

ORGANIC RECYCLING OF SEWAGE SLUDGE WITH USAGE OF PILES TRACTOR AERATOR

S u m m a r y

The aim of the research was an estimation of composting course of sewage sludge sediments with an addition of different organic materials, and also the qualification of the optimum proportion: the sediment + the addition, which would assure the correct course of composting. For piles aeration one used tractor aerator of piles. It was ascertained that the correct course of composting of the sewage sludge sediments may be obtained only at the use of the material which will assure the creation of the porous structure of the pile assuring the access of the air to the interior. It was fixed that this can be gained at the addition of 90 kg of the straw on 1 tone of the sediment.

RECYKLING ORGANICZNY OSADÓW ŚCIEKOWYCH PRZY ZASTOSOWANIU CIĄGNIKOWEGO AERATORA PRYZM

S t r e s z c z e n i e

Celem badań była ocena przebiegu kompostowania osadów ściekowych z dodatkiem różnych materiałów organicznych, a także określenie optymalnej proporcji osad + dodatek, który zapewniłby prawidłowy przebieg kompostowania. Do napowietrzenia pryzm zastosowano krajowej produkcji ciągnikowy aerator pryzm. Stwierdzono, że prawidłowy przebieg kompostowania osadu ściekowego można uzyskać jedynie przy zastosowaniu materiału, który zapewni stworzenie porowatej struktury pryzmy zapewniającej dostęp powietrza do jej wnętrza. Ustalono, że można to uzyskać przy dodatku 90 kg słomy na 1 tonę osadu.

Wstęp

Podstawowym źródłem dopływu do gleby substancji organicznej są przede wszystkim nawozy naturalne produkowane w gospodarstwie. Głównym źródłem jest obornik, coraz powszechniej stosowana gnojowica oraz resztki poźniwne pozostające na polu po spręćie roślin. Produkcja obornika maleje i wraz z resztkami poźniwnymi nie zapewnia utrzymania zawartości próchnicy w glebie na stałym poziomie, co jest gwarantem uzyskania dobrych i równych plonów. Z tego też względu stosuje się alternatywne materiały zawierające składniki organiczne ulegających biodegradacji. Zalicza się do nich komunalne osady ściekowe, odpady z pielęgnacji i porządkowania terenów zieleni, odpady z przemysłu rolno-spożywczego np. wytloki jabłkowe, odpady z przemysłu browarniczego, mączki mięsno-kostne [3]. Obecnie najważniejszego znaczenia nabiera zagospodarowanie osadów ściekowych. Ich produkcja w kraju gwałtownie rośnie. W 2002 r. w Polsce było 2655 komunalnych oczyszczalni ścieków, które wytwarzały ponad 435,7 Mg osadów w przeliczeniu na suchą masę. Z tego ok. 21% wykorzystywano gospodarczo (w tym 15,4% rolniczo), 6,1% kompostowano, 44,2% składowano i ok. 28% zagospodarowano w innym sposób [5]. Jedną z metod zagospodarowania osadu jest jego kompostowanie. W wyniku tego procesu uzyskuje się nawóz organiczny, a ponadto zmniejsza się uciążliwość odpadu dla środowiska. Właściwości osadów ściekowych zależą od rodzaju ścieków, zastosowanej technologii w oczyszczalni i od sposobu stabilizacji [7]. Typowy skład chemiczny surowych osadów nadaje się do kompostowania ponieważ sucha masa osadu zawiera ok. 60-80% substancji organicznej, wskaźnik C/N przyjmuje wartości 5-13, a średnia zawartość azotu wynosi 3,53% s.m. [4]. W osadach występują również fenole, wie-

lopiersieniowe węglowodory aromatyczne, a także metale ciężkie. Do najbardziej szkodliwych metali zalicza się kadm, ołów i rtęć. Aby proces kompostowania osadów był efektywny należy je zmieszać z materiałem strukturotwórczym, bogatym w węgiel [2]. Zabieg ten zapewnia uzyskanie niezbędnej porowatości kompostowanego materiału, stwarza korzystne warunki cyrkulacji powietrza, a tym samym powstawanie wysokiej temperatury. Powstały kompost może być użytkowany na własnym terenie lub wprowadzony do obrotu po spełnieniu wymaganych działań [6].

