

POLSKA AKADEMIA NAUK
WYDZIAŁ NAUK ROLNICZYCH, LEŚNYCH
I WETERYNARYJNYCH

ZESZYTY PROBLEMOWE
POSTĘPÓW
NAUK ROLNICZYCH

ZESZYT 519



25

Wykorzystanie energii słonecznej do suszenia wstępnie odwodnionych osadów ściekowych

*Janusz Filipiak
Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych
w Rokietnicy Spółka z o.o.*

*Czesław Przybyła
Katedra Melioracji, Kształtowania
Środowiska i Geodezji
Akademii Rolniczej
im. A. Cieszkowskiego, Poznań*

1. Wstęp

Oczyszczanie ścieków to produkcja osadów, w których koncentrują się substancje doprowadzone przez ścieki, względnie selektywnie wydzielone podczas procesu oczyszczania. Dotychczasowe przyrodnicze wykorzystanie osadu ściekowego może być w niedalekiej przyszłości ograniczone ze względu na stwierdzone szkodliwe substancje, takie jak xenoestrogeny, pozostałości leków i chemikalia pochodzące z gospodarstw domowych, których oddziaływanie na ekosystemy nie jest jeszcze dokładnie znane [1, 2, 4, 6].

Na tle rosnącej wrażliwości społecznej w odniesieniu do ochrony środowiska i toczących się dyskusji na temat przyszłości użycia osadu ściekowego

z oczyszczalni konieczna staje się, przy planowanej rozbudowie oczyszczalni, analiza porównawcza kosztów inwestycyjnych i długoterminowych kosztów eksploatacyjnych. W analizie tej trzeba uwzględnić koszt przeróbki i ostatecznego zagospodarowania osadów, jak również możliwości kontynuacji wybranej metody unieszkodliwiania osadów w przyszłości. Należy wykonać również analizę oddziaływania na środowisko, analizę ryzyka oraz awaryjności wybranych rozwiązań. Jednym z rozpatrywanych rozwiązań jest zastosowanie osłony przezroczystej – tunelu foliowego pozwalającego na wykorzystanie energii słonecznej do suszenia wstępnie odwodnionego osadu ściekowego na istniejących i obecnie eksploatowanych w warunkach naturalnych poletkach osadowych. Prowadzone badania mają określić możliwości osuszania osadu w rzeczywistych warunkach klimatycznych Wielkopolski [3].

2. Materiał i metody

Celem pracy było sprawdzenie, czy wykorzystanie do odwodnienia poletek osadowych suszenia słonecznego w tunelu foliowym przyspieszy czas wysuszenia osadu ściekowego do poziomu 70÷95% suchej masy, przy zastosowaniu do rolniczego wykorzystania przy zawartości 70% do 85% suchej masy w osadzie ściekowym oraz od 85% do 95% suchej masy w celu wykorzystania jako nawóz lub jako energia odnawialna – biomasa wykorzystywana do spalania. Badania prowadzono na terenie oczyszczalni ścieków w Bytkowie w gminie Rokietnica w powiecie poznańskim [7].

Badania przeprowadzono na wydzielonych doświadczalnych poletkach o podłożu filtracyjnym żwirowym o powierzchni 1 m^2 z objętością $0,3 \text{ m}^3$ osadu wstępnie odwodnionego o uwodnieniu 91,6% i zawartością suchej masy 8,4%, gdzie przebiegał proces suszenia i odwadniania przez odfiltrowanie wody osadowej (filtratu) do zbiornika pomiarowego. Wstępnie odwodniony osad przed przetransportowaniem na poletka został pobrany z workownicy typu "Draimad". Proces suszenia przeprowadzono równolegle w warunkach naturalnych i w tunelu foliowym.

Przeprowadzone badania obejmowały także okresowe oznaczenia właściwości fizyko – chemicznych osadów ściekowych w celu określenia nie tylko ogólnego składu chemicznego, lecz także aktualnego stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi osadu ściekowego, powstającego w wyniku eksploatacji mechaniczno – biologicznej oczyszczalni ścieków w Bytkowie, zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002, w sprawie komunalnych osadów ściekowych [5], które określa m.in. warunki, jakie muszą być spełnione przy wykorzystaniu komunalnych osadów ściekowych. Wielkości dawek komunalnych osadów ściekowych, które można stosować w gruntach oraz zakres, częstotliwość i metody badań komunalnych osadów ściekowych i gruntów, na których osady te mają być stosowane.

