

PRACE NAUKOWO-PRZEGLĄDOWE RESEARCH REVIEW PAPERS

Przeгляд Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska (2017), 26 (1), 125–135
Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. (2017), 26 (1)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2017), 26 (1), 125–135
Sci. Rev. Eng. Env. Sci. (2017), 26 (1)
<http://iks.pn.sggw.pl>
DOI 10.22630/PNIKS.2017.26.1.11

Beata MALCZEWSKA, Sławomir WOŹNIAK, Bartosz JAWECKI

Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Faculty of Environmental Engineering and Geodesy, Wrocław University of Environmental and Life Sciences

Zalety i wady kompostowania osadów ściekowych w porównaniu z termicznym ich spalaniem – studium przypadku

The advantages and disadvantages of composting of sewage sludge compared with thermal combustion – case study

Słowa kluczowe: osady ściekowe, zagospodarowanie osadów ściekowych, kompostowanie, analiza SWOT

Key words: sewage sludge, sewage sludge management, sewage sludge composting, SWOT analysis

Wprowadzenie

Osad ściekowy zdefiniowany jest jako pozostały osad z oczyszczalni obsługujących gospodarstwa domowe i obiekty komunalne oraz z innych oczyszczalni zajmujących się ściekami o składzie zbliżonym do ścieków z gospodarstw domowych i ścieków komunalnych (Bień i in., 2014). Może on być wykorzystany w celach energetycznych, przy

rekultywacji nieużytków bądź też do nawożenia pól uprawnych. Skład chemiczny i biologiczny osadów ściekowych determinuje wybór metody ich utylizacji. W świetle obowiązujących przepisów ilość osadów ściekowych przeznaczonych do unieszkodliwiania powinna być minimalizowana. Osady te powinny być unieszkodliwiane w sposób bezpieczny dla ludzi i środowiska naturalnego. Biologiczne oczyszczanie ścieków będące jedną z najczęściej stosowanych metod oczyszczania niestety zawsze prowadzi do powstawania dużej ilości osadów (Malczewska, 2008). Stabilizacja osadów komunalnych przeprowadzana jest w różnych procesach technologicznych, m.in. za pomocą procesów biologicznych (fermentacja, kompostowanie, tlenowa

stabilizacja), procesów termicznych oraz procesów chemicznych (wapnowanie).

W przypadku tlenowej stabilizacji osadów ściekowych można wyróżnić metody konwencjonalne, kompostowanie czy też autotermiczną termofitową stabilizację osadów – ATSO (Wójtowicz i in., 2013). Stabilizacja beztlenowa polega na rozkładzie materii organicznej w warunkach beztlenowych. Wynikiem zastosowania tego rodzaju stabilizacji jest zmniejszenie zawartości materii organicznej w osadach oraz uzyskanie biogazu, który może być wykorzystany do produkcji energii elektrycznej i ciepłej. Fermentacja mezofilowa jest najbardziej rozpowszechnioną metodą prowadzenia stabilizacji beztlenowej osadów na oczyszczalniach ścieków w Polsce (Bień i in., 2011; Wójtowicz i in., 2013).

Dzięki stabilizacji można uzyskać zdecydowaną redukcję materii organicznej, zmniejszenie masy osadów oraz ograniczenie ilości patogenów. Stabilizacja wpływa również na polepszenie właściwości osadów do odwadniania (Bień i in., 2011; Dębowski i Zieliński, 2011; Wójtowicz i in., 2013).

Termiczne przekształcanie osadów rozumiane jest jako spalanie osadów przez ich utlenianie, a także jako inne procesy termicznego przekształcania osadów, w tym pirolizę, zgazowanie i proces plazmowy (Siemiątkowski, 2012). Krajowy plan gospodarki odpadami (KPGO) zakłada zdecydowane zwiększenie ilości przetwarzanych osadów ściekowych w procesach termicznych, a tym samym sukcesywne ograniczanie masy składowanych odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, a tym osadów ściekowych (KPGO, 2016). Podstawową barierą w aplikacji

metod termicznych jest wysoki stopień uwodnienia osadów (Bień i in., 2011; Wójtowicz i in., 2013; Woźniak, 2014). Innymi zalecanymi metodami są: wykorzystywanie osadów do rekultywacji terenów, kompostowanie, wykorzystanie rolnicze, oraz produkcja biogazu. Wybór odpowiedniej metody utylizacji jest trudny z uwagi na niejednorodny skład osadów ściekowych, który uzależniony jest m.in. od charakteru zlewni kanalizacyjnej i stosowanej technologii oczyszczania ścieków.

