

21

WYZNACZANIE FILARÓW BEZPIECZEŃSTWA OD ŹRÓDEŁ ZAGROŻENIA WODNEGO W PODZIEMNYCH ZAKŁADACH GÓRNICZYCH WYDOBYWAJĄCYCH WĘGIEL KAMIENNY

21.1 WPROWADZENIE

Podziemne zakłady górnicze wydobywające węgiel kamienny w Polsce prowadzą najczęściej eksploatację złoża w bardzo trudnych warunkach górniczo-geologicznych. Wydobycie prowadzone jest na coraz większych głębokościach, co wiąże się z występowaniem wielu zagrożeń technicznych i tych pochodzenia naturalnego. Jednym z nich jest zagrożenie wodne. Kluczowym aktem prawnym z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu zakładu górniczego w kontekście zagrożeń naturalnych jest *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r., w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz. U z 2015 r. poz. 1702 i 2204, z 2016 r. poz. 949 oraz z 2017 r. poz. 1247)* wydane na podstawie art. 118 ust. 4 ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – *Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2017 r. poz. 2126)*. Rozporządzenie to w dość istotny sposób zmodyfikowało stan prawny, funkcjonujący w oparciu o wcześniejsze przepisy. Regulacje zamieszczone w obowiązującej ustawie różnią się w kilku kluczowych obszarach. Różnice te polegają głównie na przeniesieniu obowiązku dokonywania zaliczeń do poszczególnych klas, kategorii, stopni itp. zagrożeń, z dyrektora okręgowego urzędu górniczego na kierownika ruchu zakładu górniczego. Wraz z tą zmianą modyfikacji uległy: katalog zagrożeń naturalnych oraz określanie przestrzeni podlegającej zaliczeniu. Ponadto wprowadzono ogólne regulacje dotyczące podziału kryteriów oceny zagrożeń naturalnych na podstawowe (stanowiące okoliczności powodujące powstanie lub wzrost natężenia zagrożenia) i szczegółowe (stanowiące okoliczności uzasadniające zaliczenie przestrzeni w zakładach górniczych do poszczególnych stopni zagrożenia). Podstawowe kryterium oceny zagrożenia wodnego, uwzględnia nie tylko istniejące, ale także dodatkowo projektowane wyrobiska lub ich części. Przyjęto również, że zaliczenie powinno dotyczyć nie tylko złóż lub ich części, ale także otaczającego ich górotworu w granicach obszaru górniczego.

Zgodnie z rozdz. 7 § 24 [13] podstawowym kryterium oceny zagrożenia wodnego jest możliwość wystąpienia zwiększonego lub niekontrolowanego dopływu albo możliwość wdarcia się do istniejącego lub projektowanego wyrobiska lub jego części: wody, solanki, ługów lub wody z luźnym materiałem, stwarzającego niebezpieczeństwo dla pracowników lub ruchu zakładu górniczego. W rozdziale tym określono szczegółową treść, która jest jednym z elementów dokumentacji stanowiącej podstawę charakterystyki budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych przestrzeni podlegającej zaliczeniu do poszczególnych stopni zagrożenia wodnego. Przyjęto, że elementem takiej dokumentacji będzie nie opis źródeł zagrożenia wodnego, ale analiza ich wpływu na prowadzone i projektowane roboty górnicze, a także, w przypadku podziemnych zbiorników wodnych stwarzających zagrożenie wodne, zwymiarowanie stref wokół nich. W rozumieniu zapisów przytoczonego rozporządzenia strefy te nie stanowią tzw. filarów bezpieczeństwa, ale opisane powyżej zmiany regulacji prawnych pozostają w bezpośrednim związku merytorycznym z rozdziałem 7 obowiązującego od lipca 2017 roku *Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r., w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz. U. z 2017 r. poz. 1118)* – przepisy wydane na podstawie art. 120 ust. 1 ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – *Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2017 r. poz. 2126)*.

Zmiany regulacji prawnych spowodowały podjęcie przez autorów problematyki weryfikacji, wyznaczania, ustanawiania i likwidowania filarów bezpieczeństwa od źródeł zagrożenia wodnego. Zmiany te dotyczą zwłaszcza geologów górniczych i kierowników ruchu zakładu górniczego, na których wprost spadł ten obowiązek. Z uwagi na wysoką odpowiedzialność i złożoność zagadnień decydujących o bezpieczeństwie górniczym, w znacznej części przypadków, dotychczas nie wyznaczano filarów bezpieczeństwa, a w szczególnych sytuacjach zlecano takie opracowanie wyspecjalizowanym podmiotom i jednostkom naukowo-badawczym. Problematykę zagadnienia potęguje dodatkowo fakt, iż obowiązujące przepisy nie przewidują dodatkowych regulacji dotyczących klasyfikacji zagrożeń, które współwystępują w danej przestrzeni (tzw. zagrożeń skojarzonych). W takim przypadku istotna jest odrębna ocena uwarunkowań oraz okoliczności zaistnienia stanu zagrożenia powodujących powstanie lub wzrost natężenia i roli konkretnych współwystępujących zagrożeń.

21.2 WYZNACZANIE FILARÓW BEZPIECZEŃSTWA W ŚWIETLE WYMAGAŃ FORMALNO-PRAWNYCH

Podstawowym aktem prawnym regulującym kwestię wyznaczania filarów bezpieczeństwa dla podziemnych zakładów górniczych jest obowiązujące od lipca 2017 roku – *Rozporządzenie Ministra Energii [14]*. Przed wejściem w życie nowego rozporządzenia przedmiotowe wymagania regulowało *Rozporządzenie Ministra*

Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r., w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. Nr 139, poz. 1169, z 2006 r., Nr 124, poz. 863 oraz z 2010 r. Nr 126, poz. 855).

