

WPLÝW TERMICZNEJ DEZINTEGRACJI OSADÓW NADMIERNYCH NA EFEKTYWNOŚĆ PROCESU HYDROLIZY W STABILIZACJI BEZTLENOWEJ

IWONA ZAWIEJA*, PAWEŁ WOLSKI

Institute of Environmental Protection
Czestochowa University of Technology
ul. Brzeźnicka 60 A,
42-200 Czestochowa, Poland

*Adres e-mail do korespondencji: izawieja@is.pcz.czest.pl

Słowa kluczowe: Osady nadmierne, dezintegracja termiczna, proces hydrolizy, stabilizacja beztlenowa, stopień przefermentowania osadów, lotne kwasy tłuszczowe, chemiczne zapotrzebowanie na tlen.

Streszczenie: Za czynnik wpływający w istotny sposób na szybkość biodegradacji osadów uważany jest stopień upłynnienia nierozpuszczalnych polimerów organicznych do postaci rozpuszczonej, warukującej dostępność substancji odżywczych dla mikroorganizmów. Fazami ograniczającymi szybkość beztlenowego rozkładu są faza hydrolityczna i metanogenna.

Poddanie osadów nadmiernych procesowi wstępnej dezintegracji znacząco wpływa na efektywność procesu stabilizacji beztlenowej. W wyniku intensyfikacji procesu hydrolizy, przejawiającej się wzrostem wartości oraz zwiększeniem szybkości generowania lotnych kwasów tłuszczowych (LKT), można zaobserwować wydłużenie fazy metanogennej procesu oraz wzrost stopnia przefermentowania modyfikowanych osadów. Zastosowanie wstępnej obróbki osadów ściekowych tj. m.in.: termicznej dezintegracji osadów ma na celu rozbicie komórek mikroorganizmów oraz uwolnienie wewnątrzkomórkowej materii organicznej do fazy ciekłej. W wyniku zachodzącej hydrolizy termicznej osadów następuje już na etapie procesu kondycjonowania generowanie lotnych kwasów tłuszczowych (LKT). Uzyskana wartość LKT determinuje przebieg hydrolizy biologicznej, stanowiącej pierwszą fazę stabilizacji beztlenowej.

Celem badań było określenie wpływu termicznej dezintegracji osadów nadmiernych na efektywność procesu hydrolizy w stabilizacji beztlenowej, tj. szybkość produkcji lotnych kwasów tłuszczowych, zmiany wartości ChZT oraz wzrost stopnia redukcji substancji organicznych. W pierwszym etapie badań dokonano określenia najkorzystniejszych warunków termicznej dezintegracji osadów nadmiernych stosując temperaturę 50°C, 70°C, 90°C i czas ogrzewania 1,5h – 6h. Osady umieszczone w kolbach laboratoryjnych, zamknięte szklanym korkiem z rurką manometryczną poddano termicznej obróbce w łaźni wodnej z wytrząsaniem. W kolejnym etapie przeprowadzono 8-dobowy proces stabilizacji beztlenowej surowych oraz dezintegrowanych termicznie osadów nadmiernych. Stabilizacje prowadzono w mezofilowym zakresie temperatur tj. 37°C, w warunkach okresowych. W przypadku procesu stabilizacji beztlenowej termicznie dezintegrowanych osadów nadmiernych w temperaturze 50°C i czasie ogrzewania 6h (Mieszanina B) oraz 70° i czasie ogrzewania 4,5h (Mieszanina C) uzyskano stopień przefermentowania wynoszący odpowiednio: 30,67% oraz 33,63%. Dla badanych osadów tj. Mieszanina B oraz C maksymalną wartość lotnych kwasów tłuszczowych tj. 874,29 mg CH₃COOH/dm³ i 1131,43 mg CH₃COOH/dm³ uzyskano w drugiej dobie procesu.

Z otrzymaną maksymalną wartością LKT korelowała odnotowana w w/w dobie procesu maksymalna wartość wskaźnika ChZT, wynosząca dla mieszaniny B 1344 mgO₂/dm³, natomiast dla Mieszaniny C 1778 mg O₂/dm³.

