

MARTA PRZEWOCKA\*, JANUSZ ROSADA\*\*

## MONITORING GLEB ZLOKALIZOWANYCH WOKÓŁ HUTY MIEDZI „GŁOGÓW”

### *Streszczenie*

*Monitoring gleb stanowi jedną z form długoterminowych badań ekologicznych. Coraz częściej jest głównym sposobem śledzenia dynamiki procesów fizyko-chemicznych przebiegających w glebach, w wyniku działalności rolniczej i pozarolniczej prowadzonej przez człowieka. Monitoring chemizmu gleb ornych Polski tworzy od 1995 roku podsystem Państwowego Monitoringu Środowiska w zakresie jakości gleb i ziem. Został utworzony na podstawie Prawa o Ochronie Środowiska. Jest to system, którego zadaniem jest gromadzenie, przetwarzanie i rozpowszechnianie informacji o stanie środowiska. W odniesieniu do lokalnych działań monitoring środowiska polega nie tylko na ocenie jego aktualnego stanu, ale także na systematycznym obserwowaniu zmian zachodzących w tym środowisku na przestrzeni czasu. W pracy przedstawiono przykład stałego prowadzenia badań monitoringowych gleb objętych emisjami Huty Miedzi Głogów zlokalizowanych na terenach byłej strefy ochronnej oraz na jej obrzeżach.*

Słowa kluczowe: gleba, zanieczyszczenie, monitoring, Huta Miedzi Głogów

### WSTĘP

Gleba stanowi biologicznie czynną powierzchniową (1,5-2,0 m) warstwę skorupy ziemskiej będącą ważnym elementem środowiska lądowego. Składa się z części mineralnych, materii organicznej, wody, powietrza oraz organizmów żywych. Jest zwartym układem powstałym w skutek nakładających się na siebie procesów wietrzenia, a także procesów biologicznych i mikrobiologicznych. Gleba jest również ogromnym rezerwuarem pierwiastków chemicznych niezbędnych do życia, które przy współdziałaniu energii słonecznej, wody i powietrza zapewniają rozwój roślinności lądowej [Kabata-Pendias i Pendias 1995].

---

\* doktorantka inżynierii środowiska; Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, UZ

\*\*

Gleba będąca najbardziej aktywną biologicznie częścią litosfery, oprócz pełnienia funkcji życiodajnej, stanowi także naturalną barierę dla wszelkich zanieczyszczeń powstających głównie w wyniku działalności gospodarczej człowieka. Tworzenie naturalnej ochrony związane jest z obecnością substancji humusowych oraz minerałów ilastych, które mają znaczną pojemność sorpcyjną, co sprzyja immobilizacji zanieczyszczeń np. metali ciężkich [Kwiatkowska 2007].

Zanieczyszczenie gleb związkami pochodzenia antropogenicznego, zwłaszcza metalami ciężkimi może stanowić poważne zagrożenie dla wód gruntowych i powierzchniowych będących rezerwuarem wody pitnej, a także może niekorzystnie wpływać na rośliny uprawiane na tych glebach. Metale ciężkie włączone do łańcucha troficznego ekosystemu mogą negatywnie oddziaływać na ludzi i zwierzęta. Pierwiastki śladowe pobierane z gleb przez rośliny w ilościach przekraczających ich fizjologiczne zapotrzebowanie działają fitotoksycznie [Kaszubkiewicz i Kawałko 2009].

Skażenie terenów rolniczych metalami ciężkimi w skrajnych przypadkach może doprowadzić do nieodwracalnych zmian w glebie, ponieważ metale w przeciwieństwie do substancji organicznych, nie ulegają rozkładowi mikrobiologicznemu [Kabata-Pendias i Pendias 1995].

Według Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającej ramy dla ochrony gleb (COM 2006 232, wersja ostateczna) glebę uznaje się za nieodnawialny zasób środowiska przyrodniczego, ponieważ procesy degradacji przebiegają w niej znacznie szybciej niż procesy naprawcze i glebotwórcze.

