

JÓZEF BIENIASZ*, WALDEMAR WOJNAR*

Analiza porównawcza deformacji poeksploatacyjnych kłodawskiego systemu komorowo-filarowego przy pionowym i ukośnym układzie wyrobisk

Wprowadzenie

Jedyną kopalnią soli w Polsce, w której przy eksploatacji stosowany jest klasyczny system komorowo-filarowy (k-f) jest Kopalnia Soli Kłodawa. Warunki złożowe wymusiły w poszczególnych polach eksploatacji różną orientację i geometrię struktury k-f w stosunku do wewnętrznej budowy złoża (np. kierunku rozciągłości). Prowadzone od niemal 30 lat przez OBR Chemkop Kraków pomiary deformacji poeksploatacyjnych górotworu pozwalają ocenić ich wielkość oraz zmienność w czasie.

W polach eksploatacji nr 1 i 2 występuje pionowy układ filarów i komór, przy ich poprzecznej orientacji w stosunku do rozciągłości złoża. Natomiast pierwsze obserwacje konwergencji w polach nr 3 i 5, o skośnym układzie systemu k-f i jego podłużnym zorientowaniu względem struktur złoża przyniosły zaskakujące wyniki. Stwierdzono tam niewielką intensywność zaciskania pustek poeksploatacyjnych, co było sprzeczne z dotychczasową, powszechną opinią o większym zagrożeniu deformacyjnym pochodzącym od niepionowego układu eksploatacji.

W pracy przeanalizowano wyniki pomiarów konwergencji pionowej komór na tych samych głębokościach, ale w odmiennym układzie geometrycznym k-f i odmiennie zorientowanych względem układu złoża. O ile zjawisko konwergencji pustek poeksploatacyjnych w pionowym układzie k-f jest dla Kłodawy stosunkowo dobrze rozpoznane dzięki wspomnianemu długiemu okresowi pomiarów wykonywanych przez OBR Chemkop, to w przy-

* Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Górnictwa Surowców Chemicznych „Chemkop” Kraków

padku ukośnego układu k-f analizowane wyniki pochodzą z kilku pierwszych lat obserwacji. Określono ponadto czynniki natury geologiczno-górnictwa mogące być przyczyną różnicy w intensywności procesów deformacyjnych i wstępnie przeanalizowano najistotniejsze z nich.

Autorom nie są znane publikacje wyników badań porównawczych dotyczących podobnej problematyki. Wynika to prawdopodobnie z ograniczonego do jedynej kopalni kłodawskiej, możliwego przedmiotu badań i niezwykle wąskiej specjalności, jaką są obserwacje konwergencji komór solnych, w szerokiej dziedzinie pomiarów deformacji poeksploatacyjnych w górnictwie podziemnym.

Z powyższych względów praca ma charakter informujący o zjawisku zróżnicowania szybkości zaciskania pustek poeksploatacyjnych w odmiennych układach k-f, z elementami wstępnej analizy pozwalającej podać jego najbardziej istotne parametry.

1. Opis geometrii dwóch odmiennych form układu komorowo-filarowego i określenie istotnych czynników mających wpływ na ich zachowania deformacyjne

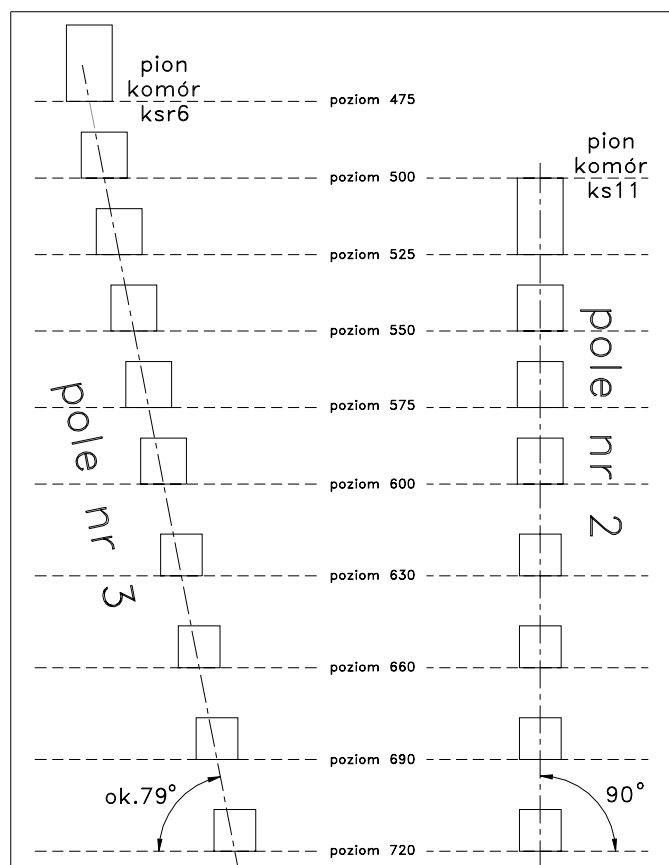
Wydobycie soli w wysadzie kłodawskim prowadzone jest w kilku polach eksploatacyjnych, których lokalizacja i kształty wynikają z dostosowania technicznych i ekonomicznych wymogów działalności górnictwa do układu serii złożowych w strukturze wysadu. Pokazuje to schemat rozmieszczenia eksploatacji na tle sytuacji geologicznej poziomu 600 (rys. 1). W polach nr 1 i 2 eksploatujących starszą sól kamienną białą (oznaczenie Na2) przy NW granicy wysadu stosowany jest klasyczny, pionowy układ komorowo-filarowy. Dłuższe osie komór ustawione są prostopadle do kierunku rozciągłości tej serii solnej w wysadzie, a w płaszczyźnie pionowej osie komór i filarów pokrywają się. Charakterystyczne cechy geometrii tego klasycznego układu k-f na przykładzie pionu komór ks11 w polu nr 2, w którym prowadzone są obserwacje konwergencji, pokazuje rysunek 2.

