

Danuta KASPRZAK

Centrum Gospodarki Odpadami, Oddział Zamiejscowy w Katowicach  
Instytutu Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Warszawa

Andrzej ŚLĄCZKA

Politechnika Śląska, Gliwice

## ODDZIAŁYWANIE ŻUŻLI Z PRZEKSZTAŁCANIA TERMICZNEGO ODPADÓW NA ŚRODOWISKO WODNE JAKO ELEMENT PROCEDURY KWALIFIKOWANIA ODPAÓW DO LOKOWANIA POD ZIEMIĄ

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań wymywalności z żużli powstałych podczas spalania odpadów szpitalnych, materiałów czyszczących i trocin niektórych kationów i anionów, pod kątem wykorzystania ich do zapelnia pustek poeksploatacyjnych.

## RESEARCH OF INTERACTION OF CINDERS FROM THE THERMAL TREATMENT OF WASTE ON WATER ENVIRONMENT AS A STEP TO QUALIFICATION THEM TO UNDERGROUND DEPOSITION

**Summary.** In the paper the investigation of elution of cinders from incineration of some hospital, cleaning materials and saw dust are presented. The eluates were analysed for concentration of chosen kationes and aniones. On the basis of experiments performed it was concluded that some of the investigated cinders may be used as components of the underground filling.

### 1. Wstęp

Obowiązujące przepisy prawne, a także względy ekologiczne, gospodarcze i społeczne wymuszają podejmowanie działań prowadzących do zmiany praktyki lokowania większości odpadów na składowiskach naziemnych poprzez wdrażanie technologii ich odzysku lub unieszkodliwiania.

Najlepszą dostępną techniką unieszkodliwiania nie nadających się do odzysku odpadów o dużej zawartości związków organicznych są procesy przekształcania termicznego [1, 2]. Istotnym problemem eksploatacyjnym instalacji, w których zastosowano te procesy, jest prawidłowe gospodarowanie wytwarzanymi odpadami w postaci żużli i popiołów paleniskowych lub odpadów z pirolizy odpadów.

W województwie śląskim wytwarza się ok. 300 Mg/rok tych odpadów pochodzących z unieszkodliwiania 2 400 Mg/rok przemysłowych odpadów niebezpiecznych w piecu obrotowym, oraz ok. 2 000 Mg/rok odpadów medycznych (szpitalnych) technologiami opartymi na procesach pirolizy odpadów. Odpady wytwarzane w tych instalacjach są składowane na odpowiednio zabezpieczonych składowiskach (najczęściej po uprzedniej immobilizacji zawartych w nich substancji szkodliwych w matrycy betonowej).

Ilość wytwarzanych na terenie województwa odpadów niebezpiecznych, które powinny być przekształcane termicznie, szacuje się na około 22 200 Mg /rok. Obecnie na terenie województwa budowana jest nowa spalarnia odpadów niebezpiecznych o wydajności 20 000 Mg/rok [3]. Wobec powyższego należy stwierdzić, że problem zagospodarowania odpadów paleniskowych ze spalania odpadów niebezpiecznych stanowić będzie w przyszłości nie mniej istotny problem niż w tej chwili.

Szeroko dyskutowanym rozwiązaniem alternatywnym dla składowania na powierzchni ziemi odpadów niepalnych jest lokowanie ich pod ziemią [4-15].

Dotychczasowe doświadczenia w tym zakresie opierają się głównie na wykorzystaniu w kopalniach odpadów obojętnych lub innych niż niebezpieczne, pochodzących z przemysłu wydobywczego, energetycznego oraz hutnictwa żelaza i stali, oraz na składowaniu niektórych rodzajów odpadów w nieprzepuszczalnych utworach skalnych (np. w kopalniach soli).

W oparciu o stan wiedzy i doświadczenia własne opracowano ogólną procedurę kwalifikowania odpadów do lokowania pod ziemią. Proponowana procedura oceny możliwości lokowania odpadów w górotworze uwzględnia konieczność odniesienia się do:

- właściwości fizykochemicznych odpadu,
- przepisów prawnych dotyczących gospodarki odpadami
- warunków geologiczno-hydrogeologicznych panujących w miejscu lokowania pod ziemią, wymagań wynikających z techniki górniczej, bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony środowiska oraz aspektów ekonomicznych.

