

Krzysztof ISKRA, Stanisław MIODOŃSKI\*

## **DEZINTEGRACJA OSADU NADMIERNEGO – DOBRA PRAKTYKA CZY KONIECZNOŚĆ?**

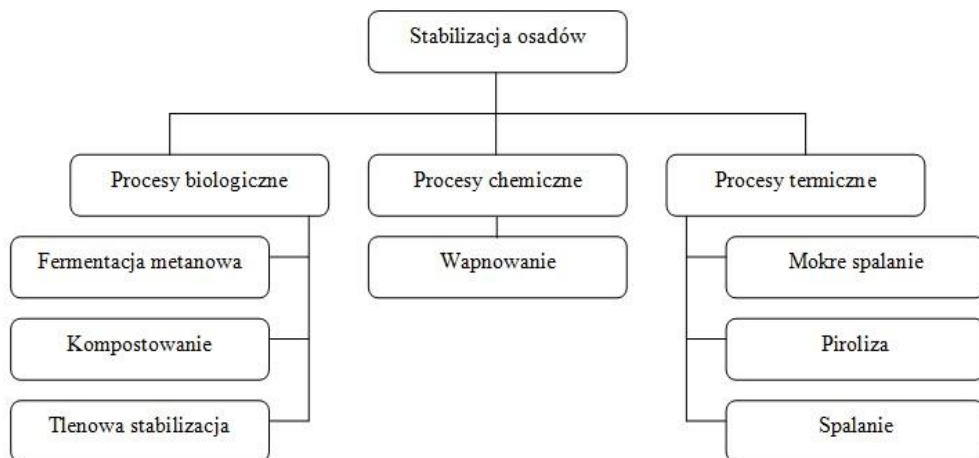
Nieustanny rozwój aglomeracji miejskich połączony z większą dbałością o środowisko naturalne sprawia, że problem zagospodarowania osadów ściekowych budzi coraz większą troskę użytkowników komunalnych oczyszczalni ścieków. Wobec ogromnej skali problemu działaniami, które zyskują uznanie są metody intensyfikacji biologicznych procesów stabilizacji osadów ściekowych. Podstawową korzyścią takich działań jest większa produkcja gazu fermentacyjnego będącego cennym paliwem ze źródeł niekonwencjonalnych. Jednym z interesujących rozwiązań, obok kofermentacji i modyfikacjach w sposobie prowadzenia fermentacji metanowej, jest dezintegracja osadu nadmiernego kierowanego do komór fermentacyjnych (WKF). W niniejszej pracy przedstawiono podstawowe korzyści i ograniczenia stosowanych metod intensyfikacji stabilizacji beztlenowej oraz dokonano charakterystyki procesu dezintegracji osadów ze szczególnym uwzględnieniem specyfiki poszczególnych technik dezintegracyjnych. Na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych dokonano kalkulacji wdrożenia instalacji do ultradźwiękowej dezintegracji osadu nadmiernego w średniej oczyszczalni ścieków. Szacunek ekonomiczny wdrożenia pokazał potencjalne korzyści w postaci nadwyżki wyprodukowanej energii o przeszło 280 kWh/d.

### 1. WSTĘP

Jednym z palących problemów związanych z oczyszczaniem ścieków komunalnych jest zagospodarowanie powstających nadwyżek osadów ściekowych. Podstawowymi procesami przeróbki osadów stosowanymi w praktyce eksploatacyjnej są na ogół kolejno: zagęszczanie, stabilizacja i odwadnianie. Każdy z tych jednostkowych procesów ma istotne znaczenie, ale szczególnie dużo uwagi w literaturze poświęcono metodom stabilizacji osadów, które mają przede wszystkim za zadanie minimalizować negatywny wpływ osadów ściekowych na środowisko naturalne poprzez ubytek materii organicznej zawartej w osadach.