Natomiast w polach nr 3 i 5 eksploatujących najmłodszą sól kamienną różową (oznaczenie Na4a) we wnętrzu wysadu stosowany jest ukośny układ komorowo-filarowy. Dłuższe osie komór ustawione są równoległe do kierunku rozciągłości serii soli różowej, a w płaszczyźnie pionowej osie komór i filarów nie pokrywają się i są przesunięte względem siebie o pewną wartość wynikającą z kąta zapadania złoża. Charakterystyczne cechy geometrii ukośnego układu k-f na przykładzie pionu komór ksr6 w polu nr 3, w którym obserwowana jest konwergencja pokazuje rysunek 2. W celu liczbowego uchwycenia tej niepionowości dla każdego poziomu eksploatacyjnego z przedziału głębokości 450–720 m p.p.t. obliczono średnią wartość poziomego przesunięcia konturu komory względem poziomu bezpośrednio nadległego. Wartości tego przesunięcia wynoszą od 2 do 8 metrów, a sumaryczna wartość dla podanego powyżej przedziału głębokości wynosi około 45 m. W jednostkach katowych daje to około 11° niepionowości układu k-f. W praktyce oznacza to, że każda komora jest w przekroju pionowym przesunięta średnio o jedną trzecią swojej szerokości w stosunku do komór sąsiednich leżących powyżej i poniżej.

Należy także zwrócić uwagę, że w obu rozpatrywanych układach poprzeczne wymiary komór i filarów (szerokości i wysokości) są prawie identyczne na danych głębokościach. Występuje natomiast zróżnicowanie geomechanicznych warunków obciążania calizn nośnych wynikające z ilości komór i filarów składających się na szerokość danego pola eksploatacji. Wyraźnie pokazuje to rysunek 1.

Oprócz scharakteryzowanej powyżej zasadniczej odmienności obu rozpatrywanych systemów eksploatacji przejawiającej się w pionowym i ukośnym układzie komór istnieje kilka istotnych czynników mogących mieć wpływ na obserwowane w wyrobiskach deformacje. Obok wspomnianej już lokalizacji pól eksploatacji w wysadzie i orientacji komór względem struktur złoża zaliczyć do nich należy:

- kształt i rozległość pola eksploatacji,
- lokalną koncentrację eksploatacji w obrębie pola,
- wpływ robót górniczych trwających w bliskim sąsiedztwie,
- właściwości deformacyjne otaczającego górotworu.



Rys. 2. Schematy pionowego i ukośnego układu filarowo-komorowego

Fig. 2. Outline of the vertical and slanting arrangement of the pillar-chamber system

Wstępny charakter obecnej analizy nie pozwala na szersze rozwijanie wpływu tych czynników, z wyjątkiem ostatniego, krótko omówionego poniżej.

2. Charakterystyka właściwości geomechanicznych ośrodka solnego w obu rozpatrywanych układach eksploatacji

Właściwości geomechaniczne skał solnych wysadu kłodawskiego były i są badane począwszy od etapu rozpoznania złoża aż do chwili obecnej, tj. fazy rozwiniętej, wielopoziomowej eksploatacji. Z punktu widzenia podatności deformacyjnej skał solnych bardziej właściwe byłoby operowanie ich właściwościami reologicznymi, jednak ilość wyników tych badań jest niewielka w stosunku do dużej bazy wyników klasycznych, laboratoryjnych badań wytrzymałościowych. Dlatego w początkowej fazie rozpatrywania zagadnienia wykorzystano wyniki tradycyjnych badań wytrzymałościowych dla próby wstępnego oszacowania ewentualnych różnic we własnościach wytrzymałościowych ośrodka skalnego. Wyniki tych badań zawarte są w licznych opracowaniach archiwalnych (Onderka 1981), (Bednarczyk 1987). W sposób syntetyczny zebrano je w tabeli 1, podając wartości charakterystycznych parametrów wytrzymałościowych dla soli białej Na2 (pola nr 1 i 2) i różowej Na4a (pola nr 3 i 5). Uwzględniając wszelkie zastrzeżenia dotyczące zróżnicowanej metodyki badania próbek i przenoszenia uzyskanych w laboratorium wyników do skały całego górotworu, można pokusić się o kilka generalnych stwierdzeń.