Podstawowym wymogiem w zakresie ochrony środowiska stawianym technologiom wykorzystania odpadów w kopalniach jest zapewnienie trwałego bezpieczeństwa środowiska wodnego. Ocena rzeczywistego wpływu odpadów na środowisko wodne przedstawia znaczne

trudności spowodowane brakiem jednoznacznej metodyki badań i interpretacji uzyskanych wyników. Zalecane w polskich uregulowaniach prawnych, w tym w polskich normach, procedury badawcze są kwestionowane przez część środowiska naukowego ze względu na brak odniesienia do warunków rzeczywistych w wyrobiskach górniczych [16-20]. Wątpliwości nasuwa szczególnie używanie wody destylowanej do sporządzania ekstraktów oraz nieuwzględnianie wysokości tła hydrochemicznego przy ocenianiu wyników badań. Problem ten jest szczególnie istotny w przypadku poddawania ocenie złożonych układów chemicznych, takich jak żużle z termicznego przekształcania odpadów przemysłowych i medycznych pozostające w kontakcie z wodami dołowymi o silnym stopniu mineralizacji.

W związku z powyższym celem przeprowadzonych badań było:

- określenie możliwości wykorzystania żużli z przekształcania termicznego wybranych odpadów niebezpiecznych (przemysłowych i medycznych) do wypełniania pustek poeksploatacyjnych w kopalniach węgla kamiennego na podstawie badań ich oddziaływania na środowisko wodne,
- stwierdzenie poziomu błędów popełnianych przy dokonywaniu oceny oddziaływania odpadów na wody podziemne na podstawie obecnie stosowanych, uproszczonych procedur wykonywania testów wymywalności przy użyciu wody destylowanej, w stosunku do wymywalności zanieczyszczeń w warunkach zbliżonych do rzeczywistych,
- określenie zależności pomiędzy wymywalnością substancji szkodliwych z badanych żużli a jakością użytej cieczy wymywającej na przykładzie czterech wód kopalnianych o różnym stopniu mineralizacji.

## 2. Wybór materiałów do badań

Do badań wybrano dziesięć żużli pochodzących z przekształcania termicznego odpadów nieszkodliwianych w trakcie rutynowej eksploatacji czterech instalacji, a mianowicie:

- spalarni komercyjnej nieszkodliwiającej w piecu obrotowym odpady przemysłowe, stosującej wsady o następującym składzie morfologicznym:
  - czyściwa 90 %, odpady farmaceutyczne (leki) 10 % - żużle (Z1 i Z2),
  - czyściwa i trociny 90 %, leki 10 % - żużel (Z3),
  - czyściwa 40 %, tworzywa sztuczne 30 %, farby i lakiery 30 % - żużel (Z4),
  - tworzywa sztuczne 70 %, farby i lakiery 30 % - żużel (Z5),

- farby i lakiery 80 %, oleje smarowe 20 % - żużel (Z6),
  - odpady mieszane (czyściwa, farby i lakiery, tworzywa sztuczne, leki i inne), żużel poddany procesowi starzenia przez okres jednego miesiąca - żużel (Z7),
  - dwóch zakładów unieszkodliwiania odpadów medycznych (szpitalnych) stosujących różne technologie oparte na procesie pirolizy odpadów - żużle (Z8 i Z9),
  - zakładowej instalacji do spalania w piecu obrotowym odpadu własnego z produkcji toluidenoizocyjanianu - żużel (Z10).
- W celu uzyskania wyników porównywalnych z obowiązującymi normami [16,17,18] oraz symulacji warunków panujących w kopalniach węgla kamiennego do badań wytypowano następujące ciecze wmywające:
- woda destylowana (W0),
  - woda dołowa z szybu „Helena” KWK „Jaworzno” (W1),
  - woda dołowa z szybu „Sobieski III” KWK „Jaworzno” (W2),
  - woda dołowa z KWK „Gliwice” (W3),
  - woda dołowa z KWK „Dębieńsko” (W4).

### 3. Metodyka badań

Przeprowadzone prace badawcze obejmowały badania: struktury, składu fazowego i chemicznego żużli oraz wymywalności zanieczyszczeń z żużli w wodzie destylowanej i czterech wybranych wodach dołowych z kopalń węgla kamiennego.

