

Przemysław BUKOWSKI

Główny Instytut Górnictwa, 40-166 Katowice, Plac Gwarków 1

## **Wyznaczanie stref zagrożenia wodnego dla eksploatacji górniczej projektowanej w pobliżu zbiorników w zlikwidowanych kopalniach**

### **Słowa kluczowe**

Bezpieczeństwo, górnictwo, hydrogeologia, zagrożenie wodne w kopalni, zbiornik wodny

### **Streszczenie**

Przedstawiono zmiany stanu zagrożeń wodnych w kopalniach węgla kamiennego w okresie ostatnich kilkunastu lat. W oparciu o rozpoznanie warunków prowadzonej i projektowanej eksploatacji górniczej przedstawiono przykład oceny zagrożenia wodnego dla eksploatacji górniczej planowanej w pobliżu zatopionych kopalń zlikwidowanych. Na przykładzie projektowanej eksploatacji górniczej w warunkach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego zaproponowano metodykę wyznaczania stref bezpieczeństwa w kopalni czynnej od zbiorników wodnych o pojemności liczonej w milionach metrów sześciennych wody.

### **1. Wstęp**

W okresie ostatnich lat nastąpił wyraźny spadek częstości występowania przejawów zagrożenia wodnego w kopalniach węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) [4, 11]. W okresie po 2000 roku odnotowano pięć zdarzeń o znamionach zagrożenia wodnego, z czego dwa, to wdarcia wody z luźnym materiałem skalnym ze szczelin dyslokacyjnych do wyrobisk górniczych kopalni Jaworzno. Ostatnio odnotowane trzy zdarzenia, to obwał o dużej wysokości z jednoczesnym wypływem wody do czynnych wyrobisk górniczych [9] i wypływ wody z luźnym materiałem do szybu wentylacyjnego KWK Pniówek w 2007 roku [12]. Zdarzeniem z 2008 roku była katastrofa w szybie wentylacyjnym KWK Szczygłowice. W wyniku przerwania ciągłości i częściowego zawalenia się obudowy rury szybowej doszło do samopodsadzenia rury szybowej utworami nadkładu karbonu i zniszczonymi fragmentami budowli naziemnych. W przypadku obu szybów zagrożenie wystąpiło ze strony utworów nadkładu serii złożowej.

Pierwsze z odnotowanych w ostatnich trzech latach zdarzeń dotyczyło rejonu eksploatacji węgla planowanej w pobliżu zbiornika o łącznej pojemności około 7,2 mln. m<sup>3</sup> wody utworzonego w sąsiedniej kopalni zlikwidowanej. Do zdarzenia doszło w związku z przedostaniem się do wyrobisk luźnego materiału skalnego ze strefy zawałowej po eksploatacji III warstwy pokładu 510 z towarzyszącym obwałowi wypływem wody (do 1,0 m<sup>3</sup>/min). Możliwe było przebicie wód ze strony zbiornika. Pomimo wyeliminowania zagrożenia wodnego ze strony zbiornika, plany dotyczące przyszłej eksploatacji górniczej

w zagrożonym rejonie musiały być zweryfikowane. Prace projektowe powinny być poprzedzone oceną bezpiecznej odległości eksploatacji górniczej od zbiornika. Wskazana przez autora metodyka może być zastosowana do wyznaczania bezpiecznej odległości projektowanych wyrobisk górniczych od źródeł zagrożenia wodnego dla podobnych warunków.

## **2. Charakterystyka stanu zagrożenia wodnego dla eksploatacji górniczej prowadzonej w pobliżu zbiorników o bardzo dużej pojemności**

Zagrożenia wodne, od okresu po II wojnie światowej, odnoszą się do wdarć wody lub wody z luźnym materiałem, których liczebność w 1961 roku wyniosła aż 30 zdarzeń. Po tym czasie w latach 70. i 80. XX wieku, poszukiwano coraz to lepszych metod zwalczania zagrożeń wodnych. Wydano instrukcje i przepisy zmierzające do ograniczenia wdarć do czynnych wyrobisk górniczych. W latach 70. XX wieku w czasie, gdy opracowywano pakiet metod badawczych i przepisy prowadzenia robót górniczych w warunkach zagrożenia wodnego, wielkość wydobycia węgla w Polsce osiągnęła poziom maksymalny, tj. około 200 mln. ton na rok. Eksploatacja prowadzona była głównie systemem z zawalem skał stropowych, co powodowało istotne przekształcenia w środowisku geologicznym i na powierzchni terenu oraz intensywny drenaż górotworu. Generalnie w okresie po 1961 roku do początku lat 90 XX wieku wszelkie wysiłki związane były z odwadnianiem górotworu i wyrobisk górniczych oraz z zabezpieczaniem czynnych wyrobisk przed zagrożeniem wodnym. O likwidacji kopalń, a tym bardziej o tworzeniu zbiorników wodnych o rozmiarach całej zatopionej kopalni, ani o eksploatacji górniczej w pobliżu takich zbiorników wówczas nie myśłano. Zasady prowadzenia robót górniczych w warunkach zagrożenia wodnego ustalone w okresie lat 70. XX wieku, choć obecnie nie mają odzwierciedlenia we współczesnych przepisach Prawa geologicznego i górniczego (Pgg), w znacznym zakresie stosowane są do dziś (vide: [3]).

