

# Doświadczenia w eksploatacji kompostowni odpadów zielonych na przykładzie Łodzi

*Bogdan Cieslikowski, Małgorzata B. Tomaszewska*

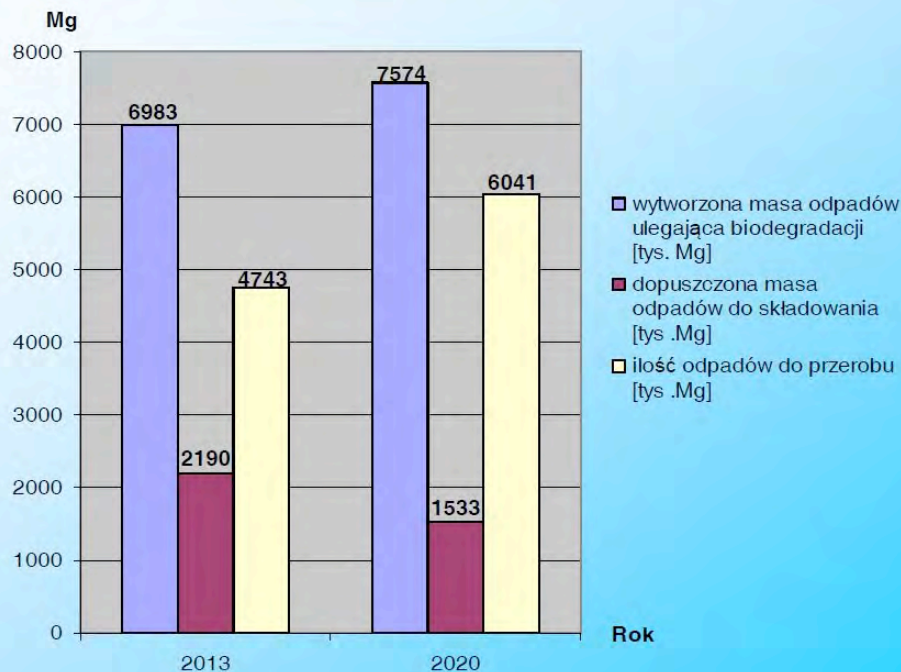
## **Wstęp**

Założenia gospodarki odpadami w Polsce reguluje Krajowy Plan Gospodarki Odpadami. Najważniejszymi zobowiązaniami Rzeczypospolitej Polskiej wynikającymi z członkostwa w Unii Europejskiej ujętymi w „Polityce Ekologicznej państwa na lata 2009-2012 z perspektywą do roku 2016” są:

1. osiągnięcie do 31 grudnia 2014r. odzysku na poziomie min. 60 % oraz recyklingu na poziomie min. 55% odpadów opakowaniowych
2. sukcesywne ograniczanie masy składowanych odpadów komunalnych ulegających biodegradacji począwszy od 75 % w 2010r., poprzez 50% w 2013r., aż do osiągnięcia w roku 2020 poziomu 35% w stosunku do masy tych odpadów wytwarzanych w 1995r.,
3. zebranie w 2012r. 25 % zużytych baterii i akumulatorów przenośnych ,a w 2016r., osiągnięcia poziomu zbierania 45% tych odpadów ,
4. zebranie w skali roku 4 kg na mieszkańca zużytego sprzętu elektrycznego pochodzącego z gospodarstw domowych.

Sukcesywne ograniczanie masy odpadów komunalnych może być realizowane na kilka sposobów. Jednym z nich jest stabilizacja biologiczna. Odpady mogą zostać poddane mechanicznemu frakcjonowaniu oraz biologicznym ( tlenowym i beztlenowym ) procesom stabilizacji ( kompostowanie, intensywna tlenowa biostabilizacja , fermentacja) w celu obniżenia zawartości rozkładanej materii organicznej w odpadzie, obniżenia jej podatności na zagniewanie , a co za tym idzie – przygotowania uzyskanego odpadu tzw. stabilantu, do bezpiecznego dla środowiska składowania. Realizowane to jest w instalacjach – kompostowniach odpadów zielonych. Wymagania wynikające z dyrektyw unijnych na najbliższą przyszłość zobowiązują kraje unijne do dalszych ograniczeń masy odpadów biodegradowalnych przeznaczonych do składowania, co zaprezentowane jest na poniższym diagramie.

## Wymagana redukcja składowania oraz przerób odpadów ulegających biodegradacji



Gospodarka odpadami komunalnymi w Łodzi realizowana jest zgodnie z „Planem gospodarki odpadami dla Miasta Łodzi – PGO- Łódź na lata 2009-2011 z perspektywą na lata 2012 – 2020”, w którym określone zostały cele główne i szczegółowe do osiągnięcia w gospodarce odpadami.

### Cele główne

- Zwiększenie udziału odzysku, w tym w szczególności odzysku energii z odpadów, zgodnego z wymaganiami ochrony środowiska.
- Zwiększenie ilości zbieranych selektywnie odpadów wielkogabarytowych oraz odpadów niebezpiecznych i budowlanych występujących w strumieniu odpadów komunalnych.
- Wyeliminowanie praktyki nielegalnego składowania odpadów.
- Zmniejszenie ilości odpadów unieszkodliwianych przez składowanie.

