

WPŁYW CZASU NADŹWIĘKAWIANIA NA GENERACJĘ LKT I MASĘ OSADU W PROCESIE FERMENTACJI OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Grażyna Kuzmider¹, Paulina Kudela¹

¹ Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, e-mail: gkuzmider@ath.bielsko.pl

STRESZCZENIE

Stosowanie pola ultradźwiękowego o mocy 300 W oraz częstotliwości 25 kHz, wywołuje zmiany w strukturze osadu oraz zawartości lotnych kwasów tłuszczowych, generowanych podczas fermentacji beztlenowej osadów ściekowych. Zmiany te zależne są od stosowanego czasu nadźwiękowania. Za najbardziej korzystny przyjęto czas 15 minutowy. Zaobserwowano różnice w stężeniach generowanych LKT, mimo iż nadźwiękowaniu poddawano jedynie 1/5 objętości osadu. Pozwoliło to na średni 15% wzrost zawartości LKT w stosunku do osadu niesonifikowanego. Jednocześnie na pogłębienie rozkładu materii organicznej zawartej w osadzie, skuteczniejszą jego stabilizację oraz redukcję masy, na którą dodatkowy wpływ wywierał towarzyszący nadźwiękowaniu proces dezintegracji osadu.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, lotne kwasy tłuszczowe (LKT), czas nadźwiękowania, fermentacja.

IMPACT OF SONIFICATION TIME ON VFA GENERATION AND CHANGES OF TOTAL SOLIDS DURING SEWAGE SLUDGE ANAEROBIC DIGESTION PROCESS

ABSTRACT

Application of ultrasonic fields with a power of 300 W and the frequency 25 kHz, causes changes in the sewage sludge and in content of volatile fatty acids produced during the sludge anaerobic digestion. These changes depend on the applicable sonification time. The most favourable time was assumed to be 15 minutes. The differences have been observed at concentrations of volatile fatty acids generated, although 1/5 of the sludge volume was sonificated. This resulted in an average 15% increase in VFA content compared to non-sonificated sludge. At the same time, a higher degree of sludge organic matter decomposition was obtained, which had a positive effect on the sludge stabilization. The sludge disintegration via sludge sonification caused also a higher reduction in sludge weight (total solids).

Keywords: sewage sludge, volatile fatty acids (VFA), sonification time, digestion.

WSTĘP

Zaostrzenie przepisów z zakresu gospodarki osadowej (zakaz składowania osadów na wysypiskach odpadów komunalnych) oraz fakt, że procesy przeróbki osadów ściekowych pochłaniają około 70% kosztów oczyszczania ścieków, spowodowały wzrost zainteresowania metodami podnoszącymi efektywność przebiegu procesów, którym osady są poddawane. Jednym z ważniejszych procesów biochemicznych jest stabilizacja osadów, realizowana poprzez beztlenową fermentację. Poprawę efektywności przebiegu fer-

mentacji można uzyskać między innymi poprzez nadźwiękowanie osadu. Fale ultradźwiękowe powodują zwiększenie stopnia dyspersji oraz dezintegrację komórek bakteryjnych osadu. Wraz ze zniszczeniem ścian komórkowych bakterii następuje uwolnienie substancji organicznych do osadu, gdzie ulegają biochemicznemu rozkładowi. Dostarczona w ten sposób materia organiczna przyspiesza szybkość hydrolizy [Wolny, 2005] oraz intensyfikuje i skraca cały proces [Zawieja, 2009, 2010]. Biodegradowalność substancji organicznych w ściekach i osadach wzrasta wraz ze wzrostem stężenia tych związków w postaci roz-

puszczonej [Kwarciak-Kozłowska 2007]. Ma to równocześnie wpływ na wzrost ilości powstającego biogazu [Brodawski, 2007], traktowanego jako alternatywne źródło energii. Wykonano badania laboratoryjne wpływu czasu nadźwiękawiania na generację lotnych kwasów tłuszczowych (LKT) w osadzie podczas fermentacji beztlenowej. LKT powstające w fazie acidogennej oraz ich stężenie wpływa zasadniczo na metanogenezę i ilość oraz jakość powstającego biogazu.