Według Głównego Urzędu Statystycznego (2015) widoczna jest tendencja spadkowa w ilości wytworzonych osadów ogółem. W przypadku osadów nagromadzonych na terenie oczyszczalni największą różnicę zanotowano między latami 2005 a 2010 i był to spadek o 30,95%. W następnych latach ilość osadów składowanych unormowała się (na poziomie ok. 6506,9 tys. t suchej masy). Według prognoz KPGO z 2016 roku ilość powstających osadów komunalnych będzie ciągle rosła. Przyjęto założenie, że każdego roku ilość komunalnych osadów ściekowych w przeliczeniu na suchą masę będzie wzrastała o około 2–3% (KPGO, 2016).

W ostatnich latach zauważalna jest zmiana podejścia do gospodarki osadami, zarówno prawnych, jak i technologicznych. Efektem tych zmian jest modernizacja oraz rozbudowa instalacji do przetwarzania osadów ściekowych (Sozofsfera, 2016). Zarządzanie osadami ściekowymi stanowi jeden z najtrudniejszych problemów środowiskowych i gospodarczych, dlatego też niezwykle istotne znaczenie ma wybór optymalnej metody (BAT, ang. *best available technology* – najlepszej dostępnej techniki)

pozwalających na skuteczną utylizację osadów.

W niniejszym opracowaniu zaprezentowano porównanie prowadzonej gospodarki osadami ściekowymi na wybranej oczyszczalni ścieków z możliwością zastosowania w niej termicznego przekształcania osadów.

Charakterystyka obiektu badań

Analizowana oczyszczalnia znajduje się w miejscowości Smardzów w województwie dolnośląskim. Została ona przekazana do eksploatacji w 1997 roku i był to obiekt mechaniczno-biologiczny z podwyższonym usuwaniem biogenów. W latach 2004–2006 przeprowadzono modernizację i rozbudowę oczyszczalni. Podjęte działania miały na celu modernizację bloków biologicznych, a w szczególności poprawę gospodarki osadowej.

Obecnie maksymalna przepustowość oczyszczalni ścieków wynosi 31 200 m³·d⁻¹, a średni dopływ ścieków w przypadku pogody bezopadowej wynosi 8354 m³·d⁻¹, natomiast dla okresu pogody opadowej 18 586 m³·d⁻¹ (MGK, 2013).

W ramach kolejnej przebudowy oczyszczalni powstała wydzielona komora fermentacyjna (WKF), zbiornik biogazu o pojemności 400 m³. Ponadto oddano do użytku: kotłownię do spalania biogazu, pochodnię do spalania nadmiaru biogazu, odsiarczalnik, który wykorzystywany jest do uzdatniania biogazu. Dodatkowo w 2014 roku wybudowano instalację do kompostowania osadów ściekowych wraz z odpadami biodegradowalnymi (MGK, 2013).

W latach 2009–2013 na analizowanej oczyszczalni ścieków powstało łącznie 19 228 Mg·rok⁻¹ osadów ściekowych, z czego najwięcej w 2013 roku (ok. 4588 Mg·rok⁻¹), a najmniej w 2010 roku – około 3276 Mg·rok⁻¹ (tab. 1).

TABELA 1. Ilości oraz średnie miesięczne uwodnienie osadów w latach 2009–2013
TABLE 1. The quantities and average monthly hydration of sewage sludge in 2009–2013

Miesiąc Month	2013		2012		2011		2010		2009	
	Osad ściekowy Sewage sludge									
	ilość quan- tity	uwod- nienie hydra- tion	ilość quan- tity	uwod- nienie hydra- tion	ilość quan- tity	uwod- nienie hydra- tion	ilość quan- tity	uwod- nienie hydra- tion	ilość quan- tity	uwod- nienie hydra- tion
	Mg	%	Mg	%	Mg	%	Mg	%	Mg	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Styczeń January	208	87,0	288	85,3	228	84,4	248	86,6	264	87,2
Luty February	320	87,3	268	86,3	200	86,2	256	86,7	216	83,4
Marzec March	324	88,1	216	86,1	320	86,5	240	86,8	248	80,7
Kwiecień April	316	86,9	368	87,3	348	86,8	164	85,6	420	82,7

TABELA 1 cd.

