

## Możliwości zagospodarowania popiołów po termicznym unieszkodliwianiu osadów ściekowych w aspekcie regulacji prawnych

*Andrzej Białowiec, Wojciech Janczukowicz,  
Mirosław Krzemieniewski  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn*

### 1. Wstęp

W ostatnich latach na popularności zyskują termiczne metody unieszkodliwiania osadów ściekowych [14]. Wg prognoz określonych w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami 2010 preferowaną metodą postępowania z osadami ściekowymi ma być unieszkodliwianie termiczne. KPGO 2010 zakłada, że ilość osadów przekształcanych termicznie w 2018 r. może wzrosnąć do 60% całkowitej masy osadów. Obecnie jednak łącznie ilość spalarni i obiektów oddawanych w końcowej fazie realizacji w Polsce wynosi osiem [2]. Spodziewać się należy w najbliższych latach kolejnych inwestycji w tym zakresie. W dziedzinie termicznej obróbki osadu ze względów technologicznych można wyróżnić dwa odmienne kierunki. Kierunek pierwszy to instalacja tylko do termicznego przekształcania w postaci spalania. Kierunek drugi natomiast to instalacja składająca się z dwóch elementów: oddzielnie suszenia osadów i następnie ich termicznego przekształcania. Po procesach termicznych, oprócz emisji gazów do atmosfery, pozostają stałe pozostałości poprocesowe. Jednym z problemów zarysowujących się podczas spalania osadów ściekowych jest ryzyko emisji metali ciężkich. Głównie dotyczy to emisji poprzez popioły lotne obecne w gazach spalinowych. Zastosowanie efektywnych urządzeń do ograniczania emisji popiołów, powoduje z jednej strony ograniczenie emisji szkodliwych pierwiastków do atmosfery i dalej na otaczające tereny w wyniku opadu mokrego lub suchego. Przenosi również problem środowiskowy z emisji metali ciężkich do atmosfery na ich obecność w wychwyconym popiele. Powstają zatem pytania: Czy popioły lotne powinny być klasyfikowane jako odpady niebez-

pieczne? Jakie są możliwości ich zagospodarowania: odzysku i/lub unieszkodliwiania? Celem niniejszej pracy jest analiza możliwości zagospodarowania popiołów lotnych powstałych podczas termicznego unieszkodliwiania osadów ściekowych w aspekcie uwarunkowań prawnych, z uwzględnieniem ich właściwości fizycznych i chemicznych.

## **2. Metodyka**

### **2.1. Badania właściwości popiołów lotnych z termicznego unieszkodliwiania osadów ściekowych**

Proces klasyfikacji odpadu, oraz analiza możliwości zagospodarowania odpadu wymaga określenia jego właściwości fizykochemicznych. W tym celu przeprowadzono analizy właściwości fizykochemicznych dostępnych na rynku popiołów ze spalania osadów ściekowych. Popioły wybrane do badań pochodziły z dwóch źródeł: z Wiednia (Austria) oraz z Gdyni (Polska).

Popiół austriacki pozyskany był od firmy ASH DEC Umwelt AG, zajmującej się produkcją granulowanych nawozów mineralnych na bazie popiołów ze spalania osadów ściekowych. Popiół z Gdyni pochodził z Grupowej Oczyszczalni Ścieków „Dębogórze”, gdzie jako końcowy etap zagospodarowania osadów ściekowych wdrożono technologie spalania osadów ściekowych.

Proces spalania osadu odbywa się w instalacji, w której skład wchodzi:

- suszarka bębnowa,
- piec ze złożem fluidalnym,
- zespół wymienników ciepła,
- zespół urządzeń do oczyszczania spalin.

Wydajność spalarni wynosi około 80 ton osadu na dobę. Otrzymywany w wyniku spalania popiół składowany jest na terenie oczyszczalni na składowisku o powierzchni 25000 m<sup>2</sup>, zabezpieczonym przed zanieczyszczeniem wód podziemnych dwoma warstwami geomembrany, zraszany wodą dla uniknięcia pylenia oraz rekultywowany.

