

ZARZĄDZANIE ZAGROŻENIEM METANOWYM W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

3.1 WPROWADZENIE

W literaturze szeroko znane i wykorzystywane są pojęcia ryzyka i zarządzania ryzykiem. Ryzyko jest często rozumiane jako wskaźnik stanu lub zdarzenia, które może prowadzić do strat [17]. W normie ISO 31000 2009 zdefiniowano ryzyko jako „wpływ niepewności na cele”. Wielkość ryzyka jest proporcjonalna do strat oraz prawdopodobieństwa ich powstania. Bardzo często wielkość ryzyka jest trudna do określenia, gdyż zarówno straty jak i prawdopodobieństwo ich powstania można określić jedynie w sposób subiektywny lub stosując pojęcia rozmyte takie jak ryzyko akceptowalne, małe średnie, duże lub nie akceptowalne.

Według polskiej normy PN-ISO 31000:2012 [10] przez określenie „zarządzanie ryzykiem” należy rozumieć skoordynowane działania dotyczące kierowania i nadzorowania organizacją w odniesieniu do ryzyka. Ryzyko związane z możliwością powstania wypadku nazywane jest w górnictwie zagrożeniem, przy czym wyróżnia się zagrożenia naturalne oraz techniczne lub też mówi się o zagrożeniach ze strony litosfery, atmosfery i technosfery. Zagrożeniami naturalnymi w górnictwie są: zagrożenie tąpnięciami, zagrożenie metanowe, wyrzutami gazów i skał, wybuchem pyłu węglowego, wodne, erupcyjne, siarkowodorowe, radiacyjne naturalnymi substancjami promieniotwórczymi, działanie pyłów szkodliwych dla zdrowia [4, 13]. Najczęściej zagrożenia naturalne i techniczne w kopalniach są współistniejącymi i mogą na siebie oddziaływać. Przykładowo tąpnięcia mogą spowodować nagłe wypływy metanu do wyrobisk, podnosząc zagrożenie wybuchem metanu, zapaleniem metanu i powstania atmosfery o niskiej zawartości tlenu.

W niniejszym artykule omówiono zagrożenie metanowe w kopalniach węgla, jego rozpoznanie, metody zmniejszenia ryzyka metanowego oraz możliwości wykorzystania gospodarczego metanu ze złóż węglowych.

3.2 ROZPOZNANIE I KATEGORYZACJA ZAGROŻENIA METANOWEGO

Rozpoznanie zagrożenia metanowego jest już prowadzone w okresie geologicznego rozpoznawania zalegania złoża węgla, w okresie wykonywania górniczych robót udostępniających oraz przygotowawczych. Pobrane próby węgla z otworów wiertniczych wykonanych z powierzchni ziemi lub z wyrobisk górniczych poddawane są badaniom pod

względem zawartości metanu. Na tej podstawie złożę lub jego część jest zaliczana do niemetanowych, gdy zawartość metanu w węglu nie przekracza $0,1 \text{ m}^3$ metanu na megagram czystej substancji węglowej, co zapisuje się w postaci $0,1 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{Mgcsw}$. Przez „czystą substancję węglową” rozumie się węgiel bezpopiołowy i bezwodny. Udostępnione pokłady lub ich części zalicza się do jednej z czterech kategorii zagrożenia metanowego [12]. Do pierwszej kategorii zagrożenia metanowego zalicza się te pokłady lub ich części, w których stwierdzono metan pochodzenia naturalnego w ilości od $0,1$ do $2,5 \text{ m}^3/\text{Mgcsw}$, do drugiej kategorii – gdy stwierdzono metan pochodzenia naturalnego w ilości powyżej $2,5$, lecz nie większej niż $4,5 \text{ m}^3/\text{Mgcsw}$, do trzeciej kategorii – gdy stwierdzono metan pochodzenia naturalnego w ilości powyżej $4,5 \text{ m}^3/\text{Mgcsw}$ lecz nie większej niż $8 \text{ m}^3/\text{Mgcsw}$, a do czwartej kategorii – jeżeli stwierdzono metan pochodzenia naturalnego w ilości większej niż $8 \text{ m}^3/\text{Mgcsw}$ lub wystąpił nagły wypływ metanu albo wyrzut metanu i skał.

Części pokładów i wyrobiska zalicza się do pól metanowych [19]. Granice pól metanowych ustala się tak, aby pole obejmowało pokład lub jego część, a także wyrobiska, którymi odprowadza się powietrze z tego pola, oraz wyrobiska w których może nastąpić zmiana kierunku przepływu powietrza powodująca dopływ metanu. Przy ustalaniu pól bierze się także pod uwagę możliwości dopływu metanu przez nieszczelności tam izolacyjnych oraz szczeliny w górotworze. Wyrobiska w polach metanowych w podziemnych kopalniach węgla kamiennego zalicza się do:

- niezagrażonych wybuchem metanu, stanowiących wyrobiska ze stopniem „A” niebezpieczeństwa wybuchu metanu, jeżeli nagromadzenie metanu w powietrzu powyżej $0,5\%$ jest wykluczone;
- wyrobiska ze stopniem „B” niebezpieczeństwa wybuchu metanu, jeżeli w normalnych warunkach przewietrzania nagromadzenie metanu w powietrzu powyżej 1% jest wykluczone;
- wyrobiska ze stopniem „C” niebezpieczeństwa wybuchem metanu, jeżeli nawet w normalnych warunkach przewietrzania nagromadzenie metanu w powietrzu może przekroczyć 1% .