Problem degradacji gleb polegający na zaburzeniu stanu dynamicznej równowagi występującej między poszczególnymi jej fazami (stałą, ciekłą i gazową) obecnie występuje w Polsce lokalnie i związany jest głównie z rejonami silnie zurbanizowanymi i uprzemysłowionymi. W przypadku terenów zlokalizowanych wokół zakładów przemysłowych, dotyczy on głównie degradacji chemicznej przyczyniającej się do malejącej ilości materii organicznej, zakwaszenia gleb oraz zanieczyszczenia ksenobiotykami organicznymi i mineralnymi [Mocek i Mocek-Płóciński 2010].

Do głównych czynników powodujących degradację chemiczną gleb zalicza się emisje pyłowe z hut metali nieżelaznych zawierające znaczne ilości metali ciężkich. Emitowane do atmosfery pyły metalurgiczne negatywnie oddziałują na wszystkie elementy środowiska, jednak w przypadku gleb, ze względu na adsorpcje metali w koloidach mineralnych i organicznych, są one procesami długotrwale destrukcyjnymi. Oprócz emisji pyłowych szkodliwie na środowisko glebowe oddziałują również emisje gazowe (tlenki siarki, azotu i węgla), a także składowiska szkodliwych deponentów pochodzące z produkcji metali kolorowych [Rosada 2012].

Wspomniane zagrożenia mają głównie charakter lokalny i dotyczą przede wszystkim rejonów, w których występują emisje zakładów hutniczych jak to

przykładowo ma miejsce w rejonie legnicko-głogowskim, gdzie zlokalizowany jest Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi, Polska Miedź S.A.

Przemysł miedziowy, podobnie jak każdy inny przemysł wydobywczy i metalurgiczny, charakteryzuje się znaczną uciążliwością dla sąsiadujących z nim obszarów. W przypadku Huty Miedzi Głogów, zakład zlokalizowany jest w rejonie aglomeracji miejskich oraz w pobliżu obszarów rolniczych. Na terenach tych uprawia się zboża, głównie pszenicę oraz rośliny okopowe takie jak ziemniaki i buraki cukrowe. Huta od szeregu lat postrzegana jest jako poważne zagrożenie ekologiczne dla tego rejonu. Jeszcze kilkanaście lat temu tereny zlokalizowane w bliskim sąsiedztwie Huty uznawane były za rejon kłęski ekologicznej, ponieważ ilości emitowanych do atmosfery pyłów metalonośnych i gazów kilkakrotnie przekraczały dopuszczalne normy. Jednak w ostatnim dziesięcioleciu stan środowiska wokół zakładu uległ znacznej poprawie, dzięki prowadzonej na szeroką skalę działalności proekologicznej. Wprowadzenie nowoczesnych instalacji oczyszczających, modernizacja procesów technologicznych, a przez to radykalne zmniejszenie emisji pyłów i gazów metalonośnych znacznie ograniczyły uciążliwość Huty dla omawianego środowiska [Rosada 2007].

Mimo pozytywnych zmian obserwowanych ostatnio w środowisku rolniczym sąsiadującym z Hutą Miedzi Głogów zniszczenia ekologiczne powstałe w początkowych latach jej działalności nadal są widoczne, zwłaszcza w glebach, w których metale ciężkie uległy bioakumulacji. Aby kontrolować skutki niekorzystnych zmian, poznać skalę istniejących zagrożeń, a także przeciwdziałać kumulacji metali ciężkich w glebach, prowadzony jest systematycznie od 2000 roku monitoring środowiska rolniczego wokół zakładu. Monitoring prowadzony jest przez Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu, na zlecenie Huty [Dopierała i in. 2010].

### OBIEKT BADAŃ

Obiektem badań są tereny rolnicze sąsiadujące z Hutą Miedzi Głogów zlokalizowane na lewo- i prawobrzeżnej stronie rzeki Odry. W 2012 roku obszar badawczy obejmował była strefę ochronną oraz tereny przyległe, zlokalizowane na pograniczu strefy. Z obszaru tego pobierano próbki glebowe do oznaczeń zawartości miedzi (Cu), ołowiu (Pb), cynku (Zn), kadmu (Cd) i arsenu (As) oraz odczynu badanych gleb (pH).