Zakres przeprowadzonych analiz zestawiono w tabeli 1. Próbkę popiołów otrzymano od obsługi omawianych obiektów. Zostały one oznakowane literami A – (austriacki), G – (gdynski).

W celu określenia podatności popiołów na wymywanie substancji, przygotowano wyciągi wodne zgodnie z PN-97/Z-150009.

**Tabela 1.** Zakres przeprowadzonych analiz właściwości fizycznych i chemicznych popiołów ze spalania osadów ściekowych

**Table 1.** The range of performed analyses of chemical and physical properties of fly ash from thermal treatment of sewage sludge

Właściwości	Rodzaj analizy
Fizyko-chemiczne (właściwości nawozowe), obecność metali ciężkich	substancje organiczne (C), azot (N), fosfor (P), wapń (Ca), metale ciężkie (Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr, Hg), Odczyn w H <sub>2</sub> O.
Podatność na wymywanie substancji	odczyn, ogólny węgiel organiczny (OWO), azot (N), fosfor (P), wapń (Ca), metale ciężkie (Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr, Hg).

## **2.2. Metodyka klasyfikacji odpadu oraz możliwości jego zagospodarowania**

Klasyfikację odpadu oraz analizę możliwości jego zagospodarowania przeprowadzono w oparciu o porównawczą analizę treści [1] aktów prawnych, mających zastosowanie do: klasyfikacji odpadu, możliwości odzysku i recyklingu (w tym poza instalacjami), możliwości unieszkodliwiania (poza instalacjami, deponowania na składowiskach odpowiedniego typu).

## **3. Wyniki**

### **3.1. Właściwości fizyko-chemiczne popiołów z termicznego unieszkodliwiania osadów ściekowych**

Różnice w uwodnieniu popiołów (austriacki – 0,22% w/w, gdyński – 32,18% w/w, wynikają z różnego sposobu zagospodarowania popiołów. W Austrii popiół bezpośrednio ze spalarni trafia do zakładu produkującego nawozy, bez magazynowania, czy składowania na wolnym powietrzu. Popiół gdyński natomiast jest składowany. W wyniku dostępu opadów atmosferycznych następuje wzrost wilgotności popiołu. Przeprowadzone analizy właściwości fizyko-chemicznych wykazały, wyraźnie alkaliczny charakter popiołów, szczególnie popiołu austriackiego. Oba popioły charakteryzowały się wysokim stopniem mineralizacji, zawartość węgla organicznego mieściła się w granicach od 0,13 do 0,16%. Popioły były ubogie w azot, (0,011%). Pierwiastkiem biogennym, o wysokiej zawartości w popiołach był fosfor, którego ilość w popiele austriackim przekraczała 5%, natomiast w gdyńskim była mniejsza i wyniosła 1,9%. Popioły bogate były również w metale alkaliczne Ca i Mg, których ilość mieściła się odpowiednio w zakresach (2,83 – 3,93%; 1,40 – 2,38%), przy czym wyższe wartości dotyczyły popiołu gdyńskiego (tabela 2). Analizy zawartości metali ciężkich wykazały stosunkowo duże różnice pomiędzy popiołami, choć ich stężenia oraz wzajemne proporcje mogą wynikać z typowej charakterystyki osad-

dów ściekowych. Popiół gdyński charakteryzował się wysoką ponad trzykrotnie wyższą niż austriacki zawartością Zn (7762 mg/kg s.m.). W przypadku pozostałych metali zależność była odwrotna, popiół austriacki zawierał więcej metali ciężkich, szczególnie chromu ponad 20-sto krotnie więcej (54,5 mg/kg s.m.) oraz rtęci 12-sto krotnie więcej jednak w zakresie niskich stężeń (0,074 mg/kg s.m.). Zanotowano podwyższone stężenie miedzi w popiele austriackim, na poziomie 702,7 mg/kg s.m. Stężenia Cd, Ni i Pb w obu popiołach były na podobnych poziomach (tabela 3).