Pracujące w kopalni maszyny i urządzenia muszą odpowiadać wymogom, które są ustalone dla poszczególnych kategorii zagrożenia metanowego, kategorii pola oraz stopnia niebezpieczeństwa wybuchem metanu. W zależności od kategorii zagrożenia metanowego ustala się także profilaktykę metanową oraz profilaktykę zagrożeń współistniejących.

3.3 PROFILAKTYKA METANOWA W TRAKCIE DRAŻENIA WYROBISK

Wyrobiska korytarzowe drażone są z wykorzystaniem materiałów wybuchowych lub zastosowaniem kombajnów chodnikowych. Przepisy górnicze, formułujące minimalne wymagania niezbędne dla bezpiecznego drażenia wyrobiska, uwzględniają zarówno podział na wyrobiska niemetanowe i metanowe jak i podział na kategorie zagrożenia metanowego oraz stopnie zagrożenia wybuchem metanu.

Jeżeli wyrobisko będzie drażone w pokładzie węgla o metanonośności większej niż $4,5 \text{ m}^3/\text{Mgcsw}$ (czyli w pokładzie zaliczonym do III lub IV kategorii zagrożenia metanowego), wymagane jest wykonanie prognozy wydzielania się metanu do drażonego wyrobiska. Prognoza jest wykorzystywana do zaprojektowania odpowiedniej wentylacji oraz pomocniczych środków wentylacji, w celu niedopuszczenia do niebezpiecznych nagromadzeń metanu. W przypadku drażenia wyrobiska kombajnem musi także zostać opracowana dokumentacja określająca warunki urabiania skał średnio i silnie iskrzących.

Każde wyrobisko drażone w warunkach zagrożenia metanowego musi być wyposażone w czujniki metanu, będące częścią składową automatycznego systemu telemetrycznego. Ich liczba oraz rozmieszczenie jest uzależnione od sposobu urabiania (materiałami wybuchowymi lub kombajnem), sposobu przewietrzania (ssącego, tłoczącego lub kombinowanego), od stosowania mechanicznego urabiania skał średnio i silnie iskrzących i od możliwości przeniesienia zagrożenia metanowego z innych wyrobisk do wyrobiska drażonego. Przepisy górnicze wymagają zabezpieczenia wyrobiska drażonego kombajnem, w zależności od wymienionych wyżej warunków drażenia, pięcioma, sześcioma lub siedmioma czujnikami stężenia metanu, przy czym czujniki posiadają zróżnicowane progi wyłączenia energii elektrycznej.

Oprócz stosowania pomiarów automatycznych stosuje się również pomiary ręczne stężenia metanu, przy czym pomiary te powinny być wykonywane pod stropem wyrobiska, nad obudową a także w miejscach spodziewanego zwiększonego stężenia metanu, np. w pobliżu uskoków, spękań calizny, w miejscach słabiej przewietrzanych.

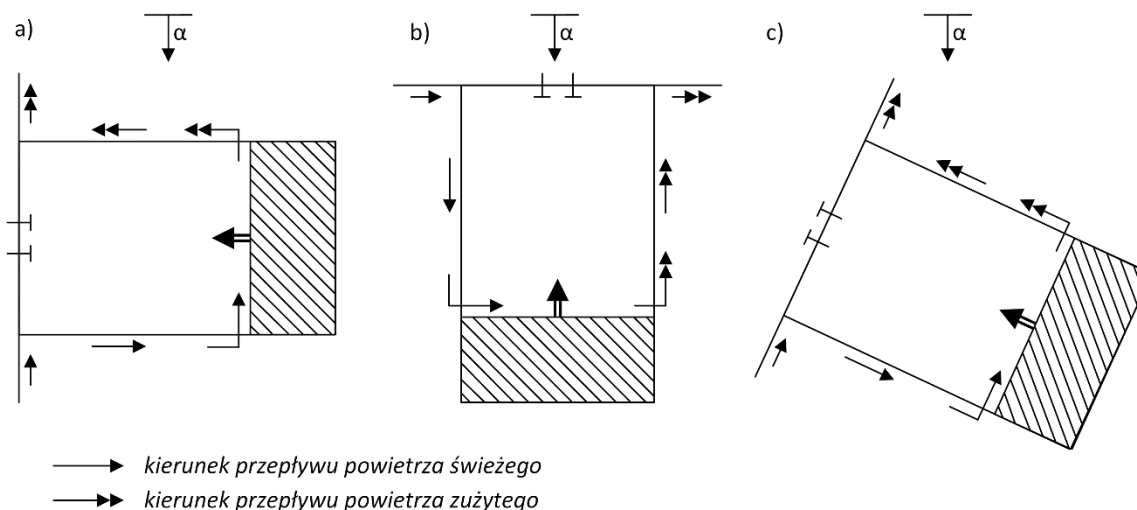
3.4 DOBÓR PARAMETRÓW WYROBISKA WYBIERKOWEGO I SPOSOBU PRZEWIETRZANIA

Dobór parametrów wyrobiska oraz sposobu przewietrzania musi uwzględniać:

- warunki zalegania pokładu,
- sposób nawiązania do istniejących lub projektowanych robót udostępniających i przygotowawczych,
- dokonaną eksploatację górniczą w danym pokładzie oraz pokładach wyżej i niżej leżących,
- prognozowaną metanowość bezwzględną ściany,
- występujące zagrożenia naturalne oraz techniczne.