Zgodnie z nieobowiązującym już prawem (jak wynikało z wymogów § 381) przed rozpoczęciem prowadzenia robót górniczych w kierunku, lub w sąsiedztwie zatopionych wyrobisk, lub innych zbiorników wodnych, uskoków wodonośnych, zawodnionych warstw nadkładu powinno się odprowadzić nagromadzone wody, a w razie braku takiej możliwości wyznaczyć filar bezpieczeństwa. Filar bezpieczeństwa nie mógł być naruszony robotami górniczymi. Zapisy rozporządzenia nie wskazywały wprost osób odpowiedzialnych za jego wyznaczenie. W nowych przepisach szczegółowo odniesiono się do kwestii wyznaczania, ustanawiania oraz likwidowania filarów bezpieczeństwa, jak również naruszania jego struktury. Pierwsze wymagania znajdujemy w dziale II, rozdział 2, § 47 (roboty wiertnicze) [14]. W przypadku otworów wiertniczych, które stanowią lub mogą stanowić zagrożenie, a których nie można zlikwidować, wyznacza się filary bezpieczeństwa. Filary bezpieczeństwa są zatwierdzane i likwidowane przez kierownika ruchu zakładu górniczego. Kolejne wymagania występują w dziale V, rozdział 7, § 458 (zagrożenie wodne) [14]. Jak stanowią przepisy przed rozpoczęciem prowadzenia robót górniczych w kierunku lub w sąsiedztwie źródła zagrożenia wodnego: zalicza się górotwór lub jego część do odpowiedniego stopnia zagrożenia wodnego na zasadach określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 118 ust. 4 [12]; odprowadza się nagromadzoną wodę; geolog górniczy wyznacza filary bezpieczeństwa o minimalnej wielkości 20 m, które są ustanawiane i likwidowane na polecenie kierownika ruchu zakładu górniczego. Pojawiła się zatem istotna zmiana wskazująca wprost, że to właśnie geolog górniczy jest odpowiedzialny za wyznaczenie filara bezpieczeństwa, a kierownik ruchu zakładu górniczego za jego ustanowienie i zlikwidowanie. Ważna jest tutaj definicja robót górniczych, którą określają przepisy art. 6 ust. 1 [12]. Robotą górniczą w rozumieniu ustawy dla podziemnych zakładów górniczych jest wykonywanie, utrzymywanie, zabezpieczanie lub likwidowanie wyrobisk górniczych w związku z działalnością regulowaną ustawą. Jak można się zorientować katalog wymagań jest na tyle obszerny, że w zasadzie, w każdym przypadku ruchu zakładu górniczego mamy do czynienia z potrzebą przeanalizowania przez geologa górniczego konieczności, warunków i zakresu ewentualnego wyznaczenia filara bezpieczeństwa. Ma to istotne znaczenie w kontekście regulacji dotyczących jego naruszania. Jak wiadomo filary bezpieczeństwa wyznacza się od źródeł zagrożenia wodnego, w związku z czym nie bez znaczenia pozostają kwestie możliwości likwidacji potencjalnych zagrożeń, w tym zwłaszcza ich przyczyn i źródeł, już po wprowadzeniu ograniczeń w stosunku do robót górniczych.

W obowiązujących przepisach naruszenie ustanowionego filara bezpieczeństwa robotami górniczymi jest niedopuszczalne z wyjątkiem otworów wiertniczych

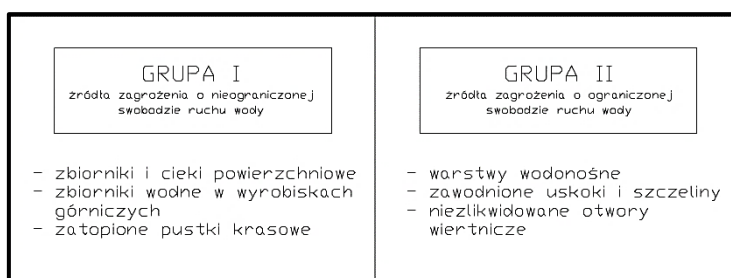
wykonywanych w celu rozpoznania lub likwidacji źródła zagrożenia wodnego. Należy zaznaczyć, że w myśl § 457 [14], wyjątku nie stanowią wyprzedzające otwory wiertnicze rozpoznające objawy zagrożenia wodnego, o długości zapewniającej ciągłe rozpoznanie górotworu na odległość nie mniejszą niż 4 metry, które na wniosek geologa górniczego są wykonywane z wyrobisk i określane przez kierownika ruchu zakładu górniczego, a także w myśl § 38 [14] otwory o długości większej niż 10 metrów. Opisany w § 457 wyjątek, jest zdaniem autorów spójny z pozostałymi przepisami, ponieważ dotyczy wierceń wykonywanych zazwyczaj w nierozpoznanych częściach górotworu, ale pozbawionych zlikwidowanych wyrobisk górniczych, w których mogłoby się znajdować źródło zagrożenia wodnego, jakim jest zbiornik wód dołowych, dla którego zachodziłaby konieczność wyznaczenia filara bezpieczeństwa. Otwory takie w praktyce wykonywane są zazwyczaj ręcznie, przy użyciu wiertarek hydraulicznych lub elektrycznych i charakteryzują się małymi średnicami oraz brakiem rur obsadowych. Z oczywistych względów nie mogą być zatem wykonywane w granicach filarów bezpieczeństwa, które wyznaczył geolog górniczy i gdzie są znane i scharakteryzowane warunki występowania oraz parametry źródła zagrożenia wodnego. Z uwagi na brak jednoznaczności stwierdzeń, wątpliwości budzi zapis § 457 odwołujący się do wymagań ujętych § 38. Z jednej strony w myśl § 458 [14] dopuszcza się naruszenie filara bezpieczeństwa otworami wiertniczymi wykonywanymi w celu rozpoznania lub likwidacji źródła zagrożenia wodnego bez podania ich długości, czyli bez względu na szerokość filara, z drugiej strony, w myśl § 457 [14] nie dopuszcza się w jego granicach wykonywania otworów o długości większej niż 10 metrów. Przy założeniu, że filar bezpieczeństwa nie może mieć mniej niż 20 m, rozpoznanie lub likwidacja źródła zagrożenia wodnego może się wówczas okazać niemożliwa.

