

Henryk KLETA, Franciszek PLEWA
Politechnika Śląska, Gliwice

ZAGROŻENIE POWIERZCHNI TERENU PO ZAKOŃCZENIU WIELOLETNIEJ EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ NA PRZYKŁADZIE KOPALNI „SIERSZA”

Streszczenie. Zmiany warunków hydrogeologicznych w obszarze likwidowanej kopalni „Siersza” oraz podniesienie się poziomu wody w górotworze spowodują pogorszenie się parametrów fizykomechanicznych skał. Skutkiem zmian warunków hydrogeologicznych może być reaktywacja płytkich starych zrobów poeksploatacyjnych i pustek oraz reaktywacja nieprawidłowo zlikwidowanych szybików.

RISKS FOR GROUND SURFACE AFTER LONG TERM MINING EXPLORATION ON THE EXAMPLE OF “SIERSZA” MINE

Summary. Restored water level in coal mine “Siersza” and depression area created by this mine will cause that areas of some subsidences will be flooded. Changes of hydrogeological conditions in the area of a mine under liquidation process as well as increase of water levels will result in worse physical-mechanical properties of rocks. Other effect of hydrogeological changes could be reactivation of old shallow mining voids and shafts.

1. Wstęp

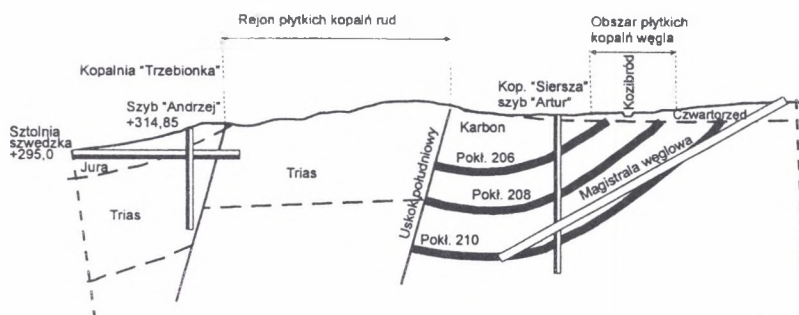
Kopalnie węgla kamiennego likwidowane są obecnie w sposób, jaki powszechnie stosuje się na świecie, a który polega na odcięciu tamami pól eksploatacyjnych oraz na zasypaniu wyrobisk łączących je z powierzchnią.

W wyniku likwidacji kopalni następuje zmiana dotychczasowych warunków hydrogeologicznych, co może w pewnych warunkach powodować powstanie niekorzystnych skutków na powierzchni w postaci podtopień terenu.

Skutkiem zmian warunków hydrogeologicznych może być również reaktywacja płytkich, starych zrobów poeksploatacyjnych i pustek oraz reaktywacja nieprawidłowo zlikwidowanych szybików.

2. Charakterystyka powierzchni terenu w obrębie obszaru górniczego „Siersza I”

Obszar górniczy i teren górniczy kopalni „Siersza” pod względem geograficznym położone są na pograniczu Wyżyny Śląskiej i Wyżyny Krakowskiej. Pod względem geologicznym górotwór należy do niecki wilkoszyńskiej, stanowiącej północno-wschodnią część antykliny śląsko-krakowskiej (rys. 1).



Rys. 1. Schematyczny przekrój geologiczny

Fig. 1. The geological section within the precincts of KWK Siersza

Obszar górniczy „Siersza I” ma kształt wydłużonego dziewięcioboku (wzdłuż osi NW-SE) o długości ok. 13,5 km i szerokości ok. 4 km. Jego powierzchnia wynosi 40,3 km², natomiast powierzchnia terenu górniczego wynosi 42,7 km². Administracyjnie obszar „Siersza I” znajduje się w obrębie województw małopolskiego i śląskiego, obejmując swym zasięgiem tereny powiatów chrzanowskiego i jaworznickiego z miejscowościami: Chrzanów, Jaworzno Ciężkowice i Trzebinia, w skład której wchodzi osiedla oraz sołectwa: Gaj, Góry Luszowskie, Myślachowice, Trzebieńka, Wodna, Siersza, Karniowice i Młoszowa.