Proces kompostowania komunalnych osadów ściekowych można przeprowadzać wg następujących technologii:

- pryzmowej – najbardziej rozpowszechniona, różne formy: statyczna, statyczna z napowietrzaniem, przerzucania, przerzucania z napowietrzaniem,
- rzędowej – pryzmy rozdzielone stałymi ściankami,
- komorowej (kontenerowej) – komory o różnej objętości wyposażone w urządzenia napowietrzające, do odzysku ciepła oraz w zbiorniki na odcieki,
- wieżowej – materiał kompostowany przemieszcza się z góry na dół, a powietrze od dołu do góry,
- bębnowej – rozdrobniony materiał jest dobrze wymieszany i mocno napowietrzany, co powoduje homogenizację materiału kompostowanego.

W Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych oraz w Instytucie Inżynierii Rolniczej Akademii Rolniczej w Poznaniu, podjęto prace nad opracowaniem i wdrożeniem nowej technologii waloryzacji obornika z wykorzystaniem ciągnikowego aeratora pryzm organicznych [1]. Kontynuacją tego tematu było przeprowadzenie badań nad zastosowaniem aeratora do biodegradacji osadów ściekowych metodą kompostowania pryzmowego. Zastosowanie metody recyklingu organicznego, stanowiącego obróbkę tlenową osadów ściekowych przez kilkukrotne napowietrzenie aera-

torem składowanych pryzm, pozwoli wyeliminować stosowane dotychczas systemy napowietrzeń pryzm.

Przewiduje się, że powstały w wyniku aeracji kompost jako nawóz organiczny, będzie działał rozluźniająco na strukturę gleb ciężkich, na wiązanie gleb lekkich i piaszczystych, a także powiększy pojemność wodną i ciepłą gleb.

Metodyka badań

Celem badań była ocena przebiegu kompostowania osadów ściekowych wraz z różnymi materiałami organicznymi z zastosowaniem do napowietrzania ciągnikowego aeratora pryzm, a także określenie optymalnej proporcji osad + dodatek, który zapewniałby prawidłowy przebieg kompostowania.

Badania realizowane były na kompostowni zlokalizowanej na terenie gminnego wysypiska śmieci, w północnej części Wielkopolski, od lipca do września 2002 r. W celu uformowania pryzm użyto osadu ściekowego pochodzącego z mechanicznej oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w pobliżu wysypiska. Osad ściekowy był składowany na kompostowni w dużej pryzmie płaskiej, z której pobierany był do tworzenia pryzm osadu z dodatkiem słomy lub trocin.

Osad ściekowy wraz z dodatkami organicznymi uszeregowano w pryzmy badawcze wg przyjętej kolejności:

- Pryzma 1 (OS1) - osad ściekowy bez dodatków, pryzma kontrolna,
- Pryzma 2 (OS2) - osad ściekowy z dodatkiem trocin,
- Pryzma 3 (OS3) - osad ściekowy z dodatkiem słomy, pryzma przykryta tkaniną MEMBRA FOL PLUS (membrana dachowa) charakteryzująca się dobrą przepuszczalnością pary wodnej (1000 g/m²).
- Pryzma 4 (OS4) - osad ściekowy z dodatkiem słomy,
- Pryzma 5 (OS4) - osad ściekowy z dodatkiem wapna hydratyzowanego CL90.

Dla celów porównawczych przyjęto, że najważniejszym kryterium oceny szybkości procesu oksydacji będzie średnia temperatura wnętrza pryzmy. Stwierdzono, że pomiar temperatury jest najprostszym do wykonania w warunkach polowych oraz najwierniej charakteryzuje aktualną szybkość rozkładu masy organicznej. Ponadto założono badanie zmian przebiegu zawartości suchej masy (metodą suszarkową) i pH (pH-metrem przenośnym z elektrodą kopcową).

