

**Marta KONDRACKA<sup>1</sup>**

**POMIARY ELEKTROOPOROWE GLEB Z OBSZARÓW SKŁADOWANIA  
ODPADÓW POGÓRNICZYCH RUD ZN – PB, OLKUSZ**

**GEOELECTRICAL MEASUREMENTS OF SOILS NEAR POST-MINING WASTE  
DISPOSAL OF ZN-PB ORES IN OLKUSZ, SOUTHERN POLAND**

**Abstrakt**

Ke zhodnocení elektrického odporu hlín v okolí skládky průmyslových odpadů byly realizovány prvotní testy. Terénním geoelektrickým měřením byly stanoveny odpory hlín i skládkového materiálu. Odpor hlín závisel na vzdálenosti od skládky a pohyboval se v rozmezí od 2300  $\Omega\text{m}$  u skládky po 10 k $\Omega\text{m}$  pro nekontaminovanou zeminu. Odpor skládkového materiálu byl naměřen v rozmezí 10  $\Omega\text{m}$  až 900  $\Omega\text{m}$ . Naazující studie se bude zabývat zeminami kontaminovanými odpadem z těžby nerostných surovin.

**Abstract**

Preliminary tests were performed to evaluate the electrical resistivity of soils occurred near industrial waste stockpile. The electrical resistivity of waste and soils was examined with field geoelectrical measurements. Electrical resistivity of soil varied depending on distance from the landfill. The values varied from 2300  $\Omega\text{m}$  for soil close to waste stockpile to 10000  $\Omega\text{m}$  for uncontaminated soil. The electrical resistivity of waste varied from 10  $\Omega\text{m}$  to 900  $\Omega\text{m}$ . Further studies and measurements will be continued on soils contaminated with post-mining waste.

**Streszczenie**

Badania przeprowadzono na rekultywowanym składowisku odpadów popłuczkowych i poflotacyjnych w Olkuszu Starym. Przeprowadzone zabiegi rekultywacyjne w postaci niwelacji terenu spowodowały rozprzestrzenienie się odpadów poza obszar jego głównego składowania. Wykonano sondowania elektrooporowe na powstałym jeziorze zanieczyszczeń. Badania wykazały zmienność oporności elektrycznej w zależności od odległości od składowiska odpadów. Wartość oporności zmieniła się od 2300  $\Omega\text{m}$  gleby znajdującej się w pobliżu składowiska do 12000  $\Omega\text{m}$  gleby która znajdowała się poza wpływem zanieczyszczeń ługowanych ze składowiska. Może to być spowodowane dostarczeniem do gleby składników przewodzących, które obniżyły

---

<sup>1</sup> Marta Kondracka, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec, Polska, e-mail: [martakondracka@o2.pl](mailto:martakondracka@o2.pl)

oporność elektryczną gleby. Określono także oporność elektryczną składowanych odpadów. Ich oporność elektryczna wynosiła od 100 do 900  $\Omega$ m.

### **Wstęp**

W składzie mineralnym gleb industrialnych, rozwiniętych na obszarach wydobywania i przeróbki rud metali nieżelaznych, występują znaczne ilości pierwotnych i wtórnych minerałów kruszcowych cynku, żelaza oraz ołowiu. W glebach rejonu olkuskiego zostały rozpoznane grupy minerałów: glinokrzemiany K i Na, glinokrzemiany Fe, węglany Zn, siarczany Ba, krzemiany Zn, tlenki Mn, siarczki Pb, Zn, Fe, minerały akcesoryczne (cyrkon, tlenki Ti). Typowymi minerałami wskazującymi na wpływ odpadów pogórnich na rozwój gleb, są węglany Pb i Zn, rzadko relikty siarczków Zn-Pb-Fe. [Cabała i Sutkowska, 2006] Możliwość ich ługowania i kumulowania się w glebach powoduje zmianę odczynu gleby, zmiany pojemności sorpcyjnej oraz kumulację pierwiastków śladowych, a zwłaszcza metali ciężkich w wierzchnich warstwach gleby utrudniając tym samym wzrost roślin. [Ostrowski, 2001] Ponadto, w odpadach stwierdzono występowanie gipsów, co wskazuje na aktywny charakter procesów ługowania jonów siarczanowych z minerałów pierwotnych.

