

# Fermentacja metanowa makuchu rzepakowego jako substratu do produkcji biogazu w kontenerowej mikrobiogazowni rolniczej.

Instytut Inżynierii Wody i Ścieków  
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki  
Politechnika Śląska w Gliwicach  
eGmina, Infrastruktura, Energetyka Sp. z o.o.

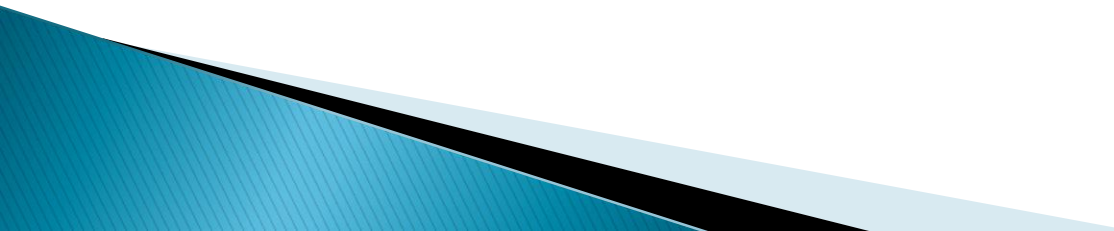
**Autorzy:**

**dr inż. Jan Cebula**  
**mgr inż. Łukasz Czok**

**Program Strategiczny NCBiR**  
**Zaawansowane technologie pozyskiwania energii**  
**Zadanie badawcze Nr 4**

Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów rolniczych i innych

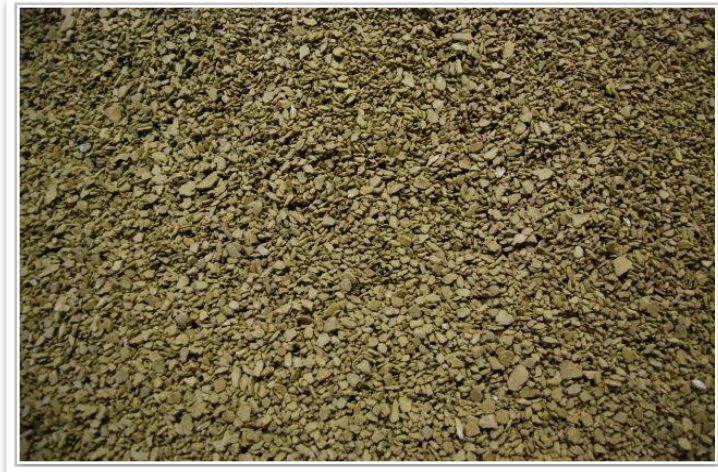
# Cel badań

- ▶ Laboratoryjna symulacja procesu fermentacji metanowej.
  - ▶ Określenie kinetyki przebiegu fermentacji metanowej makuchu.
  - ▶ Określenie wydajności biogazu uzyskanego w doświadczalnej komorze fermentacyjnej.
  - ▶ Porównanie wyników laboratoryjnych z terenowymi.
- 

# Makuch rzepakowy

18 618 074 dt rzepaku/rok  
1 tona rzepaku = ok. 650 kg makuchu  
12 101 748 dt makuchu/rok

Sucha masa (%)	Popiół surowy (%)	Białko ogólne (%)	Tłuszcz surowy (%)	Włókno surowe (%)	Energia metaboliczna brutto (MJ·kg <sup>-1</sup> )
95,5	6,14	32,3	13,9	12,6	21,9



# Metodyka badań

## Inokulum

- ▶ Gnojowica bydlęca
- ▶ Niska zawartość suchej masy
- ▶ Wysoka zawartość wody

## Fermentacja metanowa

- ▶ Proces jednoetapowy
- ▶ Warunki mezofilowe
- ▶ Temperatura  $38^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$