---

\* Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, 50-377 W-w pl. Grunwaldzki 9



Rys. 1. Metody stabilizacji osadów ściekowych

Wśród dostępnych metod stabilizacji osadów obecnie największe znaczenie mają metody biologiczne, w szczególności fermentacja metanowa i tlenowa stabilizacja, rzadziej kompostowanie m. in. z uwagi na uwarunkowania klimatyczne. W średnich i dużych oczyszczalniach dominującą rolę odgrywają procesy beztlenowe, których podstawową korzyścią, oprócz stabilizacji osadów ściekowych, jest powstawanie gazu fermentacyjnego (biogazu). Według polskiego prawodawstwa powstający biogaz stanowi jeden z nośników odnawialnych źródeł energii (OZE), których rosnący udział w sektorze energetyki może znacząco poprawić bilans i bezpieczeństwo energetyczne kraju [9, 14].

## 2. METODY INTENSYFIKACJI PRODUKCJI BIOGAZU W OCZYSZCZALNIACH ŚCIEKÓW

Fermentacja metanowa od wielu lat uchodzi za cenny i ważny proces w gospodarce osadowej oczyszczalni ścieków przyczyniając się do zmniejszenia ilości osadów, niszczenia organizmów patogennych, stabilizacji osadów ściekowych oraz do produkcji wysokoenergetycznego biogazu. Pomimo tego ten sposób przeróbki osadów posiada kilka istotnych ograniczeń takich jak: wymagany długi czas zatrzymania osadów w komorze fermentacyjnej (20-30d), duża wrażliwość na zmiany pH, temperatury i obecność toksycznych substancji oraz przeciętna skuteczność usuwania materii organicznej (30-40%) [6, 13].

## 2.1. KOFERMENTACJA

Jednym ze sposobów zwiększenia wydajności produkcji biogazu w oczyszczalniach ścieków jest wspólna fermentacja osadów ściekowych z jednym lub kilkoma organicznymi składnikami [3]. Dotychczasowe badania nad wpływem dodatku innych surowców organicznych do procesu fermentacji metanowej osadów pokazują potencjalny wzrost ilości wyprodukowanego biogazu względem fermentacji samych osadów ściekowych. Potencjał metanotwórczy wybranych substancji organicznych pokazano w tabeli 1.

Tabela 1. Wydajność produkcji biogazu odnotowana podczas fermentacji metanowej odpadów [8]

Substrat	Wydajność produkcji CH <sub>4</sub> , dm <sup>3</sup> /kg s.m.o.	Referencje
Komunalne odpady stałe	360	Vogt i in. (2002)
Odpady z przetwórstwa owoców i warzyw	420	Bouallagui i in. (2005)
Komunalne odpady stałe	530	Foster-Carneiro i in. (2007)
Odpady z przetwórstwa owoców i warzyw oraz ścieki z rzeźni	850	Foster-Carneiro i in. (2007)
Gnojowica świńska	337	Ahn i in. (2009)
Komunalne odpady stałe	200	Walker i in. (2009)
Odcieki z odpadów żywności	294	Behera i in. (2010)
Słoma ryżowa	350	Lei i in. (2010)
Słoma i kiszonka z kukurydzy	312	Mumme i in. (2010)
Pulpa z oleju Jatrofy	422	Chandra i in. (2011)
Odpady z olejarni	610	Fang i in. (2011)
Odpady z gospodarstw domowych	350	Ferrer i in. (2011)
Ligninowe odpady organiczne	200	Jayasinghe i in. (2011)
Gnojowica świńska i ścieki z winiarni	348	Riano i in. (2011)
Odpady z żywności	396	Zhang i in. (2011)

Do procesu fermentacji nadają się najbardziej odpady organiczne pozbawione struktury, zwłaszcza o dużej wilgotności. Z ogólnej liczby odpadów ulegających biodegradacji szacunkowo od 50 do 65% odpadów nadaje się bardziej do fermentacji niż do kompostowania. Ciekłe odpady organiczne (gnojowica, serwatka, oleje i tłuszcze) oraz osady (osady drożdży, osady z produkcji krochmalu i żelatyny) z reguły nie wymagają obróbki i mogą być wprowadzane bezpośrednio do komory. Odpady organiczne z przemysłu spożywczego i gastronomii wymagają minimalnej obróbki, która może obejmować m. in. usuwanie metali, szkła i piasku oraz ich homogenizację [10].

