

Janusz Chmura *, *Tomasz Migdas* **

OCENA STATECZNOŚCI WYROBISK TRASY TURYSTYCZNEJ I KOMÓR SANATORYJNYCH W KOPALNI SOLI „BOCHNIA” WRAZ Z PROJEKTEM OPOMIAROWANIA NOWYCH OBIEKTÓW TURYSTYCZNYCH***

1. Wstęp

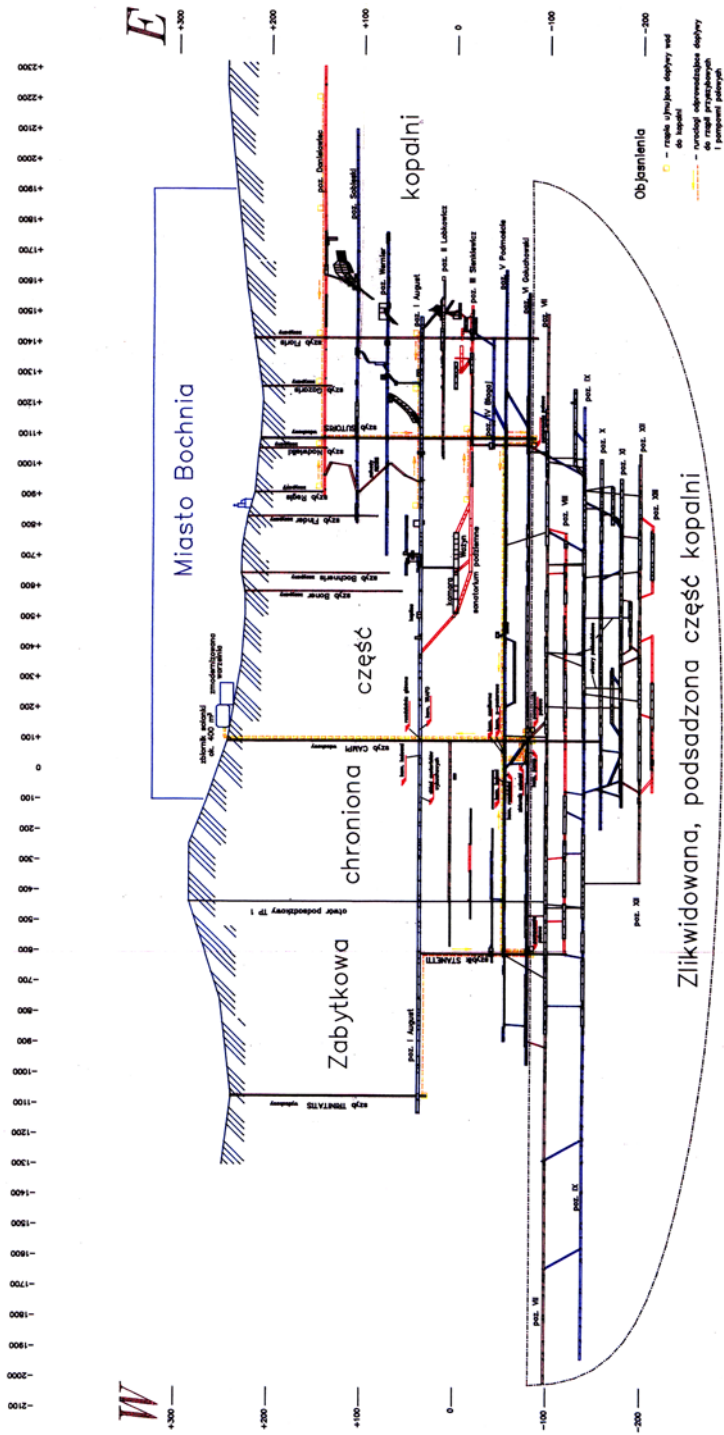
Podstawowym zadaniem kwalifikowanej turystyki podziemnej jest zapewnienie pełnego bezpieczeństwa turystom przebywającym w podziemnych komorach. Dlatego też Kopalnia Soli „Bochnia” jest zobligowana do okresowego przeglądu wyrobisk wchodzących w skład trasy turystycznej i sanatorium alergologicznego (rys. 1). W ostatnim okresie wykonano poszerzony program oceny stateczności wyrobisk wraz z projektem opomiarowania nowych podziemnych obiektów turystycznych.

Większość wyrobisk bocheńskiej żupy liczy sobie kilkadziesiąt lat i w tym okresie były one wielokrotnie przebudowywane i zabezpieczane. Istotne było określenie stateczności tych wyrobisk. Przejawem wieloletniego oddziaływania ciśnienia górotworu na podziemne wyrobiska jest deformacja pierwotnych konturów komór i chodników, ich zaciskanie się i zmniejszanie przekrojów poprzecznych. Obserwując zmiany konwergencyjne (a więc ujemny przyrost odległości między ścianami wyrobisk), można określić prędkość procesu deformacyjnego i przewidywać tempo zaciskania się konturów wyrobisk i wzrostu zagrożenia dla stabilności tych konstrukcji. Dlatego też najistotniejszym elementem niniejszej pracy jest analiza wyników pomiarów deformacji konturów wyrobisk, pozwalających ustalić stan naprężenia i wyłączenia górotworu w jej sąsiedztwie. Systematycznie prowadzone pomiary geodezyjne pozwalają na obliczenie prędkości osiadania górotworu, a tym samym na określenie intensywności przebiegu procesu zaciskania się konturów wyrobisk. Podstawą do wykonania oceny były systematycznie prowadzone przez dział mierniczy kopalni pomiary geodezyjne konwergencji i niwelacji oraz pomiary rozwarstwień górotworu.