Przyjęta metodyka badań charakteryzowała się następującą procedurą postępowania:

- formowanie pryzm odbywało się tuż przed przeprowadzeniem pierwszej aeracji,
- pomiar temperatury odbywał się w 6. różnych miejscach pryzmy (po 3. z każdego boku), z wyłączeniem końców pryzmy, z głębokości 30-50 cm.

Wielkość badanych pryzm uwarunkowana była sposobem ich formowania (zrzucaniem z przyczepy). W związku z tym dla pryzm poddawanych aeracji przyjęto następujące parametry pryzm: długość 6 m, wysokość 1,4 m, szerokość u podstawy 2 m.

W trakcie przeprowadzonych prób i badań ciągnikowy aerator [8] agregowany był z ciągnikiem Ursus 1014 (klasa 1,4), wyposażonym w przekładnię biegów pełzających.

Wraz z badaniami procesu kompostowania osadów prowadzono badania eksploatacyjne aeratora. W tym przypadku aeracji podlegały pryzmy kompostowe usypane z osadów ściekowych z dodatkiem słomy, trocin i podsuszonej trawy z terenów zieleni miejskiej. Aeracja odbywała się w cyklu jednotygodniowym. Pryzmy miały przekrój trapezowy i posiadały następujące parametry: wysokość 0,7 - 0,8 m, szerokość u podstawy 2,5 m, szerokość u wierzchołka 0,8-0,9 m. Całkowita długość każdej z pryzm wynosiła ok. 45 m. Podczas eksploatacji aeratora stosowano dwie prędkości robocze: 145 m/godz. i 213 m/godz.

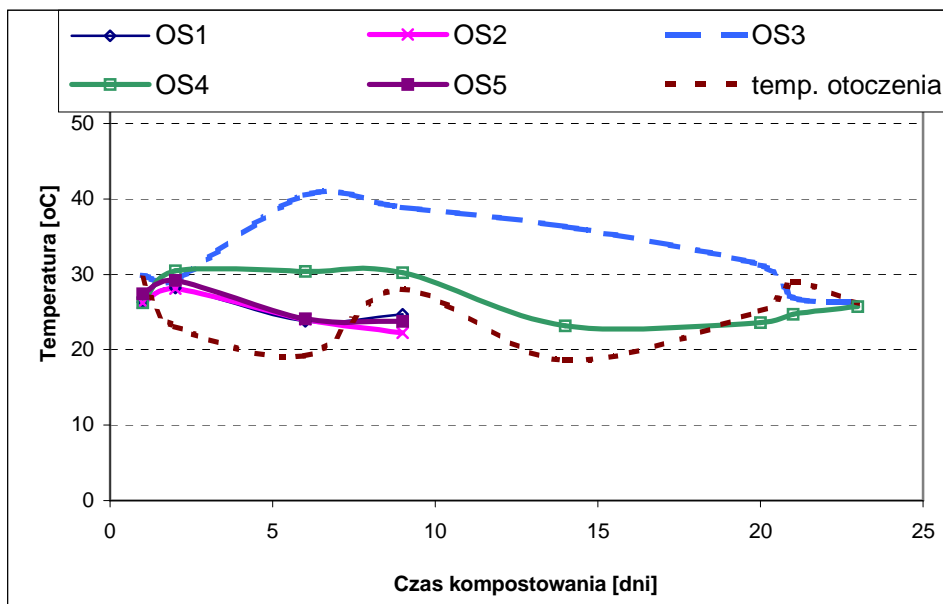
Wyniki badań i dyskusja

Zastosowany do tworzenia pryzm osad ściekowy charakteryzował się dużą wilgotnością (85%). Natomiast zastosowane dodatki posiadały 13,2% wilgotności (słoma) oraz 41,3% (trociny). W poszczególnych pryzmach do 1 tony osadu dodano po 30 kg słomy lub trocin i 50 kg wapna (tab. 1), po czym wykonano pierwszą aerację.

