

ZAGOSPODAROWANIE KOMUNALNYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH METODAMI TERMICZNYMI W OBLICZU ZAKAZU SKŁADOWANIA PO 1 STYCZNIA 2016

Jurand D. Bień¹, Beata Bień¹

¹ Wydział Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Politechnika Częstochowska, ul. J.H. Dąbrowskiego 73, 42-200 Częstochowa, e-mail: jurand@is.pcz.czyst.pl

STRESZCZENIE

Z dniem 1 stycznia 2016 r. zacznie obowiązywać zakaz składowania komunalnych osadów ściekowych na składowiskach odpadów. Modernizacja i budowa nowych oczyszczalni ścieków spowodowała wzrost ilości wytwarzanych komunalnych osadów ściekowych w ostatnich kilkunastu latach. Ich ilość kształtuje się obecnie na poziomie powyżej 500 tys. Mg s.m i zakładany jest dalszy ich wzrost, choć z pewnością nie tak znaczący jak przewidywano jeszcze parę lat temu. Realizując strategię określoną w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami (KPGO) polegającą na całkowitym zaniechaniu składowania osadów ściekowych a zdecydowanym zwiększeniu ilości komunalnych osadów ściekowych przetwarzanych przed wprowadzeniem do środowiska oraz osadów przekształcanych metodami termicznymi wielu eksploatorów oczyszczalni wybrało ten ostatni kierunek. W artykule przedstawiono aktualny stan w zakresie termicznego przekształcania komunalnych osadów ściekowych w Polsce.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, suszenie, spalanie, instalacje termicznego przekształcania.

UTILISATION OF MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE BY THERMAL METHODS IN THE FACE OF STORAGE DISALLOWING

ABSTRACT

According to the data announced by the Central Statistical Office (GUS) in 2014 in Poland, there are more than three thousands municipal wastewater treatment plants. Most of them are relatively new. Modern and highly efficient wastewater treatment systems produce significant amounts of municipal sewage sludge. The amount of sludge starts to create huge problems in their proper management. In addition, from 1st of January 2016 storage of sewage sludge, which so far has been one of the popular methods of sludge management will be impossible. Thermal methods of disposal are currently considered as an interesting option in sludge management. Currently, in Poland there are several plants where sewage sludge is incinerated or dried. The paper presents the status of thermal method of municipal sewage sludge utilization before the date of storage disallowing.

Keywords: sewage sludge, sludge drying, sludge incineration, thermal methods of sludge utilization.

WPROWADZENIE

Ostateczne zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych prowadzone w oczyszczalniach ścieków zaprojektowanych w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych poprzedniego stulecia ograniczało się głównie do magazynowania osadów na terenie oczyszczalni. Sytuacja uległa zmianie z początkiem lat 90-tych, kiedy to, w wyniku zmian społeczno-gospodarczych, nastąpił dostęp do technologii zachodnich oraz

zaczęto przykładać coraz większą wagę do stanu środowiska naturalnego i jego ochrony. Ostatnie dziesięć lat to kolejne znaczące zmiany wynikające z wdrożenia do prawa krajowego przepisów prawa wspólnotowego oraz znaczące możliwości pozyskiwania środków unijnych i krajowych na realizację inwestycji w branży wodno-ściekowej. Pojawiło się wówczas adekwatne do skali problemu spojrzenie na problem osadów ściekowych. W nowo realizowanych oczyszczalniach ścieków uwzględniano ciąg przeróbki osadów,

a modernizowane oczyszczalnie doposażono w urządzenia gospodarki osadowej. Mimo, jak wspomniano, stosunkowo niewielkiej ilości wytwarzanych osadów w stosunku do ilości dopływających ścieków koszt inwestycyjny i eksploatacyjny węzła gospodarki osadowej jest znaczący i sięga przeciętnie 40–50% całkowitych kosztów inwestycji i ogólnych kosztów rocznych.

