jewell W. J., 1991 Methods for Kinetic Analysis of Methane Fermentation in High Solids Biomass Digesters. Biomass and Bioenergy. 1(2), p- 65-73.