

ZACISKANIE KONTURU TYPOWEJ KOMORY PROSTOPADŁOŚCIENNEJ W KOPALNI SOLI KŁODAWA

Area convergence of typical salt chamber
in the Kłodawa Salt Mine

Jolanta MARCOLA-SADOWSKA¹, Józef BIENIASZ²
& Waldemar WOJNAR²

¹*Kopalnia Soli Kłodawa SA; 62-650 Kłodawa, al. 1000-lecia 2;
e-mail: jmarcola@sol-klodawa.com.pl*

²*OBR Chemkop Kraków; 31-261 Kraków, ul. Wybickiego 7;
e-mail: j.bieniasz@chello.pl, wwój@chemkop.pl*

Treść: OBR Chemkop Kraków od ponad 30 lat prowadzi specjalistyczne pomiary konwergencji wyrobisk w polskich kopalniach soli. W 1998 roku w jednej z typowych komór prostopadłościennych w Kopalni Soli w Kłodawie, na głębokości 630 m, zainstalowano układ znaków pomiarowych pozwalający obserwować zaciskanie jej pionowego przekroju poprzecznego. W ciągu 11 lat wykonano kilkanaście cykli obserwacyjnych 15 baz pionowych, poziomych i ukośnych w przekroju komory. Część znaków zaniwelowano w lokalnym układzie odniesienia. Stwierdzono narastające skracanie baz konwergencyjnych o sumarycznych wielkościach od 68 do 107 mm w ciągu 11 lat. Pomiary niwelacyjne wykazały wypiętrzanie spągu komory wynoszące ok. 35 mm. Pozwoliło to obliczyć obniżenie stropu komory o wartości ok. 72 mm w jej środku i od 40 do 50 mm w 1/4 jej szerokości w omawianym okresie. Pomierzone liniowe wartości konwergencji baz przeliczono na ubytek pola powierzchni wynoszący ok. 2 m² w stosunku do 180 m² początkowego pola przekroju. Pozwoliło to ustalić względną szybkość zaciskania poprzecznego konturu komory na około 1 promil rocznie.

Słowa kluczowe: eksploatacja soli, deformacje poeksploatacyjne, konwergencja wyrobisk, niwelacja

Abstract: For over 30 years Chemkop has researched convergence survey in polish salt mines. In 1998 in one of typical salt chamber in Kłodawa installed unique measuring points system for convergence observation of vertical cross-section on 630 m depth. For 11 years measured multiple horizontal, vertical and oblique bases and levelled bench-marks. This measurementns allowed determine relative velocity of area convergence about 1 per mille annually.

Key words: salt exploitation, post-extraction deformation, convergence, levelling

WSTĘP

Głównym źródłem zagrożeń pochodzących od eksploatacji wysadowych złóż soli są pozostawione w nich pustki poeksploatacyjne, ulegające procesowi powolnego, wielowiekowego zaciskania. Ich obecność w górotworze prowadzi do deformacji calizn nośnych struktury komorowo-filarowej i propagacji skutków tych zjawisk aż do powierzchni terenu nad kopalnią. Jednym z instrumentów kontroli zjawisk deformacyjnych są miernicze pomiary konwergencji wyrobisk, czyli efektu naturalnego zaciskania pustek poeksploatacyjnych przez otaczający górotwór. W klasycznym ujęciu są to cykliczne (powtarzalne) pomiary długościowe pozwalające na liniowe uchwycenie zaciskania wyrobiska w określonych kierunkach, np. strop-spąg, ocios-ocios.

Od kilkudziesięciu lat OBR Chemkop Kraków specjalizuje się w tego rodzaju pomiarach w polskich kopalniach soli, a w KS Kłodawa prowadzi je od 31 lat. Stosowane są autorskie rozwiązania pomiarowe uwzględniające nietypowe, duże gabaryty komór solnych i specyficzną naturę zjawisk deformacyjnych w górotworze solnym.

W styczniu 1998 roku, testując przydatność dalmierza laserowego do pomiarów konwergencji w KS Kłodawa, zastabilizowano w wybranej losowo komorze prostopadłościennej układ kilkunastu znaków bazowych, pozwalający na pomiar zaciskania całego konturu komory w jej pionowym przekroju poprzecznym.

