

ALFRED NOLEPA\*

MARTA BOŻYM\*\*

## Techniki przetwarzania odpadów ze szczególnym uwzględnieniem osadów ściekowych

**Słowa kluczowe:** odpady komunalne, osady ściekowe, biodegradacja, paliwa alternatywne.

Obecnie zauważa się intensywny rozwój technologii związanych z gospodarką odpadami. Głównie dotyczy to zmian jakie zaszły w składowaniu odpadów. Składowanie jest wciąż głównym sposobem zagospodarowania odpadów w naszym kraju. W pracy przedstawiono przegląd wybranych kierunków w zagospodarowaniu odpadów, takich jak odzysk surowców wtórnych, biologiczne przetwarzanie, termiczne przetworzenie czy składowanie.

### 1. Wstęp

Prognoza wytwarzania odpadów komunalnych zawarta w Krajowym planie gospodarki odpadami [1] przewiduje, że ilość odpadów ulegających biodegradacji, poddanych odzyskowi i unieszkodliwianiu, będzie w kolejnych latach wzrastała. W planie zaleca się selektywne zbieranie odpadów oraz stosowanie mechaniczno-biologicznego przetwarzania (MBP) frakcji biodegradowalnej dla obszarów, na których mieszka 150–300 tys. osób. Przewiduje się, że w Polsce w celu osiągnięcia wymaganych poziomów redukcji ilości i jakości składowanych odpadów komunalnych znacznie wzrośnie liczba instalacji MBP. Wytyczne wprowadzają pojęcie stabilizatu, który jest nowym typem odpadu, powstałym w wyniku stabilizacji tlenowej lub beztlenowej. Stabilizat nie będzie mógł być nazywany kompostem wówczas, gdy nie spełni wymagań stawianych nawozom organicznym czy środkiem wspomagającym uprawę roślin. Stabilizat będzie mógł być składowany, gdy spełni wymagania zawarte w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki

---

\* Inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu.

\*\* Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu.

i Pracy z 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach odpadów danego typu [2].

## 2. Przetwarzanie odpadów komunalnych

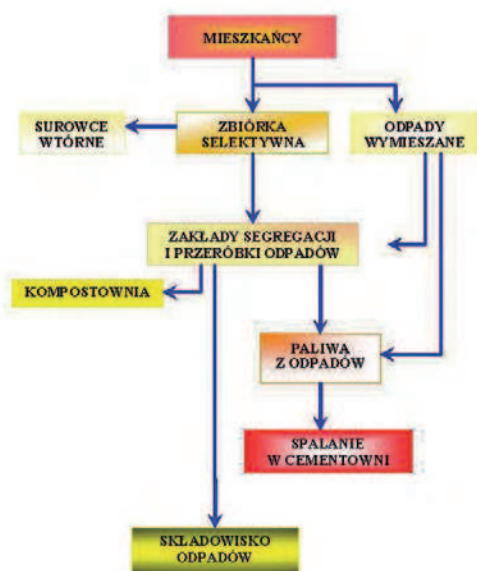
Zgodnie z założeniami Krajowego planu gospodarki odpadami [1] w okresie 2010–2013–2020 ilość odpadów biodegradowalnych, deponowanych na składowiskach, powinna zmniejszać się proporcjonalnie w kolejnych latach. W stosunku do roku bazowego 1995 ilość odpadów składowanych powinna zmniejszyć się do 75% w 2010 r., do 50% w 2013 r., uzyskując ostateczną redukcję ilości rzędu 35% w 2020 r.

Obecnie głównym sposobem zagospodarowania odpadów komunalnych jest ich zbiórka w postaci wymieszanej i deponowanie na składowisku, czego prawo jednak zabrania. Wiele jednostek, mając to na uwadze, rozpoczęło przetwarzanie części odpadów, ograniczając w ten sposób ilość odpadów przewożonych na składowisko.

