

Janusz Filipiak¹, Czesław Przybyła²

¹ Zakład Usług Komunalnych w Rokietnicy, Spółka z o.o.

² Akademia Rolnicza w Poznaniu
Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji

Wykorzystanie energii słonecznej do suszenia płynnych osadów ściekowych

W pracy przedstawiono wyniki badań terenowych na poletkach doświadczalnych określające czas, w jakim osad ściekowy z oczyszczalni komunalnej uzyska zmniejszenie uwilgotnienia do poziomu 40, 70 i 90% suchej masy. Badania przeprowadzono dla osadu nieodwodnionego, składowanego na doświadczalnych poletkach osadowych w warunkach naturalnych i pod przykryciem – w tunelu foliowym. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że słoneczne suszenie płynnego osadu ściekowego na podłożu żwirowym jako warstwie odwadniającej pozwala osuszyć osad ściekowy do ponad 90% suchej masy w okresie wegetacyjnym oraz powyżej 70% suchej masy w okresie poza wegetacją.

Badania przeprowadzono w okresach: 24.08.–15.09.2005 r. – w celu osiągnięcia zawartości końcowej suchej masy powyżej 90% – w warunkach naturalnych i w tunelu oraz 29.10.–16.03.2006 r. – powyżej 70% suchej masy – składowanej w tunelu foliowym. Zakończone procesy osuszania doprowadziły do usunięcia mikrobów chorobotwórczych. W ramach przeprowadzonych badań stwierdzono, że osad niepoddany wstępnemu mechanicznemu odwodnieniu można wysuszyć w suszarni solarnej do 90% suchej masy. Zależnie od warunków pogodowych czas suszenia (do uzyskania całkowitego osuszenia) wyniósł od 23 do 138 dni. Osuszenie osadu ściekowego z zawartością 0,3% suchej masy do ponad 70% w okresie zimowym i 90% w okresie letnim z 1 m² poletka o miąższości 0,6 m trwało 161 dni. Zapotrzebowanie na energię cieplną zostało w pełni pokryte przez energię słoneczną. W przeprowadzonych badaniach nie wykorzystywano energii elektrycznej.

1. Wstęp

Oczyszczanie ścieków to produkcja osadów, w których koncentrują się substancje doprowadzone przez ścieki, względnie substancje selektywnie wydzielone podczas procesu oczyszczania. Dotychczasowe wykorzystywanie osadu ściekowego może być w niedalekiej przyszłości ograniczone ze względu na stwierdzone szkodliwe substancje, takie jak ksenoestrogeny, pozostałości leków i chemikalia pochodzące z gospodarstw domowych, których oddziaływanie na ekosystemy nie jest jeszcze dokładnie znane [Bień i in. 1998, Bux i in. 2005, Oleszkiewicz 1998, Siuta i in. 1999].

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 wykorzystać energię słoneczną do suszenia nieodwodnionego osadu ściekowego na poletkach osadowych istniejących i obecnie eksploatowanych w warunkach naturalnych. Prowadzone badania mają określić możliwości osuszania osadu w rzeczywistych warunkach klimatycznych Wielkopolski [Gilewska, Przybyła 2001].

2. Materiał i metody

Celem pracy było sprawdzenie, czy wprowadzenie do odwodniania poletek osadowych suszenia słonecznego w tunelu foliowym przyspieszy czas dojścia osadu ściekowego do poziomu od 40% do 50% suchej masy, przeznaczonej do rolniczego wykorzystania oraz uzyskania od 65% do 75% suchej masy w osadzie ściekowym w okresie pozawegetacyjnym oraz od 85% do 95% suchej masy w celu wykorzystania jako nawóz lub jako energii odnawialnej – biomasy wykorzystywanej do spalania. Badania prowadzono na terenie oczyszczalni ścieków w Bytkowie, w gminie Rokietnica, w powiecie poznańskim.

Badania przeprowadzono na wydzielonych doświadczalnych poletkach z podłożem filtracyjnym żwirowym o powierzchni 1 m^2 z ilością $0,3 \text{ m}^3$ osadu nieodwodnionego o uwodnieniu 99,3% i z zawartością suchej masy 0,7%, gdzie przebiegał proces osuszania i odwadniania przez odfiltrowanie wody osadowej (filtratu) do zbiornika pomiarowego. Nieodwodniony osad przed przetransportowaniem na poletka został pobrany z biobloku WSM-400, z komory stabilizacji. Proces osuszania przeprowadzono równolegle w warunkach naturalnych i w tunelu foliowym w 4 próbach, w tym dwie próby w okresie od 24.08 do 04.10.2005 r. oraz następne dwie w okresie od 29.10.2005 r. do 16.03.2006 r.