Z pobranych prób określono następujące wskaźniki: odczyn [pH], zawartość suchej masy [% s.m.], zawartość substancji organicznej [% s.m.], zawartość azotu ogólnego [% s.m.], zawartość azotu amonowego [% s.m.], zawartość fosforu ogólnego P_{og} [% s.m.], zawartość węglanu wapniowego [% s.m.], zawartość wapnia [% s.m.], zawartość magnezu Mg [% s.m.] oraz zawartości metali ciężkich po mineralizacji osadu mocnymi kwasami – oznaczonej metodą AAS – (Pb, Cd, Hg, Ni, Zn, Cu, Cr) [$mg\ kg^{-1}$ s.m.]. Badania właściwości fizyko-chemicznych wykonano metodami standardowymi dla uśrednionych prób osadu ściekowego.

W trakcie badań prowadzono pomiary opadu za pomocą deszczomierza Helmana oraz pomiary temperatury powietrza, trzykrotnie w ciągu doby uśredniając ją jako średnią dobową, do obliczenia parowania metodą pośrednią. Raz na dobę mierzono również objętość wód drenażowych – filtratu [7].

3. Wyniki badań

W 2000 r. istniejąca oczyszczalnia ścieków w Bytkowie została rozbudowana i częściowo zmodernizowana, zainstalowano drugi bioblok „WS-400” z głębokim napowietrzaniem oraz z instalacją odwadniania osadu typu „Draimad”. Osad nadmierny z oczyszczalni podawany jest za pomocą podnośników powietrznych do komory stabilizacji tlenowej. Uwodnienie osadu w tej fazie wynosi około 99,3%. Do odwadniania osadu zastosowano urządzenie typu „Draimad” z 12 workownicami. Proces odwodnienia osadów zachodzi w workach, które zakłada się na specjalną konstrukcję ze stali nierdzewnej, zapewniającej równomierny rozdział osadu. Cykl napowietrzania, odwadniania i dopełniania kontrolowany jest elektronicznie przed odwodnieniem. W urządzeniu tym osad jest mieszany z odpowiednią dawką polielektrolitu. W trakcie kilkogodzinnego cyklu pracy jego uwodnienie maleje do wartości 91,6%. Po składowaniu od 6 do 12 miesięcy na poletkach filtracyjnych w warunkach naturalnych uzyskuje się zawartość suchej masy od 70% do 95%. Dotychczas przeprowadzone badania wykazały, że jakość osadu ściekowego spełnia wymagania Rozporządzenia [5] pozwalające na jego wykorzystanie do celów rolniczych oraz rekultywacji gruntów.

Wprowadzenie nisko nakładowej technologii – „słonecznego suszenia” poprawi wskaźniki techniczno – ekonomiczne i umożliwi uzyskanie osadu ściekowego o zawartości od 70% do 95% suchej masy dwukrotnie w ciągu roku (średnio jedno suszenie zajmuje około 200 dni niezależnie od występujących warunków). W pracy podjęto próbę sprawdzenia możliwości osuszenia osadu energią słoneczną z osłoną w tunelu foliowym zabezpieczającą równocześnie przed opadami deszczu bezpośrednio na osuszany osad ściekowy.

Po zakończeniu eksperymentu z suszeniem osadu ściekowego stwierdzono, że najbardziej zmniejszyło się uwodnienie w próbach suszonych w tune-

lu foliowym osadu składowanego luzem oraz osadów w workach higrofobowych w warunkach naturalnych jak i w tunelu foliowym gdzie osuszenie osadu przekroczyło 93% zawartości suchej masy, natomiast w wypadku osuszania osadu w workach polipropylenowych na wolnym powietrzu osuszenie wyniosło 71,8%, a w tunelu foliowym 78,3% i wykazało najwyższą różnicę w osuszeniu – 6,5%.

