



## **Wpływ dezintegracji i fermentacji na podatność osadów ściekowych do odwadniania**

*Paweł Wolski, Lidia Wolny*  
*Politechnika Częstochowska*

### **1. Wprowadzenie**

Końcowe zagospodarowanie osadów ściekowych wpływa na stan środowiska naturalnego i związane jest ze świadomością ekologiczną społeczeństwa, rozwojem technologii, a przede wszystkim kryteriami ekonomicznymi. Spośród kilku metod końcowego zagospodarowania odpadów w Polsce dominującym sposobem jest ich składowanie (wg GUS w 2008 r. na składowiskach zdeponowano 86,7% odpadów komunalnych). Metoda ta jest jednym z najgorszych rozwiązań w gospodarce odpadami, co związane jest z niewykorzystaniem cennych pod względem energetycznym i nawozowym surowców znajdujących się w odpadach. W Polsce zgodnie z Dyrektywą UE od 2013 roku nie będzie można składować osadów ściekowych na składowisku. Wymusza to poszukiwania bardziej efektywnych metod ich końcowego zagospodarowania, nie traktując osadów ściekowych jako typowego odpadu. Spalanie, współspalanie, kompostowanie, czy też rolnicze ich wykorzystanie stanie się w najbliższym czasie alternatywą dla powszechnej obecnie metody jaką jest składowanie [6].

Mając na uwadze zwiększenie udziału procesu spalania (współspalania) w końcowym zagospodarowaniu odpadów, w tym również osadów ściekowych poszukuje się metod, które zintensyfikują proces ich końcowego odwadniania. Wysoki stopień uwodnienia osadów oznacza, że zajmują one dużą objętość. W celu utrzymania efektywnego i ekonomicznego działania oczyszczalni objętość powstających osadów należy zmniejszyć w procesach zagęszczania i odwadniania. Przeróbka osadów ściekowych w oczyszczalniach jest związana z usuwaniem zawartej w nich wody, dzięki czemu uzyskuje się zmniejszenie objętości osadów. Procesem, wywierającym wpływ na zmianę struktury i właściwości osadów oraz pozwalającym na bardziej skuteczne usuwanie zawartej w osadach wody jest kondycjonowanie [1, 2, 4].

Zmiana postaci osadów to zmiana ich struktury, pozwalająca zwiększyć podatność na ich odwadnianie. Dezintegracja ultradźwiękowa to jedna z metod kondycjonowania mająca istotny wpływ na dyspersję struktury osadów ściekowych, a tym samym wpływająca na intensyfikację procesu fermentacji metanowej [8, 9].

Ingerencja w przebieg procesu fermentacji metanowej poprzez modyfikację osadów przed procesem stabilizacji wpływa na ich końcową podatność na odwadnianie. Stabilizacja wstępnie wspomagana kondycjonowaniem zmienia skład fizykochemiczny osadów poprzez rozluźnienie wiązań istniejących między cząsteczkami wody i osadów. Wpływa to bezpośrednio na zdolność osadów do odwadniania [7].

Wysoki stopień uwodnienia osadów zwiększa koszty końcowego ich zagospodarowania. Zagęszczanie i końcowe odwadnianie to procesy, dzięki którym po wstępnym kondycjonowaniu skutecznie usuwany jest nadmiar wody zawarty w osadach. Poszukiwanie metod i sposobów poprawiających efektywność tych procesów wiąże się z dużymi kosztami, jak również różnymi rozwiązaniami technologicznymi.

Dotychczas przeprowadzone badania wykazały, że wstępne termiczne kondycjonowanie osadów nadmiernych poddanych procesowi fermentacji metanowej wpływa pozytywnie na wzrost wartości ChZT oraz LKT w cieczy nadosadowej, jak również na parametry charakteryzujące stopień ich odwadniania [3, 5].

Celem prowadzonych badań było określenie wpływu czasu działania pola UD, amplitudy pola ultradźwiękowego oraz stopnia prefermentowania na efektywność odwadniania wyrażoną za pomocą CSK

i stopnia zagęszczania. Badania miały charakter rozpoznawczy, którego rezultaty mogą prowadzić do dalszych badań w tym temacie.