Powierzchnia terenu w obrębie obszaru górniczego „Siersza I” jest zróżnicowana, różnica wysokości między najwyższym punktem terenu a najniższym wynosi ok. 146 m. Najwyżej położony jest teren we wschodniej części obszaru górniczego, gdzie występują liczne

wzgórza o stromych zboczach, z ostro wciętymi dolinami. Część południowo-zachodnia stanowi garb o przebiegu NW-SE z wyniesieniami od 330 m n.p.m. do 354 m n.p.m. Garb ten w kierunku północnym przechodzi w rozległe obniżenie, na którym znajdują się doliny potoków Kozibród, Żabnik i Jaworznik. W obrębie obszaru górniczego w całym okresie działalności górniczej wytworzone zostały dodatkowe depresje spowodowane osiadaniem terenu. Część tych depresji zamieniła się w obszary zalewisk i wymaga sztucznego drenażu.

Koncentracja zabudowy mieszkalnej niskokubaturowej i wolno stojącej oraz przemysłowej znajduje się w środkowej części obszaru górniczego w rejonie gminy Trzebinia, wokół sołectw i osiedli: Siersza, Trzebionka, Wodna, Luszowice, Młoszowa, Karniowice i Myślachowice.

W południowo-wschodniej części obszaru górniczego występują w przeważającej większości tereny rolne i leśne

Górotwór w omawianym rejonie odwadniany był w przedziale warstw czwartorzędowych, triasowych, permskich i karbońskich na obszarze kopalni „Siersza”, a na obszarze kopalni „Trzebionka” odwadniany jest w przedziale warstw triasowych, jurajskich i czwartorzędowych, a na obszarze kopalni pisku w Biskupim Borze na odcinku warstw czwartorzędowych. Łącznie z tego rejonu do końca 2000 r. odprowadzano około 70 m³/min, z czego około 50 m³/min stanowią wody z zasobów dynamicznych, pochodzące z infiltracji wód opadowych. Odwadnianiem były objęte warstwy do głębokości około 560 m.

3. Dotychczasowa działalność górnicza w obrębie obszaru górniczego „Siersza I”

Przemysłowa eksploatacja złóż węgla kamiennego w okolicach Sierszy została rozpoczęta w początkowych latach XIX w. Już w połowie XVIII w. miejscowa ludność wydobywała węgiel na wychodniach pokładów. Pierwsze kopalnie węgla w Sierszy powstały w rejonie potoku Kozibród, na terenie Gór Luszowskich, w miejscu, gdzie pokład węgla wychodzi na powierzchnię terenu. Wydobywanie rozpoczęło już w 1804 r., udostępniając pokład po upadzie oraz wykonując kilka płytkich szybików. Eksploatowany pokład nazywany „Albrechtem” (208), miał w tym miejscu przeciętnie około 4 m grubości. W tym czasie podczas wydobywania węgla napotkano trudności związane ze znacznym dopływem wody do podziemnych wyrobisk. Nawet zastosowana wówczas pompa, poruszana konnym kieratem, nie mogła w pełni odwodnić kopalni. Wydobywanie kopalni „Albrecht” w ostatnim okresie jej

działalności wynosiło 12.000 ton węgla rocznie, co lokowało ją na drugim miejscu w Zagłębiu Krakowskim. W latach 1807-1816 w stosunkowo bliskiej odległości od kopalni „Albrecht” prowadzono płytką eksploatację w kopalni „Izabella”. Kopalnia „Albrecht” została na stałe zalana wodą w 1818r., a kopalnia „Izabella” w 1817 r.

W 5 lat później nastąpiło wznowienie działalności górniczej w tym rejonie, gdzie jesienią 1822 r. przystąpiono do eksploatacji węgla w kopalni „Zofia”, która posiadała kilkanaście szybków. W 1840 r. eksploatację przeniesiono w rejon osiedla Trentowiec. W roku 1852 z uwagi na pożary i duże dopływy wody zamknięto kopalnię „Zofia”. W 1843 r. uruchomiono kopalnię „Elżbieta”, położoną na południe od kopalni „Izabella”. W 1861 r. w bliskim sąsiedztwie starej „Izabelli” powstała „Nowa Izabella”. W kilka lat później, na granicy Sierszy i Myślachowic uruchomiona została kopalnia „Adam”.

