

Monitorowanie eksploatacji prowadzonej w warunkach współwystępowania zagrożeń metanowego i pożarami endogenicznymi

W artykule przytoczono najważniejsze przepisy dotyczące współwystępowania zagrożeń metanowego i pożarami endogenicznymi. Ujęto je według etapów planowania i prowadzenia eksploatacji. Przypomniano też niektóre wnioski z prac komisji powołanych dla zbadania przyczyn i okoliczności zaistniałych zdarzeń wypadkowych z udziałem tych zagrożeń. Wskazano znaczenie komplementarnego analizowania zagrożeń oraz zaakcentowano spójność podejmowanych działań. Podkreślono wagę lokalizacji punktów pomiarowych dla kontroli wczesnego wykrywania pożarów endogenicznych, szczególnie przy stosowaniu odmetanowania. Podano zestawienie zdarzeń zaistniałych w warunkach współwystępowania tych zagrożeń. Przedstawiono wyniki badań charakterystyk zmienności parametrów składu gazów ujmowanych odmetanowaniem. Omówiono możliwości wspomagania monitorowania zagrożeń współwystępujących, opisując i charakteryzując układ pomiarowy odmetanowania.

1. WPROWADZENIE

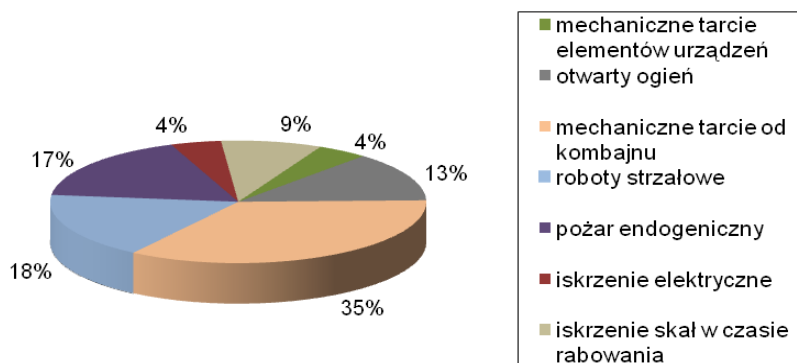
Jedną z przyczyn zdarzeń będących następstwem wysokiego, ponad dopuszczalnego poziomu zagrożenia metanowego i zagrożenia pożarami endogenicznymi są coraz trudniejsze i bardziej skomplikowane warunki eksploatacji. Dlatego ograniczanie możliwości zaistnienia tego typu zdarzeń jest jednym z podstawowych obowiązków przedsiębiorcy. Z założenia służyć temu mają: wiedza na temat zagrożeń i sposobów ich zwalczania, doświadczenie osób za to odpowiedzialnych, przepisy prawa oraz rzetelność ich stosowania. Wszystkie te elementy tworzą swego rodzaju ramy pewnego obszaru, wewnątrz którego w zasadzie powinno być zapewnione bezpieczeństwo załogi i ruchu zakładu górniczego. Zdarza się jednak, że poziom niektórych zjawisk wynikających z „natury” poza te ramy wykracza, podobnie jak zdarzają się przypadki zbyt małej wiedzy, zbyt małego doświadczenia i nierzetelności osób bezpośrednio lub pośrednio działających w tym obszarze.

W latach 1998-2007 zdarzenia zapłonów metanu z udziałem zagrożenia pożarami endogenicznymi [2, 10] stanowią 17% (rys. 1), co powoduje, że analiza ich współwystępowania wymaga szczególnego i wszechstronnego podejścia.

Poruszana poniżej tematyka ogranicza się w zasadzie do pokazania niektórych aspektów prawnych określających minimalny poziom kontroli przy współwystępowaniu zagrożeń metanowego i pożarami endogenicznymi oraz do wskazania możliwości pełniejszej analizy i oceny poprzez rozszerzenie jakościowego i ilościowego monitorowania tych zagrożeń.

2. REGULACJE PRAWNE W ZAKRESIE ZAGROŻEŃ METANOWEGO I POŻARAMI ENDOGENICZNYMI

Podstawowe zapisy w zakresie bezpieczeństwa zawarte są w ustawie z dnia 4 lutego 1994 r. – Prawo geologiczne i górnicze [12]. Zobowiązują one przedsiębiorcę – art. 73 ustawy, by:



Rys. 1. Przyczyny zapłonów metanu w latach 1998-2007
(opracowanie własne na podstawie danych zawartych w [2])

- 1) rozpoznawać zagrożenia związane z ruchem zakładu górniczego i podejmować środki zmierzające do zapobiegania i usuwania tych zagrożeń, w tym oceniać, dokumentować ryzyko zawodowe występujące w ruchu zakładu górniczego oraz stosować niezbędne środki profilaktyczne zmniejszające to ryzyko,
- 2) posiadać odpowiednie środki materialne i techniczne oraz właściwie zorganizowane służby ruchu do zapewnienia bezpieczeństwa pracowników i bezpieczeństwa ruchu zakładu górniczego.

Następstwem tego są przepisy ujęte w kilku innych aktach prawnych, w których sposób rozpoznawania zagrożeń określony jest co do czasu, jak i charakteru prowadzonych prac. Mianowicie rozpoznawanie zagrożeń metanowego i pożarami endogenicznymi ma najpierw charakter rozpoznania potencjalnego ich poziomu, natomiast w okresie eksploatacji – rozpoznawanie poziomu rzeczywistego. Dotyczy to przepisów zawartych w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych [5] oraz rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych [6], którego integralnym elementem są Załączniki [13]. Ponadto, w zakresie określania potencjalnego poziomu zagrożenia przepisy [6] nakazują stosować odpowiednie normy. Z kolei w zakresie stosowania zabezpieczeń przed skutkami zagrożenia metanowego istnieje też powołanie się [13] na Zasady opracowane przez rzeczoznawcę [14].

Oprócz tego nakazem do bezwzględnego stosowania są wnioski komisji powoływanych każdorazowo przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego po zaistniałych zdarzeniach i wypadkach zbiorowych. W przypadku współwystępowania zagrożeń metano-

wego i pożarami endogenicznymi szczególnie ważne są wnioski dotyczące kopalń po zdarzeniach zaistniałych w kopalniach Rydułtowy [7] i Bielszowice [8]. Jednak specyfika takich wniosków polega na ograniczonym okresie ich obowiązywania – od czasu ich ustanowienia do czasu zmiany w obowiązujących w tym względzie przepisach, co zazwyczaj dotyczy zmian w rozporządzeniu w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych. Jeśli zmiana przepisów nie uwzględnia zapisów zawartych we wnioskach – przestają obowiązywać.