WPROWADZENIE

Wpływ wstępnej obróbki osadów ściekowych na poprawę efektów fermentacji metanowej stanowi obiecujące zagadnienie badawcze zarówno pod względem ekonomiki procesu stabilizacji, jak również potencjalnych korzyści wynikających z istoty technologii fermentacji tj. wzrost stopnia konwersji substancji organicznych do postaci gazowej – biogazu. Stopień upłynnienia nierozpuszczalnych polimerów organicznych do postaci rozpuszczonej, dostępnych dla mikroorganizmów, ma znaczący wpływ na szybkość biodegradacji osadów. Fazami ograniczającymi szybkość beztlenowego rozkładu są faza hydrolityczna i metanogenna.

W celu usprawnienia przebiegu stabilizacji beztlenowej osady nadmierne należy poddać procesowi wstępnej dezintegracji warunkującej wzrost efektywność procesu [2, 3, 4, 5]. Nadmierny osad czynny (WAS) stanowi główny produkt uboczny procesu biologicznego oczyszczania ścieków [21]. W wyniku intensyfikacji procesu hydrolizy następuje wydłużenie fazy metanogennej, konsekwencją którego jest znaczny wzrost produkcji biogazu. Pozyskiwany biogaz jest cennym nośnikiem energii, posiada dużą wartość kaloryczną, która pozwala na pokrycie zapotrzebowania energetycznego oczyszczalni ścieków, wytworzenie ciepła do celów grzewczych oraz energii elektrycznej wykorzystywanej do bezpośredniego napędu urządzeń.

Zastosowanie wstępnej obróbki osadów ściekowych, tj. m.in.: termiczna modyfikacja osadów ma na celu rozbicie komórek mikroorganizmów nadmiernego osadu czynnego, co warunkuje uwolnienie wewnątrzkomórkowej materii organicznej do fazy ciekłej. W wyniku zachodzącej hydrolizy termicznej osadów następuje już na etapie procesu kondycjonowania generowanie lotnych kwasów tłuszczowych (LKT). Uzyskana wartość LKT determinuje przebieg hydrolizy biologicznej, stanowiącej pierwszą fazę stabilizacji beztlenowej. Zwiększenie szybkości wytwarzania LKT oraz wzrost ich wartości w kolejnych dobach kwaśnej fermentacji wpływa bezpośrednio na efektywność produkcji biogazu [1, 9, 12]. Dzięki zainicjowaniu hydrolizy termicznej uzyskuje się w trakcie trwania porocesu stabilizacji beztlenowej wyższy stopień przekształcenia lotnych kwasów tłuszczowych (LKT) do metanu. Skrócenie czasu trwania fazy hydrolitycznej powoduje intensyfikację oraz przpieszenie procesów, jakie mają miejsce w kolejnych etapach stabilizacji beztlenowej. Do metod termicznej dezintegracji osadów ściekowych zalicza się między innymi [8, 12]:

- metody niskotemperaturowe – zachodzące w temperaturach poniżej 100°C,
- metody wysokotemperaturowe – zachodzące powyżej 100°C.

Jak podaje literatura [10] termiczna obróbka osadów wpływa na znaczny wzrost pozyskiwania biogazu. Hydroliza termiczna (20 min w temperaturze 170°C) spowodowała ponad 70% zmniejszenie zawartości suchej masy przy ponad 3-krotnym zwiększeniu obciążenia komory masą organiczną. Prowadzenie procesu hydrolizy w niższych temperaturach (60÷80°C) wpływa korzystnie na skład otrzymanego hydrolizatu lecz wymaga dłuższego czasu reakcji (60÷120 min) [11, 19]. W wyniku procesu dezintegracji następuje pobudzenie inertej części organicznej biologicznego osadu nadmiernego w osadzie mieszanym co wpływa znacząco na intensyfikację fermentacji

metanowej [20]. Ponadto badania przeprowadzone przez Dabrowską i in. [6] potwierdziły, że po procesie termofilowej stabilizacji beztlenowej mieszaniny osadu wstępnego i przefermentowanego (*inoculum*) nastąpiło obniżenie stężenia polichlorowanych bifenyli o 84%, co sugeruje, że stabilizacja prowadzona w termofilowym reżimie temperatury wpływa pozytywnie na zmniejszenie PCB.