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 01.08.2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych [Dz. U. Nr 134, poz. 1140], 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 węgla 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) ($mg \cdot kg^{-1}$ s.m.). Wyniki badań właściwości fizyko-chemicznych, wykonanych metodami standardowymi, dla uśrednionych prób osadu ściekowego przedstawiono w tabeli 1.

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.

3. Wyniki i dyskusja

Oczyszczalnia ścieków w Bytkowie została wybudowana w 1994 r. z jednym bioblokiem WS-400 i pięcioma poletkami osadowymi do ich odwodnienia. Osad nadmierny w ciągu technologicznym jest transportowany do komory stabilizacji tlenowej. Uwodnienie osadu w tej fazie wynosi około 99,3%. Następnie osad transportowany jest na poletka osadowe [Przybyła, Filipiak 2005].

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 Draimat 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 kilkugodzinnego cyklu pracy jego uwodnienie maleje do wartości 91,6%. Po składowaniu

Tabela 1. Wyniki badań fizyko-chemicznych uśrednionej próby osadu ściekowego powstającego w oczyszczalni Bytkowo w tunelu foliowym i w warunkach naturalnych w okresach 24.08.2005–4.10.2005 i 29.10.2005–16.03.2006

Parametr, jednostka	Data pobranej próby												Wartości dopuszczalne metali ciężkich [mg · kg ⁻¹ s.m.]					
	tunel foliowy				warunki naturalne				tunel foliowy				warunki naturalne			A ¹	B ²	C ³
	24.08.2005	15.09.2005	04.10.2005	24.08.2005	15.09.2005	04.10.2005	29.10.2005	24.11.2005	16.03.2006	24.11.2005	29.10.2005	16.03.2006	24.11.2005	29.10.2005	16.03.2006	A ¹	B ²	C ³
Uwodnienie pobranej próbki osadu	99,3	9,2	7,6	99,3	5,2	17,7	99,3	74,1	30,4	99,3	88,4	48,8						
Zawartość suchej masy w osadzie	0,7	90,8	92,4	0,7	94,8	82,3	0,70	25,9	69,6	0,7	11,6	51,2						
Odczyn pH suchego osadu w 1M KCl	6,7	-	7,1	6,7	-	7	6,70	-	-	6,70	-	-						
Zawartość substancji mineralnej [% s.m.]	33,3	68,1	65,9	33,3	74,7	74,1	33,3	36,4	44,9	33,3	32,2	58,1						
Zawartość substancji organicznej [% s.m.]	66,7	31,9	34,1	66,7	25,3	26,9	66,7	63,6	55,1	66,7	67,8	41,9						
Zawartość azotu ogólnego N _{og} [% s.m.]	8,3	-	3,6	8,3	-	4	8,30	5,50	6,00	8,30	5,70	5,60						
Zawartość azotu amonowego N _{NH4} [% s.m.]	6,4	-	2,8	6,4	-	3,1	6,40	-	-	6,40	-	-						
Zawartość fosforu ogólnego P _{og} [% s.m.]	1,8	-	2,5	1,8	-	2,8	1,80	2,40	2,60	1,80	2,60	2,30						
Zawartość wapnia Ca [% s.m.]	0,08	-	0,12	0,08	-	15	0,08	-	-	0,08	-	-						
Zawartość magnezu Mg [% s.m.]	0,01	-	-	0,01	-	-	0,01	-	-	0,01	-	-						
Zawartość ołowiu [mg Pb · kg ⁻¹ s.m.]	55,6	-	10,3	55,6	-	16,6	55,6	-	-	55,6	-	-			500	1000	1500	
Zawartość kadmu [mg Cd · kg ⁻¹ s.m.]	1,3	-	1,3	1,3	-	2	1,30	-	-	1,30	-	-			10	25	50	
Zawartość chromu [mg Cr · kg ⁻¹ s.m.]	71,7	-	2,8	71,7	-	4,7	71,7	-	-	71,7	-	-			500	1000	2500	
Zawartość miedzi [mg Cu · kg ⁻¹ s.m.]	154	-	38,2	154	-	49	154	-	-	154	-	-			800	1200	2000	
Zawartość niklu [mg Ni · kg ⁻¹ s.m.]	53,5	-	22,4	53,5	-	31,3	53,5	-	-	53,5	-	-			100	200	500	
Zawartość rtęci [mg Hg · kg ⁻¹ s.m.]	0,3	-	0,3	0,3	-	0,4	0,30	-	-	0,30	-	-			5	10	25	
Zawartość cynku [mg Zn · kg ⁻¹ s.m.]	387	-	65,2	387	-	79,6	387	-	-	387	-	-			2500	3500	5000	