W okresie „życia” rejonu wyrobiska eksploatacyjnego wyróżnić można etapy projektowania – przed uruchomieniem eksploatacji, ruchu ściany i jej likwidacji, którym można przypisać wymienione wyżej regulacje [11].

2.1. Regulacje dla etapu przed uruchomieniem eksploatacji

Znaczenie współwystępowania zagrożeń podkreślone zostało w rozporządzeniu Ministra Gospodarki [6]:

§ 243. *Opracowując projekty techniczne eksploatacji, o których mowa w § 41 ust. 2 pokładach zaliczonych do II–IV kategorii zagrożenia metanowego, przy równoczesnym występowaniu zagrożenia tapaniami lub pożarami endogenicznymi w zrobach określa się środki zapobiegania zagrożeniom, uwzględniając ich wzajemne oddziaływanie.*

Przywołany § 41 ust. 2: *Projekt techniczny eksploatacji zawiera w szczególności:*

1) ...

.....

6) *sposób zabezpieczania przed występującymi zagrożeniami, dostosowany do rodzajów i stopnia nasilenia występujących zagrożeń,*

.....

A więc wynika z tego, że zagrożenie metanowe jest zagrożeniem podstawowym, a zagrożenia tapaniami i pożarami endogenicznymi są co najmniej alternatywne.

Przy współwystępowaniu zagrożenia pożarami endogenicznymi istotnymi są zapisy:

– rozporządzenia MG [6], to jest § 365. ust. 3.

W wyrobiskach zakładów górniczych wydobywających kopalinę palną stosuje się wczesne wykrywanie pożarów endogenicznych, w sposób określony w załączniku nr 5 do rozporządzenia, oraz

– załącznika nr 5 do rozporządzenia [13] – Pkt. 6. Wczesne wykrywanie pożarów endogenicznych, a w tym:

6.2.1. *Stacje pomiarowe lokalizuje się:*

.....

ppkt 3) *przy zrobach w chodniku wentylacyjnym dla powietrza wypływającego ze zrobów lub pobieranego za pomocą rur lub węży próbobiorczych zainstalowanych w zrobach,*

ppkt 4) *przy tamach wentylacyjnych, wyznaczonych przez kierownika działu wentylacji, dla pobierania prób powietrza spoza tych tam,*

ppkt 5) *w innych miejscach wyznaczonych przez kierownika działu wentylacji.*

6.2.2. *Szczegółową lokalizację wszystkich stacji pomiarowych ustala kierownik działu wentylacji.*

6.2.4. *Na stacjach pomiarowych, o których mowa w pkt. 6.2.1.1) – 6.2.1.3), próby powietrza pobiera się co najmniej 2 razy w tygodniu, a z tam izolacyjnych co najmniej raz w miesiącu. Częstotliwość pobierania prób powietrza dla pozostałych miejsc ustala kierownik działu wentylacji.*

Jeśli zagrożenie pożarami endogenicznymi nie byłoby zagrożeniem współwystępującym z zagrożeniem metanowym, to powyższe zapisy są na tyle jednoznaczne, że nie budzą wątpliwości. Jednak, gdy warunek współwystępowania zachodzi, to w kontroli wczesnego wykrywania nie można tylko do tego się ograniczać. Z punktu widzenia bezpieczeństwa istnieje bowiem konieczność wykorzystania dla takiej kontroli wiedzy jaką można pozyskać z kontroli procesu odmetanowania. Zatem w projekcie należy to przewidywać.

Zakładając, że prowadzone będzie odmetanowanie górotworu poprzez otwory drenażowe sięgające zrobów lub wręcz realizowane będzie odmetanowanie zrobów (na przykład z tam izolacyjnych lub poprzez otwory odwiercone z sąsiednich wyrobisk) uwzględnić należy obowiązek kontroli składu powietrza, o czym stanowią następujące zapisy rozporządzenia MG [6]:

– § 300. ust. 2. Ujęcie metanu lub grupę sąsiednich otworów wyposaża się w urządzenia umożliwiające pomiar ilości, ciśnienia i składu gazu oraz regulację ciśnienia gazu, a także odpowiednie urządzenia odwadniające.

– § 307. ust. 1. Bieżące kontrole odmetanowania przeprowadza się raz na dobę i obejmują pomiary:

1) ...

2) *parametrów gazu w rurociągach metanowych, w miejscach wyznaczonych przez osobę wyższego dozoru ruchu służby odmetanowania*

Z pierwszego z przytaczanych paragrafów wynika, że pomiary obejmują skład gazu, a nie tylko pomiar zawartości metanu. Powodem tego jest właśnie to, że niezwykle rzadko ujmuje i odprowadza się gaz o zawartości metanu bliskiej 100%. Zazwyczaj stanowi on około 40÷50%, czyli występują też inne składniki, wśród których niewątpliwie może być tlen. Jeśli tak, to przy jego przepływie przez zrob i występowaniu w nich lub w sąsiedztwie węgla istnieje – nie tylko teoretycznie – jakiś poziom potencjalnego zagrożenia. Szczególnie wtedy, gdy węgiel jest rozdrobiony i temperatura pierwotna skał w jego otoczeniu jest wysoka (im bliższa temperaturze krytycznej tym krótszy może być czas rozwoju samozagrzewania i samozapłonu). Z kolei z drugiego wynika obowiązek ustalenia miejsc dokonywania pomiarów parametrów gazu.

W projekcie technicznym eksploatacji uwzględnić też należy zapisy wynikające z ustaleń komisji powypadkowych. I tak, Komisja powołana dla zbadania przyczyn i okoliczności wypadku zbiorowego zaistniałego w kopalni Rydułtowy [7] w jednym z wniosków odniosła się do kopalń prowadzących eksploatację pokładów węgla zaliczonych do II, III i IV kategorii zagrożenia metanowego. W punkcie 15.2 nakazano między innymi:

1. *W projektach technicznych eksploatacji należy uwzględnić wcześniej przeprowadzone analizy wentylacyjno-metanowe i pożarowe oparte m.in. o aktualny rozkład spadków potencjału aerodynamicznego wokół rejonów eksploatacyjnych.*

Wszystkie przytoczone wyżej zapisy łączą się w logiczną całość, która pozwala kontrolować wzajemne zależności zagrożeń metanowego i pożarami endogenicznymi. Zatem już na etapie projektowania eksploatacji nie da się tych zagrożeń rozpatrywać oddzielnie. W ślad za tym również planowane na okres eksploatacji działania uwzględnić muszą korelację współwystępujących zagrożeń, w tym kontrolę wczesnego wykrywania pożarów endogenicznych, która obejmować musi strefy objęte odmetanowaniem.

