

Danuta KACZOR
Uniwersytet Śląski, Sosnowiec

Wstępne wyniki powierzchniowych obserwacji geoelektrycznych prowadzonych w trakcie wykształcania się niecki osiadania nad eksploatacją ścianową

Streszczenie

W artykule przedstawiono uproszczoną analizę wykształcania się niecki osiadania w oparciu o konkretne dane, pokazano rzeczywiste osiadanie punktu pomiarowego w czasie oraz wstępne wyniki pomiarów geoelektrycznych wykonywanych na powierzchni, nad eksploatowanym pokładem węgla.

1. Wstęp

Rozpatrując zagadnienie wykształcania się niecki osiadania zwraca się szczególną uwagę na szkody wywołane przez nią na powierzchni w budynkach mieszkalnych, obiektach przemysłowych, drogach bądź nieco głębiej w sieciach wodociągowych, kanalizacyjnych, gazowych i ciepłowniczych, itp. Badania geoelektryczne wykonywane na powierzchni ziemi nad prowadzoną eksploatacją węgla w celu obserwacji zmian zachodzących w warstwach przypowierzchniowych wydają się być użyteczne do badania szkód powstających w czasie wykształcania się niecki. Prace takie były prowadzone w latach siedemdziesiątych przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych i inne zespoły badawcze.

W artykule przedstawiono wstępne wyniki pomiarów geoelektrycznych wykonywanych na powierzchni, nad eksploatowanym pokładem węgla. Dalszym celem wspomnianych badań jest powiązanie zmian wartości oporu właściwego w przypowierzchniowych warstwach górotworu w trakcie wykształcania się niecki osiadania z deformacjami powierzchni.

2. Teren pomiarów

Pomiary wykonywano na obrzeżach Chorzowa przy ul. Kochłowskiej, na terenie niewielkiej polany. Na południe od miejsca pomiarów trwają prace przy budowie autostrady A4. Po stronie wschodniej przebiega granica miast Katowice – Chorzów i znajduje się osiedle Witosy należące do Katowic. Od północy i zachodu rozciąga się las.

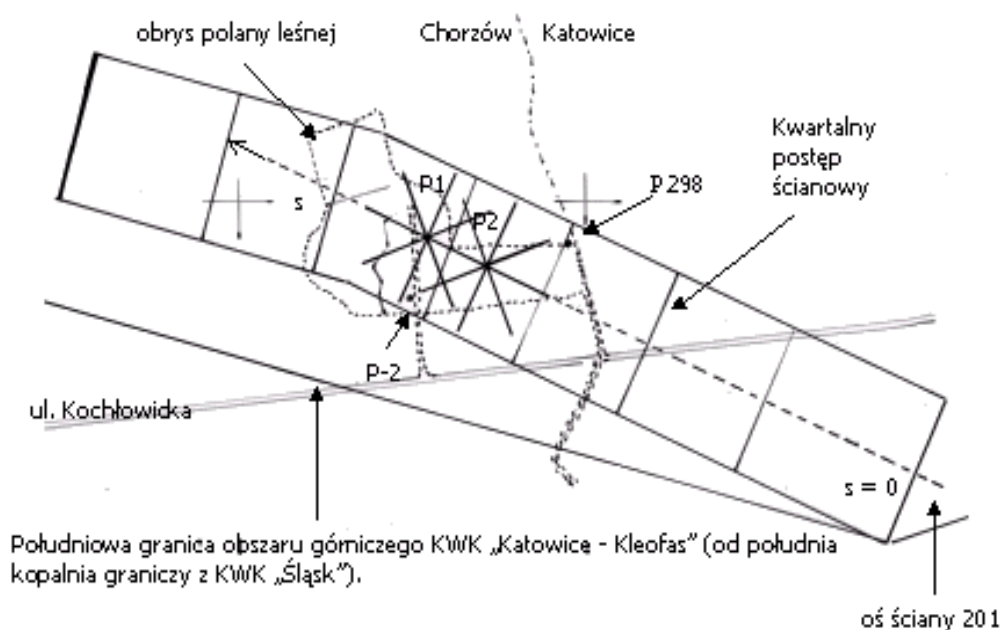
Na badanym obszarze prowadzona jest eksploatacja podziemna przez KWK „Katowice – Kleofas”. Obszar ten należy do południowego skłonu Siodła Głównego centralnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Powierzchnia tego rejonu zapada lekko na północ w kierunku doliny rzeki Rawy, grubość czwartorzędu zwiększa się na północ, natomiast pokłady węgla zalegają wzdłuż kierunku WE i zapadają na południe pod kątem 6° .