METODA BADAŃ

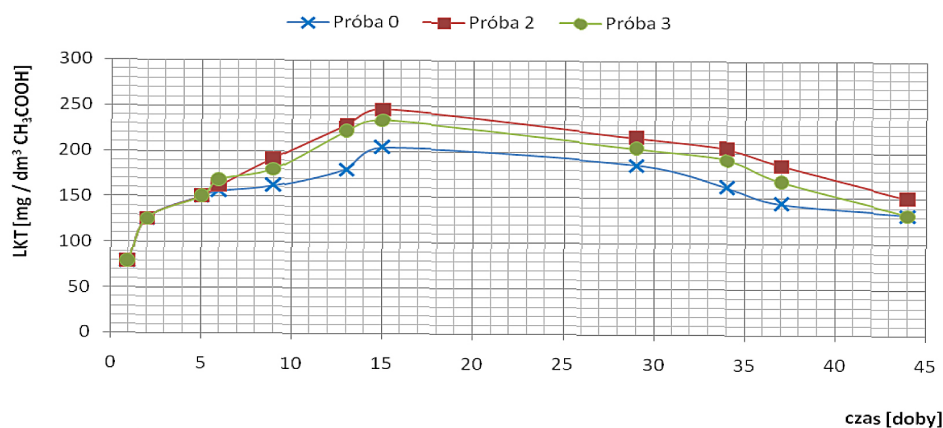
Materiałem badawczym był osad nadmierny pochodzący z osadnika wtórnego miejskiej oczyszczalni ścieków komunalnych. Badania przeprowadzono w dwóch seriach pomiarowych. Czas trwania każdej serii to 44 dni. Osad po stabilizacji do warunków laboratoryjnych podzielono na 5 litrowe próby, które podlegały fermentacji w zbiornikach. Wydzielono trzy próby w serii 1 i cztery w serii 2. Jedną z prób (na wykresach oznaczoną jako próba 0) pozostawiono bez nadźwiękawiania, wykonywano w niej tylko oznaczenia kontrolne. W serii 1 zastosowano 15 i 30 minutowy czas nadźwiękawiania (odpowiednio próba 2 i 3) a w serii 2 wprowadzono dodatkowo czas 5 minutowy (próba 1). Nadźwiękawianiu poddawano nie całą 5 litrową próbę lecz 1 litr odmierzany ze zbiornika z fermentującym osadem, po uprzednim wymieszaniu całej zawartości zbiornika i pobraniu około 150 cm³ osadu do odwirowania. W cieczy nadosadowej po odwirowaniu wykonywano oznaczenia kontrolne, takie jak: lotne kwasy tłuszczowe, zasadowość, ChZT, pH, temperatura, przewodnictwo, potencjał redox, tlen rozpuszczony, azot amonowy. Dodatkowo dla osadu surowego i po fermentacji oznaczono suchą masę. Po sonifikacji osad ponownie

wprowadzano do zbiorników, mieszano zawartość i pozostawiano do fermentacji. Nadźwiękawianie o częstotliwości 25 kHz powtarzano co 3-4 dni, za pomocą łaźni ultradźwiękowej InterSonic IS-2 o mocy 300 wat. Sumę lotnych kwasów tłuszczowych oznaczono metodą destylacji z parą wodną (PN- 75/C-04616/04) a pozostałe wskaźniki zgodnie z obowiązującymi normami.