Taki sposób rozpatrywania współwystępujących zagrożeń powinien zostać wyraźnie zaakcentowany w projekcie technicznym.

2.2. Regulacje dla etapu eksploatacji – ruchu ściany

Przeciwdziałanie zagrożeniom w czasie prowadzenia robót górniczych, a w tym szczególnie eksploatacji zajmuje największą część przepisów. Z rozpatrywanego punktu współwystępowania zagrożeń istotnych jest kilka. Jednym z nich jest przepis §26 rozporządzenia MG [6], który mówi, że *Zbędne wyrobiska, w tym otwory wiertnicze, zabezpiecza się lub likwiduje w taki sposób, aby nie stanowiły zagrożenia. Zabezpieczenia wymaga także dostęp do wyrobisk, których stan zagraża bezpieczeństwu.* Niezabezpieczone otwory wiertnicze mogą odprowadzać metan do wyrobisk lub doprowadzać powietrze z tlenem do zrobów, w zależności od rozkładu pola potencjałów aerodynamicznych. Stąd konieczność ich likwidacji.

Kolejnym przykładem są niektóre zapisy ujęte w punkcie 2. *Środki zabezpieczające przed zapłonem metanu* Załącznika nr 5 [13] do rozporządzenia MG [6]:

2.2. *Środki zabezpieczające przed tworzeniem się nagromadzeń metanu w rejonach ścian z chodnikami przyścianowymi.*

2.2.1. *W razie prowadzenia ścian w pokładach zaliczonych do drugiej, trzeciej lub czwartej kategorii zagrożenia metanowego lub ścian obejmujących zasięgiem wpływów eksploatacji pokłady zaliczone do tych kategorii zagrożenia metanowego, w celu ograniczenia wypływów metanu do ścian i rejonów skrzyżowań z chodnikami przyścianowymi oraz tworzenia się w tych miejscach nagromadzeń metanu, kierownik działu wentylacji ustala sposób przewietrzania tych ścian.*

2.2.2. *W razie występowania zagrożenia pożarem endogenicznym w zrobach, stosuje się sposoby przewietrzania ścian ograniczające przenikanie powietrza do zrobów, a dla niedopuszczenia nagromadzeń metanu w rejonach skrzyżowań ścian z chodnikami, pomocnicze urządzenia wentylacyjne.*

2.2.2.1. *Pomocnicze urządzenia wentylacyjne dla uintensywnienia przewietrzania i przeciwdziałania tworzeniu się nagromadzeń metanu w rejonach skrzyżowania ścian z chodnikami przyścianowymi stosować można za zgodą kierownika ruchu zakładu górniczego tylko dla ściany przewietrzanej wzdłuż calizny węglowej, przy metanowości wentylacyjnej nieprzekraczającej 25 m³/min, według zasad prowadzenia ścian w warunkach zagrożenia metanowego, opracowanych przez rzeczoznawcę.*

2.2.3. *Dobór urządzeń wentylacyjnych dla zwalczania zagrożenia metanowego ustala kierownik działu wentylacji.*

2.2.4. *Ustalenia, o których mowa w pkt 2.2.1, kierownik działu wentylacji podejmuje po zasięgnięciu opinii odpowiedniego kopalnianego zespołu do spraw zagrożeń.*

W przepisach tych jest wyraźna delegacja do ustaleń rzeczoznawcy, którego określa rozporządzenie MG [6] w sposób następujący:

§ 3. *Ileokroć w rozporządzeniu jest mowa o:*

pkt 2) rzeczoznawcy, należy przez to rozumieć rzeczoznawcę do spraw ruchu zakładu górniczego.

Rzeczoznawcą takim jest Główny Instytut Górniczy, który w tym zakresie opracował i wydał *Zasady prowadzenia ścian w warunkach zagrożenia metanowego* [14]. Chociaż w tytule odnoszą się one do podstawowego z tych współwystępujących zagrożeń, to uwzględniają one także drugie z nich. Poniżej najistotniejsze z nich.

6. *Sposoby zwalczania zagrożenia metanowego*

6.1. *Systemy eksploatacji i sposoby przewietrzania ścian w warunkach zagrożenia metanowego*

ppkt. 12. *Podczas przewietrzania ścian sposobem na „U” wyrobisko przyścianowe (z prądem powietrza zużytego) należy likwidować za ścianą przez wyrabowanie obudowy, a w razie niemożności należy wykonywać w nich wypełnienia przekroju, np. za pomocą tam workowych, kasztów wypełnionych kamieniem, podsadzki itp. Wypełnienia te powinny być wykonywane w odległościach wzajemnych nie przekraczających dobowego postępu ściany.*

7. *Stosowanie pomocniczych urządzeń wentylacyjnych do zwalczania zagrożenia metanowego w rejonach skrzyżowań ścian przewietrzanych sposobem na „U” z wyrobiskami przyścianowymi.*

7.7. *Poprawność funkcjonowania pomocniczych urządzeń wentylacyjnych musi być kontrolowana przez:*

- a) *przodowych, co najmniej dwa razy na zmianę, a w szczególności przed i w czasie przekładki napędu przenośnika ścianowego oraz zestawów obudowy zmechanizowanej w rejonie tych urządzeń,*
- b) *osoby dozoru oddziałowego, co najmniej raz na zmianę,*
- c) *metaniarzy, co najmniej raz na dobę w dni robocze lub z większą częstotliwością, zgodnie z ustaleniami Kierownika Działu Wentylacji,*
- d) *osoby dozoru wyższego wentylacji oraz osoby wyższego dozoru ruchu górniczego z częstością i terminach wyznaczonych przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego. Wyniki kontroli przeprowadzonych*

przez osoby dozoru powinny być dokumentowane w oddziałowych książkach raportowych.