Dodatkową regulacją prawną związaną z wyznaczaniem filarów bezpieczeństwa jest możliwość jego nie wyznaczenia w przypadku robót górniczych prowadzonych w kierunku zbiornika wodnego powyżej lustra wody. W tym przypadku poziom lustra wody w zbiorniku wodnym w myśl § 458 [14] nie może znajdować się na wysokości większej niż 1,0 m od spągu wyrobiska w przodku. Warto nadmienić, że te tak restrykcyjne zapisy i tak nie gwarantują bezpieczeństwa i spełnienia pełni wymogów w przypadku prowadzenia robót w sąsiedztwie zrobów poeksploatacyjnych doszczelnianych mieszaninami wody i materiałów drobnoziarnistych. W takim przypadku, w zależności od warunków litologicznych, głębokości, właściwości fizyko-mechanicznych skał otaczających wyrobiska, sposobu i ciągłości podawania mieszanin do zrobów oraz zasilania ich w wodę z dopływu naturalnego, itp. istnieje możliwość wystąpienia zjawiska, tzw. wygradzania zrobów. Występuje wówczas prawdopodobieństwo formowania się wygradzonych zbiorników wodnych w zrobach, wprawdzie o małych zasobach wody to jednak o niemożliwym do wyznaczenia zasięgu wód występujących na ogół pod wysokim ciśnieniem.

22.3 KLASYFIKACJA FILARÓW BEZPIECZEŃSTWA

W ujęciu ogólnym filar bezpieczeństwa jest to calizna skalna pozostawiona między źródłem zagrożenia wodnego a czynnym wyrobiskiem górniczym, której zadaniem jest niedopuszczenie do nagłego wdarcia się wody lub wody z luźnym materiałem, mogącym stworzyć zagrożenie dla ludzi znajdujących się w zakładzie górniczym lub zakłócić jego pracę. Filar bezpieczeństwa jest rodzajem bloku oporowego, którego wymiary są zależne od roli filara, jego obciążenia (np. napór wody) oraz od własności wytrzymałościowo-odkształceniowych budującego go masywu skalnego. Przeciwwodny filar bezpieczeństwa z założenia nie musi być szczelny i dopuszcza się filtrację wody przez budującą go caliznę skalną. Filtrację dopuszcza się pod warunkiem, że woda nie spowoduje zmniejszenia wytrzymałości skały w stopniu stwarzającym niebezpieczeństwo przerwania filara pod naporem wody lub pod własnym ciężarem [6].

W odniesieniu do klasyfikacji filarów bezpieczeństwa, od lat 60. I 70. XX stulecia uważa się, że kluczowe znaczenie ma rodzaj źródła zagrożenia wodnego, dla którego będzie on wyznaczany. W zależności od swobody ruchu wody w środowisku skalnym, w którym występuje, wyróżnia się dwie grupy źródeł zagrożenia wodnego (rys. 21.1) [1, 6, 8].

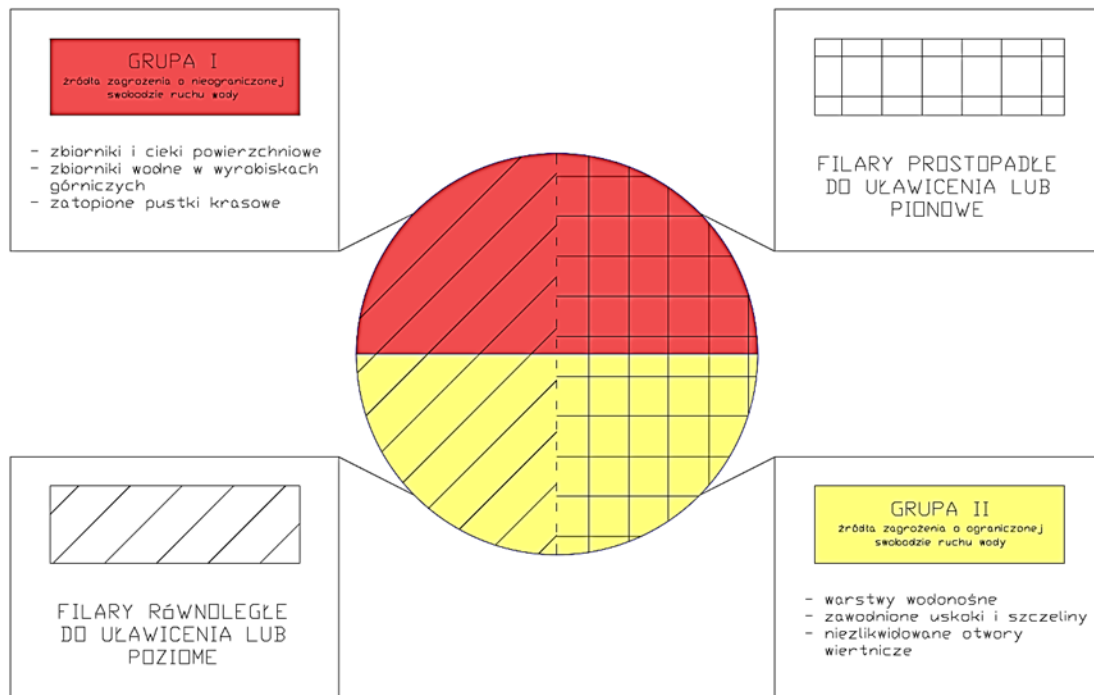


Rys. 21.1 Grupy źródeł zagrożenia wodnego

Źródło: Wg. [8]

W grupie I istotna jest wielkość przepływu wód i związane z tym minimalne opory hydrauliczne. W przypadku wdarcia się wody z takiego źródła zagrożenia wodnego ograniczeniem mogą być tylko parametry charakteryzujące połączenie źródła i miejsca zagrożonego, takie jak np. wielkość szczelin i pęknięć. Źródła zagrożenia wodnego tego typu charakteryzują się nieograniczoną swobodą ruchu wody [6] i mogą stworzyć największe zagrożenie. Do drugiej grupy należą przestrzenie, w których ruch wody uzależniony jest od przepuszczalności ośrodka. W praktyce eksploatacji węgla kamiennego najczęściej spotykane to zawodnione warstwy wodonośne, z których występują wypływy wód z zasobów statycznych lub dynamicznych i niezbyt gwałtownym charakterze wypływu. Klasyfikacja ta w zależności od rejonu zagłębia górnośląskiego oraz litologii i właściwości skał oraz tektoniki i zawodnienia złoża nie w pełni się sprawdza, co wymusza działania na rzecz jej modyfikacji [1, 5].