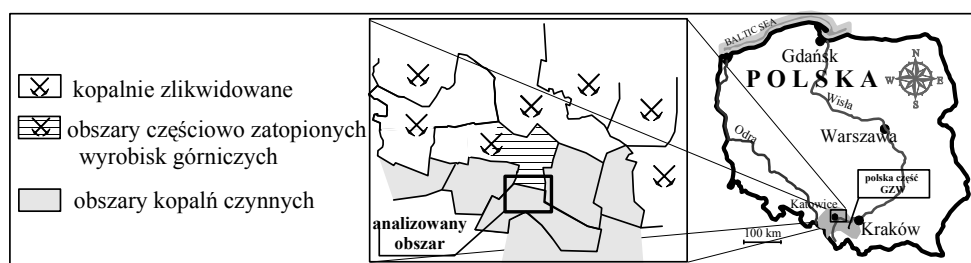
W latach 90. XX wieku podjęto likwidację wielu polskich kopalń węgla kamiennego. Jak wynika z ostatnich analiz zasobowych, wystarczalność zasobów węgla, po które będzie można jeszcze sięgnąć, dla pokładów z różnych przedziałów grubości pokładów szacuje się na kilka do stukilkudziesięciu lat [6]. Dotyczy to także zasobów w obszarach sąsiadujących ze zbiornikami zlikwidowanych kopalń. Wraz z likwidacją kopalń wiązały się zmiany w bazie zasobowej, które były spowodowane różnymi czynnikami [5], a następnie częściowe lub całkowite zatapanie kopalń. Nawet wówczas konsekwencje tych działań rozpatrywane były nie w aspekcie planów eksploatacji w sąsiedztwie takich zbiorników, a raczej w aspekcie konieczności kontrolowanego odbioru wody, lub utrzymywania odwadniania na poziomie uznanym dla kopalń czynnych za bezpieczny. Rozważano także ewentualne konsekwencje dla powierzchni [2, 10]. Od tamtej pory w wielu kopalniach powstały zbiorniki dołowe, których pojemność jest obecnie liczona milionami metrów sześciennych zgromadzonej wody. Wielkość tych zbiorników powoduje, że ich zlikwidowanie zgodnie z zaleceniami przepisów wykonawczych Pgg, w aktualnych warunkach ekonomicznych uznano za nieopłacalne.

Jedyną obronę przed wystąpieniem zagrożenia wodnego w kopalniach czynnych, które chciałyby podjąć eksploatację pokładów w polach w pobliżu takich zbiorników są istniejące filary bezpieczeństwa (często są to tylko filary graniczne), budowle hydrotechniczne (tamy i korki), systemy odwadniania w kopalniach zlikwidowanych, np. specjalnie budowane pompownie głębinowe oraz własne systemy odwadniania kopalń czynnych. Może w tym być pomocna sieć wyrobisk przewidzianych do awaryjnego zatapania. W każdym jednak

przypadku należy liczyć się z możliwością, jeśli nie wdarcia wód, to z przepływem ich części ze zbiornika do czynnych wyrobisk górniczych poprzez rozszczelniony wpływami poeksploatacyjnymi górotwór. Biorąc pod uwagę obowiązujące przepisy Pgg sytuacja, w której nie ma możliwości odwodnienia zbiornika powoduje, że wcześniej wykonane roboty górnicze limitują możliwość wyznaczenia filara bezpieczeństwa lub powodują, że możliwości takiej nie ma. Dla planowanych robót górniczych zachodzi wówczas konieczność podjęcia decyzji o prowadzeniu eksploatacji górniczej, lub o odstąpieniu od niej.

### 3. Przykład filara bezpieczeństwa dla projektowanej wielowarstwowej eksploatacji górniczej prowadzonej w pobliżu zbiorników o bardzo dużej pojemności

Przykładem tak trudnej sytuacji, w której decydowały się możliwości podjęcia eksploatacji górniczej jest obszar jednej z kopalń KHW S.A. (rys. 3.1).



Rys. 3.1. Szkic sytuacyjny położenia przykładowego rozpatrywanego obszaru kopalni czynnej względem kopalń sąsiednich

Fig. 3.1. The situation sketch of location of the exemplary considered area of active mine with respect to neighbouring mines.

W 2007 roku doszło w niej do obwala skał stropowych ze zrobów po wyeksploatowanej przystropowej (III) warstwie pokładu 510 do czynnego wyrobiska warstwy środkowej (II) tego pokładu. Jednocześnie z obwałem doszło do intensywnego wypływu wody z luźnym materiałem skalnym. Obawiano się, że naruszony został filar oddzielający pole w czynnej kopalni od zatopionych wyrobisk sąsiedniej kopalni zlikwidowanej.

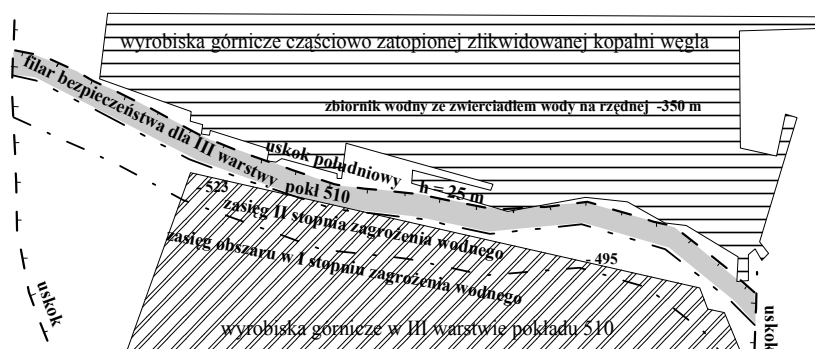
W polu, przy granicy ze zbiornikiem, kopalnia docelowo przewidywała eksploatację w jeszcze dwóch warstwach pokładu 510 (całkowita grubość pokładu to około 11,0 m; eksploatacja z zawałem stropu; numeracja warstw w kolejności od spągu do stropu: I warstwa – przyspągowa, II warstwa – środkowa, III warstwa – przystropowa; wybieranie warstw z zawałem skał stropowych w odwrotnej kolejności) oraz w pokładzie 501 o grubości 6-7 m. Oceniono, że w obu pokładach w obrębie partii perspektywicznej występuje około 9,7 mln. ton węgla energetycznego (zasoby operatywne) o wartości rynkowej rzędu 330-550 zł/t. Łączna wartość tego węgla to minimum 3,2 mld. zł. Od czasu eksploatacji w III warstwie (przystropowej) w pokładzie 510 sytuację zagrożeniową dla eksploatacji projektowanej w pokładach: 510 i 501, uznano za skomplikowaną. Było to związane ze zmianą wysokości spiętrzenia wody w wyrobiskach częściowo zatopionej kopalni zlikwidowanej po wyeksploatowaniu III warstwy pokładu 510 w kopalni czynnej.