Podwyższona zawartość metali ciężkich w tym obszarze została także stwierdzona badaniami wykonanymi przez ZGH Bolesław. [Adamczyk i Haładus, 1996] Z danych tych wynika zależność, iż wraz ze wzrostem głębokości zawartość metali ciężkich w glebach wokół składowiska maleje. Przy czym najpłycej (do głębokości 30 cm) zawartość poszczególnych metali jest najwyższa. Wynika to zapewne ze skłonności do silnego wiązania się metali ciężkich z materią organiczną, przy czym cynk i kadm akumuluje się w roślinach uprawnych [O'Neill 1997].

### **Obszar badań**

Badane zwałowisko odpadów znajduje się w Olkuszu Starym i powstało ono w XIX wieku w wyniku grawitacyjnego wzbogacania rud Zn-Pb oraz działalności zakładu flotacji w Pomorzanach. [Adamczyk i Haładus, 1996] Składowisko zajmuje obszar ok. 6 ha i otoczone jest młodym lasem sosnowym.

W latach 90. przeprowadzone tam zostały prace rekultywacyjne obejmujące tylko południowo-wschodnią część składowiska. Prace objęły pokrycie odpadów warstwą ziemi urodzajnej, zatrawienie oraz częściowe zakrzewienie. Reszta terenu nie została zrehabilitowana ze względu na trudną sytuację ZGH Bolesław. W 2008 roku rozpoczęto prace rekultywacyjne, które objęły niwelację pozostałej części składowiska o powierzchni 4,3 ha. Jednak w wyniku zimowych roztopów nastąpiło wylugowanie odpadów w kierunku północno-zachodnim zanieczyszczającym tym samym obszar leśny graniczący ze składowiskiem. W projekcie rekultywacji zaplanowane jest także wykonanie warstwy izolacyjnej z glin permskich o miąższości 0,1 m, pokrycie odpadów warstwą glebową o miąższości ok. 0,25 m oraz wykonanie zabiegów fitoremedacyjnych. [Włodarz, 2007]

Celem badań było określenie oporności elektrycznej gleb z rejonu składowania odpadów popłuczkowych i poflotacyjnych w Olkuszu Starym w trakcie projektu rekultywacyjnego obszaru.

### **Metodyka badań**

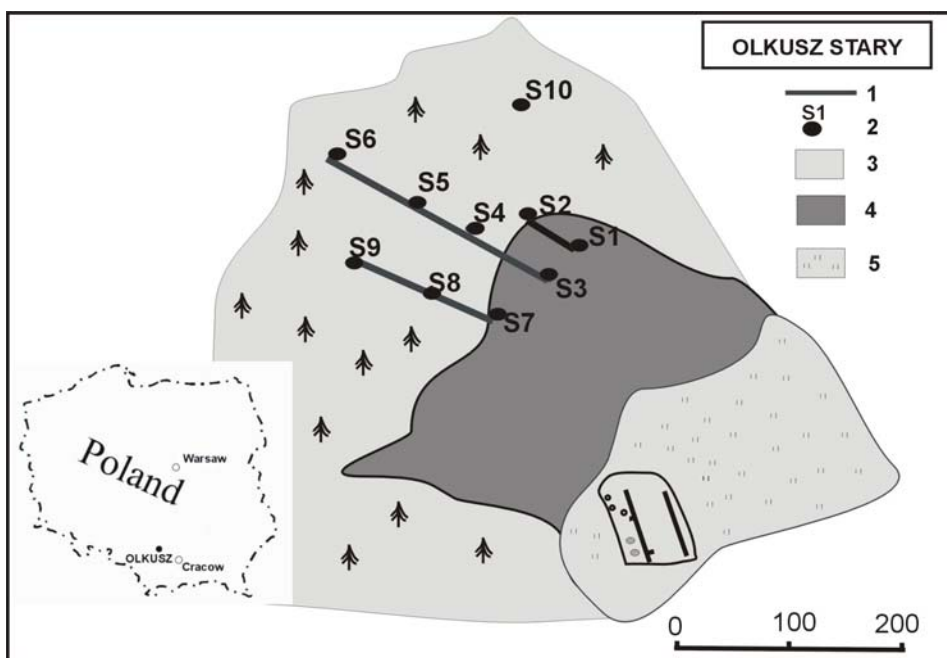
Sondowania wykonano aparaturą Terrameter SAS 300C. [ABEM, 2006] Zestaw pomiarowy składa się z dwóch przewodów prądowych nawiniętych na bębniech, dwóch przewodów potencjałowych, oraz 24 elektrod prądowych (o maksymalnym rozstawie 13 m od środka układu) i 2 elektrod pomiarowych (o rozstawie 0,1 m od środka rozstawu).