Niestety ograniczeniem tej metody jest przede wszystkim dostępność i konieczność pozyskiwania odpowiednio przygotowanych i wyselekcjonowanych materiałów do fermentacji oraz zaprojektowanie specjalnej armatury służącej do przyjmowania zewnętrznych odpadów.

## 2.2. MODYFIKACJE W SPOSOBIE PROWADZENIA FERMENTACJI METANOWEJ

Konstrukcja komory fermentacyjnej bądź modyfikacje w sposobie prowadzenia procesu fermentacji metanowej odgrywają istotną rolę i mogą mieć wpływ na wydajność procesu. Niezwykle ważny jest dobór odpowiedniego systemu mieszania do konkretnego kształtu komory fermentacyjnej. Prawidłowy dobór urządzeń mieszających wpływa na dobre uśrednienie zawartości mieszanej komory, unikając w ten sposób tworzenia „martwych” obszarów oraz zapobiega nadmiernemu pienieniu się osadów fermentujących.

Modyfikacje w stosunku do konwencjonalnej fermentacji prowadzonej w warunkach mezofilowych mogą obejmować zmianę warunków temperaturowych na termofilowe. Taka zmiana pozwala przede wszystkim na pełną higienizację osadów ściekowych i poprawę degradacji materii organicznej (i w konsekwencji poprawę podatności na odwadnianie) przy krótszym czasie retencji osadów w komorze. Z drugiej strony warunki termofilowe generują wyższe koszty eksploatacyjne związane z koniecznością podgrzewania osadów do 50–55 °C, zwłaszcza w okresach zimowych [13].

Znanych jest co najmniej kilka konfiguracji związanych z temperaturą prowadzenia procesu, takich jak: szeregowe połączenie komory termofilowej z mezofilową bądź mezofilowej z termofilową, przy czym najczęściej spotykane jest pierwsze rozwiązanie odznaczające się najwyższą efektywnością procesu. Układy dwustopniowe w porównaniu do jednostopniowych pozwalają na lepszą kontrolę parametrów procesu i występujących kultur bakterii. Buforują również lepiej zmiany obciążenia komory w pierwszym stopniu, utrzymując stabilność organizmów metanogennych w drugim stopniu oraz charakteryzują się większą niezawodnością w przypadku fermentowania innych odpadów, które mogą powodować niestabilność przebiegu procesu w układach jednostopniowych [1, 12].

## 2.3. WSTĘPNA OBRÓBKA OSADÓW

Interesującym rozwiązaniem mogącym oddziaływać na poprawę wydajności fermentacji metanowej jest dezintegracja zagęszczonych osadów ściekowych kierowanych do komór fermentacyjnych. Dezintegracja osadów polega na zniszczeniu struktury kłaczków osadów ściekowych, a następnie na rozerwaniu błony komórkowej i lizy komórek mikroorganizmów, w wyniku czego organiczne składniki wchodzące w skład komórki stają się łatwiej dostępne jako substrat dla żywej biomasy heterotro-

ficznej [2]. Potencjalnymi korzyściami wynikającymi z dezintegracji osadów kierowanych do fermentacji metanowej są: wyższa produkcja biogazu oraz wyższy ubytek materii organicznej z osadu stabilizowanego w porównaniu z układami klasycznymi (bez wstępnej obróbki osadów).

Z uwagi na różnice w strukturze osadu wstępnego i osadu nadmiernego wstępnej obróbce poddaje się wyłącznie strumień osadu nadmiernego, gdyż takie działanie generuje wyższy efekt wynikający ze wzrostu produkcji biogazu. Osad wstępny ma zgoła inną strukturę niż osad nadmierny, ponieważ powstaje w wyniku procesów mechanicznych, stanowiąc głównie zawiesinę łatwoopadającą, która dość szybko zagniwa i zawiera dużą ilość organizmów patogennych. Z kolei osad nadmierny, poddany na ogół zmiennym warunkom beztlenowo-tlenowym i intensywnym przemianom biologicznym w komorze osadu czynnego, pozbawiony jest łatwo dostępnego źródła węgla, toteż jest bardziej odporny na wszelkiego typu obróbkę. W tabeli 2 pokazano zestawienie potencjału produkcji biogazu z obu rodzajów osadów.

