

**MATEUSZ CUSKE, MONIKA MARCINKIEWICZ,
KATARZYNA SZOPKA, ANNA KARCZEWSKA, EWA PORA***

**ODDZIAŁYWANIE HUTY CYNKU OŁAWA
NA ŚRODOWISKO GLEBOWE TERENÓW PRZYLEGLYCH,
W ŚWIETLE CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI
METALI CIĘŻKICH W POZIOMACH
POWIERZCHNIOWYCH GLEB MIASTA OŁAWY**

Streszczenie

Celem pracy jest określenie zawartości wybranych metali ciężkich w poziomach powierzchniowych gleb zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie ZM „Silesia” S.A. Oddział Huta Oława. Przeprowadzone analizy wykazały, że wieloletnia działalność huty istotnie wpływa na poziom zanieczyszczenia gleb w Oławie. Stwierdzono nadmierne wzbogacenie gleb w cynk i ołów, co jest efektem specyfiki działalności prowadzonej przez zakład.

Słowa kluczowe: Huta Cynku Oława, gleby zanieczyszczone, metale ciężkie

WSTĘP

Całkowita zawartość metali ciężkich w glebie, to miarodajna wielkość prezentująca poziom antropopresji. Wielkość ta jest rzetelną informacją na temat intensywności emisji zanieczyszczeń do środowiska, a także stanowi podstawę do podjęcia prac rekultywacyjnych na terenach zanieczyszczonych, w których stwierdzamy przekroczenie standardów jakości gleb i standardów jakości ziemi zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [Dz.U. Nr 165, poz. 1359]. Pomimo iż całkowita zawartość metali ciężkich w środowisku glebowym niekoniecznie stanowi o realnym ryzyku ekologicznym i zdrowotnym, to element ten powinien być zaliczany do najważniejszych czynników wpływających na to czy ryzyko takie może wystąpić, czy też nie [Alloway 1995, Karczevska 2008, Karczevska i Kabała 2010].

* Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Istotna jest również sama interpretacja otrzymanych wyników, gdyż na całkowitą zawartość metali ciężkich oprócz najważniejszego czynnika, jakim jest emitor zanieczyszczeń, składa się szereg czynników pobocznych związanych z lokalnym zanieczyszczeniem, a także samym tłem geochemicznym środowiska glebowego [Kabata-Pendias i Pendias 1999, Karczevska 2002, Karczevska 2008, Wolak i in. 1995].

Pomimo, iż tereny zanieczyszczone są sukcesywnie poddawane procesom rekultywacyjnym, to nadal istnieje potencjalne ryzyko wynikające z obecności tych zanieczyszczeń w glebie. Jest to spowodowane tym, iż strategię rekultywacji terenów zdegradowanych w Polsce opierają się na unieruchomieniu zanieczyszczenia i zagospodarowaniu powierzchni ziemi, z pominięciem usunięcia zanieczyszczenia. Podyktowane jest to względami technicznymi i ekonomicznymi [Karczevska 2008].

Kolejnym problemem są tereny zurbanizowane, zlokalizowane w bezpośrednim sąsiedztwie emitatorów zanieczyszczeń. Obszary te ze względu na pełnione funkcje stanowią istotną barierę w procesach rekultywacyjnych. Dlatego ważne jest to, aby już na etapie produkcji zapobiegać powstawaniu zanieczyszczenia [Greinert 2000, McBride 1994].

OBIEKT BADAWCZY

Obiekt ZM „Silesia” S.A. Oddział Huta Oława usytuowany jest w południowo-wschodniej części miasta. Pierwsze informacje o hucie w Oławie pochodzą z 1845 roku. Zakłady te prócz różnych gatunków bieli cynkowej produkowały także minię ołowianą oraz litopon. W Hucie „Oława” jako w jednej z pierwszych fabryk na Dolnym Śląsku, po wojnie, w 1946 roku, ruszyła produkcja minii ołowianej, a kilka miesięcy później – bieli cynkowej. W 1958 rozpoczęto produkcję żółcieni żelazowej, która miała zastosowanie przy produkcji farb, a odpad w postaci siarczanu amonu wykorzystywano w rolnictwie jako nawóz. Po konsolidacji z grupą cynkowo-ołowianą ZM „Silesia” S.A. w 2007 roku, Huta „Oława” została głównym producentem i przetwórcą cynku i ołowiu, oraz jedynym na polskim rynku wytwórcą blach i taśm cynkowo-tytanowych oraz drutu cynkowego [Ostojski 2000].