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** Kopalnia Soli „Bochnia”, Bochnia

*** Artykuł wykonany w ramach pracy finansowanej przez Komitet Badań Naukowych nr 5 T12A 024 23



Rys. 1. Schemat — przekrój W-E przez centralną część Kopalni Soli „Bochnia”

2. Stan techniczny wyrobisk komorowych

W skład kompleksu turystyczno-sanatoryjnego wchodzi wyrobiska od poziomu „Wernier” do poziomu „Sienkiewicz” (rys. 2). Ich stan techniczny przedstawiono poniżej:

Poziom „Wernier”

— Kaplica „Pasionis”

Stan techniczny komory — dobry. Komora obudowana połowicami z grubego drewna i pokryta zabytkową polichromią. W najbliższym czasie przewiduje się renowację zarówno wyrobiska, jak i jej wyposażenia.

M-poz. „Dobosz”

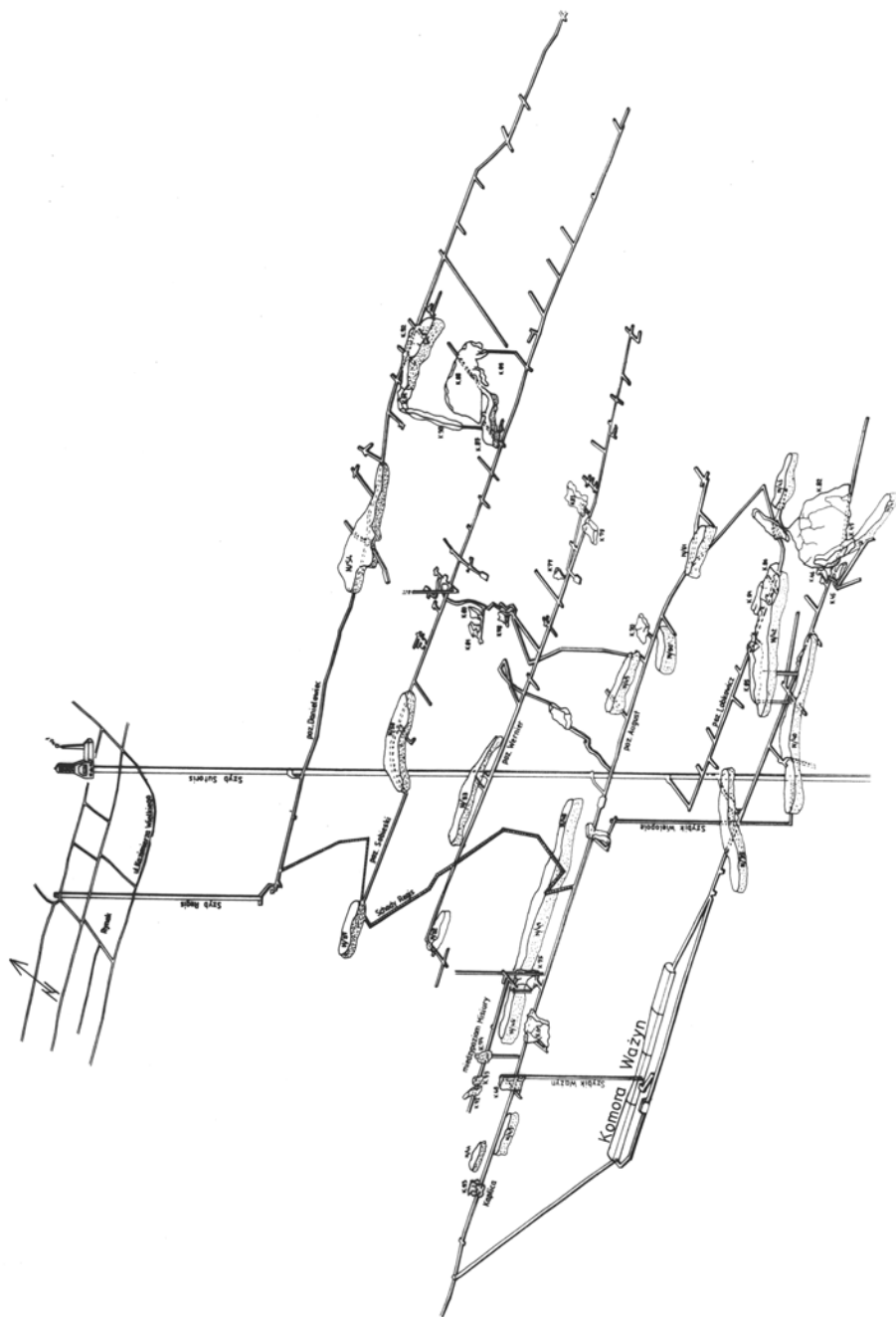
— Komora „Kristian”

Jest to charakterystyczne wyrobisko o wąskim, strzelistym kształcie wynikającym z prawie pionowego zalegania złoża w tym rejonie i charakterystycznym dla kopalni bocheńskiej sposobie eksploatacji soli. Ogólnie dobry stan techniczny komory. Widać jednak przejawy zaciskania się górotworu. Przejawia się to w formie widocznych, niewielkich spękań w środkowej części komory. Potwierdzeniem tych ruchów jest narastanie tempa przemieszczeń, szczególnie w ociosie północnym (część wschodnia) oraz w środkowej części ociosu południowego. W komorze, w ociosach północnym i południowym prowadzone są pomiary rozwarstwień górotworu na bazach 5- i 10-metrowych.