**Tabela 2.** Właściwości nawozowe badanych popiołów ze spalania osadów ściekowych  
**Table 2.** Nutrition properties of fly ashes from sewage sludge thermal treatment

Oznakowanie próbki	% s.m.	pH-H <sub>2</sub> O	C %	% s.m.			
				N <sub>og</sub>	P <sub>og</sub>	Ca <sub>og</sub>	Mg <sub>og</sub>
Popiół A	99,78	8,96	0,16	0,011	5,29	2,83	1,40
Popiół G	67,82	7,91	0,13	0,011	1,86	3,93	2,38

**Tabela 3.** Zawartość metali ciężkich w badanych popiołach ze spalania osadów ściekowych

**Table 3.** Heavy metals content In fly ashes from sewage sludge thermal treatment

Oznakowanie próbki	mg/kg s.m.						
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
Popiół A	2,37	54,5	702,7	111,8	259,2	2331,4	0,074
Popiół G	1,18	2,30	370	107	247	7762	0,006

Badania składu chemicznego wyciągów wodnych wykazały, stosunkowo niewielką podatność na wymywanie zanieczyszczeń z popiołów. Uzyskane wyciągi charakteryzowały się niewielką zawartością substancji rozpuszczonych wyrażonych jako sucha masa w zakresie od 0,25 do 0,38%. Stwierdzono tendencje do alkalizacji środowiska wodnego, przy czym popiół austriacki spowodował wzrost odczynu aż do wartości 11,29 pH, natomiast gdyński do wartości 8,55. Wymywanie składników nawozowych było na bardzo niskim poziomie. W przypadku obu badanych popiołów zawartość OWO, N, P i Ca była poniżej wartości wykrywalności (wg zastosowanej procedury analitycznej). Również stężenie Mg było małe (0,04% świeżej masy) (tabela 4).

**Tabela 4.** Właściwości nawozowe badanych wyciągów wodnych z popiołów ze spalania osadów ściekowych

**Table 4.** Nutrition properties of water extracts from fly ashes from sewage sludge thermal treatment

Oznakowanie próbki	% s.m.	pH-H <sub>2</sub> O	OWO %	% w świeżej masie			
				N <sub>og</sub>	P <sub>og</sub>	Ca <sub>og</sub>	Mg <sub>og</sub>
A	0,38	11,29	<0,01	<0,001	<0,02	<0,01	0,04
G	0,25	8,55	<0,01	<0,001	<0,02	<0,01	0,04

Wysokie wartości odczynu wskazywać mogą na dużą immobilizację metali ciężkich. Potwierdzają to małe stężenia badanych metali (tabela 5).

**Tabela 5.** Zawartość metali ciężkich w badanych wyciągach wodnych z popiołów ze spalania osadów ściekowych

**Table 5.** Heavy metals content in water extract from fly ashes from sewage sludge thermal treatment

Oznakowanie próbki	mg/dm <sup>3</sup>						
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
A	0,022	0,065	0,001	<0,0005	0,004	0,110	<0,001
G	0,018	0,060	0,001	<0,0005	0,005	0,080	<0,001

### 3.2. Klasyfikacja oraz możliwości zagospodarowania popiołów lotnych z termicznego unieszkodliwiania osadów ściekowych

Według obowiązującego katalogu odpadów z Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów [8] popioły powstające podczas termicznego przekształcania osadów w instalacji spalania, w zależności od właściwości mogą być zakwalifikowane jako: popioły lotne zawierające substancje niebezpieczne – kod odpadu 19 01 13\*, lub też popioły lotne inne niż wymienione w 19 01 13\* – kod odpadu 19 01 14. Powstaje zatem pytanie: czy są to odpady niebezpieczne czy inne niż niebezpieczne? Artykuł 3 ustawy o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r., definiuje odpady niebezpieczne jako odpady:

- należące do kategorii lub rodzajów odpadów określonych na liście A załącznika nr 2 do ustawy oraz posiadające co najmniej jedną z właściwości wymienionych w załączniku nr 4 do ustawy, lub

- należące do kategorii lub rodzajów odpadów określonych na liście B załącznika nr 2 do ustawy i zawierające którekolwiek ze składników wymienionych w załączniku nr 3 do ustawy oraz posiadające co najmniej jedną z właściwości wymienionych w załączniku nr 4 do ustawy.