11. Przy doborze pomocniczych urządzeń wentylacyjnych można wykorzystywać załączone „Przykłady zastosowań układów pomocniczych urządzeń wentylacyjnych w rejonach skrzyżowań ścian z wyrobiskami przyścianowymi” (rys. 6-10). Podane przykłady powinny być dostosowywane do lokalnych warunków. Podana w przykładach odległość d między czołem wyrobiska wentylacyjnego a linią zawalu ściany powinna być dostosowana do występującego zagrożenia metanowego, lecz nie może być większa niż 6 m.
12. Szkic rozmieszczenia pomocniczych urządzeń wentylacyjnych, jak i ewentualne zmiany, opracowane przez Kierownika Działu Wentylacji, powinny być dołączone do projektu technicznego ściany.

Zapisy te z jednej strony narzucają pewne ograniczenia, na przykład poprzez wskazania sposobów likwidacji zbędnych wyrobisk przyścianowych czy długości nie zlikwidowanego takiego odcinka, a z drugiej strony i w niektórych przypadkach dają możliwość kierownikowi działu wentylacji i kierownikowi ruchu zakładu górniczego zastosowania optymalnych rozwiązań, wykorzystujących ich najlepszą w tym względzie wiedzę. Jednak nie można ustaleń stosować dowolnie.

Innego rodzaju podejście prezentują ustalenia zawarte w punkcie 6. załącznika nr 5 [13] – *Wczesne wykrywanie pożarów endogenicznych*, który (w cytowanym już wyżej zapisie) między innymi stanowi:

- 6.2.4. Na stacjach pomiarowych, o których mowa w pkt. 6.2.1.1) – 6.2.1.3), próby powietrza pobiera się co najmniej 2 razy w tygodniu, a z za tam izolacyjnych co najmniej raz w miesiącu. Częstotliwość pobierania prób powietrza dla pozostałych miejsc ustala kierownik działu wentylacji.

Jeśli w projekcie technicznym eksploatacji przyjęto tylko częstotliwość pobierania prób na poziomie wymagań przepisów, to nic nie stoi na przeszkodzie, by częstotliwość znacznie zwiększyć jeżeli w czasie eksploatacji analiza współwystępowania zagrożeń wskaże na prowadzenie ruchu ściany w warunkach podwyższonego poziomu zagrożeń współwystępujących. I to nawet wtedy, gdy wskaźniki zagrożenia pożarowego są dalekie od wartości obligujących do zwiększania częstotliwości kontroli. Działania takie zwiększają szansę szybszego reagowania i przeciwdziałania zagrożeniom.

Problem analizy współwystępujących zagrożeń w czasie prowadzonej eksploatacji dostrzeżono też w pracach komisji powypadkowych. Przytaczana już Komisja powypadkowa działająca po wypadku

w kopalni Rydułtowy [7], w odniesieniu do kopalń prowadzących eksploatację pokładów węgla zaliczonych do II, III i IV kategorii zagrożenia metanowego, sformułowała w podpunkcie 15.2:

2. Kopalnie powinny mieć aktualne odwzorowanie rozkładu spadków potencjału aerodynamicznego swych sieci wentylacyjnych.

Natomiast Komisja [8] badająca przyczyny i okoliczności wypadku w kopalni Bielszowice w swoich wnioskach, sformułowanych w odniesieniu do kopalń prowadzących eksploatację pokładów węgla w warunkach współwystępujących zagrożeń metanowego, pożarowego i tapaniami, zaakcentowała m.in. – pkt. 12.2:

1. Przy podejmowaniu eksploatacji w pokładach silnie metanowych:
 - a) prowadzić szczegółową analizę dotyczącą prawidłowego przewietrzania rejonu, metod zwalczania zagrożeń metanowego, pożarowego i tapaniami oraz znaczenia innych współwystępujących zagrożeń,
 - b) ...

3. MONITOROWANIE ŚRODOWISKA ŚCIANY

W polskich kopalniach węgla kamiennego do systemowego monitorowania parametrów atmosfery kopalnianej i zagrożeń gazowych, w tym również środowiska ściany stosowane są w zasadzie cztery typy systemów, każdy innego producenta. Zakres funkcjonalny systemu dostosowany jest każdorazowo do potrzeb kopalni, a te wynikają z liczby i poziomu występujących zagrożeń.

Spośród producentów systemów Centrum EMAG posiada największe doświadczenie w rozwijaniu i poprawie ich funkcjonalności. Pierwsze systemy wdrażane były w połowie lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Najnowszy system SMP-NT/A integruje różne podsystemy, w tym kontroli zagrożeń metanowego, pożarowego, parametrów środowiska, tapaniami, a także systemu alarmowo-rozgłoszeniowego, umożliwiającego zdalnie wycofać zagrożoną załogę [1]. System ten zdobył uznanie nie tylko w Polsce, jest wdrażany w kopalniach Białorusi i Ukrainy (kopalnia Zasiadko, w której w listopadzie 2007 r. zginęło 105 górników), zainteresowanie wzbudził także wśród przedstawicieli przemysłu górniczego Chińskiej Republiki Ludowej i Wietnamu.

Pozostałe systemy, to system analizy parametrów atmosfery kopalnianej typu KSP-x (KSP-1 lub nowsze KSP-2, KSP-2C) – produkowany przez Przedsiębiorstwo Komplektacji i Montażu Systemów Automa-

tyki Carboautomatyka S.A. w Tychach, system telemetryczny CST-60 do ciągłej kontroli i rejestracji parametrów związanych z bezpieczeństwem kopalń – produkowany przez Zakład Elektroniki Górniczej ZEG S.A. w Tychach, oraz system telemetryczny CST-40, przeznaczony do ciągłej kontroli i rejestracji parametrów związanych z bezpieczeństwem pracy w kopalniach w zakresie zagrożeń metanowych i pożarowych – produkowany przez firmę HASO s.c. w Tychach. Każdy z tych systemów przeznaczony jest do monitorowania parametrów gazów, to jest stężenia metanu, tlenku węgla, dwutlenku węgla, tlenu, a także prędkości, wilgotności i temperatury powietrza. Wprowadzane przez producentów nowe czujniki są zazwyczaj wyposażane w interfejsy i układy zasilania dostosowane do parametrów systemu. Podobna sytuacja występuje w obszarze oprogramowania systemowego poszczególnych producentów. W większości przypadków systemy te są z sobą kompatybilne, jednak nie do końca wiadomo do jakiego poziomu, gdyż żadnych badań w tym zakresie nie prowadzono.