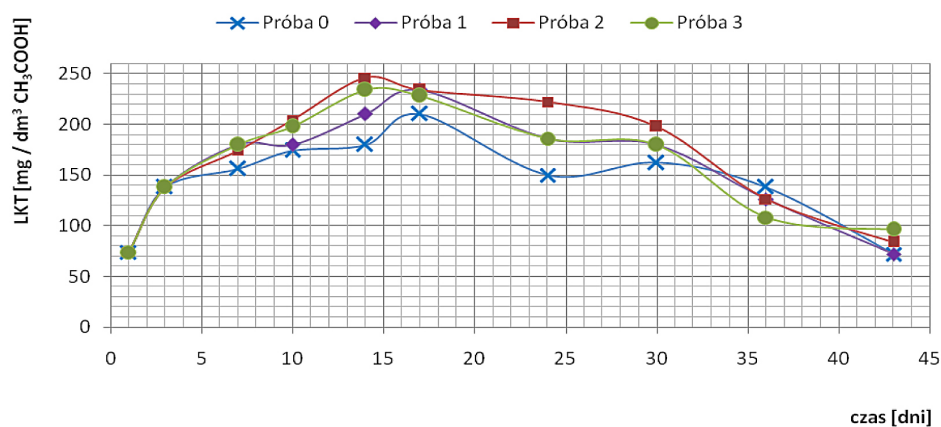
WYNIKI BADAŃ

Dla obydwu serii początkowe stężenie LKT (wyrażone zawartością kwasu octowego) osiągnęło zbliżone wartości: dla serii 1 wyniosło 78 a dla drugiej 74 mg CH₃COOH/dm³. Po trzech dobach fermentacji nastąpił dwukrotny wzrost stężenia LKT we wszystkich próbach. Maksymalną produkcję LKT uzyskano po 15 dobach dla serii 1 i 14 dobach dla serii 2. Próba nadźwiękawiana przez okres 15 minut charakteryzowała się najwyższym stężeniem LKT równym 246 mg CH₃COOH/dm³. W odniesieniu do LKT w osadzie surowym zawartość LKT wzrosła: w serii 1 dla próby nienadźwiękawianej ok. 2,6-krotnie, dla nadźwiękawianej 15 minut 3,15, dla nadźwiękawianej 30 minut 3 razy. Podobne wartości uzyskano dla serii 2. Wzrost stężenia LKT był 2,8-krotny dla osadu nienadźwiękawianego, 3,3-krotny wzrost dla osadu nadźwiękawianego przez 15 minut oraz 3,2-krotny wzrost zarówno dla osadu nadźwiękawianego przez 30 i 5 minut. Zmiany stężeń LKT w czasie obrazują rysunki 1 i 2.

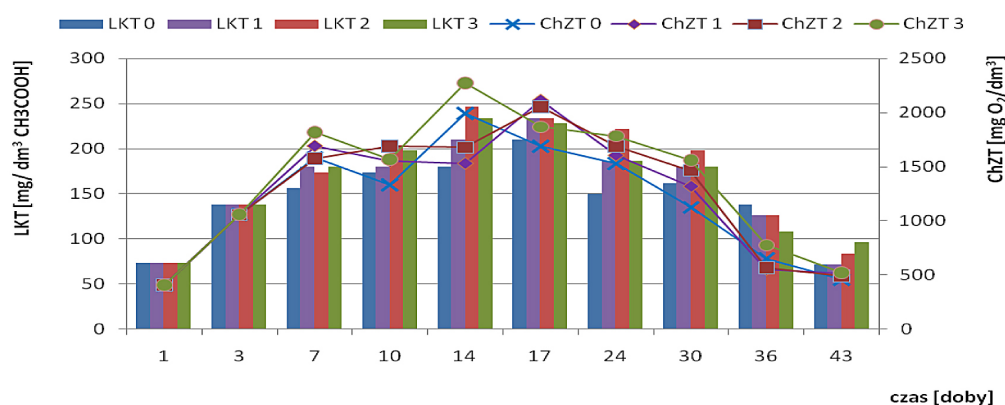
W obydwu seriach uwidocznił się związek pomiędzy zmianami w stężeniach LKT a wartościami ChZT (odzwierciedlającego ilość materii organicznej uwalnianej do cieczy nadosadowej). Maksymalnej generacji LKT towarzyszyły maksymalne wzrosty ChZT (rys. 3).



Rys. 1. Zmiany stężenia LKT od czasu trwania fermentacji – seria 1



Rys. 2. Zmiany stężenia LKT od czasu trwania fermentacji – seria 2



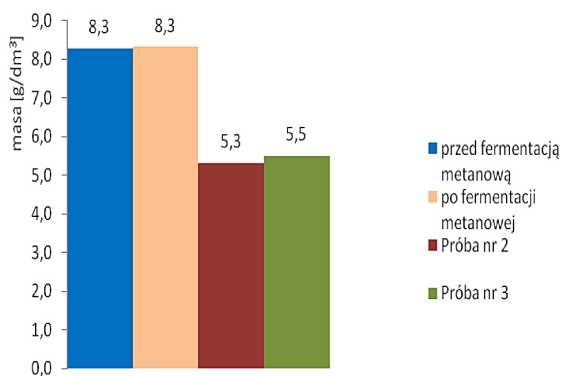
Rys. 3. Zależność stężenia LKT oraz ChZT od czasu fermentacji – seria 2

Najwyższy, bo około 6-krotny wzrost ChZT w (porównaniu z ChZT osadu surowego) uzyskano dla 30 minutowego czasu sonifikacji; dla czasu 15 minut, uznanego za najkorzystniejszy dla generacji LKT, otrzymano 5,4-krotny wzrost zawartości ChZT a dla osadu nadźwiękawianego przez 5 minut wzrost ten osiągnął krotność 5,2. W próbie zerowej obliczono najmniejszy wzrost ChZT (4,9-krotny), co potwierdza założenie, że zawartość substancji organicznej w cieczy nadosadowej wzrasta z wydłużeniem czasu sonifikacji osadu.