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) z 2014 r. w Polsce istnieje 3264 komunalnych oczyszczalni ścieków. Oczyszczalnie te obsługują ponad dwadzieścia cztery miliony mieszkańców. Większość oczyszczalni ścieków jest stosunkowo nowa, a nowoczesne i wysoko efektywne systemy oczyszczania ścieków powodują wytwarzanie znacznych ilości osadów ściekowych. Przywołując dane GUS w 2013 r. ilość wytworzonych komunalnych osadów ściekowych wyniosła 540,3 tys. Mg s.m. [Ochrona Środowiska 2014]. W dokumentach założeń aktualizacji KPGO2014 zakłada się, że każdego roku ilość osadów w przeliczeniu na suchą masę będzie wzrastała o około 2–2,5%. Stwarza to ogromne problemy w ich zagospodarowaniu. Tym bardziej, że od 1 stycznia 2016 r. składowanie nieprzetworzonych osadów ściekowych, które dotychczas było jedną z metod zagospodarowania osadów będzie praktycznie niemożliwe z uwagi na niespełnienie wymagań określonych w załączniku nr 4 do rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach.

STAN PRAWNY W ZAKRESIE GOSPODAROWANIA OSADAMI ŚCIEKOWYMI

Podstawowym aktem prawnym regulującym zagadnienia gospodarki odpadami jest ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. 2013, 21 z późn. zm.). Towarzyszy jej szereg rozporządzeń, które w sposób szczegółowy regulują postępowanie z osadami ściekowymi. Do najważniejszych aktów normatywnych w tym zakresie należą:

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U.2014.1923)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U.2015.257)

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach (Dz.U. 2015, 1277)
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów (Dz.U. 2002 nr 37 poz. 339, z późn. zm.)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów (Dz.U. 2014, 1546).

ILOŚĆ I JAKOŚĆ WYTWARZANYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Ilość powstających osadów ściekowych zależy od składu ścieków oraz metody oczyszczania ścieków. W Polsce ogólna ilość komunalnych osadów ściekowych bardzo szybko wzrastała w ostatnich latach z uwagi na rozbudowę infrastruktury w zakresie odprowadzania i oczyszczania ścieków komunalnych. Ostatnie trzy lata przyniosły pewną stabilizację w ilości wytwarzanych komunalnych osadów ściekowych. Ich ilość według danych GUS szacuje się na poziomie powyżej 500 tys. Mg s.m. Aktualnie według danych GUS za 2014 r. ilość komunalnych osadów ściekowych w 2013 r. wyniosła 540,3 tys. Mg s.m. Natomiast według założeń aktualizacji Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2014 z października br. zakłada się, że każdego roku ilość komunalnych osadów ściekowych w przeliczeniu na suchą masę będzie wzrastała o około 2–2,5% [aKPGO 2015].

Charakter dopływających do oczyszczalni ścieków oraz procesy technologiczne prowadzone w oczyszczalniach decydują o właściwościach fizykochemicznych osadów ściekowych. Cechą charakterystyczną większości komunalnych osadów jest ich wysokie uwodnienie, które zmienia się od ponad 99% w przypadku osadów surowych do 80–55% dla osadów odwodnionych, a w przypadku osadów wysuszonych termicznie nawet poniżej 10%. Zawartość związków organicznych podatnych na biologiczny rozkład zmienia się również w szerokich granicach od około 70% s.m. w osadach surowych do 45–55% s.m. w osadach przefermentowanych. Skład chemiczny osadów jest pochodną składu chemicznego ście-

ków i może reprezentować szeroką gamę pierwiastków, w tym metale ciężkie których zakres jest szeroki. Aktualnie z uwagi na ekologiczne i toksykologiczne znaczenie coraz większą uwagę poświęca się również mikrozanieczyszczeniom organicznym mimo, że nie są one limitowane we wspomnianym rozporządzeniu w sprawie komunalnych osadów ściekowych. Do ważniejszych szkodliwych związków organicznych obecnych w osadach należą m.in.: wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), polichlorowane bifenyle (PCB), polichlorowane dibenzodioxyny i dibenzofurany (PCDD/F), adsorbowane organiczne związki chloru (AOX) oraz pestycydy. Dotychczasowe badania wskazują na różny stopień i szybkość przemian tych związków w glebie, co świadczy o ich dużej trwałości i możliwości bioakumulacji w tym środowisku. Przykładowo średni czas potrzebny do 95-procentowego rozkładu aldrinu wynosi 3 lata, lindanu 6,5 roku, a DDT aż 10 lat [Czekała, 2008].