Pod powierzchnią badanego obszaru została zaprojektowana ściana 201 w pokładzie węgla kamiennego 510. Eksploatację na zawał, w warstwie o grubości ok. 2 m rozpoczęto 1 stycznia 1999r. Głębokość eksploatacji wynosi średnio 650 m, a miąższość pokładu 510 ok. 6 m. Nad pokładem 510 zostały wcześniej wyeksploatowane następujące pokłady: 402 w 1993r., 404/5 w 1911 i 1974r., 405 w 1915r., 407/4 w 1961r., 412 w 1964r., 501 w 1981 i 1988r., natomiast nie eksploatowano pokładów: 401, 415, 409, 416, 418, 504 (materiały KWK „Katowice – Kleofas” stan na VIII 1999 r.).

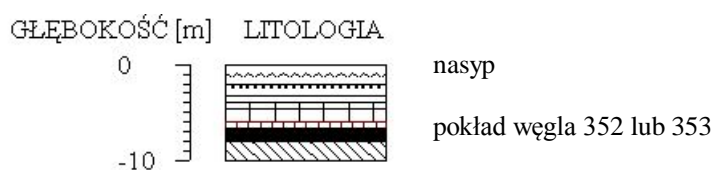
W badanym terenie w 1991 roku, przez WPWG Tychy, został odwiercony otwór piezometryczny oznaczony jako P-2 w celu obserwacji położenia zwierciadła wody (rys. 2.1). Głębokość otworu sięga 10m. Zwierciadło wody położone jest aktualnie na głębokości ok. 9-10 m.

Z uzyskanego profilu geologicznego otworu wynika, że nadkład czwartorzędowy stanowią: glina pylasta, piasek (zwietrzelina) i rumosz piaskowca, pod którym bezpośrednio zalegają skały karbonu produktywnego. Pokład węgla zalega już od głębokości 6,7 m do 8 m – są to warstwy orzeskie (pokład 352 lub 353). Pierwszą warstwę nadkładu czwartorzędowego stanowi nasyp pochodzenia antropogenicznego o grubości 2 m (rys. 2.2).

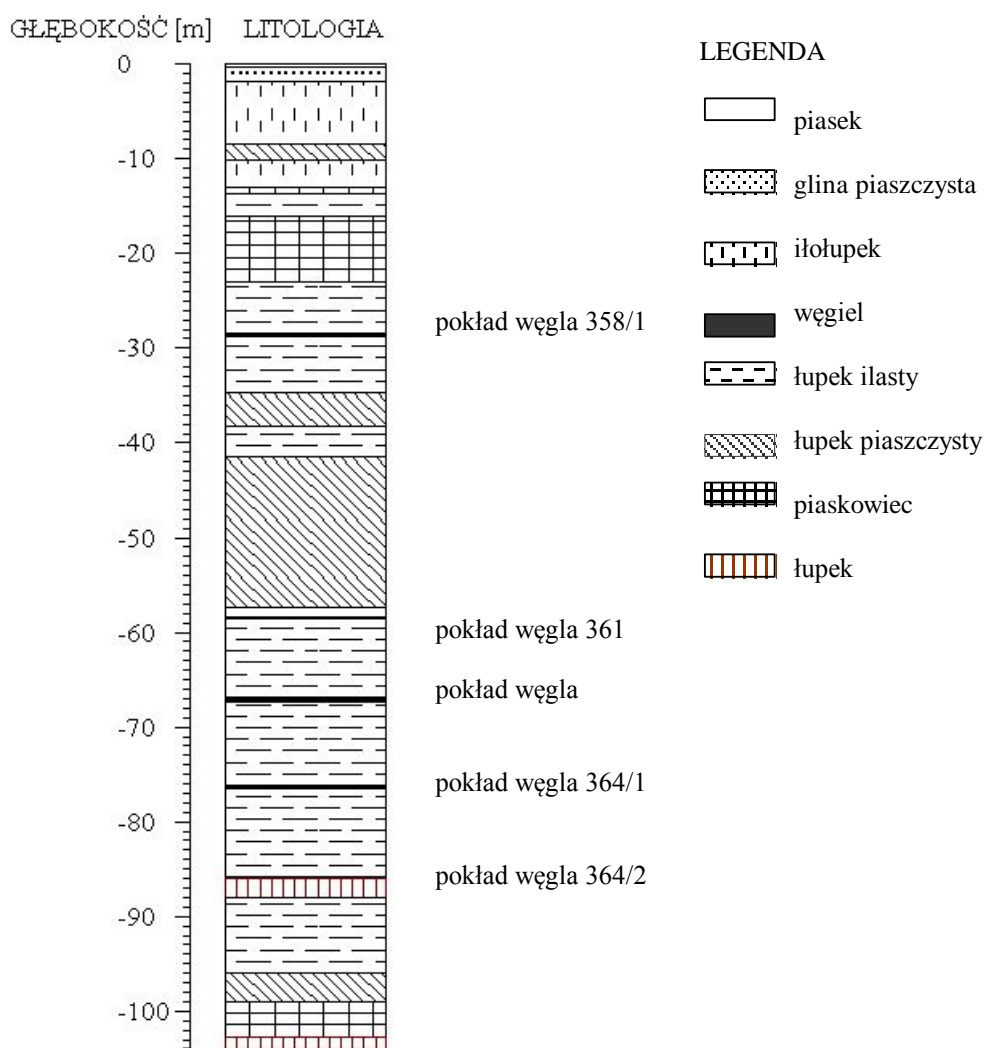
Pełniejsze informacje geologiczne otrzymano z otworu wiertniczego Nr P.298 (1957), znajdującego się na północno - wschodnim skraju polany (rys. 2.1). Profil geologiczny tego otworu przedstawiono na rysunku 2.3 (ograniczono go do głębokości 100 m).