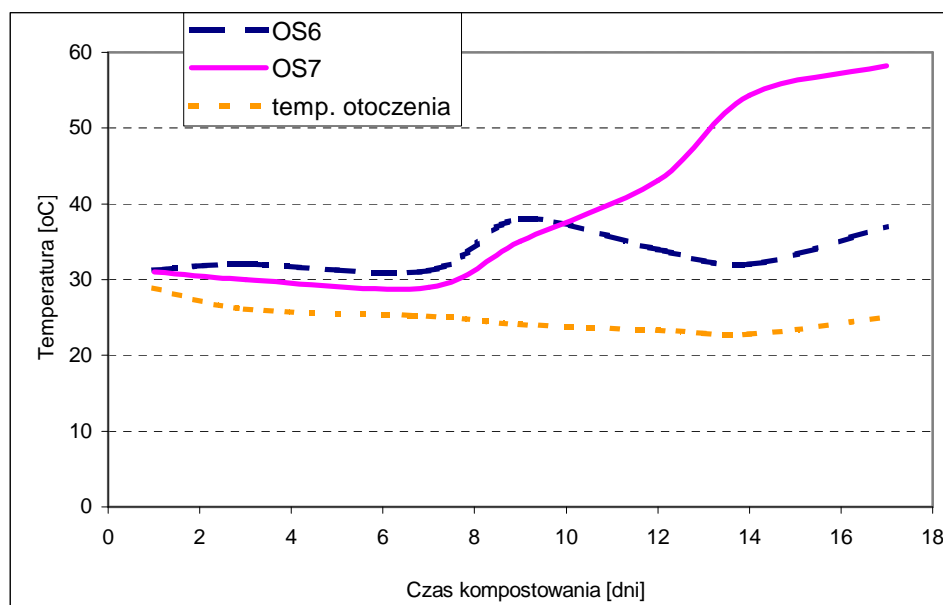
Pierwsza aeracja, wykonana po usypaniu pryzmy, wywołała niewielki wzrost temperatury we wszystkich kompostowych pryzmach (rycina 1). Kolejną aerację przeprowadzono w 6. dniu eksperymentu. Wzrost temperatury pryzm nie był już tak intensywny jak w przypadku pierwszej aeracji. Pryzma OS3, przykryta materiałem okrywowym, szybciej nagrzewała się od pozostałych i posiadała bardzo dobry rozkład temperatury w całej swojej objętości, ponieważ różnice pomiarów przeprowadzonych w różnych miejscach były minimalne (odchylenie standardowe temperatury 0,3-0,7°C). Na pryzmie tej najszybciej zaobserwowano

Tab. 1. Parametry badanych pryzm
Table 1. Parameters of investigated piles

Nazwa	Dodatek (na 1 tonę osadu)	Początkowa masa osadu [t]	Początkowa s.m. [%]	Końcowa s.m. [%]	pH początkowe	pH końcowe
OS1	Bez dodatków	4120	15,1	12,3	6,7	6,5
OS2	30 kg trocin	6290	16,7	15,4	7,0	6,8
OS3	30 kg słomy (+30 w 11. dniu)	6400	17,4	18,9	6,8	7,4
OS4	30 kg słomy (+30 w 11. dniu)	6230	17,0	16,4	6,5	7,3
OS5	50 kg wapna	4070	15,3	13,3	8,2	7,6
OS6	60 kg słomy	4370	19,3	23,6	6,5	7,7
OS7	90 kg słomy	2490	20,8	28,4	6,8	8,1



Rys. 1. Zmiany temperatury w badanych pryzmach OS1-OS5
 Fig. 1. Changes of temperature in the investigated piles OS1-OS5



Rys. 2. Zmiany temperatury w badanych pryzmach OS6 i OS7
 Fig. 2. Changes of temperature in the investigated piles OS6 and OS7

rozwój grzybní (wraz z pojawieniem się owocników), co świadczy o korzystnym przebiegu kompostowania. Po wykonaniu drugiej aeracji pryzma nie nagrzewała się tak intensywnie jak poprzednio. Intensywne napowietrzanie pryzmy aeratorem nie dało znaczących rezultatów, temperatura sukcesywnie spadała, zaś końcowa zawartość suchej masy (18,9%) była minimalnie wyższa niż początkowa, stąd w 23. dniu eksperymentu pryzmę zlikwidowano.