Tabela 2. Produkcja gazu fermentacyjnego z osadu wstępnego i osadu nadmiernego [7]

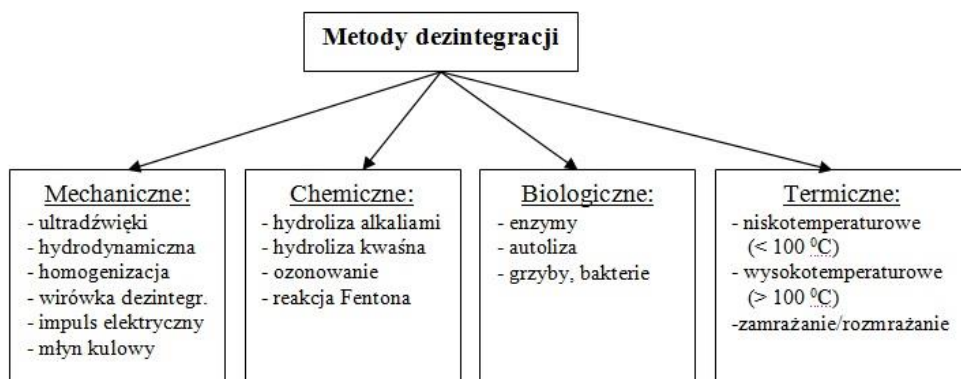
Produkcja gazu, dm <sup>3</sup> /kg s.m.o.		Referencje
Osad wstępny	Osad nadmierny	
612	380	<i>Sato</i> (2001)
362	281	<i>Speece</i> (1996)
375	275	<i>Rittmann</i> (2000)

Dezintegracja osadów ściekowych może być realizowana z wykorzystaniem różnych technik. W zależności od charakteru czynnika dezintegrującego metody można podzielić na cztery podstawowe grupy:

- metody mechaniczne,
- metody termiczne,
- metody chemiczne,
- metody biologiczne.

Do najbardziej obiecujących metod dezintegracji osadów należy zaliczyć metody mechaniczne, a wśród nich przede wszystkim metodę ultradźwiękową z uwagi na wzrastającą powszechność i dostępność tego rozwiązania oraz metody termiczne, zapewniające wysoką jakość końcowego produktu po mezofilnej fermentacji osadów ściekowych.

W celu zwiększenia skuteczności wymienionych technik stosuje się również łączenie metod, tworząc tzw. układy hybrydowe. Najbardziej znanymi kombinacjami są połączenie metody termicznej z mechaniczną oraz metody chemicznej z termiczną hydrolizą [11].



Rys. 2. Podział metod dezintegracji osadów ściekowych

### 3. WYBÓR METODY DEZINTEGRACJI OSADÓW

Rozwój badań nad zastosowaniem technik dezintegracyjnych osadów do intensyfikacji fermentacji metanowej sprawia, że wybór odpowiedniej metody nie jest sprawą oczywistą. Przede wszystkim za główne kryterium uchodzi spodziewany wzrost produkcji biogazu względem układów klasycznych (bez dezintegracji osadów). O ile większość przebadanych dotychczas metod gwarantuje wzrost ilości wyprodukowanego biogazu, to w dalszym ciągu nie ma zgodności, ile może wynieść maksymalny wzrost. Dodatkowo każda z dostępnych metod niesie potencjalne korzyści, ale również posiada pewne ograniczenia, które zestawiono w tabeli 3. W praktyce możliwości wdrożenia metody dezintegracji osadów ograniczają się do tych technik, które uzyskały już pozytywne referencje w pełnej skali technicznej. Są to przede wszystkim metody termiczne i mechaniczne, najczęściej działające w oparciu o proces kawitacji.