Poziom „August”

— Komora „Koldrasa”

Pierwsze ślady eksploatacji w tym rejonie pochodzą sprzed 100 laty. Komorę z przeznaczeniem na skład materiałów wybuchowych wykonano na przełomie lat 80./90. XX wieku. Jej adaptację na cele sanatoryjne dokonano w latach 2001–2003. Komora jest w dobrym stanie technicznym. Oficjalnie oddano ją do użytku w ubiegłym roku jako komorę leczniczą. Częściowa zabudowa komory uniemożliwia obecnie dostęp do niektórych fragmentów ociosów komory. Dlatego też program obserwacji komory należało dostosować do technicznych możliwości obserwacji ociosów i stropu. W części środkowej komory widoczny wzmożony proces zaciskania. Widoczne są drobne spękania środkowych dwóch filarów. W czasie przeglądu wyrobisk ustalono w których miejscach umieszczone zostaną dodatkowe punkty pomiarowe do monitoringu górotworu.



Rys. 2. Rzut aksonometryczny głównych wyrobisk korytarzowych i komorowych w centralnej, zabytkowej części kopalni

— **Kierat „Rabsztyński” — gapłowy**

Komora z XVIII w. W komorze znajduje się zrekonstruowany kierat konny. Wyrobisko z zabudowaną konstrukcją, wspartą na obudowie kasztowej. Ogólnie dobry stan techniczny komory. Również stan techniczny kasztu jest dobry. Należy jednak zwrócić uwagę na część stropu bezpośrednio nad wejściem do komory. Ze względu na możliwość wykruszania się z ociosów odłamków skalnych należy ograniczyć dostęp w to miejsce turystów, którzy przebywają tu bez kasków ochronnych. Ustalono, że wygrodzony zostanie dostęp uniemożliwiający wejście do komory.

— **Kaplica św. Kingi**

Komora z XVIII w. Jest największą kaplicą w kopalni bocheńskiej. Stan techniczny komory jest dobry. Jedynym problemem jest narożnik północno-zachodni. W górotworze solnym w tym miejscu wykuto w ociosie zachodnim ambonę i pomieszczenie zakrystii. Rejon ten jest bardzo spękany. Pomimo wielokrotnych prac renowacyjnych i wzmacniających stan techniczny tego filara jest niezadowolający. Niezbędne będzie więc wykonanie prac zabezpieczających północno-zachodniego narożnika komory, w rejonie ambony i zakrystii.

— **Komora kieratowa — kierat „Ważyński”**

Komora usytuowana naprzeciw poprzecznika „Kristian”. W komorze zrekonstruowany kierat typu saskiego. Wyrobisko w dobrym stanie technicznym.

— **Komora „Stajni”**

Wyrobisko sprzed ponad 200 laty. W komorze pozostało wiele autentycznych elementów wyposażenia stajni i obudowy, w tym oryginalnych zabytkowych kasztów z drewna ciosanego łączonego na tzw. ogon jaskółczy. Komora wykorzystywana jako pomieszczenie stajni do początku lat 60. XX w. Stan techniczny komory — dobry. Ustalono, że nad wejściem, w rejonie wschodnim zabudowana zostanie belka osłonowa w celu ochrony turystów, przed ewentualnym odpajaniem się drobnych okruchów skalnych w górnej części komory.

Poziom „Sienkiewicz”

— **Komora „Ważyn”**

Największa obecnie komora w kopalni bocheńskiej. Jej długość wynosi 255 m, szerokość 14,5 m, a wysokość dochodzi do 7 metrów. Sól eksploatowano w tym rejonie od końca XVII w. Tak długi okres eksploatacji powodował konieczność lokowania skał płonych w wyeksploatowanych częściach komory. Można więc w tym rejonie napotkać wiele śladów reeksploatacji soli. Komora zaadaptowana na cele sanatoryjne przez powiększenie starego wyrobiska do obecnych wymiarów

w latach 80. XX w. Komora oprócz funkcji sanatoryjnych służy także do celów konferencyjnych, jako boisko sportowe, sala taneczna i zaplecze restauracyjne. Jednak wcześniej wspomniana wieloletnia eksploatacja powoduje przemieszczenia się konturów wyrobiska i odspajanie się w niektórych miejscach skał ociosowych i stropowych (rys. 3). Znaczniejsze zniszczenia koncentrują się w większym stopniu w ociosie północnym, szczególnie w jego części zachodniej (rejon zejścia z galerii). W rejonie naprzeciw szybika „Ważyn” wykonywane są obecnie prace zabezpieczająco-adaptacyjne w komorze „Manna”.

- **Wyrobiska pionowe**, którymi odbywa się ruch turystyczny, to:
- szyb „Campi” na odcinku od zrębu do poz. I „August”,
 - szyb „Sutoris” na odcinku od zrębu do poz. III „Sienkiewicz”,
 - szyb „Trinitatis” — tylko w wypadku prowadzenia akcji ewakuacyjnej.