TABLE 1 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Maj May	484	87,4	368	86,1	316	86,3	252	86,1	428	84,6
Czerwiec June	480	85,7	296	85,2	480	85,2	292	86,3	364	82,0
Lipiec July	420	84,0	352	84,8	424	84,7	264	84,7	324	84,2
Sierpień August	436	83,6	312	86,8	328	85,2	348	84,8	248	82,4
Wrzesień September	440	84,4	324	85,6	324	85,1	332	82,9	348	84,2
Październik October	412	85,7	336	86,4	284	85,4	336	83,23	220	83,6
Listopad November	384	86,8	448	86,9	308	85,3	276	84,4	192	85,3
Grudzień December	364	87,3	392	86,8	324	85,5	268	85,9	240	85,1
×	Suma ilości osadów The sum of wastewater [Mg·rok ⁻¹]									
	4588	3968	3884	3276	3512					

Źródło: MGK (2013).

Source: MGK (2013).

Wybudowana kompostownia osadów bazuje na technologii HANTSCH. Instalacja ta składa się z czterech reaktorów zamkniętych (kompostowni tunelowej) o łącznej powierzchni 996 m². Każdy z reaktorów ma system napowietrzania i odbioru powietrza, które jest wciągane od dołu ku górze czterema kanałami napowietrzającymi (ProGeo, 2012, Biuletyn..., 2014). Dodatkowo wybudowano plac magazynowy do stabilizacji kompostu, wiaty na surowce wtórne, a także plac na biofiltr.

Zanim osady ściekowe trafią do kompostowania należy poddać je odpowiednim zabiegom. W tym celu doposażono obiekt w: wirówkę dekantacyjną, która służy do odwadniania osadów ściekowych, ładownicę kołową służącą do rozładunku i załadunku osadów z tuneli, roz-

drabniacz, który wykorzystywany jest do przygotowania materiału strukturalnego, homogenizator, który wykorzystywany jest do mieszania osadów ściekowych z materiałem strukturalnym, przegrzewarkę (bramową), która wykorzystywana jest do przegrzewania dojrzewającego kompostu na placu w celu jego natlenienia, urządzenie służące do oczyszczania kompostu z zanieczyszczeń (tj.: tworzywa sztuczne, metale, kamienie) oraz sito o średnicy oczek około 20 mm, służące do oddzielenia dwóch frakcji drobnej i grubej (Biuletyn..., 2014).

Kompostownię zaprojektowano tak, aby obsługiwała: osady ściekowe w ilości około 3300 Mg·rok⁻¹, odpady zielone w ilości około 330 Mg·rok⁻¹, odpady biodegradowalnych wyselekcjonowane z odpadów komunalnych w ilości około

3500 Mg·rok⁻¹. Odpowiednio przygotowane osady ściekowe o zawartości od 20 do 25% suchej masy są mieszane przy użyciu homogenizatora z rozdrobnionym materiałem strukturalnym. Tak przygotowany surowiec transportowany jest do tuneli kompostowych. Wsad poddawany jest intensywnemu napowietrzaniu przez dwa tygodnie, a proces prowadzony jest w temperaturze około 65°C, w której to następuje rozkład frakcji biodegradowalnej. Po procesie kompostowania odpady są transportowane na plac dojrzwania (zaprojektowany okres dojrzwania wynosi ok. 8 tygodni). Tak przygotowany kompost przesiewany jest na sicie o średnicy oczek około 20 mm. Gotowy produkt służy do rekultywacji składowiska w Smolnej, jest wykorzystywany na terenach zieleni znajdujących się pod zarządem MGK lub jest sprzedawany (Woźniak, 2014).

Aby uzyskać bezpieczny produkt, należy kontrolować skład mechaniczny, biologiczny i chemiczny mieszanki kompostowej (Wójtowicz i in., 2013).

W przypadku gdy kompost nie spełnia odpowiednich wymagań, jest kierowany na składowisko odpadów w Smolnej (ProGeo, 2012, Biuletyn..., 2014).

