

Obserwacja oddziaływania wyrobisk na powierzchnię terenu w warunkach kopalń soli

AGNIESZKA MAJ, LUCYNA FLORKOWSKA

Instytut Mechaniki Górotworu PAN; ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków

Streszczenie

Praca służy wyłonieniu zasad, celów i sposobu obserwacji wpływów wyrobisk kopalń soli na powierzchnię terenu, wskazując że obok wyznaczenia obniżen terenu, wyniki tych pomiarów wykorzystywane mogą być pośrednio do określania stanu górotworu w otoczeniu wyrobisk. Na podstawie przeanalizowanego materiału pomiarowego z szeregu polskich kopalń soli, wskazano na różnorodności oddziaływań wyrobisk na górotwór, które można identyfikować poprzez obserwacje osiadań. Poddano systematyzacji warunki i sposób prowadzenia pomiarów. W wykształcających się nieckach osiadań wyróżniono kilka stref obniżen terenu, zależnych od warunków geologiczno-górnictwowych, wskazując na celowość zróżnicowania w tych strefach gęstości punktów pomiarowych. Natomiast częstotliwość obserwacji powinna być powiązana z dokładnością pomiaru. Wynikają z tego warunki zakładania, badania zdolności obserwacyjnych sieci i jej podtrzymywania.

Słowa kluczowe: kopalnia soli, wpływ eksploatacji na powierzchnię terenu, niecka osiadań, zdolność obserwacyjna sieci

1. Wstęp

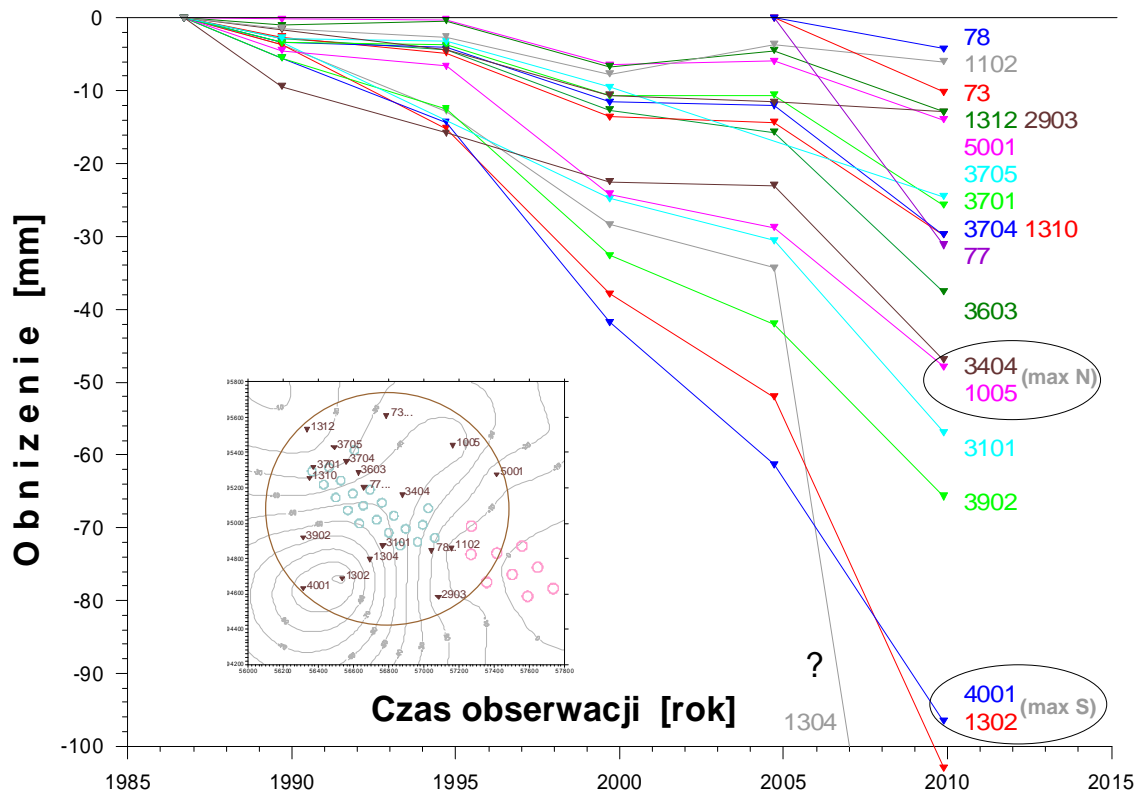
Eksploatacja soli kamiennej w Polsce charakteryzuje się różnorodnością warunków geologiczno-górnictwowych. Sól wydobywana jest ze złóż pokładowych i wysadowych w kopalniach podziemnych i otworowych. Działalność kopalń soli w Polsce skierowana jest nie tylko na wydobycie soli, także pełnią funkcje zabytkowe, sanatoryjne, muzealne, wykorzystywane są też na magazyny paliw, a w przyszłości wyrobiska przeznaczone będą na składowiska odpadów.