Obecnie w Polsce prawie wyłącznie jako wyrobiska wybierkowe stosuje się ściany. Jedynie do eksploatacji resztek pokładów, uwięzionych np. w filarach ochronnych, stosowane są tzw. chodniki eksploatacyjne. W zależności od kierunku eksploatacji pola ścianowego, czyli części pokładu eksploatowanej daną ścianą, wyróżnia się odmianę podłużną, poprzeczną lub przekątną ścian. Schematy tych odmian przedstawia rys. 3.1. Warunki zalegania złoża w polskich kopalniach sprawiają, że najczęściej stosowana jest odmiana przekątna ścian. Dla tej odmiany ścian wektor nachylenia pokładu można rozłożyć na wektor równoległy i wektor prostopadły do czoła ściany. W takich przypadkach mówi się często o nachyleniu podłużnym ściany (wartość wektora równoległego do czoła ściany)

i nachyleniu poprzecznym (wartość wektora nachylenia prostopadłego do czoła ściany). Nachylenie poprzeczne może być dodatnie (postęp ściany po wzniosie) lub ujemne (postęp ściany po upadzie). Przepisy górnicze [12] ograniczają kąt poprzeczny eksploatacji po wzniosie do 20° a po upadzie do -10° .



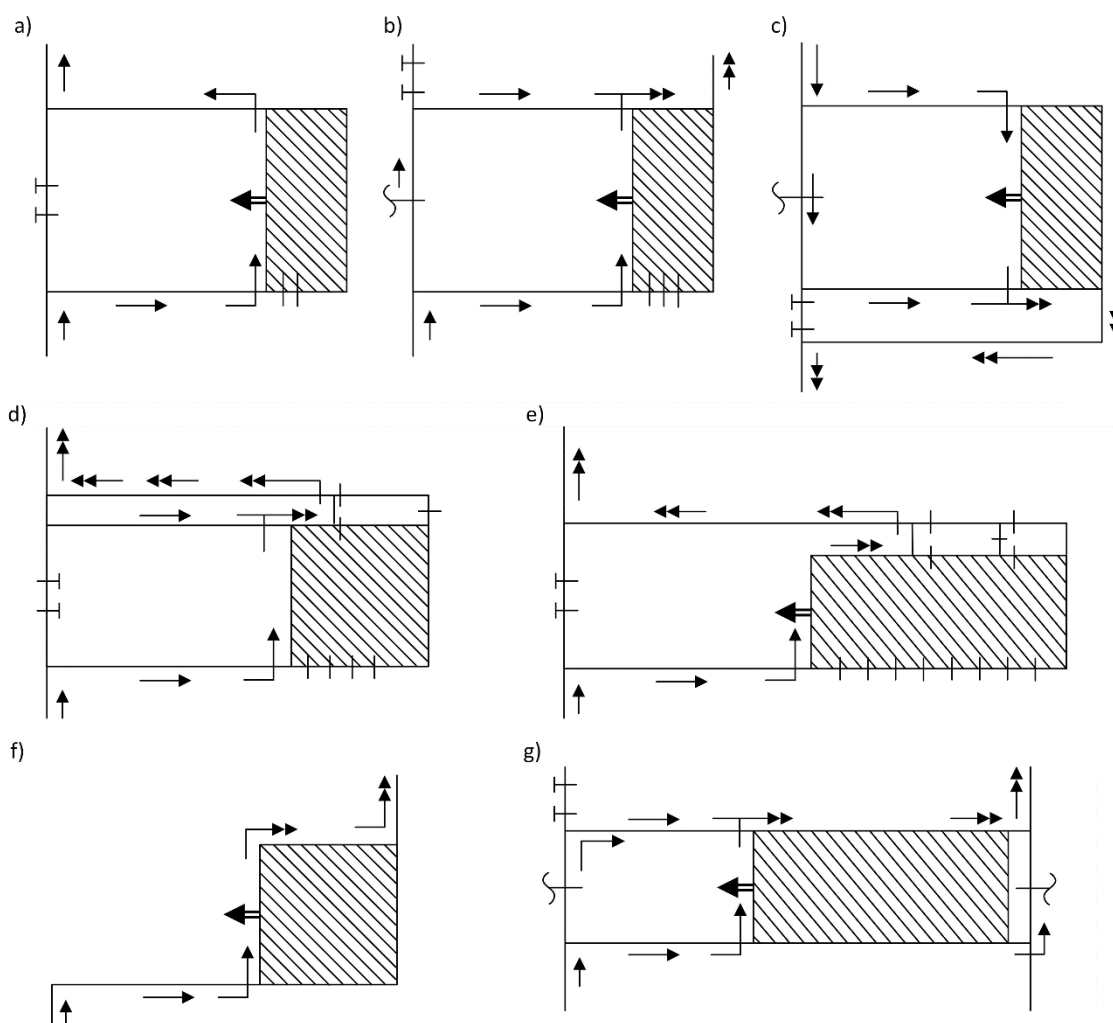
**Rys. 3.1 Odmiany eksploatacji ścian
a) podłużna b) poprzeczna c) przekątna**

Źródło: opracowanie własne

Z uwagi na zagrożenie metanowe najkorzystniejsze jest prowadzenie eksploatacji ścianami o ujemnym nachyleniu poprzecznym. Jest to związane z ograniczeniem wypływu metanu ze zrobów, wynikającym z różnicy masy właściwej powietrza i metanu, a także z różnicy temperatur dostarczanego powietrza, często chłodzonego i ciepłego metanu, o temperaturze zbliżonej do temperatury górotworu. Jednak ujemne nachylenie powoduje znaczne ograniczenie możliwości stosowania profilaktyki pożarowej polegającej na wtłaczaniu do zrobów mieszaniny wodno-popiołowej lub wody. Utrudnia także załadowanie urobku na przenośnik ścianowy.