MATERIAŁY I METODY

Charakterystyka substratu badań

Substratem badań był nadmierny osad czynny (90%) oraz osad przefermentowany (10%) pełniący rolę zaszczepu. Osad został pobrany z Centralnej Oczyszczalni Ścieków P.S.W. „Warta” w Częstochowie. Nadmierne osady czynne, wykorzystywane do badań pobierane były bezpośrednio przed zagęszczaczem mechanicznym. Osad nadmierny powstający w stopniu biologicznym jest kierowany na zagęszczacz mechaniczny i po zagęszczeniu do około 5–6% suchej masy, jest pompowany do WKF_z. Powstające w tym procesie wody odciekowe są odprowadzane przed osadniki wstępne. Osad surowy i nadmierny, gromadzony w WKF_z, podlega fermentacji metanowej w temperaturze 33°C. Podczas prowadzonych badań fermentacji metanowej poddano następujące mieszaniny osadów, tj.:

- Mieszanina A – surowy osad nadmierny + osad przefermentowany;
- Mieszanina B – osad nadmierny dezintegrowany termicznie w temperaturze 50°C przez 6h + osad przefermentowany;
- Mieszanina C – osad nadmierny dezintegrowany termicznie w temperaturze 70°C przez 4,5h + osad przefermentowany.

W badaniach dotyczących przebiegu procesu stabilizacji beztlenowej nie uwzględniono Mieszaniny D, wstępnie zbadanej na etapie doboru najkorzystniejszych warunków termicznej dezintegracji. Dla podanej Mieszaniny D pomimo podwyższenia temp. kondycjonowania o 20°C, w odniesieniu do Mieszaniny C, nie uzyskano, ze względu na charakter właściwości fizyczno-chemicznych substancji organicznych zawartych w osadach, wraz z wydłużeniem czasu preparowania, zadawalającego przyrostu wartości ChZT, obserwując jednocześnie spadek zawartości LKT. W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę użytych do badań surowych osadów nadmiernych oraz osadów przefermentowanych.

Warunki prowadzenia termicznej dezintegracji osadów nadmiernych

W celu określenia najkorzystniejszych warunków termicznej modyfikacji osadów nadmiernych do badań wybrano temperaturę 50°C, 70°C i 90°C poddając osady ogrzewaniu przez okres 1,5h; 3h; 4,5h oraz 6h. Osady wprowadzone do kolb laboratoryjnych były zabezpieczone przed dostępem powietrza szklanym korkiem z rurką manometryczną i umieszczone w łaźni wodnej. Objętość próbki wynosiła 500 ml.

Warunki prowadzenia procesu 8-dobowej stabilizacji beztlenowej

Badania prowadzone w skali laboratoryjnej miały na celu określenie wpływu termicznej dezintegracji osadów nadmiernych na efektywność procesu hydrolizy w stabilizacji beztlenowej, tj. między innymi intensywność generowania lotnych kwasów tłuszczowych (LKT).

Tabela 1. Wybrane parametry fizyczno-chemiczne osadów wchodzących w skład Mieszaniny A, B oraz C

Sucha masa		Sucha masa min.	Sucha masa org.	LKT	ChZT	zasadowość	kwasowość	azot amonowy	azot ogólny	pH
g/dm ³		g/dm ³	g/dm ³	mgCH ₃ COOH/dm ³	mgO ₂ /dm ³	mgCaCO ₃ /dm ³	mgCaCO ₃ /dm ³	mgN-NH ₄ ⁺ /dm ³	mgN/dm ³	-
MESZANINA A, MESZANINA B										
18,03	6,38	11,65	823	1358	3300	200	28	43	7,60	
SUROWY OSAD PRZEFERMENTOWANY (inoculum)										
8,98	1,99	6,99	103	165	220	140	28	30	7,65	
SUROWY OSAD NADMIERNY										
MESZANINA C										
19,60	7,24	13,36	617	1021	2700	240	25	56	7,63	
SUROWY OSAD PRZEFERMENTOWANY (inoculum)										
SUROWY OSAD NADMIERNY										
9,81	3,15	6,67	86	70	120	20	27	31	7,26	

Proces fermentacji metanowej prowadzony był w ośmiu szklanych kolbach laboratoryjnych, które pełniły rolę komór fermentacyjnych. Przed rozpoczęciem procesu kolby laboratoryjne o objętości 0,5 dm³ zostały zabezpieczone przed dostępem powietrza korkami o średnicy 33 mm oraz szklanymi rurkami manometrycznymi, co umożliwiało odpływ powstającego biogazu. Umieszczone w cieplarni laboratoryjnej w temperaturze 37°C kolby mieszane były ręcznie, jednokrotnie w ciągu doby w celu wymieszania całej objętości osadów, przeciwdziałania powstawaniu kożucha oraz niedopuszczenia do powstania obszarów przeciążonych ładunkiem zanieczyszczeń.