Tabela 3. Spodziewane zalety i wady poszczególnych metod dezintegracji osadów [4]

M. dezintegracji	Główne zalety	Główne wady
1	2	3
Enzymatyczna hydroliza z dodatkiem enzymów	<ul style="list-style-type: none"> <li>- łatwość zastosowania; wymagane jest tylko dawkowanie preparatów enzymatycznych,</li> <li>- poprawa odwadnialności osadu,</li> <li>- bardzo niskie koszty inwestycyjne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wysokie koszty eksploatacyjne preparatów enzymatycznych;</li> <li>- trudna do realizacji w skali laboratoryjnej, a w skali technicznej z uwagi na wysokie dawki preparatów;</li> <li>- dokładny skład produktów enzymatycznych jest zazwyczaj poufny;</li> <li>- optymalne warunki w skali technicznej nie zostały jeszcze przebadane</li> </ul>

1	2	3
Mechaniczna dezintegracja (inna niż ultradźwiękowa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stosowana w skali technicznej,</li> <li>- krótki czas kontaktu,</li> <li>- przy wysokim stopniu dezintegracji poprawa odwadnialności osadu,</li> <li>- w pewnym stopniu kontrola pienienia w WKF,</li> <li>- obniżenie lepkości osadu (łatwiejsze mieszanie i pompowanie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zużycie i pogarszanie się urządzeń,</li> <li>- większe zapotrzebowanie polimerów do kondycjonowania/odwadniania osadów,</li> <li>- w niektórych systemach problemy z zatykaniem się przewodów, spowodowane cząstkami włóknistymi,</li> <li>- niskie usunięcie patogenów</li> </ul>
Dezintegracja ultradźwiękowa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stosowana w skali technicznej,</li> <li>- kompaktowy układ,</li> <li>- krótki czas kontaktu,</li> <li>- kontrola pienienia w WKF,</li> <li>- brak powstawania odorów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erozja sonotrod,</li> <li>- okresowa wymiana sonotrod,</li> <li>- wysoki pobór energii,</li> <li>- pogorszenie odwadnialności osadu (przy wysokiej energii)</li> </ul>
Termohydrolyza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stosowana w skali technicznej,</li> <li>- poprawa odwadnialności osadu,</li> <li>- inaktywacja patogenów,</li> <li>- efekt synergiczny produkcji biogazu w warunkach mezo-i termofilnych,</li> <li>- przy wysokiej temperaturze zmniejszenie lepkości osadu (łatwiejsze mieszanie i pompowanie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- problemy z korozją,</li> <li>- powstawanie odorów,</li> <li>- wysoki ładunek zawieszin w odcieku,</li> <li>- niezbędne wysokie stężenie suchej masy osadu dla opłacalności procesu</li> </ul>
Dezintegracja mikrofalami	<ul style="list-style-type: none"> <li>- szybkość obróbki,</li> <li>- niskie straty ciepłe,</li> <li>- inaktywacja patogenów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- limitująca w skali laboratoryjnej,</li> <li>- proces jeszcze nie w pełni zbadany</li> </ul>
Chemiczna (termochemiczna) hydrolyza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stosowana w skali technicznej,</li> <li>- poprawa odwadnialności osadu,</li> <li>- inaktywacja patogenów,</li> <li>- efekt synergiczny produkcji biogazu w warunkach mezo- i termofilnych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- problemy z korozją,</li> <li>- potrzeba neutralizacji pH przed stabilizacją beztlenową (nie zawsze),</li> <li>- powstawanie odorów,</li> <li>- wysokie koszty eksploatacyjne,</li> <li>- wysoki ładunek zawieszin w odcieku,</li> <li>- niezbędne wysokie stężenie suchej masy osadu dla opłacalności procesu</li> </ul>
Ozonowanie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stosowane w skali technicznej,</li> <li>- istotne zmniejszenie produkcji osadu,</li> <li>- znaczny wzrost produkcji metanu podczas fermentacji metanowej,</li> <li>- zmniejszenie lepkości osadu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wysokie koszty inwestycyjne urządzeń,</li> <li>- wysokie koszty eksploatacyjne przy produkcji ozonu,</li> <li>- powstawanie piany,</li> <li>- wzrost stężenia azotu i fosforu w strumieniu powrotnym po odwadnianiu</li> </ul>
Utlenianie mocnymi utleniaczami (innymi niż ozon)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- częściowa inaktywacja patogenów,</li> <li>- poprawa odwadnialności osadu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zapotrzebowanie na ciepło dla poprawy wydajności procesu,</li> <li>- zagrożenie bezpieczeństwa (przy użyciu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> i niskim pH),</li> <li>- potrzeba neutralizacji po obniżeniu pH</li> </ul>
Impulsy elektryczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>- układ kompaktowy,</li> <li>- krótki czas kontaktu,</li> <li>- brak powstawania odorów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erozja elektrod,</li> <li>- wysoki pobór energii,</li> <li>- proces jeszcze nie do końca zbadany</li> </ul>