### 3.1. Źródła zagrożenia wodnego dla projektowanych wyrobisk górniczych

Źródłem zagrożenia wodnego dla eksploatacji górniczej projektowanej w polu perspektywnym w pokładzie 510, a w dalszej perspektywie w pokładzie 501 mogą być:

- 1) w zakresie wód o nieograniczonej swobodzie ruchu (I grupa źródeł zagrożenia wodnego):
  - zbiornik utworzony w wyrobiskach byłej, częściowo zatopionej kopalni,
  - doszczelniane mieszaninami popiołowo-wodnymi zroby warstwy przystropowej,
  - zbiorniki wodne utworzone w zrobach i wyrobiskach górniczych położonych wyżej,
- 2) w zakresie wód o ograniczonej swobodzie ruchu (II grupa źródeł zagrożenia wodnego):
  - zbiorniki w tzw. pustkach Webera,
  - wody grawitacyjne zawarte w ławicach piaskowca w stropie pokładu,
  - strefa uskoku południowego pozostająca w kontakcie z zawodnionymi wyrobiskami.

Spośród źródeł zagrożenia wodnego I grupy, zawodnione zroby w pokładach położonych wyżej nie mają większego znaczenia. Podobnie mniejsze znaczenie przypisano zrobom warstwy III pokładu 510 wypełnionych popiołami z wodą. Niewątpliwie największe i najgroźniejsze źródło zagrożenia wodnego stanowi zbiornik wodny w zrobach sąsiedniej zlikwidowanej kopalni. Położony jest on na północ od pola perspektywnego, od którego oddziela go strefa dyslokacyjna, tzw. *uskoku południowego* o przebiegu zbliżonym do południkowego, zrzucająca warstwy ku S o około 25 m (rys. 3.2).



**Rys. 3.2.** Szkic sytuacyjny w rejonie zbiornika wodnego utworzonego w kopalni zlikwidowanej i filara bezpieczeństwa rozdzielającego wyrobiska górnicze III warstwy pokładu 510 od strefy uskoku południowego przed spiętrzaniem zwierciadła wody do rzędnej -200 m

**Fig. 3.2.** Situation sketch in the area of water reservoir formed in the abandoned mine with safety pillar separating mine workings within the layer III of the seam 510 from the zone of south fault before water table rebound in the reservoir to the ordinate of -200m.

Z uwagi na bezpośrednie połączenie strefy dyslokacyjnej z zatopionymi wyrobiskami położonymi w obrębie zbiornika, pole perspektywiczne oddzielone jest od uskoku filarem bezpieczeństwa, który ustanowiono dla eksploatacji III warstwy pokładu 510. Filar dla eksploatacji górniczej projektowanej na wysokość 3,0 m w jednej tylko warstwie pokładu 510 i w warunkach występowania w strefie uskoku wstrząsów górotworu o energii powyżej  $10^5$ J wyznaczano w warunkach położenia zwierciadła wody w zbiorniku na rzędnej około -350 m (vide: [9]). Wówczas ustanowiono filar o szerokości 45 m. Nie przewidywano możliwości spiętrzenia wód w zbiorniku utworzonym w kopalni zlikwidowanej i nie przewidywano eksploatacji górniczej w pozostałych dwóch warstwach pokładu 510 ani w pokładzie 501.

Po wyznaczeniu filara dokonano eksploatacji górniczej z zawałem skał stropowych w III warstwie pokładu 510 (kopalnia nie ma możliwości prowadzenia eksploatacji z podsadzką). Po dokonaniu tej eksploatacji kopalnia zaprojektowała eksploatację w II warstwie pokładu 510 (środkowej) przewidując, że w latach późniejszych może być podjęta jeszcze w warstwie I (przyspągowej) i w pokładzie 501 położonym około 45 m wyżej. Od czasu wyznaczenia filara, w kopalni zlikwidowanej spiętrzone wodę do rzędnej -200 m. Zwierciadło wody jest utrzymywane na tej rzędnej przez pompownię głębinową. Obecnie na poziomie filara bezpieczeństwa wzdłuż uskoku południowego (na poziomie robót górniczych czynnej kopalni) w zbiorniku w kopalni zlikwidowanej panuje ciśnienie wody rzędu 3 MPa. W zbiorniku w kopalni zlikwidowanej zgromadzonych jest około 7,2 mln. m<sup>3</sup> wody. Wypłynięcie nawet części tej wody do wyrobisk kopalni czynnej z natężeniem przekraczającym zdolności pompowe jej systemu odwadniania równałoby się z zatopieniem kopalni czynnej do wysokości wyrównania się poziomów wody lub do wysokości kolejnego najniższego połączenia tej kopalni z inną kopalnią.