Ocena wybranej metody gospodarki osadowej na analizowanej oczyszczalni ścieków

Na analizowanej oczyszczalni ścieków osady komunalne poddane są procesowi fermentacji metanowej, a następnie po odpowiednim przygotowaniu poddawane są kompostowaniu. Z uwagi na cele strategiczne KPGO, to jest zwiększenie ilości przetwarzanych osadów ściekowych w procesach termicznych, w niniejszym artykule przeanalizowano obie metody – zastosowane kompostowanie osadów z rekomendowanym termicznym przekształcaniem osadów (tab. 2). Do analizy wykorzystano analizę SWOT. Jest to technika pozwalająca na przeprowadzenie podstawowej anali-

TABELA 2. Analiza SWOT
TABLE 2. SWOT analysis

Metody zagospodarowania osadów ściekowych Methods of sewage sludge management		
	Instalacja do kompostowania osadów (kompostownia tunelowa) Installation for sewage sludge composting (composting tunnel)	Stacja termicznej utylizacji osadów (monospalanie osadów w piecach fluidalnych) The thermal sewage sludge utilization station (monocombustion of sewage sludge in the fluidised bed furnaces)
	1	2
Zalety/ /mocne strony Advantages/ /strengths	– proces kompostowania może być stosowany nawet przy małej ilości osadów, tj. od 500 kg s.m.·d ⁻¹ – możliwość stosowania zarówno osadów ustabilizowanych, jak i nieustabilizowanych	– w procesie spalania następuje całkowite zniszczenie materii organicznej oraz całkowita mineralizacja osadów ściekowych – możliwość spalania zarówno osadów ustabilizowanych, jak i nieustabilizowanych

TABELA 2 cd.
TABLE 2 cont.

	1	2
Zalety/ /mocne strony Advantages/ /strengths	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość kompostowania odpadów zielonych pochodzących z terenów miasta Oleśnicy – możliwość kompostowania odpadów biodegradowalnych, pozyskiwanych w selektywnej zbiórce – dobra stabilizacja oraz higienizacja osadu – możliwość kompostowania skratek – redukcja masy oraz objętości osadów – redukcja uwodnienia osadów – uzyskany produkt jest stabilny biochemicznie, ma dobre właściwości fizyczne, nie wydziela uciążliwych odorów – powstały produkt może być wykorzystywany jako nawóz; zawiera: azot, fosfor, potas, a także mikroelementy; poprawia właściwości gleby – możliwość spalania kompostu w przypadku niespełnienia normy zakładowej – możliwość wykorzystania kompostu niespełniającego norm do rekultywacji składowiska w Smolnej – łatwa obsługa instalacji 	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość autotermicznego spalania osadów – nawet dziesięciokrotna redukcja objętości osadu – możliwość prowadzenia odzysku energii, która może być wykorzystywana do wstępnego suszenia osadów, które przeprowadza się w suszarniach – możliwość unieszkodliwienia wszystkich odpadów powstających na oczyszczalni (nawet skratek) – mała awaryjność instalacji (brak ruchomych części w piecu fluidalnym) – brak emisji odorów – zautomatyzowany proces (łatwa obsługa) – elastyczność pracy, możliwa praca przerywana, szybki rozruch i wyłączenie – powstający popiół jest wolny od patogenów i nie podlega fermentacji, może być wykorzystywany np. w budownictwie – powstające spaliny podlegają oczyszczeniu, co zapewnia zachowanie standardów emisyjnych z instalacji – mała wrażliwość instalacji na zmienność składu osadów – elastyczność położenia instalacji
Wady/ /słabe strony Disadvantages/ /weaknesses	<ul style="list-style-type: none"> – duży koszt inwestycji – konieczność stosowania osadów odwodnionych (20–25% s.m.) – konieczność zakupu materiału strukturotwórczego (np. trocin) – gotowy produkt może być skażony organizmami chorobotwórczymi – energochłonność instalacji do napowietrzania kompostu – konieczność zakupu ładowarki kołowej, homogenizatora, przerzucarki – długotrwały proces – zapotrzebowanie na powierzchnię pod plac do dojrzewania kompostu – możliwe problemy ze zbytym gotowym produktem 	<ul style="list-style-type: none"> – duży koszt inwestycji – duże koszty eksploatacji – energochłonność instalacji – konieczność stosowania osadów wstępnie wysuszonych, odwodnionych; odwodnienie przeprowadza się na prasach filtracyjnych bądź w wirówkach, a następnie w suszarniach suszy się osady celem poprawienia wartości opałowej osadu (zaleca się wysuszenie całkowite części osadu celem przygotowania mieszaniny z osadem niewysuszonym zawierającym 35–45% s.m. osadu przed wprowadzeniem do pieca) – konieczność przeznaczenia dużych powierzchni terenu pod budowę instalacji

TABELA 2 cd.
TABLE 2 cont.

