



XXIV

XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna
Szczecin-Międzyzdroje, 26-29 maja 2009

awarie budowlane

Prof. dr hab. inż. MACIEJ GRYZMAŃSKI, maciej.gryczmanski@polsl.pl

Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa, Katedra Geotechniki

Dr inż. HENRYK KLETA, henryk.kleta@polsl.pl

Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni

UTRATA STATECZNOŚCI OBUDOWY SZYBU GÓRNICZEGO PRZYCZYNĄ KATASTROFY BUDOWLANEJ

LOSS OF MINING SHAFT STABILITY – THE REASON OF BUILDING CATASTROPHE

Streszczenie Przedstawiono przykład katastrofy budowlanej spowodowanej utratą stateczności obudowy szybu górniczego. W wyniku utraty stateczności obudowy szybu górniczego zniszczeniu i uszkodzeniu uległy: budynek nadszybia, obiekty stacji wentylatorów głównych, trzon szybowej wieży wyciągowej oraz obiekty stacji elektroenergetycznych i sieci elektroenergetyczne. W miejscu szybu powstało zapadlisko o promieniu około 30 metrów, poza którym powstały szczeliny w gruncie w strefie o promieniu około 67 m. W referacie rozpatrzono możliwość budowy modelu numerycznego deformacji warstw skalnych w wyniku utraty stateczności obudowy szybu dla potrzeb oceny zagrożenia geotechnicznego na powierzchni terenu.

Abstract The example of building catastrophe caused by loss of stability mining shaft has been presented. In consequence loss of stability mining shaft has destroyed and damaged: building of shaft top, objects of main ventilation station, shank of hoist tower, objects of electrical power station and power network. In the place of shaft has formed sink by radius about 30 meters. Out of sink range in the radius 67 m arise has arisen gaps in the ground. In the paper has been considered possibility of creation of numerical model of rock layers deformations in the result of loss of stability shaft lining for necessity of geotechnical menace assessment for land surface.

1. Wprowadzenie

Stan techniczny obudowy szybów górniczych w dużym stopniu warunkuje bezpieczne i efektywne ekonomicznie prowadzenie działalności wydobywczej kopalni oraz bezpieczeństwo powierzchni terenu i obiektów budowlanych zlokalizowanych w otoczeniu szybu.

Szyb górniczy jest podstawowym wyrobiskiem udostępniającym złoża kopalin użytecznych, obejmującym kompleks urządzeń i wyrobisk od wylotu szybu na powierzchnię do dna rzepia szybu. W związku z tym obudowie szybu stawia się szczególnie wysokie wymagania, zwłaszcza w zakresie jej wytrzymałości i szczelności, które wraz z upływem czasu mogą ulegać zmianom. Ponadto wpływy działalności górniczej wywołują lokalne przeciążenia obudowy objawiające się jej uszkodzeniami, wskutek czego obudowa szybowa traci szczelność, a w przypadku znacznego zaawansowania spękań może utracić również stateczność. Z tego względu istotnego znaczenia nabierają prace polegające na okresowych badaniach i ocenie stanu technicznego obudowy, zaś uzyskane wyniki tych prac są pomocne w podejmowaniu racjonalnych decyzji dotyczących zakresu niezbędnych remontów.

Szczególne znaczenie dla funkcji jaką pełni obudowa szybu, mają jej wytrzymałość i ewentualne uszkodzenia. W przypadku wystąpienia większych uszkodzeń obudowy, może nastąpić utrata stateczności obudowy szybu, co może zagrozić planowej działalności kopalni, a nawet jej istnieniu.

Przyczyn uszkodzeń obudowy szybów jest wiele, najczęściej są nimi:

- postępujące deformacje obudowy związane z odwadnianiem górotworu oraz wpływami eksploatacji górniczej,
- oddziaływania dynamiczne pochodzące od wstrząsów masywu skalnego,
- ukryte wady, starzenie się materiału obudowy i wpływ agresywnych wód kopalnianych,
- niekorzystne zmiany naprężeń w obudowie wywołane rozmrażaniem górotworu,
- okresowe przemarzanie obudowy,
- korozyjne oddziaływanie gazów zawartych w wydechowym powietrzu kopalnianym.

W szybach najczęściej występują uszkodzenia obudowy w postaci spękań, złuszczeń, lokalnych ubytków, a nawet wyłamywań fragmentów obudowy szybu.