Od początku XX w. rozwijana była eksploatacja pokładów węgla w Polu Centralnym, zwłaszcza przy wykorzystaniu szybu „Artur Główny”, który do 1914 r. został pogłębiony do głębokości 193 m i udostępnił poziom III na głębokości 130 m i poziom IV na głębokości 190 m. Bliźniaczy szyb „Artur Pomocniczy” zgłębiono do głębokości 206,7 m, udostępniając pokłady 207, 208 i 209-210. W r. 1922 pogłębiono szyb „Zofia” udostępniając poziomy wydobywcze I na głębokości 30 m i poziom II na głębokości 90 m. W 1929 r. wykonano szyb „Artur Nowy” do głębokości 196 m, przez który udostępniono poziom III na głębokości 130 m i poziom IV na głębokości 190 m. W 1931 r., w bezpośrednim sąsiedztwie szybów „Artur” wykonano wentylacyjny szyb „Centralny”, do ostatecznej głębokości 128,5 m.

W 1920 r. powstała nowa kopalnia „Zbyszek”, która obejmowała wschodnią część Pola Centralnego. Do 1947 r. kopalnia „Zbyszek” prowadziła samodzielną eksploatację pokładów 118 i 207. W 1947 r., po połączeniu kopalń „Artur” i „Zbyszek”, utworzono Kopalnię Węgla Kamiennego „Siersza”.

W okresie 1900-1950 wybrano w Polu Centralnym znaczne zasoby węgla kamiennego w pokładach 207, 208 i 209-210.

Do r. 1950 w Polu Wschodnim, Zachodnim i Południowym nie prowadzono eksploatacji górniczej.

W latach 60. XX w. udostępniono w granicach Pola Centralnego głębiej zalegające pokłady węgla poprzez pogłębienie szybu „Zofia” do ostatecznej głębokości 165,5 m, budowę nowego szybu „Artur IV” do ostatecznej głębokości 389,5 m, pogłębienie szybu „Artur Główny” do ostatecznej głębokości 367,5 m oraz zgłębienie szybu „Walter”, pełniącego rolę szybu wentylacyjnego. W bezpośrednim sąsiedztwie pokładów 214 i 301 wykonano

podszybia na poziomie IV na głębokości 250 m oraz na poziomie V na głębokości 280 m. W latach 70. pogłębiono do ostatecznej głębokości 359,5 m szyb „Zbyszek”, udostępniając poziom VI na głębokości 350 m.

W południowej i wschodniej części Pola Centralnego udostępniono pokłady 209-210, 214 i 301, wykonując poziome wyrobiska kamienne: przekop przewozowy i jego kontynuację w kierunku wschodnim, przekop „Ligia” na poziomie V (1978 r.) oraz przekop wschodni na poziomie VI (1972-1978). Przekopy te pozwoliły na połączenie wentylacyjne i transportowe szybów „Artur” z szybem „Zbyszek” oraz w późniejszym okresie z szybem „Wschodnim”.

W latach 1983-1987 zgłębiono szyb „Artur Nowy” do ostatecznej głębokości 544,9 m w celu umożliwienia wybrania pokładu 301-2-3 w południowej części Pola Centralnego oraz pokładów 214 i 301 w Polu Południowym.

W latach 90. przeprowadzono częściową likwidację wyrobisk górniczych w Polu Centralnym, a także zlikwidowano przez zasypanie szyby: „Artur Pomocniczy” w 1994 r., „Walter” w 1997 r. oraz „Paula” w 1997r.

Trwająca blisko 200 lat eksploatacja górnicza w Polu Centralnym objęła następujące pokłady: 118 (206), 207, 208, 209, 210, 209-210, 214, 301 i 303.

Pole Wschodnie obszaru górniczego „Siersza I” udostępnione zostało dopiero w latach 80. XX w. szybem „Wschodnim” oraz przekopami „Ligia” i wschodnim. Szyb „Wschodni” zgłębiono w latach 1980-1981 do głębokości 262,8 m. Przekop „Ligia” oraz jego kontynuacja w kierunku południowo-wschodnim i wschodnim udostępniły pokład 207 od strony południowej. Przekop wschodni udostępnił pokłady 207, 208 i 209-210.

Eksploatację pokładów węgla w Polu Wschodnim KWK „Siersza” rozpoczęła w 1982 r. Roboty górnicze prowadzono w pokładach 207, 208 i 209-210. W filarze ochronnym dla wsi Młoszowa wyeksploatowano pokład 207 systemem ścianowym z podsadzką hydrauliczną w dwóch warstwach. Poza filarem, w rejonie pomiędzy wsiami Młoszowa i Karniowice, eksploatowano pokłady 207 i 209-210 systemem ścianowym z zawalem stropu dwoma warstwami, natomiast pokład 208 na jedną warstwę również systemem ścianowym z zawalem stropu. Eksploatację górniczą w Polu Wschodnim zakończono w 1999 r.