## **2. Część doświadczalna**

### **2.1. Substrat badań**

Podstawowym substratem badań był nadmierny osad czynny pochodzący z Centralnej Oczyszczalni Ścieków P.S.W. WARTA w Częstochowie, do którego dodawano 10% osadu przefermentowanego, pełniącego rolę zaszczezu. Osad nadmierny pobrano przed zagęszczaczem, natomiast osad przefermentowany pobrano z rurociągu za komorami stabilizacji beztlenowej (WKF<sub>2</sub>).

### **2.2. Metodyka badań**

Badania podzielono na dwa etapy. W pierwszym etapie badane osady poddano działaniu pola ultradźwiękowego (UD). Do nadźwiękowania prób zastosowano procesor ultradźwiękowy VCX 1500 o mocy 1500 W, częstotliwości 20 kHz i długości fali 39,42,  $\mu\text{m}$  (co odpowiadało amplitudzie równej 100%). Badania prowadzono wykorzystując pięć amplitud (20, 40, 60, 80, 100%) i czas nadźwiękowania do 10 minut (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 9; 10 min). Zarówno przed, jak i po procesie sonifikacji, oznaczano czas ssania kapilarnego (CSK) i stopień zagęszczania badanych próbek.

W drugim etapie osady niekondycjonowane oraz wstępnie kondycjonowane polem UD (amplituda 80%, czas sonifikacji 10 min) poddano fermentacji w kolbach laboratoryjnych ( $V = 0,5 \text{ dm}^3$ ) przez okres 10 dni. W celu zapewnienia optymalnej dla fermentacji mezofilowej temperatury ( $\pm 35^\circ\text{C}$ ), kolby umieszczono w cieplarni laboratoryjnej. W każdym dniu prowadzenia procesu (zarówno dla osadu kondycjonowanego jak i niekondycjonowanego) oznaczano CSK i krzywe zagęszczania.

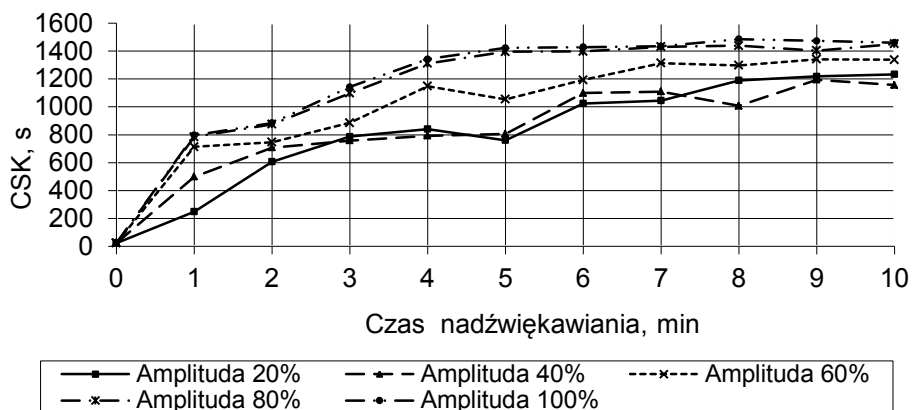
Pomiar czasu ssania kapilarnego przeprowadzono według metodyki Baskerville'a i Galle'a, opartej na mierzeniu przejścia czołowej granicznej warstwy filtratu w wyniku działania sił ssących zastosowanej bibuły – Whatman 17.

Zagęszczanie grawitacyjne prowadzono w cylindrach miarowych o objętości 100 ml. Badane próbki osadów poddawano procesowi sedymentacji, odczytując w odpowiednich przedziałach czasowych (5, 10, 15,

20, 25, 30, 45, 60, 90 i 120 minut) objętość osadu zsedymetowanego. Na podstawie pomiarów objętości osadów w czasie sedymentacji w cylindrze wyznaczono krzywe zagęszczania.

