

Likwidacja określonych skutków eksploatacji górniczej powinna być poprzedzona badaniami geofizycznymi. Wśród metod, które mogą znaleźć zastosowanie w tych badaniach, na szczególną uwagę zasługuje metoda elektromagnetyczna.

Deformacje nieciągłe

Metoda ich wykrywania na terenach płytkiej eksploatacji górniczej

dr Beata Witkowska-Kita

dr inż. Ireneusz Baic

Centrum Gospodarki Odpadami

Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego

Eksploatacja górnicza prowadzona na terenie Górnego Śląska spowodowała, że zagrożone zostało istnienie wielu obiektów kubaturowych, liniowych oraz mostów i wiaduktów, których fundamenty są posadowione na gruntach poddanych zmianom parametrów geotechnicznych. Zmiany w strukturze gruntów wywołane eksploatacją surowców naturalnych spowodowały rozluźnienie zagęszczenia gruntów i zanik działania siły wyporu wskutek obniżenia zwierciadła wód gruntowych. Powstanie na tych obszarach deformacji nieciągłej zagrażającej stateczności budowli nakazuje podjęcie działań naprawczych, polegających na likwidacji skutków tychże deformacji.

Na terenach zagrożonych deformacjami nieciągłymi przed przystąpieniem do uzdatniania terenów (budowy obiektów) konieczne jest wykonywanie odpowiednich badań geofizycznych gruntów. Badania geofizyczne, zgodnie z wymaganiami ustawowymi, powinny być wykonane co najmniej dwiema metodami – jedną o dużej rozdzielczości i zasięgu głębokościowym do kilkunastu metrów oraz drugą o mniejszej rozdzielczości i zasięgu do kilkudziesięciu metrów (w zależności od głębokości eksploatacji). Do metod mogących wypełnić powyższe zalecenia należy metoda elektromagnetyczna. W niniejszym artykule przedstawiona została metoda wykrywania deformacji nieciągłych za pomocą dipolowego profilowania indukcyjnego, prowadzonego przy użyciu aparatury EM34-3XL Geonics.

Celem artykułu jest pokazanie sposobu przeprowadzania analizy i badań możliwości zastosowania metody pomiaru przewodności elektrycznej właściwej gruntów do wykrywania deformacji nieciągłych na terenach po płytkiej eksploatacji górniczej. Wyniki badań zostaną porównane z wynikami uzyskanymi innymi metodami. Artykuł ma także za zadanie opracowanie stosownej metodyki badawczej.

Wprowadzenie

Skutkiem długotrwałej i intensywnej eksploatacji górniczej są zmiany środowiska, w tym rozległe i nieodwracalne deformacje powierzchni terenu, powodowane jego osiadaniami. Powstające na powierzchni terenu deformacje mogą mieć charakter ciągły (niecki osiadań) oraz nieciągły (różnego rodzaju zapadliska, szczeliny, progi itp.). Przedmiotem badań były elementy deformacji nieciągłych, stanowiące wyraźne zauważalne zniekształcenia morfologiczne terenu w postaci szczelin, stopni (deformacje liniowe) i lejów oraz zapadlisk (deformacje powierzchniowe). Zastosowanie metod geofizycznych, które są metodami bezinwazyjnymi, tj. nieingerującymi w badane środowisko, pozwala na znaczne ograniczenie liczby koniecznych do wykonania otworów badawczych oraz liczby badań laboratoryjnych, co znacznie przyspiesza wykonanie zadania, a także zmniejsza jego koszty.

Geofizyczne techniki wykorzystujące pomiary zmian stałych fizycznych

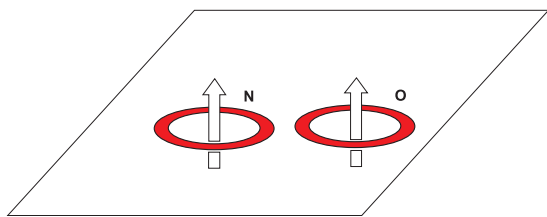
w gruntach pozwalają na bezinwazyjne diagnozowanie i monitorowanie badanego ośrodka w sposób ciągły oraz na najtrafniejsze zaplanowanie lokalizacji i zakresu pozostałych badań. Badania geofizyczne przeprowadza się m.in. następującymi metodami:

- elektrooporową,
- georadarową (GPR),
- grawimetryczną,
- sejsmiczną.