Wykonano następujące oznaczenia fizyczno – chemiczne badanych próbek osadów:

- pH przy użyciu pH – metru firmy Cole Palmer 59002 – 00 wg (PN-9/C-04540/05) [14],
- suchej masy, suchej masy organicznej, suchej masy mineralnej wg (PN-EN-12879) [13],
- lotnych kwasów tłuszczowych (LKT) metodą destylacji z parą wodną wg (PN-75/C-04616/04) [17],
- zasadowości wg (PN-91/C-04540/05) [18],
- kwasowości wg (PN-91/C-04540/05) [7],
- chemicznego zapotrzebowania tlenu metodą dwuchromianową wg (ISO 7027) [16],
- azot ogólny Kjeldahla wg (PN-73/C-04576/10) [15],
- azot amonowy wg (PN-73/C-04576/02) [15].

WYNIKI I DYSKUSJA

Dobór najkorzystniejszych parametrów termicznej dezintegracji osadów nadmiernych

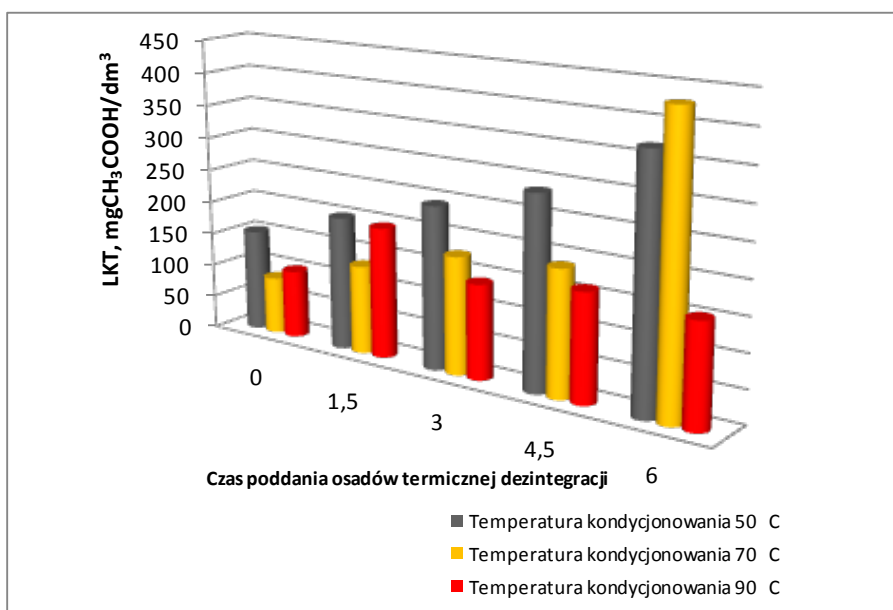
W celu doboru najkorzystniejszej temperatury oraz czasu kondycjonowania, osady nadmierne poddano trzem cyklom badawczym w zakresie temperatur niskich, tj. temperatura 50°C, 70°C oraz 90°C i czasie kondycjonowania 1,5; 3; 4,5; 6h. Kryterium doboru szukanych parametrów stanowił wzrost stężenia substancji organicznej w cieczy osadowej osadów nadmiernych, mierzony za pomocą wskaźnika ChZT oraz LKT. Zawartość suchej masy organicznej w badanych osadach nadmiernych przed procesem kondycjonowania termicznego wynosiła 9,68 g/dm³. W tabeli 2 przedstawiono zmiany wartości ChZT w cieczy osadowej osadów po procesie termicznego kondycjonowania, natomiast zmiany wartości LKT na rysunku 1.

Tabela. 2. Zmiany wartości ChZT w cieczy osadowej osadów nadmiernych poddanych działaniu termicznego kondycjonowania odnotowane w zależności od czasu i temperatury preparowania

		ChZT, mgO ₂ /dm ³			
		1,5	3	4,5	6
Temp., °C	Czas, h				
50		1315	1398	1489	1566
70		1816	2104	2398	2374
90		1970	2062	2158	2366

Uzyskane wyniki potwierdzają teorię Wójtowicz [20] dotyczącą pozytywnego wpływu dezintegracji na upłynnienie związków organicznych zawartych w osadzie nadmiernym, którego bezpośrednim wyrazem jest zwiększenie ChZT i LKT w cieczy osadowej. Najmniejszą wartość ChZT w cieczy osadowej uzyskano dla temperatury 50 °C, przy czasie ogrzewania 1,5h – odpowiednio 1315 mg O₂/dm³, natomiast największą wartość tego wskaźnika 2398 mg O₂/dm³ dla temperatury 70 °C przy czasie ogrzewania 4,5h.