Filary bezpieczeństwa można podzielić w zależności od ich usytuowania względem źródła zagrożenia wodnego i czynnego lub projektowanego wyrobiska (rys. 22.2). Rozróżnia się filary prostopadłe do uławicenia lub pionowe oraz równoległe do uławicenia lub poziome [6]. Dodatkowo wyróżnia się filary bezpieczeństwa wyznaczane wokół niezlikwidowanych otworów wiertniczych.



Rys. 22.2 Schemat klasyfikacji filarów bezpieczeństwa w zależności od źródła zagrożenia

22.4 ALGORYTMY WYZNACZANIA FILARÓW BEZPIECZEŃSTWA OD ŹRÓDEŁ ZAGROŻENIA WODNEGO

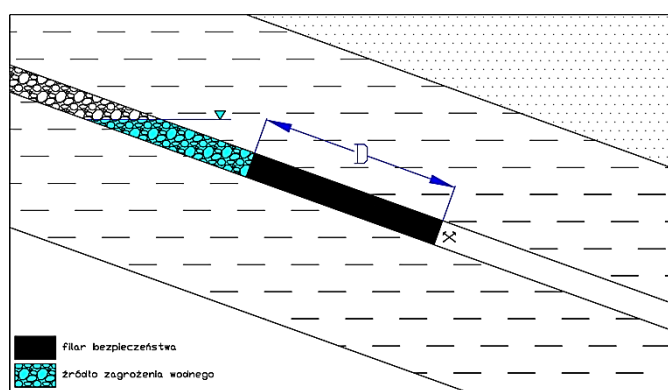
Wymagania prawne uregulowały na nowo kwestię podejścia do wyznaczania filarów bezpieczeństwa. Pojawiło się wprost wskazanie, że to geolog górniczy jest odpowiedzialny za jego wyznaczenie. Geolog nie ma jednak możliwości decydowania o jego minimalnej wielkości, którą ustalono jednoznacznie. W przepisach nie określono jednoznacznych wytycznych w oparciu o jakie parametry i warunki górniczo-geologiczne wyznacza się filary bezpieczeństwa. Jedynymi kryteriami jest czas prowadzenia robót górniczych oraz ich orientacja w stosunku do źródła zagrożenia wodnego.

Obecnie nie obowiązują szczegółowe wytyczne odnośnie wyznaczania filarów bezpieczeństwa dla określonych warunków wydobywania węgla kamiennego. W latach ubiegłych, przed wprowadzeniem prawa geologicznego i górniczego, w Departamencie Górniczym Ministerstwa Górnictwa i Energetyki, opracowano „Instrukcję bezpiecznego prowadzenia robót górniczych w warunkach zagrożenia wodnego w podziemnych zakładach górniczych węgla kamiennego”. Wydano ją w 1974 roku, głównie na bazie prac rosyjskich i ukraińskich badaczy oraz doświadczeń

z zagłębi ówczesnego ZSRR. Została ona opracowana na podstawie pracy Głównego Instytutu Górniczego: „Wyznaczanie filarów bezpieczeństwa dla ograniczenia zagrożenia wodnego w kopalniach węgla kamiennego”. W oparciu o zawarte w niej jednoznaczne wytyczne, na przestrzeni wielu lat skutecznie wyznaczano parametry charakteryzujące filary bezpieczeństwa. Ponownie przedmiotowe zagadnienia, w ujęciu całościowym, zostały przedstawione w kolejnych opracowaniach monograficznych pracowników GIG w tym w ostatnim z 2004 r. [8]. Jednak preferowane sposoby oceny, pomimo braku obowiązywania, w dalszym ciągu bazowały na algorytmach i wzorach przedstawionych w przytoczonej powyżej instrukcji. Poza wymienionymi wydawnictwami aspekt wyznaczania filarów pojawiać się już tylko w odrębnych publikacjach naukowych nielicznych autorów zajmujących się tematem zagrożeń wodnych. Publikacje te skupiały się na przybliżeniu warunków odwzorowywanych metodami obliczeniowymi do warunków rzeczywistych i istotnej kwestii, jaką jest modyfikacja parametrów wejściowych do wzorów publikowanych i ich weryfikowanie na podstawie wieloletnich doświadczeń kopalń węgla kamiennego.

Wprowadzenie nowych założeń do empirycznych wzorów, na których podstawie opracowano instrukcje do wyznaczania filarów bezpieczeństwa, jak dotąd nie znalazło odzwierciedlenia w publikacji, a tym samym jednoznacznych wytycznych w tym zakresie. W literaturze można jednak znaleźć przykłady ich skutecznego zastosowania w poszczególnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny w odniesieniu do konkretnych warunków geologiczno-górniczych [4, 7, 9, 10].

Kluczowym parametrem w ocenie filarów bezpieczeństwa jest jego krytyczny wymiar definiowany jako najmniejsza dopuszczalna odległość pomiędzy źródłem zagrożenia wodnego (najczęściej zbiornikiem wód dołowych lub warstwą wodonośną) a chronionym czynnym wyrobiskiem (rys. 23.3).



Rys. 23.3 Krytyczny wymiar filara bezpieczeństwa (D)

Określając wielkość krytycznego wymiaru filara bezpieczeństwa należy wziąć pod uwagę jego wytrzymałość (własności fizykomechaniczne skał, z których jest zbudowany) i szczelność (wartości parametrów hydraulicznych charakteryzujących