W kolejnych latach wykonano pomiary pozwalające na śledzenie zmienności tego zjawiska w funkcji czasu. Wykorzystano także bliskość położenia stacji pomiaru konwergencji chodnikowej. Przyjęto jeden z jej znaków za swego rodzaju „głębinowy” reper odniesienia i na drodze niwelacyjnej, w lokalnym układzie wysokościowym, określono udział składowych obniżenia stropu i wypiętrzenia spągu w pionowym zaciskaniu przekroju komory.

W pracy przeanalizowano wyniki 11-letnich pomiarów konwergencyjnych i niwelacyjnych, dokumentujących deformacje poeksploatacyjne typowego elementu struktury komorowo-filarowej pola nr 2. Odniesiono je do lokalnych warunków geometryczno-górnictwowych eksploatacji i jej czasowego rozwoju w tym rejonie. Specyficzne rozmieszczenie wielu znaków pomiarowych na konturze przekroju poprzecznego komory i odpowiadający mu układ baz; pionowych, poziomych i ukośnych, pozwoliły na uchwycenie zmniejszenia pola przekroju poprzecznego komory prostopadłościennej w okresie niemal 11 lat.

Przedstawione analizy pomiarów potwierdzają długookresowy, wielowiekowy charakter zaciskania pustek poeksploatacyjnych w wysadowych złożach soli. Te spostrzeżenia, potwierdzone wynikami kolejnych pomiarów, mogą być cenną wskazówką dla wszelkich prac prognostycznych dotyczących oddziaływania pustek poeksploatacyjnych na górotwór i powierzchnię terenu. Ich znajomość wydaje się także niezbędna przy pracach zmierzających do gospodarczego wykorzystania wielkich objętości pustek powstałych w trakcie eksploatacji złoża.

CHARAKTERYSTYKA WYBRANEJ KOMORY PROSTOPADŁOŚCIENNEJ NA TLE EKSPLOATACJI W POLU NR 2

Komora ks1b/630 (Fig. 1) będąca przedmiotem prezentowanych pomiarów jest położona w peryferyjnej S-E części pola eksploatacji nr 2. W polu tym eksploatuje się sól białą klasycznym systemem komorowo-filarowym. Pod względem objętości pustek pole nr 2 jest największym rejonem eksploatacji w wysadzie kłodawskim, a jego dolne poziomy są nadal wybierane. Lokalizację komory w przestrzeni pola nr 2 pokazuje szczegółowo rysunek (Fig. 2). W pionowym przekroju strefy eksploatacji w tym polu komora położona jest ok. 130 m poniżej stropu eksploatacji (głębokość 500 m p.p.t.) i ok. 60 m powyżej obecnego spągu eksploatacji w tym rejonie (głębokość 690 m p.p.t.). Podane na rysunku (Fig. 2) wymiary geometryczne komory są typowe dla tego poziomu eksploatacji, a jej długość wynosząca ok. 75 m wynika z lokalnej szerokości pasma soli białej w złożu. Długości komór prostopadłościennych na poziomie 630 w polu nr 2 zawierają się w przedziale od 30 do 174 metrów. Typową komorę prostopadłościenną z kopalni kłodawskiej pokazano na figurze 1.

Pakiet poziomów eksploatacyjnych na głębokościach od 500 do 600 m p.p.t. leżący ponad komorą ks1b/630 został wyeksploatowany w latach 1978–1988. Sama komora została wybrana pomiędzy kwietniem i wrześniem 1993 roku. Natomiast w latach 1994–2004 eksploatowano komory dwóch poziomów w strefie złoża poniżej komory ks1b/630.