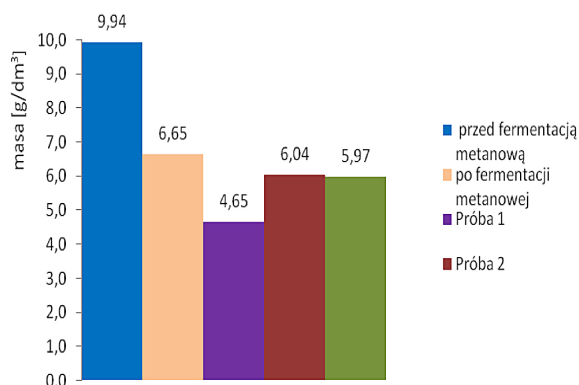
W serii 1 po 44 dobach fermentacji masa osadu nienadźwiękawianego (wyrażona jako sucha masa osadu – s.m.o.) nie zmieniła się w stosunku do wartości początkowej i wynosiła 8,3 g s.m.o./dm³. Największy (36%) ubytek masy osadu w porównaniu z wartością początkową, zaobserwowano w osadzie nadźwiękawianym przez 15 minut. W próbie nadźwiękawianej 30 minut redukcja masy osadu wynosiła 34%. Wartość początkowa suchej masy osadu dla próby surowej w serii drugiej była nieznacznie wyższa niż w serii 1 i równa 9,94 mg s.m.o./dm³. Po procesie stabilizacji beztlenowej znaczną redukcję masy

osadu (33%) otrzymano także w próbie nienadźwiękawianej. Dla prób nadźwiękawianych przez 15 i 30 minut ubytek masy był podobny i wynosił około 39%, natomiast największy, bo 53% ubytek uzyskano dla próby nadźwiękawianej przez 5 minut. Graficzne zestawienie wartości suchej masy dla obu serii zaprezentowano na rysunkach 4 i 5.

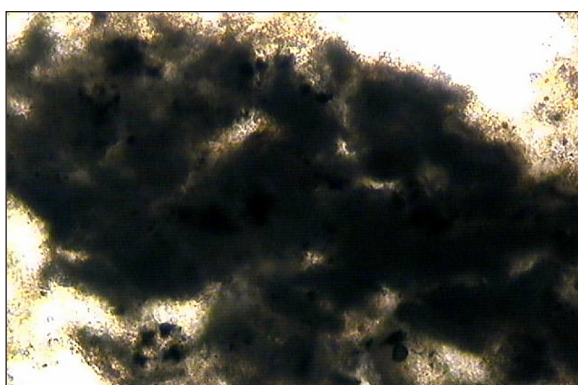
Gonze i inni [2003] odkryli, że po czasie sięgającym ponad 10 minut nadźwiękawiania wielkość cząstek stopniowo wzrastała wraz ze wzrostem czasu stosowania ultradźwięków. Wydłużając nadźwiękawiania do 10 min przy 78 kJ/dm³, 20 min – 156 kJ/dm³ i 60 minut – 786 kJ/dm³ uzyskano stopniowy wzrost wielkości cząsteczek odpowiednio do 19,5; 20,6 i 30,9 μm. Wzrost wielkości cząsteczek przy wyższych czasach sonifikacji jest wynikiem ponownej flokulacji [El-Hadj i in. 2007; Jorand i in. 1995]. Początkowo kłaczkki są rozdrabniane, ale wraz z wydłużeniem czasu nadźwiękawiania uwalniane są wewnątrzkomórkowe polimery, które biorą udział przy ponownej flokulacji kłaczek osadów ściekowych. Wzrost uwalnianych bio-



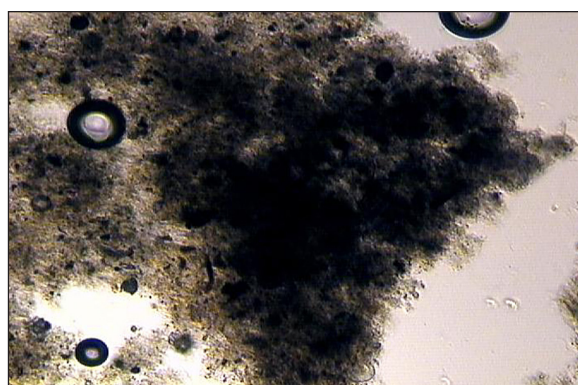
Rys. 4. Sucha masa osadu przed i po procesie fermentacji – seria 1