Na podstawie przeprowadzonych badań nad możliwością suszenia osadu ściekowego w tunelu foliowym oraz w warunkach naturalnych przeprowadzono następujące eksperymenty. W okresie od 23.08.2005 roku do 16.06.2006 roku badano osuszanie osadu ściekowego wstępnie odwodnionego o zawartości początkowej 8,4% suchej masy. Wyniki suszenia osadów w zróżnicowanych warunkach: w workach higrofobowych i w workach polipropylenowych oraz na poletkach doświadczalnych i poletkach filtracyjnych w okresie 23 sierpnia 2005 – 16 czerwca 2006 zestawiono w tabelach 1 i 2.

Równocześnie po zakończeniu badań sprawdzono osad ściekowy pod względem bakteriologicznym – próby końcowe nie wykazały żadnych bakterii ani pasożytów. Natomiast oceniając przydatność rolniczą osadów ściekowych na podstawie zawartości w nich substancji biogennej: azotu i fosforu stwierdzono, że 1 tona osadów osuszonych zawierała od 38,8 kg do 67,3 kg azotu ogólnego oraz od 14,4 do 27,1 kg fosforu ogólnego.

Wyniki analiz chemicznych pozwalają stwierdzić, że w osadach ściekowych nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych norm zawartości substancji szkodliwych dla środowiska .

Na rysunkach 1 i 2 pokazano zmiany zawartości suchej masy w osadzie suszonym w tunelu foliowym i w warunkach naturalnych w trzech wariantach: osad składowany luzem, w workach polipropylenowych oraz w workach higrofobowych w okresie od 23 sierpnia 2005 do 16 czerwca 2006 r. Na kolejnych rysunkach (3÷8) przedstawiono zmiany, w analogicznych wariantach, zawartości substancji organicznej, azotu ogólnego i fosforu. Analizując rysunki 3 i 4 można stwierdzić, że zawartość substancji organicznej w warunkach suszenia osadu w tunelu foliowym zmniejszyła się z 75% do około 60%. Podobnie w warunkach suszenia naturalnego. Natomiast obserwowane zróżnicowanie w zależności od sposobu składowania osadu spowodowane zostało zróżnicowanymi temperaturami obserwowanymi w zmiennych warunkach przetrzymywania osadu.

Analizując efektywność suszenia w zależności od sposobu składowania stwierdzono, że w warunkach składowania osadu luzem i w workach higrofobowych zawartość suchej masy osiągnęła poziom ponad 90% zarówno w warunkach naturalnych jak i w tunelu foliowym, natomiast w workach polipropylenowych tylko nieco ponad 70% w warunkach naturalnych, a niecałe 80% w tunelu foliowym.

Tabela 1. Zawartość suchej masy suszonych osadów ściekowych w workach polietylowych i higrofobowych

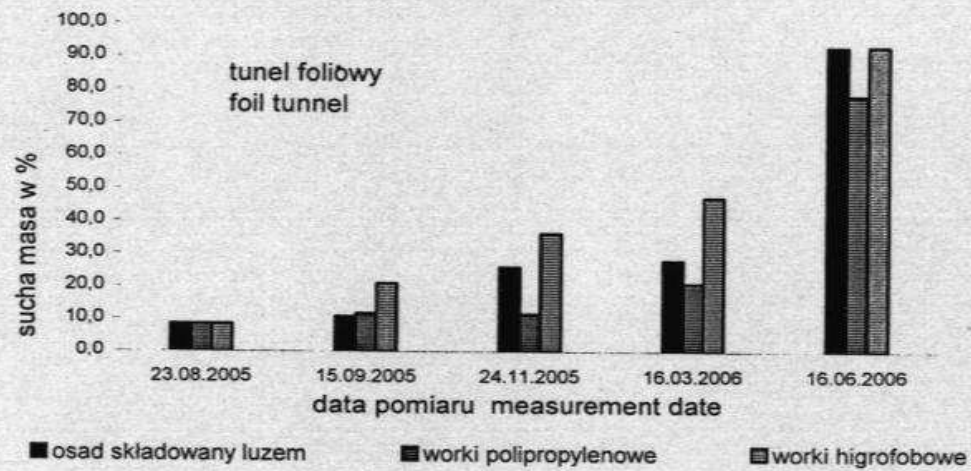
Table 1. Dry matter content in dried sewage sediments in polyethylene and hydrophobic bags