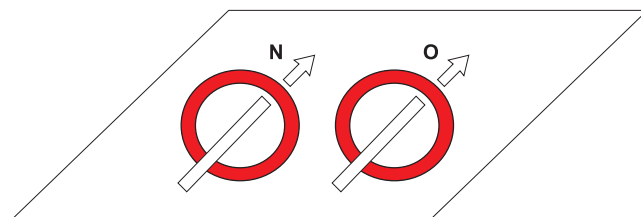
Metoda elektromagnetyczna badania przewodności gruntu

Badania wykonano przy użyciu aparatury EM34-3XL, która mierzy tzw. przewodność pozorną ośrodka – wypadkową przewodności elektrycznej utworów geologicznych znajdujących się w „polu widzenia” układu pomiarowego. Praca z tym przyrządem możliwa jest w dwóch trybach, tj. z dipolem poziomym i pionowym (rys. 1 i rys. 2, str. 42). W każdym z przypadków cewka nadajnika jest zasilana prądem zmiennym o częstotliwości f . Mierzona przez aparaturę wielkość jest stosunkiem wtórnego pola magnetycznego H_s , powstającego, gdy dwie cewki znajdują się na powierzchni homogenicznej półprzestrzeni gruntu, do wielkości pierwotnego pola magnetycznego H_p wytwarzanego przez nadajnik w półprzestrzeni znajdującej się nad gruntem. Odległość pomiędzy cewkami wynosi s metrów.

Przy pracy z cewkami położonymi równoległe do powierzchni ziemi, czyli w trybie pomiarowym z dipolem pionowym ➤



Rys. 1. Schemat pomiaru przewodności gruntu z użyciem dipola pionowego VD (N – nadajnik, O – odbiornik)



Rys. 2. Schemat pomiaru przewodności gruntu z użyciem dipola poziomego HD (N – nadajnik, O – odbiornik)

► wym (VD – *vertical dipole*), zależność wyniku od przewodności rzeczywistej gruntu jest zerowa dla materiału znajdującego się blisko powierzchni gruntu, wzrasta wraz z głębokością i osiąga maksimum na głębokości odpowiadającej w przybliżeniu 0,4 odległości pomiędzy cewkami pomiarowymi, a następnie powoli spada wraz z dalszym wzrostem głębokości. W odróżnieniu od trybu VD przy pracy z cewkami pionowymi w trybie pomiarowym z dipolem poziomym (HD – *horizontal dipole*) zależność ta jest maksymalna dla materiału zalegającego przy powierzchni gruntu i spada monotonicznie wraz ze wzrostem głębokości. Na podstawie pomiarów prowadzonych w obu trybach oraz przy wykorzystaniu różnych częstotliwości istnieje możliwość określenia przestrzennego rozkładu przewodności pozornej gruntu w rejonie badań, możliwe jest także określenie, czy przewodność wzrasta, czy maleje wraz ze wzrostem głębokości. Prowadzenie pomiarów z pionowymi cewkami jest mniej czułe na zakłócenia niż prowadzenie pomiarów z wykorzystaniem cewek leżących. Wadą pomiarów z dipolem poziomym jest ich duża czułość na przewodność warstwy przypowierzchniowej. Zdarza się, że w pewnych przypadkach aparatura wykazuje „ujemne” wartości przewodności. Taka sytuacja zachodzi np. wtedy, gdy profil elektromagnetyczny przecina rurociągi czy podziemne instalacje elektryczne, przy prostopadłym przejściu nad takimi strukturami.

Wytypowanie obszaru do badań

Obszar projektowanych badań geofizycznych to teren byłego Ruchu II „Kościuszko” byłej Kopalni Węgla Kamiennego „Jaworzno”, zlokalizowany w Obszarze Górniczym Jaworzno II”. Obszar ten jest niezagospodarowany i zdeformowany wskutek działalności wydobywczej zlikwidowanej kopalni KWK „Jaworzno”. Zgodnie z wyznaczonymi granicami rejonów płytkiej eksploatacji węgla i rud miasto Jaworzno przynależy do Rejonu I płytkiej eksploatacji węgla, rozciągającego się na długości 35 km i szerokości około 10-15 km, biegnącego przez najbardziej zurbanizowane tereny, pomiędzy Zabrzem a Jaworzniem. Pod względem stratygraficznym w przedmiotowym obszarze (OG „Jaworzno II”) zalegają utwory następujących formacji geologicznych:

- czwartorzędu,
- trzeciorzędu,
- triasu,
- karbonu.