### Cele szczegółowe

- Zmniejszenie ilości odpadów komunalnych ulegających biodegradacji unieszkodliwianych przez składowanie. W stosunku do ilości tych odpadów wytwarzanych w m. Łodzi w roku 1995, zgodnie z zapisami krajowego planu

gospodarki odpadami z 2006 r., dopuszcza się do składowania następujące ilości odpadów ulegających biodegradacji: w 2010 r. nie więcej niż 75%, w 2013 r. nie więcej niż 50%, w 2020 r. nie więcej niż 35%.

- Zmniejszenie masy składowanych odpadów do max. 85% ilości odpadów wytwarzanych w roku 2014.

Plan ten zakłada maksymalne wykorzystanie mocy przerobowych istniejących już instalacji, w tym także kompostowni oraz dalszą rozbudowę systemu zagospodarowania odpadów.

### **Opis Miejskiej Kompostowni w Łodzi**

W 1994 r. powstała w Łodzi kompostownia pryzmowa do przerabiania odpadów pochodzenia roślinnego o wydajności 7 tys ton/rok, która była instalacją wybudowaną przez Miasto Łódź. Od początku jej istnienia kompostownią administrował zakład budżetowy – obecnie jest to Łódzki Zakład Usług Komunalnych. Zakład realizuje zadania własne Miasta w zakresie :

- gospodarki mieszkaniowej i gospodarowania lokalami użytkowymi
- dróg, ulic, mostów, placów oraz organizacji ruchu drogowego
- wodociągów i zaopatrzenia w wodę, kanalizacji , utrzymywania czystości i porządku oraz urządzeń sanitarnych , wysypiskami i unieszkodliwianiem odpadów komunalnych , zaopatrzeniem w energię cieplną
- targowisk i hal targowych
- zieleni gminnej i zadrzewień
- utrzymywania terenów rekreacyjnych i urządzeń sportowych
- cmentarzy komunalnych.

Kompostownia istnieje do chwili obecnej. Odpady są kompostowane systemem naturalnym w pryzmach przez okres 9 miesięcy. Do kompostowania używane są odpady z targowisk, trawa, gałęzie, liście i inne. Otrzymany kompost jest badany przez laboratorium Stacji Chemiczno - Rolniczej oraz EKO – SERWIS – Laboratorium badawcze, z oznaczeniem możliwości wykorzystania w rolnictwie i do rekultywacji gruntów. Z terenu kompostowni wywożony jest balast.

W kompostowni odpady układane są w pryzmy o wymiarach: szerokość podstawy pryzmy 4,0 ÷ 6,0 m, wysokość 2,0 ÷ 3,0 m, długość pryzm 40,0 m.

Na dole pryzmy układana jest warstwa 0,3 m materiału strukturalnego a następnie warstwa odpadów roślinnych (liście kapusty, buraków, nacie, bulwy ziemniaków, innych okopowych, zepsute owoce, trawa i liście z terenów miejskich (wszystko pozbawione zanieczyszczeń w ramach ręcznej segregacji balastu). Tak układane są kolejne warstwy a wierzch pryzmy pokryty warstwą odpadów zielonych. Budowa pryzmy odbywa się przy pomocy ładowarki

z łyżką lub chwytakiem. W miarę potrzeb następuje zwilżanie materiału. Raz w tygodniu wykonywany jest pomiar temperatury. Dane nawilżania, temperatury zapisywane są w formularzach.

Pryzmy oznaczone są tabliczkami z datą ich ułożenia i kolejnymi przesypaniami.

Dla gotowej partii kompostu wykonywane są badania pełne 2 razy w roku i niepełne dla każdej partii.

Na terenie kompostowni pracuje następujący sprzęt technologiczny:

1. Rozdrabniarka TIM SD-1000 - 1 sztuka do rozdrabniania materiału strukturalnego.
2. Przesiewacz kompostu TIM TS 2000.
3. Ładowarka typ 515 C, masa eksploatacyjna 8 490 kg, pojemność łyżki 1,53 m<sup>3</sup>

### **Ogólne zasady kompostowania.**

Kompostowanie jest procesem przerobu odpadów organicznych, w którym do rozkładu substancji organicznej wykorzystuje się drobnoustroje. Procesy występujące w przyrodzie intensyfikujemy przez rozwiązania techniczne stwarzając optymalne warunki dla przemian biologicznych.

Optymalne prowadzenie kompostowania zależy od licznych elementów:

- składu morfologicznego odpadów,
- frakcji podatnej na rozkład,
- odczynu pH i obecności związków toksycznych,
- aktywności mikroorganizmów,
- obecności związków organicznych, zawartości wody.

Wpływ na kompostowanie mają: temperatura otoczenia, intensywność napowietrzania, proces kompostowania, urządzenia przygotowujące odpady, czas prowadzenia procesu.

Procesy kompostowania zalicza się do procesów biogeochemicznych, wśród nich występują: mineralizacja, utlenianie, redukcja, przejścia w formy rozpuszczalne i lotne, absorbowanie substancji organicznych. Końcowym efektem przemian jest kompost dojrzały zawierający duże ilości związków humusowych.