Dzięki istniejącym systemom monitorowania w metrologii górniczej uzyskano znaczne rozszerzenie zakresu pomiarów automatycznych. Pełnozakresowa automatyczna aerometria górnicza [9] pozwala objąć stałą kontrolą zagrożenia gazowwentylacyjne, metanowe, pożarowe, pyłami szkodliwymi dla zdrowia, klimatyczne (poza pomiarem dla określenia intensywności chłodzenia), poprzez:

- gazometrię – pomiar zawartości metanu, tlenku węgla, tlenu, dwutlenku węgla, sygnalizacja dymu,
- anemometrię – pomiar prędkości powietrza,
- termohigrometrię – pomiar temperatury powietrza i jego wilgotności, pomiar temperatury górotworu,
- barometrię – pomiar ciśnienia barometrycznego, pomiar różnicy ciśnień, pomiar naporu powietrza, pomiar potencjału aerodynamicznego,
- pyłometrię – pomiar zapylenia powietrza kopalnianego.

Oznacza to, że z siedmiu zagrożeń aerologicznych automatyczną kontrolą nie są objęte tylko zagrożenia wybuchem pyłu węglowego i radiacyjne naturalnymi substancjami promieniotwórczymi. Pomiary związane z kontrolą tych dwóch zagrożeń oraz z intensywnością chłodzenia różnią się zdecydowanie pod względem metrologicznym od pomiarów pozostałych zagrożeń (m.in. częstotliwością oraz specyfiką ich wykonywania). Z tego też powodu nie znalazły się one dotychczas w polu zainteresowań twórców czujników i przyrządów do automatycznego prowadzenia pomiarów.

Należy do tego dodać, że w kopalniach metanowych automatyczna aerometria górnicza współpracuje również z systemem zabezpieczeń metanome-

trycznych, a w przypadku stosowania odmetanowania górotworu istnieje też możliwość (w systemie SMP-NT/A) zastosowania ciągłego monitorowania tego procesu.

4. BADANIA ZMIENNOŚCI PARAMETRÓW ODMETANOWANIA

Przy występowaniu metanu pochodzenia naturalnego powyżej $8 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mg}$ w przeliczeniu na czystą substancję węglową lub po wystąpieniu wyrzutu metanu i skał pokład węgla zalicza się do czwartej kategorii zagrożenia metanowego. Wówczas, jak nakazują przepisy [6]:

§293. 1. W zakładach górniczych eksploatujących pokłady zaliczone do IV kategorii zagrożenia metanowego stosuje się odmetanowanie górotworu.

Regulacją objęty jest też sposób prowadzenia odmetanowania [6]:

§303. 1. Zawartość metanu, w gazie ujmowanym do rurociągów metanowych, powinna wynosić co najmniej 30%.

2. W wypadkach uzasadnionych, za zgodą kierownika ruchu zakładu górniczego, dopuszcza się ujmowanie do rurociągów metanowych gazu o zawartości metanu mniejszej niż określona w ust. 1, lecz co najmniej 20%, jeżeli zawartość metanu w zbiorczym rurociągu metanowym będzie wynosić minimum 30%.

Niemniej odmetanowanie górotworu jest najsukuczniejszym środkiem zwalczania zagrożenia metanowego, zapewniającym zmniejszenie wpływów metanu do przestrzeni roboczych oraz zapobieganie lub zmniejszenie objawów, takich jak np. wydmuchy, nagłe wyrzuty metanu i węgla, itp. Metoda ta pomaga przy tym w prawidłowym utrzymaniu żądanych parametrów wentylacyjnych w obrębie ścian, ale też stawia określone wymagania dotyczące sposobów rozcinania metanonośnych pokładów węgla. Dlatego tak ważna jest prawidłowa i rzetelna kontrola ilości metanu odprowadzanego instalacjami odmetanowania.

Kontrola wydatku i koncentracji metanu w procesie odmetanowania złóż węgla kamiennego jest zatem bardzo ważna i rozważa się ją w różnych aspektach:

- bezpieczeństwa – poprzez ujęcie metanu do rurociągów i tym samym zmniejszenie ilości emitowanego metanu do prądów wentylacyjnych oraz obniżenie zagrożenia wybuchem,
- ekologicznych – ochrona środowiska naturalnego poprzez zmniejszenie emisji metanu do atmosfery (protokół z Kioto),

- ekonomicznych – zmniejszenie ilości powietrza koniecznego do przewietrzania wyrobisk gdy koncentracja metanu w rurociągach jest powyżej 30% oraz zysk ze sprzedaży dwóch nośników energii – węgla i metanu,
- gospodarczych – wykorzystanie gazu z procesu odmetanowania jako paliwa dla różnego rodzaju instalacji ciepłowniczo-energetycznych,
- prawnych – metan uzyskiwany w procesie odmetanowania w Polsce ciągle traktuje się jako produkt uboczny przy produkcji węgla.

4.1. Przykład systemu odmetanowania

W polskich kopalniach stosowane są różne struktury odmetanowania, co wynika głównie z uwarunkowań. Ogólna struktura systemu odmetanowania zawiera, najczęściej, następujące elementy (rys. 2) [3]:

- źródła metanu, w postaci:
 - otworów drenażowych (3),
 - rur zasysających metan z przestrzeni odmetanowanych (2),
- sieć rurociągów wraz z zasuwami (zaworami) (2),
- ssawy odmetanowania (1) wytwarzające podciśnienie w sieci rurociągów i otworów drenażowych.

Odmetanowanie górotworu wykonuje się przy pomocy otworów drenażowych wierconych z wyrobiska lub wcześniej wykonanych wnek wiązek otworów i odpowiednie podłączenie ich poprzez kolektor do rurociągu odmetanowania.

Ponieważ w sąsiedztwie wyrobiska górotwór jest spękany, to w celu ograniczenia dopływu powietrza do otworu drenażowego otwór w tej strefie jest uszczelniany poprzez zacementowaną rurę obsadową. Jednakże uszczelnienie to nie jest idealne i do otworu drenażowego zasysana jest pewna ilość powietrza. W czasie eksploatacji otworu powstają dodatkowo

szczeliny będące wynikiem działania naprężeń eksploatacyjnych, które powodują, że z czasem dopływ powietrza do otworu wzrasta, co w konsekwencji powoduje obniżenie koncentracji metanu w ujmowanej mieszance.