Sposób osuszania	Przedział czasowy	Zawartość suchej masy w warunkach naturalnych w%	Zawartość suchej masy w tunelu foliowym w%	Liczba dni
Worki polietylowe	23.08.05÷16.06.06	71,8	78,3	277
Worki higrofobowe	23.08.05÷16.06.06	93,4	93,2	277

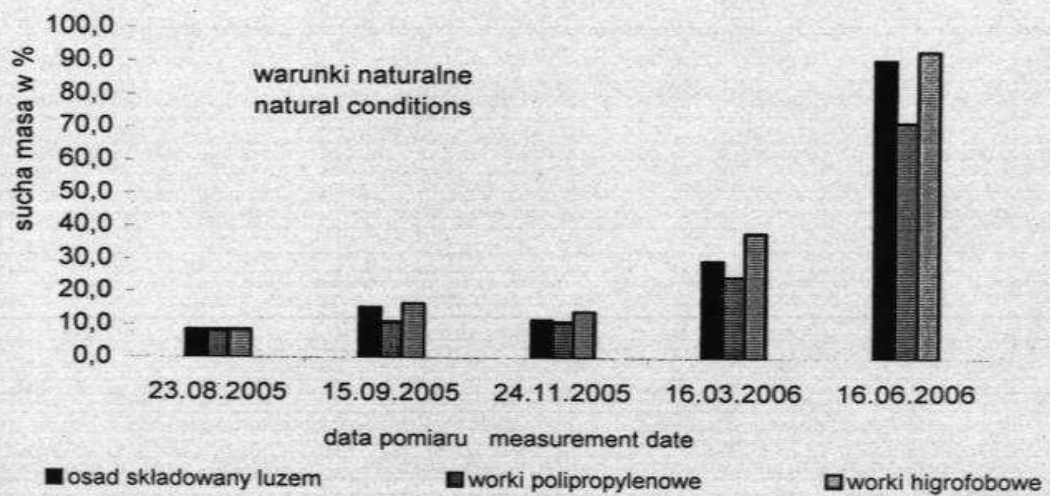
Tabela 2. Zawartość suchej masy suszonych osadów ściekowych na poletkach doświadczalnych i filtracyjnych

Table 2. Dry matter content in dried sewage sediments on experimental plots and on filtration plots

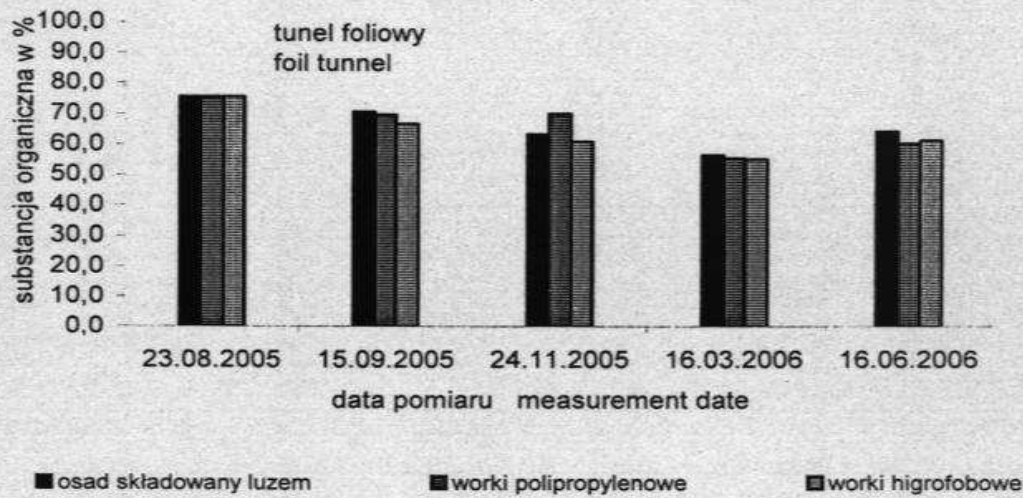
Sposób osuszania	Przedział czasowy	Zawartość suchej masy w warunkach naturalnych w%	Zawartość suchej masy w tunelu foliowym w%	Liczba dni
Poletka doświadczalne	23.08.05÷16.06.06	90,7	93,1	277
Poletka filtracyjne	23.08.05÷16.06.06	85,6	–	277



