

Iwona JONCZY  
Politechnika Śląska, Gliwice

## ZMIENNOŚĆ ZAWARTOŚCI WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH W ODPADACH PO HUTNICTWIE ŻELAZA I STALI ZE ZWAŁOWISKA HUTY KOŚCIUSZKO W CHORZOWIE

**Streszczenie.** W składzie chemicznym odpadów po hutnictwie żelaza i stali ze zwałowiska Huty Kościuszko w Chorzowie stwierdzono znaczne ilości metali ciężkich, w tym Cd, Cr, Pb, Zn, których zawartość jest zmienna w poszczególnych partiach zwałowiska, zarówno w profilu pionowym, jak i w rozprzestrzenieniu lateralnym. Stężenia metali często przekraczają dopuszczalne normy dla materiałów stosowanych w pracach inżynierskich, co ogranicza możliwości ich gospodarczego wykorzystania.

## VARIABILITY OF THE CONTENT OF THE CHOSEN HEAVY METALS FROM THE WASTES AFTER IRON AND STEEL PRODUCTION FROM THE KOSCIUSZKO STEEL WORKS WASTE DUMP

**Summary.** In the chemical composition of the wastes after iron and steel industry from the Kościuszko Steel Works waste dump in Chorzów the considerable amounts of heavy metals (Cd, Cr, Pb, Zn and the others) were noticed. The concentration of heavy metals is changing in the vertical and horizontal propagation in the dump and often exceeds the admissible values for the materials used in engineering purposes.

### 1. Wstęp

Hutnictwo żelaza i stali było jedną z ważniejszych gałęzi przemysłu na Górnym Śląsku. Działalność licznych hut m. in. w Chorzowie, Katowicach, Gliwicach, Zabrze przyczyniła się do rozwoju gospodarczego regionu, z drugiej strony stała się źródłem zanieczyszczenia

środowiska, zwłaszcza z powodu powstających podczas eksploatacji znacznych ilości odpadów [5, 6].

Obecnie większość zakładów już zamknięto lub funkcjonują tylko nieliczne ich oddziały, jednak problem obecności zwałowisk odpadów hutniczych jest nadal aktualny, pomimo że materiał odpadowy jest coraz częściej wykorzystywany w pracach inżynierskich m. in. do produkcji kruszyw [4, 7].

Pozostałe po hutnictwie odpady nawet po długoletnim okresie składowania zawierają znaczne ilości toksycznych składników, m. in. metali ciężkich, które w wyniku wietrzenia mogą być z nich uwalniane i wraz z roztworami infiltrującymi zwałowiska mogą migrować poza jego obręb [1, 2, 3]. W związku z tym podjęto badania mające na celu określenie zawartości wybranych metali ciężkich ze zwałowiska Herman w Chorzowie.

## 2. Obszar badań

Zwałowisko Herman powstało w wyniku działalności Huty Kościuszko, która jako zakład produkcyjny funkcjonowała od 1802 r. Przez prawie 200 lat istnienia huta zgromadziła znaczne ilości odpadów, które były składowane na licznych zwałowiskach. Jednym z nich, wyraźnie uwidoczniającym się, jest 30-letnie zwałowisko Herman, znajdujące się w północnej części miasta Chorzowa (rys. 1).

Zgromadzony na zwałowisku materiał składowany był nieselektywnie, stanowią go żużle wielkopiecowe, stalownicze, odlewnicze i in. Składowanie odpadów zakończono w latach 90. ubiegłego wieku. W tym czasie masa odpadów wynosiła 4.773.300 Mg.

Obecnie zwałowisko zajmuje powierzchnię 12, 5 ha, jest niepokryte roślinnością (fot. 1).

Część zwałowiska została rozplantowana pod planowaną na tym terenie zabudowę. Odslonięty w wyniku prowadzonych prac rozbiórkowych teren (na obrzeżach porośnięty roślinnością trawiastą i brzożami) uwidocznił w podłożu pozostawione jeszcze odpady hutnicze. Można więc stwierdzić, że materiał odpadowy nie został wybrany całkowicie i teren ten nadal stanowi część zwałowiska, tylko zniwelowaną prowadzonymi robotami rozbiórkowymi (fot. 2).