Utrata stateczności obudowy szybu powoduje wystąpienie w otoczeniu szybu zagrożenia geotechnicznego, które objawia się w postaci powierzchniowych deformacji nieciągłych – zapadlisk, podobnych do powierzchniowych ruchów masowych, które są w swej naturze jednymi z najbardziej rozpowszechnionych zjawisk generujących katastrofy przyrodnicze. Powierzchniowe ruchy masowe obejmują procesy i zjawiska, których wspólną cechą jest zniszczenie struktury gruntu, w wyniku przemieszczeń i deformacji pod wpływem siły ciężkości.

W przypadku zagrożeń geotechnicznych w sąsiedztwie szybów górniczych można wyróżnić przede wszystkim:

- a. zapadliska terenu,
- b. uszkodzenia obiektów budowlanych i infrastruktury technicznej,
- c. uszkodzenia gruntów, powodujące zmianę ich przeznaczenia,
- d. wstrząsy i odprężenia skał,
- e. zmiany stosunków hydrogeologicznych.

W dniu 4 września 2008 r. w Kompanii Węglowej S.A. KWK „Szczygłowice” w Knurowie, doszło do katastrofy obiektów budowlanych przy szybie górniczym, spowodowanej osunięciem terenu w wyniku zawalenia się tego szybu. Zniszczeniu i uszkodzeniu uległy: budynek nadszybia, obiekty stacji wentylatorów głównych przy szybie, budynek po byłej maszynie wyciągowej, trzon szybowej wieży wyciągowej, obiekty stacji elektroenergetycznych, sieci elektroenergetyczne średniego napięcia.

2. Utrata stateczności obudowy w czynnym szybie górniczym

2.1. Charakterystyka techniczna szybu i stan obudowy

Przedmiotowy szyb miał głębokość 632,05 m i średnicę 6,0 m w świetle obudowy. Szyb nie był zazbrojony, nie posiadał urządzenia wyciągowego, choć od roku 1973 ustawiona była nad nim ostateczna wieża wyciągowa typu zastrzałowego o konstrukcji stalowej.

Wloty do szybu znajdowały się na głębokościach:

- f. 10 m – wlot betonowy do kanału wentylacyjnego,
- g. 240,6 m wlot w obudowie betonowej na poziomie 250,
- h. 327,85 m – wlot w obudowie betonowej na poziomie 350,
- i. 437,78 m – wlot w obudowie betonowej, jednostronny na poziomie 450,
- j. 537,1 m – wlot w obudowie murowej na poziomie 550 m,
- k. 632,05 m – wlot w obudowie betonowej na poziomie 650.

Natomiast obudowa szybu przedstawiała się następująco:

- l. od głębokości 0,0 – 41,5 m obudowa murowa z cegły o grubości 0,51–0,76 m,
- m. od 41,5–45,5 m obudowa dwuwarstwowa, murowa i betonowa o łącznej grubości 0,78 m,
- n. od 45,5–116,0 m obudowa betonowa o grubości 0,30 m,
- o. od 116–150,0 m obudowa dwuwarstwowa, murowa zewnętrzna o grubości 0,51–1,3 m i betonowa wewnętrzna o grubości 0,40–1,06 m,
- p. od 150–326,5 m obudowa betonowa o grubości 0,25–0,38 m,
- q. od 326,5–632,0 m obudowa betonowa o grubości 0,45 m, a na odcinkach w pokładach węgla – 0,6 m.

Istniejące materiały dokumentacyjne w sposób wyraźny wykazują, że szyb był w przeszłości poddawany wpływom eksploatacji górniczej, w wyniku czego ulegał deformacjom, a w budowie szybu występowały uszkodzenia. W latach 1973–1983 szyb poddany został wpływom eksploatacji górniczej, w wyniku czego jego oś pionowa została wychylona o ok. 0,36 m w kierunku północno – zachodnim, a obudowa uległa licznym uszkodzeniom na odcinku od głębokości 50 m do 300 m, które zostały naprawione. Na przełomie lat 1994–1995 stwierdzono uszkodzenia obudowy szybu na odcinku od głębokości 210 m do 250 m, które również naprawiono. W tym czasie na odcinku szybu od głębokości 50 m do głębokości 70 m wystąpiły płytkie (do 5 cm) złuszczenia obudowy, które usunięto. We wrześniu roku 1997, stwierdzono wystąpienie uszkodzeń obudowy szybu na odcinku między głębokością 60 m a 120 m, w tym „wyłamania” obudowy betonowej na powierzchni ok. 4 m×0,4 m. Wraz z uszkodzeniami obudowy szybu wystąpiły przemieszczenia skośnej części lunety wentylacyjnej wzdłuż dylatacji na połączeniu z poziomą częścią kanału wentylacyjnego oraz na połączeniu z szybem, dochodzące do 5 cm. Ponadto stwierdzono wychylenie się wieży szybowej w kierunku SE o ok. 58 mm. Na powierzchni terenu w rejonie szybu, powstały deformacje nieciągłe, głównie w postaci progów i uskoków, których zrzuty dochodziły do 0,8 m. Późniejsze, ponad półroczne obserwacje (od grudnia 1997 do maja 1998) wskazywały na okresowe ustanie procesu tworzenia się deformacji i uszkodzeń. Wykonana w roku 2004 kontrola obudowy szybu, wskazała, że w szybie w dalszym ciągu występowały deformacje obudowy, szczególnie od głębokości około 63 m.