Rys. 1. Zmiany zawartości suchej masy w osadzie suszonym w tunelu foliowym w zależności od sposobu składowania
Fig. 1. Changes in dry matter content in sewage sediment dried in foil tunnel depending on the storage method

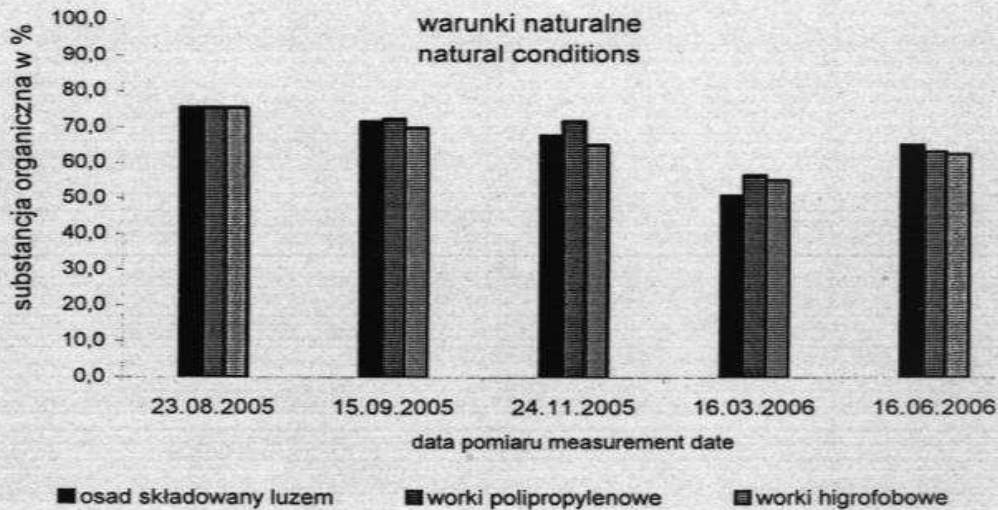


Rys. 2. Zmiany zawartości suchej masy w osadzie suszonym w warunkach naturalnych w zależności od sposobu składowania
Fig. 2. Changes in dry matter content in sewage sediment dried in natural conditions depending on the storage method



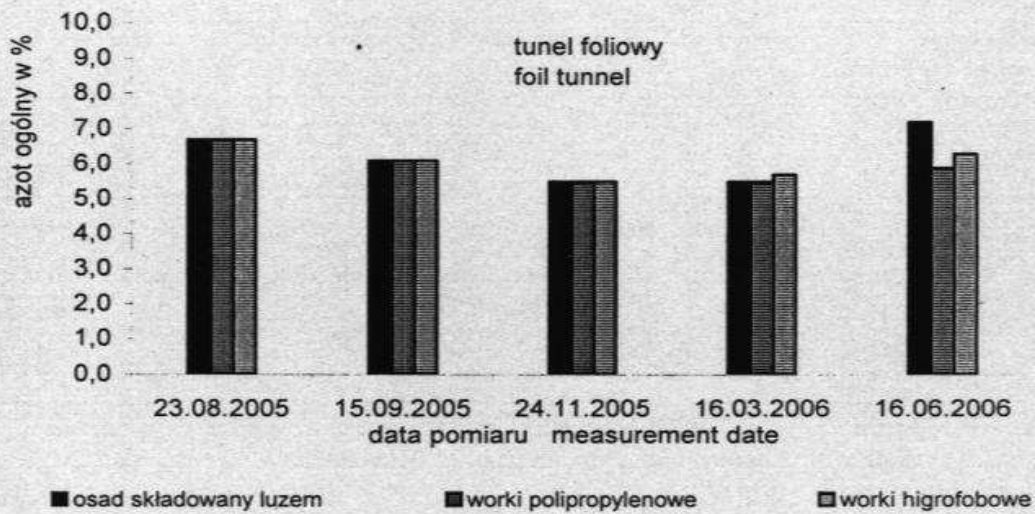
Rys. 3. Zmiany zawartości substancji organicznej w osadzie suszonym w tunelu foliowym w zależności od sposobu składowania