W czynnych i zlikwidowanych kopalniach soli niezaciśnięte pustki oddziałują na górotwór. Nad wszystkimi kopalniami soli prowadzone są pomiary przemieszczeń pionowych na powierzchni terenu. Obserwacje te służą obecnie określeniu oddziaływań wyrobisk na tereny górnicze i na tej podstawie określeniu górniczych kategorii terenu. Cechą charakterystyczną osiadań nad kopalniami soli jest długotrwałość procesu, dalekie zasięgi oddziaływań i zróżnicowanie typów wykształcania się rozkładów niecek obniżen [Kortas, 2008]. Cechy te wymuszają zakładanie rozległych sieci obserwacyjnych i prowadzenie systematycznych pomiarów w kilkudziesięcioletnim okresie czasu.

Postępująca degradacja sieci pomiarowych zmniejsza na ogół jej zdolność obserwacyjną [Maj, 2004], utrudniając ocenę faktycznych oddziaływań i tendencji ich zmian. Ujęcie związku ich zdolności obserwacyjnej z celem obserwacji jest nowym problemem poznawczym, którego wstępną charakterystykę przedstawia się w tej pracy. Na podstawie analizy warunków geologiczno-górnictwowych kopalń soli i kształtujących się nad nimi niecek osiadań oraz studium istniejących sieci niwelacyjnych i prowadzonych obserwacji osiadań w pracy przedstawiono charakterystykę różnorodnych oddziaływań wyrobisk solnych na powierzchnię terenu oraz warunki zakładania i utrzymywania sieci obserwacyjnych.

2. Oddziaływanie wyrobisk solnych na powierzchnię

Wyrobiska solne ze względu na niewielkie wykorzystanie zasobów przemysłowych złóż ulegają powolnemu zaciskaniu, przejawiającemu się na powierzchni terenu niewielkimi osiadaniami. Proces osiadania powierzchni zaczyna się po utworzeniu pierwszych pustek w górotworze solnym, a kończy dopiero po całkowitym ich zaciśnięciu, setki lat po zamknięciu kopalni. W fazie eksploatacji złoża prędkość osiadania terenu zwiększa się (rys. 1), co wynika z powiększania się objętości pustych przestrzeni w górotworze