Porównanie wytrzymałości na ściskanie dla soli białej i różowej wykazuje niewielkie różnice w zakresie około 10% na korzyść jednej lub drugiej soli, w zależności od stosowanej

TABELA 1

Parametry wytrzymałościowe próbek soli białej i różowej

TABLE 1

Strength parameters of the white and rose-coloured rock salt

Parametr	Wartość [MPa]	Wartość [MPa]	Różnica w [%]
	Pole nr 2 (sól biała Na2)	Pole nr 3 (sól różowa Na4a)	przy założeniu, że wartość większa = 100%
Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie (doraźna)	24,9	22,0	12
Wytrzymałość na ściskanie w trójosiowym stanie naprężeń	86,7	94,5	8
Wytrzymałość na ścinanie bezpośrednie	2,38	1,96	18
Wytrzymałość na rozrywanie	0,32	0,50	36
Wytrzymałość na zginanie	2,87	1,89	34

metody badań. Sól biała z pól nr 1 i 2 wykazuje o około 20% większą wytrzymałość na ścinanie i o ponad 30% większą wytrzymałość na zginanie. Z kolei sól różowa z pól nr 3 i 5 uzyskała w badaniach o ponad 30% większą wytrzymałość na rozrywanie.

Zatem wyniki laboratoryjnych badań wytrzymałościowych nie dają przesłanek do wyróżnienia jednego z dwóch rodzajów ośrodka skalnego, w którym prowadzona jest eksploatacja, jako mniej lub bardziej podatnego na deformacje poeksploatacyjne. Można tylko wskazać, że w warunkach dołowych konstrukcja nośna górotworu po wybraniu komór – składająca się z filarów międzykomorowych i półek międzypoziomowych – narażona jest zarówno na długookresowe ściskanie (filary) jak i na ścinanie, zginanie i rozciąganie w zależności od geometrii lokalnego układu wyrobisk. W ewentualnych dalszych rozważaniach na temat wpływu właściwości ośrodka skalnego na przebieg zjawisk konwergencyjnych należy uwzględnić wyniki badań reologicznych.

3. Zestawienie wyników pomiarów naturalnego zaciskania pustek poeksploatacyjnych

W wybranych pionach komór eksploatacyjnych w polach nr 1, 2, 3 i 5 wykonywane są cykliczne pomiary konwergencji, czyli naturalnego zaciskania pustek poeksploatacyjnych.

W chwili obecnej pole nr 1 jest od ponad 20 lat wyłączzone z eksploatacji i zachodzą w nim wyłącznie naturalne procesy związane z samoistnym zaciskaniem się pustek solnych. Z tego względu stanowi ono „czysty” model statycznych deformacji pionowej struktury f-k ulegającej rozłożonym w czasie wpływom poeksploatacyjnym. W polach nr 2 i 3 na identyczne procesy deformacyjne nakładają się wpływy bieżącej eksploatacji, która schodząc coraz niżej w głąb złoża oddziałuje na położone wyżej pustki i calizny solne. Stanowią one zatem model dynamicznych, nieustalonych deformacji struktury filarowo-komorowej. Generalnie na podstawie dotychczasowych, wieloletnich obserwacji można stwierdzić, że bliskie sąsiedztwo trwających robót eksploatacyjnych wywołuje efekt pewnego „odprężenia” górotworu, czego przejawem jest czasowa, mniejsza szybkość deformacji.

W polach nr 1 i 2 obserwacje konwergencji rozpoczęto na przełomie lat 1970/1980 i dzięki temu zgromadzony do chwili obecnej materiał pomiarowy jest niezwykle obszerny, a uzyskane wyniki można traktować z dużym zaufaniem (Wojnar, Bieniasz 2006). Pomiary deformacji wyrobisk i calizn w znaczącym objętościowo i charakterystycznym pod względem geometrii układu calizn i wyrobisk polu nr 3 rozpoczęto dopiero w 2003 roku. Jeszcze krócej, bo od końca 2004 roku prowadzone są pomiary konwergencji w polu nr 5. Pomiary konwergencji w polach nr 3 i 5 wykonywane są nowoczesną metodą zaproponowaną przez OBR Chemkop, wykorzystującą laserowy dalmierz „Disto” jako urządzenie odczytowe (Bieniasz i in. 2003). Na wszystkich istniejących poziomach eksploatacyjnych mierzona jest konwergencja konturu przekroju wybranej komory w rejonie jej środka, przy pomocy układu kilku lub kilkunastu baz pionowych, poziomych i ukośnych.