Obecnie najczęściej likwidację przestrzeni wybranej prowadzi się przez zawał skał stropowych. W pewnej liczbie ścian likwidacja przestrzeni wybranej następuje za pomocą podsadzki hydraulicznej, czyli odpowiednio rozwodnionej mieszaniny piasku i rozdrobnionej skały płonnej pochodzącej z procesu wzbogacania węgla, dostarczanej do przestrzeni wybranej. Każda ściana jest przewietrzana w wybrany sposób. Na rys. 3.2 przedstawiono schematy wybranych sposobów przewietrzania rejonów ścian.

Należy przy tym pamiętać, że zagrożenia naturalne występują najczęściej grupowo, przy czym profilaktyka stosowana dla jednego z nich może powodować wzrost drugiego zagrożenia. Przykładowo, zmniejszanie zagrożenia metanowego przez dostarczanie do rejonu ściany dużego strumienia objętości powietrza powoduje wzrost zagrożenia pożarami endogenicznymi. Najchętniej, z uwagi na najniższe koszty przewietrzania, utrzymywania wyrobisk przyścianowych oraz minimalizację zagrożenia pożarami w zrobach ścian, stosowany jest sposób przewietrzania „U” po caliźnie (dawniej nazywany sposobem „C”) [20]. Został on przedstawiony na rys. 3.2a.

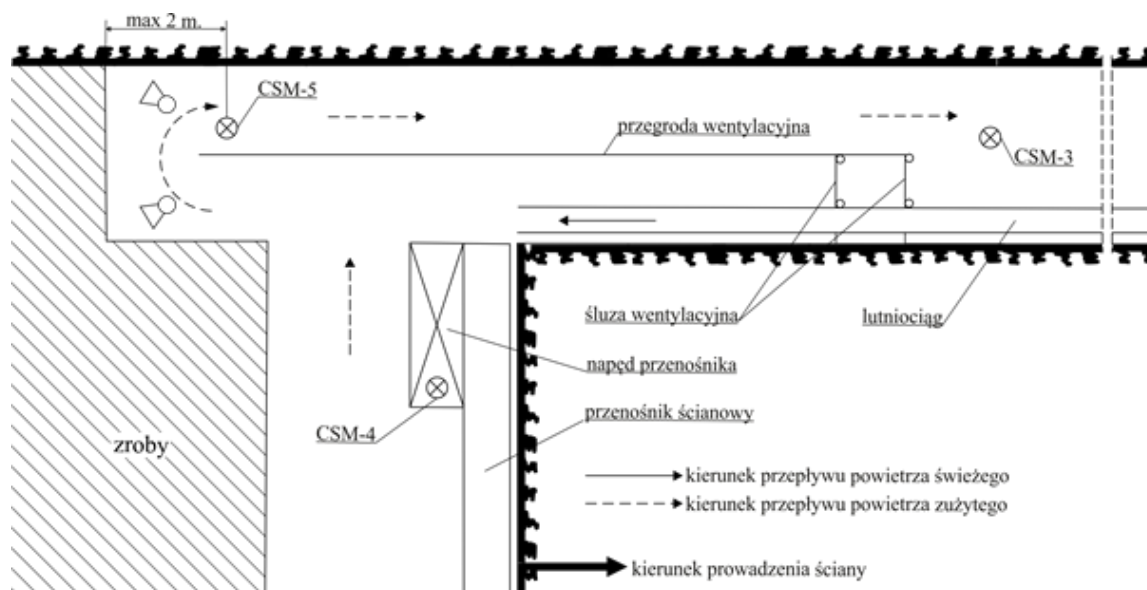


Rys. 3.2 Sposoby przewietrzania ścian

a) „U”, b) „Y”, c) „odwrócone Y”, d) „Krótkie Y”, e) „Y z wygradzaniem chodnika nadścianowego”, f) „Z”, g) „H”

Źródło: opracowanie własne

Powietrze świeże doprowadzane jest do ściany chodnikiem podścianowym, a odprowadzane chodnikiem nadścianowym. Największe stężenia metanu występują w górnej części ściany i w części chodnika nadścianowego, będącej w obustronnym otoczeniu zrobów. Są to główne miejsca wypływu metanu ze zrobów. Jednocześnie w górnym odcinku ściany występuje duże prawdopodobieństwo wystąpienia inicjału wybuchu metanu, gdyż z uwagi na znaczne deformacje chodnika nadścianowego, szczególnie wyciskanie spągu, występuje utrudnione przewietrzanie, a także istnieje możliwość wystąpienia iskrzenia przy nierównomiernej pracy łańcucha przenośnika ścianowego z tzw. gwiazdą napędową przenośnika oraz możliwość uderu pracującego organu urabiającego kombajnu o obudowę chodnikową. Poprawę bezpieczeństwa pracy uzyskuje się przez zastosowanie pomocniczych środków wentylacji, których rozbudowaną wersję przedstawiono na rys. 3.3. Zastosowane na rysunku oznaczenia CSM-3, CSM-4, CSM5 dotyczą czujników stężenia metanu, umieszczonych na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem odprowadzającym powietrze wypływające ze ściany.