Źródła zagrożenia wodnego II grupy mają znaczenie jedynie dla bezpieczeństwa pojedynczych wyrobisk. Przykładem tego było odwodnienie pustki Webera z wód odsączających się do niej z wyżej zalegających piaskowców. Skutkiem tego odwodnienia był wypływ wody z zawodnionym materiałem skalnym do czynnego wyrobiska w warstwie II. Wypływ ten został zidentyfikowany i stosunkowo szybko opanowany. Zawodnienie pustki Webera i powstanie zbiornika wodnego spowodowane było odwodnieniem piaskowców karbońskich z wód porowych. Generalnie, większą rolę w zagrożeniach wodnych w przykładowej kopalni odgrywa jeszcze strefa uskoku południowego. Pomimo jej wypełnienia brekcją tektoniczną i materiałem ilastym ma ona bezpośredni kontakt z zawodnionymi wyrobiskami w kopalni zlikwidowanej.

### 3.2. Wyznaczanie filara bezpieczeństwa dla projektowanych wyrobisk górniczych

Filar bezpieczeństwa o szerokości 45 m pozostawiony przez kopalnię czynną dotychczas skutecznie zabezpieczał tę kopalnię na ewentualność wystąpienia zagrożenia wodnego ze strony zbiornika. Nie był on jednak przewidziany na dwukrotny wzrost ciśnienia wody w zbiorniku. Nie był on także rozpatrywany w aspekcie możliwości podjęcia kolejnej eksploatacji górniczej w pokładzie 510, a tym bardziej w kolejnym grubym pokładzie 501.

Obecnie kopalnia czynna przewiduje roboty górnicze w II warstwie pokładu 510 pod zrobami wyeksploatowanej warstwy III. Ich podjęcie wiąże się z możliwością wystąpienia zagrożenia wodnego ze strony zbiornika. Zakładając, że dla kolejnej warstwy szacuje się szerokość filara bezpieczeństwa, jak dla filara równoległego do uławicenia i dla źródła zagrożenia wodnego o nieograniczonej swobodzie ruchu wody, szerokość tegoż filara obliczona wg wzoru 3.1 [7] dla II warstwy wyniesie  $D = 40,3$  m, a dla warstwy I  $D=60$  m.

$$D = G\sqrt{60p + 0,15G^2 \sin^2 \alpha} + 0,4G^2 \sin \alpha \quad (3.1.)$$

dla pokładu zalegającego prawie poziomo lub słabo nachylonego ( $\alpha < 15^\circ$ ) dopuszczano stosowanie wzoru skróconego:

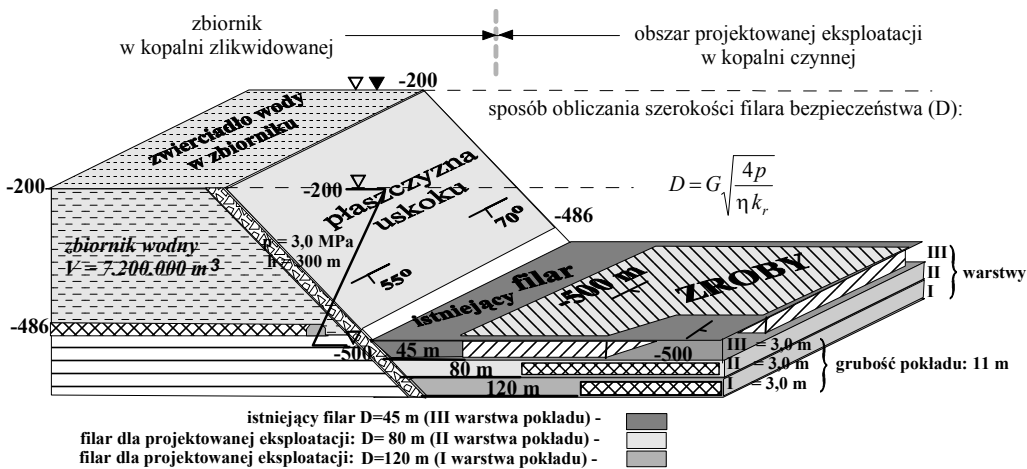
$$D = G\sqrt{60p} \quad (3.2)$$

gdzie:

- D – krytyczny wymiar filara (szerokość), m,
- G – eksploatacyjna grubość warstwy, m,
- p – ciśnienie wody w źródle zagrożenia, MPa,
- $\alpha$  – kąt nachylenia pokładu, stopnie.

Zatem obliczony krytyczny wymiar filara dla II warstwy jest mniejszy niż wartość już wyznaczonego filara bezpieczeństwa, a dla I warstwy większy. W obliczonym wymiarze filara dla obu warstw I i II nie uwzględniono możliwości wystąpienia wstrząsów wysokoenergetycznych w strefie uskoku południowego. Z uwagi na możliwość zruszenia górotworu przez wstrząsy dla I i II warstwy, podobnie jak dla III warstwy, szerokość tego filara podwojono. Podwojony krytyczny wymiar filara ( $D_s = 2 \cdot D$ ) wyniesie  $D_s = 80$  m dla II warstwy i  $D_s = 120$  m dla I warstwy. Oznacza to, że istniejący filar dla eksploatacji w obrębie II warstwy jest o około 35 m mniejszy, a w obrębie I warstwy o około 75 m mniejszy niż wymiar filara obliczonego. Obliczenia były sprawdzane za pomocą wzoru przekształconego wg [11] z uwzględnieniem wytrzymałości skał na rozciąganie i dały taki sam wynik (rys. 3.3).