Pomiary wykonano rozstawem Schlumbergera. Na obszarze składowiska wykonano 4 sondowania elektrooporowe oraz 6 sondowań poza obszarem składowiska odpadów (rys. 1).

### Analiza i dyskusja wyników

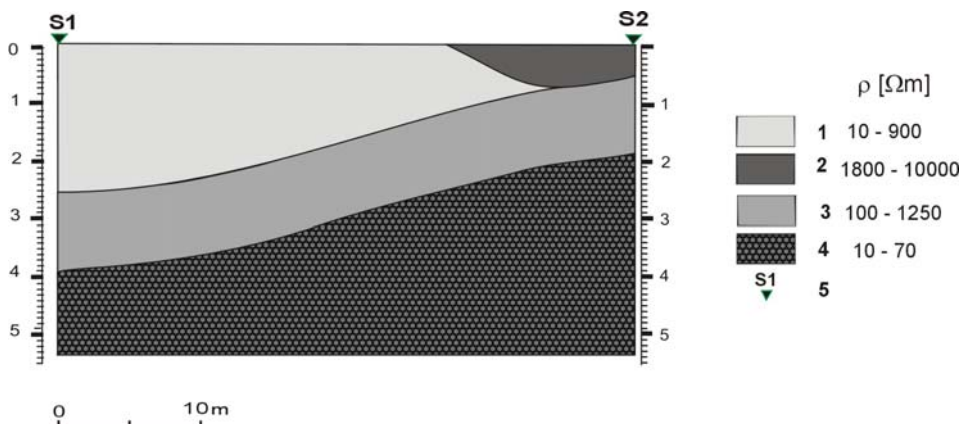
Na rys. 2 przedstawiono przekrój geoelektryczny A powstały w wyniku interpretacji sondowania S1 i S2. Przedstawia on zmienność oporności elektrycznej odpadów oraz budowę geologiczną pod składowiskiem. Zmienność oporności elektrycznej waha się w przedziale od 30 – 60  $\Omega\text{m}$ . Charakteryzują się one wysoką przewodnością elektryczną, która może być skutkiem wysokiej zawartości minerałów nietrwałych, które pod wpływem wody łatwo ulegają przekształceniu uwalniając część jonów do roztworu. Zdolność dużej ługowalności odpadów szarych powoduje przy stosunkowo niskiej wilgotności powstanie bardzo silnego elektrolitu, który ułatwia przepływ prądu przez próbkę. Odpady zalegają na warstwie utworów czwartorzędowych o miąższości ok. 1,5 m. Utwory te reprezentowane są przez piaski, gliny i żwiry o oporności elektrycznej od 500 – 950  $\Omega\text{m}$ . Warstwa ta podścielona jest utworami piaszczysto-iłastymi kajpru o oporności elektrycznej od 10 – 30  $\Omega\text{m}$ .

Ze składowiskiem graniczy gleba, której oporność elektryczna zawiera się w przedziale od 1800 – 2000  $\Omega\text{m}$ .



**Rys. 1** Lokalizacja obszaru badań oraz sondowań elektrooporowych, 1 – przekrój geoelektryczny, 2 – numer sondowania elektrooporowego, 3 – teren leśny, 4 – składowisko odpadów – część rekultywowana, 5 – część składowiska zreaktywowana

**Fig. 1** Area of investigation and geoelectrical sounding, 1 - Geoelectrical cross-sections, 2 - number of electrical sounding, 3- woodland, 4- waste dump, 5 – part of waste dump reclaimed in 90s