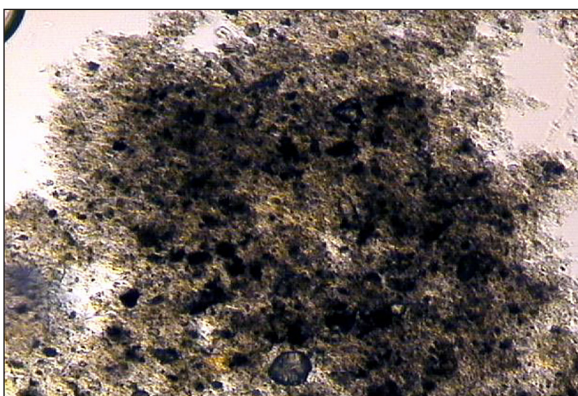
Rys. 5. Sucha masa osadu przed i po procesie fermentacji – seria 2



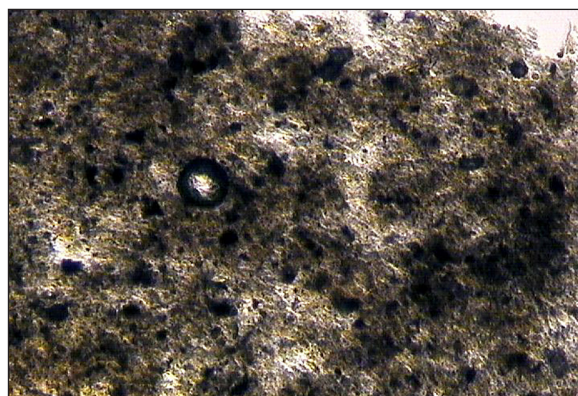
Fot. 1. Osad po fermentacji nienadźwiękowany (×10)



Fot. 3. Osad po fermentacji, czas sonifikacji 15 minut (×10)



Fot. 2. Osad po fermentacji, czas sonifikacji 5 minut (×10)



Fot. 4. Osad po fermentacji, czas sonifikacji 30 minut (×10)

polimerów o właściwościach „kleistych” przyczynia się do powstawania biokluczków, a te z kolei tworzą grupy funkcyjne, takie jak grupy hydroksylowe i ujemnie naładowane grupy karboksylowe [Zhang i in. 2007].

Działanie ultradźwięków wpłynęło na dezintegrację komórek mikroorganizmów osadu czynnego a efekty dezintegracji uwidocznione są na wybranych zdjęciach mikroskopowych (fot. 1–4).

LITERATURA

1. Brodawski M., 2007. Dezintegracja ultradźwiękowa osadów. *Ekologia* nr 3.
2. El-Hadj T.B., Dosta J., Marquez-Serrano R., Mata-Alvarez J., 2007. Effect of ultrasound pretreatment in mesophilic anaerobic digestion with emphasis on naphthalene and pyrene removal. *Water Res.*, 41.
3. Gonze E., Pillot S., Valette E., Gonthier Y., Bernis A., 2003. Ultrasonic treatment of an aerobic acti-

- vated sludge in a batch reactor. *Chemical Engineering and Processing* 42.
4. Jorand F., Zartarian F., Thomas F., Block J.C., Bottero J.Y., Villemin G., Urbain V., Manem J., 1995. Chemical and structural(2D) linkage between bacteria within activated sludge flocs. *Water Res.*, 29.
 5. KwarciaK – Kozłowska A., 2007. Proces oczyszczania odcieków ze składowisk komunalnych w beztlenowym procesie membranowym wspomagany polem ultradźwiękowym. Praca doktorska, Wyd. Polit. Częstochowska.
 6. Wolny L., 2005. Ultradźwiękowe wspomaganie procesu przygotowania osadów ściekowych do odwadniania. Monografie nr 104, Wyd. Polit. Częstochowskiej.
 7. Zawieja I., Bień J., Worwąg M., 2010. Pozyskiwanie lotnych kwasów tłuszczowych w procesie stabilizacji beztlenowej osadów pochodzących z przemysłu spożywczego. *Proceedings of ECOpole*, Vol. 4, No. 2.
 8. Zawieja I., Wolny L., Wolny P., 2009. Wpływ procesu hydrolizy ultradźwiękowej na generowanie lotnych kwasów tłuszczowych w procesie kwaśnej fermentacji osadów nadmiernych. *Inżynieria i Ochrona Środowiska* t. 12, nr 3.
 9. Zhang P., Zhang G, Wang W., 2007. Ultrasonic treatment of biological sludge: floc disintegration, cell lysis and inactivation. *Bioresour. Technol.*, 98.