Rys. 1. Mapa Chorzowa z zaznaczoną lokalizacją zwałowiska Herman [źródło: www.gsn.pl]  
 Fig. 1. Map of Chorzów city with the Herman dump localization



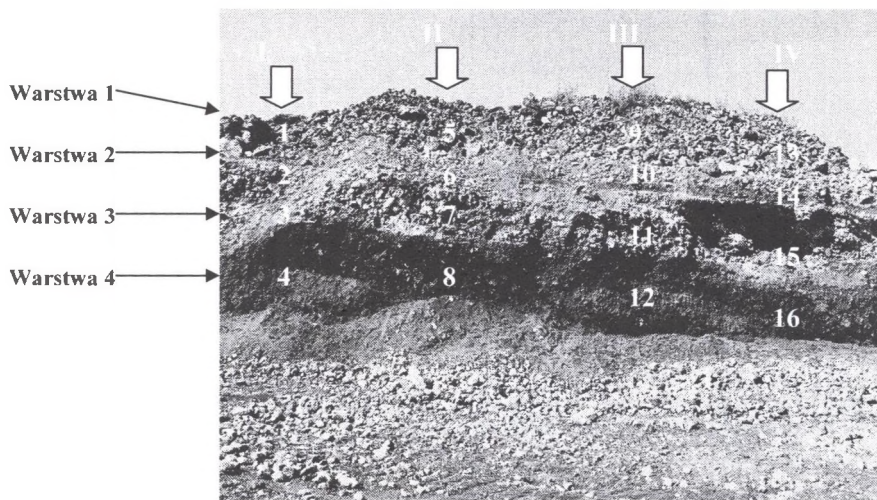
Fot. 1. Zwałowisko Herman (fot. I. Jonczy)  
 Phot. 1. Herman dump (phot. I. Jonczy)



Fot. 2. Rozebrana część zwałowiska Herman (fot. I. Jonczy)  
 Phot. 2. Dismantled part of the Herman dump (phot. I. Jonczy)

### 3. Charakterystyka makroskopowa i opróbowanie

Odpady zgromadzone na zwałowisku są silnie zwietrzałe w stanie luźnym lub słabozwięzłym. Miejscami tworzą się formy pylaste podatne na wywiewanie. W odstępnej w wyniku rozbiórki części zwałowiska widoczna jest jego niejednorodna budowa. Można wyróżnić cztery warstwy, charakteryzujące się odmienną barwą i strukturą (fot. 3).



Fot. 3. Skarpa zwałowiska z widocznym zróżnicowaniem materiału odpadowego – opróbowanie zwałowiska: 1-16 – nr próbek, I-IV – nr profilu (fot. I. Jarczy)

Phot. 3. Slope of the dump with visible diversification of the waste material – sampling of the dump: 1-16 – numbers of samples, I-IV – numbers of profiles (phot. I. Jarczy)

*Warstwa 1* – Warstwę stanowi tzw. nadgabaryt, czyli materiał składowany na powierzchni zwałowiska znacznie później w stosunku do pozostałych odpadów. Jest to odpad kawałkowy, o wielkości od kilku do kilkunastu cm, o szarej barwie, strukturze gruboziarnistej i na ogół porowatej teksturze, pochodzący z różnych partii zwałowiska, pozostały po ich rozbiórce. Miąższość warstwy waha się w granicach od 4 do 5 m.

*Warstwa 2* – Miąższość warstwy wynosi od 0,5 do 1 m. Tworzy ją materiał syпки o jasnoszarej barwie i drobnoziarnistej strukturze.

*Warstwa 3* – Miąższość warstwy wynosi ~2 m. Tworzą ją odpady o szarej barwie, pokryte białymi lub rdzawymi nalotami, o średnioziarnistej strukturze i zbitej, miejscami porowatej, teksturze. Odpady łatwo ulegają kruszeniu.

*Warstwa 4* – Warstwa występuje w najniższej partii zwałowiska, jej miąższość dochodzi do 3 m. Odpady mają barwę brunatną, miejscami czarną. Charakteryzują się średnioziarnistą strukturą i zbitą teksturą.

Opróbowaniu poddano świeżo odsłoniętą robotami rozbiórkowymi skarpe zwałowiska. Przy wyborze miejsc opróbowania kierowano się zaobserwowanym makroskopowo zróżnicowaniem materiału oraz zmienną miąższością warstw budujących zwałowisko.

Próbki pobrano z każdej warstwy odsłaniającej się w skarpie zwałowiska, wykonując jej profile w 4 miejscach co 5 m (szerokość skarpy wynosiła ~20 m). Łącznie do badań pobrano 16 próbek odpadów.

#### **4. Zakres i metodyka badań**

W pobranych próbkach odpadów oznaczono zawartość wybranych metali ciężkich przy wykorzystaniu następujących metod:

- INAA – Instrumental Neutron Activation Analysis (Neutronowa Analiza Aktywacyjna),
- TD-ICP – Total Digestion with Inductively Coupled Plasma (Spektrometria atomowa emisyjna z plazmą sprzężoną indukcyjnie).

Badania wykonano w Activation Laboratories Ltd. – ACTLABS w Kanadzie.

#### **5. Wyniki badań**

W składzie chemicznym odpadów zachowała się liczna grupa metali ciężkich (tabl. 1) (fot. 3).

