

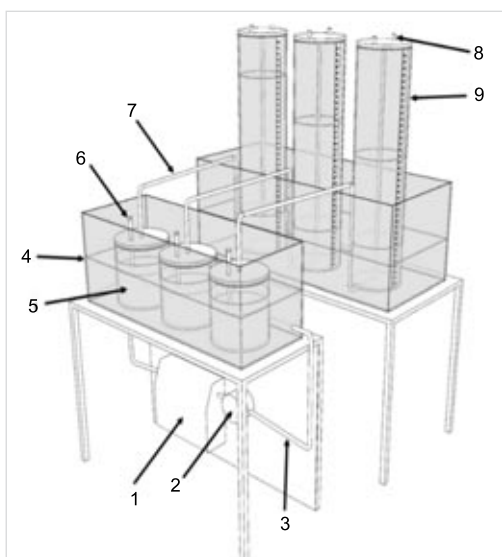
Hydrotermalna liza poferementu i jej skutki

Zagospodarowanie poferementu oraz osadów z oczyszczalni ścieków pozostaje dużym wyzwaniem dla gospodarki odpadami.

Szczególnie utylizacja osadów ściekowych generuje wiele problemów związanych z zanieczyszczeniem odcieków, składowniem oraz wysokimi kosztami ewentualnych procesów termicznej utylizacji. W instytucjach naukowych podejmowane są badania mające na celu ograniczenie ilości poferementu/osadów ściekowych oraz zwiększenie ilości pozyskiwanych paliw. Jednym z proponowanych rozwiązań jest hydrotermalna karbonizacja (Hydrothermal Carbonization HTC process) osadów ściekowych, której produkt stanowi paliwo stałe o charakterystyce zbliżonej do węgla brunatnego. Technologia ta została po raz pierwszy wdrożona w miejskiej oczyszczalni ścieków w Halle¹.

W artykule zaprezentowano rezultaty badań zastosowania procesu hydrotermalnej lizy jako wstępnej obróbki – pretreatmentu – osadów ściekowych po fermentacji metanowej przed ich zawróceniem do ponownej fermentacji. Dotychczas stosowano wstępną obróbkę w formie dezintegracji mechanicznej osadów z użyciem ultradźwięków obróbki chemicznej (kwaśnej albo alkalicznej) lub termicznej hydrolizy osadu nadmiernego (ON) i osadu wstępnego (OW²⁻⁵).

W efekcie zastosowania hydrotermalnej lizy osadów ściekowych, zaobserwowano znaczny wzrost produkcji biogazu (do 30%) oraz zmniejszenie ilości osadów ściekowych (do ok. 70%).



Rys. 1. Schemat reaktora fermentacyjnego (sekcja 3-reaktorowa): 1 – podgrzewacz wody z regulatorem temperatury, 2 – pompa wodna, 3 – przewody cieczy ogrzewającej, 4 – płaszcz wodny, 5 – biofermentor o pojemności 2 dm³, 6 – próbnik frakcji ciekłej, 7 – przewód odprowadzający biogaz, 8 – próbnik gazów, 9 – wyskalowany zbiornik na biogaz (M. Sawińska)

Metodologia

Proces polega na tym, że uzyskany zagęszczony osad pofermentacyjny z oczyszczalni ścieków albo innej biogazowni poddaje się hydrotermalnej lizie (HTL), w wyniku czego powstaje płynny hydrolyz. Następnie po zmniejszeniu ilości azotu amonowego i fosforanów rozpuszczonych w tym hydrolyzacie poddaje się go ponownej fermentacji metanowej. W efekcie uzyskuje się dodatkowy biogaz i zmniejszoną ilość osadu pofermentacyjnego oraz redukuje się ilość biogenów, azotu i fosforu w odciekach po zagęszczaniu poferementu.