Testy wymywalności wykonano wg procedury zawartej w rozporządzeniu w sprawie opłat za składowanie odpadów [21] przy użyciu wody destylowanej i wybranych wód dołowych. W uzyskanych wyciągach wodnych oznaczano: odczyn, przewodność elektrolityczną właściwą, substancje rozpuszczone,  $\text{ChZT}_{\text{C}}$ , azot azotanowy, azot azotynowy, azot amonowy, chlorki, siarczany, siarczki, ołów kadm, miedź, cynk, nikiel, mangan, żelazo, chrom, chrom (VI), bar, potas, sód. Wyniki badań wymywalności zanieczyszczeń z żużli porównano z najwyższymi dopuszczalnymi wartościami wskaźników zanieczyszczeń w ściekach wprowadzanych do wód lub do ziemi [22], normami do materiałów podsadzkowych [19,20] oraz do poziomu tła hydrochemicznego.

#### 4. Wyniki badań

Wszystkie badane żużle są zróżnicowane i niejednorodne pod względem struktury oraz składu chemicznego. Wszystkie żużle zawierają związki organiczne, przy czym ich ilość waha się od 0,15% do 0,35%. Zasadniczą część badanych żużli stanowiła faza bezpostaciowa, co uniemożliwiło identyfikację występujących w nich rodzajów faz krystalicznych.

Ekstrakty wodne niemal wszystkich żużli z przekształcania termicznego odpadów posiadają odczyn zasadowy. Wyjątkiem jest żużel ze spalania odpadu z produkcji toluidenoizocyjanianu, którego wszystkie wyciągi wodne charakteryzują się odczynem silnie kwaśnym. Skutkuje to wielokrotnymi przekroczeniami większości najwyższych dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń dla ścieków wprowadzanych do wód i do ziemi we wszystkich ekstraktach tego żużla.

W większości alkalicznych ekstraktów z żużli, wykonanych przy użyciu wody destylowanej, stężenie siarczanów przekracza najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń dla ścieków wprowadzanych do wód i do ziemi. Należy zauważyć, że stężenia te są na poziomie tła hydrochemicznego wód znajdujących się w wyrobisku, w którym planuje się deponowanie badanych żużli. Podobnie przedstawiają się wartości stężeń dla chlorków. Sporadycznie przekraczane są również dopuszczalne dla ścieków wartości innych wskaźników zanieczyszczeń, takie jak: pH, substancje rozpuszczone ogólne, ChZT<sub>(Cr)</sub>, azot amonowy, chrom (VI), chrom ogólny i siarczki.

Badania wymywalności zanieczyszczeń z żużli wykonane przy użyciu wód kopalnianych wykazały istotne różnice stężeń jonów siarczkowych, ołowiu, chromu, cynku, miedzi i manganu występujące w niektórych ekstraktach tych samych żużli, wykonanych przy użyciu wody destylowanej.

W tabelach 1 i 2 przedstawiono przykładowo charakterystykę wód kopalnianych oraz wyniki badań ekstraktów wodnych żużli pochodzących z przekształcania termicznego odpadów o składzie: czyściwa i trociny 90 %, leki 10 % (żużel Z3) oraz odpadów szpitalnych (żużel Z9). W tabelach uwzględniono wyłącznie te wskaźniki zanieczyszczeń, których wartości w wodach, lub sporządzonych ekstraktach, przekraczają najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń dla I klasy czystości wód powierzchniowych.



Tabela 1  
Wartości wybranych wskaźników zanieczyszczeń w wyciągach wodnych żużla Z3 pochodzącego z przekształcania termicznego odpadów o składzie: czystość 90 %, leki 10 %