Od 1 stycznia 2013 r. będzie zabronione składowanie odpadów, które nie spełnią odpowiednich warunków jakościowych, takich jak zawartość TOC < 5%, straty prażenia < 8%, ciepło spalania < 6000 kJ/kg [2]. Oznacza to, że odpady przed składowaniem będą musiały zostać posegregowane i poddawane przetworzeniu. Krajowy plan gospodarki odpadami [1] zakłada dwie metody osiągnięcia wymienionych celów, to jest mechaniczno-biologiczne przetwarzanie lub przekształcenie termiczne. Zgodnie z planem

nowoczesna gospodarka odpadami powinna zawierać następujące etapy postępowania (ryc. 1):

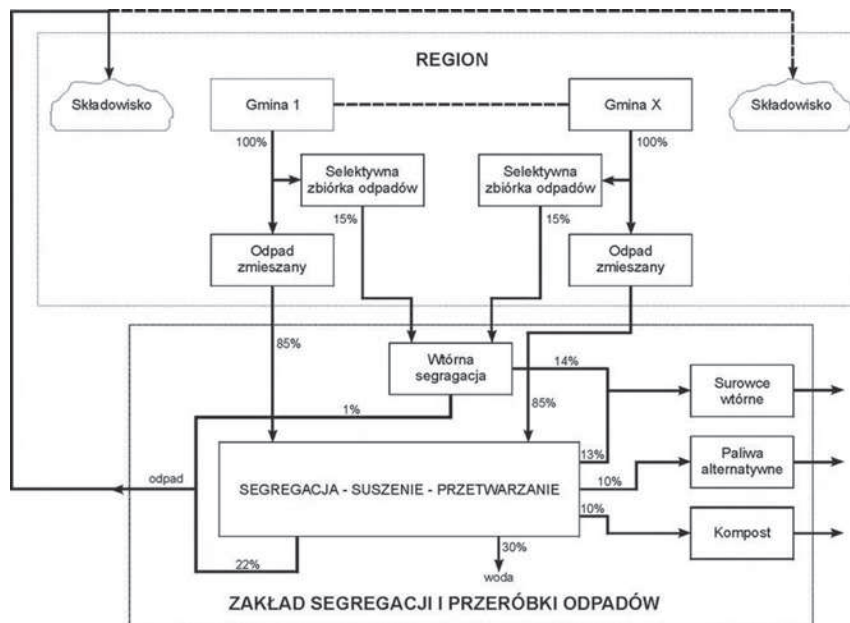
- zorganizowana zbiórka odpadów wymieszanych do specjalnych pojemników,
- selektywna zbiórka odpadów – worki, pojemniki – odzysk materiały lub recykling,
- przekazanie do zakładu segregacji i przetwarzania odpadów (ZSPO),
- odzysk energetyczny – paliwa alternatywne, biogaz,
- mechaniczno-biologiczne przetwarzanie frakcji biodegradowalnej
- kompostowanie, fermentacja,



Ryc. 1. Schemat procesu segregacji i przeróbki odpadów komunalnych [3]

- spalanie odpadów w zawodowych spalarniach (lub cementowniach),
- deponowanie pozostałości na składowisku.

Głównym elementem procesu zbiórki, przetwarzania, zagospodarowania i unieszkodliwiania jest zakład segregacji i przetwarzania odpadów (ZSPO). Gromadzone w gminach odpady, które dotychczas wywożone były przez zakłady gospodarki komunalnej na przynależne składowiska odpadów, będą dostarczane do regionalnego zakładu segregacji i przetwarzania. Po zważeniu na wadze pomostowej dostarczone odpady gromadzone będą w jednym z dwóch boksów magazynu odpadów mieszanych. Boksy będą zasilane podajnikiem wibracyjnym sitowym, co pozwoli na wydzielenie drobnej frakcji mineralnej (popiół, ziemia, itp.). W tym czasie można usunąć wielkogabarytowe elementy metalowe lub drewniane, które mogą być dostarczone z odpadami do ZSPO. Boksy magazynowe będą zaopatrzone w ruchome dno (napęd hydrauliczny), za pomocą którego odpad zostanie przetransportowany do transportera stalowo-członowego, zasilającego urządzenie do rozdrabniania. Po rozdrobieniu materiał będzie dostarczony transporterem taśmowym wyposażonym w elektromagnes do separatora pneumatycznego, w którym zostaną wydzielone lekkie i ciężkie frakcje oraz metale żelazne. Lekkie frakcje (palne), takie jak części organiczne, tworzywa sztuczne i papier, kierowane będą do suszarni pneumatycznej. W wyniku suszenia gorącymi gazami, odpad powinien osiągnąć wilgotność poniżej 10%. Lekkie frakcje mogą być wykorzystane jako paliwo alternatywne. Natomiast frakcje