Fig. 3. Changes of organic substance content in sewage sediment dried in foil tunnel depending on the storage method



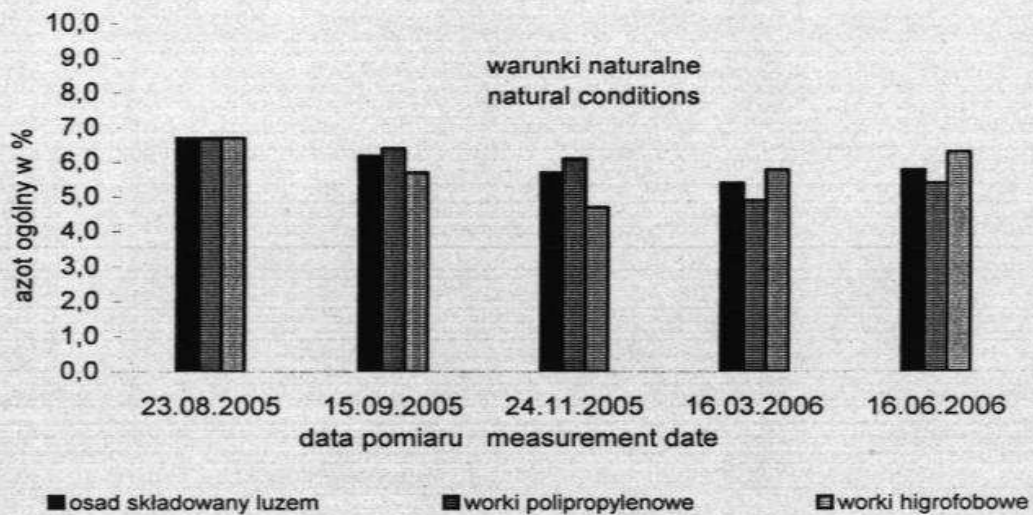
Rys. 4. Zmiany zawartości substancji organicznej w osadzie suszonym w warunkach naturalnych w zależności od sposobu składowania

Fig. 4. Changes of organic substance content in sewage sediment dried in natural conditions depending on the storage method



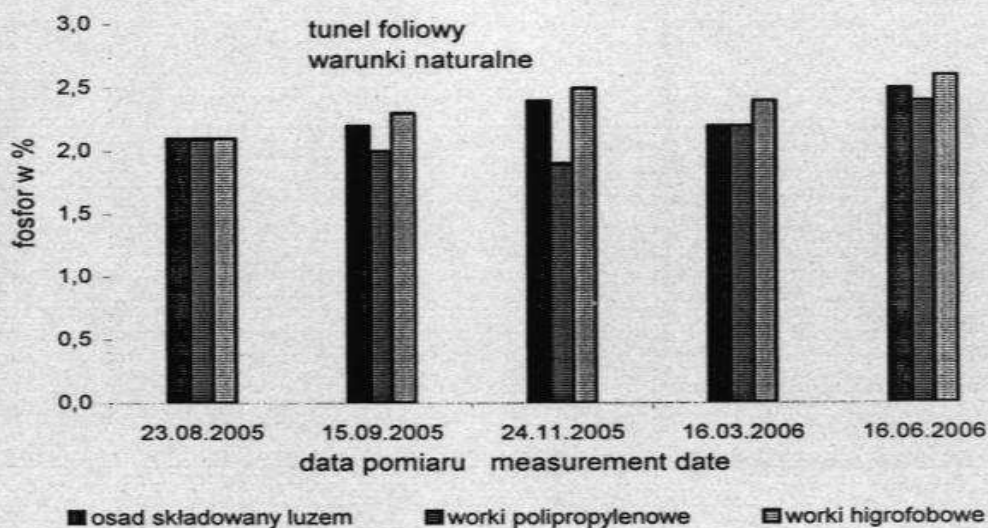
Rys. 5. Zmiany zawartości azotu ogólnego w osadzie suszonym w tunelu foliowym w zależności od sposobu składowania