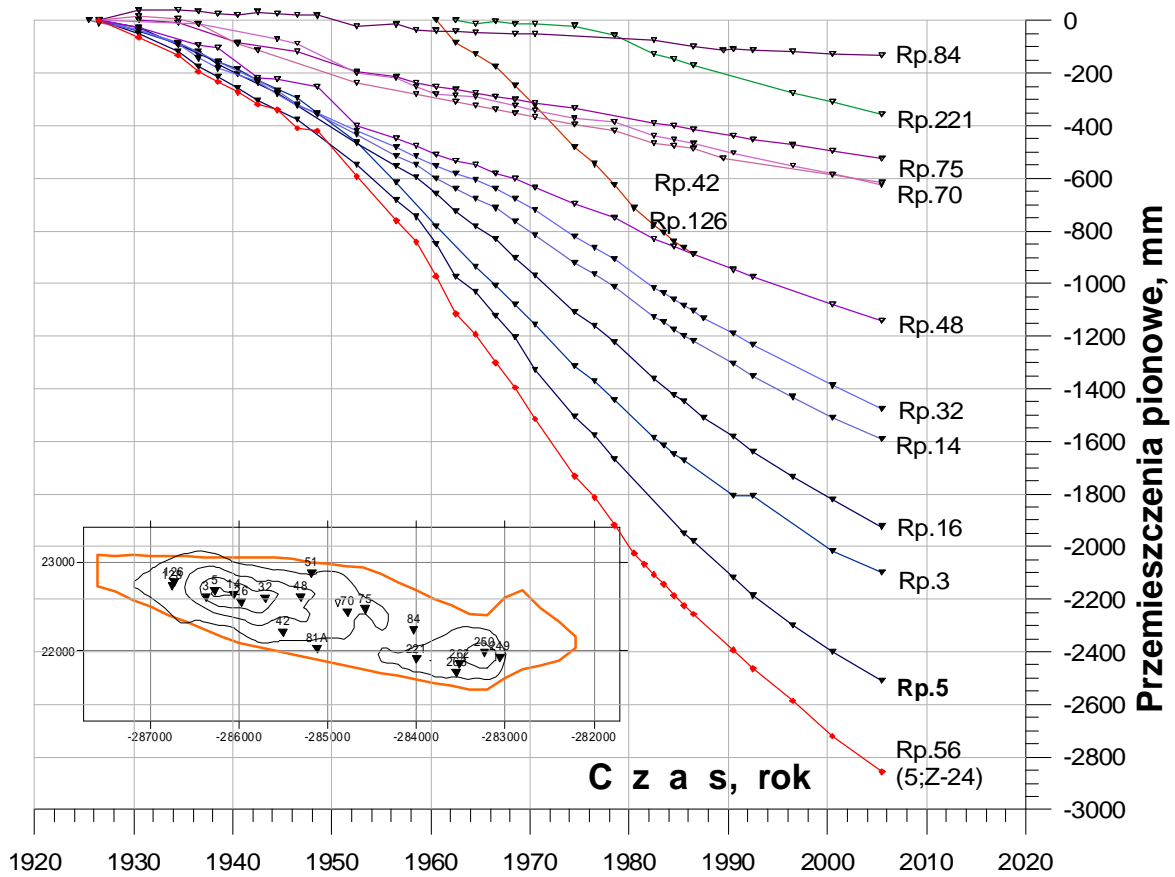


Rys. 1. Osiadanie reperów w fazie eksploatacji kopaliny w Przyjmie (złoże Mogilno) [Określenie..., 2012]

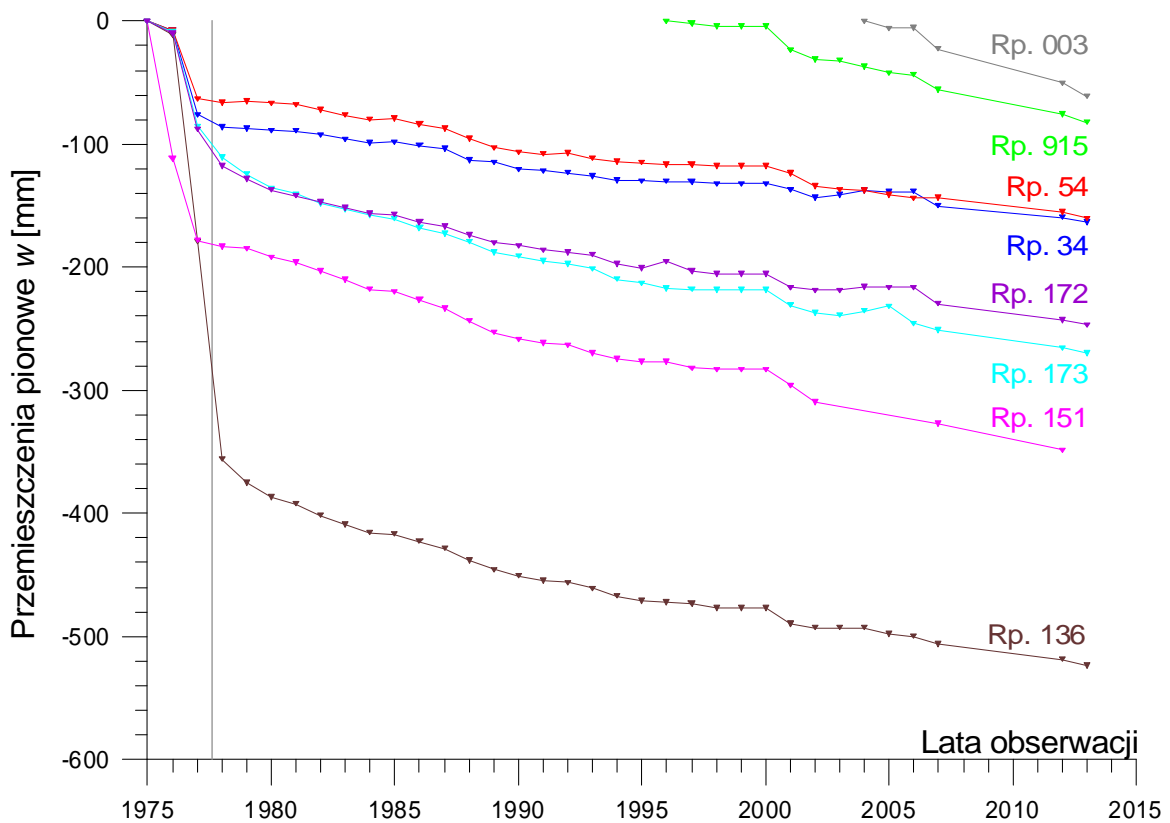
Po zakończeniu wydobywania, w następnej fazie oddziaływań prędkość obniżenia terenu zmniejsza się. Ilustruje to zachowanie się reperów w Wieliczce (rys. 2) i charakterystyczny kształt funkcji przemieszczeń pionowych od czasu. Prowadzona eksploatacja złoża wielickiego w latach 50. i 60. ub. wieku powodowała przyrost objętości wyrobisk i systematyczny wzrost prędkości osiadania powierzchni terenu. Po zakończeniu eksploatacji i intensyfikacji wypełniania wyrobisk zaczęto obserwować spowolnienia tempa osiadania terenu.