źródło zagrożenia). Analizując zaproponowaną metodykę wyznaczania filarów bezpieczeństwa można zauważyć, iż ich podstawą są założenia teoretyczne filtracji jednowymiarowej podlegającej prawu Darcy'ego powiązane z parametrami filtracyjnymi skał i wielkości ciśnienia w źródle zagrożenia wodnego. Istotny jest fakt, iż zaproponowane algorytmy w głównej mierze wynikają z przekształcenia wybranych równań równowagi z uwzględnieniem parametrów filtracyjnych skał, uzyskanych w oparciu o analizę empirycznie wyznaczonych, rzeczywistych parametrów hydraulicznych lub wartości średnich podawanych w literaturze z jednoczesnym zastosowaniem określonych współczynników bezpieczeństwa [2]. Należy zaznaczyć jednak, iż podstawą tworzenia wzorów były obserwacje poczynione w wyrobiskach górniczych w połowie ubiegłego wieku i najczęściej dotyczyły warunków zagłębi rosyjskich. Jak dotąd tylko sporadycznie modyfikowano sposób obliczeń [8]. W oparciu o obserwacje i doświadczenia poczynione w ostatnich kilkudziesięciu latach, jak również na skutek diametralnej zmiany warunków hydrogeologicznych związanych z restrukturyzacją górnictwa węglowego, wykorzystuje się zmodyfikowane wzory wykorzystujące niektóre parametry wytrzymałościowo-odkształceniowe skał. W praktyce najczęściej stosuje się zależności wykorzystujące parametry średnie, znane z literatury, a nie z badań bezpośrednich. Wówczas stosowane są współczynniki bezpieczeństwa uwzględniające różne uwarunkowania, lecz najczęściej także nieokreślone i niedobierane do konkretnych przypadków i charakteryzujących ich warunków geologiczno-górnicznych. Takie praktyki bez planowania i realizowania monitoringu właściwości skał w ocenianym fragmencie złoża, oraz bez prowadzenia badań z dedykowaną metodyką badań geomechanicznych, autorzy uważają za niebezpieczne, i oddalające wynik oceny od warunków rzeczywistych. W literaturze znajduje się szereg wzorów pozwalających obliczyć krytyczny wymiar filara bezpieczeństwa prostopadłego do uławicenia lub pionowego (tabela 21.1).

Tabela 21.1 Stosowana w artykule symbolika krytycznego wymiaru filara bezpieczeństwa

Rodzaj FILARA BEZPIECZEŃSTWA	Źródło zagrożenia		
	grupa I	grupa II	otwory wiertnicze
Prostopadły do uławicenia lub pionowy	D_{pI}	D_{pII}	-
Równoległy do uławicenia lub poziomy	D_{rI}	D_{rII}	D_o

Większość z nich opiera się na ocenie zachowania się górotworu nad wybieraną przestrzenią i wysokości strefy i sieci połączeń hydraulicznych nad zrobami zawałowymi. Wzory mają charakter empiryczny i bazują na doświadczeniach i obserwacjach stwierdzonych uszkodzeń podczas prowadzenia robót górniczych w pokładach podebranych. Zakłada się, że wielkość przepływu lub filtracji wody ze zbiornika poprzez strefę spękań eksploatacyjnych do czynnego wyrobiska eksploatacyjnego w zależności od źródła jest funkcją między innymi rozwarcia

szczelin (krok szczelinowatości), gęstości szczelin, odkształceń poziomych, wielkości powierzchni, na której szczeliny występują, przepuszczalności ośrodka zawierającego wodę, charakteru litologicznego i układ warstw zalegających pomiędzy wyrobiskiem eksploatacyjnym a warstwą wodonośną, zasięgu spękań i szczelin, powierzchni odsłonięcia źródła warstwy oraz ciśnienia wody w źródle. Minimalna odległość pomiędzy pokładami określana jest jako funkcja grubości pokładu podbierającego lub jego połączenia między innymi ze współczynnikiem rozluźnienia skał, współczynnikiem ściśliwości podsadzki, współczynnikiem rozluźnienia węgla, współczynnikiem pęcznienia podsadzki, kąta zasięgu wpływów eksploatacji czy współczynnika strat eksploatacji.

Przeprowadzona przez autorów analiza zastosowania podawanych w literaturze zależności do wyznaczania minimalnej odległości pomiędzy pokładem podebrany a podbierającym sporządzona dla identycznych warunków brzegowych, wykazała skrajnie różne wartości. Podyktowane to jest faktem, że zależności matematyczne bazują na różnych doświadczeniach przyjmowanych dla odmiennych warunków górniczo-geologicznych, a określenie wartości poszczególnych współczynników jest bardzo kłopotliwe. W niektórych przypadkach jest wręcz niemożliwe bez przeprowadzenia szczegółowych badań in situ. Dlatego jak się podaje [6, 8] dobrze wyważony i bezpieczny jest wzór proponowany przez S.G. Awierszina (1957) bazujący na doświadczeniach Donieckiego Zagłębia Węglowego, który został zmodyfikowany z uwzględnieniem wyników badań dopływów wody do ścian zawałowych w GZW oraz węgierskich naukowców. Badania te jednak choć wielokrotnie opisywane [2, 6, 8] wykonane były w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku i najczęściej nie uwzględniają nowych obserwacji.

Zaleca się zatem stosowanie zależności dla dwóch przypadków. Pod zbiornikami wodnymi zaliczonymi do pierwszej grupy źródeł zagrożenia wodnego (D_{PI}) minimalna grubość pionowego filara bezpieczeństwa powinna wynosić nie mniej niż 40 krotność miąższości obliczeniowej wybieranego pokładu, uwzględniającej współczynnik ściśliwości podsadzki, przy czym nie może być mniejsza niż 20 metrów. Pod warstwami wodonośnymi lub innymi zbiornikami zaliczonymi do drugiej grupy źródeł zagrożenia wodnego (D_{PII}) minimalna grubość pionowego filara bezpieczeństwa powinna wynosić nie mniej niż 15 krotność miąższości obliczeniowej wybieranego pokładu, uwzględniającej współczynnik ściśliwości podsadzki, przy czym nie może być również mniejsza niż 20 metrów. Warunkiem istotnym dla prawidłowej oceny jest konieczność występowania w profilu co najmniej 50% warstw, będących częścią filara, wykształconych w facji ilastej, a górotwór w obrębie filara powinien nie być zaburzony, bez uskoków lub szczelin, które mogłyby ulec rozwarciu pod wpływem eksploatacji.

