



## Comparison of the aerobic and anaerobic technologies of pig manure management in different ambient temperature conditions

Wojciech CZEKAŁA<sup>1</sup>, Jacek DACH<sup>1</sup>, Damian JANCZAK<sup>1</sup>, Andrzej LEWICKI<sup>1</sup>, Pablo César Rodríguez CARMONA<sup>1</sup>, Kamil WITASZEK<sup>1</sup>, Robert MAZUR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Rolnictwa i Bioinżynierii, Instytut Inżynierii Biosystemów, ul. Wojska Polskiego 50, 60-637 Poznań tel. 61 846 60 61 e-mail: [wojciech@up.poznan.pl](mailto:wojciech@up.poznan.pl)

<sup>2</sup> Wydział Melioracji i Inżynierii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

### Abstract

One of the priorities related with Poland accession to the European Union was an increase of the of the requirements in the field of environmental protection. One of the biggest problems bounded with environmental protection is the management of the animal faeces and manure including. Such technology is composting of the animal faeces.

The aim of this study was to determine the possibilities of pig manure composting in small and medium-size farms. It was assumed that the developed technology should be possible to implement in an average farm equipped with the basic technical production means (tractor, loader, manure spreader).

In this study it has been investigated and compared the composting process with anaerobic storage of pig manure from animals kept in deep litter system. Obtained results clearly showed that composting process is more favorable from the point of view of environmental protection, and can be done in a small medium farm having basic technical means.

**Keywords:** pig manure, agricultural waste, composting, environmental protection

### Streszczenie

Porównanie tlenowej i beztlenowej technologii zagospodarowania obornika świńskiego w różnych warunkach temperatury otoczenia

Jednym z priorytetów wynikających z członkostwa Polski w UE jest zwiększenie wymagań z zakresu rolnictwa. Ma to związek między innymi z problemami związanymi z ochroną środowiska, a dotyczącymi właściwego zagospodarowania nawozów naturalnych, w tym i obornika. Jedną z metod takiego zagospodarowania może być kompostowanie. Stąd celem pracy było określenie możliwości kompostowania obornika pochodzącego od trzody chlewnej w małych i średnich gospodarstwach rolnych oraz opracowanie technologii możliwej do wdrożenia w przeciętnym gospodarstwie rolnym posiadającym podstawowe wyposażenie w techniczne środki produkcji, jak ciągnik, ładowacz czołowy oraz rozrzutnik obornika. W tym celu badania obejmowały kompostowanie obornika świńskiego oraz jego składowanie w warunkach beztlenowych. Wykazano, że metoda kompostowania obornika była korzystniejsza od jego składowania i może znaleźć zastosowanie w małych i średnich gospodarstwach rolnych.

**Słowa kluczowe:** obornik świński, odpady rolnicze, kompostowanie, ochrona środowiska

### 1. Wstęp

W ostatnich latach nieustannie wzrasta zainteresowanie problematyką ochrony środowiska [1], wynikające między innymi z realnego zagrożenia dotyczącego prawidłowego funkcjonowania naszej planety. By zapobiec temu zjawisku, wprowadza się liczne instrumenty prawne pomagające zarządzać środowiskiem. Ważnym ogniwem w tym procesie jest ochrona środowiska na terenie gospodarstwa rolnego [2], jako potencjalnego miejsca mogącego zagrozić lokalnemu środowisku. Dlatego przy podejmowaniu niewłaściwych decyzji w obrębie gospodarstwa środowisko może podlegać stałej, punktowej degradacji, która wraz z postępującym zanieczyszczeniem (w odpowiednich warunkach) zwiększa swój zasięg do obszaru regionalnego.

Jednym z zasadniczych zagadnień dotyczących gospodarstw zajmujących się hodowlą trzody chlewnej jest właściwa gospodarka odpadami powstającymi w wyniku tej działalności. Problemy takie wynikają m.in. z powstawania odpadu zasobnego we frakcję organiczną, tzn. obornika [3]. Obornik jest cennym źródłem składników pokarmowych dla roślin. Jego wartość nawozowa zależy między innymi od gatunku zwierząt, żywienia, stosowanej ściółki, ilości wydalanego kału i moczu czy postępowania z nawozem [4]. W odniesieniu do ściółki znaczenie mają m.in. ich zdolności chłonne, głównie w stosunku do moczu. W przypadku trzody chlewnej, kał jest np. zasobniejszy w fosfor, a mocz w potas [5,6]. Niezależnie od tego należy podkreślić dużą wartość nawozową obornika, wynikającą nie tylko z zawartych makro-, lecz i mikroelementów [7].

Obornik, poza omówionymi wyżej walorami, może w pewnych okolicznościach stwarzać duże problemy ekologiczne wynikające głównie z warunków niewłaściwego przechowywania i obchodzenia się z tym nawozem. Dlatego od wielu lat poszukuje się metod jego skutecznej utylizacji. Uważa się, że dobrą metodą utylizacji obornika może być jego kompostowanie [8,9]. Dzięki przemianom zachodzącym w obecności tlenu możliwe jest otrzymanie pełnowartościowego nawozu zasobnego w składniki pokarmowe [2,10]. Poza tym możliwe jest ograniczenie wielu niekorzystnych czynników, w tym zniszczenie nasion chwastów czy niektórych patogenów [11].

Otrzymany produkt będzie bezpieczny dla środowiska, jak również pozwoli rolnikowi na oszczędności finansowe związane z mniejszymi kosztami związanymi z zakupem nawozów mineralnych [8].

## 2. Cel pracy i zadania badawcze

W swoim założeniu praca miała na celu:

- zbadanie możliwości techniczno-eksploatacyjnych kompostowania obornika trzody chlewnej,
- uzyskanie kompostu jako finalnego produktu w pełni przyjaznego środowisku,
- przedstawienie ekonomicznie korzystnej i ekologicznie uzasadnionej metody kompostowania obornika w małych i średnich gospodarstwach, niezależnie od pory roku.

Powyższe cele realizowano zadaniami badawczymi, polegającymi na:

- przeprowadzeniu doświadczeń z kompostowaniem i beztlenowym składowaniem obornika trzody chlewnej w warunkach wiosenno-letnich i jesienno-zimowych,
- porównaniu właściwości fizycznych i chemicznych obornika składowanego w tradycyjnej, beztlenowej technologii i kompostowanego.