## 4. OCENA EKONOMICZNA WDROŻENIA DEZINTEGRACJI OSADÓW

Ocenę ekonomiczną wdrożenia ultradźwiękowej dezintegracji osadów w oczyszczalni ścieków przeprowadzono na podstawie kalkulacji opartej o dane zebrane na podstawie doświadczeń i wiedzy inżynierskiej w zakresie technologii ścieków. Podstawowe dane i wskaźniki wyjściowe służące do oceny ekonomicznej przedstawiono w tabeli 4. Przyjęta ilość osadu nadmiernego (docelowo wraz z osadem wstępnym) odpowiadała rzeczywistej komorze fermentacyjnej o pojemności ok. 2000 m<sup>3</sup>. Po dezintegracji osadu nadmiernego przyjęto poprawę ubytku materii organicznej o 10%, a jednostkowe zapotrzebowanie na energię do procesu dezintegracji ustalono na poziomie 0,20 kWh/kg s.m. osadu.

Tabela 4. Przyjęte parametry i kalkulacja efektów pracy instalacji do ultradźwiękowej dezintegracji osadu

Lp.	Parametr lub wskaźnik jednostkowy	Jednostka	Wartość
1	Ilość osadu nadmiernego do WKF	m <sup>3</sup> /d	50
2	Stopień zagęszczenia osadu do WKF	%	5,0
3	Ładunek s.m. osadu do WKF	kg/d	2500
4	% strumienia dezintegrowanego osadu nadmiernego do WKF	%	50
5	Udział s.m.o. w osadzie do WKF	% s.m.	70
6	Ładunek s.m.o. osadu do WKF	kg/d	1750
7	Stopień przefermentowania bez dezintegracji	%	38
8	Ładunek s.m.o. usuniętej w WKF bez dezintegracji	kg/d	665
9	Stopień przefermentowania po dezintegracji	%	48
10	Ładunek s.m.o. usuniętej po dezintegracji	kg/d	840
11	Jednostkowa produkcja biogazu	m <sup>3</sup> /kg s.m.o. <sub>us.</sub>	0,6
12	Produkcja biogazu bez dezintegracji	m <sup>3</sup> /d	399
13	Produkcja biogazu po dezintegracji	m <sup>3</sup> /d	504
14	Wzrost produkcji biogazu po dezintegracji	m <sup>3</sup> /d	105
15		%	26,3
16	Energia z 1 m <sup>3</sup> biogazu	kWh/m <sup>3</sup>	6,0
17	Przyrost energii brutto zawartej w biogazie	kWh/d	630
18	Sprawność urządzeń energetycznych (agregatów kogeneracyjnych)	%	0,85
19	Przyrost energii netto zawartej w biogazie	kWh/d	536
20	Jednostkowa energia el. na dezintegrację	kWh/kg s.m.	0,2
21	Dobowa energia el. na dezintegrację	kWh/d	250
22	Dobowy zysk energii	kWh/d	286