# Zakres badań

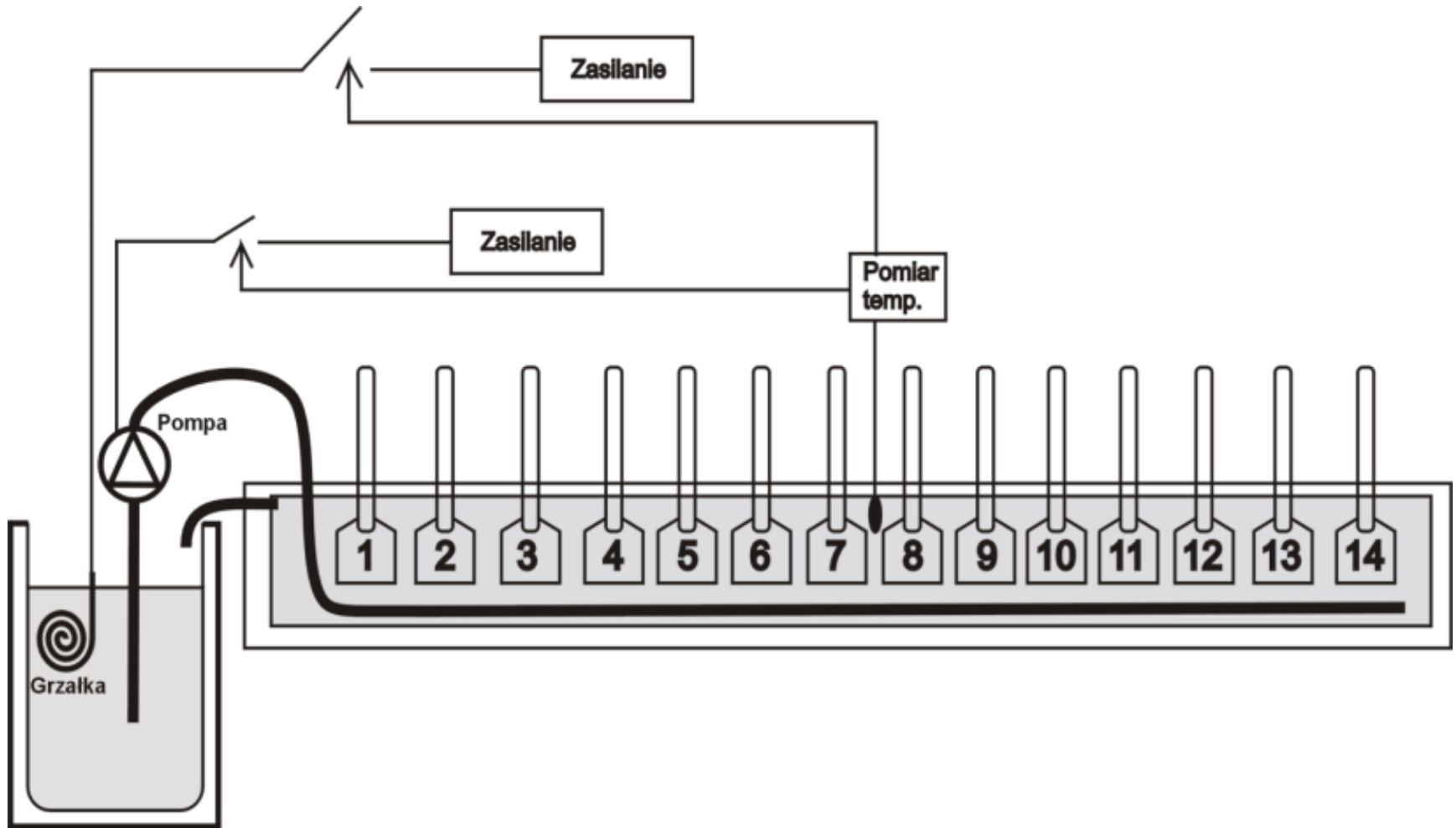


Badania laboratoryjne  
z wykorzystaniem przyrządów do  
testowania o pojemności 1 dm<sup>3</sup>