## 3. Metodyka

### 3.1. Czas i miejsce badań

Badania przeprowadzono w prywatnym gospodarstwie rolnym na terenie gminy Miejska Górka, powiat rawicki, województwo wielkopolskie w okresie od 9 kwietnia 2008 roku do 6 stycznia 2009 roku.

W każdym doświadczeniu (jesiennym oraz wiosennym) analizie poddano dwie pryzmy obornika świńskiego. Jedna pryzma składowana była beztlenowo, druga była poddana procesowi kompostowania.

Dla potrzeb artykułu przyjęto następujące oznaczenia dla pryzm:

Pryzma 1 - OKJ – obornik kompostowany w okresie jesiennym,

Pryzma 2 - OSJ – obornik składowany beztlenowo w okresie jesiennym,

Pryzma 3 - OKW – obornik kompostowany w okresie wiosennym,

Pryzma 4 - OSW – obornik składowany beztlenowo w okresie wiosennym

Obornik świński pochodził od tego samego stada, a masy wszystkich czterech pryzm były do siebie zbliżone, co umożliwiło porównanie między sobą wyników pomiarów w okresie prowadzenia doświadczenia. Obornik był kompostowany bez żadnych dodatków. Kompostowanie przeprowadzono z wykorzystaniem rozrzutnika obornika. Załadunek odbył się za pomocą ładowacza typu TUR 4, zamontowanego na ciągniku. Aeracji (napowietrzania pryzm kompostowych) dokonywano przy użyciu rozrzutnika obornika.

### 3.2. Pobieranie próbek.

W celu otrzymania reprezentatywnych wyników materiał został pobierany w obrębie każdej z pryzm z trzech miejsc. Wykluczono pobranie ze skrajnych punktów pryzm, ponieważ panowały tam znacząco odmienne warunki niż w ich wnętrzu. Pobrany materiał mieszano i zamykano w szczelnych, plastikowych pojemnikach. Analizy objęte doświadczeniem wykonano w Pracowni Ekotechnologii Instytutu Inżynierii Biosystemów UP w Poznaniu.

### 3.3. Mierzone parametry

#### 3.3.1. Pomiar temperatury w pryzmach

W pryzmie poddanej procesowi kompostowania wyróżnia się trzy warstwy: powierzchniową, wewnętrzną oraz denną. Mając na uwadze fakt, iż dynamika zmiany temperatury w warstwie dennej może różnić się od dynamiki w pozostałych dwóch warstwach (niekorzystne warunki atmosferyczne), pomiar temperatury prowadzono w trzech miejscach pryzmy, na głębokości około 50 cm.

Temperaturę mierzono w każdej z pryzm codziennie o tej samej godzinie. Dodatkowo w pryzmie poddanej kompostowaniu dokonywano pomiaru po każdej aeracji dwa razy dziennie - o godzinie 9 i 17 przez okres 5 dni. Pomiaru temperatury dokonywano przy pomocy przenośnego termometru elektronicznego.

#### 3.3.2. Pomiar objętości pryzm

Pomiary objętości pryzm dokonywane były w momencie założenia oraz zakończenia doświadczenia. Wszystkie pryzmy, niezależnie od typu składowania oraz pory roku, układano w kształt umożliwiający pomiar wysokości, długości oraz szerokości. Objętość mierzono wg wzoru podanego w Poradniku Mechanika. Wartości liczbowe uzyskano przy pomocy miary.

#### 3.3.3. Bilans masowy

Pomiary masy pryzm określano za pomocą wagi z dokładnością pomiaru 1 kg.

#### 3.3.4. Pomiar pH

W celu dokonania pomiaru pH odważono 5 g świeżego kompostu lub obornika składowanego beztlenowo do zlewki, do której dodano 20 ml wody destylowanej, a całość dokładnie wymieszano kilkukrotnie. Po godzinie wykonano pomiary przy użyciu urządzenia wielofunkcyjnego CX-401 firmy ELMETRON. Odczyn pryzm badano co drugi dzień w całym okresie doświadczenia.

#### 3.3.5. Oznaczenie zawartości suchej masy

Suchą masę w próbkach określano metodą suszarkową w temperaturze 85°C przez okres 48 godzin. W badaniach substratów zastosowano temperaturę 85°C, ponieważ uzyskane próbki kompostowanego obornika były następnie używane do analiz zawartości materii organicznej oraz związków lignocelulozowych.

#### 3.3.6. Oznaczenie zawartości materii organicznej i popiołu

Po oznaczeniu suchej masy próbki umieszczono w piecu muflowym (520°C) w celu określenia zawartości substancji organicznej i popiołu.