Podczas wizji w szybie w roku 2007 stwierdzono m.in., że:

- r. od powierzchni do głębokości około 41 m rura szybowa wykonana jest z muru ceglano-ceglanego, obudowa na tym odcinku jest w stanie dobrym, obmurze nie wykazuje jakichkolwiek uszkodzeń,
- s. poniżej głębokości 41 m szyb wykonany jest w obudowie betonowej, w której występują liczne uszkodzenia.

Szczególnie duże ubytki i uszkodzenia obudowy szybowej zaobserwowane zostały w następujących miejscach:

- t. na głębokości około 63 m w rejonie połączeń technologicznych, gdzie występuje kilka wyrw w obudowie, z których największa posiada około 5 m długości. W miejscach naprawianych w przeszłości poprzez wykonanie muru z cegieł dochodzi do ponownych uszkodzeń obudowy przejawiające się łuszczeniem i pękaniem cegieł,
- u. na głębokości 68 m występuję bardzo duży ubytek obudowy, o wymiarach około 8 m długości i do 1 m wysokości. W miejscu tym obudowa jest całkowicie zniszczona i w szarozielonym ile budującym górotwór występuje wyrwa o głębokości około 0,5 m. W rejonie tego ubytku część obudowy przemieszczona jest kilkanaście centymetrów w kierunku osi szybu,
- v. w rejonie ubytku na głębokości 68 m występują liczne spęknięcia i łuszczenia obudowy,
- w. na głębokości około 70 m występują znaczne ubytki obudowy o grubości kilkunastu centymetrów na blisko połowie obwodu.

Do lipca 2007 r. uszkodzenia na złączu technologicznym na głębokości około 62 m objęły cały obwód obudowy, choć wyrwa gdzie nastąpił całkowity ubytek obudowy nie powiększyła się. W tym czasie stwierdzono również powstanie około 8 m szerokiej i około 1 m wysokiej wyrwy wzdłuż złącza technologicznego na głębokości około 68 m oraz pasa złuszczeń na złączu technologicznym na głębokości około 65 m.

Z obu wyrw w obudowie (na głębokości około 63 m i na głębokości około 68 m) z za obudowy wypęły ły odpajające się od ociosu i przechodzące w masę brylasto-plastyczną.

2.2. Warunki geologiczne i hydrogeologiczne

W profilu szybu można wyróżnić następujące utwory:

- x. głębokość od 0–18,4 m – utwory czwartorzędowe,
- y. głębokość od 18,4 m–165 m – utwory trzeciorzędowe,
- z. głębokość od 165 m–632,05 m – utwory karbońskie.

Utwory czwartorzędowe reprezentowane są przez osady pleistoceny, które wykształcone są jako plastyczne i twardoplastyczne gliny piaszczyste z przerostami 0,2–0,3 m zawodniowego piasku i pyłu. Natomiast utwory trzeciorzędowe reprezentowane są przez osady badeńskie i prawdopodobnie helweckie. Osady badeńskie w górnej części (18,4 m–73 m) wykształcone są jako zlustrowane ły twardoplastyczne i półzwarte, w środkowej części (73 m–94 m) jako ły przewarstwione gipsem i marglem gipsowym, a w dolnej części (94 m–133 m) jako ły zwarte mocno zlustrowane.

Prawdopodobne osady helweckie wykształcone są jako sprasowane pyły i słabozwięzłe piaskowce przewarstwione łem.

W profilu szybu górotwór wykazuje słabe zawodnienie, trzy mało-wydajne horyzonty wodne o miąższości 0,2–0,3 m występują w górnym odcinku utworów czwartorzędowych (do 8,3 m), co wyraża się małymi wysączeniami wody i zawilgoceniem obudowy szybu.