Rys. 2.1 Orientacja układów pomiarowych względem ściany 201 w pokładzie 501
Fig. 2.1 Configuration of the measurements in relation to the wall 201 at the coal bed 501



Rys. 2.2 Profil otworu piezometrycznego P-2
 Fig. 2.2 The profile of piezometer bore-hole no. P-2



Rys. 2.3 Profil otworu wiertniczego P. 298
 Fig. 2.3 The profile of the bore-hole no. P. 298

3. Metoda pomiarowa

Na powierzchni terenu wytyczono linię pomiarową przebiegającą równoległe do osi ściany 201. Na tej linii wyznaczono dwa punkty pomiarowe oznaczone odpowiednio P1 i P2 (rys. 2.1). Front eksploatacji ściany 201 przechodził najpierw pod punktem P2.

W obu punktach wykonywano sondowania oporu w układzie symetrycznym Schlumbergera. W każdym z punktów przeprowadzono sondowania w czterech kierunkach: równoległym, prostopadłym i pod kątem $\pm 45^{\circ}$ do osi ściany 201. W pojedynczym sondowaniu stosowano 16 rozstawów AB od odległości AB=3m do AB=200m.

4. Parametry teorii Budryka – Knothego

Za pomocą przybliżonych wartości parametrów teorii Budryka – Knothego (Kwiatek i inni 1998), oszacowano wstępnie maksymalne obniżenie oraz zasięg wpływów głównych dla rozpatrywanej eksploatacji w pokładzie 510. Zakładając, że dla eksploatacji wielokrotnej współczynnik eksploatacyjny a (tzw. parametr eksploatacji) równa się 0,85, można obliczyć maksymalne obniżenie, korzystając ze wzoru:

$$a = \frac{w_{\max}}{g}$$

gdzie:

w_{\max} – największe obniżenie niecki pełnej,

g – średnia grubość eksploatowanego pokładu.

Przyjmując $g = 2\text{m}$, otrzymuje się $w_{\max} = 1,7\text{m}$.

Dla oszacowania zasięgu wpływów głównych korzystano ze wzoru:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{H}{r}$$

gdzie:

$\operatorname{tg}\beta = 2$ – wartość parametru górotworu dla kopalń węgla kamiennego o standardowych warunkach geologiczno-górnictwowych ($\beta \approx 63,5^{\circ}$),

H – głębokość eksploatacji,

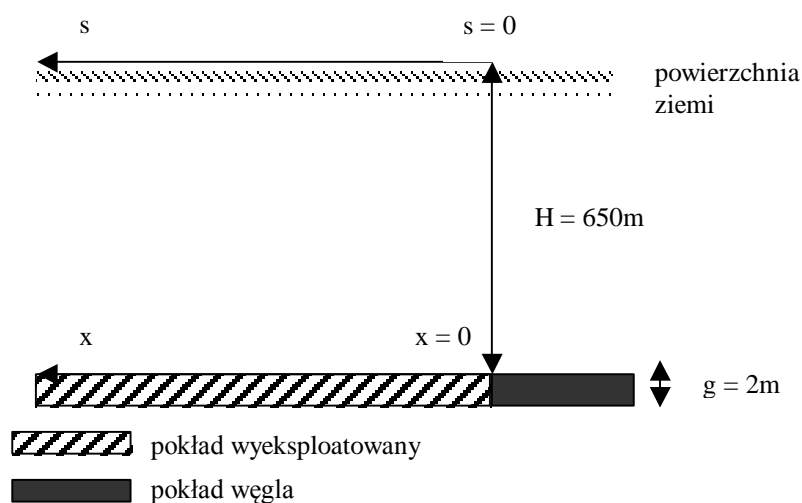
r – zasięg wpływów głównych.

Zatem dla $H = 650\text{m}$ i $\operatorname{tg}\beta = 2$ otrzymano zasięg wpływów głównych $r = 325\text{m}$.

5. Kształt niecki nad przesuającym się frontem eksploatacji

W celu prześledzenia kształtu niecki nad przesuającym się frontem eksploatacji można skorzystać z uproszczonej krzywej wpływów, zwanej trójkątem wpływów (Knothe 1953). Poniżej przedstawiono możliwy przebieg obniżenia punktu P1 w czasie.

Założono, że prędkość frontu ścianowego wzdłuż osi ściany z SW na NE jest stała i wynosi $v = 62\text{m/miesiąc}$ (ok. 2m/dobę). Front znajduje się pod punktem P1 w chwili $t = 0$. Początek eksploatacji przyjęto w punkcie $x = 0$ na osi ściany. Niech s jest współrzędną dowolnego punktu linii leżącej na powierzchni i równoległej do osi ściany. I niech $s = 0$ dla $x = 0$ (rys. 5.1).