Fig. 1. Typowa komora prostopadłościenna w KS Kłodawa (fot. J. Marcola-Sadowska)

Fig. 1. Typical salt chamber in Kłodawa Salt Mine (fot. J. Marcola-Sadowska)

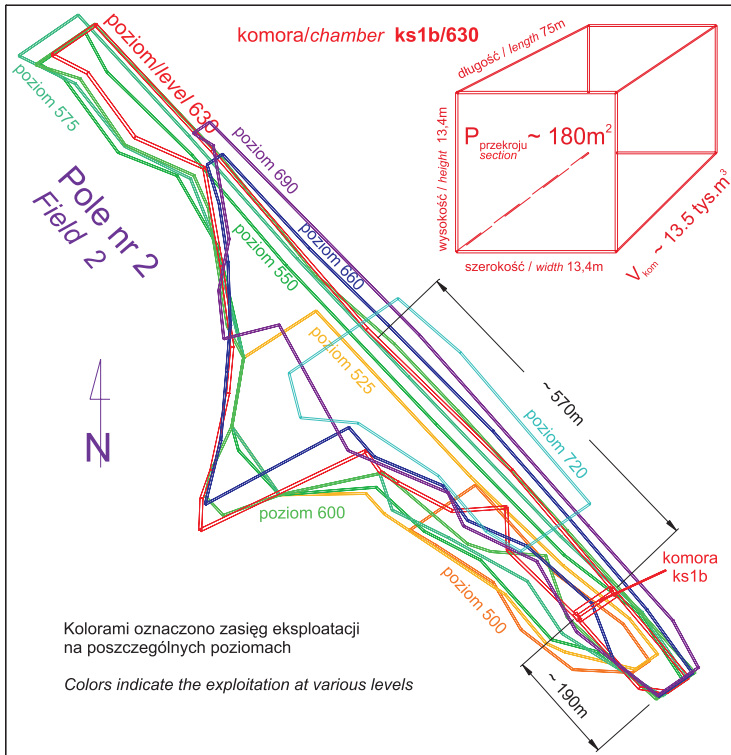


Fig. 2. Wymiary i lokalizacja komory ks1b w polu eksploatacji nr 2

Fig. 2. Salt chamber's ks1b overall dimensions and location in mining area

SYSTEM POWIĄZANYCH OBSERWACJI KONWERCYJNYCH I NIWELACYJNYCH DLA OKREŚLENIA PARAMETRÓW ZACISKANIA KOMORY

Na początku 1998 r. rozpoczęto w komorze ks1b/630 testowanie nowej, autorskiej metody pomiaru konwergencji z użyciem dalmierza laserowego DISTO (Bieniasz *et al.* 2003). Zastabilizowano rozbudowany układ baz pomiarowych w pionowym przekroju poprzecznym komory w rejonie połowy jej długości. Zamocowano w caliznach konturu komory 10 specjalnych znaków, w tym pięć reperów mosiężnych, tworzących układ 15 baz pomiarowych; pionowych, poziomych i ukośnych, pokazanych na rysunku (Fig. 3). Dla porównania, we wcześniejszych typowych rozwiązaniach pomiarowych stosowano zwykle jedynie dwie lub trzy bazy w komorze. W czasie minionych 11 lat wykonano 13 cykli pomiaru konwergencji w komorze ks1b/630, co daje średni interwał pomiarowy bliski rocznemu. Dla określenia rzędnych wysokościowych znaków w komorze w stosunku do lokalnego reperu nawiązania stanowiącego element chodnikowej stacji pomiaru konwergencji wykonano cztery pomiary niwelacji technicznej.