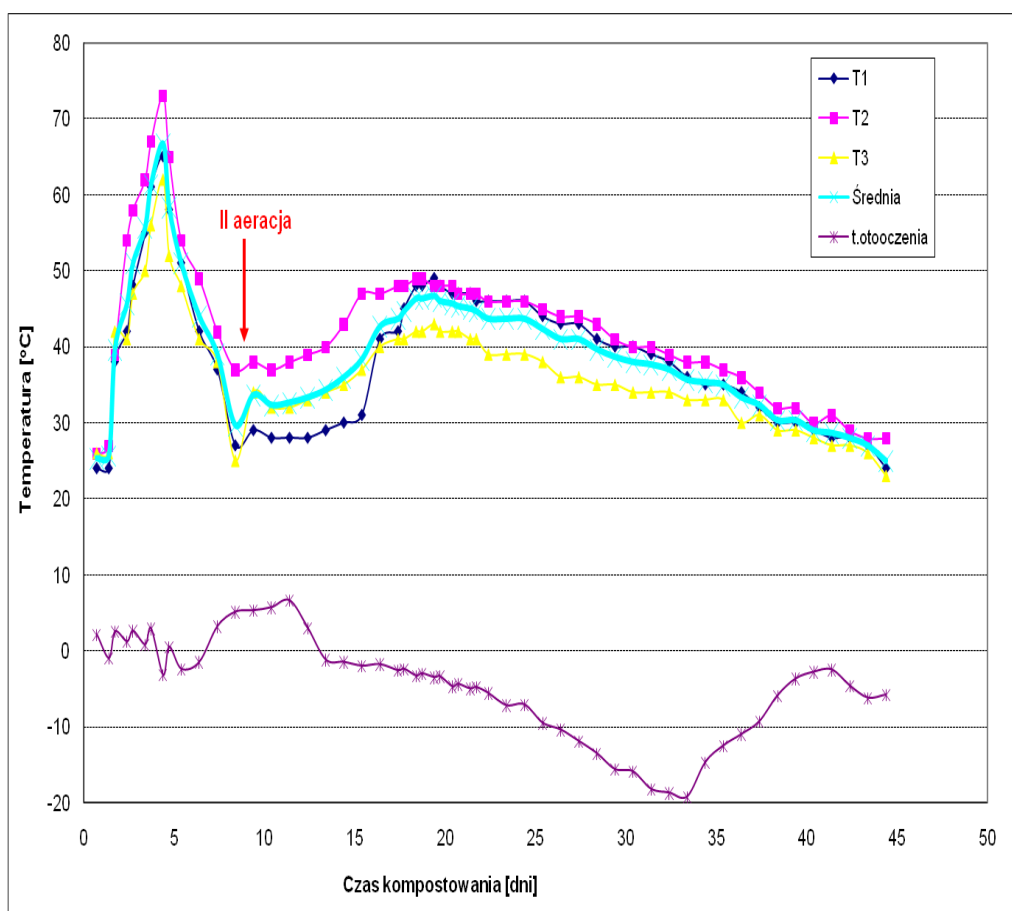
## 4. Wyniki badań i dyskusja

### 4.1. Zmiany temperatur

#### 4.1.1. Okres jesienny

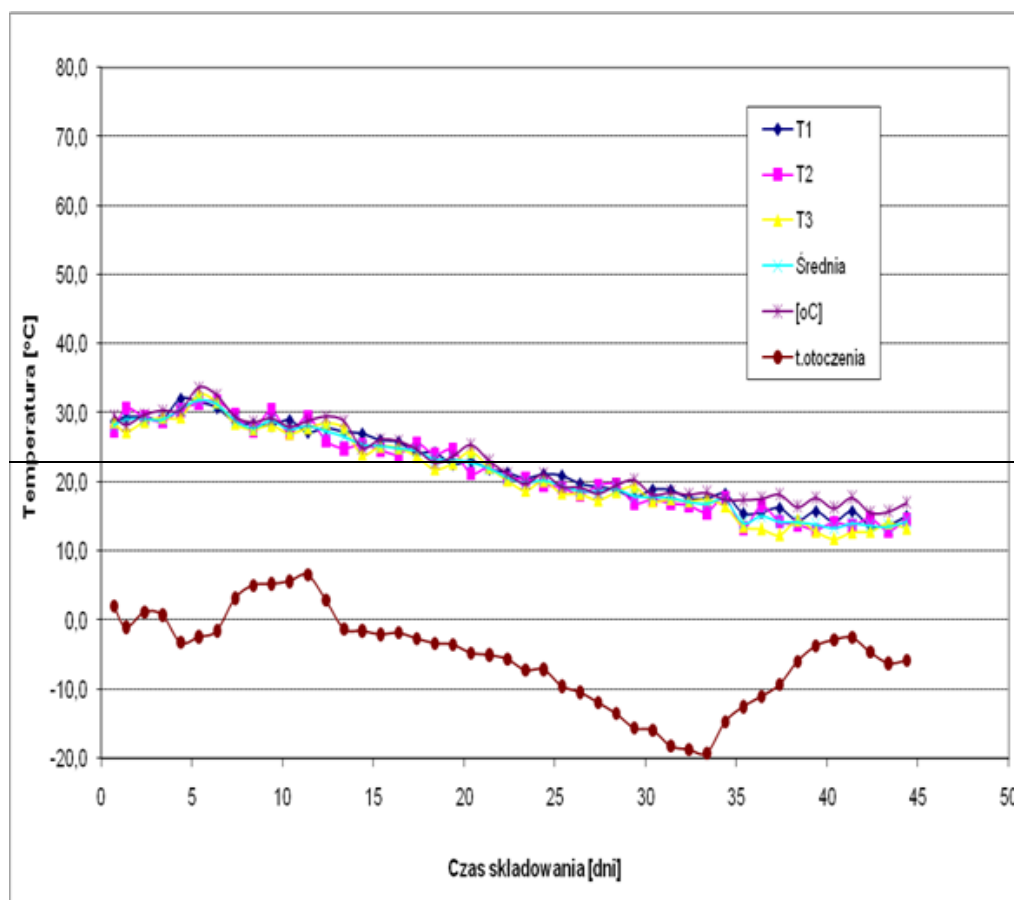
Jedynym z najważniejszych parametrów mówiącym o prawidłowym przebiegu kompostowania są zmiany temperatury, które sprzyjają uaktywnianiu się lub obumarciu specyficznych grup organizmów [12]. Jest to o tyle istotne, że to właśnie mikroorganizmy są odpowiedzialne za rozkład substratów, a w konsekwencji wytworzenie dojrzałego, bezpiecznego dla środowiska kompostu. Maksymalny rozkład materii organicznej, obserwowany przez ilość wydzielonego CO<sub>2</sub>, zachodzi w temperaturze 55°C [13].