W Polu „Lech” bezpośrednio na utworach karbonu zalega gruba (do 50 m) warstwa piasków czwartorzędowych, stanowiąca bardzo zasobny poziom wodonośny. W latach 1961-1963 wykonano w tym polu trzy szyby („Lech 1”, „Lech 2” i „Lech 3”) o głębokościach odpowiednio: 170,2 m, 165,0 m i 99,7 m. Na skutek znacznych dopływów wody po rozmrożeniu górotworu, wszystkie szyby zostały zatopione. Podjęte w latach 1966-1969

próby udostępnienia „Pola Lech” poziomymi wyrobiskami kamiennymi prowadzonymi od szybu „Zofia” również nie powiodły się, ponieważ po przejściu przez uskok Sierszański II nastąpiły znaczne dopływy wody, co spowodowało konieczność zamknięcia wykonanych przekopów tamami wodnymi.

W partii „P, K, L” miąższość utworów czwartorzędowych jest zdecydowanie mniejsza i nie przekracza 15 m, przez co zagrożenie ze strony wód podziemnych było znacznie mniejsze. Próby udostępnienia złoże w tej partii podjęto w latach 1958-1961, wykonując szyb „Czech” o głębokości 52,0 m, który udostępnił pokład 207. Prace w tym rejonie zostały jednak wstrzymane.

W latach 70. i 80. partia „P,K,L” została udostępniona poziomymi wyrobiskami kamiennymi: przekopem zachodnim II wykonanym od szybu „Zofia” (1970-1971), przekopem zachodnim IV wykonanym z chodnika podstawowego w pokładzie 209 (1978-1983) oraz przekopem południowym II wykonanym z chodnika podstawowego w pokładzie 214 (1985-1989). Przekopy te udostępniły pokład 208 w partii „P, K, L”, umożliwiając jego eksploatację, która została przeprowadzona w latach 1983-1991 na głębokości 60-240 m w dwóch warstwach o łącznej miąższości 4.1-5,6 m systemem ścianowym z podszatką hydrauliczną.

Pole Południowe zlokalizowane jest po południowej stronie uskoku południowego i charakteryzuje się bardzo urozmaiconą budową geologiczną, z silnie rozwiniętą tektoniką oraz występowaniem w nadkładzie grubych kompleksów utworów młodszych, głównie triasowych i jurajskich. Pole to nigdy nie było udostępniane pionowymi wyrobiskami górnictwymi. Roboty udostępniające prowadzone były z sąsiedniego Pola Centralnego poziomymi wyrobiskami kamiennymi (przekopami południowymi poz. V i VI) wykonanymi w latach 1982-1986. Przekopy udostępniły pokład 207 w centralnej i wschodniej części Pola Południowego, pokład 208 w zachodniej części Pola Południowego oraz pokład 209-210 w centralnej części Pola Południowego. Roboty przygotowawcze w obrębie pokładu 207 prowadzone były we wschodniej części Pola Południowego w latach 1983-1989, natomiast w obrębie pokładu 209-210 w zachodniej części Pola Południowego w latach 1996-1998. Eksploatację węgla w Polu Południowym prowadzono bardzo krótko i w ograniczonym zakresie.

4. Przewidywane skutki geotechniczne likwidacji kopalni „Siersza”

Wyłączenie pomp głównego odwadniania, w grudniu 2000 r., spowodowało rozpoczęcie procesu zatapiań zrobów i wypełniania leja depresji, jaki wytworzył się w wyniku długotrwałego drenażu górniczego. Podnoszenie zwierciadła wody będzie zachodzić do wysokości, przy której uzyskana zostanie równowaga hydrodynamiczna w górotworze.

W wyniku samozatapiań się kopalni woda gromadząca się w wyrobiskach południowych i wschodnich uzyska większe ciśnienie wskutek infiltracji z terenów położonych powyżej rzędnej +370 m n.p.m. i wyrównując swój poziom migrować będzie wyrobiskami górniczymi z części południowej w kierunku północno-zachodnim, w rejon szybu „Artur” [4].

Spiętrzone wody w rejonie szybów Artur szukać będą dróg dla przepływów, wykorzystując stare zroby i nie zlikwidowane stare wyrobiska górnicze, mające połączenia z powierzchnią, a przynajmniej z dobrze wodoprzepuszczalnymi utworami czwartorzędowymi.