W 7. dniu eksperymentu wystąpiły intensywne opady deszczu, które spowodowały wzrost wilgotności wszystkich pryzm o średnio 4,7%. Mimo przeprowadzonej w dniach 8-10. trzykrotnej aeracji pryzm nie zanotowano wzrostu temperatury. Pryzmy OS1; OS2 i OS5 posiadały czarną barwę, zasklepiały się i zapadały, co świadczyło o ich silnym nawilgoceniu. Nadmiar wody i brak materiału strukturalnego zapewniającego odpowiednie przewietrzanie wnętrza spo-

wodował występowanie procesów gnilnych i typowego dla nich nieprzyjemnego zapachu. Stąd w jedenastym dniu eksperymentu podjęto decyzję o przerwaniu eksperymentu dla tych pryzm. Jednocześnie do pryzm OS3 i OS4 dodano kolejną porcję słomy, w celu uzyskania odpowiedniej porowatej struktury po przeprowadzonej aeracji, zwiększając tym samym udział słomy z 30 do 60 kg/tonę osadu. W 23. dniu eksperymentu stwierdzono, że pryzmy te charakteryzowały się ciemną barwą i nieprzyjemnym zapachem, co świadczyło o braku powietrza i zachodzących procesach gnilnych. Jednocześnie mimo dodatku słomy wilgotność pryzm była niewiele wyższa od początkowej, zaś temperatura stabilizowała się na poziomie 24-28°C mimo kilkakrotnie przeprowadzonych aeracji pomiędzy 18. a 23. dniem. W wyniku tego podjęto decyzję o likwidacji pryzm. Brak wystąpienia wyraźnej fazy termofilnej sprawił, że

uzyskany kompost charakteryzował się niekorzystnymi cechami jak możliwość występowania patogenów, bardzo dużą (powyżej 83%) wilgotnością, nieprzyjemnym zapachem oraz brakiem odpowiedniej, granulometrycznej struktury i zbyt dużą lepkością, co nie predysponowało go do rozprzeczowania szerokokopasowymi rozrzućnikami talerzowymi.

Zmiany pH we wszystkich badanych pryzmach potwierdzają niekorzystny przebieg procesu kompostowania dla pryzm OS1-OS5. Najwyższe pH zanotowano w pryzmie OS5 z dodatkiem wapna (8,1), który później i tak obniżył się. Brak natomiast było charakterystycznego dla prawidłowego przebiegu procesu kompostowania wzrostu pH w trakcie trwania fazy termofilnej.

Ponieważ nie udało się uzyskać w założonej metodycie badawczej warunków prawidłowego przebiegu kompostowania postanowiono rozszerzyć doświadczenie o utworzenie pryzm ze zwiększoną dawką słomy. W tym celu utworzono dwie nowe pryzmy badawcze OS6 i OS7 z osadu ściekowego i słomy. Tym razem przyjęto inne proporcje wagowe osadu i słomy, znacznie zwiększając ilość słomy (OS6 do 1 tony osadu dodano 60 kg słomy, OS7 do 1 tony osadu dodano 90 kg słomy, pryzma przykryta) celem utworzenia bardziej porowatej struktury wnętrza pryzmy i ułatwienia wymiany gazowej. Pomiar temperatury po trzech dniach od pierwszej aeracji wykazywał nagrzewanie się pryzm. W trakcie przeprowadzenia aeracji w 6. dniu eksperymentu zanotowano w pryzmie OS6 zjawisko intensywnej parowania, co świadczyło o korzystnym przebiegu kompostowania. W pryzmie OS7 zauważono zmianę barwy z szaro-czarnej na brązową i ogniska pleśni. Po dalszych, kilkudniowych pomiarach temperatury oraz poziomu pH stwierdzono, że możliwe jest uzyskanie wzrostu temperatury do poziomu ok. 60°C przy założeniu, że pryzmę kompostową będzie się tworzyć ze zwiększoną trzykrotnie początkową dawką słomy.