W okresie jesienno-zimowym trwania doświadczenia warunki pogodowe nie były sprzyjające. Maksymalna temperatura w trakcie trwania doświadczenia wyniosła 8°C, a minimalna -19,6°C (rysunek 4.1.). Temperatura obornika w momencie zakładania doświadczenia wynosiła 25°C. Po pierwszej aeracji nastąpił gwałtowny wzrost temperatury w przyzmy do około 70°C, pomimo niskiej temperatury otoczenia sięgającej kilku stopni powyżej zera. Druga aeracja, przeprowadzona po 11 dniach, również spowodowała wzrost temperatury, który nie był już tak znaczący jak w trakcie pierwszego napowietrzania. Zabieg napowietrzania, podczas którego wprowadza się do przyzmy tlen, jest niezbędny w procesie kompostowania, gdyż gaz ten umożliwia rozwój mikroorganizmów, a sama temperatura powoduje usunięcie nadmiaru wilgoci [14]. Jak twierdzą Finstein i in. [15] po napowietrzeniu temperatura w przyzmy powinna osiągnąć 60-65°C. Tak wysoki wzrost temperatury jest pożądany nie tylko ze względu na rozwój pozytywnych mikroorganizmów, ale także ze względu na unieszkodliwienie wielu patogenów (bakterii, nasion chwastów, larw szkodników). Dynamikę zmiany temperatury w trakcie całego procesu kompostowania przedstawiono na rysunku 4.1.



Rys. 4.1. Dynamika zmiany temperatur w przyzmy OKJ

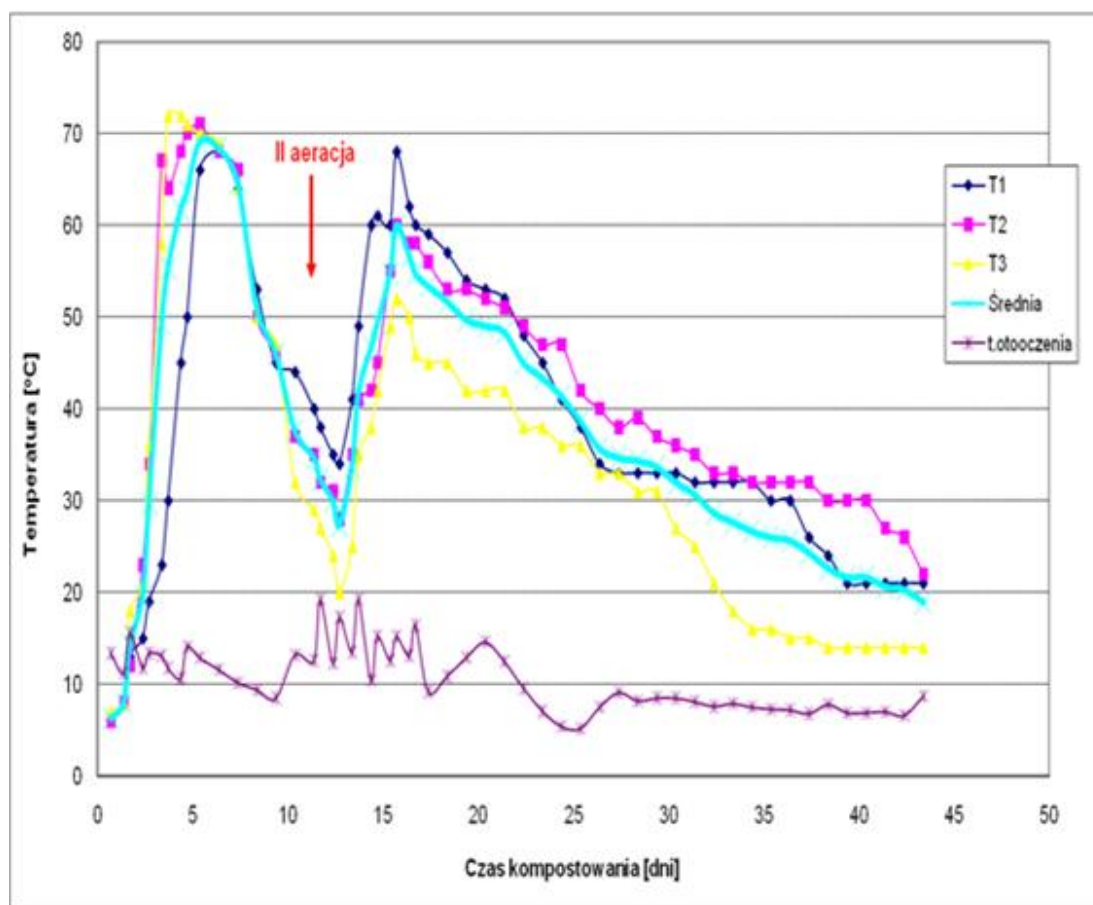
Odmienna dynamika zmiany temperatur wystąpiła w przyzmy poddanej składowaniu beztlenowemu (OSJ) (rys. 4.2.). Stwierdzono niewielki wzrost temperatury tylko w początkowej fazie składowania, po czym temperatura systematycznie spadała, stabilizując się na poziomie 12°C. Był to niewątpliwie skutek braku tlenu, który uniemożliwił wystąpienie fazy termofilnej. Proces ten uważać należy za zjawisko niekorzystne, sprzyjające rozwojowi patogenów.



Rys. 4.2. Dynamika zmiany temperatur w przyłomie OSJ.