METODY ZAGOSPODAROWANIA OSADÓW W POLSCE

Na przestrzeni ostatnich kilku lat zagospodarowanie osadów w Polsce realizowane było poprzez:

- rolnicze wykorzystanie,
- rekultywację terenów przemysłowych oraz składowisk odpadów,
- kształtowanie terenów oczyszczalni ścieków oraz magazynowanie osadów na terenie oczyszczalni, w tym lagunach i stawach,
- wytwarzanie kompostu,
- składowanie na składowiskach odpadów komunalnych,
- termiczną utylizację.

W tabeli 1 przedstawiono metody ostatecznego zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych w latach 2010–2013 [AKPGO 2014].

Z analizy przedstawionych danych wynika, że składowanie jako metoda ostatecznej utylizacji zaczyna odgrywać coraz mniejszą rolę. Praktycznie o ile jeszcze w 2011 r. ilość składowanych na składowiskach odpadów komunalnych osadów ściekowych kształtowała się na poziomie 9,89% to już w roku 2013 ilość ta stanowiła 5,81%. Natomiast wzrasta udział termicznych metod w zagospodarowaniu osadów ściekowych. Jest to zgodne z założonymi kierunkami dla unieszkodliwiania osadów przyjętymi w Aktualizacji Krajowego Planu Gospodarki Odpadami [AKPGO 2014]. Nakreślony scenariusz zakłada bowiem, że podstawowe cele w gospodarce komunalnymi osadami ściekowymi będą realizowane poprzez:

- całkowite zaniechanie składowania osadów ściekowych,
- zwiększenie ilości komunalnych osadów ściekowych przetwarzanych przed wprowadzeniem do środowiska oraz osadów przekształconych metodami termicznymi,
- maksymalizację stopnia wykorzystania substancji biogennej zawartej w osadach przy jednoczesnym spełnieniu wszystkich wymogów dotyczących bezpieczeństwa sanitarnego i chemicznego.

TERMICZNE UNIESZKODLIWIANIE OSADÓW

W świetle ograniczeń związanych z przyrodniczym zagospodarowaniem osadów wynikających z przepisów prawnych oraz brakiem potencjalnych obszarów do potencjalnego zastosowania termiczna utylizacja osadów nabiera znaczenia. Do termicznych metod unieszkodliwiania osadów zalicza się spalanie, współspalanie oraz tzw. metody alternatywne, takie jak: zgazowanie, piroliza czy mokre utlenianie. Istotnym argumentem przemawiającym za spalaniem i współspalaniem jest pełne opanowanie podstaw

Tabela 1. Metody ostatecznego zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych w latach 2010–2013
Table 1. Methods of municipal sewage sludge utilisation in 2010–2013

Lata	Rekultywacja terenów	Stosowane w rolnictwie	Do produkcji kompostu	Przekształcone termiczne	Składowanie na składowiskach	Magazynowane czasowo na terenie oczyszczalni	Inne
	tys. Mg/rok						
2010	54,3	109,3	30,9	19,8	58,9	68,2	185,2
2011	54,4	116,2	31,0	41,6	51,4	53,1	171,4
2012	50,3	115,0	33,3	56,6	46,8	52,7	178,6
2013	29,4	105,4	32,6	72,9	31,4	70,0	198,6

procesów, łącznie z technikami oczyszczania powstających produktów. Analizując przydatność osadów do termicznych metod utylizacji należy zwrócić uwagę na skład chemiczny masy palnej i substancji mineralnej, zawartość części lotnych, wilgotność, popiół i jego skład. Wielkości te decydują o doborze sposobu prowadzenia procesu termicznego pozwalającego na zachowanie minimalnej emisji i uniknięcie zagrożeń eksploatacyjnych. Ostatnie lata przyniosły dynamiczny wzrost wykorzystania metod termicznych wśród metod zagospodarowania osadów ściekowych, w szczególności w zakresie suszenia oraz monospalania.