	1	2
Wady/ /słabe strony Disadvantages/ weaknesses	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość emisji pyłów w czasie transportu, przesiewania, przerzucania kompostu – możliwość pojawienia się gryzoni oraz insektów (dostęp do pożywienia), które mogą przenosić choroby 	<ul style="list-style-type: none"> – emisja pyłów, gazów (SO_x, NO_x, HCL, HF) – duży hałas w pomieszczeniach instalacji – konieczność składowania powstałych popiołów w procesie spalania w przypadku braku możliwości zagospodarowania ich w inny sposób – duże koszty kontroli zanieczyszczeń powietrza
Szanse Chances	<ul style="list-style-type: none"> – rozwiązanie problemu gospodarki osadowej oczyszczalni ścieków w Oleśnicy – możliwość uzyskiwania korzyści finansowych ze sprzedaży kompostu, – zmniejszenie ilości składowanych odpadów biodegradowalnych na składowisku odpadów w Smolnej, – możliwość dotrzymania limitów ustalonych dla redukcji odpadów biodegradowalnych przeznaczonych do składowania 	<ul style="list-style-type: none"> – rozwiązanie problemu gospodarki osadowej oczyszczalni ścieków w Oleśnicy – możliwość utylizacji osadów pochodzących z innych oczyszczalni ścieków w powiecie oleśnickim
Zagrożenia Threats	<ul style="list-style-type: none"> – możliwość lokalnego skażenia wód gruntowych spowodowany odciekami pochodzącymi z przyzmu kompostowych – negatywne podejście mieszkańców do inwestycji 	<ul style="list-style-type: none"> – negatywne podejście mieszkańców do inwestycji – możliwość lokalnego pogorszenia się składu powietrza atmosferycznego, spowodowane emisją gazów oraz pyłów

Źródło: Bień i Wystalska, 2011; Bień, 2012; Wójtowicz i in., 2013.
Source: Bień and Wystalska, 2011; Bień, 2012; Wójtowicz i in., 2013.

zy projektu czy też przedsięwzięcia przy uwzględnieniu czynników mających największy wpływ na ten projekt. Pozwala ona na porównanie zalet i wad oraz korzyści i zagrożeń płynących z wyboru danej metody – SWOT (ang. strengths, weaknesses, opportunities, threats). Jest to technika analityczna służąca do porządkowania informacji, często stosowana w przypadku planowania i podejmowania działań strategicznych.

Obie metody zagospodarowania osadów mają zarówno wiele wad, jak i za-

let. Do najważniejszych wad obu metod można zaliczyć duże nakłady inwestycyjne, które zostały zestawione w tabeli 3. W przypadku kompostowni jest to koszt na poziomie około 9,5 mln PLN, z czego ponad 1 mln PLN stanowią wydatki związane z wyposażeniem mechanicznym obiektu, natomiast koszt budowy termicznej stacji utylizacji osadów kształtuje się na poziomie około 10,2 mln PLN (Woźniak, 2014). Kolejną wadą obu metod jest energochłonność instalacji (w przypadku kompostow-

TABELA 3. Analiza kosztów związanych z budową i wyposażeniem mechanicznym obiektów (Woźniak, 2014)

TABLE 3. Cost analysis of objects associated with the structure and the mechanical equipment (Woźniak, 2014)