Rys. 5.1 Układy współrzędnych przyjęte do opisu deformacji terenu
Fig. 5.1 Co-ordinate system used to describe terrain deformation

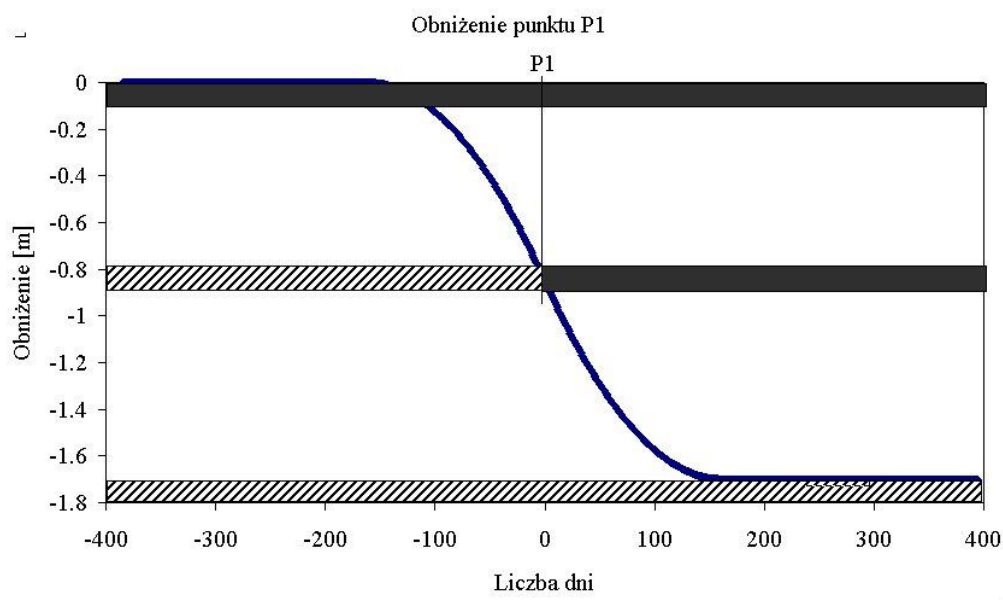
Trójkątowi wpływów, gdy posługujemy się zmienną położenia frontu x , odpowiada krzywa łamana:

$$\left. \begin{aligned} w_k &= f_1(x-s) = \frac{w_{\max}}{r^2} (r+x-s) & \text{dla } s-r \leq x \leq s \\ w_k &= f_2(x-s) = \frac{w_{\max}}{r^2} (r-x+s) & \text{dla } s \leq x \leq s+r \\ w_k &= 0 & \text{dla } x \leq s-r \\ w_k &= w_{\max} & \text{dla } s+r \leq x \end{aligned} \right\}$$

Zmieniając zmienną położenia x na zmienną czasu $t = x/v$. Trójkąt wpływów będą opisywały równania:

$$\left. \begin{aligned} w_k &= f'_1(vt-s) = \frac{w_{\max}}{r^2} \left[\frac{v^2 t^2}{2} + vt(r-s) + \frac{s^2}{2} - rs + \frac{r^2}{2} \right] & \text{dla } \frac{s-r}{v} \leq t \leq \frac{s}{v} \\ w_k &= f'_2(vt-s) = \frac{w_{\max}}{r^2} \left[-\frac{v^2 t^2}{2} + vt(r+s) - \frac{s^2}{2} - rs + \frac{r^2}{2} \right] & \text{dla } \frac{s}{v} \leq t \leq \frac{s+r}{v} \\ w_k &= 0 & \text{dla } t \leq \frac{s-r}{v} \\ w_k &= w_{\max} & \text{dla } \frac{s+r}{v} \leq t \end{aligned} \right\}$$

Podstawiając wcześniej oszacowane wartości otrzymuje się następujący wykres przedstawiony na rys. 5.2.