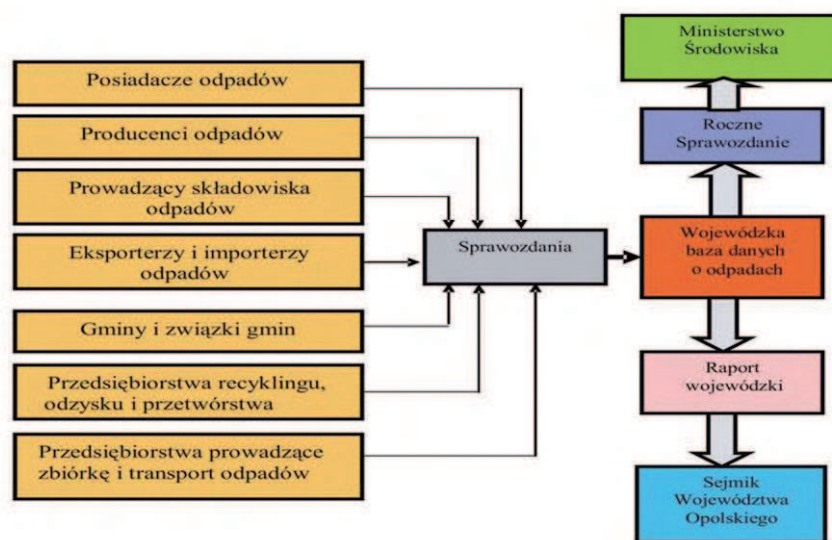


Ryc. 2. Bilans odpadów w systemie segregacji i przetwarzania odpadów [3]

ciężkie (szkło, gruz, odpady gumowe i inne) powinny zostać poddane procesowi przesiewania na sicie obrotowym i dalszej segregacji. Pozostałość, która nie nadaje się do termicznej utylizacji, zostanie skierowana do kompostowania. Zakłada się, że dzięki takiemu przetworzeniu jedynie 30% zebranych odpadów będzie podlegać składowaniu. Planuje się, że po następnych etapach rozbudowy ZSPO o nowe węzły przetwarzania ilość składowanych odpadów spadnie poniżej 20%. Dla każdego regionu będzie musiał zostać opracowany system logistycznego zarządzania gospodarką odpadami.

Dla województwa opolskiego, dzięki selektywnej zbiórce, zakłada się 15-procentowy odzysk odpadów, kolejne 14% w formie surowców wtórnych pozyskiwanych w ZSPO, 10% jako surowce energetyczne, 10% jako biomasa. Na rycinie 2 przedstawiono schemat przepływu podstawowych strumieni odpadów w systemie kompleksowej gospodarki odpadami komunalnymi.

Ważnym elementem systemu gospodarki odpadami jest informacja o jego funkcjonowaniu (ryc. 3). Realizuje się to poprzez nałożenie obowiązku prowadzenia ewidencji i sprawozdawczości na poszczególne podmioty wytwarzające, odzyskujące, transportujące i unieszkodliwiające odpady. Sprawozdania te są kierowane do Urzędu Marszałkowskiego, który prowadzi Wojewódzki System Odpadowy (WSO). Roczne sprawozdanie z WSO jest przekazywane do Centralnej Bazy Odpadowej w Ministerstwie Środowiska w Warszawie.