Rys. 3. Konstrukcja wsporcza — zabezpieczająca północno-zachodnią część ociosu komory „Ważyn”

3. Opomiarowanie wyrobisk na trasie turystycznej

Pomiary geodezyjne dla oceny intensywności zaciskania wyrobisk realizowane są przez służbę mierniczo-geologiczną Kopalni Soli „Bochnia”. Pomiary takie są aktualnie realizowane w ośmiu wyrobiskach podziemnych (7 komór i 1 szybik) stanowiących obiekty

aktualnej trasy turystycznej oraz w dwóch szybach kopalnianych „Sutoris” i „Campi”. Pomiaru prowadzi się na odpowiednio utrwalonych (zastabilizowanych trwale) w górotworze punktach obserwacyjnych. Są to generalnie okresowe pomiary zaciskania (konwergencji) przestrzeni wyrobisk na kierunku pionowym i wybranych kierunkach poziomych (sporadycznie ukośnych). W jednym (aktualnie) wyrobisku (komora „Kristian”) prowadzone są również pomiary rozwarstwień w ociosach.

Charakterystyka pomiarów

Konwergencja pionowa obserwowana jest na odpowiednich parach punktów zastabilizowanych w stropie i spągu wyrobiska (odcinki pionowe) metodą niwelacji geometrycznej tych punktów, w przyjętych cyklach czasowych.

Konwergencja pozioma obserwowana jest na odpowiednich parach punktów zastabilizowanych generalnie w przeciwnych ociosach wyrobiska (odcinki poziome) na podobnej wysokości. W kolejnych cyklach czasowych mierzone są (bezpośrednio taśmą) długości tych odcinków.

Rozwarstwienia ociosów obserwowane są na specjalnych bazach pomiarowych umożliwiających względne określenie zróżnicowania ruchu punktów zastabilizowanych na różnej głębokości w ociosie wyrobiska w stosunku do powierzchni ociosu.

4. Analiza wyników prowadzonych obserwacji wyrobisk

Przy analizie wyników wykorzystano obserwacje realizowane przez służbę mierniczo-geologiczną kopalni. W okresach dawniejszych obserwacje były realizowane przy współudziale zewnętrznych instytucji. Silnie zróżnicowany jest okres całkowity prowadzenia tych pomiarów w poszczególnych wyrobiskach (od 10 do 2 lat) i realizowane były one w różnym cyklu czasowym.

4.1. Próba oszacowania dokładności realizowanych obserwacji

Pomiary konwergencji pionowej realizowane są metodą niwelacji precyzyjnej odpowiednich par znaków zastabilizowanych nad sobą w stropie i w spągu obserwowanego wyrobiska. Na podstawie bezpośrednich odczytów obliczane są odległości pionowe pomiędzy odpowiednimi parami punktów w momencie prowadzenia pomiaru. Porównania tych odległości wyznaczonych w różnych momentach czasu (kolejnych cyklach obserwacyjnych) umożliwiają oszacowanie wielkości i tempa względnego zaciskania wyrobiska oraz wielkości względnego odkształcenia pionowego na odcinku obserwowanym. Przy stosowaniu tej technologii pomiaru uzyskuje się dokładność pomiaru odcinków pionowych w granicach $0,1 \pm 0,3$ mm (średni błąd kwadratowy), a w związku z tym rejestrowane zmiany tych odległości w funkcji czasu należy traktować jako pewne (poza strefą błędów technologii), jeżeli wielkości stwierdzanych zmian przekraczają 1 mm. Niwelacja taka jest dodatkowo nawiązywana (odnoszona) do punktów, których stałość jest kontrolowana (w dłuższych cyk-

lach czasowych) poprzez szyby w stosunku do punktów na powierzchni. Dzięki takiej koncepcji pomiaru, można dodatkowo wnioskować (z cyklicznych obserwacji) o bezwzględny ruch pionowy punktów stropowych i spągowych na kierunku pionowym. Precyzja określania takich zmian bezwzględnych jest jednak znacznie mniejsza i trudna do oszacowania.

Pomiary konwergencji poziomej wykonywane są na drodze bezpośredniego pomiaru taśmą stalową (z kontrolowaniem siły naciągu taśmy) pomiędzy parami odpowiednich znaków stabilizowanych w ociosach. Dokładność pomiaru tą metodą jest (nominalnie oceniając na poziomie średnich błędów pomiaru) w granicach od 1 do 3 mm w zależności od wielkości mierzonej długości. Natomiast dokładność określania zmian tych odległości w funkcji czasu jest rzędu 2÷5 mm. Przy pomiarach względnie krótkich odcinków (7÷10 m) można podwyższyć dokładność takiego pomiaru przez zmianę technologii pomiarowej, np. poprzez zastosowanie do takiego pomiaru specjalnych, sztywnych przymiarów teleskopowych.

Pomiary rozwarstwienia ociosów prowadzone są aktualnie tylko w jednym wyrobisku, tj. w komorze „Kristian”. Obserwacje prowadzone są na dwóch specjalnych bazach pomiarowych. Umożliwiają one względne określenie zróżnicowania ruchu punktów zastabilizowanych na różnej głębokości w górotworze, w stosunku do powierzchni ociosu. Bazy takie zastabilizowane są na dwóch przeciwległych ociosach (północnym i południowym). Ciężna kontrolne zastabilizowane są na głębokości 5 m i 10 m, a ich ruch względem powierzchni ociosu rejestrowany jest z dokładnością do 0,01 mm. Jest to jednak tylko nominalna dokładność urządzeń odczytowych. Brak jest udokumentowanych danych o realnej dokładności takiego pomiaru.

4.2. Wyniki obserwacji w poszczególnych obiektach

Realizowany przez kopalnię program obserwacji jest bardzo bogaty, lecz jednocześnie zróżnicowany w odniesieniu do poszczególnych obiektów. Autorzy przeanalizowali dostarczony przez zleceniodawcę materiał pomiarowy i w wyniku analizy starano się ocenić tempo przebiegu deformacji konturów poszczególnych wyrobisk. Analiza ta została opracowana w kontekście oceny ruchu górotworu w wyrobiskach wchodzących w skład trasy turystycznej i zapewnienia bezpieczeństwa osobom przebywającym na podziemnej trasie.