Na odcinku w utworach trzeciorzędowych woda występuje tylko w utworach helwetu, tj. między głębokością 138 m–148 m w dwóch cienkich warstwach, zawodnienie wykazują sprasowane pyły zailone występujące na głębokości ok. 138 m–139 m oraz słabozwięzłe piaskowce na głębokości ok. 148 m–149 m.

3. Przebieg katastrofy w szybie

W świetle informacji (Nr 60/2008/EW z dnia 17.09.2008 r) Wyższego Urzędu Górniczego w Katowicach, w dniu 26 sierpnia 2008 r. w KWK „Szczygłowice”, zaburzony został przepływ powietrza odprowadzanego na poziom 650 m, spowodowany zawężeniem przekroju wlotu do szybu na tym poziomie, odspojonymi odławkami obudowy szybu oraz materiałem skalnym. Na podstawie kontroli stanu obudowy szybu z wykorzystaniem kamery stwierdzono brak obudowy na całym obwodzie szybu na głębokości od około 63 m do 67 m.

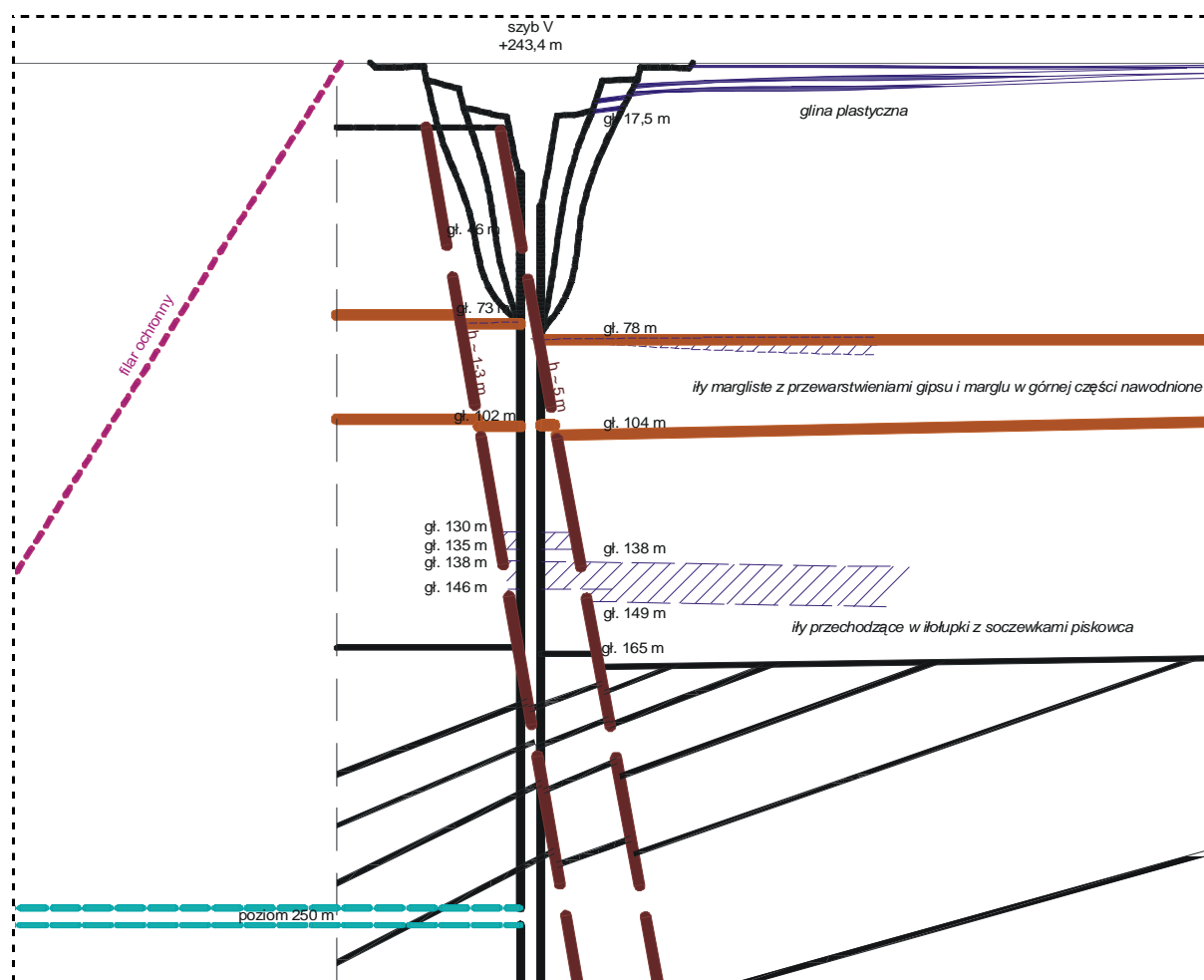
W dniu 4 września 2008 r. około godziny 4³⁵ wystąpiły drgania ścian budynków i gruntu, po czym nastąpiło zawalenie się rury szybowej i wskutek obsunięcia terenu, powstało zapadliśko (rys. 1) o promieniu około 68 m, co w następstwie spowodowało zniszczenie lub uszkodzenie obiektów budowlanych zakładu górniczego, takich jak: budynek maszyny wyciągowej, nadszybie szybu, stacja wentylatorów głównych, rozdzielnia 6kV i konstrukcja nadszybia szybu (Fot. 1 i 2).