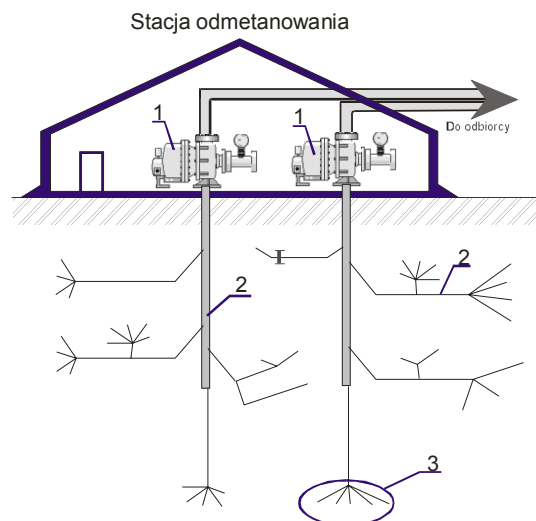
4.2. Rodzaje poboru metanu

Oprócz tego, że metan jest gazem wybuchowym, jest też jednym z sześciu gazów cieplarnianych, których emisja – zgodnie z Protokołem z Kioto – ma być objęta kontrolą i zmniejszana o 25%. Czas życia metanu jest stosunkowo krótki – około 12 lat w stosunku do 114 dla NO₂ i od 5 do 200 lat dla CO₂, natomiast potencjał cieplarniany (GWP) jest około 21 razy większy niż dla CO₂.

Najważniejszym zadaniem odmetanowania jest jednak zmniejszenie zagrożenia metanowego, głównie wybuchu metanu, a co za tym idzie – poprawa bezpieczeństwa w wyrobiskach podziemnych kopalń. Wykonuje się je przede wszystkim podczas eksploatacji pokładu węgla, bowiem tylko ona powoduje korzystne warunki dla uwalniania się metanu z górotworu i ujmowania go. W związku z tym odmetanowanie traktowane jest jako technologia towarzysząca eksploatacji, zazwyczaj drugoplanowo.

Stosunkowo duża liczba źródeł odmetanowania, którymi są najczęściej:

- urobiony węgiel,
- odsłonięty ocios węglowy ściany,
- warstwy węgla i pokłady podbierane,
- warstwy węgla i pokłady nadbierane,
- zroby przyległe do środowiska ściany eksploatującej pokład węgla, szczególnie znajdujące się w strefie odprężeń stropowych i spągowych oraz innych,
- otamowane stare zroby,



Rys. 2. Przykład struktury systemu odmetanowania [b]

powoduje, że tylko część wydzielanego metanu jest możliwa do ujmowania i gospodarczego wykorzystania. Pozostała część metanu jest odprowadzana wraz z powietrzem zużytym do atmosfery. Zdarza się też, że część, a niekiedy nawet całość ujmowanego metanu nie jest zagospodarowywana, a to z ekonomicznego punktu widzenia nie jest sytuacją korzystną, zwiększa też efekt cieplarniany.

Największe wahania wydatku metanu występują w rejonie eksploatacji, dlatego że możliwości odmetanowania górotworu nieodprężonego przed eksploatacją są niewielkie. Wydajność metanu z otworów znacząco wzrasta w miarę zbliżania się do nich frontu eksploatacyjnego. Maksymalne wartości odmetanowania uzyskiwane są w rejonie eksploatacji oraz za jej frontem. Powoduje to zdecydowaną zmianę wydajności kolejnych otworów odmetanowania wraz z postępem eksploatacji. Regulacje wydajności przeprowadza się bezpośrednio na otworach lub na stacji odmetanowania, zwiększając lub zmniejszając wydajność ssaw.

Natomiast stare zroby są zazwyczaj stałym zbiornikiem metanu, na którego wydajność wpływają przede wszystkim zmiany ciśnienia barometrycznego na powierzchni. Rejony te regulowane są zazwyczaj tylko w momencie podłączenia punktów ujmowania metanu do sieci odmetanowania (pod depresję stacji odmetanowania), a zawory ustawiane są na maksymalny przepływ mieszaniny gazów.

5. MONITOROWANIE UJMOWANEGO GAZU

Współwystępowanie zagrożeń metanowego i pożarami endogenicznymi nabiera szczególnego znaczenia w przypadku prowadzenia odmetanowania górotworu, w którym nad pokładem eksploatowanym zalega inny pokład lub warstwa węgla.

W niektórych sytuacjach, gdy stężenie metanu w ujmowanej z rejonu ściany mieszaninie gazów zaczyna się zmniejszać i nie można przy tych samych parametrach prowadzić odmetanowania (§303 [6]) wystąpić może problem z zastosowaniem właściwego sposobu zwalczania zagrożenia metanowego. Polega on na wyborze pomiędzy zaniechaniem (czasowym) odmetanowania i dopuszczeniem do odprowadzenia zwiększonej ilości metanu wraz z powietrzem płynącym w rejonie – co podwyższa w nim stężenie metanu, a zwiększeniem depresji stacji odmetanowania, co zwiększyć może przepływ mieszaniny gazów, w tym również tlenu, w okolicach otworów odmetanowania – co przy obecności rozdrobnionego węgla może spowodować wzrost poziomu zagrożenia pożarami endogenicznymi.

Zastosowanie pierwszego (z wyżej przytoczonych) sposobu w zasadzie jest w pełni nadzorowane – kontrola stężeń metanu i tlenu węgla w powietrzu kopalnianym realizowana jest praktycznie w sposób ciągły. Przy zastosowaniu drugiego sposobu nie ma praktycznie ciągłej kontroli stężeń metanu, a tym bardziej kontroli nad zagrożeniem pożarami endogenicznymi w rejonie czynnych otworów odmetanowania.