## METODYKA BADAŃ

Próbki gleb pobierano w okresie wiosennym z poziomu orno- próchnicznego (0-30 cm) stosując specjalistyczny świder mechaniczny. Łącznie do oznaczeń pH oraz całkowitej zawartości analizowanych pierwiastków pobrano 90 uśrednionych próbek glebowych. Lokalizację obszarów poboru próbek glebowych wyznaczano za pomocą GPS. Z każdego obszaru pobierano 30 próbek pojedynczych, które po zmieszaniu traktowano jako próbkę uśrednioną.

Przed analizą próbki glebowe wysuszono w temperaturze pokojowej, następnie utarto w moździerzu i przesiano przez sito plastikowe o średnicy oczek 2 mm, w celu oddzielenia części szkieletowych od ziemistych. Po przesianiu każdą próbkę gleby dokładnie wymieszano, aby uzyskać wysoki stopień homogeniczności materiału.

Odczyn badanych gleb oznaczono w 1-molowym KCl metodą potencjometryczną [Siebielec 2012].

Ujednolicony materiał glebowy zmielono na młynku mikroplanetarnym Pulverisette 7 z kulami agatowymi w celu precyzyjniejszego rozdrobnienia gleby. Tak przygotowany materiał badawczy poddano procesowi mineralizacji umieszczając 0,5g badanej gleby w naczyniu mineralizacyjnym i przez 30 minut macerowano w roztworze 10cm<sup>3</sup> kwasu azotowego V. Po upływie tego czasu badaną próbkę umieszczono w piecu mikrofalowym Mars Express firmy CEM, mineralizowano przy użyciu odpowiedniego programu. Wykonano także „próby ślepe”. Zmineralizowany materiał przeniesiono ilościowo do kolbek miarowych (50 cm<sup>3</sup>) i uzupełniono wodą dejonizowaną.

Oznaczeń badanych pierwiastków dokonano za pomocą systemu spektrometrów absorpcji atomowej Varian AA 240FS/240Z.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

### Odczyn (pH) badanych gleb

Istotnym czynnikiem wpływającym na rozpuszczalność metali ciężkich w glebach jest pH. Od odczynu gleb zależy stan równowagi zachodzący między procesami desorpcji i sorpcji kationów wodoru i metali. Gleba o wysokim pH posiada znacznie większą zdolność wiązania ksenobiotyków niż gleba kwaśna. Wzrost zakwaszenia gleby zwiększa z reguły uwalnianie się metali ciężkich z fazy stałej gleby i ich przechodzenie do roztworu glebowego. Uruchomione metale ciężkie stają się wówczas łatwo dostępne dla korzeni roślin i mogą przyczynić się do niepotrzebnych skażeń płodów rolnych oraz spadku plonu. Duży wpływ na ruchliwość metali ciężkich mają również właściwości oraz typ gleby, a także rodzaj metalu [Karczewska 2002, Rosada 2010, 2012].

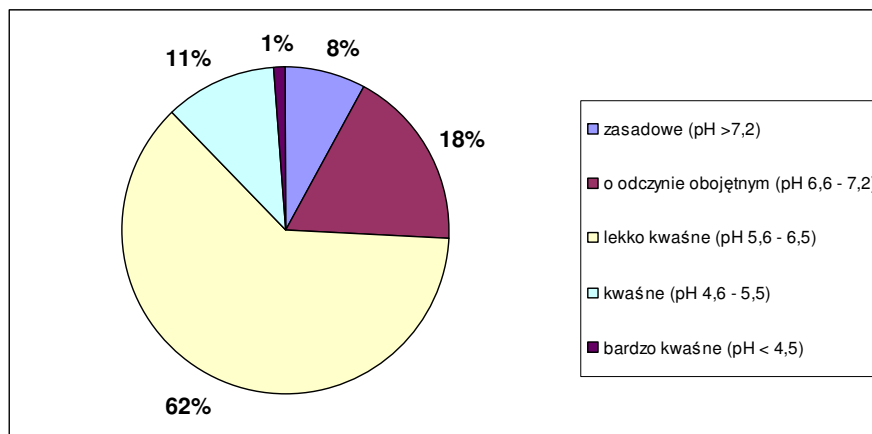
Wapnowanie gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi uznawane jest za niezwykle skuteczny zabieg ograniczający mobilność metali ciężkich z warstwy ornej gleb [Szerszeń i wsp. 1998, Terelak i wsp. 1999]. Dbałość o odpowiedni odczyn gleb będących w najbliższym sąsiedztwie Huty Miedzi Głogów powinna więc być podstawowym obowiązkiem użytkowników omawianych gruntów ornych, a także Huty.