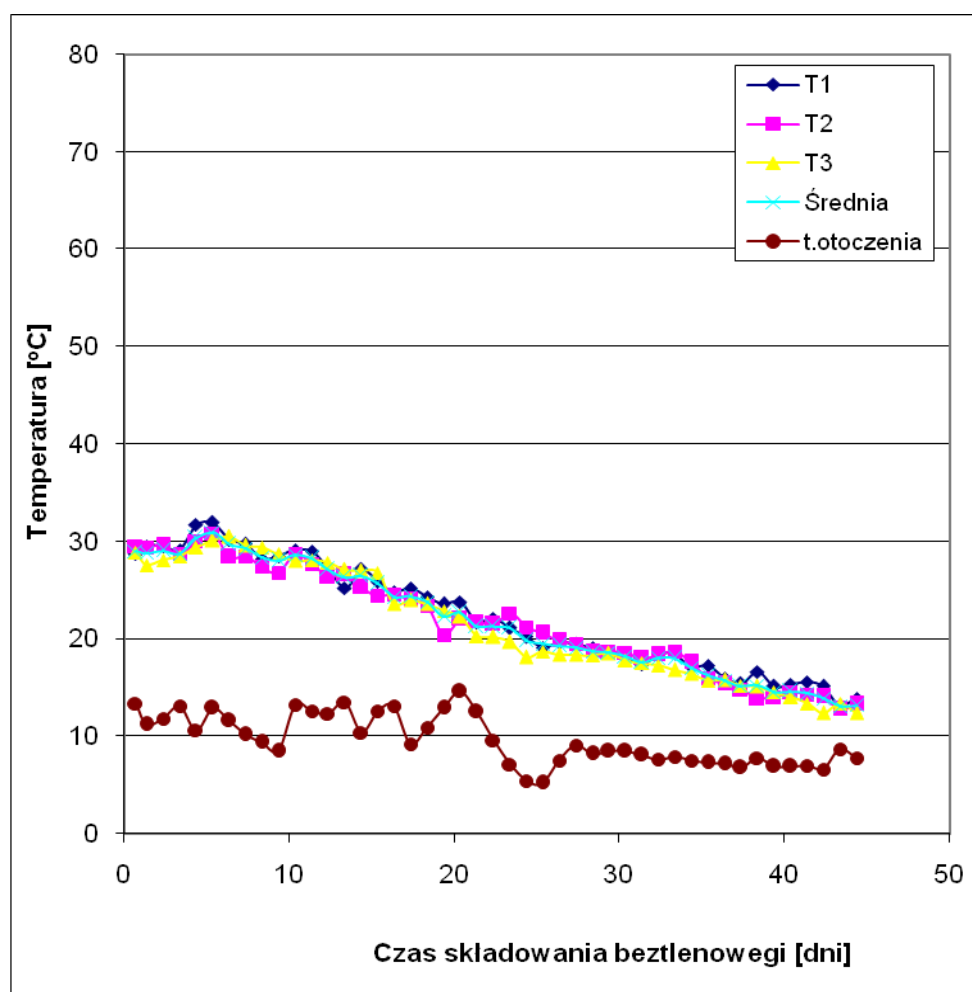
#### 4.1.2. Okres wiosenny

Inna dynamika zmiany temperatur miała miejsce w przyłomie kompostowanej w okresie wiosennym. Początkowa temperatura wynosiła 8°C, mimo wyższej temperatury otoczenia (rysunek 4.3), co spowodowane było prawdopodobnie silnie wiejącym wiatrem. Jednak już w 5 dniu od rozpoczęcia doświadczenia temperatura sięgnęła 70°C, wzrastając po kolejnej aeracji (rys. 4.3.).



Rys. 4.3. Dynamika zmiany temperatur w przyłomie OKW.

Zmiany temperatur w przyłomie obornika składowanego beztlenowo były podobne do tych zachodzących w okresie wiosennym. Już po kilku dniach temperatura osiągnęła wartość maksymalną. Dalej zaczęła spadać, coraz bardziej zbliżając się do temperatury otoczenia (rysunek 4.4.).



Rys. 4.4. Dynamika zmiany temperatur w pryzmie OSW.

#### 4.2 Zmiany wartości pH

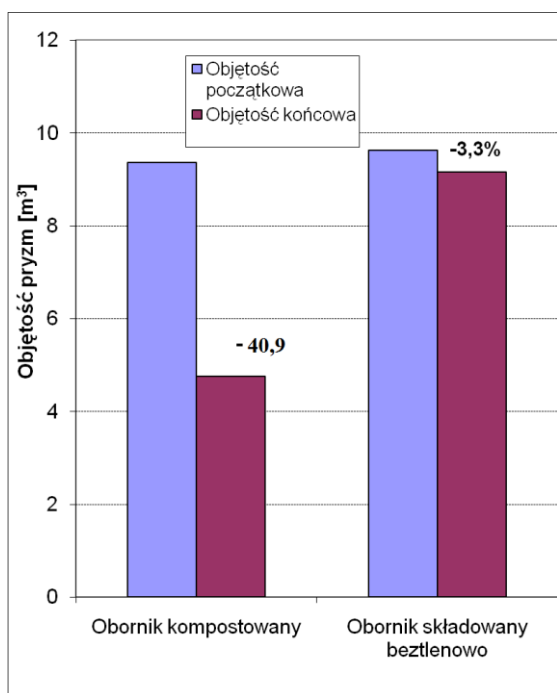
Wartość początkowa odczynu w pryzmie OKJ wynosiła 7,3 a w pryzmie OSB 7,4. Po zakończeniu doświadczenia prowadzonego w warunkach jesienno-zimowych, odczyn w kompoście wzrósł do wartości 8,4. Odmianowa sytuacja miała miejsce w pryzmie OSJ. Tam wartość pH obniżyła się do 7,0.

W momencie zakładania doświadczenia wartość pH w pryzmie OSW wyniosła 7,1, a w OKW 6,9. Dojrzały kompost OKW osiągnął pH 8,5, wskazując na środowisko zasadowe. Natomiast OSW po zakończeniu doświadczenia osiągnął wartość pH 7,2, co wskazuje na środowisko obojętne.

Niezależnie od pory roku, w której odbywało się kompostowanie, wartości pH osiągnęły podobne wartości (8,5 i 8,6). Jest to tożsame z wynikami innych badań m.in. Garcia de la Fuente i in. [16], w których autorzy uzyskali w finalnym kompoście na bazie obornika wartość pH równą 8,6.