Miasto Łódź, jako jedno z pierwszych w kraju otrzymało bezzwrotną pomoc finansową z Unii Europejskiej – Funduszu Spójności na realizację dużych projektów infrastrukturalnych, których celem jest ochrona środowiska zakresie oczyszczania ścieków i gospodarki odpadami.

Projekt „Gospodarka Odpadami Komunalnymi w Łodzi” Nr 2000/PL/16/P/PE/006

o wartości kosztów kwalifikowanych 18,213 mln EURO był realizowany w latach 2001-2009 przy 60% wsparciu finansowym z Funduszu Spójności.

W ramach tego projektu wybudowano kompleks do zagospodarowania odpadów składający się z sortowni i stacji przeładunkowej odpadów komunalnych, składowisko balastu oraz rozbudowano istniejącą kompostownię.

Rozbudowę kompostowni zakończono w 2005 r. Przeznaczono na ten cel 4,7 mln EURO. W dobudowanej części kompostowni odbywa się kompostowanie intensywne metodą M-U-T Kyberferm o wydajności 12 tys.ton/rok.

- Technika procesowa dla intensywnego kompostowania

Proces kompostowania można podzielić na fazę przygotowawczą, podstawową i końcową.

Faza przygotowania odpadów do kompostowania zawiera magazynowanie i składowanie odpadów wraz z ich bilansowaniem. Należy do nich ważenie i rejestrowanie dowożonych odpadów. Ważenie odbywa się w momencie wjazdu na teren kompostowni, na wadze samochodowej. Odpady magazynowane są w odpowiednich zasobniach - oddzielnie materiał strukturalny (drewno, krzewy, słoma).

Odpady łatworozkładalne są magazynowane nie dłużej niż 1 dobę, gdyż zapoczątkowane procesy beztlenowe wpływają hamująco na tlenowy przebieg kompostowania. Rozkładające się beztlenowo odpady wydzielają nieprzyjemne zapachy i są uciążliwe dla otoczenia.

Sortowanie stanowi fazę przygotowawczą odpadów do kompostowania. Jest procesem, w którym z odpadów wydziela się następujące substancje balastowe: metale żelazne i nieżelazne, szkło, stłuczkę szklaną i ceramiczną, tworzywa sztuczne, szmaty i tekstylia, inne typu gruz. Proces ten jest prowadzony ręcznie na taśmie sortowniczej i mechanicznie przez separatory i elektromagnesy. Do fazy przygotowującej do kompostowania należy rozdrabnianie. Rozdrabnianie ma duży wpływ na przebieg procesu podstawowego, gdyż przy większej powierzchni właściwej mikroorganizmy mają lepszy dostęp do substratów, lepszy jest też kontakt z tlenem i możliwość przyspieszenia dojrzewania.

Kompostowanie odpadów przebiega w warunkach sztucznych i naturalnych. Warunki sztuczne realizowane są w urządzeniach zamkniętych. Intensywne kompostowanie jest statyczne i dynamiczne. W zamkniętych bioreaktorach można prowadzić proces kompostowania przez okresowy system odsysania powietrza z nawilżaniem wodą procesową. Powietrze procesowe musi być oczyszczone dwustopniowo w płuczce wieżowej i filtrze biologicznym. Temperatura procesu w bioreaktorach prowadzona jest tak, aby umożliwić optymalną pracę dla bakterii mezofilnych odpowiedzialnych za rozkład substancji

organicznych szybko rozkładalnych. W tym przypadku temperatura powietrza poprocesowego wychodzącego do płuczki jest w granicach  $40 \div 44$  °C, przy wilgotności powietrza  $> 0,93$ , z równomiernym rozkładem wody w kompostowanych warstwach. Umożliwia to areobowe prowadzenie procesu i utrzymywanie stosunku wody do strat po prażeniu, w granicach 2,0.

- Dojrzewanie końcowe.

Dojrzewanie kompostu świeżego pochodzącego z intensywnego dojrzewania w bioreaktorach, odbywa się na utwardzonej powierzchni pod zadaszeniem. Ułożone do końcowego dojrzewania pryzmy są przerzucane przy pomocy specjalistycznej przerzucarki Topturn X53 wyposażonej w wózek do bocznego układania pryzm. Przerzucanie odbywa się, łącznie z nawilżaniem, przy pomocy mobilnego kołowrotu z węzłem doprowadzającym wodę do przerzucarki, które to procesy są ważne dla poprawienia prowadzenia dojrzewania w pryzmach. Nawilżanie odbywa się w zależności od stopnia rozkładu substancji organicznej. Zalecane jest zredukowanie nawilżania wraz z postępem dojrzewania kompostu, aż do całkowitego zaniechania w ostatniej fazie. Czas dojrzewania to ok.  $9 \div 10$  tygodni. Wózek stosowany jest do przesuwania pryzm w lewo lub w prawo, lub składania dwóch czy trzech pryzm w jedną, co pozwala na dalsze stworzenie optymalnych warunków dla rozkładu frakcji organicznej trudnorozkładalnej oraz lepszą gospodarkę powierzchnią pod zadaszeniem.