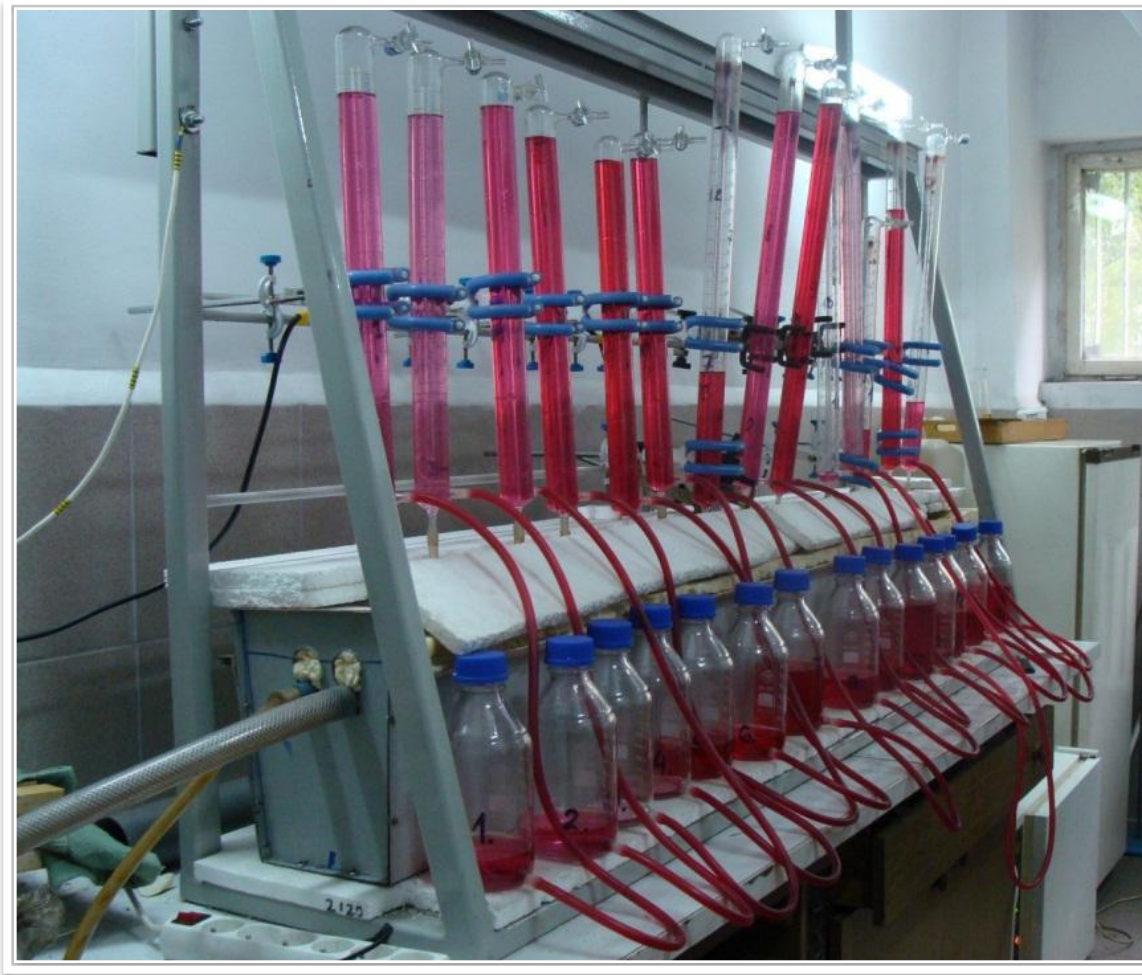
Badania terenowe z wykorzystaniem  
reaktora o pojemności 63 m<sup>3</sup>