## 2. Wyniki badań

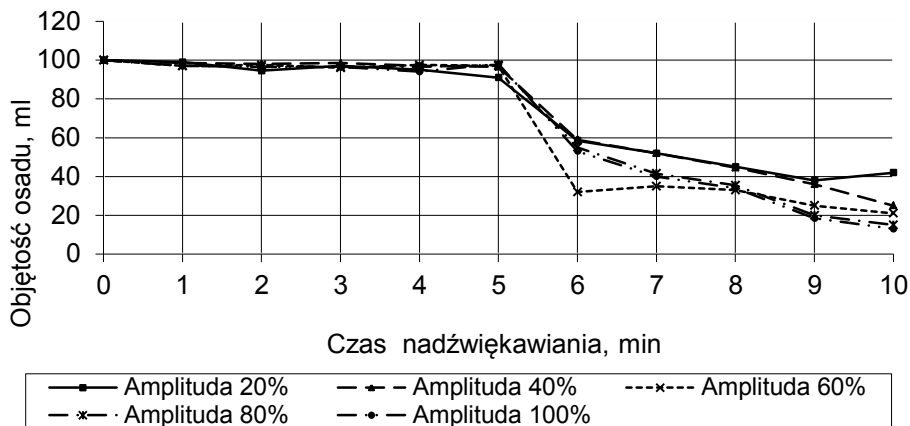
Sonifikowane osady nadmierne charakteryzowały się wzrostem wartości czasu ssania kapilarnego wraz z wydłużeniem czasu nadźwiękawiania (rys. 1). Również długość fali pola ultradźwiękowego podczas kondycjonowania badanych osadów wpływała na wartości CSK. Otrzymano dłuższe czasy ssania kapilarnego wraz z podwyższeniem amplitudy. Najwyższą wartość CSK wynoszącą 1461 s uzyskano dla 10 minutowego działania pola UD przy amplitudzie 100% odpowiadającej długości fali również 39,42  $\mu\text{m}$ .



**Rys. 1.** Wpływ czasu nadźwiękawiania na wartości CSK osadów ściekowych wstępnie kondycjonowanych polem UD

**Fig. 1.** Sonification time influence on the CST values of sewage sludge preliminary conditioned with ultrasonic field

Wpływ pola ultradźwiękowego na efektywność oddawania wody przez osady nadmierne odnotowano również w procesie ich zagęszczania. W przypadku osadów poddanych działaniu pola UD stwierdzono, że wraz ze wzrostem czasu nadźwiękawiania uzyskano lepszy efekt sedymentacji, który szczególnie wyraźnie zaobserwowano po 5 minucie ekspozycji (rys. 2).



**Rys. 2.** Wpływ czasu nadźwiękawiania na efektywność zagęszczania osadów ściekowych wstępnie kondycjonowanych polem UD

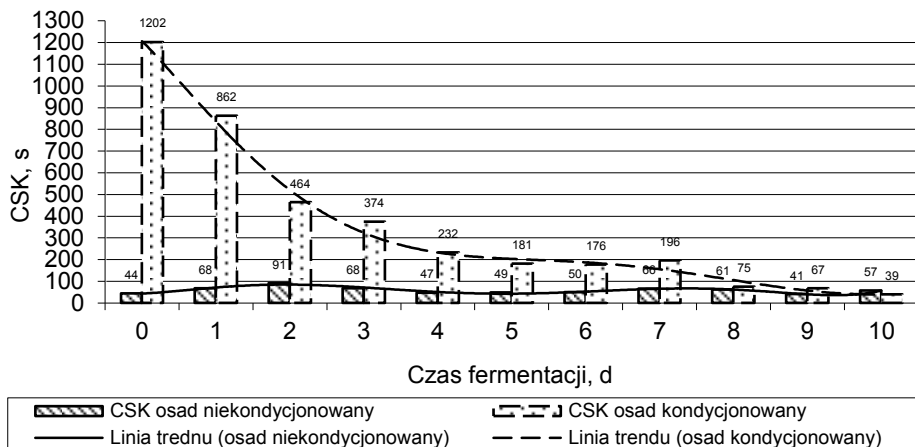
**Fig. 2.** Sonification time influence on the effectiveness of sewage sludge thickening preliminary conditioned with ultrasonic field

Celem określenia wpływu fermentacji na efektywność oddawania osadów ściekowych wstępnie kondycjonowanych, w każdym dniu prowadzenia procesu oznaczano CSK i krzywą zagęszczania.