Głównym wyrobem zakładu jest biel cynkowa. Jej produkcja odbywa się metodą kondensacyjną, polegającą na stopieniu elektrolitycznego cynku (99,95% Zn). Kolejnym ważnym asortymentem zakładu jest wytwarzanie tlenków ołowiu. Dodatkowo w hucie produkowany jest tlenek kadmu [Ostojski 2000].

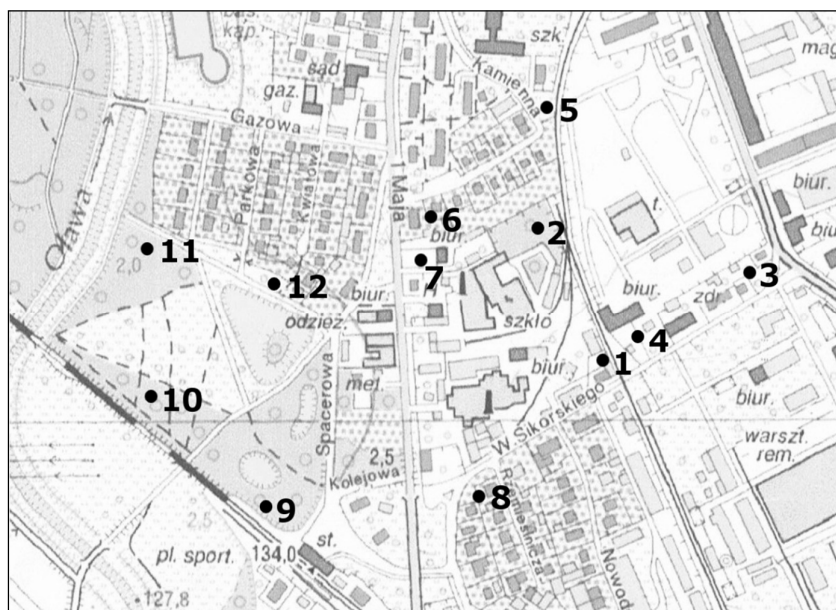
Przed rokiem 1966, czyli jeszcze przed uchwaleniem Ustawy o ochronie powietrza atmosferycznego przed zanieczyszczeniami z 21 kwietnia 1966 r. (Dz. U. nr 14, poz. 87) nie istniały żadne przepisy, obligujące tego typu zakład

do kontroli emisji i ewidencji uciążliwości dla środowiska. Roczna emisja pyłów w tym okresie wynosiła 117 Mg cynku oraz 20,3 Mg ołowiu. W roku 2011 emisja ta zmniejszyła się już do 380 kg cynku i 0,084 kg ołowiu [Standio 2011].

METODYKA BADAŃ

Do analiz pobrano dwanaście próbek glebowych z terenów miejskich zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie ZM „Silesia” S.A. Oddział Huta „Oława”. Rys. 1 prezentuje lokalizację poboru próbek.

Próbki pobrano z poziomów powierzchniowych gleb, za pomocą łaski glebowej, w trzech powtórzeniach. Czynnikiem różnicującym pobór próbek było przestrzenne i funkcjonalne zróżnicowanie terenu. Próbki pobrano z obszarów zielonych należących do terenu huty, ogródków przydomowych oraz terenu parku Miejskiego. Wyszuszony i przetarty materiał glebowy przesiano przez sito o grubości oczek 1mm.



Rys. 1. Lokalizacja poboru próbek glebowych
Fig. 1. Sampling location

Tak przygotowane próbki poddano analizom laboratoryjnym. W materiale glebowym oznaczono: skład granulometryczny metodą areometryczno-sitową w modyfikacji Prószyńskiego, odczyn w H₂O i KCl – metoda potencjometrycz-

ną, zawartość węgla organicznego – na analizatorze CS-MAT 5500, zawartość azotu ogólnego za pomocą aparatu BÜCHI, kwasowość hydrolityczną metodą Kappena, sumę kationów zasadowych metodą Pallmanna, a także całkowitą zawartość pierwiastków śladowych (Zn, Pb, Cd, Cu, Ni) po mineralizacji kwasem nadchlorowym HClO₄ metodą atomowej spektroskopii absorpcyjnej AAS [Ostrowska 1991].

WYNIKI I DISKUSJA

Analizowane utwory, to gleby lekkie, o uziarnieniu od piasków gliniastych do glin lekkich. Procentowy udział poszczególnych frakcji w utworach glebowych jest zbliżony we wszystkich badanych próbkach glebowych (tab. 1). Zawartość frakcji spławialnej w badanych glebach waha się w granicach od 2 do 15%. Gleba o najniższej zawartości tej frakcji to gleba w punktach 7 i 8 występująca w przydomowym ogródku. Najcięższym składem granulometrycznym charakteryzuje się gleba parkowa w punkcie 9 (tab. 1).