Na podstawie niniejszego szacunku uzyskano dobowy zysk energii z tytułu dodatkowej produkcji biogazu uzyskanego po wdrożeniu dezintegracji osadów w ilości ok. 280 kWh/d, co przy cenie jednostkowej kilowatogodziny na poziomie 0,70 zł, oznacza zysk o blisko 200 zł/d. Oczywiście powyższa analiza nie obejmuje szeregu innych czynników partycypujących w ogólnych kosztach związanych z pracą instalacji do dezintegracji osadów takich jak: poprawa odwadnialności osadów po stabilizacji beztlenowej (w tym transport ustabilizowanych osadów ściekowych), poprawa właściwości reologicznych osadu, ładunek powrotny uwolnionych związków biogenych po dezintegracji, a także koszty związane z eksploatacją samej instalacji do dezintegracji (sonifikacji) osadów. Na tle przeprowadzonej kalkulacji wdrożenia ultradźwiękowej dezintegracji osadów dla kontrastu pokazano wyniki uzyskane dla innych oczyszczalni ścieków (Darmstadt, Freising, Bamberg w Niemczech, Welsberg Monguelfo we Włoszech i Ulu Pandan w Singapurze) wraz parametrami określającymi charakterystyczne wielkości. Analizując informacje zawarte w tabeli 5 można stwierdzić, że wykonana kalkulacja nie odbiega od innych rezultatów uzyskanych w pełnej skali technicznej, co potwierdza słuszność przyjętych założeń i podejścia do problemu. Na uwagę zasługuje również, w niektórych oczyszczalniach, bardzo niska energia wejściowa do procesu dezintegracji osadów wynosząca nawet poniżej 0,10 kWh/kg s.m.

Tabela 5. Parametry eksploatacyjne i osiągnięte efekty pracy instalacji do ultradźwiękowej dezintegracji osadów w 5 wybranych oczyszczalniach ścieków [5]

Parametr	Jedn.	Darmstadt/ Eberstadt	Welsberg Monguelfo	Freising	Bamberg	Ulu Pan- dan
Wielkość oczyszczalni	RLM	35000	30000	65000	330000	~ 700000
Liczba sond	-	5	4	15	10	5
Moc urządzeń dezint.	kW	6	4	-	10	30
Czas sonifikacji	min.	120	300	-	1,12	0,025
% strumienia dezintegrowanego osadu	%	30–40	50–60	30–40	30→80	100
Strumień osadu dezintegrowanego	m <sup>3</sup> /h	18	7	12	75	200
Sucha masa osadu	g/dm <sup>3</sup>	55	55	50-60	58	16,3
Udział s.m.o.	% s.m.	73	80	71	78	74
Wejściowa energia sonifikacji	kWh/kg s.m.	0,30	0,35	0,11	0,05	0,09
Dzienna wejściowa energia sonifikacji	kWh/d	295	139	72	194	288
Przyrost produkcji biogazu, dm <sup>3</sup> /g s.m.o.	%	24	28	11	-	45
Wzrost ubytku s.m.o.	%	14	12	5	32	30
Dzienny zysk energii	kWh/d	381	281	190	2815	627
Ogólny bilans energii	kWh/d	84	142	118	2621	339

## 5. PODSUMOWANIE

Współczesne trendy w technologii oczyszczania ścieków i przetwarzania osadów ściekowych skupiają się przede wszystkim na redukcji energochłonnych kosztów eksploatacyjnych zmierzających ku samowystarczalności energetycznej oczyszczalni ścieków. Jednym z takich działań może być dezintegracja osadu nadmiernego przed procesem stabilizacji beztlenowej. Jak pokazano w pracy pozostałe metody intensyfikacji produkcji biogazu nie zawsze są możliwe do wdrożenia, dlatego biorąc pod uwagę możliwe oszczędności, wstępna obróbka osadów może stanowić nie tylko dobrą praktykę, ale również konieczność w świetle zmian polityki energetycznej kraju. Przeprowadzona analiza, w oparciu o realistyczne założenia, pokazuje słuszność takiego rozwiązania. Dodatkowym argumentem w dyskusji nad stosowaniem procesu dezintegracji osadów może być rygorystyczne prawo, które zakazuje składowania osadów nieustabilizowanych lub słabo ustabilizowanych. Dezintegracja osadu nadmiernego może również stanowić rozwiązanie problemu zagospodarowania osadów w oczyszczalniach, w których z uwagi na uproszczony układ (bez sedimentacji wstępnej) nie rozważano do tej pory poprawy bilansu energetycznego poprzez budowę zamkniętej komory fermentacyjnej wraz z odzyskiem biogazu.