Likwidacja wyrobisk solnych, przeprowadzana najczęściej poprzez wypełnienie ich podsadzką lub solanką, jak w Inowrocławiu, spowalnia zaciskanie pustek i osiadanie terenu, ale nie zatrzymuje tych procesów. W Inowrocławiu, po planowym zatopieniu podziemnej kopalni Solno, wraz z likwidacją terenu i obszaru górniczego, zaprzestano po roku 1992 obserwacji osiadania powierzchni. Obserwacje takie prowadzono natomiast w Wapnie po katastrofie wodnej w 1978 r. i zatopieniu podziemnej kopalni soli. Dzięki realizacji programu ochrony byłego terenu górniczego w Wapnie proces obniżania się powierzchni terenu po zatopieniu wyrobisk mógł być przez wiele lat po likwidacji kopalni obserwowany, tworząc podstawę dla oceny zagrożeń (rys. 3).

Czas potrzebny do całkowitego zaciśnięcia wyrobisk kopalni soli i ustania procesów obniżania się powierzchni terenu, uzależniony jest przede wszystkim od głębokości wyrobisk i ich kształtu oraz od właściwości fizycznych górotworu. Konwergencja mierzona w kopalniach soli przyjmuje wartości od -0,1 do -10 %/rok. Szacuje się, że przy takich wartościach konwergencji, wyrobiska tracą 50% swojej objętości po czasie od 50 do 5000 lat. Oddziaływanie na powierzchnię terenu wyrobisk solnych, zwłaszcza położonych na małej głębokości, odznaczających się niewielką konwergencją, może trwać nawet tysiące lat, co jest istotne na przykład przy wykorzystaniu wyrobisk solnych na składowiska odpadów.



Rys. 2. Osiadanie reperów w Wieliczce [Kategorie..., 2006]

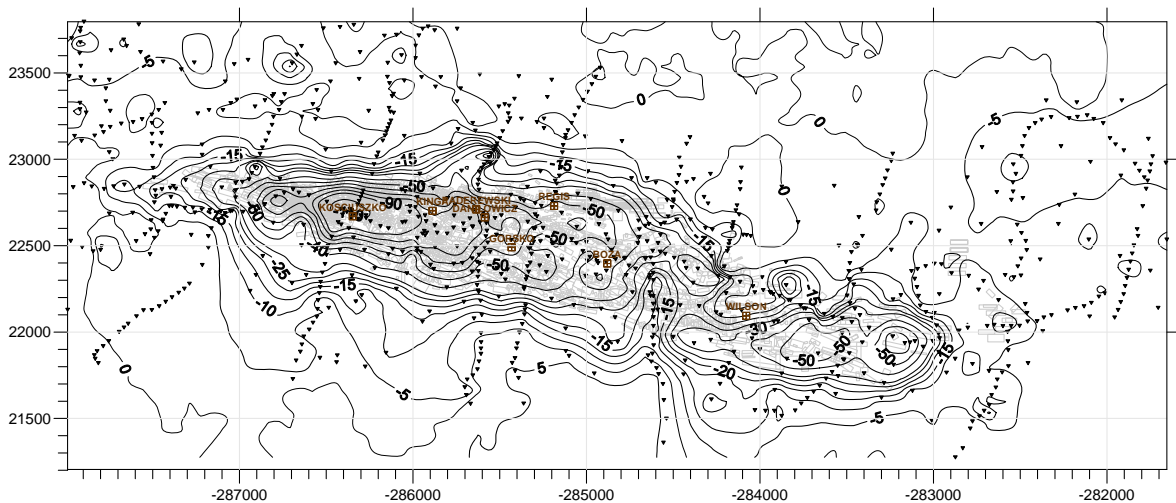


Rys. 3. Osiadanie reperów w Wapnie po zatopieniu wyrobisk (kopalnia zlikwidowana) [Dokumentacja..., 2013]