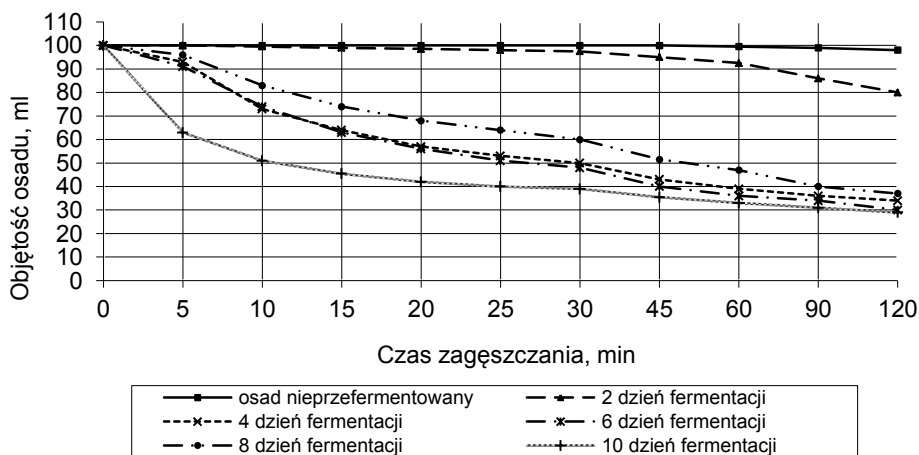
Wartości CSK osadu niekondycjonowanego poddanego procesowi stabilizacji mieściły się w przedziale od 41 do 91 sekund (rys. 3). Osad kondycjonowany polem UD przed poddaniem procesowi fermentacji charakteryzował się wysokimi wartościami CSK (1202 s). Odnotowano, że stabilizacja beztlenowa wyraźnie wpłynęła na obniżenie wartości czasu ssania kapilarnego. W 8 dniu prowadzenia procesu uzyskano wartości zbliżone do CSK osadu wstępnie niekondycjonowanego.

Podobne zależności wpływu fermentacji na efektywność oddawania wody uzyskano poddając osady niekondycjonowane i wstępnie kondycjonowane polem UD procesowi sedymentacji. Stabilizacja badanych osadów pozytywnie wpłynęła na efektywność ich zagęszczania. Potwierdzeniem tego rezultatu były wyniki zagęszczania przedstawione odpowiednio na wykresie (rys. 4) dla osadów nadmiernych niekondycjonowanych oraz na wykresie (rys. 5) dla osadów poddanych wstępnemu kondycjonowaniu. W tym przypadku najniższą wartość objętości końcowej zagęszczonych osadów uzyskano dla próbki po 8 dobie procesu fermentacji.

tacji i wynosiła ona 18 ml. Natomiast dla osadów bez wstępnego kondycjonowania najmniejsza objętość wynosiła 40 ml i dotyczyła próbki po 10 dobach procesu fermentacji (rys. 4).