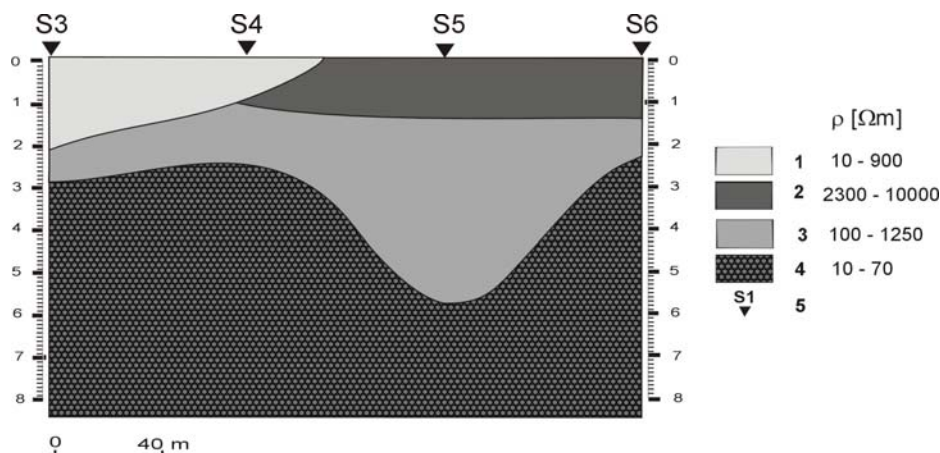


**Rys. 2** Przekrój geoelektryczny A z sondowania S1 i S2, 1 – odpady pogórnice, 2 – gleba, 3 – utwory czwartorzędowe, 3 – utwory Triasu (kajper), 4 – utwory Triasu (wapień muszlowy), 5 – numer sondowania

**Fig. 2** Geoelectrical cross-section A (for sounding: S1-S2), 1 – postmining wastes, 2 – soil, 3 – Quaternary formation, 4 – Triassic formation, 5 – sounding number

Przekrój geoelektryczny B (rys. 3) sporządzono na podstawie ilościowej interpretacji krzywych sondowań S3 – S6 przedstawia model czterowarstwowy. Sondowanie S3 znajduje się na terenie składowiska odpadów. Sondowanie S4 – S5 zlokalizowane są na terenie leśnym gdzie zredeponowane zostały odpady w wyniku procesów rekultywacyjnych podjętych przez ZGH Bolesław. Roztopy zimowe spowodowały wymycie odpadów na tereny sąsiadujące ze składowiskiem. Oporność elektryczna odpadów waha się od 10 – 900  $\Omega\text{m}$ . Miąższość warstwy odpadów na składowisku wynosi ok. 2,8 m. Na podstawie interpretacji sondowania S4 wydzielono warstwę odpadów mającą miąższość ok. 1 m. Odpady zalegają bezpośrednio na utworach czwartorzędowych o miąższości ok. 2 m.

Wraz z oddaleniem się od składowiska wartość oporności elektrycznej gleby wzrasta, od wartości 2300  $\Omega\text{m}$  przy składowisku do 10000  $\Omega\text{m}$  w odległości 200 m od składowiska. Może to być spowodowane tym, iż na glebie tej zalega wyługowany odpad ze składowiska, który podwyższył jego przewodność elektryczną.

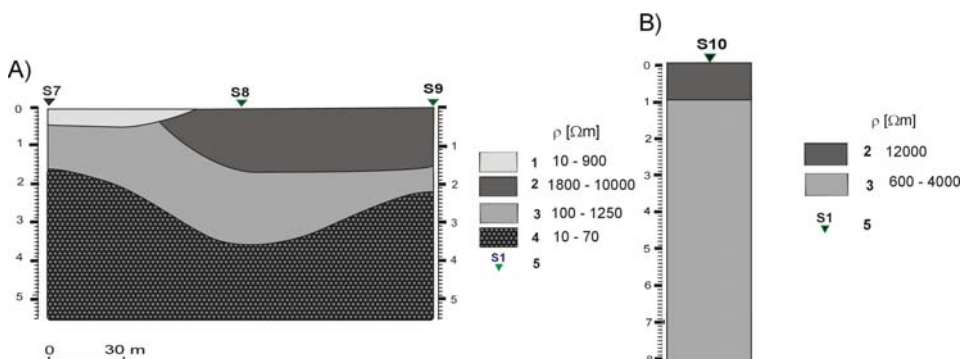


**Rys. 3** Przekrój geoelektryczny B z sondowania S3-S6, 1 – odpady pogórnice, 2 – gleba, 3 – utwory czwartorzędowe, 3 – utwory Triasu (kajper), 4 – utwory Triasu (wapień muszlowy), 5 – numer sondowania