Ryc. 3. Schemat przepływu informacji o gospodarowaniu odpadami w województwie opolskim [4]

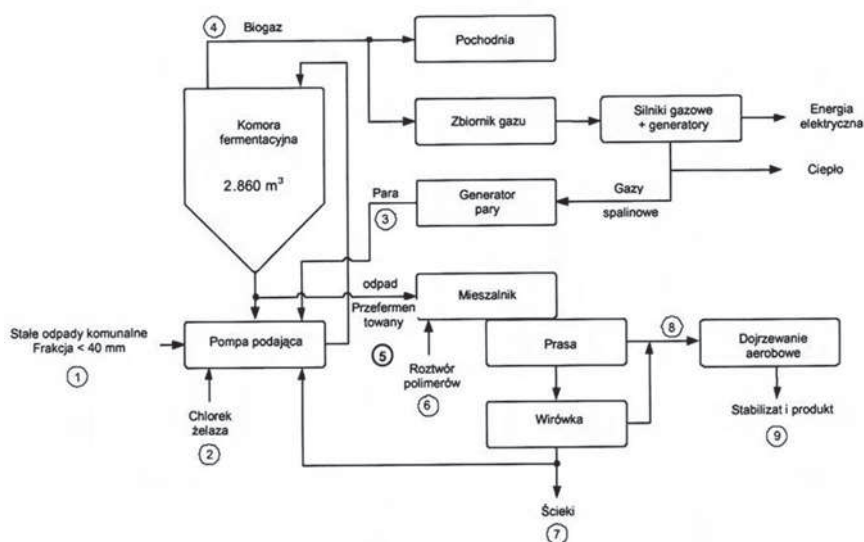
## 2.1. Przetwarzanie mechaniczno-biologiczne

Proces mechaniczno-biologicznego przetwarzania polega na mechanicznym odseparowaniu części biodegradowalnej ze strumienia odpadów, a następnie przetworzeniu biologicznym łatwo rozkładalnej materii organicznej. Mechaniczno-biologiczne przetworzenie odpadów może zachodzić w warunkach beztlenowych (fermentacja) lub tlenowych (kompostowanie). Przykładem technologii mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów jest opracowana w Austrii przez firmę MUT metoda kontenerowego przetworzenia odpadów. Została ona zaadaptowana w kompostowni odpadów MUT-DANO w Katowicach. W pierwszym etapie oddziela się metal, plastik i szkło. Właściwy proces przebiega w stabilizatorach, w których dochodzi do homogenizacji, mineralizacji i higienizacji odpadów. Po biostabilizacji, masa poddawana jest trzystopniowemu oczyszczeniu na sitach. Następnie całość przenosi się na przyzmy kompostowe, gdzie prowadzony jest proces dojrzewania (4–6 miesięcy). Produkt poddawany jest analizie na zawartość organizmów chorobotwórczych oraz metali ciężkich. W przypadku spełnienia wymagań jakościowych może być wykorzystany do celów przyrodniczych.

## 2.2. Fermentacja

Fermentacja jest kolejną metodą wykorzystania frakcji biodegradowalnej odpadów komunalnych oraz pochodzących z przemysłu spożywczego. Fermentacja metanowa to proces biologiczny, polegający na rozkładzie substancji organicznej, przeprowadzany w warunkach beztlenowych przez bakterie anaerobowe. Efektem stosowania tej technologii jest uzyskanie biogazu oraz pozostałości stałej. Ta ostatnia posiada własności nawozowe jedynie w przypadku prowadzenia procesu fermentacji z wykorzystaniem roślin i/lub odpadów rolniczych. W roku 2005 eksploatowano ponad 124 instalacje przetwarzające odpady komunalne lub organiczne odpady przemysłowe. Systemy fermentacji odpadów organicznych oferuje w Polsce ok. 50 firm [5]. Najbardziej popularne technologie fermentacji odpadów to KOMPOGAS, BTA, VALORGA i DRANCO.