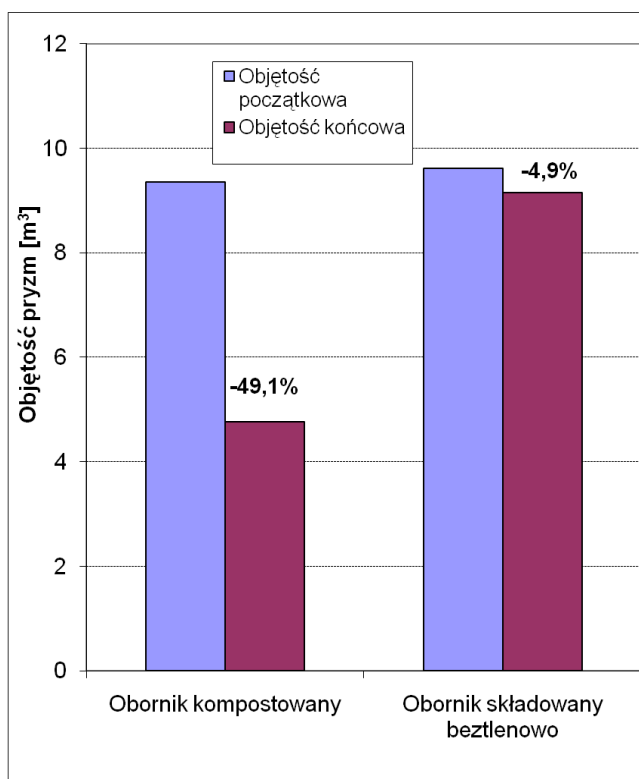
#### 4.3. Zmiany objętości pryzm

Zdecydowane zmniejszenie objętości pryzm w okresie jesiennym miało miejsce w pryzmach kompostowanych w warunkach tlenowych. Zmiana ta wynosiła aż 40,9% w stosunku do objętości początkowej. Proces ten był efektem rozkładu słomy i wydzielenia przede wszystkim pary wodnej. Z kolei objętość pryzmy składowanej beztlenowo po zakończeniu doświadczenia obniżyła się o 3,3% w stosunku do objętości początkowej, co było spowodowane mniejszym tempem rozkładu niż w przypadku kompostowania. Zmiany te przedstawione na rysunku 4.5.



Rys. 4.5. Zmiany objętości pryzm – okres jesienny

Zmniejszenie objętości pryzmy obornika poddanej kompostowaniu w okresie wiosennym było również bardzo zauważalne i wyniosło 49,1%, co świadczy o wysokim stopniu rozkładu substratu. Znaczące ubytki objętości określili w swoich badaniach m.in. Siebielska i Sidelko [17].



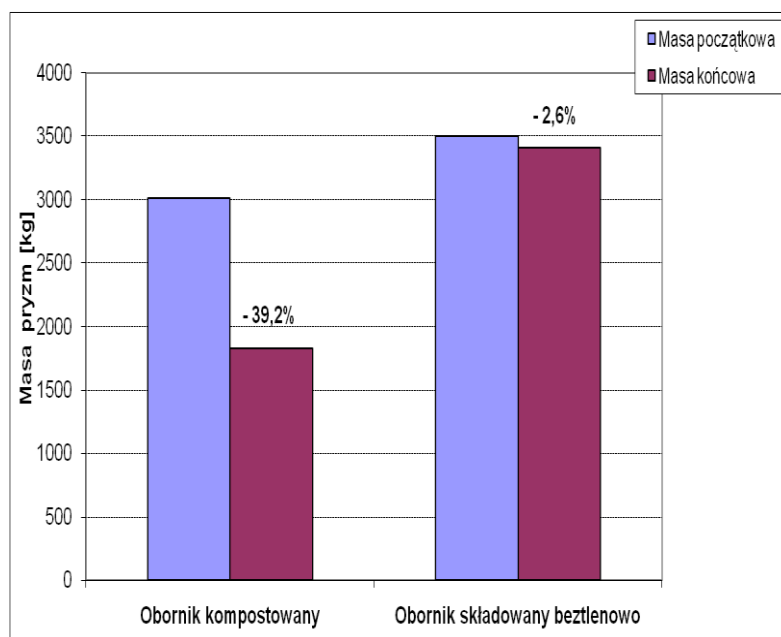
Rys. 4.6. Zmiany objętości pryzm – okres wiosenny



Objętość pryzmy składowanej beztlenowo wykazała niewielki spadek rzędu 4,9%. Niezależnie od warunków tlenowych składowania intensywniejsze zmniejszenie masy nastąpiło w pryzmach pochodzących z okresu wiosennego, co w ujęciu graficznym przedstawiono na rysunku 4.6.

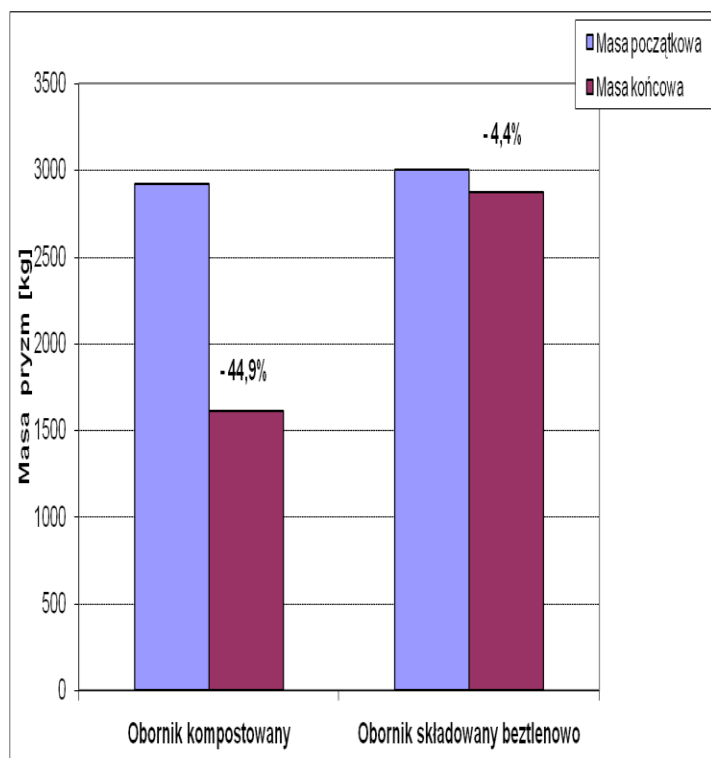
#### 4.4 Bilans masowy

W pryzmie obornika poddanej procesowi kompostowania w okresie jesiennym wykazano spadek masy o 39,2%. Była to znacząca zmiana świadcząca o prawidłowym przebiegu procesu [18]. Natomiast spadek masy w pryzmie, w której obornik był składowany beztlenowo, wynosił tylko 2,6% mimo tego, że pryzma ta była całkowicie ugnieciona w momencie rozpoczęcia doświadczenia. Zaistniałe zmiany przedstawiono na rysunku 4.7.



Rys. 4.7. Zmiany masy pryzm – okres jesienny.