**Fig. 3** Geoelectrical cross-section B (for sounding: S3-S6), 1 – postmining wastes, 2 – soil, 3 – Quaternary formation, 4 – Triassic formation, 5 – sounding number

Przekrój geoelektryczny przedstawia zmienność własności elektrycznych w północno-zachodniej części składowiska. Nie uwidacznia się tu tak bezpośrednio wpływ odpadów na otaczające składowisko gleb, gdyż nie zachodzi tu proces ługowania na tak daleki obszar. Podobnie jak na sondowaniu S1 i S3, odpady zalegają na utworach czwartorzędowych, które podścielają utwory kajpru.

Budowa geologiczna obszaru poza obszarem wpływu składowiska odpadów określona została w wyniku interpretacji sondowania elektrooporowego S10 (rys. 4). Oporność elektryczna gleby nieskażonej wynosi 12000  $\Omega\text{m}$  o miąższości 1 m. Pod warstwą gleby zalegają utwory czwartorzędowe o oporności elektrycznej 3000  $\Omega\text{m}$  reprezentowane na tym obszarze przez piaski, gliny i żwiry. Warstwy te podścielają praktycznie nieprzepuszczalne utwory piaszczysto-ilaste kajpru (Kondracka i Kleczka, 2008) o niskich wartościach oporności elektrycznej w przedziale od 20 do 450  $\Omega\text{m}$ . Stropu kajpru nie udało się wyznaczyć za pomocą sondowania S10, ponieważ znajdowała się ona poza zasięgiem głębokościowym sondowań geoelektrycznych.



**Rys. 4** Przekrój geoelektryczny C z sondowania S7-S9 (A) oraz S10 (B), 1 – odpady pogórnice, 2 – gleba, 3 – utwory czwartorzędowe, 3 – utwory Triasu (kajper), 4 – utwory Triasu (wapień muszlowy), 5 – numer sondowania

**Fig. 4** Geoelectrical cross-section C (for sounding: S7-S9) (A) and geoelectrical sounding (B), 1 – postmining wastes, 2 – soil, 3 – Quaternary formation, 4 – Triassic formation, 5 – sounding number

## Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały, iż pomiary elektrooporowe są w stanie ukazać zmiany w oporności elektrycznej gleb. Badania potwierdziły także możliwości wykorzystania ich do zastosowania w kontroli czynności rekultywacyjnych. Planowane jest kontynuowanie badań zmienności oporności elektrycznej na obszarze składowania odpadów popłuczковых i poflotacyjnych w rejonie śląsko-krakowskim oraz poszerzenie ich o badania geochemiczne.

## Bibliografia

- [1] ABEM, (2006): Instruments AB. Instruction Manual.
- [2] ADAMCZYK, A. & HAŁADUS, A. Opinia hydrologiczna dotycząca wpływu odpadów popłuczковых (płuczka „Józef”) na jakość wód podziemnych. Kraków. 1996
- [3] CABAŁ, A. J. & SUTKOWSKA, K. Wpływ dawnej eksploatacji i przeróbki rud Zn-Pb na skład mineralny gleb industrialnych, rejon Olkusz i Jaworzna. 1996
- [4] KONDRACKA, M. & KLECZKA, M. Pomiary geoelektryczne w rejonie składowania odpadów pogórnich Zn-Pb. In *Materiały Konferencyjne Geo-Symposium Młodych Badaczy Silesia 2008*, Złoty Potok..
- [5] O'NEILL, P. *Chemia środowiska*. PWN Warszawa-Wrocław, 1997.
- [6] OSTROWSKI, J. (2001): Ochrona środowiska na terenach górniczych, Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi PAN, Kraków.
- [7] WŁODARZ, B. Zwał odpadów popłuczковых i poflotacyjnych w Pomorzanach – dzielnicy miasta Olkusz. Materiały niepublikowane, Olkusz, 2007.

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ing. Karel Müller, DrSc., Ústav geoniky AVČR, v.v.i., Ostrava