Syntetyczne wyniki z przeprowadzonych analiz materiału obserwacyjnego zgromadzonego dla poszczególnych obiektów przedstawiono poniżej.

Komora „Ważyn”

Pomiary realizowane są w siedmiu profilach poprzecznych od zachodniej części komory poczynając kolejno na wschód. W każdym profilu obserwowane są trzy odcinki pionowe:

- 1) przy ociosie południowym,
- 2) w rejonie środka komory
- 3) przy ociosie północnym.

W każdym z siedmiu profili obserwowany jest również jeden odcinek poziomy.

Stwierdzić należy, że:

- prędkości osiadania stropu zawierają się w granicach $-1,1 \div -2,0$ mm/miesiąc; są generalnie większe po stronie ociosu N;
- prędkości osiadania spągu są znacznie mniejsze; obserwuje się nawet wypiętrzanie spągu. Wypiętrzenia spągu mają miejsce w kilku rejonach komory, ich tempo jest zróżnicowane i wynosi przy ociosie S $+0,2$ mm/miesiąc, w części środkowej $+0,5$ mm/miesiąc oraz w profilu III jest rzędu $+0,4$ mm/miesiąc, w pozostałych profilach od 0 do $+0,2$ mm/miesiąc. Przy ociosie N tylko w profilu III jest rzędu $+0,2$ mm/miesiąc oraz w profilu VII jest rzędu $+0,1$ mm/miesiąc;
- prędkości zaciskania pionowego są silnie zróżnicowane (wykresy na poszczególnych bazach pionowych i pionowych). Przeciętne wartości zawierają się w granicach $-0,5 \div -2,2$ mm/miesiąc i są generalnie bardziej zróżnicowane i większe w zachodniej części komory w jej środku i przy ociosie północnym. Natomiast prędkości zaciskania poziomego są nieco mniejsze i zawierają się w granicach $-0,5 \div -1,5$ mm/miesiąc, za wyjątkiem dwóch pierwszych profili od strony zachodniej gdzie są w granicach $-1,6 \div -1,8$ mm/miesiąc. Istotne jest jednak zróżnicowanie rejestrowanych wielkości. Granice rozrzutu: wahają się w przedziale 0 do $-4,5$ mm/miesiąc dla kierunku poziomego oraz od $-0,2$ do $-3,4$ mm/miesiąc dla kierunku pionowego.

W wyniku przeprowadzonej analizy geodezyjnej, stwierdzono duże zróżnicowanie charakteru ruchu konturów wyrobiska. Jest ono obserwowane zarówno w kierunku poziomym, jak i pionowym. Zróżnicowanie to osiąga największe wartości w zachodniej części komory. Objawia się to naruszeniem struktury górotworu (spękania ociosu i łuszczenie w rejonach stropowych i ociosowych) — szczególnie w rejonie ociosu północnego, część zachodnia komory. Stan taki wymagał podjęcia pilnych działań w zakresie zabezpieczenia komory (rys. 4). Jej wynikiem było zlecenie wykonania projektu zabezpieczenia komory „Ważyn”.



Rys. 4. Łuszczenie się skorupy solnej w północnym ociosie komory „Ważyn”

Kaplica św. Kingi

W komorze kaplicy założona jest mocno rozbudowana sieć punktów kontrolnych. Od września 1998 r. ujednociono generalnie częstotliwość i zakres realizowanych obserwacji. Od tego momentu poczynając do stycznia 2004 r. zrealizowano 10 cykli obserwacyjnych (są to generalnie cykle półroczne). Reasumując przeprowadzone analizy, należy stwierdzić:

Tempo osiadania stropu w komorze, zawiera się w granicach $-1,6 \div -2,1$ mm/miesiąc i wykazuje dużą stabilność w czasie. Jest ono największe (rzędu -2 mm/miesiąc) w najwyższej centralnej części komory oraz na jej skraju południowym i wschodnim. Natomiast jest najmniejsze ($-1,6$ mm/miesiąc) po stronie północnej w okolicach ołtarza.

Tempo osiadania spągu obserwowane na wybranych pięciu punktach jest nieco mniejsze niż tempo osiadania stropu i również stabilne w czasie ale równocześnie bardziej zróżnicowane niż tempo osiadania stropu. Zawiera się ono w granicach $-0,6 \div -1,7$ mm/miesiąc. Jest ono najmniejsze ($-0,6$) w środku komory a największe ($-1,7$) przy południowym skraju komory naprzeciw ołtarza.

Pionowa prędkość zaciskania wyrobiska zawiera się w granicach $-0,4 \div -1,2$ mm/miesiąc i jest największa w środku komory a maleje generalnie w kierunku do ociosów wyrobiska. Świadczy to korzystnie o stabilności całego wyrobiska. Najmniejsze okresowe prędkości zaciskania rejestrowane są na odcinku pionowym na południowym skraju komory i zawierają się w granicach $-0,4 \div -0,5$ mm/miesiąc.

Poziome prędkości zaciskania wyrobiska zarejestrowane na sześciu odcinkach poziomych o silnie zróżnicowanych długościach i zawierają się w granicach $-0,3 \div -0,8$ mm/miesiąc, a więc są nieco mniejsze niż prędkości zarejestrowane na odcinkach pionowych.