Gleby zlokalizowane w bezpośrednim sąsiedztwie Huty Olawa charakteryzują się zbliżonym uziarnieniem, co należy wiązać z budową geologiczną tego terenu.

Na podstawie wykonanych analiz stwierdzono znaczne zróżnicowanie odczynu badanych gleb, przy czym większość próbek gleb wykazywała odczyn silnie kwaśny, kwaśny i lekko kwaśny, co jest charakterystyczne dla gleb miejskich [Władyczka 2007]. Gleby o najniższej wartości pH, to przede wszystkim gleby parkowe. Przyczyną tak obniżonego odczynu jest opad liści, który ulega mikrobiologicznemu rozkładowi oraz dekompozycji w warunkach niedostatecznej ilości tlenu [Greinert 2008].

Stosunek węgla do azotu w badanych glebach waha się w granicach od 14 do 95. Bardzo szeroki stosunek C:N w niektórych próbkach, to najprawdopodobniej rezultat urbanistycznego charakteru analizowanych gruntów, gdzie procesy glebotwórcze zachodzą w sposób nienaturalny i są modyfikowane czynnikami antropogenicznymi [Greinert 2008].

Pojemność sorpcyjna badanych gleb mieści się w przedziale od 20,43 do 54,98 cmol(+)·kg⁻¹. Najwyższą pojemnością sorpcyjną charakteryzują się gleby trawników przydomowych, co związane jest najprawdopodobniej ze stosowaniem ulepszaczy i materii organicznej w celu optymalnego wzrostu. Najniższe wartości pojemności sorpcyjnej wykazują obszary parku miejskiego.

Całkowita zawartość metali ciężkich (Zn, Pb, Cd, Cu i Ni) w badanych glebach została zestawiona w tabeli 2. W przypadku niektórych gleb stwierdzono przekroczenie standardów jakości gleb [Dz.U. Nr 165, poz. 1359], co zostało oznaczone w tabeli jako obszar zaciemniony.

Tab. 1. Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne pobranych próbek
 Tab. 1. Basic physical and chemical properties of the samples

Nr	Rodzaj zagospodarowania	Zawartość frakcji $\leq 0,002$ mm %	Grupa granulometryczna	pH w KCl	C _{org} %	C: N	Poj. Sorpcyjna cmol(+)-kg ⁻¹
1	Teren huty	6	pg	6,4	6,3	95	48,34
2	Teren huty	5	pg	5,2	1,8	18	20,43
3	Trawnik przydomowy	3	pg	6,9	5,0	30	54,98
4	Trawnik	6	pg	6,1	2,2	55	26,42
5	Trawnik	6	pg	6,5	3,1	90	34,53
6	Trawnik przydomowy	5	gp	7,1	3,5	84	52,53
7	Trawnik przydomowy	2	pg	6,8	2,7	28	30,05
8	Trawnik przydomowy	2	pg	6,9	2,6	23	38,95
9	Park miejski	15	gl	3,8	3,3	16	33,28
10	Park miejski	7	gp	5,1	2,3	18	24,53
11	Park miejski	6	gp	4,0	1,4	14	20,76
12	Park miejski	7	gp	6,8	2,9	92	34,96

Całkowita zawartość cynku w analizowanych glebach kształtuje się w przedziale od 195,80 do 2404,08 mg Zn·kg⁻¹, z czego najwyższą zawartością charakteryzuje się próbka nr 1 (obszar w bezpośrednim sąsiedztwie huty), a najniższą próbka nr 9 (park miejski), pobrana z obszarów znacznie oddalonych od emitora. Podwyższone stężenia cynku wykazują obszary zlokalizowane na wschód i południe od huty (pkt. 1, 2, 3,8). Wyjątek stanowi punkt 4, gdzie przyczyną obniżonej zawartości pierwiastka mogło być przeprowadzenie remontu zabudowań wraz z przekształceniem terenów zielonych (wymieszanie gleby i nawiezenie niezanieczyszczonego materiału). Takie przestrzenne rozmieszczenie zanieczyszczenia wiąże się z charakterystycznymi dla tego rejonu warunkami klimatycznymi, gdzie przeważają wiatry zachodnie. W badanych próbkach gleb zlokalizowanych na zachód od Huty zaobserwowano natomiast znaczne zróżnicowanie zawartości cynku. O ile obszary parkowe charakteryzują się podobnymi zawartością cynku (214,83-541,83 mg Zn·kg⁻¹), o tyle w próbce pobranej z punktu nr 12 zaobserwowano znaczny wzrost zawartości całkowitej tego pierwiastka – 2039,33 mg Zn·kg⁻¹. Przyczyną takiej wysokiej zawartości cynku w tym punkcie jest najprawdopodobniej brak osłony drzew, co wiąże się z większą immisją zanieczyszczeń na tym terenie. Obszary zlokalizowane na północ od emitora wskazują podobny poziom wzbogacenia w cynk. Wyjątek