Instalacja do tlenowej stabilizacji osadów (kompostownia) Installation for aerobic sludge stabilization (composting)		Stacja termicznej utylizacji osadów (monospalanie osadów w piecach fluidalnych) The thermal sewage sludge utilization station (monocombustion of sewage sludge in the fluidised bed furnaces)	
Składniki kosztowe Cost components	Wartość Value	Składniki kosztowe Cost components	Wartość Value
Nakłady inwestycyjne Capital expenditures [PLN]			
kompostownia – kompletna instalacja (kompostownia tunelowa, 4 tunele, biofiltr, plac przeznaczony do dojrzewania osadu, wiata na surowce wtórne, wewnętrzna sieć wodociągowa i kanalizacyjna)	8 474 454*	spalarnia – kompletna instalacja** pozostałe (przyjęto 15% dodatkowych kosztów na obiekty i instalacje wspomagające i integrujące)	8 760 000 1 314 000
Wyposażenie mechaniczne:*** – ładowarka kołowa – przegrzarka do kompostu – rozdrabniacz – przesiewacz do kompostu	165 000 750 000 15 000 160 000	wyposażenie mechaniczne:*** – ładowarka kołowa	165 000

*Koszt podany przez firmę wykonującą budowę kompostowni na oczyszczalni ścieków w Oleśnicy / The cost given by the company implemented the composting technology at the sewage treatment plant for Oleśnica.

**Źródło: Wójtowicz i inni (2013) / Source: Wójtowicz et al. (2013).

***Koszty związane z wyposażeniem zostały sporządzone na podstawie ofert producentów (koszty zostały uśrednione) / The costs associated with the equipment were drafted based on producers' offers (costs were averaged).

ni energia zużywana jest głównie do zasilania wentylatorów). Do najważniejszych zalet tlenowej stabilizacji osadów należy: możliwość kompostowania odpadów biodegradowalnych pozyskiwanych w selektywnej zbiórce, proces kompostowania może być stosowany nawet przy małej ilości osadów, tj. od 500 kg s.m. · d⁻¹, a powstały produkt można wykorzystywać jako nawóz. Do najważniejszych zalet termicznej utylizacji osadów można zaliczyć: możliwość autotermicznego spalania osadów, nawet dziesięciokrotną redukcję objęto-

ści osadu, małą wrażliwość instalacji na zmienność składu osadów.

Obie analizowane metody umożliwiają rozwiązanie problemu związanego z zagospodarowaniem osadów wytwarzanych na oczyszczalni ścieków w Smardzowie, a ponadto termiczna utylizacja osadów stwarza szansę na zagospodarowanie odpadów pochodzących z lokalnych oczyszczalni ścieków (Woźniak, 2014). Dużym problemem w rozwoju obu omawianych technologii przekształcania osadów jest opór społeczny. W przypadku kompostowni okoliczności

mieszkańcy obawiają się odorów pochodzących z procesu kompostowania, w przypadku stacji termicznej utylizacji osadów ściekowych obawy dotyczą zaś emisji pyłów i gazów.

Podsumowując zalety i wady oraz zagrożenia i szanse płynące z wyboru jednej z analizowanych metod poprawy gospodarki osadowej w omawianej oczyszczalni ścieków, można przyjąć, że kompostownia jest lepszym rozwiązaniem. Na analizowanej oczyszczalni wytwarzana jest zbyt mała ilość osadów komunalnych, dlatego też instalacja do termicznej utylizacji osadów nie byłaby w pełni wykorzystywana. Dla porównania średnia ilość wytwarzanych osadów na oczyszczalni w Oleśnicy wynosi około $3845 \text{ Mg} \cdot \text{rok}^{-1}$, a na oczyszczalni ścieków w Warszawie („Czajka”), gdzie funkcjonuje instalacja do termicznej utylizacji, około $146 \text{ tys. Mg} \cdot \text{rok}^{-1}$ (MPWIK, 2016). Kolejnym argumentem przemawiającym na korzyść instalacji do kompostowania osadu ściekowego jest również możliwość zagospodarowania odpadów zielonych pochodzących z terenu miasta oraz odpadów biodegradowalnych pozyskiwanych w selektywnej zbiórce, co jednocześnie pozwoli na dotrzymanie limitów ustalonych dla redukcji odpadów przeznaczonych do składowania. Za wyborem kompostowni przemawia również bliskość terenów rolniczych, na których można wykorzystać gotowy produkt.