Analizując listę B załącznika 2 do ustawy o odpadach, odnaleźć możemy kategorie “popioły lub żużle” odpowiadającą badanemu odpadowi powstałemu po spalaniu osadów ściekowych. Nie oznacza to jednak, iż jest on niebezpieczny. Spełnione muszą być dwa kolejne warunki: odpad musi zawierać którekolwiek ze składników wyliczonych w załączniku nr 3 i posiadać którekolwiek z właściwości wyliczonych w załączniku nr 4 do ustawy o odpadach. Jak określa Werther i Ogada [18] głównym czynnikiem wpływającym na możliwość sklasyfikowania popiołów jako odpad niebezpieczny są metale ciężkie. W istocie, metale ciężkie takie jak Zn, Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Hg wymienione są w załączniku nr 3. Powstaje jednak pytanie, czy każde stężenie pierwiastka powoduje iż odpad jest niebezpieczny? Z pomocą przychodzi tu Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004 r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne [9]. W załączniku 3 do wymienionego rozporządzenia określone są progowe stężenia, dla których uznaje się, iż odpad nie posiada składników. W przypadku metali ciężkich, w odniesieniu do Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 28 września 2005 r. w sprawie wykazu substancji niebezpiecznych wraz z ich klasyfikacją i oznakowaniem [13] oraz Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 2 września 2003 r. w sprawie kryteriów i sposobu klasyfikacji substancji i preparatów chemicznych [12] mogą one być klasyfikowane jako substancje wysoce toksyczne (stężenie progowe 0,1%), toksyczne (stężenie progowe 3,0%) lub szkodliwe (stężenie progowe 25%). Stąd też, porównano określone w trakcie badań chemicznych procentowe zawartości metali ciężkich w odpadach (tabela 6) z wymienionymi wyżej stężeniami progowymi. Przedstawione wyniki wskazują, iż jedynie w przypadku cynku następuje przekroczenie stężenia progowego 0,1% dla substancji wysoce toksycznych. Jednak ze względu na to, iż związki cynku nie są klasyfikowane jako substancje wysoce toksyczna, a jako szkodliwe, stąd też nie ma podstaw aby uznać, iż badane popioły zawierały w myśl obowiązujących przepisów, wystarczające ilości metali ciężkich aby uznać je za odpady niebezpieczne. Ze względu na to, iż warunek ten jest niespełniony, nie spełniona jest również definicja odpadów niebezpiecznych z ustawy o odpadach odnosząca się do grupy odpadów wymienionych na liście B załącznika 2. W tym przypadku, odpad ten powinien być klasyfikowany jako odpad inny niż niebezpieczny o kodzie 19 01 14.

**Tabela 6.** Procentowy udział zawartości metali ciężkich w popiołach ze spalania osadów ściekowych

**Table 6.** Percentage content of heavy metals in fly ash from sewage sludge thermal treatment

Badany metal	% udział metali ciężkich w popiołach	
	A	G
Cd	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Cr	$54,5 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$
Cu	$7,0 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$
Ni	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$
Pb	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$
Zn	$2,3 \cdot 10^{-1}$	$7,8 \cdot 10^{-1}$
Hg	$7,4 \cdot 10^{-6}$	$6,0 \cdot 10^{-6}$

Poszukując sposobu zagospodarowania odpadów należy poruszać się w zgodzie z zasadami określonymi w ustawie o odpadach, która wskazuje, iż wytworzone odpady powinny być w jak największym stopniu poddane procesom odzysku, a w sytuacji gdy nie da się ich poddać odzyskowi spełniającego wymogi ochrony środowiska, powinny być one unieszkodliwiane. Analizę możliwych sposobów zagospodarowania rozpoczęto od przeglądu dozwolonych sposobów odzysku przewidzianych dla tego rodzaju odpadu. Z wymienionych w załączniku 5 do ustawy o odpadach, wypisano najbardziej prawdopodobne procesy odzysku. Są to:

- R10 – Rozprowadzanie na powierzchni ziemi w celu nawożenia lub ulepszenia gleby.
- R14 – Inne działania polegające na wykorzystaniu odpadów w całości lub części,
- R15 – Przetwarzanie odpadów, w celu ich przygotowania do odzysku, w tym do recyklingu.