Zakresy stężeń metali ciężkich są bardzo zróżnicowane i w poszczególnych warstwach mogą się wahać od dziesiątych do kilkudziesięciu ppm.

W warstwie 1 stężenie metali ciężkich w poszczególnych profilach zmienia się w bardzo szerokich granicach: Fe (0,81-11,90%), Ti (0,03-0,23%), As (2,1-10,0 ppm), Cd (<0,3-1,5 ppm), Co (5-36 ppm), Cr (19-214 ppm), Cu (20-1086 ppm), Ni (5-120 ppm), Mn (873-14900 ppm), Pb (19-69 ppm), Zn (34-646 ppm).

Tablica 1

## Zawartość wybranych metali ciężkich w odpadach ze zwałowiska Herman

Nr profilu	Nr próbki/ nr warstwy	Pierwiastek										
		[% mas]		[ppm]								
		Fe	Ti	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Mn	Pb	Zn
I	1/1	11,90	0,23	3,3	0,4	36	214	837	93	14900	19	463
	2/2	8,04	0,20	23,8	3,1	8	2810	107	34	27600	1010	901
	3/3	0,18	0,11	1,5	<0,3	<1	19	3	<1	1540	8	<1
	4/4	11,30	0,26	45,1	18,4	29	172	289	89	23900	1560	2630
II	5/1	11,15	0,20	5,1	1,5	12	92	1086	120	12384	69	646
	6/2	10,87	0,16	22,4	4,9	9	2789	106	74	21665	164	880
	7/3	5,00	0,10	2,0	2,3	2	84	26	27	13155	22	55
	8/4	10,11	0,25	45,0	19,3	26	104	393	102	20513	1271	2648
III	9/1	0,81	0,03	10,0	<0,3	5	29	20	5	873	26	34
	10/2	10,70	0,24	16,4	3,6	8	2920	117	45	22100	191	1140
	11/3	0,28	0,13	<0,5	<0,3	<1	15	4	<1	5360	6	<1
	12/4	9,85	0,27	40,2	20,1	23	196	268	82	11500	1230	2930
IV	13/1	10,87	0,15	2,1	0,4	15	19	58	23	1855	39	57
	14/2	10,12	0,21	19,5	6,4	5	1724	120	60	17585	204	1148
	15/3	3,25	0,22	<0,5	2,0	<1	15	10	21	5117	13	20
	16/4	8,58	0,27	48,1	24,3	25	66	514	104	18591	1135	2900
Wartości dopuszczalne		nn	nn	60	15	200	500	600	300	nn	600	1000

Uwaga: Wartości dopuszczalne podano w gruntach grupy C (0-2m) wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9.09.2002 w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi.

nn – parametr nie normowany

– przekroczone wartości dopuszczalne

Takie zróżnicowanie zawartości pierwiastków w obrębie warstwy nr 1 dowodzi o jej niejednorodnym składzie. Warstwę tę stanowi tzw. nadgabaryt, czyli materiał składowany na powierzchni zwałowiska znacznie później w stosunku do pozostałych odpadów. Jest to odpad pochodzący z różnych partii zwałowiska, pozostały po ich częściowej rozbiórce.

Warstwa 2 w stosunku do warstwy nr 1 zawiera większą ilość metali ciężkich; w obrębie tej partii materiału nie widać tak dużej zmienności zakresów stężenia metali. W odpadach z warstwy 2 zdecydowany udział mają: Cr (1724-2920 ppm), Fe (8,04-10,87%), Mn (17585-27600 ppm), Pb (164-1010 ppm), Ti (0,16-0,24%), Zn (880-1148 ppm). Pozostałe pierwiastki (As, Cd, Co, Cu, Ni) występują w mniejszych ilościach.

W warstwie 3, w porównaniu do wszystkich warstw wydzielonych w zwałowisku, zaobserwowano zdecydowany spadek zawartości pierwiastków: Fe (0,18-5,00%), Ti (0,10-0,22%), As (<0,5-2,0 ppm), Cd (<0,3-2,3 ppm), Co (<1-2 ppm), Cr (15-84 ppm), Cu (3-26 ppm), Ni (<1-27 ppm), Mn (1540-13155 ppm), Pb (6-22 ppm), Zn (<1-55 ppm).

W warstwie 4 obserwuje się ponowny wzrost stężenia metali ciężkich. Ich zawartość jest zdecydowanie wyższa od zawartości metali w odpadach z warstwy nr 3: Fe (8,58-11,30%), Ti (0,25-0,27%), As (40,2-48,1ppm), Cd (18,4-24,3 ppm), Co (23-29 ppm), Cr (66-196 ppm), Cu (268-514 ppm), Ni (82-104 ppm), Mn (11500-23900 ppm), Pb (1135-1560 ppm), Zn (2630-29300 ppm).