* Według zał. nr 1 Rozporządzenia... [Dz. U. Nr 134, poz. 1140]:

¹ Osady stosowane w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na potrzeby rolne,

² Osady stosowane do rekultywacji gruntów na cele nierolne,

³ Osady stosowane do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu, uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz oraz przy dostosowywaniu gruntów do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami, planów zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o WZiZT.

(6–12 miesięcy) na poletkach filtracyjnych w warunkach naturalnych uzyskuje się zawartość suchej masy od 40% do 50%. Dotychczas przeprowadzone badania wykazały, że jakość osadu ściekowego spełnia wymagania Rozporządzenia... [Dz. U. Nr 134, poz. 1140] pozwalające na jego wykorzystanie do celów rolniczych oraz rekultywacji gruntów. Wyniki analiz składników chemicznych osadów ściekowych zestawiono w tabeli 1.

Wprowadzenie bezkosztowej technologii – słonecznego suszenia poprawi wskaźniki techniczno-ekonomiczne i umożliwi uzyskanie osadu ściekowego o zawartości od 40 do 50% suchej masy trzykrotnie w ciągu roku (średnio jedno suszenie zajmuje około 120 dni, niezależnie od występujących warunków). W pracy podjęto próbę sprawdzenia możliwości osuszenia osadu od 65 do 75% suchej masy w okresie pozawegetacyjnym oraz w okresie wegetacyjnym od 85 do 95%, wykorzystując energię słoneczną i osłonę w tunelu foliowym.

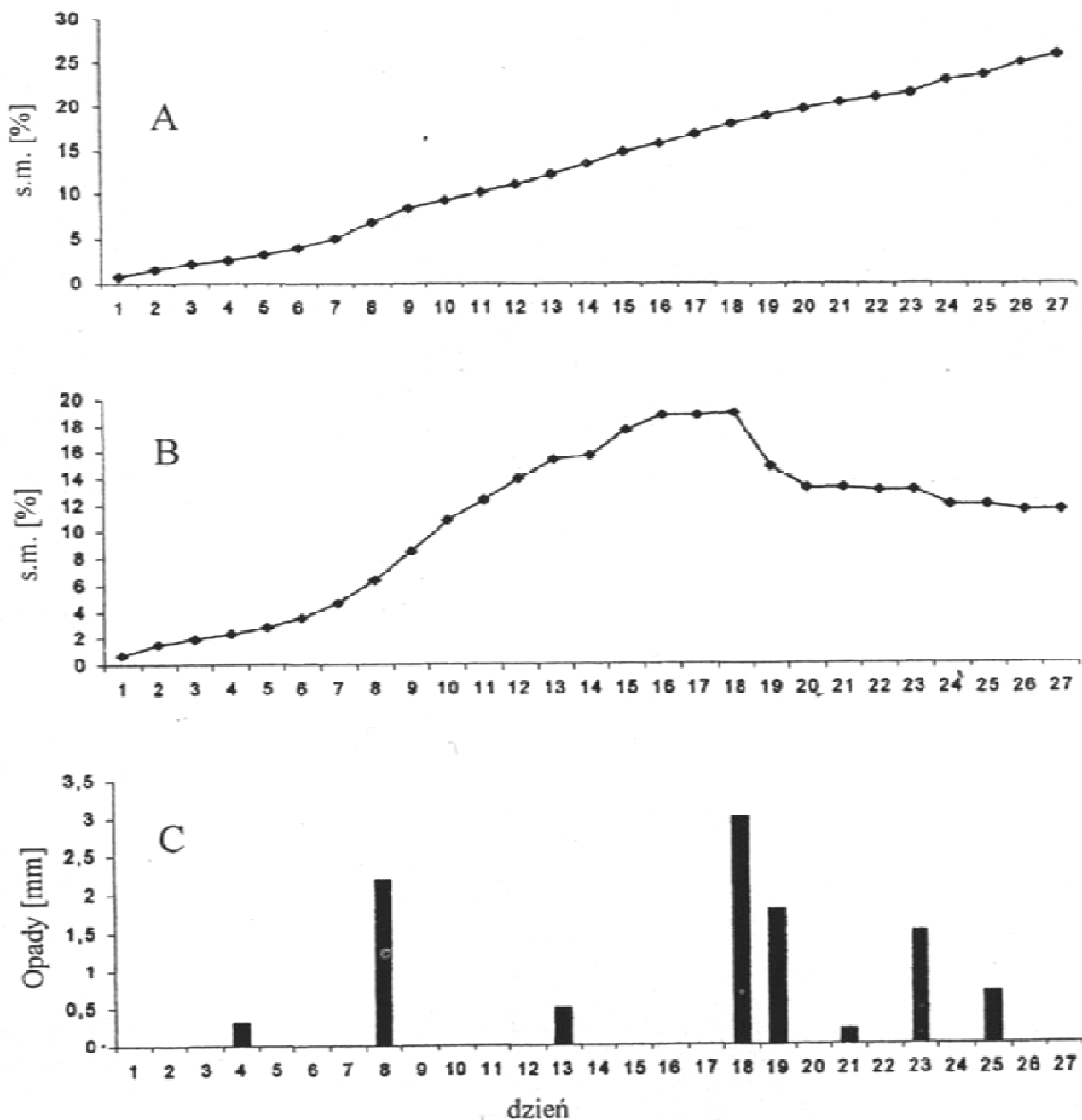
Na rycinach 1 i 2 przedstawiono wyniki osuszania osadu ściekowego w tunelu foliowym i w warunkach naturalnych. Po zakończeniu eksperymentu z suszeniem osadu ściekowego stwierdzono, że uwodnienie zmniejszyło się najbardziej w próbach suszonych w tunelu foliowym.