Oznaczenie	Jednostka	Najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń					Z3/W0	W1	Z3/W1	W2	Z3/W2	W3	Z3/W3	W4	Z3/W4	
		I kl. wód		PN-93/G-11010 <sup>1)</sup>												PN-G-11011 <sup>2)</sup>
		ściek	6,5-9,0	6,0-9,0	2000*	2000*										2000*
Odczyn	pH	6,5-8,5	6,5-9,0	6,0-9,0	6,0-12,0	10,1	7,6	9,5	7,9	9,4	7,8	9,4	7,4	9,0		
Subst. rozp.	mg/l	500	2000	2000*	2000*	2340	1260	3840	2899	5036	15690	18010	116526	118914		
Cl	mgCl/l	250	1000	1000	1000	385	39,5	620	1320	920	3200	3800	39600	39700		
SO <sub>4</sub>	mgSO <sub>4</sub> /l	150	500	500	500	800	743,7	1285	398,8	1284	2905	3818	2705	3482		
K	mgK/l	10	80	80	80*	82,1	11,5	103,8	31,6	121,9	149,2	236,8	561	590		
Na	mgNa/l	100	800	800	800*	204,2	27,6	418	641,2	797,7	5172	5302	41680	42020		
S	mgS/l	ND	0,2	ND	0,2	0,04	<0,01	0,02	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,08		
Pb	mgPb/l	0,05	0,5	0,5	0,5	0,087	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,068	<0,05	0,85		
Cd	mgCd/l	0,005	0,1	0,1	0,1	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,026	0,025		
Mn	mgMn/l	0,1	wartość nie normowana			<0,01	<0,01	<0,01	0,392	<0,01	<0,01	<0,01	2,693	0,084		

Tabela 2  
Wartości wybranych wskaźników zanieczyszczeń w wyciągach wodnych żużla Z9 pochodzącego z przekształcania termicznego odpadów międzysektoryjnych (szpitalnych)

Oznaczenie	Jednostka	Najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń					Z9/W0	W1	Z9/W1	W2	Z9/W2	W3	Z9/W3	W4	Z9/W4	
		I kl. wód		PN-93/G-11010												PN-G-11011
		ściek	6,5-9,0	6,0-9,0	2000*	2000*										2000*
Odczyn	pH	6,5-8,5	6,5-9,0	6,0-9,0	6,0-12,0	>12	7,6	>12	7,9	>12	7,8	11,1	7,4	9,9		
Subst. rozp.	mg/l	500	2000	2000*	2000*	4000	1360	5236	2899	6386	15690	18980	116526	120000		
Cl	mgCl/l	250	1000	1000	1000	760	39,5	870	1320	1580	3200	4020	39600	39910		
SO <sub>4</sub>	mgSO <sub>4</sub> /l	150	500	500	500	617	743,7	1174	398,8	956	2905	3420	2705	3162		
K	mgK/l	10	80	80	80*	89,3	11,5	99,8	31,6	106,9	149,2	225,8	561	649,0		
Na	mgNa/l	100	800	800	800*	350,4	27,6	388,2	641,2	940,6	5172	5483	41680	42140		
S	mgS/l	ND	0,2	ND	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,37	<0,01	<0,01		
Pb	mgPb/l	0,05	0,5	0,5	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	0,105		
Cd	mgCd/l	0,005	0,1	0,1	0,1	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,026	<0,002		
Mn	mgMn/l	0,1	wartość nie normowana			<0,01	<0,01	<0,01	0,392	<0,01	<0,01	<0,01	2,693	<0,01		

<sup>1)</sup>PN-93/G-11010: Materiały do podszkiki hydraulicznej: Wymagania i badania; <sup>2)</sup>PN-G-11011: Materiały do podszkiki zestawianej i doszczelniania zrobów. Wymagania i badania. Sierpień 1998; \* - sześciana zanieczyszczeń nie wymienione w PN; ND - nie dopuszcza się; bold - przekroczone NDS dla ścieków wprowadzanych do wód i do ziemi; *italic* - przekroczone NDS dla klasy czystości wód powierzchniowych

## 5. Dyskusja wyników

Skład elementarny i właściwości badanych żużli są funkcją: składu morfologicznego i chemicznego unieszkodliwianych odpadów oraz parametrów procesu przekształcania termicznego (wpływających na stopień destrukcji odpadów oraz zaszklania żużli).

Porównanie wyników analiz wyciągów wodnych większości badanych żużli, wykonanych przy użyciu wody destylowanej, z wymaganiami dla ścieków wprowadzanych do wód lub do ziemi i norm podszadzkowych, wykazało ich negatywne oddziaływanie na środowisko wodne. Wyjątkiem jest jeden z żużli ze spalania czyszczyw z domieszką leków.

W przypadku odniesienia wyników badań tych samych wyciągów wodnych nie tylko do wymagań zawartych w przepisach prawnych, lecz również do wysokości tła hydrochemicznego (składu chemicznego wód kopalnianych) stwierdzono dopuszczalność lokowania w wyrobiskach górniczych, z których pochodzą wody dołowe, żużli ze spalania: czyszczyw z domieszką leków oraz odpadów lakierniczych z dodatkiem odpadów smarowych.