Rys. 3.3 Pomocnicze środki wentylacji na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem odprowadzającym powietrze zużyte, przewietrzanej w sposób „U”

Źródło: opracowanie własne

Do pomocniczych środków wentylacji umieszczonych na rysunku zalicza się:

- przegrodę wentylacyjną z śluzą, która powoduje odsunięcie strefy wysokiego stężenia metanu z rejonu wylotu ściany do zrobów;
- lutniociąg, dostarczający powietrze świeże;
- strumienice, których zadaniem jest ułatwienie wytworzenia jednorodnej mieszaniny powietrzno – metanowej.

Obecnie (marzec 2017 r.) przepisy górnicze ograniczają możliwość stosowania pomocniczych środków wentylacji, przedstawionych na rys. 3.3, do metanowości wentylacyjnej maksymalnie $25 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$. Projekt nowych przepisów zakłada obniżenie granicznej metanowości wentylacyjnej do $20 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$. Wykorzystanie sposobu przewietrzania „Y” (rys. 3.2b), „odwrócone Y” (rys. 3.2c), „krótkie Y”, (rys. 3.2d), „Y z wygradzaniem chodnika nadścianowego” (rys. 3.2e), „Z” (rys. 3.2f) lub „H” (rys. 3.2g) znacznie poprawia warunki bezpieczeństwa pracy w ścianie pod względem zagrożenia metanowego, gdyż odsuwa strefę wysokich stężeń metanu do przestrzeni ściany do zrobów. Jednak jednocześnie następuje wzrost zagrożenia pożarami endogenicznymi, z uwagi na znacznie intensywniejsze przewietrzanie zrębów niż w przypadku stosowania sposobu przewietrzania „U”. Z uwagi na zagrożenia metanowe, pożarowe, klimatyczne i radiacyjne najkorzystniejszym sposobem kierowania stropem jest podsadzka hydrauliczna. Zastosowanie tego rodzaju podsadzki zmniejsza także znacznie wpływy deformacji powierzchni. Jednak stosowanie tego rodzaju stropu w obecnych warunkach ekonomicznych jest w większości przypadków nieuzasadnione z uwagi na kilkukrotne zwiększenie kosztów eksploatacji. Trzeba także wziąć pod uwagę fakt, że pozyskanie piasku do podsadzki wiąże się z dużą degradacją terenów leśnych lub zagospodarowanych rolniczo.

3.5 POMIARY STĘŻENIA METANU I PARAMETRÓW FIZYCZNYCH STANU PRZEWIETRZANIA REJONU ŚCIAN

Podobnie jak w przypadku wyrobisk korytarzowych, również dla rejonów ścian przepisy górnicze przewidują wykonywanie automatycznych pomiarów stężenia metanu. Zgodnie z przepisami, wymagane jest umieszczenie czujników automatycznego systemu telemetrycznego w trzech miejscach: na wlocie do ściany, na wylocie ze ściany oraz na wylocie z rejonu ściany. Jednakże w praktyce stosowana jest znacznie większa liczba czujników. Przykładowo w obrębie wlotu do ściany z reguły stosowane są dwa czujniki. Na wylocie ze ściany, jeżeli wykorzystuje się sposób przewietrzania „U”, stosuje się od trzech (rys. 3.3) do pięciu czujników. Dodatkowo, w celu określenia rzeczywistej metanowości ściany stosuje się dodatkową parę czujników, przy czym jeden z nich znajduje się przed ścianą, w wyrobisku doprowadzającym powietrze świeże, a drugi za ścianą, w wyrobisku odprowadzającym powietrze zużyte [18]. W przypadku występowania w wyrobiskach rejonu ściany tam izolacyjnych, oddzielających wyrobisko od zlikwidowanych wyrobisk lub od starych zrobów, czujniki umieszcza się także przy tych tamach.

W rejonach ścian stosowane są także ręczne pomiary stężenia metanu. Są one istotne, gdyż zwiększone wpływy metanu mogą pojawić się w każdym miejscu, nie kontrolowanym metanometrią automatyczną. Pomiary ręczne za pomocą przyrządów indywidualnych, należy wykonywać w wyrobiskach korytarzowych wchodzących w skład rejonu ściany jak i w samej ścianie. Jeżeli przewiduje się, że w dolnym przedziale przenośnika ścianowego może wystąpić nagromadzenie metanu, należy w określić miejsca wykonywania pomiarów zawartości metanu w tym przedziale, ich częstotliwość oraz osoby zobowiązane do takich pomiarów. Pomiarami ręcznymi należy także określać strefy zwiększonych stężeń metanu za obudową ścianową. W takich miejscach powstający zawał skał stropowych za obudową może wypchnąć metan do ściany i spowodować niebezpieczne nagromadzenie metanu w ścianie. Bardzo istotne są pomiary ręczne w miejscach występowania deformacji w zaleganiu pokładu, szczególnie w miejscach wystąpienia uskoków, ścianień pokładów lub przerostów skał iskrzących. Niebezpieczne nagromadzenia metanu mogą również wystąpić w ścianie na granicy z wyrobiskiem odprowadzającym powietrze zużyte, gdy wypiętrzenie spągu w wyrobisku korytarzowym powoduje powstanie progu pomiędzy ścianą a tym wyrobiskiem. Pomiary ręczne powinny być wpisywane do odpowiedniej dokumentacji, a pomiary wykazujące zawyżone stężenia należy dodatkowo opatrzyć komentarzem.