# Schemat instalacji



# Instalacja do badania biogazowości substancji



# Reaktor biogazowy o pojemności 1 dm<sup>3</sup>





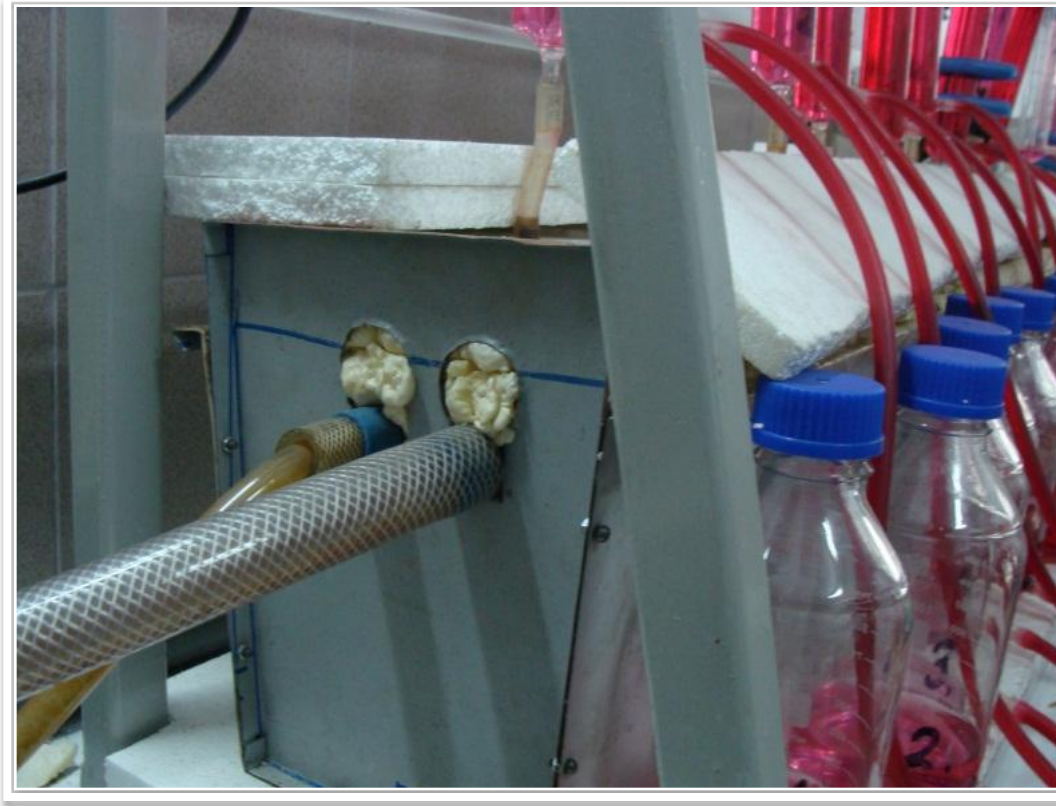
# Połączenie reaktorów biogazowych z biuretą gazową



# Zbiornik wody o pojemności 50 dm<sup>3</sup> z pompką i grzałką.



# Podłączenie zbiornika wody ciepłej z izolowaną łożnią wodną z fermentorami





# Badania terenowe





# Fermentacja metanowa makuchu

Objętość wydzielonego biogazu po 50 dniach fermentacji metanowej makuchu.

Codzienna dawka makuchu [g/dm <sup>3</sup> ]	Objętość biogazu [cm <sup>3</sup> ]	Objętość biogazu po odjęciu ślepej próby [cm <sup>3</sup> ]	Objętość biogazu w przeliczeniu na 1kg surowego makuchu [m <sup>3</sup> ]	Objętość biogazu w przeliczeniu na 1kg lotnej substancji organicznej [m <sup>3</sup> ]
0.5	6829	5229	10.458	12.911
1.0	11315	9718	9.718	11.997
2.0	18584	16984	8.492	10.484
3.0	27232	25632	8.544	10.548
4.0	35666	34066	8.516	10.513
5.0	27342	35742	7.148	8.825
6.0	41016	39416	6.569	8.109