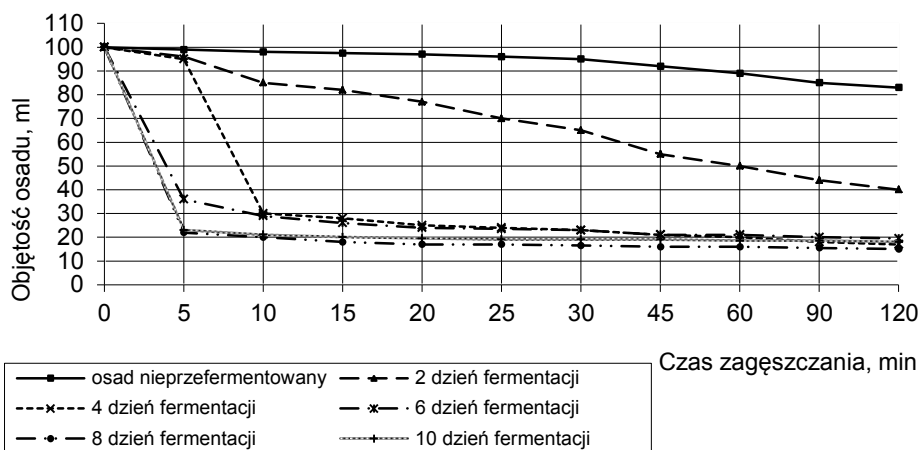


**Rys. 3.** Wpływ czasu fermentacji na CSK osadów nadmiernych  
**Fig. 3.** Influence of fermentation time on the CST of excess sludge



**Rys. 4.** Wpływ czasu fermentacji na zagęszczanie niekondycjonowanych osadów nadmiernych

**Fig. 4.** Influence of fermentation time on the thickening of unconditioned excess sludge



**Rys. 5.** Wpływ czasu fermentacji na zagęszczanie wstępnie kondycjonowanych osadów nadmiernych

**Fig. 5.** Influence of fermentation time on the thickening of preliminary conditioned excess sludge

### 3. Podsumowanie i wnioski końcowe

Przeprowadzone badania wykazały wpływ pola ultradźwiękowego i fermentacji na efekt końcowego odwadniania osadów nadmiernych. Zastosowanie fizycznej modyfikacji osadów powodowało zwiększenie wartości CSK, proporcjonalnie ze wzrostem długości fali pola ultradźwiękowego. Sonifikacja osadów powodowała ich dyspersję, co w konsekwencji miało wpływ na zatykanie porów w bibule filtracyjnej zmniejszając zdolności filtracyjne badanego medium, co dla prowadzenia procesu odwadniania jest niekorzystne. Natomiast zmiana struktury przez jej rozdrobnienie poprawiała zdolności sedymentacyjne osadu. Szczególnie po 5 minucie ekspozycji pola UD dla każdej z badanych amplitud, uzyskano wyraźną poprawę zagęszczania badanych osadów. Rozdrobnione cząstki osadu ulegały lepszemu „upakowaniu”, uwalniając tym samym nadmiar wody wolnej.

Dotychczas przeprowadzone badania wykazały, że ustabilizowane osady ściekowe charakteryzują się gorszymi zdolnościami do odwadniania. Poddając je wstępnej fizycznej modyfikacji przed procesem fermentacji, stwierdzono obniżenie wartości czasu ssania kapilarnego oraz wzrost stopnia ich zagęszczania. Również i w tym przypadku ingerencja

w strukturę osadów ściekowych wpłynęła pozytywnie na parametry charakteryzujące efekt ich odwadniania. Czas fermentacji wpływał na obniżenie wartości CSK osadów wstępnie modyfikowanych polem ultradźwiękowym, jak również zwiększenie efektywności zagęszczania.

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski końcowe:

- kondycjonowanie osadów nadmiernych polem ultradźwiękowym wpływało na wydłużenie czasu ssania kapilarnego, proporcjonalnie do wzrostu długości fali i czasu ekspozycji pola UD,
- osady poddane 5 minutowej sonifikacji lepiej się zagęszczały. Efekt ten obserwowano również dla kolejnych czasów nadźwiękowania, co mogło być wynikiem dyspersji kłaczków osadów,
- proces fermentacji prowadzony w warunkach laboratoryjnych wstępnie nadźwiękowanych osadów wpływał na obniżenie wartości CSK. W 8 dniu prowadzenia procesu wartości te były zbliżone do czasu ssania kapilarnego osadów wstępnie niekondycjonowanych,
- wstępne kondycjonowanie osadów nadmiernych poddanych fermentacji przyczyniło się do zwiększenia ich zagęszczania. Również czas fermentacji poprawiał końcowy efekt sedymentacji osadów.