Zagrożenie metanowe może w bardzo krótkim czasie wzrosnąć na skutek zaburzeń w systemie przewietrzania rejonów ścian. Dlatego powszechnie stosuje się anemometry stacjonarne do pomiarów prędkości przepływu powietrza, czujniki otwarcia tam wentylacyjnych, czujniki różnicy ciśnień (manometry) i ciśnienia barometrycznego (barometry). Niektóre z wymienionych przyrządów (np. anemometry, manometry) posiadają funkcję wyłączania energii elektrycznej w rejonie ściany, dzięki czemu nie jest możliwa praca w warunkach niebezpiecznego stężenia metanu

3.6 STOSOWANIE ODMETANOWANIA

W przypadku, gdy sposobami wentylacyjnymi nie można utrzymać stężenia metanu w rejonie ściany poniżej dopuszczalnych wartości, należy stosować odmetanowanie [2, 3, 5, 11]. Prognozowany strumień objętości metanu, który należy ująć do systemu odmetanowania, oblicza się na podstawie tzw. metanowości kryterialnej [18]. Według pracy [18], przez metanowość kryterialną należy rozumieć taką metanowość bezwzględną rejonu ściany, która przy założonym strumieniu objętości powietrza oraz nierównomierności przepływu powietrza i wydzielania się metanu, nie spowoduje przekroczenia dopuszczanego stężenia metanu w rejonie ściany. Systemem odmetanowania należy ująć różnicę pomiędzy prognozowaną metanowością bezwzględną [6] a metanowością kryterialną. W zależności od położenia urządzenia wytwarzającego podciśnienie w instalacji odmetanowania mówi się o:

- odmetanowaniu centralnym, gdy stacja odmetanowania znajduje się na powierzchni;
- odmetanowaniu poziomowym, gdy stacja odmetanowania znajduje się w pobliżu szybu wydechowego na określonym poziomie kopalni;
- odmetanowaniu lokalnym, gdy stacja znajduje się w którymś z wyrobisk odprowadzających powietrze zużyte.

Odmetanowanie lokalne i poziomowe stosuje się w kopalniach, w których rozpoczęto wydobywanie pokładów metanowych, lub w których budowa stacji centralnej i utrzymanie rozległej sieci odmetanowania nie byłoby ekonomicznie uzasadnione. Metan z odmetanowania centralnego jest najczęściej w dużym stopniu wykorzystany gospodarczo. Metan z odmetanowania poziomowego może być przesyłany rurociągami na powierzchnię lub wypuszczany do powietrza w wyrobisku bezpośrednio łączącego się z szybem wentylacyjnym. Metan pochodzący z odmetanowania lokalnego w całości jest wypuszczany do powietrza zużytego.

W Polsce obecnie prawie 100% ujętego metanu pochodzi z odmetanowania bieżącego lub odmetanowania starych zrobów (odmetanowanie z za tam izolacyjnych). Odmetanowanie bieżące polega na ujmowaniu metanu otworami drenażowymi wykonanymi z wyrobisk przyścianowych. Wiercenie otworów drenażowych oraz ujmowanie metanu prowadzi się na bieżąco, wraz z postępem eksploatacji pokładu określoną ścianą. Odmetanowanie z za tam izolacyjnych polega na wprowadzeniu rurociągu odmetanowania do otamowanego tamą izolacyjną wyrobiska, łączącego się ze zrobami ścian, które zakończyły eksploatację. Obecnie około 40% ujmowanego metanu pozyskuje się w ten sposób.

W Polsce nie prowadzi się lub prowadzi się jedynie w celach eksperymentalnych odmetanowanie wyprzedzające. Zadaniem takiej odmiany odmetanowania jest obniżenie zawartości metanu w górotworze przed rozpoczęciem eksploatacji. Niska efektywność tego rodzaju odmetanowania jest wynikiem faktu, że współczynnik filtracji dla węgla w pokładach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego jest bardzo mały, przy czym silne maleje ze wzrostem głębokości [5], czego powodem jest wzrost ciśnienia słupa górotworu

oraz małej wytrzymałości węgla na ściskanie. W zależności od przyjętego układu przewietrzania, najczęściej otwory drenażowe są wykonywane przed czołem ściany, w warstwach stropowych pokładu, z chodnika odprowadzającego powietrze zużyte ze ściany lub nad zrobami w skałach stropowych. Jeżeli osiągnięta efektywność odmetanowania jest zbyt niska, przy znacznym dopływie metanu do ściany ze skał spągowych, wierce się dodatkowe otwory do tych warstw. Kierunki wiercenia otworów drenażowych, ich średnice i długości, liczbę otworów wykonanych z jednego stanowiska i odległości pomiędzy stanowiskami wiercenia, projektuje się najczęściej na podstawie dotychczasowych doświadczeń. Bardzo dobre efekty odmetanowania osiąga się stosując tzw. chodniki drenażowe, czyli wyrobiska korytarzowe wykonane w pokładzie pozabilansowym, położonym ponad eksploatowanym polem ścianowym. Efektywność odmetanowania w polskich kopalniach zawiera się najczęściej w granicach od 35% do 75%.