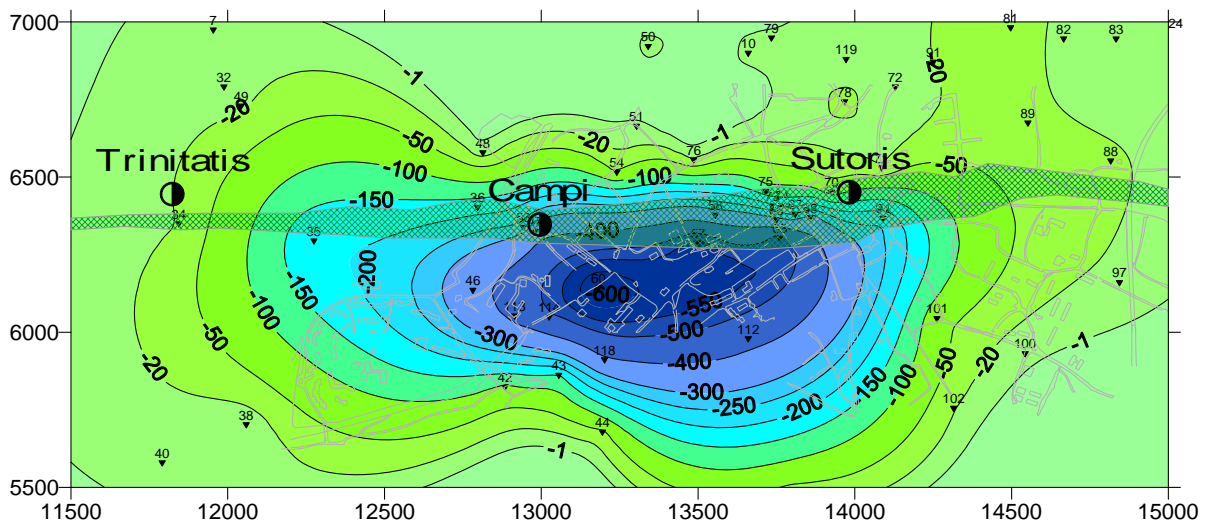
Rozkład obniżeń terenu nad wyrobiskami solnymi zależy od wielu czynników, z których najbardziej istotnym jest forma pola eksploatacyjnego. Na formę pola eksploatacyjnego składają się: jego kształt, relacje pomiędzy wymiarami, nachylenie, rozmieszczenie wyrobisk wewnątrz pola, usytuowanie ciał wewnętrznych względem pustek, grubość nadkładu. Inne istotne czynniki to: pozostawianie złoże między poszczególnymi polami eksploatacyjnymi, kolejność wybierania złoże, a także rozwój stref, w których przekroczona została wytrzymałość skał.

Złoże soli w Polsce eksploatowane są w kopalniach podziemnych i otworowych. Wyrobiska kopalń podziemnych tworzą strukturę komorowo-filarową, w której dominującym jest jeden z wymiarów poziomych. W czynnych obecnie kopalniach otworowych wyrobiska to cylindryczne kawerny o wysokościach przekraczających nawet 1000 m. Tutaj dominujący jest wymiar pionowy. W kopalniach podziemnych z reguły najpierw powstają wyrobiska pod półką stropową, następnie zakładane są niższe poziomy. W kopalniach otworowych natomiast eksploatacja rozpoczyna się od sągu do stropu złoże.