Stwierdzić należy, że kontury wyrobiska wykazują dużą stabilność, pomimo ruchów bezwzględnych i względnych całego rejonu i wcześniejszych uszkodzeń filara w rejonie ambony i zakrystii. Dlatego też zwrócono szczególną uwagę na obserwację rejonu ambony i spękań filara w tym miejscu.

Komora „Kieratu Gaplowego” (Rabsztyńskiego)

W wyrobisku tym obserwowany jest jeden odcinek pionowy pomiędzy stropem i spągiem komory (o wysokości ok. 5,2 m) oraz dwa odcinki poziome zlokalizowane w wyższej części komory. Przeciętna prędkość osiadania stropu za cały okres obserwacji jest rzędu $-2,9$ mm/miesiąc i jest o połowę większa niż prędkość osiadania spągu ($-1,8$ mm/miesiąc). Prędkości zaciskania pionowego obserwowana na bazie pionowej wynosi więc około 1,1 mm/miesiąc a wyliczone całkowite, pionowe odkształcenie względne wynosi 5,3 mm/m.

Komora „Kieratu Ważyńskiego”

Sieć kontrolna założona w tej komorze składa się z czterech punktów zastabilizowanych w stropie i jednego zastabilizowanego w spągu komory. W wyrobisku obserwowane są wysokościowo trzy punkty kontrolne zastabilizowane w stropie komory i jeden zastabili-

zowany w jej spągu. Zaciskanie pionowe wyrobiska mierzone jest na jednym odcinku pionowym pomiędzy stropem i spągami komory oraz na dwóch odcinkach kontrolnych utworzonych przez wspólny punkt spagowy i dwa inne punkty zastabilizowane w stropie. Na kierunku poziomym obserwacje zaciskania poziomego wyrobiska realizowane są na dwóch odcinkach. Przeciętna prędkość osiadania stropu za cały okres obserwacji jest podobna na wszystkich trzech punktach obserwowanych na stropie i jest rzędu $-1,2$ mm/miesiąc. Jest ona nieco większa niż prędkość osiadania spągu, która wynosi $-0,9$ mm/miesiąc. Prędkość zaciskania pionowego obserwowana na bazie pionowej wynosi około $-0,3$ mm/miesiąc, a na pozostałych dwóch odcinkach nie przekracza $-0,4$ mm/miesiąc. Wyliczone całkowite, pionowe odkształcenie względne wynosi ok. 2 mm/m. Pomiary wykazują niewielką tendencję wzrostową w tempie obserwowanych deformacji na konturach wyrobiska, głównie na kierunku pionowym.

Komora „Koldrasa”

W komorze obserwowane są systematycznie dwa odcinki dla rejestracji pionowego zaciskania przestrzeni wyrobiska oraz aktualnie dziesięć odcinków poziomych o silnie zróżnicowanych długościach. Te ostatnie zastabilizowane są generalnie na kierunkach N-S i W-E. W środkowej części komory (pomiędzy środkowym a wschodnim filarem) (rys. 5) rejestrowane są na kierunku W-E odkształcenia poziome o znaku dodatnim.



Rys. 5. Filar w centralnej części komory „Koldrasa”
– widok przed wykonaniem zabudowy pod boksy sanatoryjne

Świadczy to zazwyczaj o fakcie występowania w górotworze naprężeń rozciągających groźnych dla ciągłości konturów wyrobiska. Stosunkowo intensywne osiadania stropu i znaczące prędkości zaciskania wyrobiska na kierunku pionowym prowadzić mogą w dłuższym okresie czasu do niszczenia (rozgniatania) trzech filarów solnych w środkowej części komo-

ry. Proces ten już się rozpoczął co objawia się pęknięciami górotworu na powierzchniach bocznych wschodniego i środkowego filara. Przy istniejącej aktualnie obudowie komory, przebywanie w niej nie niesie za sobą zwiększonego ryzyka pobytu w wyrobisku podziemnym. Niemniej zalecono założenie dwóch baz obserwacyjnych na istniejących szczelinach i objęcie ich pomiarami w cyklu miesięcznym oraz przedłużenie, w miarę możliwości, istniejącego odcinka w części zachodniej w kierunku północnym, poprzez dostabilizowanie punktu obserwacyjnego.

Komora „Stajnia”

W wyrobisku tym obserwowany jest tylko jeden odcinek pionowy pomiędzy stropem i spągami komory w jej centralnej części. Natomiast na kierunku poziomym zaciskanie kontrolowane jest na pięciu odcinkach o zróżnicowanej długości. Na kierunku W-E obserwacje poziome prowadzone są tylko na jednym odcinku o długości 12,8 m przechodzącym generalnie przez środek komory. Natomiast na kierunku N-S obserwowane są cztery odcinki. Osiadanie stropu i spągu komory jest bardzo regularne i nie jawi się tendencja wzrostowa. Natomiast rejestrowane na pięciu bazach poziomych prędkości zaciskania poziomego są silnie zróżnicowane. W części centralnej komory na kierunku N-S prędkość ta wynosi – 0,8 mm/miesiąc, a na kierunku prostopadłym (W-E) jest czterokrotnie mniejsza i wynosi – 0,2 mm/miesiąc. Pionowe odkształcenie względne za cały okres prowadzenia obserwacji wynosi przeciętnie około – 4,9 mm/m. Natomiast poziome odkształcenia względne są silnie zróżnicowane.