Proces DRANCO (DRy ANaerobic COmposting), rozwijany przez belgijską firmę Organic Waste Systems (OWS), wykorzystywany jest do unieszkodliwiania odpadów komunalnych oraz przemysłowych (ryc. 4). Technologia DRANCO pozwala przerabiać różnorodne odpady organiczne, w szerokim zakresie zawartości suchej masy we wsadzie – od 15 do 40%. Technologia ta opiera się na suchej, termofilnej, jednostopniowej fermentacji beztlenowej, po której następuje krótka faza dojrzewania tlenowego. Odpady komunalne po wstępnym oczyszczeniu, polegającym głównie na usunięciu metali oraz składników o dużych wymiarach > 40 mm, kierowane są do fermentacji beztlenowej. Odpady organiczne nie mogą zawierać więcej niż 15% materiału inertnego. Proces fermentacji zachodzi



Ryc. 4. Schemat technologii fermentacji DRANCO [6]

w pionowej komorze fermentacyjnej, która jest ładowana od góry przy pomocy ślimakowych przenośników dozujących. Fermentujący surowiec przemieszcza się w dół bioreaktora, skąd ślimakowymi przenośnikami wybierającymi kierowany jest do pompy zasilającej. Wsad mieszany jest w komorze mieszania, do której wprowadzane są odpady świeże i część już przefermentowanych. W celu utrzymania termofilnych parametrów pracy reaktora, tj. ok. 48–55 °C, do komory mieszania wprowadzana jest para wodna. Pozostałość po procesie fermentacji jest odwadniana do zawartości ok. 50% s.m., a następnie poddawana stabilizacji tlenowej, przez ok. 2 tygodnie, w instalacji z wymuszonym napowietrzaniem z przrzućaniem. Uzyskiwany biogaz po oczyszczeniu jest spalany w agregatach kogeneracyjnych, gdzie wytwarzana jest energia elektryczna oraz ciepło.

### 2.3. Paliwa alternatywne

W praktyce powszechnym zjawiskiem, i to na skalę światową, jest wykorzystywanie odpadów posiadających właściwości energetyczne jako paliwo zastępcze, stosowane w energetyce zawodowej i w przemyśle. Ważną gałęzią, w której możliwe jest wykorzystanie paliw zastępczych, jest przemysł cementowy [7–9]. Wyselekcjonowanie frakcji palnych ze strumienia odpadów komunalnych i przemysłowych, po ich odpowiednim rozdrobnieniu i wymieszaniu, umożliwia uzyskanie paliwa o stałych parametrach. Na dalszym etapie pozwala to na współspalanie z paliwem konwencjonalnym w energetyce zawodowej oraz w procesie technologicznego wytwarzania klinkieru. Do odpadów posiadających właściwości energetyczne, ze strumienia odpadów komunalnych, należą: odpady organiczne roślinne



i zwierzęce (domowe organiczne, pochodzenia roślinnego czy zwierzęcego), inne odpady organiczne (z pielęgnacji ogródków przydomowych, kwiatów domowych, balkonowych), papier i karton podzielony na trzy grupy (opakowania z papieru i tektury, opakowania wielomateriałowe na bazie papieru oraz papier i tektura nieopakowaniowe), tekstylia, część odpadów wielkogabarytowych, wykonanych z materiałów palnych czy odpady budowlane (z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych). Paliwa wytworzone na bazie odpadów komunalnych i przemysłowych, wykorzystywane w przemyśle cementowym oraz energetyce zawodowej, muszą odpowiadać standardom uwzględniającym: wartość opałową, zawartość popiołu, udział zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych, określony dla danego rodzaju proces technologiczny.