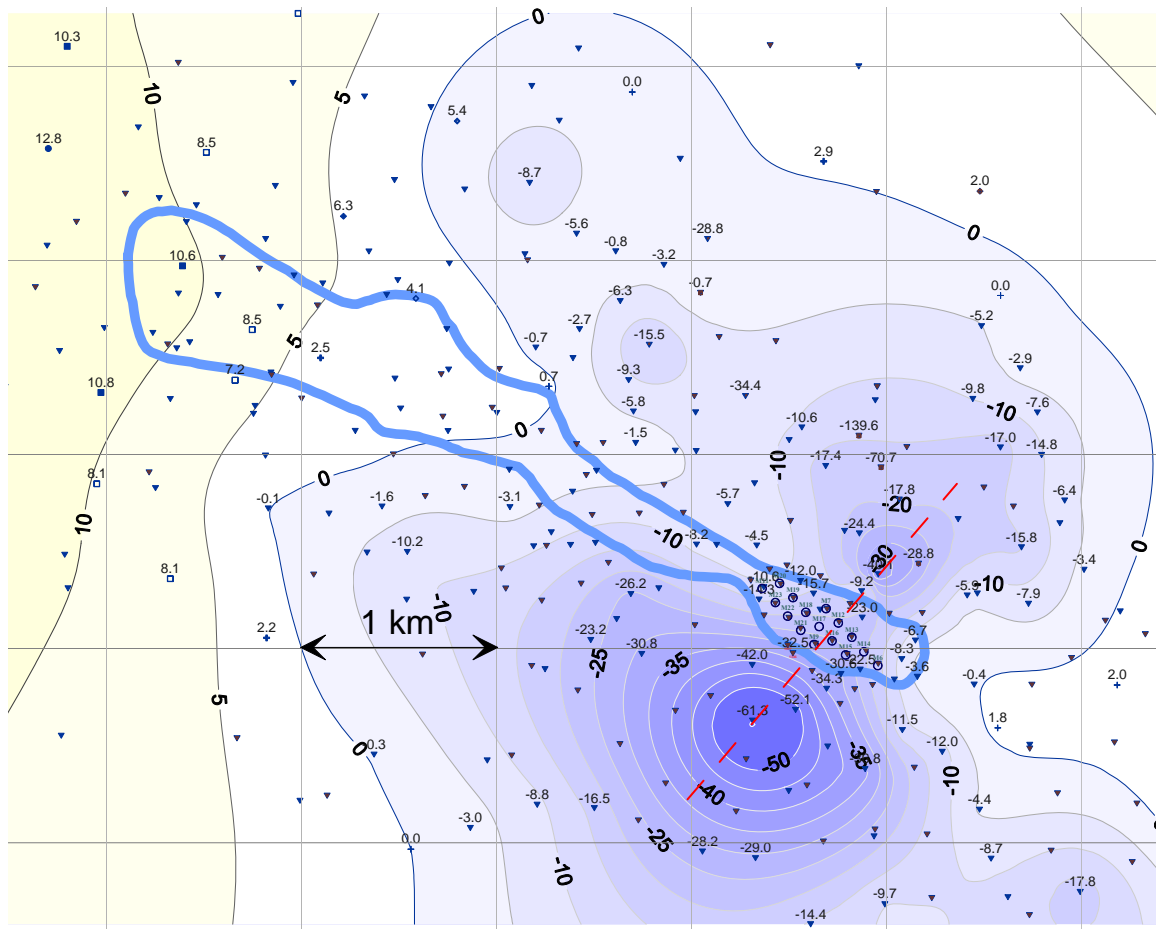
Obserwowane nad kopalniami soli niecki osiadań różnią się między sobą zasięgiem czy położeniem terenu maksymalnych obniżeń. Centrum niecki może znajdować się nad wyrobiskami (Wieliczka – rys. 4, Wapno, Inowrocław) lub być przesunięte poza rzut wyrobisk na powierzchnię terenu, gdy pionowa granica pola eksploatacyjnego jest nachylona, jak na przykład w Bochni (rys. 5) lub w Kłodawie. W przypadku struktur o dominującym wymiarze pionowym pojawić się mogą niecki osobliwe [Kortas, 2008], z dwoma centami lub pierścieniem obniżeń wokół struktury kopalni (Mogilno – rys. 6, Góra).



Rys. 4. Niecki osiadań w Wieliczce (2000–2005) [Kategorie..., 2006]



Rys. 5. Niecki osiadań w Bochni (1972–2003) [Kortas, 2004]



Rys. 6. Niecka osiadań w Przysimie (1986–2004) [Kortas, 2008]

Inną cechą rozkładów osiadań jest występowanie kilku centrów. Wielocentryczność niecek może wynikać z rozmieszczenia odrębnych pól eksploatacyjnych w różnym czasie, jak w Wieliczce (rys. 4), może być też spowodowana formą złoża i kopalni, jak w Mogilnie (rys. 6).

3. Sieci obserwacyjne nad kopalniami soli

Prawo nakłada na zakłady górnicze obowiązek kontroli i prognozowania deformacji eksploatacyjnych powierzchni terenu, pośrednio także w górotworze, a co się z tym wiąże wykonywania odpowiednich pomiarów (kontrola) i interpretacji ich wyników (prognozowanie). Z tego względu sieci niwelacyjne, zakładane na terenach górniczych kopalń soli, jak i same pomiary powinny spełniać pewne warunki, aby wywiązanie się z powyższego obowiązku było możliwe.

Sieć, obejmująca obszar oddziaływań przyszłych wyrobisk, powinna być obserwowana przed rozpoczęciem robót górniczych. Ze względu na długotrwałość oddziaływań wyrobisk solnych istotne jest utrzymanie ciągłości pomiarów na całym obszarze wpływów kopalni. Najcenniejsze są wielokrotne obserwacje poszczególnych znaków, szczególnie od założenia sieci niwelacyjnej. Im większa krotność obserwacji tych samych punktów pomiarowych tym lepiej można opisać zjawiska zachodzące na powierzchni pod wpływem działalności górniczej Kopalni. Długotrwałość reperu zapewniona jest przez prawidłowe założenie znaku, dobrą identyfikację położenia, ochronę przed zniszczeniem lub zagubieniem znaku, co warunkują częste przeglądy sieci. Liczba reperów i ich rozmieszczenie powinna być dostosowana do przewidywanego typu niecki, czyli zapewniać możliwość wyznaczenia jej granic.

Zasięgu oddziaływania wyrobisk solnych spodziewać się można w przybliżeniu w odległości odpowiadającej dwukrotnej głębokości ($2H$) najniżej położonych wyrobisk [Kortas, 2008]. Obszar oddziaływań poziomo położonych struktur kopalń soli można podzielić na kilka stref ze względu na rodzaj i intensywność obserwowanych na powierzchni terenu przemieszczeń.