stanowi punkt nr 5, gdzie pomimo największej odległości od emitora stwierdzono najwyższe stężenie cynku wśród analizowanej grupy gleb. Nie są to jednak wielkości znacznie odbiegające od zawartości stwierdzonych wśród obszarów zlokalizowanych na północ od huty. Zawartości cynku w poziomach powierzchniowych gleb Oławy skonstruowane przez autorów pokrywają się z wartościami określonymi przez Wojewódzki Inspektorat ochrony Środowiska we Wrocławiu podczas badań prowadzonych w roku 2007 ($419\text{--}3859\text{ mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1}$). Wartości te, w stosunku do gleb innych miast, gdzie nie występuje tego rodzaju emitor są znacznie podwyższone. Zgodnie z Greinertem, maksymalna koncentracja cynku w glebach Zielonej Góry wynosi $510,55\text{ mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1}$, co jest wartością zbliżoną do minimalnej koncentracji tego pierwiastka w Oławie [Greinert 2008, Meinhardt i in. 2012].

Całkowita zawartość ołowiu w analizowanych glebach waha się w granicach od $55,4\text{ mg Pb}\cdot\text{kg}^{-1}$ na terenach parkowych, do $1948,05\text{ mg Pb}\cdot\text{kg}^{-1}$ na obszarze zabudowy jednorodzinnej. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości ołowiu w południowej i wschodniej części miasta wykazuje podobne zależności, jakie stwierdzono w przypadku cynku. Taka sama sytuacja występuje w przypadku terenów parkowych, a także obszarów zlokalizowanych na północ od emitora. Tak jak w przypadku cynku, tylko punkty 9 i 11 nie przekraczają wartości granicznych określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Bardzo podobne przestrzenne zróżnicowanie wzbogacenia analizowanych gleb w ołów i cynk związane jest ze specyfiką produkcyjną zakładu (produkcja bieli cynkowej oraz tlenków ołowiu). Całkowita zawartość ołowiu w badanych glebach Oławy jest wyższa od wartości określonych przez WIOŚ w roku 2007 ($39,7\text{--}419,0\text{ mg Pb}\cdot\text{kg}^{-1}$) [Meinhardt i in. 2012]. W glebach miasta Zielonej Góry średnia koncentracja tego pierwiastka oscyluje na poziomie $39,49\text{ mg Pb}\cdot\text{kg}^{-1}$. Należy więc stwierdzić, że główną przyczyną zanieczyszczenia analizowanych gleb cynkiem i ołowiem są opady atmosferyczne pyłów metalonośnych, których emitorem jest huta cynku [Greinert 2008].

W przypadku całkowitej zawartości kadmu w analizowanych poziomach powierzchniowych gleb, tylko próbka pobrana z punktu nr 12 przekracza wartości graniczne określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. W przypadku pozostałych próbek nie stwierdzono zanieczyszczenia badanych gleb kadmem [Meinhardt i in. 2012]. Wartości całkowite określone dla kadmu w glebach Oławy są nieco podwyższone w stosunku do wartości określonych przez Greinerta w Zielonej Górze (średnią zawartość kadmu określono na poziomie $0,45\text{ mg Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$). Niewątpliwie ma to związek z produkcją tlenku kadmu w hucie Oława [Greinert 2008].

Określone całkowite zawartości miedzi i niklu w analizowanych glebach Oławy nie dobiegają od wyników określonych przez WIOŚ w roku 2008. Tym

samym nie stwierdzono zanieczyszczenia badanych terenów tymi pierwiastkami. Autorzy nie zaobserwowali także zależności przestrzennego zróżnicowania zawartości Cd, Cu oraz Ni w glebach miasta Oławy. Nie można więc wnioskować o wpływie Huty Oława na zawartości tych trzech pierwiastków śladowych w poziomach powierzchniowych badanych gleb, tym bardziej, że podobne wartości zostały określone przez Greinerta [Greinert 2008, Meinhardt i in. 2012, KABAŁA i SINGH 2001].