3.7 UTYLIZACJA METANU Z KOPALŃ

Metan ze złóż węglowych jest kopaliną towarzyszącą i jako taka powinna w jak najwyższym stopniu zostać zagospodarowana. Określenie sposobu zagospodarowania kopaliny towarzyszącej wynika bezpośrednio z ustawy „Prawo geologiczne i górnicze” [16].

Metan odprowadzany z kopalń wraz z powietrzem wentylacyjnym nie jest dotychczas, w Polsce, wykorzystywany do celów gospodarczych i uchodzi do atmosfery. W literaturze można spotkać opisy dotychczas zastosowanych za granicą sposobów wykorzystania tego metanu [1, 3, 7, 14, 15]. Powietrze wentylacyjne, zawierające metan można użyć:

- do spalania w piecach energetycznych,
- jako paliwo podstawowe w reaktorze przepływowo-rewersyjnym (Thermal Flow Reversal Reactor - TFRR),
- jako paliwo w katalitycznym reaktorze przepływowo-rewersyjnym (Catalic Flow Reversal Reactor-CFRR),
- w mikroturbinach.

Badania nad zastosowaniem metanu wentylacyjnego do katalitycznego spalania prowadzono także w Polsce [9]. Osiągane dotychczas efekty utylizacji metanu z powietrza są dalekie od zadawalających. Znacznie łatwiejsze jest wykorzystanie metanu z układu odmetanowania [3, 8]. Metan jako paliwo jest wykorzystywany w polskich kopalniach w kotłach grzewczych, suszarniach węgla, silnikach spalinowych zastosowanych w układach kogeneracyjnych (do produkcji prądu elektrycznego i ciepła) oraz w układach trigeracyjnych (produkcja prądu elektrycznego, ciepła i chłodu). Może być także wzbogacany i używany do celów produkcyjnych w zakładach chemicznych. Ujmowana mieszanina metanowo-powietrzna może być także dodawana do gazu komunalnego. Jednak w tym przypadku należy określić zbiór odbiorców, dostosować odbiorniki gazu do obniżonej zawartości metanu oraz produkować i kontrolować mieszaninę dostarczaną do odbiorców tak, aby zachować prawie stałe stężenie metanu w mieszaninie dostarczanej do odbiorców.

PODSUMOWANIE

Metan towarzyszący pokładom węgla, wydzielający się do wyrobisk górniczych w trakcie wykonywania robót udostępniających, przygotowawczych oraz do wybierkowych stanowi dla górników bardzo duże niebezpieczeństwo. Dlatego prace w kopalniach związane z występowaniem metanu nakierowane są przede wszystkim na redukcję tego niebezpieczeństwa. Służą temu celowi następujące działania:

- kategoryzacja złożeń pod względem zagrożenia metanowego;
- kategoryzacja wyrobisk do pól metanowych i stopni zagrożenia wybuchem;
- stosowanie wyposażenia technicznego spełniającego wymogi odnośnie bezpieczeństwa względem metanu;
- analiza zagrożenia metanowego i zagrożeń współistniejących;
- dobór właściwego sposobu przewietrzania rejonów ścian;
- stosowanie automatycznych systemów telemetrycznych do pomiarów stężenia metanu w powietrzu kopalnianym oraz parametrów fizycznych przewietrzania wyrobisk, posiadające funkcję wyłączania energii elektrycznej i bieżąca analiza poziomu zagrożenia;
- stosowanie i dokumentowanie pomiarów ręcznych stężenia metanu;
- stosowanie odmetanowania obniżającego ilość metanu wydzielającego się do atmosfery kopalnianej.

Ponieważ metan jest nośnikiem czystej energii, ujęty systemem odmetanowania metan jest częściowo zagospodarowany jako paliwo w silnikach gazowych, kotłach grzewczych, suszarniach węgla i innych. Jednak nadal część tego metanu nie jest wykorzystana, co powoduje straty ekonomiczne oraz zagrożenie środowiska, jako że metan jest gazem cieplarnianym. Autorzy artykułu uważają, że problem zagospodarowania metanu ujętego do systemu odmetanowania jest łatwy do rozwiązania, przy stosunkowo niskich nakładach inwestycyjnych. Zasadniczy problem stwarza metan odprowadzany do atmosfery. Obecnie brak ekonomicznie opłacalnych metod gospodarczego wykorzystania tego metanu, przede wszystkim z uwagi na niskie stężenie metanu w powietrzu wentylacyjnym kopalń. Zarówno względy ekonomiczne jak i ekologiczne przemawiają za poszukiwaniem racjonalnych rozwiązań tego zagadnienia. Jedną z metod zmniejszenia emisji metanu do atmosfery jest zwiększenie efektywności odmetanowania. Nawet dofinansowanie tej metody może się okazać bardziej efektywne i opłacalne niż prace związane z wykorzystaniem metanu z powietrza atmosferycznego.

LITERATURA

1. K. Baris. „Assessing ventilation air methane (VAM) mitigation and utilization opportunities: A case study at Kozlu Mine, Turkey.” *Energy for Sustainable Development* 2013, 17, pp 13-23.
2. A. Gonet, S. Nagy, cz. Rybicki, J. Siemek, S. Stryczek, R. Wiśniowski. „Technologia wydobycia metanu z pokładów węgla (CBM).” *Górnictwo i Geologia*, t. 5, z. 3, str. 5-25. Wydawnictwo Polit. Śl., Gliwice 2010.