Istotny wpływ na ilość wymywanych z żużli zanieczyszczeń, zwłaszcza metali ciężkich i siarczków, ma odczyn uzyskanych eluatów. W roztworach silnie kwaśnych obserwuje się kilkudziesięciokrotne przekroczenia najwyższych dopuszczalnych wartości składników zanieczyszczeń dla ścieków wprowadzanych do wód lub do ziemi.

W alkalicznych ekstraktach żużli zasadniczy wpływ na ilość wymywanych z żużli zanieczyszczeń, zwłaszcza metali ciężkich i siarczków, ma ostateczny wynik ustalenia się, przy danych wartościach pH, równowagi chemicznej pomiędzy zachodzącymi w eluatach reakcjami:

1. wytrącania jonów metali w postaci trudno rozpuszczalnych osadów, zwłaszcza:
  - wodorotlenków (Cd, Mn, Fe, Zn, Cr) pod wpływem zwiększenia się alkaliczności roztworu w stosunku do wody kopalnianej,
  - chlorków ołowiu w obecności jonów siarczkowych (w postaci dichlorku siarczku diołowiu ( $PbS.PbCl_2$ ) pod wpływem zwiększonej zawartości jonów chlorkowych w wodach dołowych,
  - chromianów(VI) (Cd, Zn, Ni),
2. tworzenia się jonów kompleksowych, najczęściej w nadmiarze jonów:
  - chlorkowych z jonami (Mn, Fe, Pb, Zn, Cr),
  - amonowych z jonami (Cd, Cu, Zn, Cr).

Należy zaznaczyć, że na stężenie poszczególnych zanieczyszczeń mają wpływ również nie wymienione powyżej reakcje specyficzne dla danej substancji szkodliwej. Przykładowo, stężenie chromu (VI) jest uzależnione od szybkości zachodzenia reakcji utleniania chromu (III) w środowisku zasadowym pod wpływem utleniaczy, takich jak np. jony  $\text{NO}_3^-$ . Na poziom stężenia jonów siarczkowych mają wpływ reakcje redukcji siarczanów (VI) do siarczków. Natomiast na stężenie jonów miedzi decydujący wpływ ma ustalenie się równowagi pomiędzy reakcjami wytrącania się osadu zasadowego siarczanu miedzi w obecności jonów amonowych oraz rozpuszczania się tego osadu pod wpływem nadmiaru tych jonów z utworzeniem jonów kompleksowych.

W większości ekstraktów zasadowych obserwuje się pod wpływem żużli samooczyszczanie się wód kopalnianych z jonów kadmu, manganu, żelaza i cynku. Jeżeli eluaty wykazują dostateczny wzrost wartości pH w stosunku do wód dołowych, jony tych metali wytrącają się w postaci wodorotlenków. W ekstraktach żużli ze spalania tworzyw sztucznych i odpadów lakierniczych (żuźle Z4, Z5) jony kadmu mogą się wytrącać również w postaci chromianów.

Obecność jonów ołowiu i siarczków stwierdzono w niektórych ekstraktach żużli ze spalania czysciw i trocin z dodatkiem leków (żuźel Z3) oraz odpadów szpitalnych w instalacji C (żuźel Z9), charakteryzujących się stosunkowo wysokimi wartościami pH.

Stężenie jonów ołowiu w ekstraktach żużli jest funkcją stężenia jonów chlorkowych, wytrącających jony ołowiu w postaci trudno rozpuszczalnego osadu chlorku ołowiu (II). Związek ten tworzy jony kompleksowe w nadmiarze jonów chlorkowych. Przekroczenia wartości dopuszczalnych dla jonów ołowiu obserwuje się w ekstraktach sporządzonych z cieczy wymywających charakteryzujących się niskimi lub bardzo wysokimi stężeniami chlorków. Jony ołowiu nie są wykrywalne w ekstraktach, w których ilość jonów chlorkowych jest wystarczająca do wytrącenia ich w postaci nierozpuszczalnego osadu  $\text{PbCl}_2$ , lecz jednocześnie zbyt mała, by tworzyć jony kompleksowe.