## 2.4. Spalarnie odpadów

Powszechnie stosowaną metodą unieszkodliwiania odpadów jest spalanie w zawodowych spalarniach. Instalacje do tego celu wyposażone są w wysokosprawne urządzenia oczyszczające gazy spalinowe oraz urządzenia monitorujące poziom zanieczyszczeń emitowanych do środowiska. Wytworzona energia cieplna jest używana przez inne jednostki gospodarcze. Równocześnie z popiołów paleniskowych odzyskiwany jest złom metali, przekazywany następnie do hut. Pozostały popiół jest deponowany na specjalnie do tego celu przeznaczonych składowiskach. Ciekawym przykładem jest spalarnia Spittelau w Wiedniu, umiejscowiona w środku miasta. Spalarnia ta rocznie spala ok. 250 000 Mg odpadów, wytwarzając 450 GWh energii cieplnej, co zaspokaja 25% zapotrzebowania miejskiego na ciepło. Stężenie zapylenia na wylocie z komina (136 m) jest mniejsze niż  $1 \text{ mg/m}^3$  [10].

## 2.5. Deponowanie

Ostatecznym sposobem unieszkodliwiania odpadów jest ich deponowanie na składowiskach. Od roku 2013 w Polsce składowane odpady będą musiały spełnić odpowiednie wymagania jakościowe, dotyczące zawartości węgla organicznego, straty przy prażeniu oraz wartości opałowej. Wszystkie pozostałości po przetworzeniu odpadów, których w żaden sposób nie będzie można wykorzystać, deponowane będą na składowiskach różnego typu, z uwzględnieniem właściwości odpadów. W krajach rozwiniętych ilość składowanych odpadów jest niewielka, np. w Austrii w 2009 r. na składowiskach zdeponowano jedynie ok. 13,8% całkowitej ilości przetworzonych odpadów [11].

## 3. Przetwarzanie osadów ściekowych

Zgodnie z art. 3 ust. 3 pkt 2 ustawy o odpadach z 27 kwietnia 2001 r. [12] komunalny osad ściekowy to pochodzący z oczyszczalni ścieków osad z komór

fermentacyjnych oraz innych instalacji służących do oczyszczania ścieków komunalnych oraz innych ścieków o składzie zbliżonym do składu ścieków komunalnych. Natomiast według Rozporządzenia Ministra Środowiska z 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów [13], osady ściekowe klasyfikuje się do grupy 19: odpady z instalacji i urządzeń służących zagospodarowaniu odpadów, z oczyszczalni ścieków oraz z uzdatniania wody pitnej i wody do celów przemysłowych, podgrupy 1908: odpady z oczyszczalni ścieków nieujęte w innych grupach, kod rodzajowy 19 08 05: ustabilizowane komunalne osady ściekowe.

W Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (DzU 2010, nr 137, poz. 924) [14] określono graniczne wartości zanieczyszczeń w osadach ściekowych. Do parametrów, które ograniczają wykorzystanie przyrodnicze osadów, należy zawartość metali ciężkich i mikroorganizmów chorobotwórczych. Tabela 1 przedstawia graniczne wartości metali ciężkich wykorzystywanych na cele przyrodnicze, obowiązujące w Polsce w 2002 i 2010 r. oraz wytyczne Unii Europejskiej. Od roku 2010 podniesiono wartości graniczne dla metali ciężkich w osadach wykorzystywanych rolniczo, dostosowując polskie prawodawstwo do wymagań europejskich. Wydaje się jednak wątpliwe, czy działania te są korzystne dla rolnictwa, zwłaszcza w przypadku wprowadzania wraz z osadami metali toksycznych, takich jak rtęć czy kadm. Możliwe, że liberalizacja przepisów miała na celu zwiększenie udziału osadów wykorzystywanych przyrodniczo. Nie wiadomo tylko, czy przyniesie to pożądaną efekt, czy wpłynie jedynie na zwiększenie zagrożenia dla środowiska naturalnego.