W procesie R10 przewiduje się stosowanie substancji odpadowych, a więc takich które podlegają pod ustawę o odpadach, do zastosowania bezpośredniego, jako nawozy lub substancje poprawiające właściwości gleby. O możliwości zastosowania danego odpadu w celu nawożenia lub poprawy właściwości gleby decyduje Rozporządzenie Ministra środowiska z dnia 14 listopada 2007 r. w sprawie procesu odzysku R10 [11]. Badane popioły lotne charakteryzują się dobrymi właściwościami nawozowymi, szczególnie jeśli chodzi o zawartość fosforu oraz wapnia i magnezu (tabela 2). Mogłyby być zatem stosowane na glebach kwaśnych, ubogich w fosfor. Niestety, rozporządzenie w sprawie procesu odzysku R10 [11], nie przewiduje możliwości odzysku po-

popiołów lotnych o kodzie 19 01 14 poprzez rozprowadzanie na powierzchni ziemi. Możliwe jest jednak sporządzanie mieszanek komponentów różnego pochodzenia, w tym, odpadowego, w celu uzyskania ostatecznej mieszaniny spełniającej określone wymogi. Normą w tym zakresie jest Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu [7]. Działania takie, podejmuje austriacka firma ASH DEC Umwelt AG, która na bazie popiołów lotnych pozostałych po termicznym przekształcaniu osadów ściekowych przygotowuje granulaty nawozowy posiadający wartość komercyjną. W tabeli 7 zestawiono zawartość metali ciężkich w popiołach, uzyskanym granulacie oraz wartości normowane. Przedstawione wartości wskazują, iż popiół nie spełnia normy, ze względu na zbyt wysoką zawartość ołowiu, przez co uzasadniony jest brak odpadu o kodzie 19 01 14 na liście odpadów dozwolonych do stosowania w celu rozprowadzania na powierzchni ziemi wymienionych w rozporządzeniu w sprawie procesu odzysku R10 [11]. Przygotowany jednak granulaty na bazie tego samego popiołu spełnia już wartości normatywne (tabela 7).

**Tabela 7.** Porównanie krytycznych parametrów występujących w popiele po przekształceniu termicznym i w granulacie „Ashdec” w porównaniu z polskimi normami prawnymi

**Table 7.** The comparison of the boundary parameters of fly ash from sewage sludge thermal treatment with the polish law limits

Normowane metale ciężkie	Zawartość metali w popiele po spalaniu osadów ściekowych [mg/kg s.m.]	Zawartość metali w granulacie powstałym na bazie popiołów [mg/kg s.m.]	Dozwolona zawartość metali w nawozach mineralnych w Polsce [mg/kg s.m.]*
Cd	2,37	1,3	50
Hg	0,074	< 0,1	2
Pb	259,2	11	140

\*[7]

Przygotowanie mieszanek nawozowych i substancji poprawiających właściwości gleby jest zatem dozwolonym procesem odzysku określanym przez ustawę o odpadach jako R15 – Przetwarzanie odpadów, w celu ich przygotowania do odzysku, w tym do recyklingu.

Na rynku nie zawsze występuje odpowiedni popyt na dany produkt, stąd też należy poszukiwać innych sposobów zagospodarowania odpadów. W związku z tym przeanalizowano kolejną możliwość odzysku tego odpadu, a więc proces R14 – Inne działania polegające na wykorzystaniu odpadów w całości lub części. Pod tym pojęciem, kryją się głównie procesy określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 21.03.2006 r. w sprawie odzy-