Suszenie osadów nie jest metodą ostatecznego ich zagospodarowania, stanowi raczej krok w tym kierunku i dlatego traktowane jest jako trzeci stopień odwadniania osadów. Samo suszenie nie stanowi więc rozwiązania problemu osadowego, ale prowadzi do zmiany postaci fizycznej ograniczając znacząco objętość i masę osadów. W rezultacie proces ten obniża koszty transportu, ułatwia przechowywanie oraz przekształca osady w produkt o określonych parametrach ułatwiających jego końcowe zagospodarowanie zarówno metodami przyrodniczymi, o ile spełnione są inne wymagania, jak i termicznymi. Naj-

tańszym eksploatacyjnie procesem suszenia jest wykorzystanie efektu cieplarnianego powstającego w suszarni w wyniku przenikania do jej wnętrza promieniowania słonecznego. Pierwszą tego typu, oddaną w 2004r do użytkowania suszarnią, była suszarnia słoneczna w Rzeszowie. Jest ona jednocześnie największym tego typu obiektem w Polsce. W następstwie, w kolejnych latach uruchomiono kolejne instalacje, głównie w południowej części Polski (rys. 1). Realizowane były jako typowe instalacje solarne lub instalacje hybrydowe. Parametry wybranych instalacji zebrano w tabeli 2 [Bień 2012].

Z kolei wysokotemperaturowy proces suszenia jest procesem kosztownym i o dużym stopniu skomplikowania, co ukierunkowuje jego zastosowanie głównie do dużych oczyszczalni ścieków. W Polsce funkcjonuje obecnie około 30 instalacji suszących wysokotemperaturowo komunalne osady ściekowe. W większości instalacji zastosowane zostały suszarki taśmowe, a nośnikiem ciepła jest gaz ziemny.

Aktualna sumaryczna wydajność instalacji wysokotemperaturowego suszenia oceniana jest na blisko 100 tys. Mg s.m. Parametry wielkościowe oraz energetyczne zestawiono w tabeli 3.



Rys. 1. Lokalizacja instalacji suszenia słonecznego
Fig. 1. Location of sludge solar drying plants in Poland

Tabela 2. Podstawowe dane obiektów suszarni słonecznych funkcjonujących w Polsce [Bień 2012]

Table 2. Basic parameters of solar drying plants in Poland

Obiekt	Rzeszów	Skarżysko	Żary	Kłodzko	Myszków	Dziarny/ława	Koźnice	Wieruszów
Projektowa wydajność suszarni [Mg/rok]	6000	700	3574	1300	2300	1800	650	2000
Początkowa s.m. [%]	20	18	19	25	20	20	22	18
Końcowa s.m. [%]	65	75	70	60	60	65	70	75
Masa odparowanej wody [Mg/rok]	4154	520	2604	758	1533	1246	464	1520
Powierzchnia suszarni [m ²]	4704	540	4176	1200	1392	1440	720	1440
Liczba hal	4	1	3	1	2	1	1	2
Przewracarka	WendeWolf®	przegarniacz nawowy	WendeWolf®	Huber	WendeWolf®	WendeWolf®	WendeWolf®	przegarniacz
Wykonawca			Metromex		Metromex	Metromex	Metromex	ECOSERVICE
Projektant	Eurotech	UCBEIÓŚ	Ekotop	Ekotop	Ekotop	Ekotop	Ekotop	UCBEIÓŚ
Rok oddania do użytkowania	2004	2006	2009	2010	2010	2007	2007	2010
Użytkownik	Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Rzeszowie	Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Skarżysku Kamiennej	Spółka Wodno-Ściekowa „Złota Struga”	Wodociągi Kłodzkie Sp. z o.o.	ZWiK Sp. z o.o. w Myszkowie	Wodociągi ławskie Sp. z o.o.	Koźnicka Gospodarka Komunalna w Koźnicach	Przedsiębiorstwo Komunalne w Wieruszowie SA
Suszarnia hybrydowa	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak
Dodatkowe źródło energii	ciepło odpadowe z chłodzenia generatora	wykorzystanie biogazu		pompy ciepła (3x 70 kW) z dolnym źródłem - ścieki oczyszczone	pompy ciepła (3x 70 kW) z dolnym źródłem - ścieki oczyszczone	wykorzystanie biogazu, ciepło z chłodzenia generatora, pompa ciepła z dolnym źródłem		dwa kotły na węgiel kamienny (kotły zasypowe firmy Tilgner z Pleszewa o sprawności powyżej 82%)