W przypadku podziemnej eksploatacji węgla kamiennego dla filarów równoległych do uławicenia literatura również podaje szereg metod obliczeniowych i wzorów na wyznaczanie jego wartości krytycznej. Skupiają się one głównie na obliczaniu wytrzymałości filara na ścinanie, rozrywanie, rozgniecenie czy oporu na

przesunięcie. Wzory bazują głównie na takich parametrach jak: szerokość i wysokość wyrobiska, głębokość zalegania, ciężar objętościowy górotworu, kąt między wyrobiskiem a płaszczyzną zbiornika, kąt i współczynnik tarcia, wytrzymałości górotworu na ścinanie, dopuszczalne naprężenie ścinające, współczynnik zalegania skał, kąt nachylenia pokładu, szerokość stref odprężonych, wytrzymałość doraźna na rozciąganie, rozpiętość równoważna wyrobiska oraz ciśnienie wody w zbiorniku. Parametry są zróżnicowane i zależnie od zastosowanej metody, dlatego o jej wyborze decyduje wzajemne położenie wyrobiska i źródła zagrożenia wodnego, lokalne warunki geomechaniczne i górniczo-geologiczne oraz możliwość zastosowania wybranych współczynników bezpieczeństwa np. z uwagi na wstrząsy wysokoenergetyczne [2, 4]. Skomplikowany charakter zmienności górotworu i jego parametrów powoduje, że trudno jednoznacznie ustalić parametry i kryteria wytrzymałościowe filarów oraz określić jednolity sposób ich obliczania, który mógłby znaleźć zastosowanie we wszystkich spotykanych w praktyce przypadkach. Projektowanie tego typu filarów powinno uwzględnić fakt stopnia naruszenia górotworu. Biorąc pod uwagę powyższe często w publikowanych algorytmach zastosowano wysokie współczynniki bezpieczeństwa.

Najczęściej w przypadku wyznaczania krytycznej odległości filarów równoległych do uławicenia (D_{FI} , D_{FII}) znajduje zastosowanie metoda i wzory Slesariewa [6]. Jak podaje autor [6] była ona przedmiotem analizy w latach 70. i 80. ubiegłego wieku, w odniesieniu do warunków geologiczno-górnich polskiego górnictwa węgla kamiennego. Pomimo wycofania obliwu stosowania tych wzorów obliczeniowych pozytywne efekty oraz obserwacje z ich zastosowania powodują, że w sposób nieformalny od lat z powodzeniem wzory i metoda są stosowane w polskim górnictwie. Z uwagi jednak na pewne uproszczenia i łatwość zastosowania najczęściej stosowany jest wzór oparty tylko na grubości wybieranej warstwy i ciśnieniu wody w zbiorniku. Unikając badań właściwości skał, nie uwzględnia się parametrów oznaczanych w górotworze lub skutkiem planowania monitoringu geomechanicznego i laboratoryjnych badań dla próbek skał pobranych w miejscu wyznaczania filara. Doświadczenia ośrodków naukowo-badawczych, czy poszczególnych kopalń węgla kamiennego [4, 10] dają podstawę do tego, aby posługując się poszczególnymi metodami wyznaczania filarów z powodzeniem i w sposób wiarygodny stosować bieżące wyniki badań geomechanicznych z uwzględnieniem parametrów hydrogeologicznych.

Wyznaczanie filarów bezpieczeństwa wokół niezlikwidowanych otworów wiertniczych (D_o) nie jest skomplikowane. Proponuje się w tym przypadku wyznaczenie walca o promieniu równym szerokości filara wokół osi otworu wraz z pewną poprawką na jej odchylenie związane z krzywizną otworu. Zakłada się, że wokół otworu, minimalna szerokość promienia odpowiadającego wymiarowi filara wynosi 20 metrów. Do tej wartości należy dodać proponowane w literaturze stosowne poprawki. Jest to jednak jeden z przykładów konieczności weryfikacji i

stosowania szczególnych rozwiązań w zależności od znanych warunków górnico-geologicznych w zakresie wyznaczania filara bezpieczeństwa. Kluczowa jest tutaj geneza powstania powszechnie stosowanego wzoru na wyznaczanie filara od otworów wiertniczych o nieznannej krzywiznie. Poprawka (a) uwzględniająca odchylenie od osi otworu wiertniczego spowodowana jego skrzywieniem została opracowana na podstawie analizy statystycznej 34 głębokich otworów odwierconych z powierzchni na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, których pomiar krzywizny został wykonany za pomocą inklinometru przed 1974 rokiem. Z analizy uzyskano wyniki odchylenia od osi otworu na głębokościach co 200 metrów do głębokości 1000m. Wyznaczona poprawka do głębokości 400 metrów wynosi 0. Nie kwestionuje się przyjętych wówczas założeń ale można odnieść wrażenie, że te mają zastosowanie wyłącznie dla otworów wierconych z powierzchni. Nie wzięto pod uwagę otworów dołowych. Te jak wiadomo mają nieco inną specyfikę. Wiercone są przy zastosowaniu innych urządzeń i osprzętu wiertniczego a ich krzywizny, np. w przypadku zastosowania wierceń małośrednicowych przy użyciu niewielkich wiertnic elektrycznych czy hydraulicznych mają znaczne odchylenia od projektowanej trajektorii [7]. Zastosowanie sugerowanej poprawki (a) wg zaproponowanego klucza w przypadku otworów dołowych wierconych z wyrobisk górniczych jest niemożliwe.

22.5 OZNACZANIE FILARÓW BEZPIECZEŃSTWA NA MAPACH GÓRNICZYCH

W opracowywaniu map podstawowych i przeglądowych na potrzeby ruchu zakładu górniczego zastosowanie mają Polskie Normy. Polska Norma (PN-G-09006) „Mapy górnicze – umowne znaki zagrożeń i urządzeń zabezpieczających w wyrobiskach podziemnych” nie przewiduje symbolu związanego z filarem bezpieczeństwa. Polska Norma (PN-G-09007) „Mapy górnicze – umowne znaki granic” również nie przewiduje takiego symbolu. Zawiera natomiast symbole filarów granicznych, oporowych czy ochronnych, zbliżone kształtem do siebie. Trzymając się symboliki zaproponowanej powyżej w kopalniach węgla kamiennego stosuje się najczęściej symbolikę charakterystyczną dla filara ochronnego tylko z inną barwą. Powyższe sankcjonuje się wprowadzając wzór używanego znaku kartograficznego do karty tytułowej map w dokumentacji mierniczo-geologicznej.