W strefie I, znajdującej się nad wyrobiskami i w niewielkiej odległości od ich pionowego rzutu na powierzchnię, przemieszczenia obserwowane są na ogół po rozpoczęciu eksploatacji. W przypadku kopalń podziemnych w obrębie I strefy występują maksymalne obniżenia terenu. Nad niektórymi kopalniami otworowymi, w związku z ich pionową smukłością mogą pojawiać się nawet wypiętrzenia (kopalnia Góra), które z czasem mogą przechodzić w osiadania, jak nad kopalnią Mogilno, gdzie nie są to jednak osiadania maksymalne. Zwykle w tej strefie I repery stabilizowane są najgęściej, chociaż nie jest to dostatecznie uzasadnione.

Strefa II znajduje się na zewnątrz strefy I i obejmuje na ogół obszar do ok. $1H$ (max gł. wyrobisk) od centrum wyrobisk. W tej strefie występuje duże zróżnicowanie prędkości przemieszczeń pionowych a nachylenia wykształcających się zboczy niecki są największe. W przypadku kopalń otworowych o znacznej smukłości pionowej w II strefie obserwowane są maksymalne osiadania. Sposób wyznaczenia zboczy niecki osiadań w strefie II ma znaczący wpływ na szacowanie jej objętości, z tego względu zakładane tu znaki pomiarowe powinny być odpowiednio rozmieszczone i chronione.

Strefa III jest obszarem zaniku oddziaływania wyrobisk kopalnianych. Zbocza niecki wypłaszczają się i w odległości przekraczającej $2H$ metodami geodezyjnymi praktycznie nie obserwuje się wpływów eksploatacyjnych. Funkcją reperów stabilizowanych w tej strefie jest wyznaczenie granicy oddziaływań górniczych. Znaki obserwacyjne mogą być stabilizowane rzadko. Na zewnątrz strefy III zakłada się wiekowe punkty stałe, do których sieć obserwacyjna powinna być dowiązywana.

Spełnienie wyżej wymienionych warunków prowadzi do osiągnięcia celu obserwacji powierzchni nad wyrobiskami.

Sieci zakładane nad polskimi kopalniami soli są bardzo zróżnicowane. Repery stabilizowane są zwykle już po rozpoczęciu eksploatacji, nie uwzględniają więc całego okresu osiadania powierzchni terenu. Wyjątkiem mogą być obserwacje na wysadach solnych Damasławek, Lubień Kujawski lub Łanięta, gdzie w ramach projektu badawczego w roku 2007 założono i pomierzono wysokości znaków dla badań ruchu wysadowego [Maj, 2008], przed rozpoczęciem przyszłej działalności górniczej w tych złożach.

W praktyce, w pierwszej fazie działalności górniczej, repery stabilizowane są na obszarze górniczym, gęściej na terenie samego zakładu przemysłowego, i zwykle nie obejmują one faktycznego obszaru oddziaływań. Później sieci są uzupełniane, obejmując zasięgiem rejony coraz bardziej odległe od centrum eksploatacji, są również dogęszczane i uzupełniane. Często zdarza się, że są one dowiązywane do punktów zlokalizowanych w obszarze wpływów kopalni lub poddanych znaczącym niegórnym wpływom. Jeżeli nie zostały założone punkty wiekowe sieci, podczas poszczególnych pomiarów, dowiązywane są do różnych zestawów punktów wybranych uznaniowo jako punkty stałe, przez poszczególnych wykonawców pomiarów.

Podstawowe mankamenty prowadzenia obserwacji to: brak jasno zdefiniowanego celu obserwacji, postępująca w czasie degradacja sieci niwelacyjnej, niewłaściwie rozmieszczone repery i źle dobrane punkty dowiązania, brak oceny dokładności określenia obniżeń, a także niepotrzebnie wysokie koszty obserwacji. Należy podkreślić, że identyfikacja szkodliwych oddziaływań kopalni jest bezpośrednim, lecz nie jedynym celem obserwacji geodezyjnych. Pośrednio wyniki pomiarów geodezyjnych powinny służyć także kontroli i prognozowaniu stanu górotworu, ocenie kształtowania się zagrożeń górniczych oraz geomechanicznemu prognozowaniu stanu górotworu na drodze modelowań geomechanicznych, poprzez badanie zasięgu i rozkładu oddziaływań, badanie związku wydobywania i konwergencji z przyrostami obniżeń w czasie, czy weryfikację parametrów modeli fizycznych. Osiągnięcie powyższych celów jest niezbędne do bezpiecznego prowadzenia eksploatacji, a po jej zakończeniu do eliminacji zagrożeń wynikających z likwidacji zakładu górniczego i długotrwałego oddziaływania zlikwidowanych wyrobisk.