W przypadku jonów siarczkowych stwierdzono zasadnicze różnice pomiędzy ich stężeniami w ekstraktach wykonanych przy użyciu wody destylowanej oraz wód kopalnianych. Obecność siarczków w roztworach jest silnie uzależniona nie tylko od wartości pH, lecz również od własności redukcyjnych ekstraktów żużli (możliwość redukcji siarczanów do siarczków), oraz stężenia jonów chlorkowych, jonów ołowiu wytrącających się w postaci sulfochlorków oraz jonów metali wytrącających się w danym środowisku w postaci siarczków. Z tego względu każdy przypadek występowania przekroczeń wartości dopuszczalnych należy traktować indywidualnie.



## 6. Wnioski

1. Ze względu na ograniczoną powtarzalność składu i właściwości żużli powstających w wyniku unieszkodliwiania odpadów zaklasyfikowanych do tego samego rodzaju, prognozowanie ich oddziaływania na środowisko wodne na podstawie badań pojedynczej próbki wybranego żużla może być obarczone poważnymi błędami.
2. Wykonane badania wykazują istotne (co najmniej na poziomie dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń dla I klasy czystości wód powierzchniowych) różnice wymywalności z żużli niektórych substancji szkodliwych, takich jak: siarczki, ołów, chrom ogólny i chrom (VI), cynk, miedź i mangan w zależności od rodzaju użytej cieczy wymywającej (woda destylowana i wody dołowe).
3. Złożoność składu chemicznego wyciągów wodnych żużli z przekształcania termicznego odpadów, zwłaszcza wykonanych przy użyciu silnie zmineralizowanych wód kopalnianych, uniemożliwia jednoznaczne prognozowanie wpływu badanych żużli na środowisko wodne w kopalni na podstawie testów wymywalności wykonywanych przy użyciu wody destylowanej. Z tego względu ocena oddziaływania tych żużli na środowisko, w przypadku ich wykorzystywania lub składowania w górotworze, musi być dokonywana na podstawie testów wymywalności wykonanych przy użyciu wód podziemnych występujących w miejscu lokowania odpadów.
4. Zalecane polskimi przepisami procedury badawcze (zastosowanie wody destylowanej do sporządzania ekstraktów) i obowiązujące kryteria oceny wyników badań wymywalności mogą powodować:
  - niedopuszczenie do lokowania pod ziemią odpadów, z których substancje szkodliwe wymywają się w ilościach porównywalnych lub niższych od lokalnego tła hydrochemicznego,
  - dopuszczenie do lokowania w wyrobiskach górniczych odpadów wykazujących wymywalność substancji szkodliwych w środowisku wód kopalnianych.

## LITERATURA

1. Anon: BATNEEC for hazardous waste incineration, Waste Manage. Today (News J.), Vol. 4, No. 1 (1991).
2. Hester R.E.: Waste incineration and the environment, Science and Technology 2., Harrison R.M. (eds) (1998).