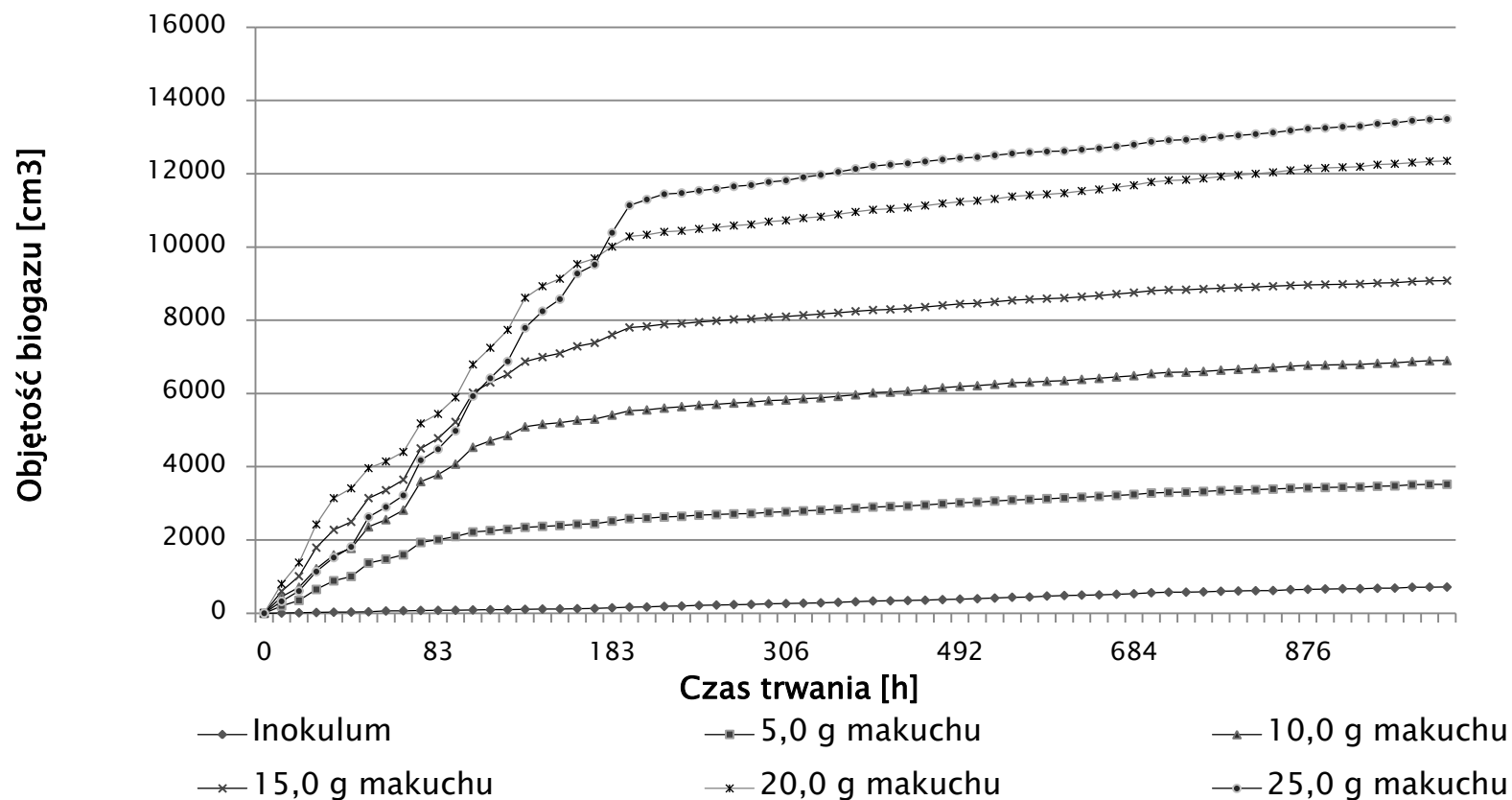
# Fermentacja metanowa makuchu

Objętość biogazu otrzymanego w reaktorach laboratoryjnych.