Dla celów obecnej analizy wybrano z materiału pomiarowego dane opisujące pionowe zaciskanie komór w osi ich przekroju poprzecznego wyrażone przez parametr szybkości konwergencji pionowej. Zaciskanie pionowe w środku konturu poprzecznego komory jest parametrem o największej w przekroju intensywności ruchu, przez co najmniej wrażliwym na zakłócenia pochodzące od czynników nie związanych ze zjawiskiem konwergencji pustek poeksploatacyjnych (np. wpływ robót górniczych w sąsiedztwie).

Dla wykazania różnic i podobieństw w przebiegu procesów deformacyjnych w pionowym i ukośnym układzie k-f wykonano rysunek zbiorczy (rys. 3) pokazujący przebieg pionowego zaciskania komór na trzech wybranych głębokościach eksploatacji w wysadzie, umownie określanych jako:

- horyzont płytki bliski stropowi eksploatacji – około 500 m p.p.t.,
- horyzont pośredni – 600 m p.p.t. (w polach nr 1 i 5 jest to poziom obecnego spągu eksploatacji),
- horyzont głęboki bliski spągowi eksploatacji – około 700 m p.p.t.

Uznano, że szybkość deformacji wyrażana w mm/rok pełniej charakteryzuje zmienność zachodzących w czasie zjawisk, niż podawanie wartości przemieszczeń końców bazy. Ponadto skala czasu obserwacji baz (pozioma oś diagramu na rys. 3) pozwala natychmiast określić okres obserwacji danej bazy, co jest pewnym obiektywnym miernikiem stopnia zaufania do prezentowanych wyników. Linia wykresu ma charakter wygładzony przez zastosowanie prostego algorytmu uśredniającego sąsiednie przedziały szybkości konwergencji pomiędzy kolejnymi datami obserwacji.

W górnej części rysunku 3 pokazano zmienność w/w parametru na płytkim horyzoncie eksploatacji umownie przyjętym jako poziom 500 m p.p.t. (obserwacje z poziomów 475, 505 i 525). Najdłużej trwające obserwacje w polu nr 2 (pionowy system k-f) są mało reprezentatywne, prawdopodobnie ze względu na wadliwą stabilizację bazy, co objawia się dużą zmiennością wykresu w granicach od -5 do -15 mm/rok (średnio ok. -10 mm/rok). Większe zaufanie budzą wyniki pozostałych obserwacji z ostatnich kilku lat. Szybkość pionowej konwergencji w polu nr 1 (pionowy system k-f) mieści się w granicach od -3 do -10 mm/rok (średnio ok. -7 mm/rok). Natomiast w polach nr 3 i 5 (ukośny system k-f) wynosi jedynie od 0 do -4 mm/rok (średnio -2 mm/rok). Po prawej stronie diagramu średnie szybkości zaciskania wyrażono w procentach, w stosunku do największej zaobserwowanej wartości przyjętej jako 100%.

W środkowej części rysunku 3 pokazano zmienność szybkości pionowego zaciskania komór na horyzoncie pośrednim, odpowiadającym umownemu środkowi głębokości eksploatacji w całym wysadzie, tj. na poziomie 600 m p.p.t. Najdłużej trwające obserwacje w polu nr 1 mogą być obciążone niewielkimi błędami ze względu na specyfikę stabilizacji baz, jednak w ostatnich kilkunastu latach po zaprzestaniu eksploatacji w tym polu wyniki te są rezultatem ujawniania się konwergencji pustek w czystej postaci, nie zaburzonej wpływami bieżącej eksploatacji. Te właśnie zaburzenia są widoczne w przypadku pola nr 2, gdzie na wykresie parametru obserwuje się charakterystyczne skoki wartości wynikające z eksploatacji najbliższych (podległych) komór. Dodatkowo wykres ten wzbogacono

o źródłowe, interwałowe wykresy szybkości konwergencji między kolejnymi datami pomiaru (krótkie kreski poziome). Ich rozrzut względem uśrednionego i wygładzonego wykresu głównego jest sumaryczną wypadkową zmienności samego zjawiska w czasie i dokładności jego obserwacji. Zamieszczanie podobnych danych graficznych dla pozostałych wykresów uznano za niecelowe z uwagi na możliwe zaciemnienie syntetycznego wyrazu całego załącznika graficznego. Dla pól nr 3 i 5 analizowane wyniki obserwacji pochodzą z ostatnich kilku lat, czyli okresu kilkakrotnie krótszego niż w przypadku pól nr 1 i 2.