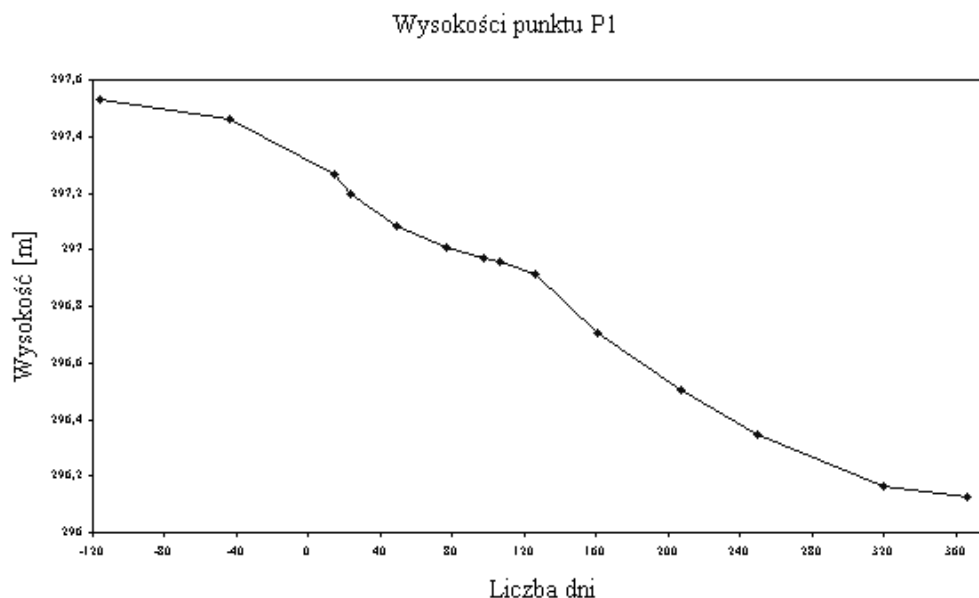
Rys. 5.2 Obniżenie punktu P1 od chwili rozpoczęcia eksploatacji dla przyjętego położenia frontu

Fig. 5.2 Subsidence of the point P1 for exploitation for assumed position

//// //// pokład wyeksploatowany (exploited coal bed)
████████ pokład węgla (coal bed)

Wykres przedstawia krzywą opisującą obniżenie punktu P1 w miarę zbliżania się do niego frontu ścianowego. Punkt przegięcia krzywej wskazuje na moment, w którym front przechodzi dokładnie pod punktem P1. Współrzędne punktu przegięcia wynoszą: 0 dni oraz $-0,85$ m, tzn. że w ciągu ok. 385 dni front dotarł do punktu P1 od chwili rozpoczęcia eksploatacji i w ciągu tego czasu punkt P1 obniżył się o $0,85$ m. Ten wstępny model pozwala zorientować się w ogólnym charakterze zjawiska.

Wzory, z których skorzystano, są wyprowadzone dla określonych warunków eksploatacji. Badany teren nie spełnia wszystkich założeń modelu. Najbardziej znaczącą różnicą jest warunek jednokrotnej eksploatacji. Górnowód został naruszony wcześniejszymi robotami. Eksploatacja pokładu trwa nadal, osiadanie terenu będzie się zmieniać i na razie niecka nie jest w pełni wykształcona. Rysunek 5.3 pokazuje wyniki pomiarów niwelacyjnych prowadzonych równolegle do osi ściany 201 na powierzchni polany.



Rys. 5.3 Wyniki pomiarów niwelacyjnych prowadzonych równoległe do osi ściany 201 na powierzchni polany

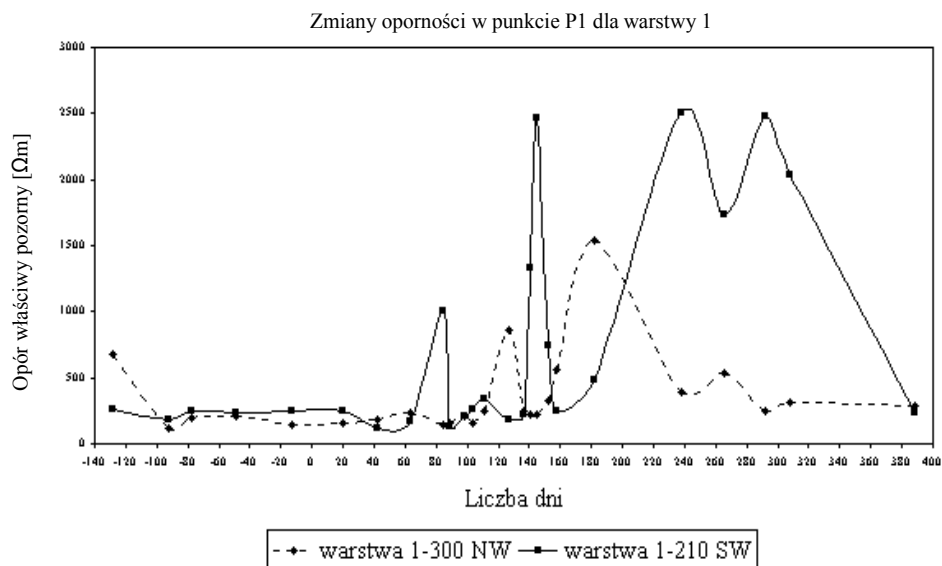
Fig. 5.3 The results of the levelling measurements carry out along the axis of the wall no. 201 on the clearing surface