Strategia projektowanych badań elektromagnetycznych

Wyznaczenie siatki pomiarowej w wybranym terenie

Dla prawidłowego wykonania badań geofizycznych w przedmiotowym terenie wyznaczono cztery linie pomiarowe, o kolejnych numerach od L1 do L4. Długości poszczególnych linii pomiarowych kształtują się następująco:

- L1: 160 m,
- L2: 160 m,

- L3: 160 m,
- L4: 150 m.

Sumaryczna długość linii profilowań geofizycznych wynosi więc 630 m. Wzdłuż każdej z wyznaczonych linii badania elektromagnetyczne przeprowadzane były w trybie pomiarowym z dipolem pionowym, z zastosowaniem trzech odległości pomiędzy cewkami pomiarowymi, tj. 10 m, 20 m i 40 m. Maksymalne zasięgi głębokościowe wykonanych pomiarów wyniosły odpowiednio: 15 m, 30 m i 60 m. Wzdłuż każdej linii pomiarowej odczyty przewodności właściwej dokonywane były co ok. 2 m. W wyniku przeprowadzonych pomiarów uzyskano 920 wartości przewodności gruntów.

Wykonanie porównawczych pomiarów kontrolnych

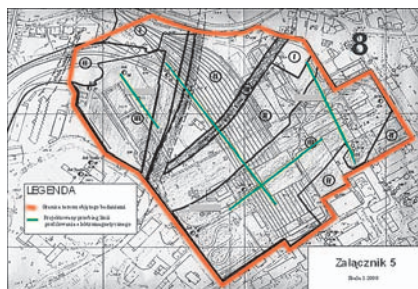
Dzięki analizie materiałów archiwalnych oraz wyników badań geofizycznych przeprowadzonych w przedmiotowym terenie za pomocą urządzenia EM34-3XL podjęto decyzję o odwierceniu 3 otworów sondażowych, do głębokości 30 m każdy. Otwory te zostały zlokalizowane w miejscach występowania starych zrobów poeksploatacyjnych (pokłady 208, 209 i 210) oraz w miejscach występowania anomalii geofizycznych.

Wykonanie badań metodą profilowań elektrooporowych

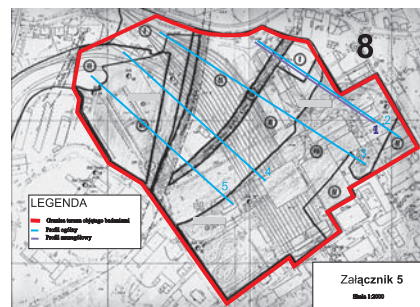
Wychodząc naprzeciw wymogom ustawowym, w analizowanym terenie wykonano również badania metodą elektrooporową na łącznej powierzchni ok. 7,2 ha. Badania



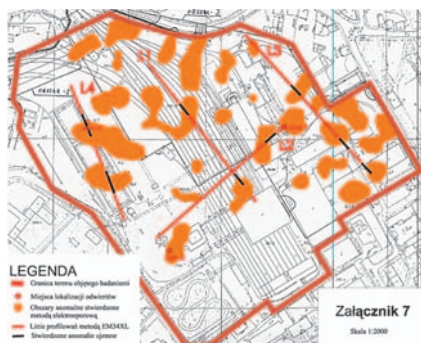
Rys. 3. Lokalizacja terenu badań



Rys. 4. Linie pomiarowe wyznaczone w badanym terenie



Rys. 5. Ogólne i szczegółowe profile elektrooporowe wykorzystane w badaniach



Rys. 6. Mapa lokalizacji stref anomalnych stwierdzonych badaniami geofizycznymi

te przeprowadzono za pomocą urządzenia geoelektrycznego IRIS Syscal. Profile zostały wykonane w rozstawach z elektrodami umieszczonymi co 2 metry i co 5 metrów. Badania z większym rozstawem (5 m) potraktowano jako dające bardziej globalne informacje z głębszej strefy i zapewniające głębokość penetracji sięgającą do około 40 m. Natomiast rozstaw szczegółowy (2 m) pozwolił na bardzo szczegółowe rozpoznanie strefy do głębokości kilkunastu metrów. Na wytypowanym obszarze wykonano 5 profili elektrooporowych.