Fot. 1. Widok zapadliska w miejscu szybu



Fot. 2. Widok uszkodzonych obiektów

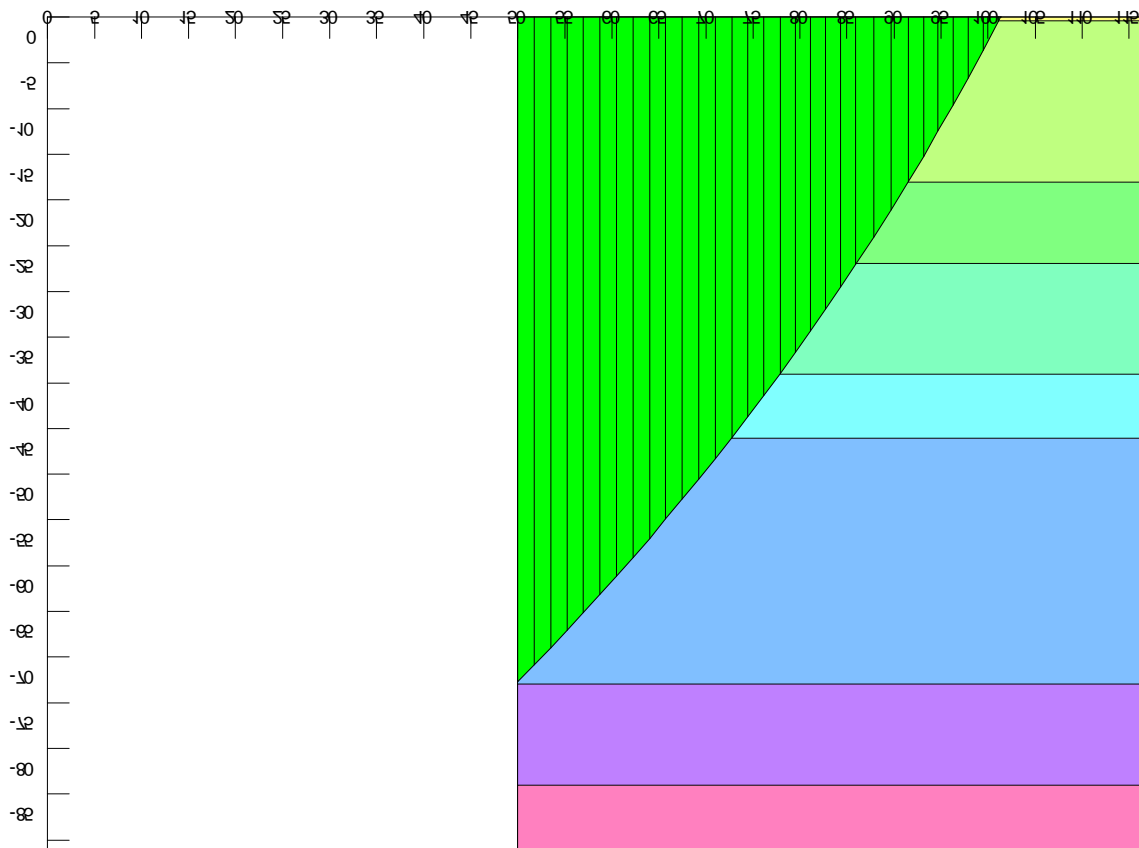


Rys. 1. Schemat prawdopodobnego kształtu zapadliska w szybie

4. Wstępna analiza możliwości budowy modelu utraty stateczności obudowy i skał otaczających szyb w aspekcie kształtowania się zagrożenia geotechnicznego na powierzchni terenu