Masa fermentowanego makuchu [g]	Objętość otrzymanego biogazu [cm <sup>3</sup> ]	Objętość otrzymanego biogazu po odjęciu próby zerowej [cm <sup>3</sup> ]	Objętość przeliczeniowa biogazu otrzymana z 1 kg surowego makuchu [dm <sup>3</sup> ]	Objętość przeliczeniowa biogazu otrzymanego z 1 kg lotnej subst. org. makuchu [dm <sup>3</sup> ]
5	3521	2806	561.2	693
10	6900	6185	618.5	728
15	9081	8366	557.7	688
20	12352	11637	581.8	718
25	13496	12781	511.2	631

# Produkcja biogazu w reaktorach laboratoryjnych.

## Produkcja biogazu z makuchu



# Badania terenowe

- ▶ 50 dni
- ▶ 6750 kg – 50 m<sup>3</sup> makuchu
- ▶ 1594 m<sup>3</sup> biogazu





# Wnioski

- ▶ Możliwe jest wykorzystanie makuchu rzepakowego do produkcji biogazu.
- ▶ Wydaje się, że jest to dobry sposób na utylizację tego rodzaju odpadowej biomasy.
- ▶ Można otrzymać znacznie więcej biogazu niż wskazują wyniki otrzymane w komorze.
- ▶ Należy utrzymywać parametry procesowe.
- ▶ Należy unikać przeładowania komory.

# Dziękujemy za uwagę

Autorzy dziękują **NCBiR**  
za współfinansowanie badań w ramach

Programu Strategicznego  
**Zadanie badawcze Nr 4**

„Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów rolniczych i innych”.

# Bibliografia

- ▶ Gołaszewski J., 2011. Wykorzystanie substratów pochodzenia rolniczego w biogazowniach w Polsce. Postępy Nauk Rolniczych 2, 69–94.
- ▶ Gąsior E., Fronia J., Firuta P., Podgórski W., 2007. Makuch rzepakowy jako substrat do biosyntezy kwasu szczawiowego. 6(3), 27–32.
- ▶ Główny Urząd Statystyczny, Departament Rolnictwa, 04/2012. Produkcja upraw rolnych i ogrodnich w 2011 r.
- ▶ Misiura A., 2008. Wytłoki rzepakowe jako pasza. Hodowca bydła 8/2008.
- ▶ Petersson A, Thomsen MH, Hauggaard-Nielsen H, Thomsen A-B. Potential bioethanol and biogas production using lignocellulosic biomass from winter rye, oilseed rape and faba bean. Biomass Bioenerg 2007;31:812–9.
- ▶ Borys B., 2007. Substancje antyżywniowe w paszach roślinnych dla kóz. Wiadom. Zootechn., 45(1–2), 55–65.
- ▶ Kalembasa S., Adamiak E.A., 2010. Określenie składu chemicznego makuchu rzepakowego. Acta Agrophysica, , 15(2), 323–332.
- ▶ Krzywda J., Wykorzystanie makuchu rzepakowego w żywieniu zwierząt gospodarskich.
- ▶ Podleśna A., 2005. Nawożenie siarką jako czynnik kształtujący metabolizm roślin uprawnych i jakość płodów rolnych. Pam. Puł., 139, 161–174.
- ▶ Zhou H., Löffler D., Kranert M., 2011. Model-based predictions of anaerobic digestion of agricultural substrates for biogas production. Bioresource Technology 102, 10819–10828.
- ▶ Redakcja aeroenergetyka.pl, 2010. Podstawy procesu fermentacji metanowej.