Szybik „Spalony”

W wyrobisku tym obserwacje realizowane są na dwóch poziomach. U dołu szybika (ok. 6 m nad poziomem podłużni „August”) oraz w górnej części szybika (poniżej podłużni „Dobosz”). Na obu tych poziomach obserwowane są po dwa (generalnie prostopadłe do siebie) odcinki poziome pomiędzy parami punktów zastabilizowanych w przeciwnych odciskach szybika o długościach podobnych, tj. ok. 2 m. Zarejestrowane prędkości osiadań na obu poziomach obserwowanych w szybiku są prawie identyczne i wynoszą około 1,0 mm/miesiąc. Wykonany cykl pomiarowy nie wykazał występowania w rejonie szybika pionowego zaciskania w strefie obserwowanej szybika. Rejestrowane w czterech cyklach zmiany długości odcinków poziomych nie wykazują w czasie wyraźnej tendencji wzrostowej. Tym niemniej obserwuje się dwie inne tendencje:

- 1) w górnej części szybika tempo zaciskania poziomego jest wyraźnie większe niż w dolnym przekroju obserwowanym,
- 2) na obydwu poziomach prędkość zaciskania poziomego jest prawie dwukrotnie większa na kierunku N-S niż na kierunku W-E.

Komora „Kristian”

W środkowej części komory, na trzech różnych wysokościach zastabilizowane zostały trzy pary znaków stanowiących poziome odcinki kontrolne dla pomiaru zaciskania poziomego wyrobiska na generalnym kierunku N-S.

Analiza wszystkich wyników daje podstawę do następujących stwierdzeń:

- prędkości osiadań zarejestrowane na trzech punktach w komorze są bardzo podobne do siebie i zawierają się w granicach $-1,8 \div -1,9$ mm/miesiąc w rocznym cyklu obserwacyjnym;
- prędkości zaciskania poziomego na dwóch pierwszych odcinkach (licząc od zachodu) są podobne i przeciętnie dla całego okresu obserwacji są rzędu $-0,3$ mm/miesiąc, natomiast na odcinku trzecim (wschodnim) prędkość przeciętna jest trzykrotnie większa i wynosi $-0,9$ mm/miesiąc; w ostatnim okresie obserwacji wyraźnie wzrosła osiągając $-1,0$ mm/miesiąc.

Wyniki pomiaru rozwarstwień pokazują, że w pierwszym okresie czasu około 40 dni, po zamontowaniu urządzeń, następowała najprawdopodobniej stabilizacja cięgien kontrolnych w górotworze. W okresie drugim (różnym dla ociosu N i S) rejestrowano proces rozwarstwiania, a w okresie trzecim odnotowano zanik tendencji do rozwarstwiania. Dla południowego ociosu proces rozwarstwiania zachodził w okresie od pierwszej dekady marca 2002 r. do połowy sierpnia 2002 r., a względna wielkość rozwarstwienia osiągnęła wartość rzędu 0,4 mm. Natomiast dla ociosu północnego okres rozwarstwiania był dłuższy (od pierwszej dekady marca 2003 r. do połowy lipca 2003 r.) a osiągnięta wartość rozwarstwienia względnego jest większa, tj. rzędu 1,0 mm.

Szyb „Sutoris”

W szybie tym udokumentowane, systematyczne obserwacje wysokościowe prowadzone są od marca 1982 r. Obserwacjami prowadzonymi głównie w celu obsługi prac remontowych realizowanych w tym szybie objęte były wcześniej różne punkty, które w zdecydowanej większości nie zachowały się do chwili obecnej.

W wyniku zróżnicowanego tempa osiadań na poszczególnych poziomach występują w profilu pionowym szybu względne przemieszczenia pionowe które zawierają się w granicach $-0,18 \div +0,10$ mm/m. Są one największe i najbardziej zróżnicowane w strefie pionowej pomiędzy poziomem „Wernier” a poziomem „Błagaj Stanetti” ew. „Podmoście”. Od 29 lipca 2001 r. realizowane są również kontrolne pomiary na odcinkach poziomych zastabilizowanych w obudowie szybu w strefach gdzie nastąpiły uszkodzenia tej obudowy. Na każdej bazie kontrolnej obserwowane jest po dziewięć odcinków poziomych o silnie zróżnicowanych długościach ($0,9 \div 4,4$ m).

Wyniki pomiarów pozwalają na sformułowanie następujących stwierdzeń;

- na kierunku N-S rejestrowane jest systematyczne skracanie odcinków obserwowanych natomiast na kierunku W-E obserwowane jest systematyczne wydłużanie obserwowanych odcinków; zjawisko to występuje ewidentnie na wszystkich czterech horyzontach w szybie;
- prędkości okresowe rejestrowanych zmian długości w czasie są silnie zróżnicowane i zawierają się w granicach od $-0,44 \div +0,50$ mm/miesiąc;

- przeciętne prędkości rejestrowanych zmian odległości dla wybranych odcinków reprezentatywnych dla kierunków N i S w całym okresie 31 miesięcy prowadzenia obserwacji są mniejsze ($-0,16 \pm 0,19$ mm/miesiąc) i są podobne na wszystkich czterech horyzontach w szybie.

Jak widać, można przyjąć, że tempo zachodzących zmian jest na poziomie 0,2 mm/miesiąc przy czym na kierunku północ-południe następuje zaciskanie obudowy, a na kierunku wschód-zachód ewidentne jej rozciąganie. Strefa uszkodzeń obudowy szybu winna być przedmiotem szczególnej uwagi podczas prowadzonych bieżąco przeglądów rewizyjnych szybu.