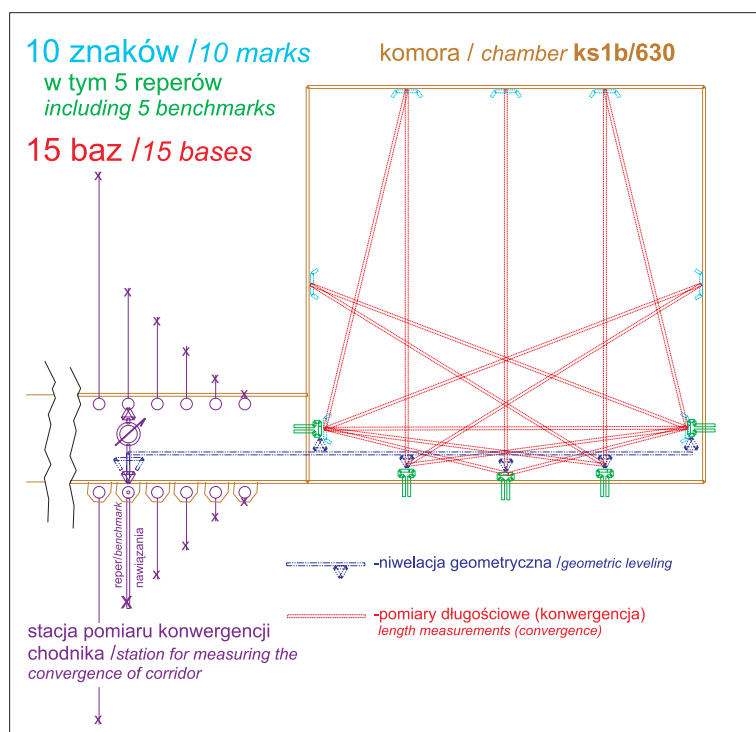


Fig. 3. Schemat układu znaków i baz dla pomiaru konwergencji i niwelacji

Fig. 3. Scheme of linear measuring net with levelling bench-mark

Nominalna dokładność pomiaru długości baz konwergencyjnych dalmierzem DISTO wynosi ok. 2–3 mm, natomiast tzw. dokładność wewnętrzna wynikająca z powtarzalności pomiaru nie przekracza 2 mm, co zostało potwierdzone zarówno w czasie okresowych komparacji dalmierza, jak też w wieloletnim doświadczeniu jego stosowania. Są to wartości całkowicie zadowalające od strony wymagań dokładnościowych, jako że szybkość konwergencji liniowej typowej komory na tej głębokości wynosi od 6 do 10 mm/rok (Wojnar & Bieniasz 2008), czyli dla rocznego interwału obserwacyjnego jest kilkakrotnie większa od praktycznej dokładności pomiaru.

Pomiary niwelacyjne polegające na określeniu wysokości znaków spągowych i ociosowych (dolnych) w komorze w stosunku do reperu „głębinowego” wykonano metodą niwelacji technicznej mierząc krótki ciąg o długości ok. 100 m. Wspomniany reper nawiązania jest jednym ze znaków bazowych tworzących tzw. stację pomiaru konwergencji wyrobisk chodnikowych (Fig. 3). Wykorzystany do nawiązania reper jest spągowym znakiem konwergencyjnej bazy pionowej zastabilizowanej ok. 4 metry w głębi calizny stropu i spągu, służącej wcześniej do badania ruchu górotworu zaciskającego przekrój chodnika. Zbieżność tej bazy była obserwowana od końca lat 80. ubiegłego wieku przy pomocy konwergometru suwmiarkowego konstrukcji OBR Chemkop o dokładności odczytu 0.1 mm i dokładności pomiaru poniżej 0.5 mm.

Pomiary zaciskania pionowego bazy chodnikowej wykorzystanej do lokalnego nawiązania niwelacyjnego wykonano w latach 1997–2008 sześciokrotnie, uzyskując interwałowe szybkości ruchu w przedziale od 2.7 do 3.9 mm/rok. Wyliczona średnia szybkość zbieżności znaków spągowego i stropowego wynosi 3.4 mm/rok. Przyjęto założenie, że na rejestrowaną konwergencję pionową bazy w równej mierze składają się obniżanie znaku stropowego i wypiętrzanie znaku spągowego. Można zatem stwierdzić, że roczny ruch pionowy znaku spągowego, do którego nawiązywane są pomiary niwelacyjne, wynosił ok. +1.7 mm (wypiętrzanie), i był stosunkowo stabilny w ostatnich kilkunastu latach.

WYNIKI OBSERWACJI ZACISKANIA KONTURU KOMORY

Określenie zaciskania konturu komory jest pochodną konwergencji liniowej zarejestrowanej przez przedstawiony wcześniej układ baz zainstalowanych w przekroju poprzecznym wyrobiska. Dla pokazania zmienności zaciskania poszczególnych baz opracowano zestaw wykresów ich przemieszczeń w funkcji czasu w całym 11-letnim okresie obserwacji (Fig. 4).