6. Pomiary oporu właściwego

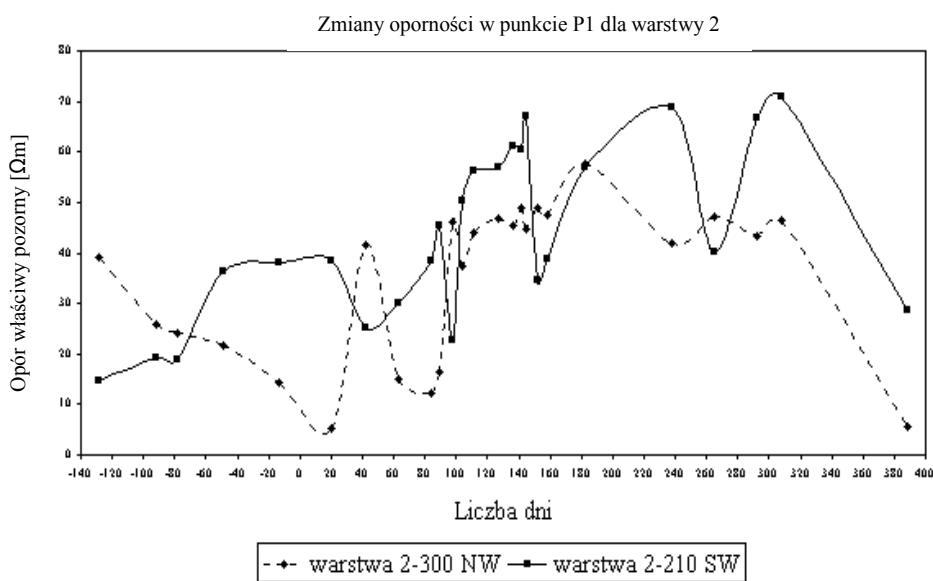
Uzyskane wyniki pomiarów, przedstawiono dla punktu P1 w kierunkach prostym i równoległym do osi ściany 201. Pomiary geoelektryczne rozpoczęto w czasie poprzedzającym o 130 dni przejście frontu ścianowego pod punktem P1. Otrzymane wartości oporu pozornego dla odpowiednich rozstawów AB (tzw. krzywe sondowania), zostały zinterpretowane programem Resix Plus v 2.2 firmy Interpex Limited (USA, Colorado). W wyniku interpretacji krzywych sondowania uzyskano modele geofizyczne określające: liczbę warstw, ich miąższość oraz oporność. Błąd względny przybliżenia przyjęto rzędu 10 %. Ponieważ przy interpretacji krzywych uzyskiwano różniące się modele geoelektryczne ośrodków do wyboru optymalnego posłużono się dodatkowymi informacjami geologicznymi uzyskanymi z otworu wiertniczego P.298 oraz otworu piezometrycznego P-2.

7. Prezentacja wyników

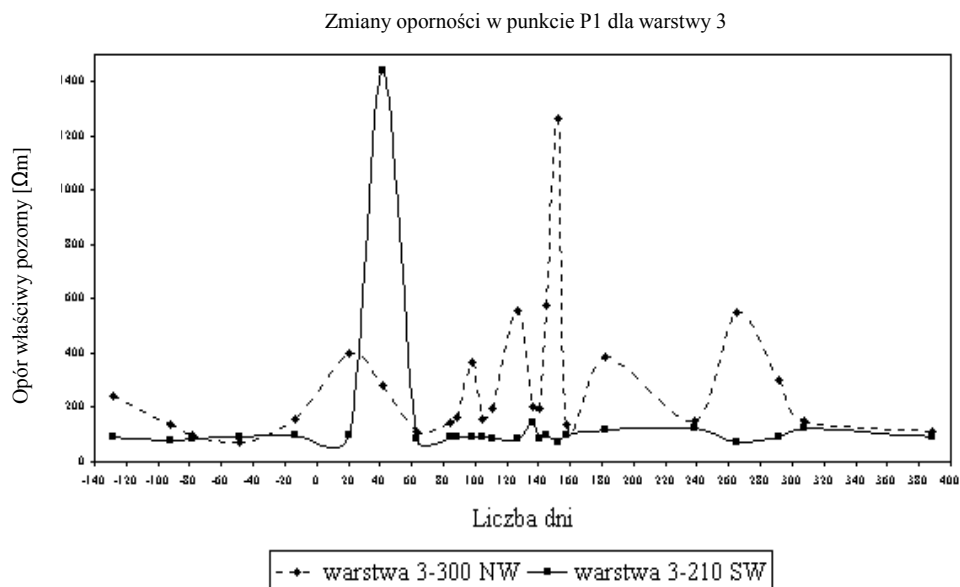
W wyniku przeprowadzonej analizy przyjęto model cztero-warstwowy. Oszacowane miąższości poszczególnych warstw wynoszą średnio 1,2 m, 5,2 m, oraz 39,5 m dla warstwy odpowiednio pierwszej, drugiej i trzeciej, natomiast miąższość czwartej warstwy traktuje się jako nieskończenie wielką (co jest z góry przyjętym uproszczeniem). Otrzymane wyniki przedstawiono dla każdej warstwy osobno na rysunkach nr 7.1, 7.2, 7.3, 7.4. Na każdym rysunku przedstawiono zmiany w czasie dla danej warstwy modelu geoelektrycznego w dwóch prostym i równoległym do osi ściany (oznaczony jako 300 NW) oraz w kierunku prostym (oznaczony jako 210 SW).