Huta Miedzi Głogów zabiegi wapnowania sąsiadujących z nią gruntów umieściła w obrębie swoich działań proekologicznych. W latach 1988-1999 rolnicy otrzymali nieodpłatnie od Huty znaczne ilości wapna nawozowego, co umożliwiło przeprowadzenie szeroko zakrojonej akcji wapnowania zanieczyszczonych gruntów. Większość gleb znajdujących się w zasięgu wcześniejszych emisji Huty została wówczas odkwaszona. W 2000 roku Huta zaprzestała bezpłatnych dostaw wapna dla rolników, jednak w zamian za to od 2002 roku umożliwiono rolnikom zakup pewnych ilości wapna nawozowego po obniżonej cenie, w której uwzględniono dotację budżetową. Dział Ochrony Środowiska Huty zaleca także rolnikom wapnowanie pól we własnym zakresie, niezależnie od otrzymywanych dotacji [Rosada 2010, 2012].

Wielu użytkowników gruntów rolnych stosuje się do tych zaleceń i systematycznie wykonuje zabiegi wapnowania. Intensywne wapnowanie gleb przyczyniło się do wzrostu pH w warstwie ornej większości pól uprawnych. Należy jednak pamiętać, że wapnowanie nie jest jednorazowym zabiegiem, który na stałe rozwiązuje problem właściwego pH gleby. Zabieg taki powinien być systematycznie powtarzany, ponieważ w każdej intensywnie uprawianej glebie istnieje tendencja do powolnego wzrostu kwasowości roztworu glebowego. Dotyczy to zwłaszcza gleb o mniejszej zawartości próchnicy i części spławialnych. Aby właściwie monitorować ten stan konieczna jest systematyczna kontrola odczynu gleb i poziomu zawartych w nich metali ciężkich.

Przeprowadzona w 2012 roku kontrola odczynu gleb pobranych w 90 punktach badawczych wykazała, że większość z nich posiada  $\text{pH} \geq 5,6$ . W obrębie analizowanych gleb 8% z nich stanowiły gleby o odczynie zasadowym ( $\text{pH} > 7,2$ ), 18% gleby o odczynie obojętnym ( $\text{pH} 6,6-7,2$ ), 62% gleby o odczynie lekko kwaśnym ( $\text{pH} 5,6-6,5$ ), 11% gleby o odczynie kwaśnym ( $\text{pH} 4,6-5,5$ ) i 1% gleby o odczynie bardzo kwaśnym ( $\text{pH} < 4,5$ ) – rys. 1

Wyniki oznaczeń pH gleb pobranych w 2012 roku na terenie byłej strefy ochronnej Huty oraz na jej obrzeżach wskazują na konieczność intensywniejszego wapnowania gruntów ornych zlokalizowanych w wyznaczonych punktach badawczych w celu zwiększenia udziału gleb o odczynie obojętnym i zasadowym. Podwyższenie pH opisywanych gleb może polepszyć ich właściwości chemiczne i zdecydowanie zmniejszy ryzyko przedostania się toksycznych pierwiastków śladowych do łańcucha pokarmowego ekosystemu.



Rys. 1. Podział badanych gleb ze względu na pH (90 punktów poboru gleby)  
 Fig.1.Division of examined soils due to pH (90 soil sampling points)

#### ZAWARTOŚCI BADANYCH PIERWIĄTKÓW W ANALIZOWANYCH PRÓBKACH GLEBY

Ocenę jakości gleb pod względem zawartości miedzi (Cu), ołowiu (Pb), cynku (Zn), kadmu (Cd) i arsenu (As) dokonano w oparciu o Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. Nr 165, Poz.1359).

Poziom trzech badanych pierwiastków: cynku, kadmu i arsenu we wszystkich analizowanych próbkach glebowych mieścił się w granicach dopuszczalnych stężeń dla tych pierwiastków określonych dla warstwy ornej (0-0,3 m) gleb (Zn < 300 mg/kg s.m., Cd < 4 mg/kg s.m., As < 20 mg/kg s.m.) – Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9.09.2002 r. (Dz.U. Nr 165, Poz.1359).