Według danych z Eurostat od 2013 roku do 2014 roku zanotowano zmniejszenie ilości składowanych osadów ściekowych (7,07%), przy jednoczesnym wzroście (3,2%) spalania osadów ściekowych oraz kompostowania (2,7%). W przypadku Polski w analogicznym

okresie również zaobserwowano zmniejszenie składowania osadów ściekowych (1,3%) na rzecz termicznego spalania osadów ściekowych (wzrost o 10,48%) oraz wykorzystania osadów do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu (wzrost o 29,7%). W krajach Unii Europejskiej powszechną metodą utylizacji osadów jest ich spalanie bądź współspalanie.

Według badań przeprowadzonych na zlecenie Niemieckiego Ministerstwa Środowiska (Fels i in., 2005) całkowity koszt utylizacji osadów ściekowych w przypadku zagospodarowania w rolnictwie wynosi 7,3 mln EUR, a koszty termicznej przeróbki osadów ściekowych wynoszą 13,5 mln EUR. Jednakże ocena ekonomiki procesu spalania osadów ściekowych nie jest procesem łatwym, gdyż ponad 30% kosztów instalacji związane jest z urządzeniami do oczyszczania spalin. Ponadto przy ocenie kosztów spalania należy uwzględnić również koszt odwodnienia a następnie suszenia osadu.

Podsumowanie

Zarządzanie osadami ściekowymi stanowi jeden z najtrudniejszych problemów środowiskowych i gospodarczych. Nowe akty prawne zaostrzające kryteria ich składowania na terenie oczyszczalni powodują konieczność poszukiwania optymalnych metod BAT pozwalających na skuteczną ich utylizację. Największym problemem związanym z wyborem odpowiedniej technologii jest duże uwodnienie osadów, duża koncentracja substancji organicznych oraz potencjalna uciążliwość sanitarna i odorowa. Wyboru odpowiedniej technologii utylizacji osadów powinno dokonywać się na pod-

stawie szczegółowej analizie warunków lokalnych oraz jakości i ilości surowca.

Przeprowadzona analiza SWOT potwierdza korzyści wynikające z zastosowania procesu kompostowania na omawianej oczyszczalni. Wykorzystanie procesu termicznego przekształcania osadów w tym przypadku jest nieuzasadnione, co związane jest głównie ze zbyt małą ilością powstających osadów. Eksploatacja kompostowni nie stanowi znaczącego obciążenia środowiska oraz nie jest zagrożeniem odorowym dla mieszkańców, gdyż budynki mieszkalne znajdują się w znacznym oddaleniu od oczyszczalni. Ponadto zastosowanie kompostowania osadów ściekowych na omawianej oczyszczalni również zgadza się z wytycznymi KPGO do maksymalizowania stopnia wykorzystania substancji biogenych zawartych w osadach.

Literatura

- Bień, J.D. (2012). *Zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych metodami termicznymi*. Częstochowa: Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej.
- Bień, J.D., Górski, M., Gromiec, M., Kacprzak, M., Kamizela, T., Kowalczyk, M., ...Wystalska K. (2014). *Ekspertyza, która będzie stanowić materiał bazowy do opracowania strategii postępowania z komunalnymi osadami ściekowymi na lata 2014-2020*. Częstochowa.
- Bień, J.B. i Wystalska, K. (2011). *Osady ściekowe teoria i praktyka*. Częstochowa: Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej.
- Biuletyn Informacji Publicznej Urzędu Miasta Oleśnicy (2014). *Modernizacja oczyszczalni ścieków w Oleśnicy*. Pobrano z lokalizacji: <http://bip.um.olesnica.pl/article/article-print/4627/-1/72>.
- Fels, T., Heid, M. i Kersten, M. (2005). *Ermittlung der Kosten, die mit einem Ausstieg/Teilausstieg aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung verbunden wären*. Studie für das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Landwirtschaft des Landes Schleswig-Holstein; witra-kiel GbR; Universität Kiel. Who foots the bill for sewage sludge management. Pobrano z lokalizacji: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/sewage_sludge_management_in_germany.pdf.
- Główny Urząd Statystyczny (2015). *Ochrona środowiska, dla roku 2015*. Pobrano z lokalizacji: <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/srodowisko/ochrona-srodowiska-2015,1,16.html>.
- Dębowski, M. i Zieliński, M. (2011). *Gospodarka osadowa oczyszczalni ścieków, identyfikacja wybranych problemów i propozycje rozwiązań*. Kraków: Wydawnictwo Verlag Dashofer Sp. z o.o.
- KPGO (2016). *Krajowy plan gospodarki odpadami (KPGO)*. Monitor Polski. Dziennik Urzędowy Rzeczypospolitej Polskiej, Uchwała nr 88 Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2016 r. w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2022, pozycja 784. Pobrano z lokalizacji: <http://www.monitorpolski.gov.pl/MP/2016/784/1>.
- Malczewska, B. (2008). *Badanie wybranych właściwości osadów ściekowych w świetle możliwości ich utylizacji*. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego.
- MGK (2013). *Materiały uzyskane od MGK w Oleśnicy*.
- MPWIK (2016). *Stacja Termicznej Utylizacji Osadów Ściekowych*. Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów Kanalizacji Warszawie S.A. Pobrano z lokalizacji: <http://www.mpwik.com.pl/download/UE%20inf%20prasowe/Stacja%20Termicznej%20Utylizacji%20Osadw%20ciekowych.pdf>.
- ProGeo (2012). *Projekt wykonawczy instalacji do stabilizacji tlenowej odpadów biodegradowalnych przy oczyszczalni ścieków w Oleśnicy działki nr 23 i 27/1, AM78, obręb Lucień*.
- Siemiątkowski, G. (2012). *Mechaniczno-biologiczne przetwarzanie frakcji biodegradowalnej odpadów komunalnych. Przewodnik po wybranych technologiach oraz metodach badań i oceny odpadów powstałych w tych procesach*. Opole: Wydawnictwo Instytut Śląski. Pobrano z lokalizacji: http://www.kompostowanie.opole.pl/publikacje/2_Me