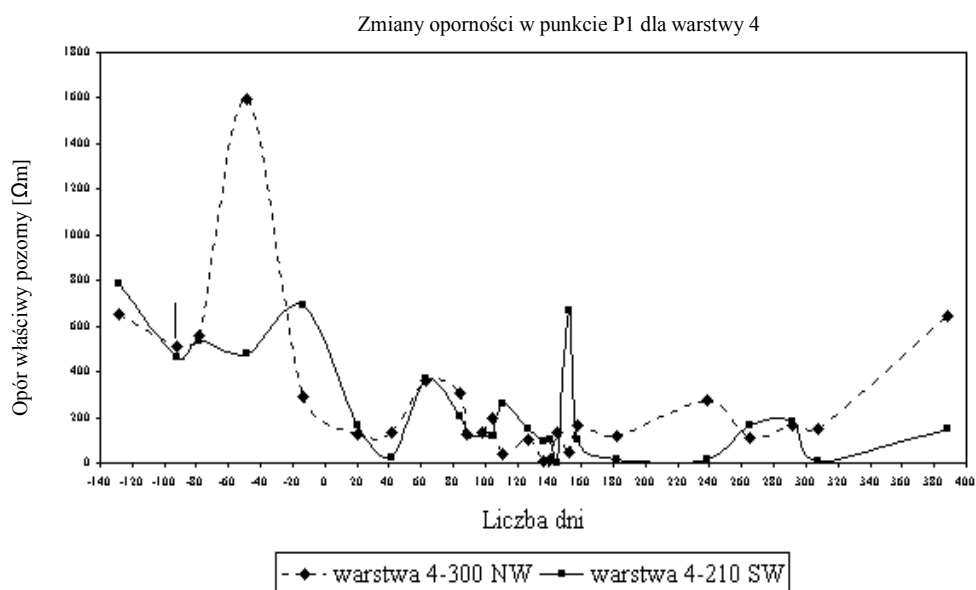
Rys. 7.1 Zmiany oporności w czasie w punkcie P1 dla warstwy 1
Fig. 7.1 The time dependence of the resistivity variation for the layer 1 at the point no. P1



Rys. 7.2 Zmiany oporności w czasie w punkcie P1 dla warstwy 2
Fig. 7.2 The time dependence of the resistivity variation for the layer 2 at the point no. P1



Rys. 7.3 Zmiany oporności w czasie w punkcie P1 dla warstwy 3
Fig. 7.3 The time dependence of the resistivity variation for the layer 3 at the point no. P1



Rys. 7.4 Zmiany oporności w czasie w punkcie P1 dla warstwy 4
Fig. 7.4 The time dependence of the resistivity variation for the layer 4 at the point no. P1

8. Dyskusja wyników

Na rys. 7.1 pokazano zmiany oporu właściwego pozornego w czasie w punkcie P1 dla warstwy pierwszej modelu geoelektrycznego. Jak widać oporność w kierunku prostopadłym i równoległym utrzymuje się na stałym poziomie rzędu 250 Ωm aż do ok. 20 dnia od chwili przejścia frontu ścianowego pod punktem P1. Następnie można zauważyć, że od tego momentu zmiany w kierunku równoległym do osi ściany są dokładnie przeciwne do zmian w kierunku prostopadłym. Jeżeli opór w kierunku równoległym rośnie to w kierunku prostopadłym maleje i na odwrót. Ponadto można zauważyć, że lokalne ekstrema wartości oporności w kierunku prostopadłym pojawiają się w czasie wcześniej od lokalnych ekstremów wartości oporności w kierunku równoległym.

Na rys. 7.2 pokazano zmiany dla warstwy drugiej. I tu również można zauważyć, że zmiany w kierunku równoległym do osi ściany są przeciwne do zmian w kierunku prostopadłym. Średnia wartość oporności w czasie wynosi ok. 45 Ωm dla kierunku prostopadłego natomiast ok. 35 Ωm dla kierunku równoległego. Również i tu ekstremalne wartości oporności w kierunku prostopadłym pojawiają się wcześniej od ekstremalnych wartości w kierunku równoległym. Ponadto, można zauważyć ogólną tendencję wzrostu oporności w obu kierunkach do dnia ok. 180 dla kierunku równoległego i do dnia ok. 310 w kierunku równoległym a następnie od tego momentu wartości oporności maleją.

Na rys. 7.3 zmiany oporności dla warstwy trzeciej są łagodniejsze. W kierunku prostopadłym widać jedno duże maksimum ok. 1400 Ωm przypadające na ok. 40 dzień po przejściu frontu pod punktem P1 a poza tym wartość oporności prawie się nie zmienia i stabilizuje się na poziomie 100 Ωm . Natomiast w kierunku równoległym do osi ściany widać wyraźne oscylacje wokół wartości 300 Ωm i wyraźne największe maksimum rzędu 1250 Ωm przypadające na ok. 150 dzień. Zatem ponownie mamy maksimum oporności w kierunku prostopadłym przed maksimum w kierunku równoległym.