Wiele wyrobisk, w tym zwłaszcza starych, zlikwidowano w sposób nieprawidłowy lub nie zlikwidowano w ogóle i są one tylko częściowo zaciśnięte oraz zasypane odpadami czy substancjami pochodzenia organicznego. Spiętrzająca się woda w wyrobiskach kopalnianych może takie wyrobiska wykorzystywać do przepływów, przy czym wskutek namakania wypełniający je zasyp opadać będzie na dno szybika.

Poprzez takie właśnie wyrobiska usytuowane na terenie o nisko zalegającej powierzchni woda spiętrzająca się w kopalni może wydostawać się na powierzchnię lub do utworów czwartorzędowych.

Odbudowany poziom wody w kopalni „Siersza i w obrębie wytworzonego przez nią leja depresji będzie wyższy od poziomu zwierciadła wody w potoku Kozibród. Wskutek tego teren w obrębie niektórych niecek osiadań może zostać podtopiony oraz wystąpi zagrożenie terenu wskutek reaktywacji starych zrobów.

Reaktywacja starych zrobów spowodowana zmianami warunków hydrogeologicznych wystąpić może głównie w rejonie:

- płytkich zrobów zawałowej eksploatacji pokładów węgla i eksploatacji rudnej,
- szybów i szybików niewłaściwie zlikwidowanych,
- upadłych węglowych i sztolni rudnych.

Szyby i szybiki dawnego kopalnictwa posiadają przekrój prostokątny lub kwadratowy, o rozmiarach od 3 do 5 m² i głębokościach od kilku do trzydziestukilku metrów. Doświadczenia kopalni wskazują, że stosowano dwa sposoby likwidacji szybików, a mianowicie przez

całkowite zasypianie z użyciem materiału zgromadzonego na hałdach albo przez zamknięcie wylotu szybika pomostem z bali, rozpartym na ociosach lub na obudowie około 2 do 3 m poniżej powierzchni i niwelację materiałem z hałdy. Większość wyrobisk zlikwidowano przez zakładanie pomostów z bali drewnianych.

Trwałość tych pomostów wynosi prawdopodobnie około 70 do 80 lat. Po tym czasie, warstwa urobku przykrywająca pomost wyspuje się do szybika. Zależnie od głębokości i stanu ociosów wyrobiska dochodzi do częściowego wypełnienia, z uformowaniem zapadliska w kształcie leja. Zjawiska tego typu były powszechnie spotykane na terenie zespołów robót szybikowych. Szczególnie intensywnie występowały one na tym terenie zwłaszcza w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych. Ich skutki usuwano przez zasypywanie, jednak lokalizacja zasypanych wyrobisk i inne dane na temat ich likwidacji nie są dziś znane. Wydaje się, że większość szybików wykonanych na analizowanym terenie w związku z eksploatacją albo uległa naturalnemu wypełnieniu, albo też została zasypana, nie można jednak wykluczyć możliwości dalszych pojedynczych przypadków „otwierania się” wyrobisk. Innym problemem jest też grawitacyjne przemieszczanie materiału wypełniającego wyrobiska wskutek następującego z czasem zagęszczania, wymywania przez wody opadowe drobnych frakcji, oddziaływania osiadań stropu nad pobliskimi wyrobiskami chodnikowymi oraz eksploatacyjnymi itp. Zjawiska takie są względnie rzadkie i niekiedy trudne do odróżnienia z reaktywacją kopalnych zapadlisk krasowych.

Z powyższych względów konieczne będzie w zagrożonym terenie prowadzenie zabiegów jego uzdatnienia w celu zabezpieczenia istniejącej zabudowy i infrastruktury technicznej, jak i terenów przeznaczonych do zabudowy.

Zmiana warunków hydrogeologicznych może w pewnych warunkach powodować powstanie niekorzystnych skutków na powierzchni terenu, które będą wymagały zastosowania określonych rozwiązań technicznych.

Odbudowany poziom wody w Kopalni „Siersza i w obrębie wytworzonego przez nią leja depresji będzie powodował, że teren w obrębie niektórych niecek osiadań może zostać podtopiony.