W myśl obowiązujących przepisów wykonawczych Pgg za filar uważana jest nienaruszona robotami górnictwymi calizna górotworu oddzielająca źródło zagrożenia od czynnych robót górnictwowych. Projektując eksploatację górnictwem w II warstwie (środkowej) pokładu 510 należy postawić pytanie, co dla tej eksploatacji jest filarem bezpieczeństwa skoro w stropie tej warstwy znajdują się wyrobiska korytarzowe i zroby warstwy III (górnej) tego pokładu ?



**Rys. 3.3.** Schemat dla eksploatacji projektowanej w zruconym skrzydle uskoku w pobliżu zbiornika wodnego o bardzo dużej pojemności i obliczeń dla krytycznego wymiaru filara, gdzie:  $D$  - krytyczny wymiar filara,  $G$  - wysokość ściany,  $p$  - ciśnienie wody w źródle zagrożenia,  $k_r$  - dopuszczalne naprężenie rozciągające,  $k_r = R_r/8$ ,  $R_r$  - wytrzymałość skał na rozciąganie,  $\eta$  - współczynnik wynoszący 1,33 (wg Slesariewa) przy zmiennym zaleganiu skał stanowiących filar i 2,0 przy ich stałym zaleganiu (vide: [7, 11]).

**Fig.3.3.** The scheme for the exploitation designed within the fault wall throw in the vicinity of water reservoir of very large capacity and calculations for critical pillar dimension, where:  $D$ - critical pillar dimension,  $G$ - height of the wall,  $p$ - water pressure in the source of hazard,  $k_r$  - acceptable tensile stress,  $k_r = R_r/8$ ,  $R_r$  - rocks strength for tension,  $\eta$ - coefficient equal 1,33 (according to Slaseriev) with changeable lying of rocks building the pillar and 2,0 with their regular lying (vide: [7, 11]).

Jeśli przyjmiemy, że filar nie może być naruszony wyrobiskami górniczymi, wykonanie obliczeń krytycznej szerokości filara, przy istniejącym już filarze w warstwie III, dla kolejnych II i I projektowanych do eksploatacji górniczej warstw pokładu nie ma podstaw fizycznych i prawnych, a zatem nie ma już sensu. Przy wysokości spiętrzenia wód w kopalni zlikwidowanej (do rzędnej -200 m, zamiast do -350 m), należałoby odstąpić od dalszej eksploatacji górniczej w warunkach istnienia filara o wymiarze  $D = 45$  m, lub obniżyć ciśnienie wód w zbiorniku.

Podjmując takie rozumowanie i stosując się w pełni do obowiązujących przepisów wykonawczych Pgg eksploatacja górnicza w pobliżu bardzo dużych zbiorników wodnych w kopalniach zlikwidowanych nie byłaby w ogóle możliwa. Aby ją umożliwić należałoby obniżyć ciśnienie w zbiorniku do wartości odpowiadającej wartości krytycznej wytrzymałości istniejących filarów bezpieczeństwa. Z uwagi na czas przedsięwzięcia koszty pompowania wody i koszty jej zrzutu podnosiłoby to koszt produkcji 1 tony węgla, lub byłoby nieopłacalne.

W przytoczonym przykładzie do wyeksploatowania w dwu warstwach pokładu 510 pozostało około 6,5 mln ton węgla (zasoby operatywne) o dobrej jakości (węgle typu 32.1). Jego wartość rynkowa to przynajmniej 2,1 mld zł. Biorąc pod uwagę fakt, że koszt wydobywania 1 tony węgla w przykładowej kopalni stanowi do 98-99% jego ceny (średni koszt wydobywania 1 tony węgla w Polsce to około 210 zł za 2008 r.), faktyczny spodziewany zysk ze sprzedaży węgla może wynieść około 1-3 zł/t. Zatem spodziewany szacowany zysk ze sprzedaży węgla może wynieść około 6 mln zł.

Obniżenie ciśnienia wody w wyrobiskach zatopionej kopalni z 3,0-3,3 MPa do 1,5 MPa (bez wymiany pomp), czyli do wartości, na którą zaprojektowano filar dla warstwy III, musi wymagać odpompowania blisko połowy pojemności zbiornika w kopalni zlikwidowanej. Zakładając, że jest to około 3,6 mln metrów sześciennych wody, przy spodziewanym dopływie naturalnym do kopalni zlikwidowanej około 6,5-7,5 m<sup>3</sup>/min i wydajności systemu odwadniania rzędu 17 m<sup>3</sup>/min, trwałoby to około 1 rok. Koszt pracy pompowni i koszt odpompowania i odprowadzenia wód wyniosłby minimum około 6,5 mln zł. W przypadku konieczności obniżenia zwierciadła wody i ciśnienia na poziomie filara do wartości minimalnej, i gdy konieczna byłaby wymiana pomp, czas pompowania mógłby wzrosnąć dwukrotnie (2 lata). Wówczas koszt operacji wyniosłby powyżej 12-15 mln zł. Do kosztów odpompowania należy doliczyć koszt zrzutu zanieczyszczonych wód. Porównując już tylko przytoczone wartości: koszty odwadniania i spodziewany zysk ze sprzedaży węgla, widać znaczny wysiłek kopalni przy wątpliwym spodziewanym efekcie ekonomicznym. W przypadku konieczności całkowitego odpompowania wód wystąpi całkowity brak opłacalności takiej operacji.

Stąd uznano, że należy poszukiwać rozwiązań, które nie wykluczałyby podjęcia eksploatacji górniczej, a jednocześnie wskazywałyby realne warunki bezpieczeństwa. Rozpoczęto zatem prace nad wskazaniem nowego podejścia do projektowania robót górniczych w warunkach zagrożenia wodnego w pobliżu bardzo dużych zbiorników wodnych.