Podobne tendencje odnotowano w materiale pochodzącym z okresu wiosennego. Pryzma OKW wykazała spadek masy o 44,9%, co spowodowane było dużym odparowaniem wody. Natomiast w oborniku składowanym w warunkach beztlenowych zanotowano ubytek masy tylko na poziomie 4,4% (rys. 4.8.). Podobnie jak w przypadku zmian objętości, zmniejszenie masy było intensywniejsze w okresie wiosennym, niezależnie od warunków składowania. Badania ubytku masy w trakcie procesu kompostowania zależne od pory roku prowadzili również Larney i in. [19]. Według autorów w dojrzałym kompoście masa spadła o 28,3 i 39,5 % w zależności od metody napowietrzania pryzm.



Rys. 4.8. Zmiany masy przyzm – okres wiosenny.

#### 4.5. Zmiany zawartości suchej masy

Niezależnie od sposobu obchodzenia się z obornikiem, w obu przyzmach pochodzących z okresu wiosennego odnotowano wzrost zawartości suchej masy w materiale. Największy, wynoszący 16,6 %, zauważono w przyzmię poddanej kompostowaniu (tab. 4.1.). Jak twierdzi Czekala [20], na zawartość suchej masy w kompoście znaczący wpływ ma okres trwania procesu kompostowania. W przyzmię składowanej beztlenowo wzrost ten był pięciokrotnie mniejszy (tab. 4.1.) niż w tej gdzie miało miejsce kompostowanie. Odmienna sytuacja miała miejsce w przyzmach z doświadczenia w okresie jesiennym. W przyzmię OKJ zanotowano wzrost suchej masy o 10,3%, a przyzma OSJ była jedyną, w której wystąpił spadek zawartości suchej masy wynoszący 1,3%.

Tabela 4.1. Tendencje zmian zawartości suchej masy w analizowanym materiale

Okres doświadczenia	Pryzma	s.m. początkowa	s.m. końcowa	zmiany s.m.
Okres jesienny	OKJ	24,9	35,2	+ 10,3
	OSJ	23,1	21,8	- 1,3
Okres wiosenny	OKW	27,6	44,2	+ 16,6
	OSW	28,1	31,5	+ 3,4

#### 4.6. Zmiany zawartości substancji organicznej

We wszystkich czterech przyzmach będących obiektem doświadczenia odnotowano spadek zawartości materii organicznej po zakończeniu doświadczenia (tab. 4.2.). Jej zawartość początkowa wynosiła od 892 (OSJ) do 925 (OKJ)  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej masy. Największy ubytek odnotowano w przyzmię OKJ, gdzie z  $925 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej masy jej wartość spadła do  $802 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej masy, czyli ubytek wyniósł 13,3%. Omawiane tendencje zmian zostały przedstawione w tabeli 3. Niezależnie od pory roku większy ubytek materii organicznej, a tym samym wzrost zawartości materii mineralnej, odnotowano w przyzmach poddanych kompostowaniu. Jest to spowodowane tym, że w podczas prawidłowo przebiegającego procesu kompostowania dochodzi do mineralizacji, czyli przejścia form organicznych w proste formy mineralne.

Tabela 4.2. Tendencje zmian zawartości materii organicznej w analizowanym materiale

Okres doświadczenia	Pryzma	Materia organiczna początkowa	Materia organiczna końcowa	Zmiana %
	g·kg <sup>-1</sup> suchej masy			
Okres jesienny	OKJ	925	802	- 13,3
	OSJ	892	869	- 2,6
Okres wiosenny	OKW	914	830	- 9,2
	OSW	872	840	- 3,7

#### 4.7. Zmiany zawartości azotu ogólnego, węgla organicznego, azotu amonowego oraz stosunku C/N w analizowanych pryzmach

Ogólna zawartość azotu, zarówno w okresie wiosennym, jak i jesiennym, była większa w początkowej fazie doświadczenia (niezależnie czy było to składowanie tlenowe czy beztlenowe) (tab. 4.3. i 4.4.). W warunkach składowania beztlenowego wystąpiły mniejsze straty azotu ogólnego podczas całego procesu. Ilość azotu jest jednym z najważniejszych parametrów determinujących możliwość rolniczego wykorzystania odchodów z produkcji trzody chlewnej [21]. Jednak zdaniem Czop (2011) należy szukać alternatywnych do rolniczego sposobów zagospodarowania tego typu odpadów, co wynika z faktu coraz bardziej rygorystycznych norm prawnych.

Tabela 4.3. Zawartość azotu ogólnego, węgla organicznego, azotu amonowego oraz stosunku C/N w analizowanych pryzmach z doświadczenia jesiennego.

Parametr	Jednostka	Pryzma	Wartość początkowa	Wartość końcowa
N <sub>og</sub>	g·kg <sup>-1</sup> s.m.	OKJ	20,6	17,7
		OSJ	21,4	19,4
C <sub>org</sub>		OKJ	485	385
		OSJ	431	429
N-NH <sub>3</sub>		OKJ	3,9	0,44
		OSJ	4,3	3,3
C/N	-	OKJ	23,54	21,75
		OSJ	20,14	22,11

Zawartość węgla organicznego w próbach z końcowego pobrania była niższa w porównaniu do ilości z początku doświadczenia, co związane było ze spadkiem materii organicznej w badanym materiale. Większe spadki wystąpiły w pryzmach poddanych przemianom tlenowym, co wynikało z częściowej mineralizacji związków organicznych.

Tabela 4.4. Zawartość azotu ogólnego, węgla organicznego, azotu amonowego oraz stosunku C/N w analizowanych pryzmach – okres wiosenny.

Parametr	Jednostka	Pryzma	Wartość początkowa	Wartość końcowa
N <sub>og</sub>	g·kg <sup>-1</sup> s.m.	OKW	18,8	17,1
		OSW	19,4	17,9
C <sub>org</sub>		OKW	465	387
		OSW	448	432
N-NH <sub>3</sub>		OKW	4,9	0,21
		OSW	4,7	3,9
C/N	-	OKW	24,73	22,63
		OSW	23,09	24,13

Zmiany azotu amonowego są ważnym parametrem świadczącym o przemianach azotu w kompostach. Wraz z trwaniem procesu kompostowania powinny następować ubytki tej formy pierwiastka. Tendencje takie wystąpiły w badanym materiale, a spadek zawartości tej formy azotu dla okresu wiosennego i jesiennego wyniósł odpowiednio 95,7% oraz 88,7%. Wysoka zawartość azotu amonowego w składowanym beztlenowo oborniku może być powodem silnej emisji amoniaku w trakcie rozrzucania na polu. Jak ustalili Banach i in. [9] obornik oraz inne odpady z produkcji trzody chlewnej charakteryzują bardzo dobre parametry nawozowe.