Faza końcowa dojrzewania kompostu polega na przygotowaniu dojrzałego kompostu dla odbiorców. Kompost jest doczyszczany, pakowany i przygotowany do ekspedycji. Mają tutaj zastosowanie następujące urządzenia: sito do kompostu, paczkowarka.

- Zastosowanie kompostu.

Kompost dojrzały może służyć:

1. Do nawożenia i wzbogacania gleb w rolnictwie, leśnictwie, ogrodnictwie, sadownictwie, na terenach zieleni miejskiej.
2. Do poprawienia jakości dróg oraz obiektów sportowo - rekreacyjnych i kształtowania krajobrazu.
3. Przy rekultywacji terenów np. składowisk odpadów.
4. Do wypełnienia filtrów biologicznych.

Kompost dojrzały jest ciemnobrunatny i silnie pochłania promienie słoneczne co poprawia ciepłość gleby. Kompost pochłania bardzo dużą ilość wody i może zwiększyć swoją objętość o  $40 \div 60\%$  więcej niż gleby rodzime, ponieważ żele wchodzące w skład kompostu pęcznią. Wraz ze zmianami wilgotności kompostu pęcznią lub kurczą się substancje humusowe,

ułatwiający dostęp wody i powietrza. Kompost może poprawić strukturę i warunki gleby lub zasilać ją substancjami nawozowymi. Kompost po zaoraniu wraz z glebą rodzimą ulega dalszemu próchniczemu rozkładowi aż do całkowitej mineralizacji, przechodząc w CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub> i inne. Największymi odbiorcami kompostu w rejonach zurbanizowanych są gospodarstwa warzywne, użytkownicy ogródków działkowych i przydomowych, zakłady zieleni miejskiej, gospodarstwa rolne. Na gruntach nawożonych kompostem najlepiej się rozwijają: buraki cukrowe i pastewne, szpinak, lucerna, kończyzna, pomidory, ziemniaki, gorzej rośliny strączkowe.

Do kompostowni przyjmowane mogą być następujące odpady:

- odpady BIO, z segregacji dualnej u źródła, z zespołów mieszkaniowych,
- odpady zielone z giełd warzywno-owocowych, z targowisk miejskich,
- materiał strukturalny z przedsiębiorstw ogrodniczych, z pielęgnacji parków, zieleńców, od indywidualnych dostawców, z pielęgnacji ogrodów przydomowych,
- odpady organiczne, frakcja 20-80 mm z sortowni odpadów komunalnych w Łodzi – na Lublinku
- sporadycznie osady pościekowe z GOŚ ŁAM jako osad zagęszczony, stabilizowany i odwadniany,
- ewentualnie okresowo można jako składniki uzupełniające wykorzystywać niektóre odpady przemysłowe typu wytloki, pulpy, wysłodki, z przemysłu spożywczego, korę, trociny, włosie, włókna naturalne.

Z doświadczeń eksploatacyjnych kompostowni wynika, że nie wszystkie ww. odpady zapewniają uzyskanie kompostu spełniającego wymagania prawne dla nawozu organicznego. Najlepsze efekty uzyskuje się stosując odpady zielone.

Zgodnie z katalogiem odpadów zamieszczonym w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 roku na terenie kompostowni kompostowane mogą być następujące odpady:

Kod	Rodzaj odpadu.
02	<i>Odpady z rolnictwa, sadownictwa i przetwórstwa żywności</i>
02 01 03	Odpadowa masa roślinna.
02 01 07	
02 03	<i>Odpady z przetwórstwa pochodzenia roślinnego - owoce i warzywa.</i>
02 03 04	Odpady nienadające się do spożycia.

03 01	Odpady z przetwórstwa drewna.
03 01 01	Odpady kory i korka.
19 05	<i>Odpady z tlenowego rozkładu odpadów stałych (kompostowania).</i>
19 05 01	Nieprzekompostowane frakcje odpadów komunalnych i podobnych. Nieprzefermentowane frakcje odpadów pochodzenia roślinnego. Kompost nieodpowiadający wymaganiom (nienadający się do wykorzystania)
19 0 502	
19 05 03	
19 08	<i>Odpady z oczyszczalni ścieków.</i>
19 08 05	<i>Ustabilizowane komunalne osady ściekowe.</i>
19 12 12	Inne odpady z mechanicznej obróbki odpadów.
20 01	<i>Odpady komunalne z frakcji gromadzonych selektywnie</i>
20 01 08	Odpady kuchenne ulegające biodegradacji.
20 02	<i>Odpady z ogrodów i parków.</i>
20 02 01	Odpady ulegające biodegradacji.
20 03	<i>Inne odpady komunalne.</i>
20 03 02	Odpady z targowisk.

### **Przyspieszone kompostowanie**

Przygotowana frakcja do kompostowania, załadowana jest do bioreaktorów żelbetowych, zamykanych w czasie intensywnego napowietrzania przy pomocy specjalnych bram rolkowych. Po zakończeniu fazy intensywnego dojrzewania świeży kompost jest usunięty z bioreaktorach i ułożony w przyzmacz w celu jego dalszego dojrzewania.