W świetle katastrofy jaka wystąpiła w opisywanym szybie w wyniku utraty stateczności uszkodzonej jego obudowy, dla potrzeb oceny zasięgu strefy deformacji w masywie skalnym i oceny zagrożeń powierzchni terenu, pożądane jest stworzenie modelu opisującego przebieg zaistniałych jak i możliwych dalszych deformacji masywu skalnego w tym miejscu. Zagadnienie jest złożone nie tylko teoretycznie ale i z uwagi na trudności pomiarowe w strefie zapadliska, gdzie występuje duży stopień potencjalnego zagrożenia dalszymi ruchami gruntu. Analizując możliwości wykorzystania znanych metod analitycznych jak i metod numerycznych, w pierwszym etapie rozważono dla tych zagadnień wykorzystanie analitycznych metod obliczeniowych stosowanych w analizach stateczności zboczy i skarp (np. Terzaghiego, Bishopa, Spencera itd.). Założono, że skarpe stanowi ocios szybu bez obudowy (założenie przyjęto z uwagi na znaczne uszkodzenia obudowy szybu, szczególnie na odcinku od głębokości 60–75 m). Poszukiwano potencjalnych powierzchni poślizgu, zakładając zbilansowanie sił usuwających i utrzymujących masyw skalny w stanie równowagi granicznej, a miarą stateczności ociosu szybu był najmniejszy współczynnik pewności.

Na rys. 2. przedstawiono obliczony zasięg strefy poślizgu w ociosie szybu z uszkodzoną obudową, który wynosi na powierzchni terenu około 65 m.



Rys. 2. Zasięg strefy poślizgu w ociosie szybu (współczynnik pewności $F = 0,275$)

Mając na względzie złożoność zjawisk geotechnicznych w obrębie takiego rejonu, jak analizowany, a w szczególności z uwagi na występujące ruchy masywu skalnego na terenach górniczych można wnioskować, że przy budowie modelu teoretycznego przydatność dotychczasowych modeli analitycznych jest niewielka. Obecne studia zmierzają do zastosowania jednego z bardziej zaawansowanych podejść, tj. górnej oceny kinematycznej w ramach teorii nośności granicznej z zastosowaniem metody elementów kinematycznych, oraz sprężysto-plastycznej analizy MES z zastosowaniem procedury redukcji $c-\phi$. Możliwe jest tu zastosowanie modeli sprężysto-idealnie plastycznego z warunkiem granicznym Coulomba-Mohra i niestowarzyszonym prawem płynięcia, jak również modelu Modified CamClay.

Literatura

1. Chudek M., Kleta H.: Zagrożenie stateczności szybu na odcinku warstw nadkładu wynikające ze zmiany warunków geotechnicznych. ZN Pol. Śl., Górnictwo z. 286, Gliwice, 2008.
2. Graniczny M., Mizerski W.: Katastrofy przyrodnicze. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
3. Gryczmański M., Kleta H., Jendryś M. Projekt techniczno – technologiczny zabezpieczenia stacji wentylatorów przy szybie V przed występującymi deformacjami nieliniowymi. Gliwice, 2006 r.
4. Kleta H.: Stateczność szybu w warunkach obniżonej lokalnie wytrzymałości obudowy. IX Międzynarodowe sympozjum „Geotechnika 2000”, Gliwice – Ustroń, 2000 r.
5. Kleta H.: Obliczenia numeryczne strefy bezpieczeństwa w otoczeniu zapadliska oraz wyłączenia obudowy szybu VI w warunkach kierunkowych obciążeń. Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni. Pol. Śl., Gliwice, 2008.

6. Praca zbiorowa – Wykonanie badań wytrzymałościowych gruntu w obrębie przewidywanego zabezpieczenia geotechnicznego w rejonie szybu wentylacyjnego. Politechnika Śląska, Katedra Geotechniki, Gliwice, 2006.
7. Praca zbiorowa pod kierunkiem M. Chudka: „Ocena zmian geomechanicznych w otoczeniu zapadliska w szybie V w aspekcie bezpieczeństwa na powierzchni terenu wraz z określeniem możliwości utraty stateczności sąsiedniego szybu VI KWK „Szczygłowice” oraz miejsca lokalizacji stacji wentylatorów i budynku rozdzielni w świetle pomiarów geodezyjnych i badań grawimetrycznych oraz rozważań teoretycznych”. Przedsiębiorstwo Produkcyjno-wdrożeniowe Midach sp. z o.o., Katowice, 2008.