## 5. Wnioski

1. Temperatura kompostowanego obornika w pierwszych dniach gwałtownie wzrosła, co jest zjawiskiem pożądanym ze względu na unicestwienie patogenów. Fakt ten czyni dojrzały kompost bezpiecznym nawozem pod względem fitosanitarnym.
2. Niewielka zawartość azotu amonowego w kompoście dojrzałym stwarza możliwość jego stosowania jako nawozu bez konieczności natychmiastowego przyorania z obawy o straty azotu w formie amonowej.
3. Kompostowany obornik cechowały korzystniejsze właściwości niż obornik składowany w warunkach beztlenowych wyrażające się między innymi brakiem odorów i dobrym rozdrobnieniem. Właściwości te czynią kompost nawozem przydatnym do stosowania na gruntach ornych, łąkach i pastwiskach.
4. Stwierdzono mały wpływ temperatury otoczenia na przebieg procesu kompostowania, co czyni kompostowanie technologią do całorocznego stosowania.
5. W doświadczeniu wykazano, że do wyprodukowania dobrej jakości kompostu na bazie obornika w gospodarstwie można z powodzeniem wykorzystać rozrzutnik obornika, a zastosowana technologia ze względu na swoją prostotę i niskie koszty może być wdrożona do powszechnego wykorzystania jako alternatywa beztlenowego składowania obornika.

## Literatura

1. Bezdek R. H., Wendling R. M., DiPerna P., Environmental protection, the economy, and jobs: National and regional analyses, *Journal of Environmental Management* 2008, 86, 63–79.
2. Hargreaves J.C., Adl M. S., Warman P. R., A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2008, 123, 1–14.
3. Song K. Y., Li Y., Ouyang W., Hao F. H., Wei X. F., Manure Nutrients of Pig Excreta Relative to the Capacity of Cropland to Assimilate Nutrients in China, *Procedia Environmental Sciences* 2012, 13, 1846 – 1855.
4. Słobodzian-Ksenicz O., Kuczyński T., Houszka, H., Wpływ dodatków do ściółki słomianej na zawartość makroelementów w oborniku indyczym przed i po składowaniu, *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2007, 1, 107-114.
5. Sęk T., Przybył J., Eksploatacja maszyn i urządzeń do nawożenia organicznego, *Skrypt Akademii Rolniczej w Poznaniu*, Poznań 1996.
6. Gorlach E., Mazur T., *Chemia rolna*, Wyd. PWN, Warszawa 2001, 346.
7. Maćkwiak Cz., Żebrowski J., Skład chemiczny obornika w Polsce w zależności od gatunku i żywienia zwierząt oraz sposobu jego przechowywania, *Biuletyn Informacyjny IUNG* 2000, Nr 14, 15-21.
8. Ouédraogo E., Mando A., Zombré N. P., Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2001, 84, 259–266.
9. Banach M., Kowalski Z., Kwaśny J. 2011. Kompost na bazie odpadów z hodowli trzody chlewnej – ocena właściwości nawozowych. *Archiwum gospodarki odpadami i ochrony środowiska* 2011, Vol. 13, nr 3, 1-20.
10. Sołowiej P., Neugebauer M., Piechocki J. Wpływ dodatków i napowietrzania na dynamikę procesu kompostowania. *Inżynieria rolnicza* 2010, 5 (123), 259-265.
11. Czekala J., Sawicka A., Przetwarzanie osadu ściekowego z dodatkiem słomy i trocin na produkt bezpieczny dla środowiska, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 2006, t. 6 z. 2 (18), 41-50.

12. Mc Carthy G., Lawlor P. G., Coffey L., Nolan T., Gutierrez M. Gardiner G. E., An assessment of pathogen removal during composting of the separated solid fraction of pig manure, *Bioresource Technology* 2011, 102, 9059–9067.
  13. Kaiser M., L'analyse microbiologique des composts., *Compost Information* 1983, nr 13.
  14. Bernal M. P., Alburquerque J. A., Moral R., Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment, A review. *Bioresource Technology* 2009, 100, 5444–5453
  15. Finstein M. S., Miller F.C., MacGregor, S. T., Psarianos, K. M., The Rutgers strategy for composting: process design and control. 1985. EPA Project Summary, EPA 600/S2-85/059, Cincinnati, Ohio.
  16. Garcia de la Fuente R., Carrión C., Botella S., Fornes F., Noguera V., Abad M., Biological oxidation of elemental sulphur added to three composts from different feedstocks to reduce their pH for horticultural purposes, *Bioresource Technology* 2007, 98, 3561–3569.
  17. Siebielska I., Sidelko, Wpływ czasu trwania fazy gorącej kompostowania na usuwanie WWA, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN 2009, vol.58, tom 1, Lublin, 281-287.
  18. Gusiatin Z. M., Kulikowska D. Przemiany substancji humusowych, azotu oraz form metali ciężkich w osadach ściekowych kompostowanych w mieszaninie z odpadami ligninocelulozowymi, *Inżynieria Ekologiczna* 2012, Nr 28, 82-93.
  19. Larney F. J., Olson A. F., Carcamo A. A., Chang C, Physical changes during active and passive composting of beef feedlot manure in winter and summer. *Bioresource Technology* 2000, 75, 139-148.
  20. Czekala J. Zmiany wartości wybranych parametrów zachodzące podczas kompostowania kory sosnowej z roślinami, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 2012, Vol. 57(3), 41-46.
  21. Czop M. Potencjał biogeny odpadów z hodowli trzody chlewnej, *Archiwum gospodarki odpadami i ochrony środowiska* 2011, Vol. 13, nr 3, 53-64.9
-