Szybkość „czystej” pionowej konwergencji w polu nr 1 (pionowy system k-f) wynosi średnio -22 mm/rok. W polu nr 2 (pionowy system k-f) szybkość ta, zaniżana przez wpływ trwającej eksploatacji na niższych poziomach wynosi około -8 mm/rok, co stanowi około 35% wartości poprzedniej. Natomiast w polach nr 3 i 5 (ukośny system k-f) wynosi ona jedynie od 0 do -5 mm/rok (średnio -3 mm/rok), co stanowi zaledwie około 15% wartości maksymalnej z pola nr 1.

Na dole rysunku 3 pokazano zmienność analizowanego parametru na głębokim horyzoncie eksploatacji umownie przyjętym jako poziom 700 m p.p.t. (obserwacje z poziomów 690 i 720). Materiał pomiarowy do analizy jest stosunkowo skromny i dotyczy ostatnich kilku lat. Szybkość pionowej konwergencji w polu nr 2 (pionowy system k-f) mieści się w granicach od -9 do -15 mm/rok (średnio -12 mm/rok). Natomiast w polu nr 3 (ukośny system k-f) wynosi ona od -2 do -7 mm/rok, z incydentalnym wyskokiem do -14 mm/rok (średnio -4 mm/rok), co stanowi około 35% wartości poprzedniej. Na tym poziomie należy liczyć się z dużymi, zaburzającymi wpływami eksploatacji prowadzonej na niższych poziomach.

Wyniki zaprezentowanej powyżej analizy porównawczej dla trzech charakterystycznych horyzontów eksploatacyjnych pokazują dość jednoznaczny obraz zjawiska. Szybkość deformacji wyrobisk w polach soli różowej (nr 3 i 5), gdzie stosowany jest ukośny układ k-f jest znacznie niższa od szybkości rejestrowanej w polach soli białej (nr 1 i 2) z pionową strukturą k-f. Procentowo szybkość pionowej konwergencji pustek ukośnego układu k-f stanowi jedynie od 15 do 35% szybkości zaciskania komór pionowego układu k-f.

Wnioski

Analizie poddano deformacje poeksploatacyjne wyrobisk komorowych wykonanych w soli białej (Na2) w brzeżnej strefie wysadu (pola nr 1 i 2), gdzie stosowany jest klasyczny, pionowy system eksploatacji k-f z poprzeczną orientacją osi komór względem rozciągłości złoża i w soli różowej (Na4a) w centralnej części wysadu (pola nr 3 i 5), gdzie zastosowano ukośny system k-f z równoległym ułożeniem osi komór w stosunku do wykształcenia tego fragmentu złoża. Średnia niepionowość struktury k-f w polach nr 3 i 5 wynosi około 11° .

Dla wstępnej oceny charakteru górotworu solnego jako ośrodka skalnego poddanego wpływom poeksploatacyjnym zestawiono kilka parametrów wytrzymałościowych uzyskanych z badań laboratoryjnych dla obu rodzajów soli, tj. soli białej Na2 i różowej Na4a,

tworzącej górotwór w rozpatrywanych układach k-f. Otrzymano różnice wartości w granicach od 10 do 35% dla jednej bądź drugiej soli, w zależności od przedmiotu badania (ściskanie, zginanie, rozrywanie, ścinanie). Nie daje to wystarczających przesłanek do postulowania odmiennego zachowania deformacyjnego któregośkolwiek z rozpatrywanych ośrodków solnych.

Analizę porównawczą wyników pomiarów konwergencji przeprowadzono dla trzech wybranych poziomów głębokości wyrobisk komorowych, odpowiadających strefie stropowej, środkowej i spągowej eksploatacji w całym wysadzie. Materiał pomiarowy dla wyrobisk w soli białej pochodził z ponad ćwierćwiekowych systematycznych obserwacji konwergencyjnych, natomiast dla soli różowej rejestracja zjawiska trwa dopiero kilka lat. Czynnikiem zaburzającym własną naturę zjawiska są też dynamiczne oddziaływania bieżącej eksploatacji w polach nr 2 i 3. Generalnie szybkość deformacji wyrobisk w polach soli różowej (nr 3 i 5) – gdzie stosowany jest ukośny system k-f – jest znacznie niższa od szybkości rejestrowanej w polach soli białej (nr 1 i 2) z pionową strukturą k-f. Procentowo szybkość deformacji ukośnego układu k-f stanowi jedynie od 15 do 35% szybkości zaciskania pionowego układu k-f na danej głębokości eksploatacji.