W 30 próbkach glebowych (15 pobranych na lewobrzeżnych i 15 pobranych na prawobrzeżnych terenach Odry) stwierdzono przekroczenie dopuszczalnego stężenia miedzi (>150 mg/kg s.m.) – Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9.09.2002 r. (Dz.U. Nr 165, Poz.1359). Dotyczy to punktów badawczych zlokalizowanych w miejscowościach Żukowice, Kłoda, Sobczyce, Ceber oraz Zabiele. W pozostałych 60 punktach zawartości miedzi mieściły się w granicach dopuszczalnego stężenia dla tego pierwiastka.

W trzech próbkach gleby pobranych z miejscowości Żukowice, Sobczyce i Ceber oprócz wysokiej, przekraczającej normę zawartości miedzi stwierdzono także ponadnormatywną zawartość ołowiu (>100 mg/kg s.m.) – Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9.09.2002 r. (Dz.U. Nr 165, Poz.1359). W pozosta-

łych 87 punktach badawczych zawartości ołowiu mieściły się w granicach dopuszczalnego stężenia dla tego pierwiastka.

### WNIOSKI

1. Badania przeprowadzone w 2012 roku wykazały, że 74% próbek glebowych pobranych na terenie byłej strefy ochronnej Huty oraz na jej obrzeżach posiadało  $\text{pH} < 6,6$  (62% odczyn lekko kwaśny, 11% odczyn kwaśny, 1% odczyn bardzo kwaśny). Wskazuje to na konieczność intensywniejszego wapnowania gruntów orných, w celu zwiększenia procentowego udziału gleb o odczynie obojętnym i zasadowym.
2. Wszystkie analizowane próbki glebowe pobrane z warstwy ornej w 90 punktach badawczych zawierały ilości cynku, kadmu i arsenu mieszczące się w granicach dopuszczalnych stężeń dla tych pierwiastków.
3. W 30 punktach poboru gleb stwierdzono przekroczenia dopuszczalnego stężenia miedzi. Zawartości Cu oznaczone w próbkach glebowych pobranych w pozostałych 60 punktach badawczych mieściły się w granicach dopuszczalnej normy.
4. Trzy próbki gleby pobrane z terenu badań posiadały ponadnormatywne stężenie ołowiu. W pozostałych 87 pobranych próbkach stwierdzono zawartość Pb mieszczącą się w granicach normy.
5. Badania wykazały, że wskazana jest zmiana składu gatunkowego roślin uprawianych na glebach charakteryzujących się dużymi, ponadnormatywnymi zawartościami miedzi i ołowiu. Na glebach takich proponuje się uprawę roślin energetycznych lub przemysłowych.

### PODSUMOWANIE

Monitoring gleb prowadzony od wielu lat na zlecenie Huty Miedzi Głogów przez Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu przyczynił się do opracowania obszernej bazy danych dotyczącej zanieczyszczenia gleb w sąsiedztwie zakładu. Badania prowadzone w okresie znacznej emisji pyłowej i gazowej oraz po ich ograniczeniu umożliwiły poznanie dróg wnikania metali ciężkich do poszczególnych organów roślin. Dzięki nim stwierdzono również, że najwłaściwszą metodą rekultywacji jest poprawa właściwości fizycznych i chemicznych gleby w celu ograniczenia poboru metali ciężkich przez rośliny.

Obecnie mimo ustabilizowania stanu środowiska rolniczego nadal konieczna jest stała kontrola ilości metali ciężkich w glebach. Działania proekologiczne, które do tej pory przeprowadzono nie są zabiegami jednorazowymi, ponieważ

każde środowisko to system dynamiczny, który podlega działaniu czynników: biologicznych, klimatycznych oraz technologicznych.

Stałe i systematyczne prowadzenie badań monitoringowych pozwala uniknąć nieprzewidzianych efektów ubocznych, takich jak np. niekontrolowany wzrost kwasowości gleb, który może doprowadzić do niepożądanego mobilności metali ciężkich. Wieloletnie badania monitoringowe pozwoliły zminimalizować niekorzystne skutki oddziaływania Huty Miedzi Głogów na środowisko. Osiągnięto to dzięki ściślejszej współpracy instytucji prowadzącej badania, zakładu emitującego zanieczyszczenia, służb rolnych oraz producentów rolnych wykonujących zalecenia agrotechniczne. Skoordynowanie działań w tym zakresie znacznie zwiększyło szansę przywrócenia dla rolnictwa terenów zdegradowanych chemicznie.