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań nad możliwością suszenia osadu ściekowego w tunelu foliowym oraz w warunkach naturalnych, na jednym metrze kwadratowym przez określenie zawartości suchej masy przeprowadzono następujące eksperymenty: pierwszy w okresie od 24.08. do 15.09.2005 r. i w okresie od 29.10. do 24.11.2005 r. oraz drugi od 24.08. do 04.10. 2005 r. i od 29.10.2005 r. do 16.03.2006 r. z osadem nieodwodnionym przy wartości początkowej 0,7% s.m. Wynikiem suszenia osadów w zróżnicowanych warunków suszenia w okresie 22 dni było uzyskanie zawartości suchej masy w warunkach naturalnych 94,8% s.m. i w tunelu foliowym 90,8% s.m. W okresie 26 dni suszenia (od 29.10 do 24.11.2005 r.) zawartość suchej masy w warunkach naturalnych osiągnęła 11,6% s.m., a w tunelu foliowym 25,9% s.m., czyli było znacznie bardziej efektywne.

Kontynuacja badań rozpoczętych 24.08.2005 r., a zakończonych w dniu 4.10.2005 r. wykazała, że w okresie do dnia 15.09.2005 r. osuszono w tunelu foliowym 90,8% suchej masy. Natomiast dnia 4.10.2005 r. przeprowadzone badanie wykazało, że nastąpiło dosuszenie osadu ściekowego do wartości 92,4% w tunelu foliowym. W warunkach naturalnych w wyniku wystąpienia opadów nastąpiło zmniejszenie zawartości suchej masy z 94,6% z dnia 15.09.2005 r. do 82,3% w dniu zakończenia badania, tj. 04.10.2005 r.