Fig. 5. Changes of total nitrogen content in sewage sediment dried in foil tunnel depending on the storage method



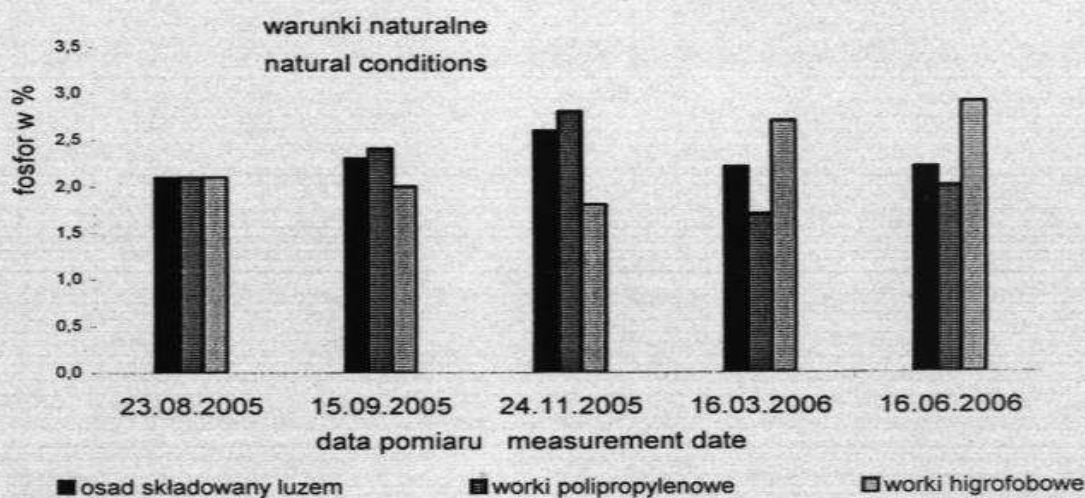
Rys. 6. Zmiany zawartości azotu ogólnego w osadzie suszonym w warunkach naturalnych w zależności od sposobu składowania

Fig. 6. Changes of total nitrogen content in sewage sediment dried in natural conditions depending on the storage method



Rys. 7. Zmiany zawartości fosforu w osadzie suszonym w tunelu foliowym w zależności od sposobu składowania

Fig. 7. Changes of phosphorus content in sewage sediment dried in foil tunnel depending on the storage method



Rys. 8. Zmiany zawartości fosforu w osadzie składowanym w warunkach naturalnych w zależności od sposobu składowania

Fig. 8. Changes of phosphorus content in sewage sediment dried in natural conditions depending on the storage method

4. Wnioski

Uzyskane wyniki badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków :

1. Zastosowanie technologii suszenia osadów ściekowych w tunelu foliowym przyspiesza proces suszenia, szczególnie w okresach występowania dużych opadów.
2. W warunkach zastosowania tunelu foliowego dla osadu wstępnie odwodnionego uzyskano osad o zawartości ponad 90% suchej masy.
3. Metoda solarnego suszenia osadów ściekowych jest metodą o niskich nakładach inwestycyjnych i eksploatacyjnych i może mieć ona szczególne zastosowanie w wiejskich oczyszczalniach ścieków.
4. Przyspieszenie okresu suszenia osadów w tunelach foliowych możliwe jest przez zastosowanie ogrzewania, a także poprzez wykorzystanie wysuszonych osadów ściekowych, w procesie spalania.
5. Proces suszenia pozwala na rezygnację z zastosowania do higienizacji wapna, co dodatkowo obniża koszty eksploatacyjne.
6. Zastosowanie maszyny przewracającej osuszane osady ściekowe niewątpliwie przyspieszy proces suszenia osadu ściekowego.
7. Wprowadzenie solarnego suszenia umożliwi wyeliminowanie skomplikowanych maszyn do odwodnienia osadów, co znacznie obniża koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.
8. Zawartość metali ciężkich w badanych osadach była niższa od zawartości dopuszczalnych, poddany badaniom osad nie budził zastrzeżeń do stosowania w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na potrzeby rolne, natomiast zawartość substancji biogennych szczególnie azotu i fosforu, świadczy o dużej wartości nawozowej osadów ściekowych.