sku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami [10]. Rozporządzenie wymienia następujące sposoby wykorzystania odpadów poza instalacjami, w których istnieje potencjalna możliwość zastosowania popiołów: wypełnianie terenów niekorzystnie przekształconych (zapadliska czy nieeksploatowane odkrywkowe wyrobiska...); utwardzanie powierzchni terenów; wykorzystanie w podziemnych technikach górniczych; wykorzystanie do zabezpieczenia przed erozją wodną i wietrzną powierzchni skarpy zamkniętego składowiska odpadów; rekultywacji biologicznej zamkniętego składowiska odpadów; budowa wałów, nasypów drogowych i kolejowych, podbudów dróg i autostrad. Niestety w żadnym z wymienionych przypadków rozporządzenie nie dopuszcza do wykorzystania odpadów popiołów lotnych o kodzie 19 01 14. Pozostaje więc poszukiwać innych sposobów odzysku omawianego odpadu.

Jednym z rozwiązań jest poddanie popiołów procesowi granulacji a następnie spiekania w temperaturze 1200÷1400°C, w celu uzyskania granulatu o strukturze keramzytu lub szkliva [15]. Prace w tym zakresie realizowane są głównie w Japonii, ale również krajowe ośrodki badawcze – Politechnika Warszawska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie realizują badania w tym kierunku. Przygotowanie samego keramzytu z popiołów nie jest już ostatecznym rozwiązaniem. Konieczne jest określenie możliwości wykorzystania, uzyskanego produktu. W tym celu rozpoczęto prace nad wykorzystaniem granulatu z popiołów ze spalania osadów ściekowych jako wypełnienia w hydrofitowych systemach oczyszczania ścieków. Założono iż granulaty, ze względu na swoje właściwości korzystnie wpłyną na efektywność usuwania niektórych zanieczyszczeń ze ścieków. Prace badawcze oparto na następujących hipotezach:

- zawartość metali alkalicznych (wapń, potas) powodować może wiązanie ze ścieków fosforu oraz metali ciężkich (poprzez strącanie chemiczne lub/i wymianę jonową), zapewni również immobilizację zaabsorbowanych metali ciężkich oraz fosforu,
- zawartość fosforu, powoduje, że wytworzony granulaty stanowiąc może źródło związków nawozowych potrzebnych dla wzrostu roślin, (zastosowanie granulatu powodować może zatem poprawę warunków wzrostu roślin),
- alkaliczny charakter wytworzonego wypełnienia powodować może przejście jonów amonowych w gazowy amoniak, co zwiększy efektywność usuwania azotu ze ścieków.

Prace badawcze w wymienionym zakresie realizowane są w ramach szerokiego grantu zamawianego nr PBZ-MNiSW-1/3/2006.

W przypadku, gdy nie jest możliwe poddanie odpadów odzyskowi, powinny one zostać unieszkodliwione. W załączniku 6 do ustawy o odpadach

z wymienionych tam procesów unieszkodliwiania, w zasadzie, w dniu dzisiejszym, jedynie procesy składowania mogą mieć szansę realizacji. Mogą być to procesy określone jako:

- D1 Składowanie na składowiskach odpadów obojętnych
- D5 Składowanie na składowiskach odpadów niebezpiecznych lub na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne.

Aby odpowiedzieć czy popioły lotne, (odpad o kodzie 19 01 14) może być składowany, należy określić na jakiego typu składowisko może być kierowany. W Polsce wg podziału prawnego, wyróżnia się trzy rodzaje składowisk: składowiska odpadów obojętnych, odpadów niebezpiecznych i odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne. Pomocnym narzędziem może być tu Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów na składowiska odpadów danego typu [6]. Uzyskane wartości stężeń metali ciężkich w wyciągu wodnym z popiołów porównano z wartościami granicznymi, dla których odpady kierowane są na składowisko danego typu (tabela 8).