Rys. 7.4 pokazuje zmiany oporności w warstwie czwartej modelu geoelektrycznego. W miarę wykształcania się niecki osiadania wartość oporności skał w warstwie czwartej maleje do ok. 180 dnia dla kierunku równoległego a do 240 dnia dla kierunku prostopadłego, następnie zaczyna rosnąć. Prawdopodobnie największe lokalne ekstremum w kierunku prostopadłym wystąpiło zanim zaczęto wykonywać pomiary geoelektryczne. Wskazuje na to wyższa wartość oporności w tym kierunku na początku pomiarów (ok. 130 dni przed dojściem frontu do punktu P1). Widzimy natomiast wyraźne maksimum rzędu 1600 Ωm w kierunku równoległym przypadające na ok. 60 dzień po przejściu frontu pod punktem P1.

9. Interpretacja fizyczna

Wzrost oporności skał może być wywołany rozwieraniem szczelin natomiast spadek zamykaniem szczelin. Ponieważ pole naprężeń ściskających wokół rozwartej szczeliny, zorientowanej w jakimś kierunku, zamyka szczeliny w kierunku do niej prostopadłym można się spodziewać wyraźnych zmian wartości oporności w odpowiednich kierunkach. Powyższe wyniki potwierdzają te zmiany. Rozwieraniu szczelin w jednym kierunku w górotworze, a ich zamykaniu w drugim może towarzyszyć anomalne rozciąganie i ściskanie na powierzchni ziemi, dając w wyniku intensywne ścinanie gruntu (Marcak, Zuberek 1994).

Obniżenia punktu P1 powstające w trakcie wykształcania się niecki osiadania (rys. 5.2) dobrze korelują ze zmianami oporności w poszczególnych warstwach. Pierwsze wyraźne zmiany wartości oporności, na ok. 120 dni przed przejściem frontu ścianowego pod punktem P1,

pojawiają się w warstwie czwartej. W warstwie trzeciej, gdy front jest pod punktem P1, a w warstwie pierwszej 40 dni później. W warstwie drugiej najprawdopodobniej pojawia się woda, o czym świadczą najniższe wartości oporności jak również odmienny charakter tych zmian w czasie.

Związek pomiędzy wartościami oporności w przypowierzchniowych warstwach górotworu w trakcie wykształcania się niecki osiadania a naprężeniami i odkształceniami ośrodka skalnego jest procesem złożonym. Bowiem w niejednorodnym górotworze mamy do czynienia z odkształceniami głównie niesprężystymi, ponadto zachowanie skał zależy od ich struktury, tekstury a także od prędkości zmian działających naprężeń oraz ich rozkładu i wartości. Jednocześnie istotny jest sposób eksploatacji pokładu węgla.

10. Wnioski

Powyższe wyniki pomiarów geoelektrycznych wykonywanych na powierzchni, nad eksploatowanym pokładem węgla pozwalają stwierdzić, że w trakcie wykształcania się niecki osiadania zachodzą wyraźne zmiany oporności, które dobrze korelują z osiadaniami terenu. Szczególne zmiany oporności pojawiają się we wszystkich warstwach profilu. Najwcześniej w warstwie czwartej, najpóźniej w warstwie pierwszej, co odpowiada modelowi niecki osiadania. Zmiany te zachodzą odmiennie na kierunkach równoległym i prostopadłym. Wartości oporności w kierunku równoległym do osi ściany w momencie rozpoczęcia pomiarów we wszystkich warstwach najpierw maleją, po czym szybko rosną. Pojawia się lokalne maksimum. Warstwa druga modelu geoelektrycznego charakteryzuje się najmniejszymi wartościami oporności w porównaniu do pozostałych warstw i nieco innymi zmianami tych wartości w czasie. Mogą one być spowodowane obecnością wody w tej warstwie.

Dalsze badania będą dotyczyły prób powiązania deformacji przypowierzchniowych warstw górotworu ze zmianami jego własności geoelektrycznych.

Literatura

- [1] Kwiatek J. i inni 1998: Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych, Katowice, Wyd. GIG.
- [2] Knothe S. 1953: Wpływ czasu na kształtowanie się niecki osiadania, Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, zeszyt 1, Warszawa.
- [3] Knothe S. 1953: Równanie profilu wykształconej niecki osiadania, Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, zeszyt 1, Warszawa.
- [4] Marczak H, Zuberek W.M. 1994: Geofizyka górnicza, Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice.

Initial results of the surface geoelectrical observation carried out during forming of the subsiding trough over the wall's exploitation

The simplified analysis of the formed of the subsiding trough basis of specific data is presented. There is also shown the time dependence of the displacement of the measurement point, and the initial results of the geoelectrical observation on the surface carried out over the coal bed exploitation.

Przekazano: 15 marca 2001