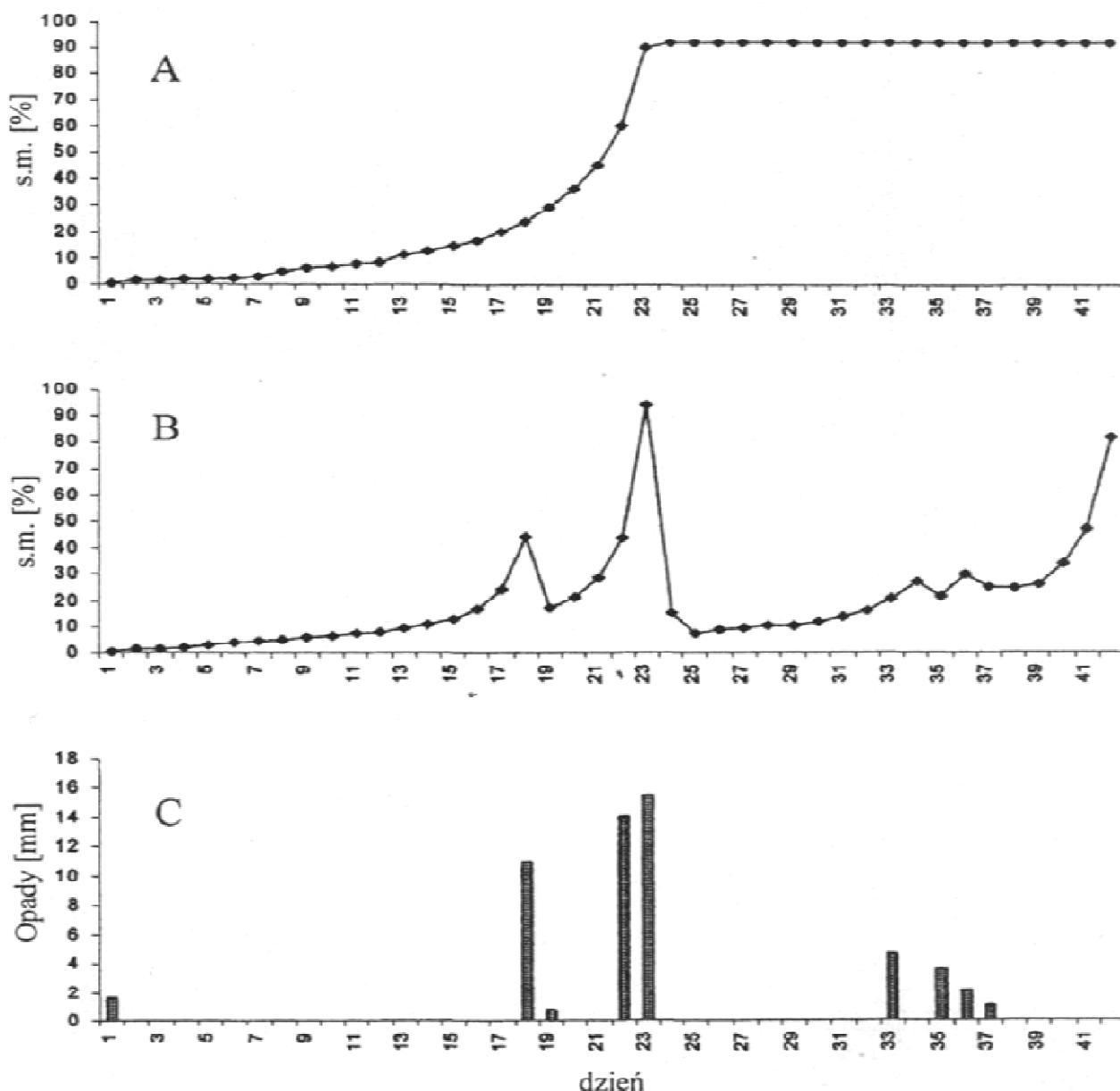
Badania rozpoczęte w dniu 29.10.2005 r. wykazały, że w podobnym okresie suszenie osadu ściekowego przebiega znacznie wolniej w wyniku mniejszego promieniowania słonecznego, jak również wykazało znaczną różnicę w osuszaniu w warunkach naturalnych i pod przykryciem w tunelu z folii. Potwierdzają to wyniki osiągnięte w dniu 24.11.2005 r.; uzyskano odpowiednio 11,6% suchej



Ryc. 1. Suszenie nieodwodnionego osadu ściekowego w tunelu foliowym (A) oraz w warunkach naturalnych (B) w okresie 24.08.–4.10.2005 na tle opadów (C)

masy w warunkach naturalnych i 25,9% suchej masy w tunelu foliowym. Badania kontynuowano do dnia 16.03.2006 r. w celu określenia możliwości osuszania osadu w okresie pozawegetacyjnym, uzyskano zróżnicowane wyniki suszenia. W okresie od 29.10.2005 r. do 16.03.2006 r. w warunkach naturalnych uzyskano 51,2% s.m., a w tunelu foliowym 69,6% s.m. (ryc. 1 i 2)

Równocześnie, po zakończeniu badań sprawdzono osad ściekowy pod względem bakteriologicznym; obie próby końcowe nie wykazały żadnych bakterii ani



Ryc. 2. Suszenie nieodwodnionego osadu ściekowego w tunelu foliowym (A) oraz w warunkach naturalnych (B) w okresie 29.10.–24.11.2005 na tle opadów (C)

pasożytów. Natomiast oceniając przydatność rolniczą osadów ściekowych na podstawie zawartości w nich substancji biogennej (azotu i fosforu) stwierdzono, że 1 tona osadów zawierała od 16,4 kg do 47,4 kg azotu ogólnego oraz od 4,7 do 18,9 kg fosforu ogólnego (tab. 1).