Badania wydajności biogazowej substratów zostały przeprowadzone na wielokomorowym stanowisku fermentacyjnym (rys. 1), zaprojektowanym i wykonanym w Instytucie Inżynierii Biosystemów UP w Poznaniu. Fermentacja metanowa była prowadzona w szklanych reaktorach o pojemności 2 dm³. Badane substraty były umieszczane w reaktorach, a następnie zalewane odpowiednią ilością zaszczepki fermentacyjnej. Po przedmuchaniu reaktorów azotem (stworzenie warunków beztlenowych) zostały one umieszczone w łaźni wodnej o temperaturze 39°C ±1 (fermentacja mezofilowa) lub 55°C ±1 (fermentacja termofilowa) w celu zapewnienia optymalnych warunków do prowadzenia procesu fermentacji metanowej. Biogaz produkowany w każdym z reaktorów był transportowany za pomocą teflonowych wężyków do zbiorników gazowych, skonstruowanych na zasadzie odwróconego cylindra zanurzonego w wodzie i podciągniętym słupie cieczy. Na granicy faz woda – gaz znajdowała się ciecz zaporowa zapobiegająca rozprowadzaniu się CO₂ w wodzie. Wszystkie próby badane były w ramach trzech powtórzeń.

• Analizy fizykochemiczne

W celu dobrania odpowiednich proporcji substratu i zaszczepki przebadano następujące

parametry: suchą masę (PN-75 C-04616/01), suchą masę organiczną (PN-Z-15011-3), pH (PN-90 C-04540/01) oraz konduktywność (PN-EN 27888:1999). Parametry te były także niezbędne do dokonania kalkulacji wydajności biogazowej substratów na jednostki m³/Mg św.m.; m³/Mg s.m.; m³/Mg s.m.o. Dodatkowo codziennie przez cały okres prowadzenia doświadczenia analizowano pH oraz konduktywność fermentujących prób.

• Próby gazowe

Pomiaru dobowej produkcji biogazu dokonywano co 24 h z dokładnością do 0,01 dm³. Skład jakościowy i ilościowy gazów fermentacyjnych oznaczano za pomocą analizatora gazowego GA5000 firmy Geotech każdorazowo, kiedy objętość gazu w tubie przekroczyła 450 ml (wynika to z warunków pracy analizatora). Analizator gazowy GA5000 posiadał następujące certyfikaty jakości: ATEX II 2G Ex ib IIA T1 Gb (Ta = -10°C do +50°C), IECEx, CSA oraz certyfikat kalibracji UKAS ISO 17025. Pozwalał on na dokonywanie pomiarów gazów w zakresach: O₂ 0-25%; CO₂ 0-100%; CH₄ 0-100%; NH₃ 0-1000 ppm i H₂S 0-10 000 ppm. Kalibracji analizatora dokonywano co tydzień przy użyciu gazów kalibracyjnych, dostarczanych przez firmę Air Product w następujących stężeniach: 65% CH₄, 35% CO₂ (w jednej mieszaninie); 500 ppm H₂S oraz 100 ppm NH₃. Kalibracji czujnika tlenowego dokonywano w powietrzu syntetycznym.

Zgodnie z niemiecką normą DIN 38 414-S8, zakończenie badań wydajności następowało w momencie, w którym dobową produkcję biogazu stanowiła mniej niż 1% całej uzyskanej produkcji.

Rezultaty badań

Badania wydajności biogazowej osadów po hydrotermalnej lizie przeprowadzono w dwóch wariantach (a) – osad po fermentacji poddany HTL bez usuwania biogenów oraz (b) – osad po fermentacji poddany HTL oraz usunięciu biogenów NH₄ i PO₃. W tabeli 1 zawarto zasadnicze parametry substratów oraz mieszanek z zaszczepką do fermentacji (200 g substratu na 1000 g zaszczepki).