Po wstępnym przeanalizowaniu aspektów geologiczno-złożowych, górniczo-geometrycznych i deformacyjnych w odniesieniu do pionowej i ukośnej struktury eksploatacyjnej systemu k-f, można zauważyć następujące prawidłowości. Zaobserwowano znaczącą różnicę pomiędzy szybkością deformacji w obu w/w systemach systemach k-f. Nie stwierdzono istotnych różnic w geometrii i kubaturze komór oraz we właściwościach wytrzymałościowych górotworu. Przyczyną odmienności zachowań deformacyjnych wydaje się być lokalizacja eksploatacji w wysadzie. Zwiększona intensywność deformacyjna dotyczy strefy brzeżnej wysadu, podczas gdy w jego centrum szybkość procesów jest znacznie mniejsza. Istotna wydaje się też odmienna orientacja osi komór i filarów względem kierunku rozciągłości struktur złoża. Na obecnym etapie rozpoznania zjawiska wydaje się, że te dwa czynniki mają dominujące oddziaływanie na wielkość deformacji, a aspekt niepionowości struktury k-f ma znaczenie drugorzędne.

Stwierdzone różnice w szybkości zaciskania pustek komorowych w odmiennych układach eksploatacji wymagają indywidualnego podejścia do problematyki obserwacji tych zjawisk. Konieczna jest korelacja dokładności pomiarów z intensywnością procesów deformacyjnych poprzez stosowanie właściwych interwałów pomiarowych.

LITERATURA

- Wojnar W., Bieniasz J. 2006 – Pomiar deformacji wybranych wyrobisk komorowych, chodnikowych oraz filarów międzykomorowych w Kopalni Soli „Kłodawa” wraz z opracowaniem i analizą wyników za rok 2006. Archiwum OBR Chemkop Kraków, 11–24.
- Bieniasz J., Ciągło W., Wojnar W., 2003 – Nowa metoda pomiarów deformacji solnej struktury filarowo-komorowej wykorzystująca dalmierz laserowy. Półrocznik Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie. GEODEZJA t. 9, z. 2/1, 187–193.

- Bieniasz J., Wojnar W., Misiek G., 2003 – Deformacje układu filarowo-komorowego w perspektywie dalszej bezpiecznej działalności Kopalni Soli „Kłodawa”. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosyntezy i Geotermia z. 5(223), 45–50.
- Bednarczyk E., 1987 – Określenie wytrzymałości długotrwałej soli różowych oraz wyniki niektórych badań standardowych. Archiwum OBR Chemkop Kraków.
- Onderka W., 1981 – Kompleksowe badania własności fizyko-mechanicznych skał dla Kopalni Soli Kłodawa – katalog fizyko-mechanicznych własności soli. Archiwum OBR Chemkop Kraków.

**ANALIZA PORÓWNAWCZA DEFORMACJI POEKSPLOATACYJNYCH KŁODAWSKIEGO SYSTEMU
KOMOROWO-FILAROWEGO PRZY PIONOWYM I UKOŚNYM UKŁADZIE WYROBISK**

Słowa kluczowe

komorowo-filarowy system eksploatacji, deformacje poeksploatacyjne

Streszczenie

Jedyną kopalnią soli w Polsce gdzie przy eksploatacji stosowany jest klasyczny system filarowo-komorowy (k-f) jest Kopalnia Soli Kłodawa. Warunki złożowe wymusiły w poszczególnych polach eksploatacji różną orientację i geometrię struktury k-f w stosunku do wewnętrznej budowy (kierunku rozciągłości) złoża. Przeprowadzone od wielu lat przez OBR Chemkop Kraków pomiary deformacji poeksploatacyjnych górotworu pozwalają ocenić ich wielkość oraz zmienność w czasie. W polach nr 1 i 2 występuje pionowy układ filarów i komór eksploatacyjnych, przy ich poprzecznej orientacji w stosunku do rozciągłości złoża. Natomiast pierwsze obserwacje deformacji w polach nr 3 i 5, o skośnym układzie schematu k-f i jego podłużnym zorientowaniu względem struktur złoża przyniosły zaskakujące wyniki. Stwierdzono tam niewielkie wartości deformacji, co było sprzeczne z dotychczasową, powszechną opinią o większym zagrożeniu deformacyjnym spodziewanym od niepionowego układu wyrobisk.

W pracy przeanalizowano wyniki pomiarów konwergencji pionowej komór na tych samych głębokościach, ale w odmiennym układzie geometrycznym k-f i odmiennie zorientowanych względem układu złoża. We wszystkich analizowanych przypadkach stwierdzono, że szybkość pionowego zaciskania komór w ukośnych układach k-f wynosi jedynie od 15% do 35% szybkości charakterystycznej dla pionowych układów k-f na tych samych głębokościach. Określono także czynniki natury geologiczno-górnictwej, mogące być przyczyną różnicy w intensywności procesów deformacyjnych i wstępnie przeanalizowano najistotniejsze z nich. Na syntetycznych załącznikach graficznych pokazano istniejące różnice w intensywności zaciskania pustek komorowych na kilku wybranych głębokościach eksploatacji w wysadzie.