22.6 PODSUMOWANIE

Podawane w literaturze rozwiązania i wzory matematyczne związane z wyznaczaniem filarów bezpieczeństwa, choć w sposób niesformalizowany, to jednak są powszechnie stosowane w praktyce górniczej w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny. Geneza ich powstania i zaaplikowania do warunków polskich zagłębi węglowych, na ogół nie jest jednak powszechnie znana, a niejednokrotnie jest zapomniana. Wartości empiryczne zawierają w sobie parametry, wskaźniki i współczynniki określone wartościami liczbowymi najczęściej charakterystycznymi dla ośrodków naukowych i zagłębi

węglowych związanych z ich autorami. Nie były one powiązane z Górnośląskim Zagłębiem Węglowym. W pracach Głównego Instytutu Górnictwa [6] do istniejących wzorów zaimplementowano doświadczenia wyniesione z polskiego górnictwa w kontekście równań równowagi i ich przekształceń do zależności w ich ostatecznej i uproszczonej postaci. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, iż miało to miejsce w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku i nadal wzory w swojej podstawie odnosiły się do zależności charakterystycznych dla wyrobisk eksploatacyjnych i prowadzonych w węglu. Należy jednak pamiętać, że podstawy metodyczne i obliczeniowe opracowywano w warunkach rozwoju górnictwa węglowego i centralnego nim sterowania, przy dążeniu do osiągnięcia maksymalnego wydobycia. Uwarunkowania geologiczno-górniczne i hydrogeologiczne podobnie, jak postęp naukowy i techniczny oraz poprawa rozwiązań prawnych z ostatniego ćwierćwiecza uległy jednak diametralnej zmianie, której wyrazem jest daleko posunięta likwidacja i zatapianie likwidowanych kopalń [3, 9, 11]. Obecne warunki głęboko prowadzonej eksploatacji górniczej, zwłaszcza w rejonach granicznych z kopalniami zatapianymi skłaniają do podjęcia kompleksowej próby weryfikacji i dostosowania metod oceny zagrożeń do warunków współczesnych. Pozostaje zatem odpowiedzieć na pytanie co w przypadku projektowania i prowadzenia wyrobisk korytarzowych zarówno w węglu jak i w skale płonnej?. W przypadku wyrobisk korytarzowych nie mamy do czynienia z obniżeniem stropu pokładu i ugięciem skał, na którym bazowały chociażby wzory na wyznaczanie filarów pionowych, a w stropie nie koniecznie występują najłabsze skały, którymi na przeważającej części GZW, w głęboko położonych partiach górotworu na ogół są węgle kamienne, dla których przyjmowano poszczególne wskaźniki. Zakładając powyższe założenia można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że filary bezpieczeństwa wyznaczane na podstawie opisanych w artykule metod i wzorów, z uwagi na przyjmowane niskie parametry skał i dostosowane do nich wysokie współczynniki bezpieczeństwa, spełnią wymagania odnośnie ich wytrzymałości w przypadku wyrobisk korytarzowych. Bez przeprowadzenia odpowiednio zaplanowanych badań nie będą one jednak dostosowane do rzeczywistych warunków i mogą skutecznie ograniczyć możliwość likwidacji źródła zagrożenia wodnego. Jak wskazują współczesne doświadczenia kopalń z powodzeniem można stosować wzory obliczeniowe stosowane przy określaniu filarów bezpieczeństwa, jednakże modyfikując je i dostosowując z wykorzystaniem parametrów wytrzymałościowych skał i górotworu (R_c , R_r) do warunków lokalnych charakterystycznych dla miejsca projektowanego filara [4, 10].

Praktyka prowadzenia wyrobisk górniczych w warunkach zagrożenia wodnego dowodzi, że istnieje możliwość bieżącej oceny bezpieczeństwa wyrobisk udostępniających przy monitoringu krytycznych wymiarów filara bezpieczeństwa wraz z jednoczesną parametryzacją źródła zagrożenia wodnego (ciśnienie wody i pojemność źródła zagrożenia). W kontekście wyznaczania filarów bezpieczeństwa

możliwości takie dają prawidłowe wykorzystanie i zastosowanie metod badawczych wzorów obliczeniowych i zależności, co powinno jednak być warunkowane pozyskaniem rzeczywistych danych o środowisku geologicznym. Zdaniem autorów, wymaga to uwzględnienia przez geologa górniczego szczegółowej analizy wielu czynników górniczo-geologicznych, hydrogeologicznych i geomechanicznych oraz uwzględnienia w ich rozpatrywaniu występowania zagrożeń skojarzonych. W procesie analizy za istotny uważa się pobór rzeczywistego materiału skalnego do badań prowadzonych z modyfikacją właściwości przez symulację ich zmian w wyniku czynników występujących w naturalnych i technicznych warunkach rzeczywistych. Jednocześnie autorzy stwierdzają, że dopiero podjęcie badań interdyscyplinarnych w odniesieniu do sytuacji lokalnej daje szansę na pełne wykorzystanie opracowanych i przytaczanych przez literaturę zależności i wzorów obliczeniowych do scharakteryzowania źródła zagrożenia, oceny zagrożenia wodnego i wyznaczania filarów bezpieczeństwa.