Z przeprowadzonej eksploatacji ciągnikowego aeratora wynika, że stosowanie niskich prędkości roboczych wpływa bardzo korzystnie na jakość kompostowanego materiału. Jego rozdrobnienie jest bardziej jednorodne, następuje lepsze wymieszanie i przemieszczenie poszczególnych składników organicznych.

Przeprowadzone próby kompostowania osadu ściekowego wykazały, że zastosowany przez wytwórcę osadów polielektrolit do odwadniania osadu posiada niekorzystne właściwości przejawiające się silnym chłonięciem wody przez osad. Dodatkowo, właściwość ta nie zanika w trakcie, a nawet po procesie kompostowania, co jest szczególnie niepożądane w końcowej, mezofilnej fazie kompostowania, kiedy kompost nie posiada już wysokiej temperatury pozwalającej na odparowanie nadmiaru np. wody opadowej. Powoduje to, że jest on nadal aktywny po przejściu kompostu w fazę mezofilną, jak również może być czynny po wprowadzeniu do gleby. Dlatego należy w optymalny sposób dobrać preparat stosowany w procesie odwadniania osadu w oczyszczalni ścieków tak, aby uzyskać najkorzystniejszy przebieg kompostowania, a zwłaszcza łatwość utraty wody w procesie kompostowania osadów.

Wnioski

1. Zastosowany w badaniach ciągnikowy aerator pryzm jest przydatny do realizacji kompostowania komunalnych osadów ściekowych. Współpraca aeratora z ciągnikiem rolniczym Ursus 1014, wyposażonym w skrzynię przekładniową z biegami pelzającymi, pozwalała osiągnąć bardzo dobrą jakość pracy aeratora.
2. Niezbędnym warunkiem zapewnienia prawidłowego przebiegu kompostowania osadów ściekowych jest zapewnienie dostatecznej wentylacji wnętrza pryzmy. Ten efekt można uzyskać dodając do osadu słomę w ilości 90 kg/tonę osadu.
3. Dalsze zwiększanie udziału słomy w osadzie polepsza porowatą strukturę pryzmy, jednak jest nieoptymalne ekonomicznie ze względu na dużą czasochłonność formowania pryzm.
4. Stosowanie jako dodatków do osadów materiałów nie nadających pryzmie porowatej struktury (trocin lub wapna) nie wpływa korzystnie na przebieg kompostowania.
5. Zastosowanie chroniącego przed opadami okrycia pryzm materiałem umożliwiającym wymianę gazową jest korzystne zwłaszcza w fazie mezofilnej kompostowania, kiedy intensywność odparowania wody jest niewielka.
6. Należy optymalnie dobrać preparat stosowany w procesie odwadniania osadu w oczyszczalni ścieków. Czynny preparat wiążący wodę obecny w uzyskanym kompoście obniża możliwości jego wykorzystania jako nawozu rolniczego.

Literatura

- [1] Dach J.; Zbytek Z.: „Zastosowanie aeratora pryzm w różnych technologiach waloryzacji odpadów organicznych”, materiały konferencyjne IX Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE”, ss. 223-230, 2003 r. Warszawa;
- [2] Jędrzak A.: „Nawożenie gruntów osadami ściekowymi. Przegląd Komunalny nr 5, ss. 58-63, 1998;
- [3] Maćkowiak Cz.: Wykorzystanie w rolnictwie produktów odpadowych o znaczeniu nawozowym. Zeszyty nawozowe, Nr 3a, 2000;
- [4] Maćkowiak Cz.: Skład chemiczny osadów ściekowych i ich wartość nawozowa. Przegląd Komunalny. Dodatek branżowy Nr 1, ss. 7-8, 2000;
- [5] Ochrona Środowiska. Informacje i opracowania statystyczne. GUS. 2003;
- [6] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 19 października 2004 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu Dz.U. 2004 nr 236 poz. 2369;
- [7] Sadecka Z.: Osady ściekowe. Fermentacja metanowa. Gdańska Fundacja Wody. Gdańsk 2003;
- [8] Zbytek Z.; Mac J.: "Model wirtualny i symulacja komputerowa zachowań kinematycznych aeratora pryzm materiałów organicznych", Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, vol. 47 nr 3, 2002.