*Badania finansowane z projektu badawczego BG 401/402/10*

## Literatura

1. **Bień J.:** *Osady ściekowe – teoria i praktyka*. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej. Częstochowa 2007.
2. **Bień J. B., Matysiak B., Bień J. D.:** *Charakterystyki reologiczne osadów ściekowych kondycjonowanych polielektrolitami*. Mat. Konf. nt. Osady ściekowe – problem aktualny. Częstochowa-Ustroń 2001, 30÷39.
3. **Bień J., Wolny L., Zawieja I., Barański M., Worwąg M.:** *Wpływ termicznej dezintegracji osadów nadmiernych na generowanie lotnych kwasów tłuszczowych*. Oczyszczanie ścieków i przeróbka osadów ściekowych, Monografia pod red. Z. Sadeckiej. Zielona Góra 2010, 63÷69.
4. **Lee C.H., Liu J.C.:** *Sludge dewaterability and floc structure in dual polymer conditioning*. Advances in Environmental Research, 5 (2001), 129÷136.
5. **Małkowski M., Wolski P.:** *Wpływ termicznego kondycjonowania na efektywność odwadniania osadów ściekowych poddanych stabilizacji beztlenowej*. Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2010, t. 13, nr 2, s. 103÷109.



6. **Pająk T.:** *Projekty spalarni odpadów komunalnych i osadów ściekowych w strategii zagospodarowania odpadów.* Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2010, t. 13, nr 1, s. 53÷66.
7. **Wolski P., Wolny L., Zawieja I.:** *Kondycjonowanie osadów nadmiernych poddanych stabilizacji a ich odwadnialność.* Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2010, t. 13, nr 1, s. 67÷77.
8. **Zawieja I., Wolny L. Wolski P.:** *Influence of excessive sludge conditioning on the efficiency of anaerobic stabilization process and biogas generation.* Desalination 222, 2008, 34÷7381.
9. **Zawieja I., Wolny L., Wolski P.:** *Influence on the modification of food industry excess sludge structure on the effectiveness increase of the anaerobic stabilization process.* Polish Journal of Environmental Studies, Series of monographs, 2010, vol. 2, 261÷267.

## **Effect of Disintegration and Fermentation on the Susceptibility of Sewage Sludge to Dewatering**

### **Abstract**

Sludge generated during the treatment process is burdensome and hazardous waste in terms of environmental sanitation, and therefore, after the initial dehydration, it has to be subjected to stabilization process in order to be able to continue its use.

The article presents the study on determination of the influence of time and wavelength of ultrasonic pretreatment on the CSK and thickening of excess sludge, as well as the relationship between the UD field during preconditioning of excess sludge treated anaerobically on stability and susceptibility to the final dewatering. During the research the excess sludge from municipal treatment plant which has been fermented (10%) was used. The study was conducted in two stages: during first stage sludge was treated with ultrasonic field using an ultrasonic processor 1500 W, 20 kHz and a wavelength of 39.42  $\mu\text{m}$  (corresponding to an amplitude equal to 100%). Ultrasonic conditioning was conducted at five amplitudes (20, 40, 60, 80, 100%) and time to sonification from 0 to 10 minutes. In the second stage, pre-conditioned by ultrasonic field (80% amplitude, sonification time 10 min) and nonconditioned sludge were fermented in laboratory flasks ( $V = 0.5 \text{ dm}^3$ ) for 10 days. Both for pretreated sludge, as well as nonconditioned sludge for each day of the fermentation process the degree of compaction and CSK were determined.

Ultrasonic pretreatment of excess sludge allowed to obtain a higher value of CSK. Time of sonification, however, had a positive impact on increasing the degree of compaction, as demonstrated clearly by the fifth minute of exposure to ultrasonic field. Stabilization of sludge in laboratory flasks contributed to their sedimentation. Both sludge not conditioned and conditioned thickened better in relation to nonconditioned sludge. Also, pre-sonication had a positive impact on improving the effect of compaction of sediments after the stabilization process.