Szyb „Campi”

Szyb „Campi” przekazany został do ruchu w lutym 2004 r. Przeprowadzone w lipcu 2003 r. pomiary pionowości zbrojenia wykazały, że w czasie postoju szybu (od 1998 do 2003 r.) nastąpiły znaczne deformacje torów prowadniczych. Przemieszczenia elementów zbrojenia osiągnęły wartość maksymalną 98 mm w kierunku N-S oraz 16 mm w kierunku W-E. Przeprowadzono rektyfikację zbrojenia szybu według zatwierdzonego projektu oraz zgodnie z udzielonym przez Wyższy Urząd Górniczy odstępstwem od obowiązujących przepisów. Zapewniona została płynność i spokojność jazdy naczyń wyciągowych. Aktualnie stan obudowy i zbrojenia szybowego nie budzi obaw. Mimo stwierdzonych pęknięć rury szybowej nie zanotowano do tej pory ubytków i odspojen w betonowym płaszczu obudowy. Kompleksowe pomiary deformacji zbrojenia i obudowy będą przeprowadzane raz na dwa lata. Następny pomiar będzie miał miejsce w 2005 r.

5. Projekt opomiarowania wyrobisk na trasie turystycznej

Systematyczne obserwacje deformacji wyrobisk w Kopania Soli „Bochnia” prowadzone są od początku lat 90. XX w. W kolejnych latach do programu obserwacji włączane były kolejne obiekty i doskonalono technologię prowadzenia pomiarów. Ich wynikiem jest gromadzony i analizowany w różnych opracowaniach materiał, pozwalający na oszacowanie tempa deformacji konturów wyrobisk. Niniejsza ocena miała za zadanie ujednoczenie sposobu i częstotliwości prowadzenia obserwacji w kontekście uzyskania obrazu zmian zachodzących w górotworze, w strefie wyrobisk zabytkowych liczących kilkadziesiąt lat.

W podsumowaniu stwierdzono, że:

- generalnie zaciskanie poziome wyrobisk jest większe na kierunkach N-S w obserwowanych obiektach,
- przedziały okresowych prędkości są bardzo zróżnicowane w zależności od miejsca lokalizacji w górotworze;
- konwergencja pionowa jest generalnie większa niż pozioma (prędkość zaciskania) ale lokalnie zdarzają się znaczne odstępstwa od tej zasady; uwarunkowane jest to położeniem konkretnego wyrobiska w przestrzeni złoża, jak również nieciągłościami w strukturze otaczającego górotworu;

- prędkości osiadań maleją ze wzrostem głębokości w stosunku do powierzchni, natomiast prędkości zaciskania przestrzeni pustych nie wykazują już wyraźnie takiej zależności;
- uszkodzenia w szybie „Sutoris” związane są z faktem, że znalazł się on w strefie skrzydłowej (wschodniej) globalnej niecki osiadań rejestrowanych na powierzchni terenu;
- w szybie „Sutoris” występująca największa strefa uszkodzeń obudowy zlokalizowana jest między poziomem „Wernier” a „Sienkiewicz”;
- w szybie „Campi” można się spodziewać w przyszłości rozwoju procesów destrukcyjnych, objawiających się formie uszkodzeń obudowy.

Generalnie stwierdzić należy, że proponowany program obserwacji przemieszczeń górotworu jest kolejnym etapem rozbudowy i doskonalenia systemu poznawania zachowania się górotworu. Badania te mają służyć do określenia aktualnego i prognozowanego tempa przemieszczeń konturów wyrobisk i określenia występujących tendencji w aspekcie zapewnienia bezpieczeństwa ludziom przebywającym w badanym rejonie.

LITERATURA

- [1] Aktualizacja prognoz odkształceń powierzchni i wnętrza górotworu dla Kopalni Soli „Bochnia”. Etap nr: 68 09 00/97. Kraków, Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Górnictwa Surowców Chemicznych „Chemkop” grudzień 1997
- [2] *Biel A. i in.*: Aktualizacja prognoz odkształceń powierzchni i wnętrza górotworu dla Kopalni Soli „Bochnia”. Kraków, Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Górnictwa Surowców Chemicznych „Chemkop” 1997
- [3] *Charkot J., Gawroński W., Jaworski W.*: Wyrobiska zabytkowe Kopalni Soli „Bochnia” — pomnika historii w aspekcie konserwatorskim. Wieliczka, Muzeum Żup Krakowskich 2003 (maszynopis)
- [4] *Chmura J. i in.*: Likwidacja zbędnych pustek i zabezpieczenie zabytkowych wyrobisk — warunkiem koniecznym zmniejszenia odkształceń powierzchni, deformacji górotworu i wzrostu stateczności chronionych obiektów podziemnych w rejonie na wschód od szybu „Sutoris” w Kopalni Soli „Bochnia”, 2003
- [5] *Józefko L. i in.*: Inwentaryzacja geodezyjna i geologiczna zespołu wyrobisk korytarzowo-komorowych na poziomach Gołuchowski, Podmoście, Błagaj-Stanetti, Sienkiewicz i Lobkowicz w rejonie na wschód od szybu Sutoris. Bochnia, 1997 (maszynopis)
- [6] *Ryncarz T.*: Ruchy górotworu wywołane wyrobiskami podziemnymi. Kraków, Wyd. AGH, SU 1295, 1992
- [7] *Siembab J.*: Mapa przestrzenna wyrobisk górniczych w rejonie szybu „Sutoris” od powierzchni do poziomu „Sienkiewicz” (opracowanie archiwalne)
- [8] *Szczepański A. i in.*: Ocena wpływu działalności Kopalni Soli „Bochnia” na środowisko. Kraków, Zakład Badawczo-Projektowy GeoConsulting Sp. z o.o. 1996