W trakcie prowadzenia procesu zaobserwowano, że najkorzystniejszą wartość lotnych kwasów tłuszczowych podczas 6 godzinowego kondycjonowania odnotowano dla temperatury 70°C tj.: 428,57 mg CH₃COOH/dm³. W przypadku 6 godzinowego kondycjonowania wartość LKT, dla wszystkich badanych temperatur rosła w stosunku do wartości początkowej. Tendencję spadkową wartości LKT po czasie 1,5h ogrzewania zaobserwowano dla temperatury 90°C. Dla czasu ogrzewania 1,5h uzyskano wartość LKT 197,14 mg CH₃COOH/dm³, natomiast dla czasu 6h wartość 154,27 mg CH₃COOH/dm³.



Rys. 1. Zmiany wartości LKT odnotowane w cieczy osadowej w zależności od czasu ekspozycji i temperatury dezintegracji

Przeprowadzenie procesu fermentacji metanowej surowych osadów nadmiernych

Procesowi 8-dobowej stabilizacji beztlenowej poddano mieszaninę niekondycjonowanych osadów nadmiernych (90%) i osadów przefermentowanych (10%) (Mieszanina A). Stopień przefermentowania osadów dla Mieszaniny A wyniósł 16,88%. Zawartość suchej masy organicznej przed procesem wynosiła 5,39 g/dm³, natomiast 4,48 g/dm³ w ostatnim dniu procesu. Zaobserwowano zmniejszenie zawartości suchej masy z 9,44 g/dm³ przed procesem do 6,92 g/dm³ po procesie. Redukcja suchej masy osadu wyniosła 26,70%. Wartość lotnych kwasów tłuszczowych przed procesem stabilizacji beztlenowej wynosiła 111,43 mg CH₃COOH/dm³, maksymalną wartość zanotowano w 3 dobie procesu, tj. 771,43 mg CH₃COOH/dm³. W 4 dobie

nastąpił spadek wartości LKT i w 8 dobie wartość LKT wynosiła 377,14 mg $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{dm}^3$. Wartość ChZT wody osadowej przed przeprowadzeniem procesu wynosiła 288 mg O_2/dm^3 , największa wartość została osiągnięta w trzeciej dobie i wynosiła 1123 mg O_2/dm^3 , od czwartego dnia zanotowano spadek wartości ChZT w cieczy osadowej i w ostatniej dobie procesu wynosiła ona 454 mg O_2/dm^3 . W tabeli 3 przedstawiono zestawienie uzyskanych wyników dotyczących przebiegu procesu stabilizacji beztlenowej surowych osadów nadmiernych (Mieszanina A).

Przeprowadzenie procesu fermentacji metanowej dezintegrowanych termicznie osadów nadmiernych

Procesowi 8-dobowej stabilizacji beztlenowej poddano mieszaninę osadów nadmiernych (90%) kondycjonowanych termicznie w temperaturze 50°C przez 6h i osadów przefermentowanych (10%) (Mieszanina B) oraz osadów kondycjonowanych termicznie w temperaturze 70°C przez 4,5h i osadów przefermentowanych (10%) (Mieszanina C).