**Tabela 8.** Dopuszczalne graniczne wartości wmywania metali ciężkich decydujące o możliwości dopuszczania odpadów na dany typ składowisk

**Table 8.** Boundary values of heavy metals extraction limiting the permit ion of waste disposal on each kind of landfill

Składnik wyciągu wodnego	[mg/kg s.m.]				
	Składowisko odpadów obojętnych	Składowisko odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne	Składowisko odpadów niebezpiecznych	Popiół z Gdyni	Popiół z Austrii
Cd	0,04	1	5	0,2442	0,1998
Cr	0,5	10	70	7,215	0,666
Cu	2	50	100	0,0111	0,0111
Ni	0,4	10	40	<0,005	<0,005
Pb	0,5	10	50	0,0444	0,0555
Zn	4	50	200	1,221	0,888
Hg	0,01	0,2	2	<0,01	<0,01

Analiza porównawcza wykazała, iż prawie wszystkie wartości mieszczą się w granicznych wartościach wmywania dopuszczalnych na składowisku odpadów obojętnych, jedynie zawartość chromu i kadmu w wyciągach wodnych z popiołów przekracza dopuszczalne graniczne wartości wmywania dla składowisk odpadów obojętnych (tabela 8). Stężenia tych pierwiastków, jak

również pozostałych metali ciężkich są jednak mniejsze niż wartości graniczne stężeń dopuszczające na składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne. W związku z tym, badane popioły mogą być składowane na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne. Oznacza to jednak zwiększenie kosztów składowania (liczonych bez opłaty środowiskowej za umieszczanie odpadów na składowisku) ze względu na konieczność wyposażenia tego typu składowisk w kosztowne systemy zabezpieczeń i uszczelnienia dna oraz odprowadzenia i unieszkodliwiania odcieków.

Powstaje dodatkowe pytanie o technologię składowania, tj. czy mogą one być składowane nieselektywnie razem z innymi rodzajami odpadów, czy powinny być składowane selektywnie? W Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów, które mogą być składowane w sposób nieselektywny [5], określono, iż odpady popiołów lotnych o kodzie 19 01 14 mogą być składowane nieselektywnie, ale jedynie z innymi odpadami z grupy 19. Konieczne jest zatem budowanie składowisk odpadów, które będą nastawione jedynie na przyjmowanie odpadów z grupy 19, a więc odpady z instalacji i urządzeń służących zagospodarowaniu odpadów, z oczyszczalni ścieków oraz z uzdatniania wody pitnej i wody do celów przemysłowych.

## **5. Podsumowanie**

Wykonane badania potwierdziły, cytowane w literaturze fachowej, dane dotyczące alkalicznego charakteru popiołów, wysokiej zawartości fosforu oraz metali alkalicznych w popiołach ze spalania osadów ściekowych. Pozostałe składniki nawozowe, takie jak węgiel i azot były na niskim poziomie. Stwierdzono również podwyższoną zawartość metali ciężkich, szczególnie w przypadku cynku.

Stwierdzono niską podatność popiołów ze spalania osadów ściekowych na wymywanie zanieczyszczeń. Wyciągi wodne charakteryzowały się wysokim odczynem. Skutkiem tego były niskie stężenia metali ciężkich w wyciągach wodnych.

Przeprowadzona analiza porównawcza właściwości fizykochemicznych popiołów ze spalania osadów ściekowych w odniesieniu do obowiązującego prawodawstwa, pozwoliła na: sklasyfikowanie omawianych odpadów jako odpady inne niż niebezpieczne, wykazała, iż tego typu popioły lotne nie mogą być wykorzystywane w środowisku bez wcześniejszego przetworzenia, popioły lotne z termicznego przetwarzania osadów ściekowych mogą być również składowane w sposób selektywny, jak również nie selektywny ale jedynie z innymi odpadami z 19 grupy katalogu odpadów.

Z uwagi na zasady ochrony środowiska i gospodarki odpadami, preferowanym sposobem zagospodarowania omawianych popiołów lotnych powinno być ich wykorzystanie do produkcji granulatów nawozowych lub też przygotowania spiekanych granulatów przeznaczonych do wykorzystania w innych celach, np. do oczyszczania ścieków w systemach hydrofitowych.