#### **4. Metodyka wyznaczania stref bezpieczeństwa dla projektowanej eksploatacji górniczej**

Jak wskazano w rozdziale 3, z uwagi na istnienie robót górniczych w przystropowej warstwie pokładu 510 nie jest możliwe wyznaczenie nowego filara bezpieczeństwa dla niżej położonych warstw tego pokładu. Zasięg wpływów eksploatacji górniczej w warunkach eksploatacji wielokrotnej o znacznej wysokości, zwłaszcza z zawałem skał stropowych jest praktycznie niemożliwy do dokładnego wyznaczenia. Już sam fakt wyznaczania wielkości

wskaźników bezpieczeństwa ( $s = 8$ , patrz rys. 3.3.) dla obliczania krytycznych wymiarów filarów bezpieczeństwa wskazuje na brak przewidywalności spodziewanego zakresu wpływów eksploatacji w górotworze. Stąd dla oceny przypuszczalnego zasięgu wpływów eksploatacji górniczej przeprowadzono symulację obliczeniową zasięgu deformacji, których miarą są odkształcenia w górotworze o zróżnicowanej budowie litologicznej. Ponadto w sposób klasyczny, zgodny z przedstawionym w rozdziale 3.2, wyznaczono filar bezpieczeństwa równoległy do uławicenia w skałach płonnych.

Obliczenia zasięgu deformacji w górotworze dokonano dla pionowej osi w górotworze, licząc od stropu eksploatowanego pokładu (510). Do obliczeń wykorzystano wzory teorii *Budryka – Knothego*, oraz empiryczne wzory na parametr  $r_z$  - promień rozproszenia wpływów w górotworze, obliczany z zależności promienia zasięgu wpływów głównych w górotworze [8]

$$r_z = r (z/H)^n \quad (3.3)$$

gdzie:

$r$  – parametr rozproszenia wpływów na powierzchni (do obliczeń przyjęto  $\text{tg}\beta=2,0$ ),

$r_z$  – horyzont w górotworze określany od stropu eksploatowanego pokładu,

$n$  – wykładnik potęgowy, który przyjęto  $n=0,5$  [8].

Jako kryterium oceny zasięgu wpływów przyjęto odkształcenia poziome wyrażone wartością wskaźnika odkształcenia  $\varepsilon=+1,5$  mm/m (dla II warstwy) oraz  $\varepsilon=+0,3$  mm/m (dla I warstwy). Obliczenia wykonano dla wysokości eksploatacji pojedynczej warstwy  $g=3,0$  m, przy współczynniku eksploatacyjnym  $a=0,8$ , oraz parametrze proporcjonalności przemieszczeń poziomych  $B_z=0,4 r_z$ .

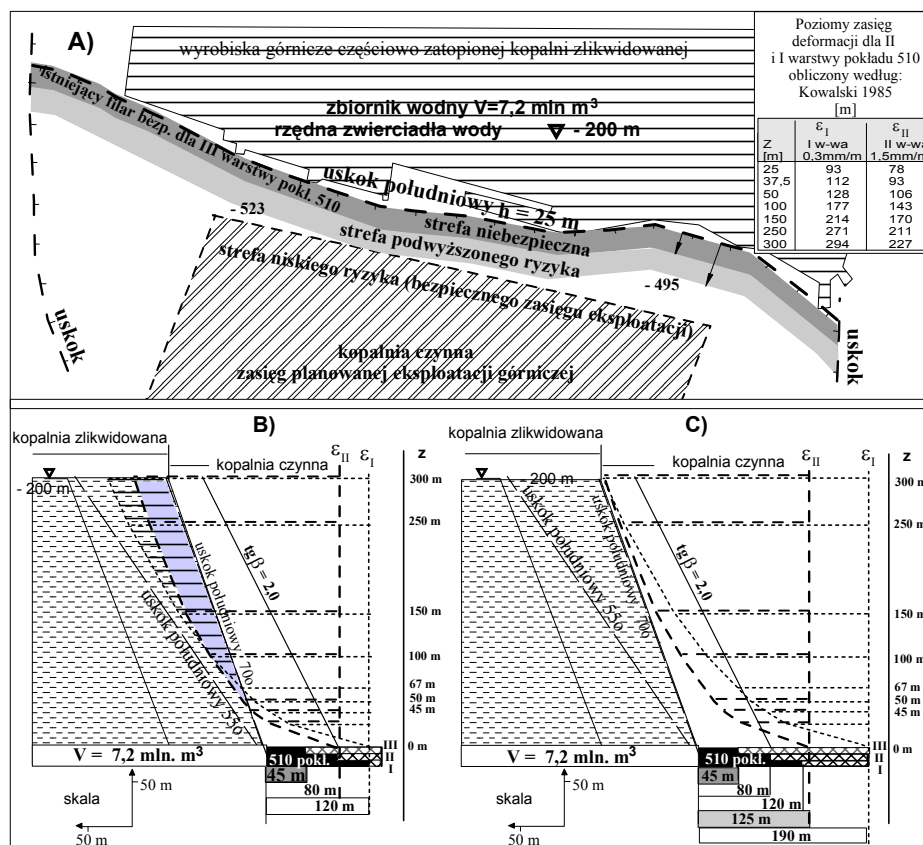
Podjęcie metodyczne dla określenia bezpiecznej odległości eksploatacji górniczej polegało natomiast na wykorzystaniu wyników obliczeń filara bezpieczeństwa i wyników oceny zasięgu rozpraszania wpływów eksploatacji. Podjęto się wyznaczenia zakresów odległości eksploatacji projektowanej od krawędzi źródła zagrożenia – stref zagrożenia wodnego. Za krawędź źródła zagrożenia wodnego (zbiornika) można uznać, np. zasięg rzutu pionowego zatopionych wyrobisk górniczych. Dla rozpatrywanego przykładu przyjęto, że była to płaszczyzna uskoku południowego o zmiennym nachyleniu od  $55^\circ$  do  $70^\circ$ . Za minimalną odległość od uskoku uznano wynik obliczeń dla krytycznego wymiaru filara z uwzględnieniem ewentualnego wpływu wstrząsów górotworu. Przy tej odległości jednak zasięg strefy rozpraszania wpływów (deformacji) poziomych sięga szczeliny uskokowej już na wysokości nieco ponad 40 m nad stropem pokładu. Możliwe było to do wykazania wyłącznie drogą wizualizacji graficznej (rys. 3.4A).