Tabela 1

*Zestawienie granicznych wartości metali ciężkich w osadach ściekowych stosowanych przyrodniczo w Polsce i według prawa UE*

Metal mg/kg s.m.	Według DzU 2010, nr 137, poz. 924 [14]						Według UE Dyrektywa 86/278/ EEC [15]
	w rolnictwie		do rekultywacji terenów na cele nierolne		inne		
Rok	2002	2010	2002	2010	2002	2010	w rolnictwie
Pb	500	750	1 000	1 000	1 500	1 500	720–1200
Cd	10	20	25	25	50	50	20–40
Hg	5	16	10	20	25	25	16–25
Ni	100	300	200	400	500	500	300–400
Zn	2 500	2 500	3 500	3 500	5 000	5 000	2500–4000
Cu	800	1 000	1 200	1 200	2 000	2 000	1000–1750
Cr	500	500	1 000	1 000	2 500	2 500	–

Zgodnie z Rozporządzeniem [14] osady ściekowe wykorzystywane przyrodniczo muszą być wstępnie ustabilizowane i zhigienizowane. Stabilizacja osadów ma zminimalizować zawartość substancji organicznej podatnej na rozkład biologiczny, ograniczyć uciążliwość zapachową, poprawić właściwości sedymenta-



cyjne oraz ułatwić odwodnienia osadu. Natomiast higienizacja osadów polega na sanitarnej dezaktywacji osadów, w których likwidowane są pasożyty oraz drobnoustroje chorobotwórcze. Do metod stabilizacji i higienizacji osadów należą: pasteryzacja (temperatura i ciśnienie), kompostowanie (temperatura i odwodnienie), wapnowanie (temperatura, wysokie pH, odwodnienie), suszenie termiczne (temperatura i odwodnienie). Podobnie jak pozostałe odpady, osady nie będą mogły być deponowane na składowiskach odpadów przed ich przetworzeniem. Najpopularniejszą metodą wspólnego przetwarzania osadów ściekowych i odpadów jest kompostowanie.

### 3.1. Kompostowanie

W wyniku kompostowania osadów ściekowych i odpadów powstaje stabilizat, który po spełnieniu pewnych warunków może być zdeponowany na składowisku.

Kompostowanie odpadów obejmuje następujące procesy:

- odbiór odpadów,
- transport wewnętrzny w zestawie mechanicznym,
- segregacja materiału,
- rozdrabnianie,
- oczyszczanie masy kompostowej,
- mieszanie,
- załadowanie masy kompostowej do bioreaktorów lub w pryzmy,
- biochemiczny proces przerobu,
- klasyfikacja i paczkowanie kompostu (stabilizatu).

Wpływ na przebieg procesu kompostowania ma: skład chemiczny i struktura kompostowanego materiału, uwodnienie, temperatura, stosunek C:N, odczyn pH, napowietrzanie.

Systemy kompostowania odpadów można podzielić na dwie grupy. Pierwszą jest kompostowanie w warunkach naturalnych, odbywające się w pryzmach. Metoda ta nie jest zalecana ze względu na: długi okres oraz brak możliwości sterowania przebiegiem procesu, zagrożenie dla środowiska i uciążliwości odorowe. Drugą, preferowaną metodą jest kompostowanie w warunkach sztucznych, prowadzone w bioreaktorach. Najbardziej znane metody kompostowania sztucznego w naszym kraju to systemy: DANO, MUT-DANO, NEUHOLD, HERHOF, WABIO, KYBERFERM. W Polsce stosowane są także eksperymentalne systemy kompostowania odpadów, takie jak: system BRIKOLLARE (kompostowanie sprasowanych brykietów), system wermikompostowania SOVADEC-NATURBA (przy udziale dżdżownic kalifornijskich) czy system ORGANIC 90 – OBRUM Gliwice (mobilna linia technologiczna pracująca w cyklu 4-dniowym).

Z uwagi na wymagania stawiane składowanym odpadom, kompostowanie może być wspólną alternatywą dla zarządzających składowiskami odpadów i oczyszczalniami ścieków. Jednoczesne przetwarzanie obu odpadów ma wiele korzyści. Osady bogate w materię organiczną oraz makroelementy, niezbędne do rozwoju mikroflory kompostowej, ułatwiają przebieg procesu. Natomiast frakcja organiczna odpadów komunalnych, bogata w celulozę, stanowi materiał strukturotwórczy. Osiągnięcie odpowiednich parametrów wytworzonego stabilizatu pozwoli na jego dalsze wykorzystanie, a w ostateczności umożliwi składowanie.