Rys. 2. Lokalizacja instalacji wysokotemperaturowego suszenia osadów ściekowych
Fig. 2. Location of high temperature sludge drying plants in Poland

Tabela 3. Charakterystyka instalacji wysokotemperaturowego suszenia osadów ściekowych**Table 3.** Parameters of hightemperature sewage sludge drying plants

Cecha charakterystyczna	Jednostka	Instalacje suszenia termicznego
Sumaryczna liczba instalacji	szt	30
Sumaryczna wydajność	Mg s.m./rok	ok. 100 000
Zakres odparowania wody	Mg H ₂ O/h	1 – 9.15
Zakres procesu suszenia	% s.m.	18 – 95
Zakres wskaźnika zużycia ciepła	kWh _{th} /kg H ₂ O	0,75 – 1,3
Zakres wskaźnika zużycia energii elektrycznej	kWh/kg H ₂ O	0,06 – 0,085

W zakresie monospalarni komunalnych osadów ściekowych w Polsce funkcjonuje 11 instalacji. Siedem z nich zrealizowanych zostało z wykorzystaniem technologii fluidalnej, w czterech przypadkach osady ściekowe spalane są na ruszcie. Są to instalacje zarówno o małej jak i dużej skali. Najmniejszą monospalarnią jest instalacja zlokalizowana w Łomży o wydajności 1,5 tys. Mg s.m./rok, natomiast prawdziwym gigantem jest instalacja warszawska o przepustowości 62 tys. Mg s.m./rok. Najpopularniejszą technologią jest technologia PyrofluidTM zastosowana w czterech instalacjach: w Warszawie, Kielcach, Łodzi oraz Krakowie.

Na uwagę zwraca sumaryczna wydajność instalacji monospalania na poziomie 160 tys. Mg s.m./rok. W kontekście podanych przez

GUS danych o ilości osadów przekształconych w 2013 r. na poziomie 72,9 tys Mg s.m. (tabela 4) zaznacza się niepełne wykorzystanie dostępnych mocy przerobowych. Podawana przez eksploatatorów realna dyspozycyjność instalacji w okresie „porozruchowym” wynosi 5000–8000 h/rok co zaznacza konieczność dalszej poprawy ich niezawodności i świadczy o tym, że nie wszędzie udało się uniknąć problemów eksploatacyjnych.

Osady ściekowe są również zagospodarowywane poprzez ich współspalanie, między innymi w przemyśle cementowym. W grupie Cemex proces ten realizowany jest od 2009 r. W tabeli 5 przedstawiono ilości osadów ściekowych, które poddano procesowi współspalania w cementowniach grupy [Bień 2012].

**Rys. 3.** Lokalizacja monospalarni komunalnych osadów ściekowych**Fig. 3.** Location of sludge incineration plants in Poland

Tabela 4. Instalacje monospalania osadów ściekowych w Polsce [Pająk 2012]

Table 4. Monoincineration plant sof sewage sludge In Poland

Cecha charakterystyczna	Jednostka	Instalacje spalania
Sumaryczna liczba instalacji	szt	11
Sumaryczna wydajność	Mg s.m./rok	ok. 160 000
Zakres wydajności spalarni	Mg s.m./h	0,2 – 7,9
Wilgotność osadów podawanych do kotła	% s.m.	33 – 90

Tabela 5. Ilość osadów ściekowych poddanych procesowi współspalania w cementowniach grupy Cemex [tys Mg]

Table 5. The amount of municipal sewage sludge utilized in cement industry of Cemex