#### LITERATURA

1. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1995. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa
2. KARCZEWSKA A. 2002. Metale ciężkie w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi – formy i rozpuszczalność. Zesz. Nauk AR we Wrocławiu, Nr 432, 159 ss. Rozprawy
3. KASZUBKIEWICZ J., KAWAŁKO D. 2009. Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie powiatu Jeleniogórskiego. Ochrona środowiskami zasobów naturalnych, nr 40, Wrocław
4. KWIATKOWSKA J. 2007. Ocena możliwości wykorzystania węgla brunatnego jako efektywnego źródła materii organicznej w gruntach przekształconych antropogenicznie. Inżynieria i Ochrona Środowiska, Politechnika Warszawska t.10 nr 1ss.71-85
5. MOCEK A., MOCEK-PŁÓCINIĄK A. 2010. Ksenobiotyki w środowisku glebowym Polski. Nauka Przyroda Technologia, tom 4, zeszyt 6, Poznań.
6. ROSADA J. 2007. Ekologiczne aspekty wykorzystania obszarów objętych oddziaływaniem emisji hut miedzi do upraw rolniczych. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 47 (1): 119-127.
7. ROSADA J., GRZESIAK P., PRUSZYŃSKI S. 2009. Chemiczne aspekty rekultywacji terenów rolniczych objętych oddziaływaniem przemysłu. S. 141– 152. W: „Rekultywacja i rewitalizacja terenów zdegradowanych”. (Praca zbiorowa, G. Malina, red.) PZITS 866/2009, Poznań 2009. ss. 416.
8. ROSADA J., DOPIERAŁA U., REMLEIN-STAROSTA D. 2010. Monitoring stanu środowiska w aspekcie opracowywania programów ochrony roślin na terenach objętych oddziaływaniem przemysłu. s. 51-72. [W:] Ograniczanie strat w plonach roślin uprawnych z zachowaniem bezpieczeństwa



- żywności. (D. Sosnowska, red.). Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań 2010. ss. 284.
9. ROSADA J. 2012. Wykonanie badań glebowych w byłej strefie ochronnej i terenie przyległym, sąsiadującym z Hutą Miedzi GŁOGÓW w 2012 roku. Ekspertyza badawcza wykonana przez Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu na zlecenie KGHM Polska Miedź S.A., Oddział Huta Miedzi Głogów.
  10. SIEBIELEC G., 2012. Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, Puławy.
  11. SZERSZEŃ L., KARCEWSKA A., KABAŁA C. 1998. Rozpuszczalne i przyswajalne formy miedzi i ołowiu w glebach zanieczyszczonych w różnych warunkach odczynu i wilgotności. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 573-579
  12. TERELAK H., MOTOWICKA-TERELAK T., PONDEL H., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., PIETRUCH CZ. 1999. Monitoring chemizmu gleb ornych Polski. Insp. Ochr. Środ., Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

## MONITORING OF THE SOILS IN THE AREAS SURROUNDING COPPER SMELTER “GŁOGÓW”

### *Abstract*

*Monitoring of soils is a form of the long-term ecological research. Increasingly, it becomes the main method to track the dynamics of physico-chemical processes in the soil, as a result of agricultural and non-agricultural human activities. Since 1995 the chemistry monitoring of agricultural soil of Poland has been regarded as a subsystem of the National Environmental Monitoring of soil and land quality. It was established based on the Environmental Protection Law. Its aim is to collect, process and disseminate the information on the environmental status. With regard to local environmental monitoring activities, it is not only the assessment of the environment current status but it relies on systematic observations of changes in the environment over the time. The example of the constant and consistent monitoring research of soils affected by industrial emissions of the Copper Smelter GŁOGÓW, located in the area of a former protective zone and its peripheries, is shown in this paper.*

Key words: soil, pollution, monitoring, „Głogów” Copper Smelter