## LITERATURA

- [1] APPELS L., BAEYENS J., DEGREVE J., DEWIL R., *Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge*, Progress in Energy and Combustion Science, 2008, Vol. 34, 755-781.
- [2] CARRERE H., DUMAS C., BATTIMELLI A., BATSTONE D.J., DELGENES J.P., STEYER J.P., FERRER I., *Pretreatment methods to improve sludge anaerobic degradability: A review*, Journal of Hazardous Materials, 2010, Vol. 183, 1-15.
- [3] ESPOSITO G., FRUNZO L., GIORDANO A., LIOTTA F., PANICO A., PIROZZI F., *Anaerobic co-digestion of organic wastes*, Reviews Environmental Science and Biotechnology, 2012, Vol. 11, 325-341.
- [4] FOLADORI P., ANDREOTTOLA G., ZIGLIO G., *Sludge Reduction Technologies in Wastewater Treatments Plants*, IWA Publishing, London 2010.
- [5] GIANICO A., GALLIPOLI A., BRAGUGLIA C.M., MININNI G., *State of the art and perspectives of ultrasound application for sewage sludge processing*. 11th IWA Specialized Conference on Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants 4-8 September 2011, Budapest.
- [6] GUPTA P., SINGH R.S., SACHAN A., VIDYARTHI A.S., GUPTA A., *A re-appraisal on intensification of biogas production*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, Vol. 16, 4908-4916.
- [7] HANJIE Z., *Sludge treatment to increase biogas production*. Trita-LWR Degree Project 10-20, Stockholm 2010.
- [8] KHALID A., ARSHAD M., ANJUM M., MAHMOOD T., DAWSON L., *The anaerobic digestion of solid organic waste*, Waste Management, 2011, Vol. 31, 1737-1744.

- [9] MINISTERSTWO ŚRODOWISKA, *Strategia rozwoju energetyki odnawialnej*, Warszawa, wrzesień 2000.
- [10] MIODOŃSKI S., ISKRA K., *Mezofilna fermentacja mieszaniny komunalnych osadów ściekowych z wybranymi odpadami przemysłowymi – etap I*, Raport z badań statutowych, Instytut Ochrony Środowiska – PIB Oddział we Wrocławiu 2008.
- [11] PODEWORNA J., UMIEJEWSKA K., *Technologia osadów ściekowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
- [12] SIEGER R., BRADY P., DONOVAN J., SHEA T. and team, *High Performance Anaerobic Digestion*, Bioenergy Subcommittee, Working Document 2004.
- [13] TCHOBANOGLIOUS G., BURTON F.L., STENSEL H.D., *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. Metcalf & Eddy Inc., 3<sup>rd</sup> Edition, 2003 McGraw-Hill, New York.
- [14] *Ustawa Prawo Energetyczne* z dnia 10 kwietnia 1997 r. z późn. zmianami (Dz. U. z 2012 r., poz. 1059 oraz z 2013 r. poz. 984 i poz. 1238).

#### DISINTEGRATION OF WASTE ACTIVATED SLUDGE – A GOOD PRACTICE OR NECESSITY?

The continual development of urban agglomerations coupled with greater attention for the environment makes the problem of disposal of sewage sludge one of the important for users of municipal wastewater treatment plants (WWTPs). In consideration of large scale of the problem there are a few gaining appreciation methods of the intensifying biological sludge stabilization processes. The basic benefit of these techniques is higher biogas production which is a valuable fuel from unconventional sources. One of the interesting solutions, in addition to co-digestion and modifications in the way of the methane fermentation, is the disintegration process of excess sludge that is being directed into digesters. In this paper was presented the basic advantages and limitations of the methods used to intensify of the anaerobic digestion and made characteristics of the sludge disintegration process with distinguishing attention to the specifics of techniques of disintegration. Based on the operating experiences has been made calculation of the implementation of installation to ultrasonic disintegration of waste activated sludge in the medium-sized wastewater treatment plants. The economic assessment of implementation has been shown potential benefits as surplus produced of energy by more than 280 kWh/d.