Dojrzewanie intensywne w bioreaktorach odbywa się w stałych optymalnych warunkach przez:

- zapewnienie średniej temperatury prowadzenia procesu – 42 °C,
- czas trwania cyklu 14 dni,
- średnia ilość dodawanej wody 1,4 m<sup>3</sup>/d,
- zagospodarowanie kondensatów (osadniki, zbiorniki retencyjne) ca 5 m<sup>3</sup>,
- całoroczne kondycjonowanie świeżego powietrza.

Prowadzenie procesu wg technologii MUT - Kyberferm (w oparciu o program komputerowy nadzorujący napowietrzanie, nawilżanie i pomiar temperatury) gwarantuje,



że w kompostowanym materiale nie powstaną procesy beztlenowe i nie będzie uwalniany metan.

Opis najważniejszych procesów kompostowania.

- Napowietrzanie wsadu.

Napowietrzanie wsadu odbywa się przez odciąganie powietrza od góry ku dołowi z uwzględnieniem fazy pracy i spoczynku, zaprojektowanych w 10 różnych cyklach. Cykle te sterowane są automatycznie w oparciu o stopień zaawansowania dojrzałości kompostu, czyli bilansowanie stopnia rozkładu frakcji organicznej. Powietrze doprowadzone do procesu w bioreaktorach żelbetowych pobierane jest z wnętrza hali, co prowadzi do jednoczesnego przewietrzania. Każdy z bioreaktorów wyposażony jest w perforowaną podłogę umożliwiającą jego przewietrzanie. Podłoga ta składa się z elementów ze stali nierdzewnej, umożliwiających poruszanie się po nich ładowarki. W elementach podłogi znajdują się otwory umożliwiające przepływ powietrza. Powietrze przepływające przez kompostowaną masę zaopatruje ją w tlen i odprowadza ciepło powstające w czasie napowietrzania. Ciepło to odprowadzane jest w formie nasyconej pary wodnej w czasie przemiennych cykli pracy i spoczynku. Temperatura powietrza procesowego w czasie normalnej pracy wynosi 42 – 46 °C, i stanowi najlepsze warunki dla pracy mikroorganizmów i maksymalnego rozkładu substancji organicznej. Powietrze odciągane jest przez rurociągi ułożone w podłodze. Powstające kondensaty odprowadzane są na zewnątrz instalacji przy pomocy tych samych rurociągów co powietrze procesowe. Dla każdego bioreaktora, na rurociągu zainstalowany jest łapacz kondensatu. Kondensat przez rurociąg zbiorczy odprowadzany jest do zbiornika wód poprocesowych. Za każdym łapaczem kondensatu zainstalowany jest pionowy rurociąg powietrza z pneumatycznie sterowanymi zasuwami zamykającymi, które sterują cyklem pracy i spoczynku. Na tym pionowym rurociągu mierzone są: ilości powietrza procesowego, ciśnienie, temperatura, relatywna wilgotność. Pojedyncze rurociągi schodzą się w rurociągu zbiorczym prowadzącym do głównego wentylatora napowietrzającego.

Pomiary świeżego powietrza wchodzącego do bioreaktorów mierzone są przy pomocy sensorów zamieszczonych w stacji meteorologicznej. W okresie zimowym dla przyspieszenia procesu dojrzewania, stosowana jest odboczka (bypass). Przy pomocy odpowiedniego sterowania ciepłe powietrze z pracującego bioreaktora przekazywane jest przez odboczkę przez 1- 2 dni do bioreaktora, w którym rozpoczyna się praca.

- Nawilżanie wsadu.

Prowadzony proces dojrzewania powoduje ubytek wilgotności w kompostowanej masie. Aby zapewnić optymalny przebieg procesu dojrzewania i maksymalny stopień rozkładu frakcji organicznej, kompostowany materiał należy odpowiednio nawilżyć. Nawilżanie prowadzone jest przy pomocy specjalnych rurociągów i dysz rozpryskujących. Zainstalowana w zbiorniku wód procesowych, pompa zaopatruje rurociągi wodne wyposażone w magnetyczne zawory sterujące podczyszczaną mechanicznie wodę procesową (ewentualnie z domieszką wody świeżej). Stąd doprowadzana jest do poszczególnych bioreaktorów. Przepływomierz przepuszcza odpowiednią ilość wody ustaloną przez program sterujący. W normalnych przypadkach jest to jednorazowe zraszanie w ciągu dnia. Woda do nawilżania doprowadzona jest przy pomocy rurociągów do dysz rozpryskujących. W ten sposób w bioreaktorach nawilżana jest cała powierzchnia wsadu.

Dzięki fazie pracy, umożliwiającej odsysanie powietrza od dołu dochodzi do efektu równoległego „wsysania” wody do kompostowanej masy. Powoduje to, że w kompostowanym materiale nie dochodzi do powstawania „przesuszonych gniazd”, które wpływają niekorzystnie na proces kompostowania. W takich miejscach zostaje zatrzymana faza intensywnego kompostowania. Świeży kompost z suchymi gniazdami wyjęty z bioreaktora na placu dojrzewania końcowego zaczyna pracować, co związane jest z powstawaniem nieprzyjemnych zapachów.

Ilość dodawanej wody uzależniona jest od stopnia rozkładu kompostowanej frakcji i jest określana indywidualnie dla każdego bioreaktora.