Wykrywanie pustek poeksploatacyjnych – procedura badawcza

Na podstawie przeprowadzonych badań opracowano ogólną procedurę badaw-

czą, służącą do wykrywania pustek poeksploatacyjnych, składającą się z siedmiu etapów:

1. Rozpoznanie warunków geologicznych i hydrogeologicznych terenu badań, m.in. w oparciu o:
 - zapisy miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego lub studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy,
 - program ochrony środowiska,
 - dostępne materiały archiwalne, stanowiące np. dokumentację wykonywanych na przedmiotowym terenie lub w jego sąsiedztwie otworów piezometrycznych.
2. Przeprowadzenie wizji lokalnej terenu badań, ze szczególnym zwróceniem uwagi na istniejącą infrastrukturę oraz przebiegające tam napowietrzne, naziemne i podziemne sieci.
3. W oparciu o zgromadzony materiał wstępny i dokonane rozpoznanie terenowe:
 - wyznaczenie siatki badań elektromagnetycznych,
 - ustalenie trybów pomiarowych (poziomego i pionowego), w korelacji z oczekiwaną głębokością penetracji ośrodka skalnego.
4. Przygotowanie aparatury badawczej do prac terenowych zgodnie z instruk-

cją obsługi dostarczoną przez producenta aparatury.

5. Prowadzenie badań terenowych zgodnie z zaprojektowaną siatką, w tym dokonanie pomiaru współrzędnych geograficznych (GPS) w strategicznych punktach siatki pomiarowej.
6. Interpretacja uzyskanych wyników badań, obejmująca:
 - wykreślenie map rozkładu wartości przewodności właściwej gruntów na poszczególnych poziomach głębokości,
 - wykreślenie przekrojów geofizycznych.
7. Sformułowanie wniosków dotyczących geologiczno-inżynierskiej charakterystyki gruntów.

Wnioski z wykonanych badań

Metoda opierająca się na badaniach za pomocą urządzenia EM34-3XL potwierdziła występowanie w przedmiotowym terenie pustek poeksploatacyjnych po prowadzonej w przeszłości eksploatacji węgla kamiennego. Wykryte za pomocą opisywanej metody badawczej strefy rozluźnienia gruntów pokrywają się z wynikami badań, uzyskanymi innymi metodami. Zastosowana metoda okazała się więc przydatna do wykrywania deformacji nieciągłych na terenach płytkiej eksploatacji górniczej. □

Foresight

w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego

Myślą przewodnią projektu jest wskazanie priorytetów inwestycyjnych w sferze badań i rozwoju technologicznego, zmiana orientacji nauki i systemu innowacji, wzmocnienie polskiego potencjału sfery badawczo-rozwojowej oraz przedsiębiorstw sektora publicznego i prywatnego funkcjonujących w sektorze gospodarczego wykorzystania odpadów pochodzących z przemysłu wydobywczego, poprzez rozwój i wdrażanie metodyki *foresight* w zakresie innowacyjnych technologii zagospodarowywania odpadów.

Głównym celem projektu Foresight jest identyfikacja wiodących technologii zagospodarowania odpadów górniczych o znaczeniu strategicznym, których rozwój w ciągu następnych 20 lat będzie priorytetowy dla Polski, oraz opracowanie scenariuszy ich rozwoju poprzez za-

stosowanie usystematyzowanej metodyki badawczej.

Realizacja projektu „**Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii w zakresie zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego**” obejmować będzie trzy obszary priorytetowe. Koordynację nad każdym obszarem obejmie jedna jednostka:

- 1) Technologie odpadowe wydobywcze węgla kamiennego – IMBiGS;
- 2) Technologie odpadowe przerobcze węgla kamiennego – Politechnika Śląska;
- 3) Technologie odpadowe z udostępniania węgla kamiennego – Akademia Górniczo-Hutnicza.

Głównym efektem projektu będzie wskazanie scenariuszy rozwoju priorytetowych i innowacyjnych technologii

w branży zagospodarowywania odpadów z górnictwa węgla kamiennego oraz wypracowanie spójnej strategii rozwoju branży zagospodarowywania odpadów z górnictwa węgla kamiennego. Wskaźnikami weryfikującym cel projektu będą opracowane scenariusze rozwoju priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowywania odpadów z górnictwa węgla kamiennego oraz opracowany raport nt. strategii rozwoju branży zagospodarowywania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

Struktura organizacyjna projektu

Koordynator projektu:

Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego

Partnerzy projektu:

**Politechnika Śląska,
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica** □