## **Literatura**

1. **Babbie E.:** *Badania społeczne w praktyce*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, 2005.
2. **Pająk T.:** *Spalanie osadów w atmosferze wzbogacanej w tlen*. *Wodociągi-Kanalizacja* nr 10(56), str. 46, 2008.
3. **Polska Norma:** *Odpady stałe. Przygotowanie wyciągu wodnego*. PN-97/Z-150009, 1997.
4. **Projekt Badawczy Zamawiany nr PBZ-MNiSW – 1/3/2006.:** *Nowoczesne technologie energetycznego wykorzystania biomasy i odpadów biodegradowalnych /BiOB/ – konwersja BiOB do energetycznych paliw gazowych*, 2006.
5. **Rozporządzeniu Ministra Gospodarki** z dnia 30 października 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów, które mogą być składowane w sposób nieselektywny (Dz.U. nr 191; poz. 1595).
6. **Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy** z dnia 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów na składowiska odpadów danego typu (Dz.U. nr 186; poz. 1552 i 1553)
7. **Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi** z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz. U. z 7 lipca 2008 Nr 119 poz. 765)
8. **Rozporządzenia Ministra Środowiska** z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. Nr 112 poz.1206).
9. **Rozporządzenie Ministra Środowiska** z dnia 13 maja 2004 r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne (Dz.U. nr 128 poz. 1347).
10. **Rozporządzeniu Ministra Środowiska** z dnia 21 marca 2006 r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami (Dz.U. nr 49 poz.356).
11. **Rozporządzenie Ministra Środowiska** z dnia 14 listopada 2007 r. w sprawie procesu odzysku R10 (Dz.U. nr 228 poz. 1685).
12. **Rozporządzenie Ministra Zdrowia** z dnia 2 września 2003 r. w sprawie kryteriów i sposobu klasyfikacji substancji i preparatów chemicznych (Dz. U. Nr 171, poz. 1666)
13. **Rozporządzenie Ministra Zdrowia** z dnia 28 września 2005 r. w sprawie wykazu substancji niebezpiecznych wraz z ich klasyfikacją i oznakowaniem (Dz.U. nr 201, poz. 1674).
14. **Stasta P., Boran J., Bebar L, Stehlik P., Oral J.:** *Thermal processing of sewage sludge*. *Applied Thermal Engineering* 26, 1420-1426, 2006.

15. **Suzuki S, Tanaka M, Kaneko T.:** *Glass ceramic from sewage sludge.* J of Material Science; 32(7):1775-1780, 1997.
16. **Uchwała Rady Ministrów** nr 233 z dnia 29 grudnia 2006 r. w sprawie „Krajowego planu gospodarki odpadami 2010” (M.P. nr 90/2006 r., poz. 946).
17. **Ustawa** z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (tekst jednolity z 2007 r., Dz. U. Nr 39, poz. 251).
18. **Wether J., Ogada T.:** *Sewage Sludge Combustion.* Progress in Energy and Combustion Science 25, 55-116, 1999.

## **Possibilities of Management of Waste Fly Ashes from Sewage Sludge Thermal Treatment in the Aspect of Legal Regulations**

### **Abstract**

In recent years, the thermal treatment of sewage sludge technology has become more popular. During thermal treatment of sewage sludge another kind of waste - fly ashes are produced. In paper the trial of his waste classification according to polish law has been conducted. The chemical and physical characteristic of two kinds of ashes has been done. Also, the research of pollutants mobility from ash during extraction into the water has been executed. Basic on waste properties, and also according to law limitation, the possibilities of fly ash management were assessed. Ash has alkaline reaction, contains also relatively high concentration of  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and heavy metals, especially in case of zinc. Executed research indicated low mobility of pollutants during extraction into water. The fly ashes were classified as non hazardous and non inert waste. Basic on the waste management hierarchy, the fly ash from sewage sludge incineration shouldn't lead just to landfilling, but to recovery. Despite of it, because of law limitations, fly ashes from sewage sludge thermal treatment can not to be used directly in the environment, without additional processing. The solution can be: production of fertilizers where one of the components is fly ash; production of light expanded granulates for reusing in environmental engineering – constructed wetlands for wastewater treatment, construction capture barriers for polluted ground water... And finally, as the worst solution, fly ashes might also be landfilled separately as well mixed with another waste from group 19 from waste catalogue.