Lata	2009	2010	2011	2012	2013	Razem
Cementownia Chełm	1719	5522	6251	5018	1383	19893
Cementownia Rudniki	–	1047	1406	2251	1876	6580



Rys. 4. Lokalizacja spalarni odpadów komunalnych i instalacji przemysłu cementowego

Fig. 4. Location of municipal waste incineration plants and cement kilns in Poland

W 2011 r. udział współspalonych osadów ściekowych w całej ilości paliw alternatywnych dostarczonych do grupy Cemex stanowił masowo jedynie 2,92%. Na podobnym poziomie kształtuje się to w pozostałych grupach cementowych. Budowane spalarnie odpadów komunalnych w większości budowane są jako obiekty dedykowane wyłącznie odpadom komunalnym i nie ujmują przyjmowania do termicznego przekształcenia osadów ściekowych. Natomiast współspalanie osadów w energetyce/ciepłownictwie odbywa się sporadycz-

nie i są to głównie próby techniczne sprawdzające możliwość prowadzenia takiej formy zagospodarowania osadów ściekowych. W tym zakresie nie należy oczekiwać większych zmian dopóki energetyka zawodowa w ramach regulacji prawnych nie uzyska bodźca do zainteresowania się tematem współspalania komunalnych osadów ściekowych. Obecnie bowiem dla energetyki współspalanie osadów ściekowych to proces przekształcenia termicznego odpadów co rodzi określone konsekwencje prawne, techniczne i ekonomiczne.

PODSUMOWANIE

W zależności od właściwości wytwarzanych osadów ściekowych, warunków lokalnych oraz czynników formalno-prawnych w Polsce stosuje się szereg metod zagospodarowania osadów. W założeniach aktualizacji Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2014 przewiduje się m.in.: całkowite zaniechanie składowania (wejście w życie z dniem 1 stycznia 2016 r. rozporządzenia w sprawie dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach), zwiększenie ilości osadów przetwarzanych przed wprowadzeniem do środowiska oraz osadów przekształcanych metodami termicznymi. W myśl tego trendu ostatnie lata stanowiły istotny okres inwestycyjny w gospodarce osadowej, w szczególności w zakresie termicznych metod przetwarzania osadów, głównie poprzez projekty budowy suszarni oraz spalarni. Z uwagi jednak na koszty tej formy zagospodarowania osadów kierunek ten dotyczy przede wszystkim dużych aglomeracji. Żałować w tym miejscu należy jedynie, że przy realizacji tych projektów nie rozpatrywano działania takich instalacji w aspekcie regionalnym. Przy takim podejściu mniejsze aglomeracje muszą rozwiązywać problem zagospodarowania osadów na własną rękę co w przypadku zbliżającego się wejścia w życie wyeliminowania możli-

wości składowania może postawić niektórych eksploatorów w niezbyt komfortowej sytuacji z dniem 1 stycznia 2016 r.

LITERATURA

1. Aktualizacja Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014. Warszawa 2015.
2. Bień J.D. 2012. Współspalanie osadów ściekowych w cementowniach jako jeden z elementów ich zagospodarowania. W: II Ogólnopolska Konferencja Szkoleniowa „Paliwa z odpadów, rynek odpadów jako rynek energii”, Chorzów.
3. Bień J.D. 2012. Słoneczne suszenie osadów ściekowych – realizacje i krajowe doświadczenia, W: III Ogólnopolska Konferencja Szkoleniowa „Metody zagospodarowania osadów ściekowych”, Chorzów.
4. Czekala J. 2008. Osady ściekowe – nawóz czy odpad? W: XI Konferencja Naukowo-Techniczna z cyklu Woda – Ścieki – Odpady w środowisku pt. „Kanalizacja - oczyszczalnia ścieków - odbiornik”, Międzyzdroje.
5. Pająk T. 2012. Suszenie i spalanie osadów w Polsce i krajach UE. W: VI Ogólnopolska Konferencja Szkoleniowa „Suszenie i termiczne przekształcanie osadów ściekowych”, Warszawa.
6. Ochrona Środowiska 2014. Roczniki statystyczne GUS, Warszawa, 2015.