Zebrane spostrzeżenia, zweryfikowane wynikami kolejnych pomiarów, mogą być cenną wskazówką dla ustalania kierunków rozwijania lub ograniczania dalszej eksploatacji w wysadzie

**COMPARATIVE ANALYSIS OF POST-EXTRACTION DEFORMATIONS IN THE KŁODAWA PILLAR
AND CHAMBER SYSTEM, WITH VERTICAL AND OBLIQUE HEADINGS**

Key words

Salt exploitation, post-extraction deformation

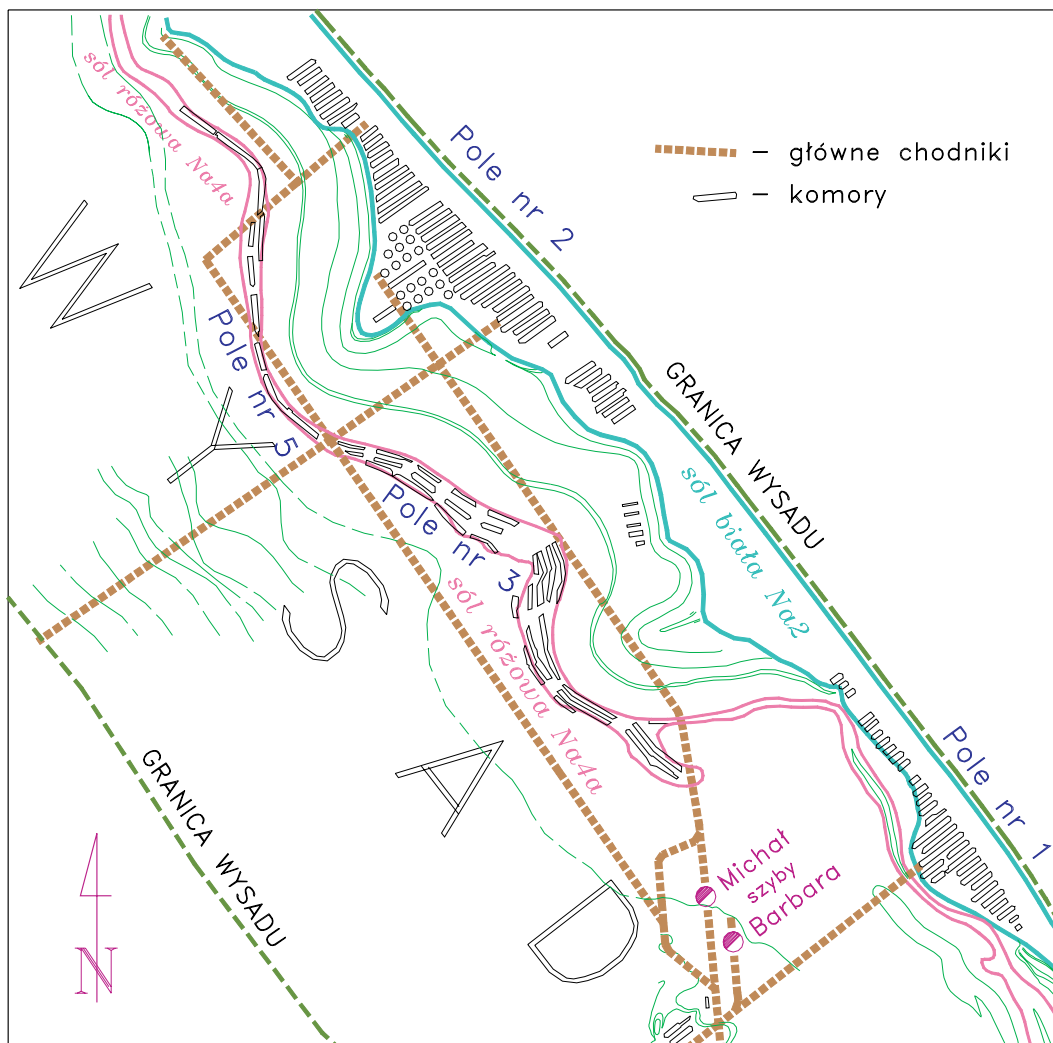
Abstract

The only salt mine with the classical pillar and chamber system (PCS) used in Poland is the Kłodawa Salt Mine. The deposit conditions enforced various orientations and geometry of the PCS arrangements in particular

extraction fields, with respect to the internal deposit structures. The post-extraction rock-mass deformation studies, conducted by the OBR Chemkop Kraków for a number of years, allow us to evaluate the deformation size and changeability in time. In fields 1 and 2, there is a vertical arrangement of pillars and chambers, with their transverse orientation with respect to the deposit length. However, the first deformation observations in Fields 3 and 5, with oblique arrangement of the PCS patterns and their elongated orientation with respect to the deposit structures, brought surprising results. Small deformations were found there, which was contradictory to the previous general opinion about a considerable deformation threat expected from non-vertical arrangement of headings.