Dlatego za bezpieczną odległość projektowanej eksploatacji górniczej od źródła zagrożenia wodnego uznano taką jej odległość, przy której obliczone wpływy eksploatacji (deformacje poziome) nie sięgną szczeliny uskokowej na odcinku poniżej zwierciadła wody w zbiorniku w kopalni zlikwidowanej. Ponieważ brak jest doświadczeń na temat takiego określania odległości planowanych robót od źródła zagrożenia i wyznaczania stref zagrożenia wodnego, za niezbędne w przyszłości uznano prowadzenie obserwacji z przebiegu eksploatacji warstwy II przed podjęciem eksploatacji w warstwie I, a tym bardziej przed podjęciem eksploatacji pokładu 501. Oszacowane obecnie wartości odkształceń powinny być zweryfikowane doświadczeniami z kształtowania się deformacji pod wpływem eksploatacji kolejnych warstw.

Ustalanie bezpiecznej odległości eksploatacji górniczej polega na graficznym odwzorowaniu zasięgu odkształceń pomiędzy rzutem pionowym wyrobisk eksploatacyjnych a źródłem zagrożenia wodnego. Bezpieczną według takiego kryterium (odkształceń) odległość



projektowanej eksploatacji górniczej wyznacza zasięg strefy odkształceń o przebiegu stycznym do krawędzi źródła zagrożenia wodnego (rys. 3.4B).



**Rys. 3.4.** Schemat wyznaczania stref bezpieczeństwa na mapach A), zasięgu deformacji górotworu przy zachowaniu odległości projektowanej eksploatacji od źródła zagrożenia wodnego wg obliczonego krytycznego wymiaru filara bezpieczeństwa B) i po graficznej korekcie położenia frontu eksploatacji od zbiornika C)

**Fig.3.4.** The scheme of safety spheres indication on the maps A), the reach of rock mass deformation while preserving distances of designed exploitation from the source of water hazard according to calculated critical dimension of the safety pillar B), and after graphically position correct of the exploitation front away from a reservoir C).

Na podstawie wyników obliczeń dla filarów bezpieczeństwa równoległych do uławicenia dla każdej z planowanych do eksploatacji warstw oraz na podstawie obliczeń zasięgu odkształceń górotworu i graficznego wyznaczenia ich bezpiecznej odległości od źródła zagrożenia wodnego ustalono następujące strefy zagrożenia wodnego (rys. 3.4C):

- niebezpieczną – odpowiadającą teoretycznej szerokości filara bezpieczeństwa,
- podwyższonego ryzyka – odpowiadająca pasowi górotworu położonego pomiędzy teoretycznym filarem bezpieczeństwa a wyznaczoną graficznie odległością krytyczną zasięgu poziomych wpływów eksploatacji górniczej,

- niskiego ryzyka (bezpiecznego zasięgu eksploatacji) – położoną poza wyznaczoną graficznie odległością krytyczną zasięgu poziomych wpływów eksploatacji górniczej.

Wyznaczenie tych stref oparte jest na kryterium krytycznego wymiaru filara i maksymalnego zasięgu odkształceń poziomych w górotworze wywołanych dokonaną i projektowaną eksploatacją oraz na przesłankach geomechanicznych zachowania się górotworu w strefie podebrania go eksploatacją [1]. Wyznaczenie stref, o których mowa, stanowi zdaniem autora właściwy środek prewencji dla partii złóż nadających się do eksploatacji, a położonych w pobliżu bardzo dużych zbiorników wodnych. Przewidywana jest bowiem jedynie możliwość filtracji wody ze strony zbiornika w kierunku czynnych wyrobisk górniczych. Warunkiem szerszego wprowadzenia w kopalniach węgla kamiennego sposobu określania stref bezpieczeństwa jest szczegółowe przeanalizowanie udziału i roli czynnika geomechanicznego w kształtowaniu się pola odkształceń i jego wpływu na możliwość wystąpienia zagrożenia wodnego. Ważne także będzie przeprowadzenie stosownych obserwacji oraz uwzględnienie takiego podejścia do zagrożeń wodnych w ramach przepisów wykonawczych Prawa geologicznego i górniczego. Działania w tym względzie zostały już podjęte przez Główny Instytut Górnictwa we współpracy z Akademią Górniczo-Hutniczą.