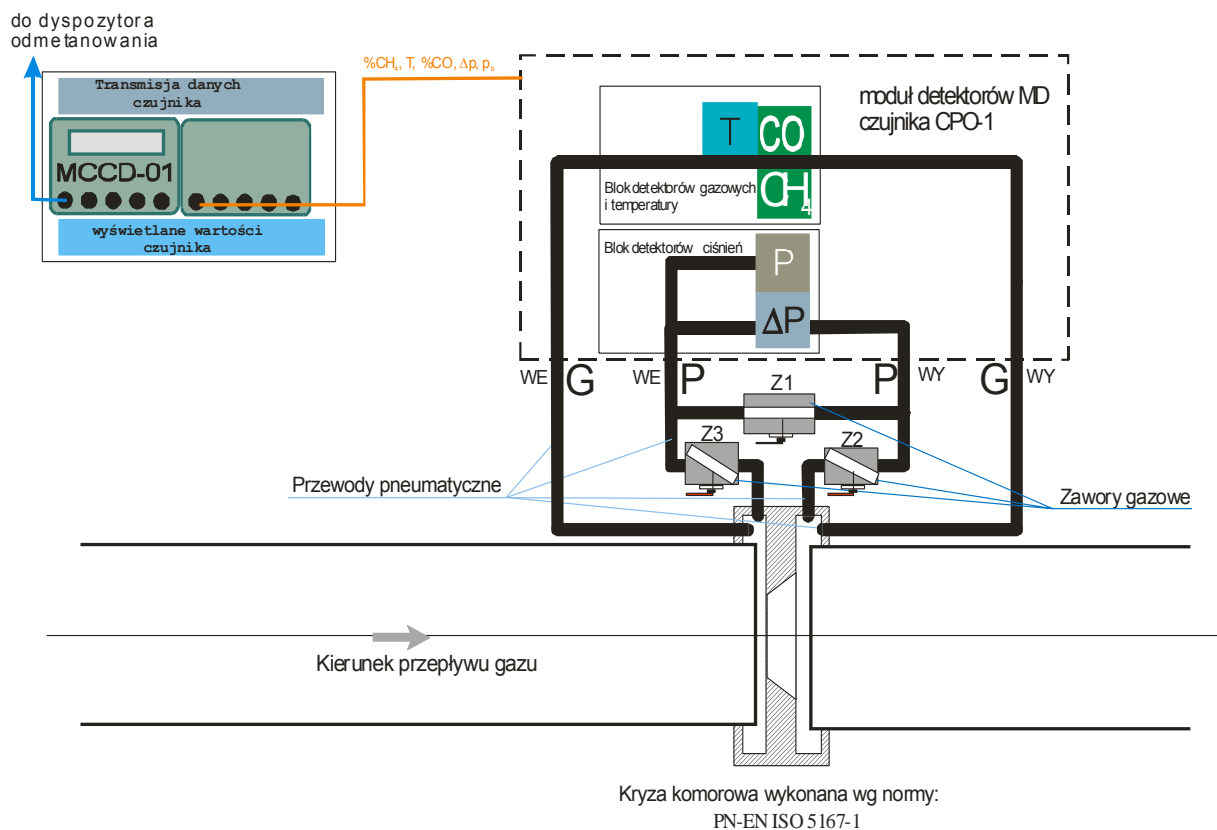
Pomiary związane z procesem odmetanowania w kopalniach wykonuje się zazwyczaj raz na dobę za pomocą przyrządów ręcznych, które posiadają określoną dokładność. Wykonuje się przede wszystkim pomiary:

- stężeń metanu przyrządem typu „RIKEN” – metoda interferometryczna,
 - różnicy ciśnień na zwężce pomiarowej – U-rurka wodna,
 - ciśnienia w rurociągu – U-rurka rtęciowa,
- oraz oblicza się wydatek metanu (m.in. w oparciu o pomiar ciśnienia atmosferycznego). Nie wykonuje się pomiarów temperatury wewnątrz rurociągu, zakładając że w danym rejonie jest ona taka sama jak temperatura powietrza płynącego wyrobiskiem, którą mierzy się termometrem tzw. suchym, lub uzyskuje się jej wartość na podstawie zapisów czujnika pomiaru temperatury umieszczonego w takim rejonie.

Przyrząd pomiarowy typu „RIKEN” określa wynik z błędem do 5% stężenia metanu. Zdarzyć się może błąd większy w przypadku większego stężenia dwutlenku węgla w mieszaninie ujmowanego gazu, bowiem filtr z sorbentem do pochłaniania CO₂ działa tylko do pewnej jego wartości. Wtedy wartości stężeń CH₄ i CO₂ sumują się. Po przekroczeniu wartości krytycznej regeneracja przyrządu typu „RIKEN” nie jest możliwa.

Rurka usredniająca posiada dokładność 2 mm H₂O, co w praktyce daje wyniki na wystarczającym poziomie dokładności przy odmetanowaniu starych zrobów, lecz niezadowolające w przypadku odmetanowania górotworu w rejonie eksploatacyjnym. Natomiast rurka rtęciowa z uwagi na ciężar właściwy Hg jest przyrządem wymagającym specjalnego potraktowania, gdyż im większy błąd w odczycie, tym większe niedoszacowanie wyniku opartego na tym pomiarze. Ponadto jest to przyrząd niezbyt bezpieczny dla zdrowia ze względu na szkodliwość oparów rtęci – w Unii Europejskiej stopniowo wycofywane są z użycia wszystkie przyrządy zawierające rtęć.

Wyliczenia wydatku metanu oparte są na średniej gęstości powietrza suchego, natomiast w rurociągach odmetanowania płynie nasycone powietrze parą wodną do tego stopnia, że ulega ona skropleniu i w rurociągach płynie woda, którą na odwadniaczach się ujmuje.



Rys. 3. Schemat blokowy czujnika CPO-1 przystosowanego do współpracy z komorową kryzą pomiarową

Wykonywanie pomiarów z częstotliwością raz na dobę – jest w zasadzie wystarczające w sytuacji małej dynamiki procesu odmetanowania. Jednak dla źródeł ujmowania metanu zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie fontu eksploatacyjnego, przy ścianie, gdzie dynamika procesu jest dużo większa oraz istnieje potencjalne zagrożenie pożarem endogenicznym, celowe wydaje się monitorowanie ciągłe. I to w zakresie obejmującym także inne parametry, łącznie z koncentracją pozostałych gazów, to jest tlenku węgla, dwutlenku węgla i tlenu. Natomiast w przypadku gospodarczego wykorzystywania metanu jako paliwa celowe jest monitorowanie, a nawet regulacja parametrów odmetanowania w punktach ujmowania metanu i na rurociągach zbiorczych.