Tab. 2. Całkowita zawartość metali ciężkich w badanych glebach
Tab. 2. Total content of heavy metals in analyzed soils

Nr	Grupa sozologiczna	Zawartość całkowita				
		Zn	Pb	Cd	Cu	Ni
		mg·kg ⁻¹				
1	C	2404,08	1894,05	4,90	46,60	15,88
2	C	908,08	1429,05	2,35	25,50	18,25
3	B	1114,98	429,75	3,30	87,48	28,90
4	B	499,43	259,78	2,20	20,58	12,40
5	B	894,25	404,38	2,70	52,13	23,80
6	B	602,63	567,55	2,15	88,05	19,75
7	B	782,08	201,43	2,15	38,38	21,15
8	B	1102,18	1948,05	2,20	36,95	17,73
9	B	195,80	73,50	3,80	34,10	22,08
10	B	541,83	138,43	1,55	19,93	13,20
11	B	214,83	55,40	1,55	10,85	10,78
12	B	2039,33	313,10	11,40	60,55	19,78

WNIOSKI

- Działalność ZM “Silesia” S.A. Oddział Huta Oława istotnie wpłynęła na degradację chemiczną gleb miasta Oławy.
- Specyfika działalności prowadzonej przez hutę cynku odzwierciedla się w wysokim stopniu zanieczyszczenia gleb cynkiem i ołowiem.
- Czynniki klimatyczne oraz rodzaj użytkowania terenu istotnie modyfikują całkowitą zawartość metali ciężkich w glebach.
- Całkowita zawartość metali ciężkich w glebach jest miarodajnym czynnikiem świadczącym o rodzaju i ilości emisji.

LITERATURA

1. ALLOWAY B. 1995. Heavy metals in soils. Blackie Academic and Professional. Glasgow.
2. GREINERT A. 2008. Normy zawartości metali ciężkich w glebach w Polsce i UE w kontekście ich mobilności w warunkach presji urbanistycznej [W:] Ekotoksykologia w ochronie środowiska / red. B. Kołwzan, K. Grabas - Wrocław : Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Oddział Dolnośląski, s. 121-128.
3. GREINERT A. 2000. Ochrona i rekultywacja terenów zurbanizowanych. Wyd. Politechniki Zielonogórskiej; ss. 216.
4. KABAŁA C., SINGH BR. 2001. Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in the vicinity of a copper smelter. Journal of Environmental Quality, 30(2): 485-492.
5. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
6. KARCZEWSKA A. 2002. Metale ciężkie w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi – formy i rozpuszczalność. Rozprawa habilitacyjna. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Rozprawy CLXXXIV, 432. Wrocław.
7. KARCZEWSKA A. 2008. Ochrona gleb i rekultywacja terenów zdegradowanych. Wydawnictwo UWP, Wrocław.
8. KARCZEWSKA A., KABAŁA C. 2010. Gleby zanieczyszczone metalami ciężkimi i arsenem na Dolnym Śląsku - potrzeby i metody rekultywacji. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, rolnictwo XCVI, Nr 576, 59-79.
9. MCBRIDE M. 1994. Environmental chemistry of soils. Oxford University Press. New York.
10. MEINHARDT B., DANIELSKA I., KUBACKA L., HANULA P. 2012. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb w województwie dolnośląskim w 2011 roku. WIOŚ, Wrocław.
11. OSTOJSKI K. 2000. Ochrona środowiska w Hucie Oława S. A. 1960-1999, [w:] Rudy i Metale Nieżelazne R 45 nr 6, Wyd. SIGMA-NOT, 400-403.
12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U.Nr.165 poz. 1359).
13. STANDIO J. 2011. Huta „Oława” w Oławie. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Metali Nieżelaznych, Oława.
14. WŁADYCZKA A. 2007. Badania jakości gleb na terenie powiatu oławskiego w 2007 roku. Ars Vitae, Wrocław.
15. WOLAK W., LEBODA R., HUBICKI Z. 1995. Metale ciężkie w środowisku i ich analiza. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Chełm.

**THE INFLUENCE OF OŁAWA ZINC SMELTER
ON SOIL ENVIRONMENT OF ADJACENT AREAS
IN THE LIGHT OF TOTAL CONTENT OF HEAVY METALS
IN SURFACE LEVELS OF OŁAWA SOILS**

S u m m a r y

The aim of the study is analysis of heavy metals in surface levels of soils located in ZM "Silesia" S.A., Zinc Smelter Oława vicinity. Research showed that long-term smelter activity has a significant impact on the contaminated level of soils in Oława. It was ascertained excessive soil increase in zinc and lead what is a result of the specific activity of the smelter.

Key words: Zinc Smelter Oława, contaminated soils, heavy metals