Stopień przefermentowania osadu dla Mieszaniny B oraz C wyniósł odpowiednio 30,67% oraz 33,63%. W przypadku Mieszaniny B zawartość suchej masy organicznej przed procesem wynosiła 6,37 g/dm³, natomiast w ostatnim dniu procesu 4,41 g/dm³. Zawartości suchej masy przed procesem fermentacji wnosila 9,30 g/dm³, natomiast po procesie 5,43 g/dm³. Redukcja suchej masy osadu wynosiła 41,62 %. Dla Mieszaniny C zawartość suchej masy organicznej przed procesem wynosiła 7,24 g/dm³, natomiast w ostatnim dniu procesu 5,37 g/dm³. Zawartości suchej masy przed procesem fermentacji wnosila 10,93 g/dm³, natomiast po procesie 8,55 g/dm³. Redukcja suchej masy osadu wynosiła 21,78%. Dla badanych Mieszaniny B i C wartość lotnych kwasów tłuszczowych przed procesem stabilizacji beztlenowej wynosiła odpowiednio 188,57 mg $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{dm}^3$ oraz 342,86 mg $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{dm}^3$. Maksymalną wartość zarówno dla Mieszaniny B oraz C zanotowano w 2 dobie procesu i wynosiła ona 874,29 mg $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{dm}^3$ oraz 1131,43 mg $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{dm}^3$. W 3 dobie nastąpił spadek wartości LKT i w 8 dobie wartość LKT wynosiła dla Mieszaniny B 171,43 mg $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{dm}^3$, natomiast dla Mieszaniny C 377,14 mg $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{dm}^3$. W przypadku Mieszaniny B wartość ChZT wody osadowej przed przeprowadzeniem procesu wynosiła 640 mg O_2/dm^3 , największą wartość 1344 mg O_2/dm^3 uzyskano w drugiej dobie, od trzeciego dnia zanotowano spadek wartości ChZT w cieczy osadowej i w ostatnim dniu procesu ChZT wynosiło 280 mg O_2/dm^3 .

Dla Mieszaniny C wartość ChZT przed przeprowadzeniem procesu stabilizacji wynosiła 1826 mg O_2/dm^3 i była to największa wartość, która została osiągnięta. Od pierwszego dnia zanotowano spadek wartości ChZT w cieczy osadowej, która w ostatniej dobie procesu wynosiła 800 mg O_2/dm^3 .

W tabeli 4 oraz 5 przedstawiono zestawienie uzyskanych wyników badań dotyczących przebiegu procesu stabilizacji beztlenowej dezintegrowanych termicznie osadów nadmiernych (Mieszanina B oraz C).

Otrzymane wyniki dotyczące przebiegu procesu stabilizacji beztlenowej termicznie modyfikowanych osadów nadmiernych, dowodzą skuteczności badanej metody, jako czynnika dezintegrującego, co potwierdziły ponadto badania przeprowadzone przez innych naukowców [10, 11, 19].

Tabela 3. Wybrane parametry fizyczno – chemiczne Mieszanki A (surowy osad nadmierny + osad przerfermentowany) poddanej procesowi 8 – dobowej stabilizacji beztlenowej

Czas ferm.	Sucha masa	Sucha masa min.	Sucha masa org.	LKT	ChZT	Zasado-wość	Kwaso-wość	Azot amonowy	Azot ogólny	pH
d	g/dm ³	g/dm ³	g/dm ³	mgCH ₃ COOH/dm ³	mgO ₂ /dm ³	mgCaCO ₃ /dm ³	mg/dm ³	mgN-NH ₄ ⁺ /dm ³	mgN/dm ³	-
0	9,44	3,91	5,39	111,43	288,00	500,00	20,00	56,00	60,00	7,78
1	9,13	3,15	5,54	445,71	688,00	620,00	60,00	112,00	106,00	7,62
2	9,05	3,82	5,23	548,57	948,00	880,00	80,00	165,20	140,00	7,12
3	8,56	2,29	6,27	771,43	1123,00	1100,00	140,00	218,40	196,00	7,02
4	9,41	3,47	5,94	651,43	937,00	1100,00	136,00	221,20	198,80	7,11
5	9,48	4,24	5,24	514,29	824,00	1180,00	124,00	218,40	224,00	7,23
6	8,63	4,57	4,06	437,14	737,00	1250,00	100,00	215,60	246,40	7,32
7	7,75	3,16	4,59	394,29	606,00	1320,00	128,00	224,00	196,00	7,43
8	6,92	3,15	4,48	377,14	454,00	1240,00	180,00	280,00	252,00	7,18

Tabela 4. Wybrane parametry fizyczno – chemiczne Mieszanki B (osad nadmierny dezintegrowany termicznie w temperaturze 50°C przez 6h + osad przefermentowany) poddanej procesowi 8 – dobowej stabilizacji beztlenowej