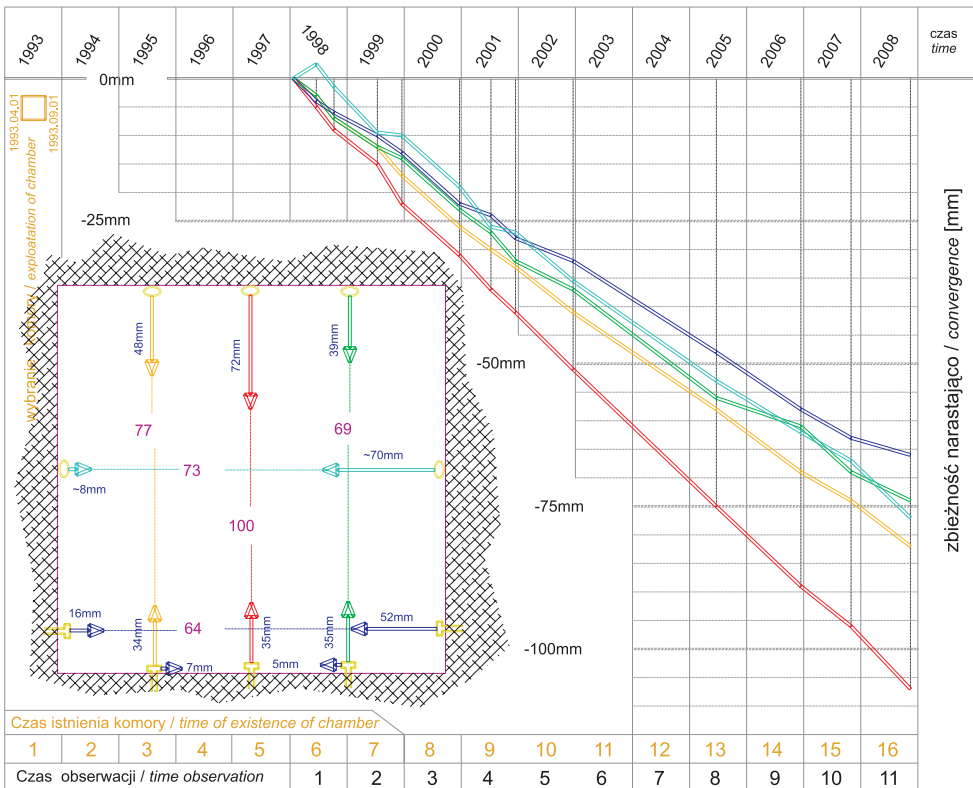


Fig. 4. Wyniki pomiarów zaciskania konturu komory

Fig. 4. Effects of salt chamber convergence survey

Największe sumaryczne zaciskanie pionowe wykazuje baza centralna – wynosi ono 107 mm w okresie 11 lat, co daje szybkość konwergencji nieco poniżej -10 mm/rok. Bazy pionowe boczne i bazy poziome wykazują zaciskanie, którego wartość wynosi od 64% do 77% zbieżności zanotowanej w środku komory, co pokazano na schemacie przekroju wyrobiska obok wykresów. Stosunkowo gęste rozmieszczenie znaków na konturze przekroju pozwoliło na wyznaczenie konwergencji powierzchniowej, czyli ubytku powierzchni przekroju w funkcji czasu.

Na rysunku (Fig. 5) pokazano schematyczny kontur przekroju poprzecznego komory ks1b/630, którego pole powierzchni przekroju wynosiło w początkach 1998 roku ok. 182.2 m². Po niemal 11 latach od rozpoczęcia obserwacji stwierdzono jego zmniejszenie do ok. 180.2 m², czyli o 2 m², jako efekt naturalnego zaciskania pustki przez górotwór. Graficzny obraz zmniejszenia konturu na rysunku (Fig. 5) został dziesięciokrotnie przejaskrawiony. W wartościach względnych stanowi to 1% ubytku pola powierzchni przekroju w okresie niespełna 11 lat. Zatem średnia roczna szybkość zaciskania powierzchni przekroju wynosi ok. 1 promil. Oznacza to, że przy zachowaniu obecnej szybkości zaciskania pustki i braku ingerencji w przebieg naturalnych procesów deformacyjnych, komora uległaby samozaciśnięciu w czasie ponad tysiąca lat.