## 5. Podsumowanie

Niniejsze opracowanie prezentuje rozwiązanie nietypowe jak na warunki oceny zagrożenia wodnego. Od wielu dziesięcioleci funkcjonują utarte sposoby oceny tego zagrożenia i sposoby zabezpieczania się przed nim [7, 11]. Z uwagi na wielkość źródła zagrożenia wodnego i istnienie wyznaczonego dla innych warunków filara bezpieczeństwa konieczne było opracowanie sposobu wyznaczania warunków bezpieczeństwa dla projektowanej eksploatacji górniczej. Drogą obliczeniową i graficzną dla eksploatacji wielowarstwowej przy istniejącym filarze bezpieczeństwa od zbiornika wyznaczono strefy bezpieczeństwa. Przyjęto, że właściwym z punktu widzenia zagrożeń wodnych będzie wyznaczenie strefy niebezpiecznej, strefy podwyższonego ryzyka i strefy, w której obrębie można projektować eksploatację górniczą. Metodą obliczeniową, graficzną, ekstrapolacji i dopasowywania zasięgu promienia rozpraszania wpływów eksploatacji do akceptowalnego położenia frontu eksploatacji, krawędzie projektowanej eksploatacji odsunięto od szczeliny uskokowej na odległość większą niż obliczony zasięg rozpraszania wpływów eksploatacji w górotworze. Uzyskana w ten sposób odległość od uskoku i zarazem od zbiornika uznana została za odległość bezpiecznego zasięgu eksploatacji projektowanej w kolejnych warstwach pokładu. Zaakceptowanie podejścia do zagrożenia wodnego zaprezentowanego w pracy stwarza zdaniem autora możliwość opracowania zasad eksploatacji górniczej dla lepszego wykorzystania zasobów węgla położonych w pobliżu zbiorników o rozmiarach nie kwalifikujących ich do odwodnienia i likwidacji. Metoda przedstawiona w artykule może w przyszłości znaleźć zastosowanie dla podobnych warunków eksploatacji na pograniczu kopalń czynnych i zlikwidowanych.

Praca zrealizowana w ramach projektu badawczego rozwojowego nr R09 024 01 finansowanego przez MNiSW w latach 2006-2009.

## Literatura

- [1] Bukowska M. (red.) 2009: Kompleksowa metoda oceny skłonności do tąpnięć górotworu w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Wydawnictwo GIG. Katowice.

- [2] Bukowski P., 2006: Zawodnienie powierzchni terenu spowodowane działalnością górnictwem prowadzoną w GZW w okresie od rozwoju górnictwa lat 70. i 80. XX wieku do okresu restrukturyzacji kopalń. *Przegląd Górniczy* nr 5, Katowice s. 15–24.
- [3] Bukowski P., 2007: Prognozowanie zatapiania wyrobisk górniczych w regulacjach prawa. *Prace Naukowe GIG. Kwartalnik „Górnictwo i środowisko”*, nr III/2007. Wydanie specjalne. Wydawnictwo GIG, Katowice. s.113–126.
- [4] Bukowski P., Bukowska M., Haladus A., 2005: Charakterystyka zagrożeń wodnych w kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w związku z restrukturyzacją przemysłu węglowego. *Materiały IX Warsztatów Górniczych 2005 z cyklu „Zagrożenia naturalne w górnictwie”* Kazimierz Dln. 20-22.06.2005. Seria Sympozja i Konferencje nr 65. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków. s.209–221.
- [5] Jureczka J., Galos K., 2008: Ochrona zasobów złóż węgla kamiennego kopalń likwidowanych w procesie restrukturyzacji w Polsce – regulacje prawne a rzeczywistość. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*. Wyd. IGSMiE PAN. Kraków. Tom 24, Zeszyt 4/4, s.117-128.
- [6] Kulczyki Z., Sowa A., 2008: Struktura i zagospodarowanie zasobów węgla kamiennego w Polsce. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*. Wyd. IGSMiE PAN. Kraków. Tom 24, Zeszyt 4/4, s.220-234.
- [7] Konstantynowicz E., Bromek T., Piłat T., Posyłek E., Rogoż M., 1974: Wyznaczanie filarów bezpieczeństwa dla ograniczenia zagrożenia wodnego w kopalniach węgla kamiennego. *Prace GIG, Komunikat nr 615*. Katowice.
- [8] Kowalski A., 1985: Zmienność parametru zasięgu wpływów głównych w górotworze. *Ochrona Terenów Górniczych* nr 72/2.
- [9] Kubica J., Bukowski P., Gzyl G., 2008: Delimiting of safety pillars to separate multi-layer thick-seam mining systems from an aquifer in adjacent flooded mine. In: *Mine water and Environment. Proceedings of the 10<sup>th</sup> IMWA Congress. 2-5 June 2008, Karlovy Vary, Czech Republic*. Published by VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mining and Geology, pp: 23–26.
- [10] Rogoż M., Bukowski P., Górka G., Posyłek E., Solik-Heliasz E., Staszewski B., 1995: Wpływ likwidacji kopalni na warunki wodne w górotworze i na powierzchni. *Prace GIG, Komunikat nr 805*, Katowice.
- [11] Rogoż M., 2004: *Hydrogeologia górnictwa z podstawami hydrogeologii ogólnej*. Wydawnictwo GIG. Katowice.
- [12] Tor A., Jakubów A., Tobiczek S., 2008: Zagrożenia powstałe w wyniku uszkodzenia lunety wentylacyjnej szybu V w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A. KWK „Pniówek” w Pawłowicach. *Kopaliny*, nr 2/2008(71), ISSN 1730-7848. Wyd. Drekop, Wrocław. s. 47–56.

## **Determining of water hazard zones for mining exploitation planned in the vicinity of reservoirs in abandoned mines**

Key words

Safety, mining, hydrogeology, water hazard in mines, water reservoir

Abstract

In the article there were presented the changes of water hazard state in coal mines during last several years. On the basis of recognition of conditions of conducted and planned mining exploitation there was presented the example of water hazard assessment for mining exploitation planned near abandoned flooded mines. On the example of planned mining exploitation in the conditions existing in the Upper Silesian Coal Basin there was also presented the methodology of safety zones determining in active mines separating them from water reservoirs with their capacities up to millions of cubic meters of water.