Wyniki analiz chemicznych zestawione w tabeli 1 pozwalają stwierdzić, że w osadach ściekowych nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych norm zawartości substancji szkodliwych dla środowiska.

Uzyskane wyniki badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków :

1. Zastosowanie technologii suszenia osadów ściekowych w tunelu foliowym przyspiesza proces suszenia, szczególnie w okresie pozawegetacyjnym oraz w okresach występowania dużych opadów.

2. W przypadku zastosowania tunelu foliowego w optymalnych warunkach pogodowych dla osadu nieodwodnionego uzyskuje się ponad 90% suchej masy, natomiast w okresie zimowym – około 70% suchej masy.

3. Metoda solarnego suszenia osadów ściekowych należy do metod o niskich nakładach inwestycyjnych i eksploatacyjnych w związku z wykorzystaniem energii słonecznej i może mieć ona szczególne znaczenie w wiejskich oczyszczalniach ścieków.

4. Przyspieszenie okresu suszenia osadów w tunelach foliowych możliwe jest przez zastosowanie ogrzewania, a także poprzez wykorzystanie wysuszonych osadów ściekowych wtórnie, w procesie spalania.

5. Proces osuszenia pozwala na zastosowanie wapna do higienizacji, a możliwość osuszania osadów ściekowych bez wstępnego odwadniania dodatkowo obniży koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

6. Zastosowanie maszyny przewracającej osuszone osady ściekowe niewątpliwie przyspieszy proces suszenia osadu ściekowego.

7. Wprowadzenie solarnego suszenia umożliwia wyeliminowanie skomplikowanych maszyn do odwadniania osadów, co znacznie obniża koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

8. Zawartość metali ciężkich w osadzie była niższa od zawartości dopuszczalnych; poddany badaniom osad nie budził zastrzeżeń co 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

- Bień J.B., Bień J.D., Wystalska K.** 1998. Problemy gospodarki osadowej w ochronie środowiska. Wyd. P. Częst. Częstochowa.
- Bux M., Baumann R., Pinnekamp J., Quadt S., Mühlbauer W.** 2002. Solare Trockung. Von flüssigschlamm in kleinen kläranlagen sonderdruck auska – waaerwirtschaft abwasser, 49, 3, 341–344.
- Gilewska M., Przybyła Cz.** 2001. Wykorzystanie osadów ściekowych w rekultywacji składowisk popiołowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 477, 217–222.
- Mazur T.** 1996. Rozwiązania o wartości nawozowej osadów ściekowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 437, 13–21.
- Oleszkiewicz J.** 1998. Gospodarka osadami ściekowymi. LEM s.c., Kraków. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 22.08.2002. Dz. U. Nr 134, poz. 1140.

- Siuta J., Kulta G., Morawska M.** 1999. Przyrodnicze użytkowania osadów ściekowych. 3 Konf. Nauk.-Tech. Ekoinżynieria. Świnoujście 9–11.06.1999 r.
- Filipiak J., Przybyła C.** 2005. Zastosowanie nowych technologii odwadniania i osuszania osadów ściekowych w wiejskich oczyszczalniach ścieków. Rocz. Akademii Rolniczej w Poznaniu 365. Melioracje i inżynieria środowiska, 26. Poznań, 105–116.

Use of solar energy for drying liquid sewage deposits

Summary

Field studies carried out on experimental plots aimed to define the time in which the sewage deposit from a communal sewage treatment plant decreases its moisture content to reach the dry matter levels of 40, 70 and 90%. The non-dehydrated deposit was stored on the plots under natural conditions or under cover, i.e. in a foil tunnel. It was found that the solar drying of the liquid sewage deposit on the gravel substrate as a dehydration layer makes it possible to obtain the material containing over 90% d.m. in the vegetation period and to 70% d.m. in the non-vegetation period.

Agricultural University of Poznań

Department of Land Improvement, Environmental Development and Geodesy

Adres / Address:

Akademia Rolnicza w Poznaniu, Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji
ul. Piątkowska 94, 61-693 Poznań

**Zeszyty
Naukowe
Akademii
Rolniczej
im. Hugona
Kołłątaja
w Krakowie**

434

inżynieria środowiska

zeszyt 28

WYDAWNICTWO
ROLNICZEJ
W KRAKOWIE