Czas ferm.	sucha masa g/dm ³	sucha masa min. g/dm ³	sucha masa org. g/dm ³	LKT mgCH ₃ COOH/dm ³	ChZT mgO ₂ /dm ³	Zasadowość mgCaCO ₃ /dm ³	Kwasowość mg/dm ³	azot amonowy mgN-NH ₄ ⁺ /dm ³	azot ogólny mgN/dm ³	pH
d										-
0	9,30	2,93	6,37	188,57	640	450	4	22,4	112	7,00
1	7,78	2,09	5,69	788,57	1179	860	80	140	140	7,01
2	8,56	2,48	6,09	874,29	1344	956	100	142,8	182	7,03
3	8,29	2,85	5,44	840,00	1320	1060	110	226,8	173,6	7,09
4	6,55	2,62	4,43	617,14	1150	1120	70	170,8	190	7,71
5	5,95	2,18	4,74	522,86	892	1170	70	224	229,6	7,53
6	5,91	2,70	4,70	360,00	576	1240	72	249,2	277,2	7,16
7	5,40	3,84	4,46	188,57	621	1380	80	254,8	254,8	7,38
8	5,43	3,76	4,41	171,43	280	1440	66	252	196	7,76

Tabela 5. Wybrane parametry fizyczno – chemiczne Mieszaniny C (osad nadmierny dezintegrowany termicznie w temperaturze 70°C przez 4,5h + osad przefermentowany) poddanej procesowi 8 – dobowej stabilizacji beztlenowej

Czas ferm.	Sucha masa	Sucha masa min.	Sucha masa org.	LKT	ChZT	Zasado-wość	Kwasowość	Azot amonowy	Azot ogólny	pH
d	g/dm ³	g/dm ³	g/dm ³	mgCH ₃ COOH/dm ³	mgO ₂ /dm ³	mgCaCO ₃ /dm ³	mg/dm ³	mgN-NH ₄ ⁺ /dm ³	mgN/dm ³	-
0	10,93	3,69	7,24	342,86	1826	550	40	168	196	7,67
1	11,01	3,33	7,68	891,43	1680	840	60	196	112	7,37
2	10,79	3,60	7,19	1131,43	1778	900	154	238	252	7,21
3	9,40	3,80	5,60	1062,86	1616	1000	180	260,4	308	7,08
4	9,91	4,00	5,91	891,43	1325	1020	200	282,8	252	7,23
5	9,98	4,39	5,59	737,14	997	1160	200	280	280	7,38
6	8,81	3,58	5,22	411,43	578	1300	180	280	280	7,49
7	8,68	3,33	5,35	685,71	882	1380	220	308	280	7,31
8	8,55	3,18	5,37	377,14	800	1420	240	322	336	7,32

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu termicznej modyfikacji osadów nadmiernych na wzrost ich podatności na biodegradację poprzez ocenę wzrostu wartości lotnych kwasów tłuszczowych (LKT), chemicznego zapotrzebowania na tlen (ChZT) oraz zwiększenia stopnia dezintegracji preparowanych osadów. Zwiększenie podatności osadów nadmiernych na biochemiczny rozkład w warunkach beztlenowych następuje poprzez zniszczenie ścian komórkowych mikroorganizmów i uwolnienie substancji organicznych zanim zostaną one wykorzystane przez odpowiednie szczepy bakterii bytujących w warunkach beztlenowych. Otrzymane wyniki badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. W przypadku termicznej dezintegracji osadów nadmiernych za najkorzystniejszą temperaturę uznano temperaturę 70°C przy czasie ogrzewania 4,5 h, dla której uzyskano najwyższą spośród badanych temperatur i założonego czasu termicznej obróbki wartość ChZT, wynoszącą 2398 mg O₂/dm³.
2. W wyniku poddania procesowi stabilizacji beztlenowej surowych osadów nadmiernych (Mieszanina A) uzyskano po 8 dobach prowadzenia fermentacji stopień przefermentowania wynoszący 16,88%. Dla badanej mieszaniny maksymalną wartość lotnych kwasów tłuszczowych oraz ChZT tj. odpowiednio 771,43 mg CH₃COOH/dm³ oraz 1123 mg O₂/dm³ uzyskano w 3 dobie procesu.
3. W przypadku procesu stabilizacji beztlenowej termicznie dezintegrowanych osadów nadmiernych, przy użyciu temperatury 50°C i czasu ogrzewania 6h (Mieszanina B) oraz 70°C i czasu ogrzewania 4,5h (Mieszanina C) uzyskano stopień przefermentowania wynoszący odpowiednio: 30,67% oraz 33,63%. Dla badanych osadów tj. Mieszaniny B oraz C maksymalną wartość lotnych kwasów tłuszczowych, tj. 874,29 i 1131,43 mg CH₃COOH/dm³ uzyskano w 2 dobie procesu. Z otrzymaną maksymalną wartością LKT korelowała odnotowana w w/w dobie procesu maksymalna wartość wskaźnika ChZT, wynosząca dla mieszaniny B 1344 mg O₂/dm³, natomiast dla Mieszaniny C 1778 mg O₂/dm³.