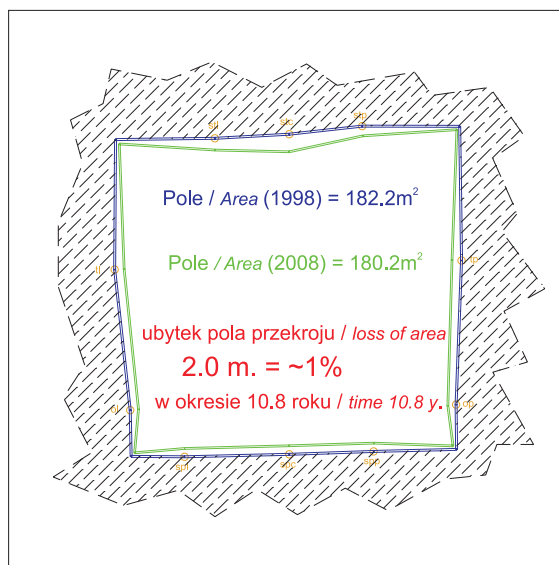


Fig. 5. Ubytek pola powierzchni przekroju komory

Fig. 5. Areal convergence in salt chamber vertical cross-section

Wyznaczona wcześniej wielkość ruchu własnego reperu nawiązania pozwala skorygować wyniki lokalnych pomiarów niwelacyjnych w komorze. Umożliwia także wydzielenie z pomierzonej konwergencji baz pionowych w komorze dwóch składowych odpowiadających wypiętrzaniu spągu i obniżaniu stropu komory. Według wyników pomiarów niwelacyjnych z ostatnich 11 lat, trzy znaki spągowe w komorze wykazały niemal jednakowe

wypiętrzenie wynoszące +51 lub +52 mm. Uwzględniając stwierdzony wcześniej ruch reperu nawiązania, można wnioskować, że ich rzeczywiste wypiętrzenie wynosi w tym okresie +34 lub +35 mm (Fig. 4). Niemal identyczne wypiętrzanie spągu na całej szerokości przekroju komory kontrastuje z obrazem obniżen stropu wyrobiska. Widoczny jest tu zdecydowanie szybszy ruch środka stropu przekroju komory wynoszący 72 mm na 11 lat, podczas gdy obniżenia znaków bocznych wynoszą od 54 do 67% tej wartości.

Oszacowana powyżej wartość średniej szybkości zaciskania przekroju typowej komory prostopadłościennej i podanie zależności pomiędzy pionowymi i poziomymi składowymi ruchu zaciskającego kontur wyrobiska, były możliwe dzięki unikalnemu układowi znaków pomiarowych i połączeniu możliwości niwelacyjnych i konwergencyjnych technik pomiarowych. Kilkanaście lat prowadzenia specjalistycznych pomiarów potwierdziło długookresowy, wielowiekowy horyzont zaciskania pustek poeksploatacyjnych w górotworze solnym.

LITERATURA

- Bieniasz J., Ciągło W. & Wojnar W., 2003. Nowa metoda pomiarów deformacji solnej struktury filarowo-komorowej wykorzystująca dalmierz laserowy. *Geodezja* (półrocznik AGH), 2/1, 187–193.
- Wojnar W. & Bieniasz J., 2008. *Wykonanie pomiarów (wraz z analizą) konwergencji komór filarów i pólek międzypoziomowych oraz chodników w polach eksploatacyjnych nr 1, 2, 3 i 5 w Kopalni Soli „Kłodawa” S.A. – kontynuacja za 2008 r.* Archiwum OBR Chemkop Kraków, 14–20.

Summary

Kłodawa Salt Mine is the only salt mine in Poland with the classical pillar and chamber exploitation system. The typical salt chamber is perpendicular (Fig. 1). The convergence surveys are conducting for years by OBR Chemkop Kraków in Kłodawa. In 1998 in one of salt chamber in Kłodawa (Fig. 2) – installed unique measuring points system for convergence observation of vertical cross-section, on 630 m depth (Fig. 3).

In this research work we have analyzed results of 11 years convergence and levelling measurements. It recorded slow shortening linear bases from 68 to 107 mm for 11 years time interval (Fig. 4). Levelling demonstrated uplift floor of salt chamber about 35 mm. It calculated roof decrease above 70 mm in the middle of heading and from 40 to 50 mm in one fourth of chamber's width. From all of this results estimated reduction in area cross-section amounted about 2 m² (Fig. 5). This measurements allowed determine relative velocity of chamber area cross-section convergence about 1 per mille annually.