3. *Grubengasabsaugung. Handbuch fuer den Steinkohlenbergbau der Europaeischen Gemeinschaft.* Verlag Glueckauf GmbH. Essen 1980.
4. A. Koterak, J. Kabiesz, R. Patyńska. „Zagrożenia naturalne w podziemnym górnictwie węgla w Polsce na tle wybranych krajów europy i świata.” *Przegląd Górniczy* nr 1, 2015.
5. B. Kozłowski, Z. Grębski. *Odmetanowanie górotworu w kopalniach.* Katowice: Wydawnictwo "Śląsk", 1982.
6. E. Krause, K. Łukowicz. *Dynamiczna prognoza metanowości bezwzględnej ścian* (Poradnik techniczny). GIG KD "Barbara". Katowice-Mikołów, 2000.
7. C.W. Mallett, S. Su. "Program in developing ventilation air methane mitigation and utilisation technologies." *CSIRO Exploration and Mining. Technology Court, Pullenvale, Australia.*
8. S. Nawrat, Z. Kuczera, R. Łuczak, P. Życzkowski, S. Napieraj, K. Gatnar. *Utylizacja metanu z pokładów węgla w polskich kopalniach węglowych.* Kraków: Uczelniane Wydawn. Nauk.-Dydakt. 2009.
9. S. Nawrat, S. Napieraj. „Badania instalacji utylizacji metanu z kopalń IUMK-100 w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A. w kopalni „Jas-Mos”. *Górnictwo i Geologia, Z. 4, t. 7, 2012.*
10. Norma PN-ISO 31000 2012. *Zarządzanie ryzykiem – Zasady i wytyczne.*
11. J. Roszkowski, N. Szlązak. *Wybrane problemy odmetanowania kopalń węgla kamiennego.* Kraków: Uczelniane Wydawn. Naukowo-Dydaktyczne, 1999.
12. 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.*
13. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. *w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych.*
14. J. Somers. „Ventilation Air Methane (VAM) Utilization Technologies.” US EPA Coalbed Methane Outreach Program, Technical Options Series, September 2009.
15. K. Sztekler, T. Wójcik. „Wykorzystanie powietrza wentylacyjnego z kopalń na cele energetyczne.” *Konf. naukowo-techniczna "Pozyskiwanie i utylizacja metanu z pokładów węgla, Jastrzębie-Zdrój, 15-16 maja 2014.*
16. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. *Prawo geologiczne i górnicze - Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 1 lipca 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy (Dz. U. poz. 1131).*
17. Wikipedia. *Ryzyko.* Pobrano z: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Ryzyko> [Dostęp: 28.02.-2017].
18. „Zasady prowadzenia ścian w warunkach zagrożenia metanowego.” *GIG. Seria Instrukcje.* Instrukcja nr 17, Katowice 2014.

19. „Zasady zaliczania wyrobisk w polach metanowych w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny do stopni niebezpieczeństwa wybuchu metanu.” *GIG. Seria Instrukcje*. Instrukcja nr 18. Katowice 2007.
20. *Zwalczanie zagrożenia metanowego w ścianach w aspekcie sposobu ich przewietrzania*. WUG. Katowice 2001.

ZARZĄDZANIE ZAGROŻENIEM METANOWYM W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie: W artykule przedstawiono problemy związane z eksploatacją złóż węglowych w warunkach zagrożenia metanowego. Omówiono sposoby identyfikacji poziomu zagrożenia w okresie rozpoznawania geologicznego złóż i projektowania eksploatacji. Przedstawiono wpływ warunków zalegania pokładu na zagrożenie metanowe oraz możliwości oddziaływania na poziom zagrożenia przez dobór sposobu przewietrzania rejonu ściany. Wskazano na istotną rolę pomiarów automatycznych i ręcznych stężenia metanu na identyfikację poziomu zagrożenia. Omówiono wykorzystanie odmetanowania w celu obniżenia zagrożenia metanowego i jednocześnie przedstawiono korzyści ekonomiczne z zagospodarowania metanu. Wskazano, że poprawa efektywności odmetanowania jest najlepszym sposobem obrony przed wydzielaniem się metanu do atmosfery.

Słowa kluczowe: zagrożenie metanowe, sposoby przewietrzania, odmetanowanie, utylizacja

MANAGING METHANE THREAT IN HARD COAL MINES

Abstract: The article presents problems related with exploitation of hard coal beds in the conditions of methane threat. There were discussed methods of identification of the levels of threat during the geological exploration works and designing of prospective exploitation. There was also presented the impact of conditions of retention of the bed on methane threat and possibilities of influencing the level of threat by appropriate selection of the method of ventilation of the wall's neighbourhood. The role of automated and manual measurements and its impact on the level of threat was indicated. There was also discussed the use of waste gas (methane) in order to lower the level of the threat and simultaneous gaining economic profit from it. It was indicated that the increase of efficiency of the methane drainage is the best method of preventing its escape to the atmosphere.

Key words: methane threat, hard coal mines, methods of ventilation, methane drainage, methane utilisation

Dr hab. inż. Henryk BADURA, prof. Pol. Śl.
Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa i Geologii
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice
e-mail: Henryk.Badura@polsl.pl

Dr Zygmunt ŁUKASZCZYK
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze
e-mail: Zygmunt.Lukaszczyk@polsl.pl

Data przesłania artykułu do Redakcji: 15.05.2017
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 31.05.2017