Dwa ostatnie zagadnienia, a więc pomiar ciągły i możliwość regulacji były i są tematami prac badawczych podejmowanych w Centrum EMAG [4]. Ich rezultatem jest iskrobezpieczny czujnik pomiaru parametrów fizycznych i wydatku gazu w rurociągach sieci odmetanowania CPO-1. Składa się on z analogowego modułu detektorów MD oraz centrali telemetrycznej MCCD. Wewnątrz czujników zintegrowane są detektory do pomiaru ilości metanu w jednostce czasu. Czujnik parametrów odmetanowania CPO-1 przeznaczony jest do pomiarów własności fizycznych. Jego budowa jest przystosowana do współpracy z komorową kryzą pomiarową zain-

stalowaną w rurociągu (rys. 3), montaż czujnika jest też możliwy na rurce uśredniającej.

Moduł detektorów CPO-1MDx zawiera takie elementy pomiarowe czujnika, jak:

- termokonduktometryczny detektor stężenia metanu,
- półprzewodnikowy detektor temperatury,
- piezorezystancyjne detektory ciśnienia bezwzględnego i różnicy ciśnień,
- elektrochemiczny czujnik tlenku węgla (opcja tylko dla modułu CPO-1).

Zatem czujnik taki zapewnia też pełną kontrolę ujmowanego gazu pod względem stężeń tlenku węgla, co z punktu widzenia kontroli poziomu zagrożenia pożarami endogenicznymi, współwystępującego z zagrożeniem metanowym jest nie do przecenienia.

Na podstawie zmierzonych parametrów w cyfrowej części czujnika (minicentralka MCCD-01) obliczany jest wydatek czystego metanu w rurociągu i wyświetlany lokalnie na wyświetlaczu oraz przekazany jest do centrali systemu.

Wszystkie zmierzone przez czujniki parametry rejestrowane są na powierzchni kopalni w centrum dyspozytorskim systemowego monitorowania, np. typu SMP-NT, stanowiącego zespół iskrobezpiecznych urządzeń kontrolno-pomiarowych pracujących w przestrzeniach zagrożonych wybuchem metanu. System jest zasilany zdalnie z powierzchni, dzięki czemu zachowuje swe funkcje metrologiczne i wy-

konawcze niezależnie od stanu dołowej sieci elektroenergetycznej.

6. PODSUMOWANIE

Zarówno zagrożenie metanowe, jak i zagrożenia pożarami endogenicznymi same w sobie są niebezpieczne. Świadczą o tym między innymi statystyki zapaleń i wybuchów metanu bez udziału zagrożenia pożarowego, a także liczba pożarów – szczególnie w pierwszym powojennym dwudziestolecu – zaistniałych w pokładach niemietanowych lub o niewielkiej metanonośności.

Omówione wybrane aspekty prawne pokazują, że zagrożenie metanowe i zagrożenie pożarami endogenicznymi należy traktować kompleksowo, mając na uwadze nie tylko formalne wypełnienie przepisów, lecz przede wszystkim jako element służący bezpieczeństwu. Ponadto nie stoją one w sprzeczności z działaniem, które wynikają z tak zwanej sztuki górniczej oraz doświadczeń praktyków i wiedzy naukowców.

Rozwój pomiaroznawstwa stosowanego, a w tym automatycznej aerometrii górniczej zapewnia możliwość wykorzystywania coraz doskonalszych narzędzi pomiarowych, które same w sobie zagrożeń nie zwalczają, jednak wspomagają osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo w podejmowaniu właściwych decyzji zapobiegających skutkom ponadnormatywnego wzrostu poziomu zagrożeń.

Literatura

1. Isakow Z., Krzystanek Z., Trenczek Z., Wojtas P.: *Integrated System for Environmental Hazards Monitoring in Polish Mining*. Materiały 21st World Mining Congress & Expo 2008 – Underground Mine Environment. Wyd. Agencja Reklamowo-Wydawnicza "OSTOJA", Kraków 2008, ISBN 978-83-921582-7-1, s.129-141.
2. Konopko i zespół, 1998-2007. Raport roczny o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. Wyd. GIG, Katowice.
3. Mróz J., Jakubów A., Gralewski K., Broja A.: Monitorowanie parametrów sieci odmetanowania kopalni. Materiały Konferencji „Górnictwo Zrównoważonego Rozwoju 2003” Gliwice 21.11.2003, Wyd. Pol. Śl., Gliwice 2003.
4. Mróz J., Broja A.: Monitorowanie i kontrola odmetanowania w celu poprawy efektywności wykorzystania metanu oraz warunków bezpieczeństwa w kopalniach węgla. Dokumentacja projektu celowego EMAG Katowice 2002, niepublikowane.
5. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych. Dz.U. Nr 94 z 2002r., poz.841 z późn. zm.
6. 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. z 2002 r., Nr 139 poz. 1169, z późn. zm.

7. Sprawozdanie Komisji powołanej dla zbadania przyczyn i okoliczności wypadku zbiorowego zaistniałego w Rybnickiej Spółce Węglowej S.A. w Kopalni Węgla Kamiennego Rydułtowy w Rydułtowach w dniu 23.03.2002 r.
8. Sprawozdanie Komisji powołanej przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego dla zbadania przyczyn i okoliczności wypadku zbiorowego zaistniałego w dniu 24 lutego 2003 r. w Kopalni Węgla Kamiennego Bielszowice w Rudzie Śląskiej, wchodzącej w skład Kompani Węglowej S.A. w Katowicach.
9. Trenczek S.: Automatyczna aerometria górnicza dla kontroli zagrożeń aerologicznych. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa* 2005 r., nr 3, s. 11-20.
10. Trenczek S., 2007a. Inicjały zapłonu metanu w aspekcie poziomu zagrożenia metanowego. *Przegląd Górniczy*, nr 3.
11. Trenczek S.: Wybrane aspekty prawne prowadzenia eksploatacji w warunkach współwystępowania zagrożeń metanowego i pożarami endogenicznymi. Materiały XXV Seminarium Naukowo-Technicznego nt. Zagrożenia skojarzone – Teoria i praktyka. Rybnik 23.10.2008 r. Wyd. IEZ WGiG, Gliwice 2008, s. 145-154
12. Ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. – Prawo geologiczne i górnictwo. Dz. U. z 2005 r. Nr 228, poz. 1947 z późn. zm.
13. Załącznik nr 5 – Zwalczanie zagrożeń. Załączniki z dnia 28 czerwca 2002 r. do Rozporządzenia 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 z 2002 r., poz. 1169 z późn. zm.
14. Zasady prowadzenia ścian w warunkach zagrożenia metanowego. GIG, Seria: Instrukcje Nr 17, Katowice 2004.

Recenzent: dr inż. Jerzy Mróz