- Oczyszczanie powietrza procesowego.

Technologia M-U-T Kyberferm gwarantuje odciąganie powietrza procesowego nasyconego wilgocią i o odpowiedniej temperaturze. Pozwala to na zminimalizowanie ilości powietrza procesowego przekazywanego do atmosfery. Oczyszczanie powietrza procesowego przebiega dwustopniowo: na mokro w płuczce i w filtrze biologicznym. Płuczka wykonana jest jako wieża absorpcyjna z pionowym przepływem oczyszczonego powietrza. Uzyskuje się 100% nasycenie powietrza parą wodną dzięki wytwarzanej w płuczce mgłę wodnej. Takie rozwiązanie zapobiega wysychaniu filtra biologicznego. Dla wyłapania i wytrącenia znacznych związków amoniaku znajdujących się w powietrzu procesowym, do płuczki dodaje się neutralizujące roztwory chemiczne. Do obiegu wody wytwarzającego w płuczce mgłą wodną dodawany jest przygotowany wcześniej roztwór kwasu siarkowego. Kwas siarkowy przechowywany jest w specjalnym zbiorniku. Doprowadzenie kwasu siarkowego do płuczki

sterowane jest przy pomocy pompy dozującej i systemu rurociągów. Powstający w czasie pracy płuczki osad jest przepompowywany do betonowego zbiornika, i jest wykorzystany jako nawóz do rolniczego wykorzystania.

Filtr biologiczny, który eliminuje nieprzyjemne zapachy występujące w powietrzu poprocesowym, jest wykonany jako betonowy filtr powierzchniowy niskoobciążony. Oczyszczane powietrze rozprowadzone jest w biofiltrze przy pomocy ułożonych w kanałach rurociągach przykrytych perforowanymi płytami. Po płytach tych jeździ ładowarka, co pozwala na bezproblemową wymianę masy kompostowej filtrującej. Cykliczność wymiany masy w biofiltrze uzależniona jest od obciążeń chemicznych materiału. Wymieniona frakcja materiału jest badana pod względem przydatności, jako kompost. Może być użyta na składowiskach, w przypadku występowania związków chemicznych uniemożliwiających jej rolnicze wykorzystanie. Wymiana frakcji wsadu w biofiltrze powinna następować średnio co 2 lata albo częściej, gdy wsad jest zużyty. Jako wkład filtrujący stosuje się mieszanę kompostu z materiałem strukturalnym i korą drzewną. Duża powierzchnia filtra zapewnia jego niskie obciążenie powierzchniowe. Płuczka i biofiltr gwarantują wysoki stopień oczyszczania, a tym samym małe obciążenie środowiska nieprzyjemnymi zapachami. Najważniejszym zadaniem płuczki jest obniżenie obciążenia zapachowego powietrza procesowego, co szczególnie może wystąpić przy kompostowaniu osadów. W takim przypadku zachodzi konieczność dodawania kwasu siarkowego, a ubocznym produktem oczyszczania jest powstający siarczan amonu. Siarczan amonu usuwany jest przy pomocy wozów asenizacyjnych. Kompostowanie odpadów BIO i odpadów zielonych nie wymaga dodawania kwasu siarkowego.

- Sterowanie procesem kompostowania.

Sterowanie procesem dojrzewania odbywa się zgodnie z opatentowaną technologią M-U -T – Kyberferm przy pomocy procesora. Każdy z bioreaktorów sterowany jest oddzielnie.

Na bazie pomiarów ilości powietrza procesowego, jego ciśnienia, temperatury i wilgotności, oraz parametrów i wilgotności materiału wsadowego, procesor ustala bilans rozładunku części organicznej szybko rozkładalnej. Jest to podstawą sterowania procesem, który polega na dodawaniu wody i powietrza oraz ustalaniu cykli pracy i spoczynku. Program sterowania jest elastyczny i może być dostosowany do higienizacji wsadu prowadzonej w wyższych temperaturach (np. 60 °C utrzymywane przez 4 dni). Możliwe jest to przy pomocy prowadzenia cyklu odsysania opartego na temperaturze wsadu. Kontrolę temperatury umożliwia termometr połączony z procesorem. Zapobieganie wydostawaniu się nieprzyjemnych zapachów przy wieloetapowym załadowywaniu jest możliwe przez

częściowe przewietrzanie. Przed rozpoczęciem procesu kompostowania wprowadza się do komputerowego programu dane: wagę i ilość mokrej masy materiału. Faza startowa obejmuje 2 dni i przechodzi w normalne automatyczne sterowanie. Wszystkie procesy w pojedynczych bioreaktorach są ukazywane na monitorze. Można kontrolować przebieg procesu i wprowadzać do programu potrzebne korekty. Rozkład frakcji masy ukazywany jest na monitorze i jest drukowany w postaci dokumentu.

Dla 10 bioreaktorów jest 1 biofiltr o powierzchni 205 m<sup>2</sup>.