Rysunki 1 i 2 przedstawiają wykresy dziennej produkcji biogazu i metanu w wariantach (a) i (b) odpowiednio. Widać wyraźnie większą produkcję biometanu w wariantach (b), i to szczególnie w pierwszych dniach prowadzenia eksperymentu. Ostatecznie po 24 dniach uzyskano odpowiednio

Tab. 1. Parametry substratów

Parametr	Jednostka	Wariant (a) osad po fermentacji poddany HTL bez usuwania biogenów	Wariant (b) osad po fermentacji poddany HTL oraz usunięciu NH ₄ i PO ₃
pH	-	7,53	7,78
Konduktywność	mS	13,86	9,06
Sucha masa	%	13,86	14,50
Sucha masa organiczna	% s.m.	53,96	51,51
Azot amonowy	g N _{NH3} /kg świeżej masy	2,433	0,801
Azot azotanowy	g N _{NOX} /kg świeżej masy	0,120	0,039

Tab. 2. Parametry startowe mieszanek (200 g substratu i 1000 g zaszczepek)

	Wariant (a)	Wariant (b)
pH	7,82	7,74
Konduktywność	17,71	17,15

w wariantcie (a) oraz (b) 114,83 i 148,56 m³ biometanu z tony s.m.o.

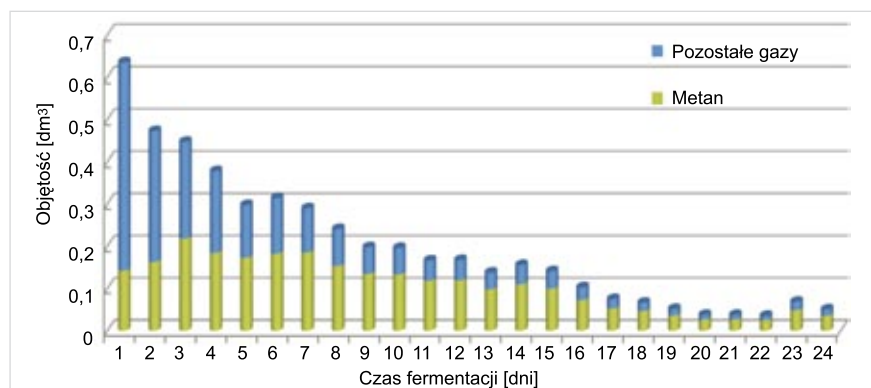
Badania udowodniły, że pulpa pofermentacyjna poddana hydrotermalnej lizie zapewnia w trakcie ponownej fermentacji uzysk biogazu na poziomie 8-11 m³ metanu z tony świeżej masy substratu. Warto także podkreślić, że usunięcie biogenów NH₄⁺ oraz PO₃²⁻ przyczynia się do wzrostu wydajności biogazowej wspomnianych substratów o blisko 30%.

Wnioski

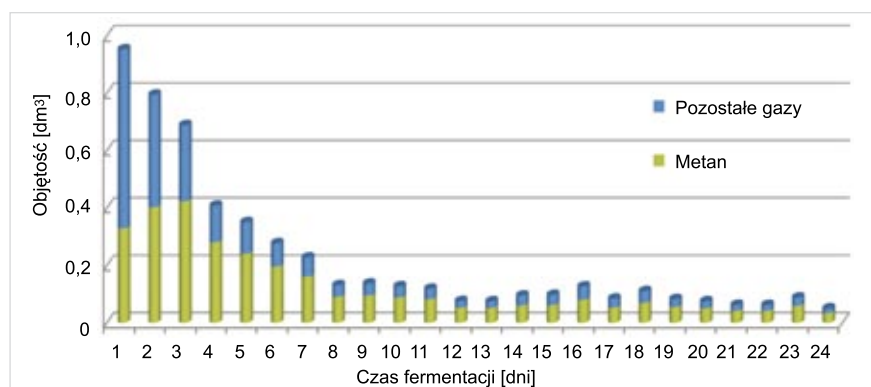
Przedstawiona technologia może być szczególnie przydatna w oczyszczalniach komunalnych stosujących fermentację metanową, gdyż zmniejsza ilość osadów, zwłaszcza suchej masy organicznej, i zwiększa ilość wytworzonego biogazu o wyższym udziale metanu (do 75%) oraz zmniejsza ilość biogenów (N-NH₄ i PO₄) w odciekach po ponownej fermentacji metanowej. Odcieki te będą kierowane a początek procesu biologicznego oczyszczania ścieków. Jest to szczególnie korzystne w przypadku:

- instalacji, w której osady OW i ON nie były poddawane wstępnej obróbce,
- oczyszczalni, w której OW i ON przed fermentacją metanową były poddawane wstępnej obróbce termicznej w systemie CAMBI,
- innych biogazowni.

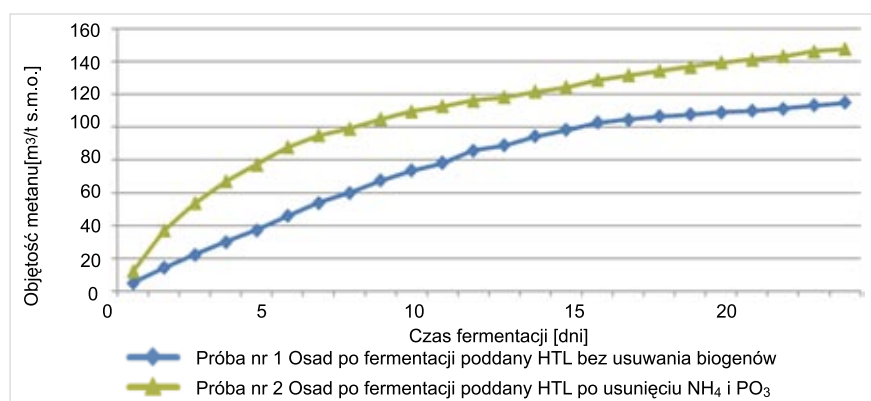
Zaobserwowano znaczny wzrost produkcji biogazu (do 30%) oraz zmniejszenie ilości osadów ściekowych (do 70%).



Rys. 1. Wykres dziennej produkcji biogazu i metanu w wariantcie (a)



Rys. 2. Wykres dziennej produkcji biogazu i metanu w wariantcie (b)



Rys. 3. Skumulowana produkcja metanu [m³/t s.m.o.]

Źródła

1. Seiffert M., Klemm M.: *Hydrothermal carbonisation of biomass residues*. [W:] Cenian A., Gołaszewski J., Noch T. (ed.): *Eco-Energetics – Biogas. Research, Technologies, Law and Economics in the Baltic Sea Region*. GSW Publisher. Gdańsk 2014.
2. Pérez-Elvira S.I., Fdz-Polanco M., Fdz-Polanco F.: *Enhancement of the conventional anaerobic digestion of sludge: comparison of four different strategies*. „Water Sci. Technol.” 64/2011.
3. US patent 8,673,112 B2.
4. Zgłoszenie patentowe WO2013/081674A1.
5. Wilson C.A., Novak J.T., Murthy S.N.: *Thermal Hydrolysis of the Lipid and Protein fractions of Waste-water Sludge: Implications for Digester Performance and Operational Considerations*.

dr inż. Adam Cenian, prof. IMP,
dr inż. Tadeusz Zimiński, IMP PAN
dr inż. Jacek Dach, prof. UP,
mgr inż. Andrzej Lewicki, UP
Instytut Maszyn Przepływowych PAN
im. Roberta Szwalskiego,
Fiszera St. 14
80-952 Gdańsk,
cenian@imp.gda.pl
Instytut Inżynierii Biosystemów,
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 28
60-637 Poznań



Badania prowadzące do tych wyników uzyskały dofinansowanie ze środków Programu Polsko-Norweskiej Współpracy Badawczej, którego operatorem jest Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w ramach Norweskiego Mechanizmu Finansowego na lata 2009-2014, projekt pn. „Pomeranian Biogas Model”, Umowa nr Pol-Nor/202919/57/2013.