Podsumowując można stwierdzić, że w profilu pionowym zwałowiska można zaobserwować naprzemienny wzrost i spadek zawartości metali ciężkich.

W największych ilościach metale koncentrują się w zwałowisku w odpadach w warstwie 2 oraz 4, przy czym w warstwie 2, w porównaniu z innymi partiami zwałowiska, obok dominujących pierwiastków, takich jak: Fe, Ti oraz Mn, w dużych ilościach występuje Cr (1724-2920 ppm). Natomiast w odpadach z warstwy 4 zaznacza się obecność Cd (18,4-24,3 ppm), Pb (1135-1560 ppm) oraz Zn (2630-2930 ppm). Najmniejszą zawartością metali ciężkich charakteryzują się odpady z warstwy 3, gdzie ich stężenie zdecydowanie spada.

## 6. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

1. Zwałowisko Herman powstałe w wyniku działalności Huty Kościuszko charakteryzuje się niejednorodną budową, wyróżniono cztery warstwy o odmiennej barwie i strukturze.
2. W składzie chemicznym odpadów występują metale ciężkie, których zawartość jest zróżnicowana w poszczególnych warstwach zwałowiska.
3. Największą koncentrację metali ciężkich stwierdzono w 2 i 4 warstwie odpadów, gdzie obok dominujących: Fe, Mn i Ti w warstwie 2 odnotowano podwyższoną zawartość Cr, natomiast w warstwie 4 zaznacza się obecność Cd, Pb, Zn. Stężenia tych pierwiastków przekraczają dopuszczalne normy dla gleb lub ziemi używanych w pracach ziemnych dla terenów przemysłowych (grupa C) wg Rozporządzenia Ministra Środowiska.

4. W związku z tym, że zwałowisko ma dopiero 30 lat i nie są jeszcze widoczne skutki migracji metali ciężkich, zróżnicowanie składu chemicznego w poszczególnych warstwach zwałowiska należy tłumaczyć zmiennym składem materiału wsadowego, a być może także technologią.
5. Można przewidywać, że w przyszłości w wyniku procesów wietrzenia metale ciężkie wraz z roztworami infiltrującymi zwałowisko będą migrować poza jego obręb i staną się źródłem zanieczyszczenia środowiska. Jest to tym bardziej prawdopodobne, że w dolnej partii zwałowiska (warstwa 4) stwierdzono już podwyższoną zawartość metali ciężkich. Zagrożenie może stanowić także materiał pozostawiony w podłożu po częściowej rozbiórce zwałowiska.
6. Zwałowisko powinno zostać zabezpieczone przed wpływem czynników atmosferycznych, np. przez utworzenie na jego powierzchni warstwy izolacyjnej, która pełniłaby też rolę ochronną przed pyleniem z odsłoniętych skarp i powierzchni zwałowiska. Konieczne też jest wykonanie rowów opaskowych wokół zwałowiska, tak aby zapobiec migracji metali ciężkich poza jego obręb.
7. Wykorzystanie badanych odpadów w pracach inżynierskich, gdzie będą miały kontakt z powietrzem atmosferycznym lub wodą i tym samym zostaną poddane ługowaniu, co jest praktycznie nieuniknione, jest niewskazane.

## BIBLIOGRAFIA

1. Chodyniecka L., Dudkiewicz J.: Ostrożnie z rekultywacją składowisk odpadów hutniczych. *Aura* nr 12, 1996.
2. Jonczy I.: Charakterystyka mineralogiczno-chemiczna zwałowiska odpadów poprodukcyjnych huty cynku i ołowiu w Rudzie Śląskiej-Wirku oraz jego wpływ na środowisko. Monografia, Wyd. Pol. Śl., Gliwice 2006.
3. Jonczy I: Waste dumps from zinc and lead works as a source of the environment pollution in the Upper Silesia District (South Poland). Materiały konferencyjne „Mining and the Environment 2007” TAIEX Workshop INFRA 25443, Baia Mare, Rumunia 8-10.11.2007.
4. Konstanciak A., Sabela W.: Odpady w hutnictwie żelaza i ich wykorzystanie. *Hutnik–Wiadomości Hutnicze* nr 12, 1999.
5. Mikoś T., Stewarski E.: Górnicza eksploatacja hałd odpadów pokutniczych. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* nr 5 (105), 2003.



6. Mróz J., Francik P., Budzik R.: Niektóre problemy recyklingu materiałów odpadowych w hutnictwie żelaza i stali. Hutnik – Wiadomości Hutnicze nr 7, 2006.
7. Sobierajski S.: Gospodarcze wykorzystanie odpadowych żużli hutniczych. Rudy i Metale Nieżelazne nr 7, 2002.

### **Rozporządzenia**

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9.09.2002 w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Ratajczak