3. Praca zbiorowa, Kasprzak D. (współautor): Kompleksowy program gospodarki odpadami niebezpiecznymi w regionie Polski południowej, praca badawcza Instytutu Gospodarki Odpadami, Katowice 2001.
4. Palarski J.: Kryteria zagospodarowania odpadów przemysłowych w kopalniach, Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, Nr 3 (1999).
5. Palarski J.: Kryteria zagospodarowania odpadów przemysłowych w kopalniach, Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, Nr 4 (1999).
6. Palarski J.: Chemiczne i fizyczne właściwości materiałów mineralnych i produktów odpadowych, służących do wypełniania wyrobisk i izolacji składowisk odpadów. Konferencja „Jakość środowiska. Techniki i technologie”, Komeko 2001.
7. Plewa F., Mysiek Z.: Zagospodarowanie odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
8. Plewa F., Mysiek Z., Stozik G.: Uwarunkowania formalno-prawne bezpiecznego składowania odpadów w podziemiach kopalń. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Nr 1480, Seria Górnictwo, Zeszyt 246, Gliwice 2000.
9. Plewa F., Mysiek Z., Stozik G.: Wykorzystanie naturalnych i sztucznych barier izolacyjnych w projektowaniu podziemnych składowisk odpadów, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Nr 1480, Seria Górnictwo Zeszyt 246, Gliwice 2000.
10. Mazurkiewicz M., Piotrowski Z., Poborska-Młynarska K.: Próba określenia możliwości utworzenia podziemnego składowiska odpadów niebezpiecznych w polskich kopalniach podziemnych., Konferencja Szkoła Gospodarki Odpadami, Ryto 2000.
11. Mazurkiewicz M., Piotrowski Z., Tajduś A.: Lokowanie odpadów w kopalniach podziemnych, Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej Nr 5, Kraków 1997.
12. Knissel W.: Stand und Entwicklungsmöglichkeiten der Abfallentsorgung im untertägigen Bergbau. 1. Kolloquium zum Bergbau und Umweltschutz in Aachen; Abfallentsorgung im Bergbau unter Tage; Heft 88 der Schriftenreihe der GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik; Clausthal-Zellerfeld 2001.
13. Behnsen H.: Abfallverwertung und -beseitigung im Kali- und Steinsalzbergbau. 1. Kolloquium zum Bergbau und Umweltschutz in Aachen; Abfallentsorgung im Bergbau unter Tage; Heft 88 der Schriftenreihe der GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik; Clausthal-Zellerfeld 2001.
14. Dehoust G. et al.: Untertägiger Versatz von Abfällen: Allgemeine Rahmenbedingungen und Anforderungen aus ökologischer Sicht. 1. Kolloquium zum Bergbau und Umweltschutz in Aachen; Abfallentsorgung im Bergbau unter Tage; Heft 88 der Schriftenreihe der GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik; Clausthal-Zellerfeld 2001.
15. Frenz W.: Der rechtliche Rahmen der Abfallverwertung im Bergbau. Abfallvermeidung und -verwertung, Deponietechnik und Altlastensanierung; Konferenzbericht der 5. Depotech abfallwirtschaftstagung Leoben/Österreich/ A.A. Balkema/Rotterdam/ Brookfield/ 2000.
16. Dąbrowska L., Płoszaj J.: Przydatność laboratoryjnych metod do oceny szkodliwości składowanych popiołów lotnych na środowisko wodne, Inżynieria i Ochrona Środowiska, T1, Nr 2 1998.
17. Rosik-Dulewska Cz., Karwaczyńska U.: Ocena zagrożenia środowiska wodnego powstałego w wyniku składowania na powierzchni ziemi oraz przez lokowanie ich w podziemnych wyrobiskach górniczych, Chemia i Inżynieria Ekologiczna, T.5, Nr 3, Opole 1998.
18. Mazurkiewicz M., Piotrowski Z.: Ocena możliwości lokowania pod ziemią odpadów z kotłów fluidalnych. Kwartalnik AGH, Górnictwo, Rok 23 Zeszyt 1, AGH, Kraków 1999.
19. PN-93/G-11010: Materiały do podsadzki hydraulicznej. Wymagania i badania.

20. PN- G-11011: Materiały do podsadzki zestawianej i doszczelniania zrobów. Wymagania i badania. Sierpień 1998.
21. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 grudnia 1997 r. w sprawie opłat za składowanie odpadów, Dz. U. z 1997 r., Nr 162, poz. 1116.
22. Rozporządzenie z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód powierzchniowych oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi, Dz. U. z 1991 r., Nr 116, poz. 502.

Recenzent: Dr inż. Barbara Białecka

### Abstract

The incineration is one of the best methods of waste rendering. The cinders remained can be deposited in a mine excavations if they not deteriorate the underground water environment. In the paper the investigations of elution of cinders from incineration of some hospital, cleaning materials and sawdust waste are presented. The elutions were performed using distilled water (according to the Polish regulation) as well as four different natural mine waters. The elutes were analyzed for the reaction, electrolytic conductivity, COD, and concentration of  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ , Cl,  $\text{SO}_4$ , Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Mn, Fe, Cr, CrVI, Ba, K, Na ions. In the Tables are given only these results that exceeded the environment protection limits.

On the basis of the result obtained one can conclude, that depends on the kind of water, which contacts the cinders, different amounts of impurities are eluted. It is obvious, but existing regulations are based on distilled water. So, for testing the impact of waste on underground water one should use the water being in the region exposed to contamination.

Otherwise in some cases especially for the mine waters one might classify the waste as a harmful to environment, whereas the underground water itself is more contaminated than the elute obtaining in testing using distilled water. Authors concluded that some of the investigated cinders might be used as components of the underground filling