Źródło finansowania: *Badania przeprowadzono w ramach projektu badawczego BG 401/402/10.*

LITERATURA

- [1] Bień J.B.: *Osady ściekowe – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2002.
- [2] Bień J., E. Neczaj, M. Worwąg, K. Wystalska: *Efektywność fermentacji metanowej osadów*, *Wodociągi- Kanalizacja*, **2(84)**, 22–24 (2011).
- [3] Bień J., E. Neczaj, M. Worwąg, M. Kowalczyk: *Intensyfikacja produkcji biogazu w procesie stabilizacji beztlenowej osadów przemysłowych*, *Gospodarka odpadami komunalnymi*, Monografia pod red. K. Szymański, **6**, 211–218 (2010).
- [4] Bień J., L. Wolny, P. Wolski: *Wpływ ultradźwięków na strukturę osadów ściekowych w procesie ich kondycjonowania*, XII Konferencja Naukowo-Techniczna pod red. J. Bienia, *Osady ściekowe-problem aktualny*, Częstochowa, 40–50 (2001).
- [5] Bień J., M. Worwąg, K. Wystalska: *Możliwości zwiększenia efektywności przeróbki i ostatecznego zagospodarowania osadów ściekowych*, *Forum Eksploatatora*, **6(45)**, 70–73 (2009).
- [6] Dąbrowska L., A. Rosińska, M. Janosz-Rajczyk: *Heavy Metals and PCBs in sewage sludge during thermophilic digestion process*, *Archives of Environmental Protection*, **37(3)**, 3–13, (2011).

- [7] International Measurements Standards ISO 7027.
- [8] Karaczun Z. M., L. G. Indeka: *Ochrona środowiska*, Wydanie 2, Agencja Wydawnicza ARIES, Warszawa 1999.
- [9] Malej J.: *Generowanie lotnych kwasów tłuszczowych ze strumienia ścieków surowych oraz niektóre problemy ścieków dowiezionych taborem asenizacyjnym*, Rocznik Ochrony Środowiska, **3**, 103–128, (2001).
- [10] Myszograj S.: *Fermentacja metanowa osadów ściekowych hydrolizowanych termochemicznie*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, **10(2)**, 141–152, Częstochowa (2007).
- [11] Neyens E., J. Baeyens: *A review of thermal sludge pre-treatment processes to improve dewater ability*, Journal of Hazardous Materials, **B98**, 51–67, (2003).
- [12] Podedworna J., K. Umiejewska: *Technologia osadów ściekowych*, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
- [13] Polskie Normy (PN-EN-12879), Wydawnictwo Normalizacyjne, Warszawa.
- [14] Polskie Normy (PN-9/C-04540/05), Wydawnictwo Normalizacyjne, Warszawa.
- [15] Polskie Normy (PN-73/C-04576/02), Wydawnictwo Normalizacyjne, Warszawa.
- [16] Polskie Normy (PN-73/C-04576/10), Wydawnictwo Normalizacyjne, Warszawa.
- [17] Polskie Normy (PN-75/C-04616/04), Wydawnictwo Normalizacyjne, Warszawa.
- [18] Polskie Normy (PN-91/C-04540/05), Wydawnictwo Normalizacyjne, Warszawa.
- [19] Skiadas I., H. Gavala, J. Lu, B. Ahring: *Thermal pretreatment of primary and secondary sludge at 70°C prior to anaerobic digestion*, 10-th World Congress on Anaerobic Digestion, Nat. Res., 1121–1124, Canada, Montreal (2004).
- [20] Wójtowicz A.: *Dezintegracja – wprowadzenie do zagadnienia*, Forum Eksploatatora **1(22)**, 34–38, (2006).
- [21] Zhang G., P. Zhang, J. Yang, H. Liu: *Energy-efficient sludge sonification: Power and sludge characteristics*, Bioresource Technology, **99**, 9029–9031, (2008).