W wyposażeniu bioreaktorów występują:

- płyty perforowane ze szlachetnej stali, zbiorniki na kondensat, niskie wyjmowane drzwi, segmentowe termometry,
- system napowietrzający z rurociągami, klapami, głównym wentylatorem, płuczką powietrza procesowego,
- stacja dozowania chemikaliów, wentylator pomocniczy w płucce, rurociągi powietrza.
- system „odboczek”, klapy, system odprowadzania kondensatu, i nawilżania, rurociągi, pompa do nawilżania, stacja kompresorów i rurociągi sprężonego powietrza, elektryczne sterowanie instalacją.

Moc zainstalowana ok. 70 KW, zużycie 54 kW.

Napięcie sieciowe – 3 x 400 V/ 415V, 50 Hz.

Napięcie sterujące – 220 V AC.

Zabezpieczenie – zerowanie.

- system sterowania z oprogramowaniem, połączeniami modemowymi, okablowaniem.

Dziennie załadowywany jest 1 bioreaktor.

- *Zakres wyposażenia*

Dla kompostowni w Łodzi o wydajności 12 000 t/r pracuje 10 stacjonarnych bioreaktorów żelbetowych. Codziennie jeden bioreaktor jest załadowywany oraz jeden wyładowywany. Czas kompostowania w bioreaktorze wynosi 14 dni (10 dni roboczych).

Wymiar bioreaktora:

- szerokość – 4,0 m,
- długość – 9,5 m,
- wysokość – 4,0 m,

Bioreaktory mają konstrukcję w formie żelbetowej skrzyni, w której wydzielono 10 bioreaktory. Bioreaktory ustawione są razem we wspólnej hali przygotowania wsadu i kompostowania.

## Dojrzewanie końcowe

Po zakończeniu intensywnego kompostowania w bioreaktorach ładowarka przewozi kompost na pole dojrzewania w przyzmach, usytuowane pod wiatą w konstrukcji stalowej. Wiata ta jest przeznaczona dla dojrzewania końcowego kompostu. Szerokość wiaty w osi słupów 28,0 m, długość wiaty  $2 \times 36 \text{ m} + 15 \text{ m} = 87 \text{ m}$ , wysokość 6 m. Podłoże wiaty jest uszczelnione, utwardzone z odwodnieniem. Po przewiezieniu ładowarką świeży kompost zostaje wysypany na plac i układany w przyzmy. Nośność nawierzchni taka, aby mógł się po niej poruszać ciężki sprzęt: ładowarka i przierzucarka kompostu.

Przerzucarka Topturn X53 odpowiednio przerzuca kompost tworząc w wiacie podłużne przyzmy o przekroju trapezowym. Wymiary formowanej przyzmy: szerokość u podstawy 5 300 mm, wysokość przyzmy do 2 200 mm. Ułożona przyzma zostaje ponownie przerzucona - średnio 1 raz/tydzień i w czasie przerzucania jest nawilżona. W czasie dojrzewania przyzmy zmniejszają swoją objętość. Przerzucarka wykorzystuje do tworzenia nowych przyzmy wózek boczny - na lewo i prawo od likwidowanej przyzmy. Przerzucarka wyposażona jest w instalację do nawilżania w tym wysięgnik, kołowrót, wąż spiralny i przyłącza.

Woda do nawilżania to zwracana woda odciekowa ze zbiornika, z możliwością uzupełniania świeżą wodą. W pobliżu wiaty są odpowiednie zawory czerpalne.

Zalecane jest zredukowanie nawilżania wraz z postępem dojrzewania kompostu, aż do całkowitego zaniechania w ostatniej fazie prowadzenia procesu rozkładu.

Zalecana długość dojrzewania wraz z dojrzewaniem końcowym 9 - 10 tygodni.

Przerzucarka posiada listwę zdzierającą do zaciśniętej warstwy spodniej kompostu, aby nie powodować jej zagniwania. Po okresie 4 tygodni kompost zostanie przesiany i złożony do dalszego leżakowania na okres 6 tygodni, gdzie w razie potrzeby można go nawilżać i przerzucać.

Produktem kompostowania jest nawóz organiczny pod nazwą „Próchniaczek”, który został dopuszczony do obrotu przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi decyzją Nr 186/07 z dnia 02 lipca 2008r. wraz ze zmianą decyzją Nr 186a/09 z 09 stycznia 2009r. wydaną Łódzkiemu Zakładowi Usług Komunalnych w Łodzi.

Decyzja określa następujące wymagania jakościowe nawozu:

- zawartość azotu całkowitego – co najmniej 0,5 % (m/m)
- zawartość potasu w przeliczeniu na  $K_2O$  – co najmniej 0,3 % (m/m)
- zawartość substancji organicznej w suchej masie – co najmniej 30 % (m/m)

Systematycznie wykonywane są badania kompostu przez EKO- SERVICE w Łodzi( w zakresie stanu sanitarnego) i Okręgową Stację Chemiczno- Rolniczą w Łodzi( w zakresie

makroskładników i metali ciężkich) . Badania wykonuje się na obecność jaj pasożytów jelitowych, obecność bakterii z rodzaju Salmonella , sprawdza się odczyn PH w H<sub>2</sub>O, zawartość suchej masy, substancji organicznej C organicznego, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Pb ,Cd, Cu, Cr, Zn ,Hg . Regularnie badane są próbki badanych ścieków ze studzienki kontrolno-pomiarowej na terenie kompostowni.