Rys. 2. Deformacje nieciągłe w rejonie płytkiej eksploatacji górniczej
Fig. 2. The discontinuous deformation in the area of shallow mining exploitations

5. Podsumowanie

1. W wyniku długotrwałego odwadniania górotworu w obrębie obszaru górniczego „Siersza 1” nastąpiły korzystne zmiany w stosunkach geologiczno-inżynierskich na omawianym obszarze. Odwadniane warstwy podwyższyły swe parametry geomechaniczne, poprawiły swą stateczność, a w wielu miejscach na powierzchni terenu w obrębie dawnych moczarów, grunty nabrały cech gruntów budowlanych i zostały zajęte pod zabudowę.
2. W związku z dużym dopływem wody Kopalnia „Siersza” ulegnie w ciągu najbliższego dziesięciolecia samozatopieniu, a lej depresyjny wytworzony w horyzontach wodnych w wyniku pompowania wody przez kopalnię ulegnie wypięczeniu. W ten sposób przywrócone zostaną naturalne warunki hydrogeologiczne.
3. W wyniku odbudowy poziomu wód podziemnych po zaprzestaniu eksploatacji górniczej należy oczekiwać odwrotnego procesu, szczególnie w postaci obwałowań, zwłaszcza w dawnych płytkich wyrobiskach górniczych, odtwarzania się dawnych terenów

o charakterze moczarów oraz przytapienia terenów w obrębie niecek osiadania powstałych wskutek dokonanej eksploatacji górniczej.

4. Mimo zastosowania poprawnego procesu likwidacji kopalni na obszarze górniczym „Siersza I” wystąpią negatywne skutki tego procesu, które niekorzystnie będą wpływać na infrastrukturę istniejącą na powierzchni oraz na środowisko naturalne. Przyczyną tych zjawisk będą czynniki naturalne, w tym zwłaszcza lokalny układ stosunków hydrogeologicznych i one będą powodem negatywnych następstw likwidacji kopalni.
5. Odbudowany poziom wody w Kopalni „Siersza i w obrębie wytworzonego przez nią leja depresji będzie wyższy od poziomu zwierciadła wody w potoku Kozibród. Wskutek tego teren w obrębie niektórych niecek osiadań może zostać podtopiony, a w obrębie płytkich zrobów mogą występować deformacje nieciągłe.
6. Reaktywacja starych zrobów spowodowana zmianami warunków hydrogeologicznych wystąpić może głównie w rejonie:
 - płytkich zrobów zawałowej eksploatacji pokładów węgla i eksploatacji rudnej,
 - szybów i szybików niewłaściwie zlikwidowanych,
 - upadowych węglowych i sztolni rudnych.
7. Z powyższych względów konieczne będzie w zagrożonym terenie prowadzenie zabiegów jego uzdatnienia w celu zabezpieczenia istniejącej zabudowy i infrastruktury technicznej, jak i terenów przeznaczonych do zabudowy.

LITERATURA

1. Chudek M., Janusz W., Zych J.: Studium dotyczące rozpoznania tworzenia się i prognozowania deformacji nieciągłych pod wpływem podziemnej eksploatacji złóż. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 141, Gliwice 1988.
2. Rózkowski A., Wilk Z. (red.): Warunki hydrogeologiczne złóż rud cynku i ołowiu regionu śląsko-krakowskiego. Inst. Geol., Prace nr 319, 1980.
3. Molenda D.: Kopalnie rud ołowiu na terenie złóż śląsko-krakowskich w XVI-XVIII w. Z dziejów postępu technicznego w eksploatacji kruszców. Ossolineum, Wrocław - Warszawa - Kraków - Gdańsk 1972.

4. Praca zbiorowa: Studium dotyczące określenia możliwych skutków hydrogeologicznych likwidacji KWK „Siersza” z uwzględnieniem dokonanej eksploatacji górniczej. (niepublikowana), Katowice 2001.
5. Szuwarzyński M.: Ore bodies and ore occurrences in the Silesian - Cracow Zn - Pb ore ditrict, Southern Poland. PIG, Prace nr 153.
6. Szuwarzyński M., Kryza A.: Charakterystyka zjawisk hydrogeologicznych w kopalniach rud Zn-Pb rejonu chrzanowskiego. Konferencja naukowa: Wody szczelinowo-krasowe i problemy ich ochrony, 1989.

Recenzent: Dr M. Lamparska-Wieland

Abstract

In spite of proper liquidation of mines in certain conditions negative effects of these processes could take place, which negatively influence both the infrastructure existing on the surface and natural environment. As a result of liquidation of a mine a change of hydrogeological conditions takes place.

The change of hydrogeological conditions can in some specific cases result in creation of negative impacts on ground surface, which will need the application of certain technical solutions.

The risk of non-linear subsidence can be at importance in the area of:

- shallow caing zones from coal and ore mining,
- unproperluy liquidated shafts,
- inclines and other mine openings.