chaniczno-biologiczne_przetwarzanie_frakcji_biodegradowalnej_2012.pdf.

- Sozosfera (2016). *Wybrane, technologiczne aspekty stabilizacji tlenowej zmieszanych odpadów komunalnych*. Pobrano z lokalizacji: <http://sozosfera.pl/odpady/wybrane-technologiczne-aspekty-stabilizacji-tlenowej-zmieszanych-odpadow-komunalnych>.
- Woźniak, S. (2014). *Gospodarka osadowa oczyszczalni ścieków w Oleśnicy* (praca magisterska). Wrocław: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- Wójtowicz, A., Bieniowski, M., Darul, H. i Jędrzejewski, C. (2013). *Modelowe rozwiązania w gospodarce osadowej*. Bydgoszcz: Bydgoski Dom Wydawniczy „Margrafen”.

Streszczenie

Zalety i wady kompostowania osadów ściekowych w porównaniu z termicznym ich spalaniem – studium przypadku. Nowe wyzwania stojące przed samorządem terytorialnym w zakresie oczyszczania ścieków komunalnych obligują do ograniczania składowania osadów ściekowych. Zarządzanie nimi stanowi jeden z najtrudniejszych problemów środowiskowych i gospodarczych, dlatego też niezwykle istotny jest wybór odpowiednich technologii unieszkodliwiania osadów ściekowych. Celem niniejszego artykułu jest ocena zastosowanej na analizowanej oczyszczalni metody zagospodarowania osadów ściekowych (kompostowania) z termicznym przekształcaniem osadów ściekowych. Przeprowadzona analiza potwierdza, że w omawianym przypadku zastosowanie kompostowania osadów ściekowych jest najkorzystniejszym rozwiązaniem.

Summary

The advantages and disadvantages of composting of sewage sludge compared with thermal combustion – case study.

New challenges for the territorial government in the field of urban sewage sludge oblige to limit its storage. Sewage sludge management is one of the most difficult environmental and economic problems. Therefore, it is important to choose the right technology for the sewage sludge disposal. The purpose of this article is an evaluation of applied disposal methods on sewage treatment sludge plant and comparison of this method (sewage sludge composting) with thermal transformation of sewage sludge. Study confirms that, in the present case, the composting of sewage sludge is the most advantageous solution.

Authors' addresses:

Beata Malczewska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Instytut Inżynierii Środowiska, 50-363 Wrocław
pl. Grunwaldzki 24
e-mail: beata.malczewska@up.wroc.pl

Sławomir Woźniak, Bartosz Jarecki
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Instytut Architektury Krajobrazu
ul. Grunwaldzka 55, 50-357 Wrocław, Poland