Ze względów bezpieczeństwa sieci niwelacyjne i sposób prowadzenia pomiarów nad kopalniami soli tym bardziej powinny podlegać ocenie.

4. Wnioski

Cechą polskiego górnictwa solnego jest różnorodność warunków geologiczno-górnicznych kopalń soli. Oddziaływania kopalń soli przejawiają się na powierzchni powstawaniem nietypowych niecek obniżeń, kształtujących się w bardzo długim okresie. Nie można więc do całego górnictwa solnego stosować powszechnie znanych teorii wpływów kopalń na górotwór i powierzchnię terenu. Główną tego przyczyną są: odmienna od tradycyjnego górnictwa forma złoża (wysad solny) oraz dominujący pionowy wymiar struktury kopalni, pionowy kierunek frontu eksploatacji, wpływ ciśnień technologicznych w wyrobiskach otworowych oraz tylko lokalne tworzenie się strefy obwałów.

Różnorodność warunków geologiczno-górnictwowych powoduje, że obserwowanych jest kilka typów niecek osiadań, charakteryzujących się odchyleniem stref wpływów i lokalizacją centrów obniżeń. Rozkład wyrobisk w górotworze powodować może powstawanie jednego lub kilku centrów niecek obniżeniowych, nad lub poza obszarem wyrobisk górnictwowych. W pewnych warunkach nad wyrobiskami pojawiają się także wypiętrzenia.

Nad wszystkimi kopalniami prowadzone są wieloletnie pomiary obniżeń terenu. Wyniki pomiarów obniżeń informują o wielkoobszarowych wpływach wyrobisk, rozkładzie osiadań i wartości obniżeń w czasie, pośrednio o – na ogół nieistotnym – wpływie na zabudowę, a poprzez określenie objętości niecki – o odkształceniach objętościowych w górotworze. Służą także weryfikacji modeli ruchu górotworu i określeniu warunków geomechanicznych w górotworze, niezbędnych do oceny zagrożeń.

Z tego względu na nowo powinien być zdefiniowany cel obserwacji obniżeń na terenach górnictwowych i sposób jego osiągnięcia.

Praca została wykonana w roku 2013 w ramach prac statutowych realizowanych w IMG PAN w Krakowie, finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

- Dokumentacja geologiczna określająca stopień zagrożenia terenu pogórnictwowej kopalni soli w Wapnie w zakresie określenia jego przydatności do zagospodarowania i rewitalizacji*, Rasała M. z zespołem, Hydro-Nafta Sp. z o.o. i Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Piła, listopad 2013.
- Kategorie terenu pogórnictwowej w Wieliczce. Aktualizacja prognozy wpływów poeksploatacyjnych od kopalni podziemnej Wieliczka na powierzchnię*, Kortas G., Maj A., GeoConsulting s.c., Kraków, grudzień 2006 r.
- Kortas G. (red.), 2004. *Ruch górotworu i powierzchni w otoczeniu zabytkowych kopalń soli*, Wydawnictwo Inst. Gosp. Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.
- Kortas G. (red.), 2008. *Ruch górotworu w rejonie wysadów solnych*, Wydawnictwo Inst. Gosp. Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.
- Maj A., 2004. *Obserwacja osiadań powierzchni nad wyrobiskami w wysadzie solnym na przykładzie kopalni Kłodawa*, Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, nr 9(121).
- Maj A., 2008. *Założenie i pomiar wysokości reperów nad nieeksploatowanymi wysadami solnymi*, [w:] Kortas G. (red.) *Ruch górotworu w rejonie wysadów solnych*, Wydawnictwo Inst. Gosp. Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.
- Określenie optymalnych lokalizacji oraz geometrii komór eksploatacyjnych w południowo-wschodniej części złoża „Mogilno I”*, Kortas G. i zespół, GeoConsulting, Kraków, marzec 2012.

The observations of mine workings influence on land surface above salt mines

Abstract

This study concerns identification of the principles, objectives, and methods of observation of the influence of salt mine workings on the land surfaces, indicating that in addition to the determination of land subsidence inspections, the measurement results can be used directly to determine the rock mass condition around the workings. Based on the analysed measurement data originating from several Polish salt mines, the diversity of rock mass effects caused by workings were specified. They can be identified by subsidence observations. The measurement conditions and methods were also categorized. Several types subsidence zones were distinguished in developing troughs, depending on the geological and mining conditions, with specification of the justification of diverse density of measurement station placement. However, the frequency of observations should be associated with the accuracy of measurements. Those conclusions contribute to the assumptions for the network placement, network observation capacity examination, and network maintenance.

Keywords: salt mine, influence of underground salt extraction on land surface, subsidence trough, network's observation capacity