#### 4. Podsumowanie

Zgodnie z Krajowym planem gospodarki odpadami wiodącym kierunkiem będzie ograniczenie ilości składowanych odpadów. Będzie to można osiągnąć poprzez wstępną segregację odpadów u źródła, odzysk surowców wtórnych, przetworzenie materii organicznej, a następnie składowanie. Do metod preferowanych w gospodarce odpadami należy mechaniczno-biologiczne przetwarzanie frakcji organicznej oraz termiczne przekształcenie odpadów. Przedsiębiorstwa zarządzające składowiskami odpadów do 2013 r. będą musiały podjąć decyzję o kierunku zagospodarowania odpadów. Wydaje się, że najlepszą alternatywą dla tych przedsiębiorstw będzie mechaniczno-biologiczne przetwarzanie.

#### Literatura

- [1] Krajowy plan gospodarki odpadami 2014, Warszawa 2010.
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu, DzU 2005, nr 186, poz. 1553.
- [3] Duda J., Nolepa A., *Koncepcja zakładu segregacji odpadów komunalnych* [Praca własna IMMB, Opole 2002].
- [4] Plan gospodarki odpadami w województwie opolskim wraz z prognozą oddziaływania na środowisko, Zarząd Województwa Opolskiego, Opole 2003.
- [5] Jędrzak A., *Biologiczne przetwarzanie odpadów*, PWN, Warszawa 2008.
- [6] Nolepa A., Bożym M., Głodek E., Śląderek F., *Wariantowa koncepcja unieszkodliwiania odpadów biodegradowalnych ze zmieszanych odpadów komunalnych do zastosowania na miejskim składowisku odpadów komunalnych*, Opole 2009 [nr pracy 9/351/P].
- [7] Duda J., *Współspalanie węgla i paliw alternatywnych w cementowych piecach obrotowych*, „Prace Instytutu Mineralnych Materiałów Budowlanych” 2003, nr 35/36, s. 7–24.
- [8] Nolepa A., *Standardy jakościowe dla paliw alternatywnych wykorzystywanych w przemyśle cementowym*, [w:] *Materiały IV Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Energia i środowisko w technologiach materiałów budowlanych, ceramicznych, szklarskich i ogniotrwałych”*. Red. J. Duda, B. Weryński, Warszawa–Opole 2008, s. 288–301.

- [9] B o ż y m M., *Wykorzystanie osadów ściekowych w ceramice i materiałach budowlanych*. Red. J. Duda, K. Szamałek, Warszawa–Opole 2010, s. 356–370.
- [10] [www.wiadomosci24.pl/arttykul/wien\_ist\_anders\_67917.html].
- [11] G l a n z R., *Gospodarka odpadami w Austrii*, [w:] *Materiały Seminarium Naukowego „Kompostowanie i mechaniczno-biologiczne przetwarzanie odpadów”*. Red. G. Siemiątkowski, Opole 2011, s. 25–36.
- [12] Ustawa o odpadach z 27 kwietnia 2001 r., DzU 2001, nr 62, poz. 628.
- [13] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów, DzU 2001, nr 112, poz. 1206.
- [14] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, DzU 2010, nr 137, poz. 924.
- [15] Dyrektywa Rady 86/278/EEC z dnia 12 czerwca 1986 r. w sprawie ochrony środowiska, a szczególnie gleb, przy stosowaniu osadów ściekowych w rolnictwie, „Council Directive of 12 June 1986 on the protection of the environment, and In particular of the soil, when sewage sludge is used In agriculture”.

ALFRED NOLEPA  
MARTA BOŻYM

#### WASTE PROCESSING TECHNIQUES WITH PARTICULAR EMPHASIS ON SEWAGE SLUDGE

**Keywords:** municipal waste, sewage sludge, biodegradation, alternative fuels.

Technologies of waste management are currently undergoing rapid development. In particular it refers to change of landfilling idea. However, landfilling is still the predominant waste management method in Poland. This work presents a research review on waste treatment directions such as recovery of recyclable materials, biological treatment, thermal processing or landfilling.