LITERATURA

1. Bukowski P. 2010: *Prognozowanie zagrożenia wodnego związanego z zatapianiem wyrobisk górniczych kopalń węgla kamiennego*. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa, Studia – Rozprawy – Monografie Nr 882. GIG Katowice.
2. Bukowski P., 2010: Determining of safety pillars in the vicinity of water reservoirs in mine workings within abandoned mines in the Upper Silesian Coal Basin (USCB) *Journal of Mining Science*. Vol 46, Iss. 3, p. 298-310.
3. Bukowski P., 2013: *Zagrożenia wodne*. W: Konopko W. red., 2013: Bezpieczeństwo pracy w kopalniach węgla kamiennego. Tom 2 Zagrożenia naturalne. Wyd. GIG, Katowice, s. 316-349.
4. Bukowski P., Kubica J., Augustyniak I., Niedbalska K., Kura K., 2015: Opinia techniczna dotycząca możliwości bezpiecznego prowadzenia robót związanych z drażeniem Upadowej IV'b-S w pokładzie 510 III w., w aspekcie zagrożenia wodnego od zbiornika W-75(2014). *Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa, Zakład Geologii i Geofizyki - Dokumentacja Nr 882*. GIG Katowice.
5. Haładus A., Bukowski P., Bukowska M., 2005: Zmodyfikowana ocena źródeł zagrożeń wodnych w kopalniach węgla kamiennego. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* (Miesięcznik WUG), nr 6(130)/2005, Katowice, s. 45-47.
6. Konstantynowicz E., Bromek T., Piłat T., Posyłek E., Rogoż M., 1974: Wyznaczanie filarów bezpieczeństwa dla ograniczenia zagrożenia wodnego w kopalniach węgla kamiennego. *Prace Głównego Instytutu Górnictwa*. Komunikat nr 615. Wyd. GIG, Katowice.
7. Miodoński G., Mgłosiek J., 2012: Specyfika małośrednicowych wierceń z podziemnych wyrobisk górniczych na przykładzie analizy rzeczywistego przebiegu osi otworów bezrdzeniowych. Wyd. 2012: *Geologia, hydrogeologia i geofizyka w rozwiązywaniu problemów współczesnego górnictwa, energetyki i środowiska*. Nr. 3. Wyd. "Węgloryf", Katowice.
8. Rogoż M., 2004: *Hydrogeologia kopalniana z podstawami hydrogeologii ogólnej*. Wyd. Głównego Instytutu Górnictwa. Katowice.
9. Rogoż M., Posyłek E., 2000: *Problemy hydrogeologiczne w polskich kopalniach węgla kamiennego*. Wyd. GIG, Katowice.
10. Skuza M., Kolasa M., Miodoński M., Bukowski P., Niedbalska K., 2017: Drażenie wyrobisk chodnikowych przygotowawczych w pobliżu zbiornika wodnego w zrobach pokładu 510 w kopalni węgla kamiennego „Murcki-Staszic”. W: Bukowski P., Krogulec

- E., red., 2017: Hydrogeologia w praktyce - praktyka w hydrogeologii. Nr. 1. Wyd. "Węglogryf", Katowice.
11. Wilk Z., red., 2003: *Hydrogeologia polskich złóż kopalin i problemy wodne górnictwa*. Część I, Kraków. Uczelniane Wyd. Naukowo-Dydaktyczne AGH.
 12. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2017 r. poz. 2126).
 13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r., w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz. U z 2015 r. poz. 1702 i 2204, z 2016 r. poz. 949 oraz z 2017 r. poz. 1247).
 14. Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r., w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz. U. z 2017 r. poz. 1118).

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2019

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2019

WYZNACZANIE FILARÓW BEZPIECZEŃSTWA OD ŹRÓDEŁ ZAGROŻENIA WODNEGO W PODZIEMNYCH ZAKŁADACH GÓRNICZYCH WYDOBYWAJĄCYCH WĘGIEL KAMIENNY

Streszczenie: Zmiany regulacji prawnych wymusiły konieczność szczegółowego zainteresowania się zagadnieniem związanym z problematyką wyznaczenia, ustanawiania i likwidowania filarów bezpieczeństwa od źródeł zagrożenia wodnego, zwłaszcza przez geologów górniczych i kierowników ruchu zakładu górniczego, na których wprost spadł ten obowiązek. Jest to zagadnienie złożone, co potęguje fakt, iż obowiązujące przepisy nie przewidują dodatkowych regulacji dotyczących klasyfikacji zagrożeń, które współwystępują w danej przestrzeni (tzw. zagrożeń skojarzonych). W pracy, na tle klasyfikacji źródeł zagrożenia wodnego, autorzy przedstawiają wymagania formalno-prawne wyznaczenia filarów bezpieczeństwa w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny. Ponadto scharakteryzowano powszechnie stosowane zasady wyznaczenia krytycznego wymiaru filara bezpieczeństwa wraz z istotną zdaniem autorów, genezą ich powstania. Jednocześnie za problematyczne uznano ewentualne, bezkrytyczne próby zastosowania podawanych w literaturze wzorów, zwłaszcza w kontekście wyrobisk korytarzowych prowadzonych w skałach płonnych, w określonych warunkach górniczo-geologicznych.

Słowa kluczowe: filar bezpieczeństwa, krytyczny wymiar filara bezpieczeństwa, wymagania prawne dla wyznaczenia filara bezpieczeństwa, wzory do wyznaczenia filarów bezpieczeństwa

DETERMINATION OF SAFETY PILLARS FROM THE SOURCES OF THE WATER HAZARD IN UNDERGROUND COALMINES

Abstract: Amendments to legal regulations forced the necessity of a special interest in the issue related to the problem of determination, establishing and eliminating safety pillars from the sources of water hazard. This applies mainly to mining geologists and high mining plant managers who have to do it this obligation. This is a complex issue. Existing law regulations do not provide for additional regulations regarding the classification of risks occurring together. In the article the authors present formal and legal requirements regarding the necessity of determining safety pillars in underground coalmines. They also describe their classification. Presented and reminded of the principles commonly used to determine the critical dimension of the safety pillar with the genesis of their emergence. Problematic is the fact that the patterns used in the literature are uncritically formulas especially in the context of advanced gallery workings without coal in specific mining and geological conditions.

Key words: safety pillar, critical dimension of the safety pillar, legal requirements for designation of safety pillar, formulas for determining safety pillars

mgr inż. Wiesław Piecha
Polska Grupa Górnicza S.A.
Oddział KWK Murcki-Staszic
ul. Karolinki 1, 40-467 Katowice, Poland
tel.: +4832 605 5510
e-mail: wi.piecha@pgg.pl

mgr inż. Grzegorz Miodoński
Polska Grupa Górnicza S.A.
Oddział KWK Murcki-Staszic
ul. Karolinki 1, 40-467 Katowice, Poland
tel.: +4832 605 5035
e-mail: g.miodonski@pgg.pl

dr hab. Przemysław Bukowski
Główny Instytut Górnictwa
Zakład Geologii i Geofizyki
plac Gwarków 1, 40-166 Katowice, Poland
tel.: +4832 259 2339
e-mail: pbukowski@gig.eu