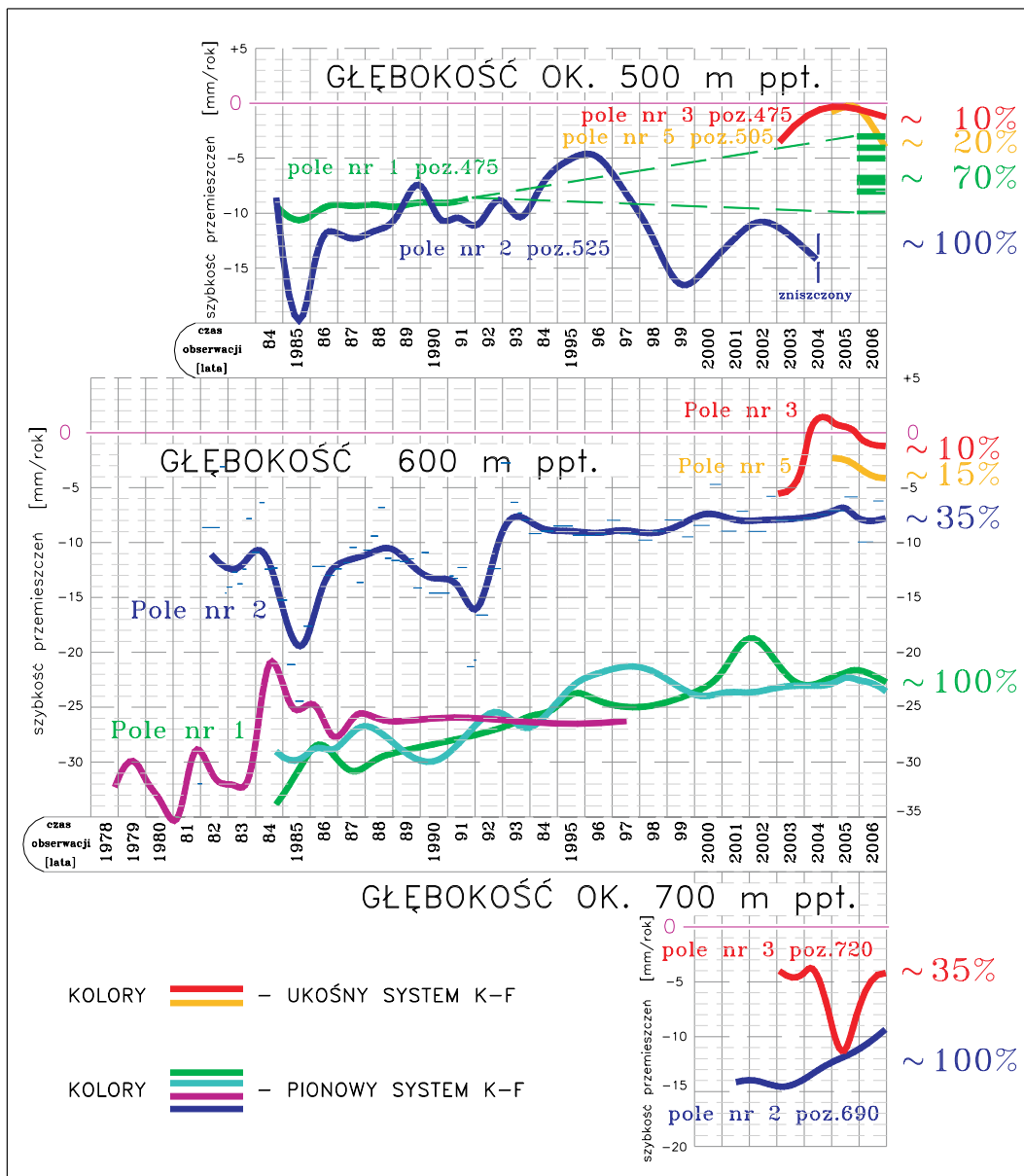
In this paper, we have analysed the results of the measurements of the vertical chamber convergence at the same depths but in various geometrical PCS arrangements and various orientations with respect to the deposit structure. We also determined the geological and mining factors that may be the reasons of the difference in the intensity of the deformation processes, with preliminary analysis of the most essential ones. Our synthetic graphical attachments show the existing differences in the intensity of compression of the chamber voids at several selected extraction depths in the diapir.

Our collected observations, verified by the subsequent measurement results, may constitute valuable indications of establishing the directions of either development or limitation of further salt extraction in the diapir.



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia eksploatacji w wysadzie kłodawskim na głębokości 600 m

Fig. 1. Sketch of the exploitation placement in the salt dome "Kłodawa" on the depth od 600 m



Rys. 3. Porównanie szybkości pionowego zaciskania komór na trzech głębokościach w wysadzie

Fig. 3. Comparison of the vertical convergences rate in the cavern on different depths