Wartości średnie wszystkich oznaczanych parametrów są w granicach dopuszczalnych norm.

W załączeniu przykładowe badania kompostu z ostatniego okresu.

Odpad powstający w procesie kompostowania o kodzie 19 05 03 tzw. „ kompost nie spełniający wymagań” przekazywany jest do rekultywacji składowiska odpadów w Łodzi przy ul. Kasprowicza (składowisko Nowosolna).

Systematycznie zwiększa się ilość odpadów zielonych dostarczanych do kompostowni. Przyczyniają się do tego programy edukacyjne, prowadzone przez Miasto, mające na celu nauczenie mieszkańców właściwego postępowania z odpadami. Jednym z nich jest program „Liść” realizowany jesienią. W ramach programu mieszkańcy naszego miasta mogą nieodpłatnie gromadzić liście i trawy z prywatnych posesji w określonych punktach miasta, skąd odpady te dowożone są do kompostowni. Mieszkańcy mogą również dowozić odpady własnym transportem do kompostowni, gdzie nieodpłatnie jest przyjmowane nawet do 5 worków z odpadami zielonymi od mieszkańca. Odpady zielone przyjmowane są także nieodpłatnie do Punktu Dobrowolnego Dostarczania Odpadów przy ul. Zamiejskiej 1 w Łodzi.

Ilość produkowanego kompostu od czasu uruchomienia kompostowni bioreaktorowej gwałtownie rosła w okresie 2006 r. do 2008 r., od tego czasu do chwili obecnej utrzymuje się na zbliżonym poziomie ok. 11 tys. ton w roku.

Nawóz organiczny sprzedawany jest luzem na wagę oraz konfekcjonowany w 20 kg workach.

Sprzedż wyprodukowanego nawozu organicznego systematycznie wzrasta.

Rok	Sprzedż kompostu [Mg]
2005	1628,28
2006	2098,51
2007	3262,52
2008	5053,71
2009	4794,95
2010	5750,11

Do wzrostu sprzedaży nawozu organicznego przyczyniają się akcje promocyjne mające zachęcić potencjalnych nabywców do jego zakupu. W ramach promocji kolportowane są ulotki informacyjne, emitowane spoty radiowe, a także podczas targów dla działkowców rozdawane są zainteresowanym nieodpłatnie próbki z kompostem. W przyszłości dla zapewnienia wykorzystania całego wyprodukowanego kompostu planuje się szersze stosowanie kompostu przy urządzeniu zieleni miejskiej w parkach i pasach drogowych.

Dla zapewnienia dalszej redukcji odpadów ulegających biodegradacji wytwarzanych w Łodzi planowana jest dalsza rozbudowa systemu zagospodarowania odpadów komunalnych. W opracowanym Studium Wykonalności Projektu Gospodarka odpadami komunalnymi w Łodzi - faza II wskazano na konieczność uzupełnienia istniejących w Łodzi instalacji o instalację termicznego przekształcania odpadów komunalnych o wydajności 200 tys. ton/rok. Miasto planuje na jej budowę wykorzystać dofinansowanie ze środków Funduszu Spójności w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko. Instalacja ta skutecznie zapewni redukcję składowania odpadów ulegających biodegradacji.

### **Podsumowanie**

1. Dzięki technologii kompostowni w żelbetowych bioreaktorach, proces powstawania kompostu uległ trzykrotnemu skróceniu w stosunku do tradycyjnego kompostowania przyzmoowego.
2. Jakość produkowanego nawozu organicznego uległa poprawie, o czym świadczy uzyskanie w 2007 roku decyzji Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi na wprowadzenie do obrotu nawozu organicznego o nazwie „Próchniaczek”.
3. Konieczne jest dalsze prowadzenie akcji i programów edukacyjno – ekologicznych propagujących selektywną zbiórkę odpadów kierowanych do kompostowni.
4. Konieczne jest kontynuowanie akcji propagujących stosowanie nawozu organicznego wyprodukowanego w kompostowni, do urządzenia zieleni miejskiej oraz w uprawach ogrodniczych.
5. W celu dalszej redukcji składowania odpadów ulegających biodegradacji niezbędne jest wzbogacenie łódzkiego systemu instalacji do zagospodarowania odpadów o instalację termicznego przekształcania odpadów komunalnych.

## LITERATURA

1. Opracowanie „Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014 – założenia dotyczące selektywnego zbierania, segregacji i recyklingu w Polsce”, doc. dr Lidia Sieja, Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, Katowice z marca 2011r.).
2. Studium Wykonalności Projektu „Gospodarka Odpadami Komunalnymi w Łodzi- faza II”
3. Opracowania własne ŁZUK



Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**WASTE MANAGEMENT**, Volume 2

Waste Management, Recycling, Composting, Fermentation,  
Mechanical-Biological Treatment, Energy Recovery from Waste,  
Sewage Sludge Treatment

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Luciano Pelloni.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2011

ISBN 978-3-935317-69-6

ISBN 978-3-935317-69-6 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky  
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2011

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M. Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Janin Burbott

Erfassung und Layout: Janin Burbott, Petra Dittmann, Sandra Peters,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.