Literatura

1. **Bień J.B., Bień J.D., Wystalska K.:** *Problemy gospodarki osadowej w ochronie środowiska*. Wyd. P. Częst. Częstochowa, 1998.
2. **Bux M., Baumann R., Pinnekamp J., Quadt S., Mühlbauer W.:** *Solare Trocknung. Von flüssigschlamm in kleinen kläranlagen sonderdruck auska – waaerwirtschaft abwasser*. 49, 3: 341-344, 2002.
3. **Gilewska M., Przybyła Cz.:** *Wykorzystanie osadów ściekowych w rekultywacji składowisk popiołowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 477, 217-222, 2001.
4. **Oleszkiewicz J.:** *Gospodarka osadami ściekowymi*. LEM s.c., Kraków, 1998.
5. **Rozporządzenie Ministra Środowiska** w sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 22.08.2002. Dz. U. Nr 134, poz. 1140.
6. **Siuta J., Kulta G., Morawska M.:** *Przyrodnicze użytkowania osadów ściekowych*. 3 Konf. Nauk.-Tech. Ekoinżynieria. Świnoujście 9 – 11.06.1999, 1999.

7. **Filipiak J., Przybyła C.:** *Zastosowanie nowych technologii odwadniania i osuszania osadów ściekowych w wiejskich oczyszczalniach ścieków*. Roczn. AR w Poznaniu 365. Melioracje i inżynieria środowiska 26. Poznań: 105-116, 2005.

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań terenowych na poletkach doświadczalnych określające czas w jakim osad ściekowy z oczyszczalni komunalnej uzyskał poziom zawartości wyższy od 70% do 95% suchej masy. Badania przeprowadzono dla osadu wstępnie odwodnionego, składowanego na doświadczalnych poletkach osadowych w warunkach naturalnych i pod przykryciem – w tunelu foliowym. Równolegle na jednym z poletek filtracyjnych będących elementem wyposażenia oczyszczalni prowadzono badanie osuszania osadu ściekowego w warunkach naturalnych. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że poprzez zastosowanie słonecznego suszenia płynnego osadu ściekowego na podłożu żwirowym, jako warstwie odwadniającej, można osuszyć osad ściekowy do ponad 90% suchej masy.

W ramach przeprowadzonych badań stwierdzono, że osad poddany wstępnemu mechanicznemu odwodnieniu można wysuszyć w suszarni solarnej do ponad 90% suchej masy. Czas suszenia wyniósł 277 dni. Suszenie osadu ściekowego od zawartości 8,4% suchej masy do 70% przez okres zimowy wyniósł 207 dni, a dalsze osuszanie doprowadziło do uzyskania po 277 dniach 90% suchej masy. Zapotrzebowanie na energię cieplną zostało w pełni pokryte przez energię słoneczną.

Utilization of Solar Energy for Drying of Preliminarily Dehydrated Sewage Sediments

Abstract

The paper presents results of field studies on experimental plots defining the time during which sewage sediment from municipal sewage treatment plant reached a higher dry matter level than 70÷95%. Studies were carried out for sediment preliminarily dehydrated and stored on experimental sedimentary plots in natural conditions and under cover – in foil tunnel. At the same time, on one of the filtration plots constituting part of sewage treatment plant equipment, drying of sewage sediment was carried out in natural conditions. On the basis of studies carried out it was found that by the utilization of solar drying of liquid sewage sediment on gravel substrate used as a dehydration layer, the sewage sediment can be dried to more than 90% of dry matter. It was also found that sewage sediment preliminarily subjected to mechanical drying can be dried in solar dryer to over 90% of dry matter. The drying lasted 277 days. The drying of sewage sediment with initial 8,4% of dry matter content to the level of 70% of dry matter content took 207 days through winter and further drying allowed to gain 90% of dry matter after 277 days. The necessary thermal energy was fully replaced by solar energy.