

Nikodem Szlązak, Marek Korzec**

ZAGROŻENIE METANOWE ORAZ JEGO PROFILAKTYKA W ASPEKTCIE WYKORZYSTANIA METANU W POLSKICH KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO**

1. Wstęp

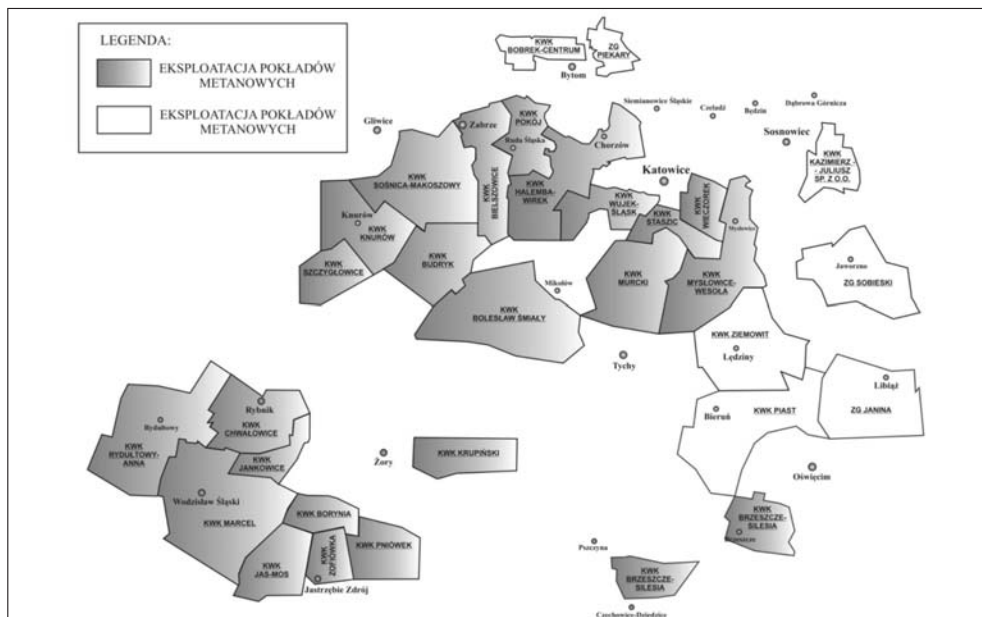
Obecność zagrożeń naturalnych jest ściśle związana z prowadzeniem działalności górniczej w Polsce. W kopalniach występują następujące zagrożenia: metanowe, wybuchem pyłu węglowego, tapaniami, pożarami endogenicznymi oraz wodne. Zagrożenia te często nie występują samodzielnie, lecz współwystępują ze sobą, stanowiąc niebezpieczeństwo dla pracujących górników oraz powodując utrudnienia w prowadzeniu płynnej eksploatacji. Najpowszechniej występującym w polskich kopalniach węgla kamiennego zagrożeniem jest zagrożenie metanowe. W roku 2009 eksploatacja prowadzona była w 31 kopalniach, z czego w 23 stwierdzono i rejestrowano wydzielanie metanu, a 15 z nich prowadziło eksploatację w warunkach IV, najwyższej kategorii zagrożenia metanowego [16]. Na rysunku 1 zaprezentowana została mapa obszarów górniczych kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego z podziałem na kopalnie eksploatujące pokłady metanowe i niemetanowe.

2. Metanowość polskich kopalń węgla kamiennego

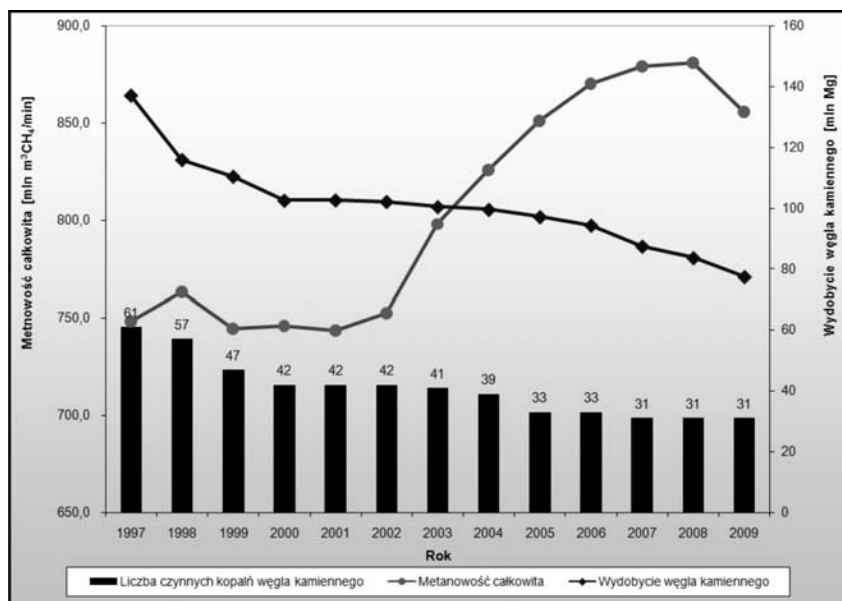
Liczba czynnych kopalń węgla kamiennego w Polsce na przestrzeni ostatnich lat ulegała ciągłemu zmniejszeniu. W roku 1997 eksploatacja prowadzona była w 61 kopalniach, natomiast w roku 2009 już tylko w 31. Następował również ciągły spadek wielkości wydobycia ze 137,1 mln Mg w roku 1997 do 77,4 mln Mg w roku 2009. Mimo to metanowość całkowita polskich kopalń ciągle rosła, aby osiągnąć w roku 2008 wartość 880,9 mln m³ CH₄/rok. W roku 2009 wyniosła ona 855,7 mln m³ CH₄/rok [3]. Za główny powód rosnącej metanowości bezwzględnej należy uznać zwiększającą się głębokość eksploatacji, a co za tym idzie wzrost metanonośności węgla na większych głębokościach, ale także większą koncentrację wydobycia, czyli chęć uzyskania większego wydobycia z jednego przodka ścianowego.

* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii

** Artykuł powstał w ramach prac statutowych w AGH nr 11.11.100.371



Rys. 1. Mapa obszarów górniczych kopalń Górnosląskiego Zagłębia Węglowego z podziałem na kopalnie eksploatujące pokłady metanowe i niemetanowe



Rys. 2. Metanowość całkowita polskich kopalń węgla kamiennego w odniesieniu do liczby czynnych kopalń i wielkości wydobycia w latach 1997–2009 [wg 3]

Na rysunku 2 przedstawione zostało kształtowanie się metanowości całkowitej polskich kopalń w latach 1997–2009, w odniesieniu do liczby czynnych kopalń oraz wielkości wydobycia.

W najbliższych latach prowadzenia eksploatacji w polskich kopalniach należy spodziewać się utrzymania zagrożenia metanowego na podobnym poziomie. Spowoduje to, że zagrożenie metanowe będzie nadal dominujące w naszych kopalniach. Bezpieczna eksploatacja będzie więc zapewniona tylko przy odpowiednio dobranej profilaktyce metanowej.

3. Zwalczanie zagrożenia metanowego

W polskich kopalniach węgla kamiennego na przestrzeni ostatnich lat 70–85% wydobycia pochodziło z pokładów metanowych [3]. Kopalnie chcąc więc prowadzić eksploatację, muszą w odpowiedni sposób zagwarantować bezpieczeństwo pracującej pod ziemią załodze, czyli muszą skutecznie zwalczać zagrożenie metanowe. W celu poprawy bezpieczeństwa w polskich kopalniach węgla kamiennego stosuje się wiele działań profilaktycznych. Wśród nich można wymienić intensywną wentylację, odmetanowanie, kontrolę metanometryczną oraz stosowanie dodatkowych urządzeń wentylacyjnych [7, 9, 10]. Każda z tych metod w mniejszym bądź większym stopniu wpływa na wzrost kosztów wydobycia węgla.

Intensywna wentylacja prowadzona jest w celu rozrzedzenia wydzielającego się do wyrobisk metanu, do poziomu określonego w przepisach, zapewniającego bezpieczną pracę. Jednak często nie jest ona wystarczająca, aby zachować planowane parametry eksploatacji bądź niemożliwe jest jej podjęcie bez zastosowania dodatkowych środków profilaktycznych. W tym celu w kopalniach prowadzi się odmetanowanie górotworu. Realizowane ono może być zarówno jako odmetanowanie wyprzedzające, czyli przed rozpoczęciem eksploatacji w górotworze lub polu eksploatacyjnym, jak i w trakcie prowadzenia robót (w wyrobiskach korytarzowych, eksploatacyjnych, zrobach) [4, 7, 8, 9, 10].

Odmetanowanie wyprzedzające prowadzone jest przed rozpoczęciem eksploatacji, czyli w górotworze o nienaruszonej i pierwotnej metanonośności oraz nienaruszonej strukturze. Inaczej sposób ten nazywa się odmetanowaniem przedeksploatacyjnym. Wykonywane ono może być zarówno przez otwory wywiercone z powierzchni, jak również z wyrobisk korytarzowych wykonanych specjalnie do tych celów lub z istniejących wyrobisk udostępniających i przygotowawczych [8].

Odmetanowanie z wyrobisk korytarzowych – zarówno przygotowawczych, jak i udostępniających – stosowane jest najczęściej w przypadku, kiedy niemożliwe jest dalsze prowadzenie drażenia wyrobiska ze względu na zwiększoną koncentrację metanu. Stosowanie tego typu odmetanowania pozwala na zmniejszenie metanowości czynnych przodków, ale także na zredukowanie metanowości udostępnionej części złoża.

W polskich kopalniach najczęściej stosowanym systemem eksploatacji jest system ścianowy. Pozwala on na uzyskanie stosunkowo dużej koncentracji wydobycia i na duże postępy przodków. Metanowość ścian może dochodzić do nawet $100 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{min}$. Wysoka metanonośność węgla w rejonie prowadzenia eksploatacji wymaga często zastosowania wysoko skutecznego odmetanowania. Sposób jego prowadzenia bardzo często ustala się już w fazie projektowania eksploatacji [2]. Ze względu na różnorodność czynników decy-

dujących o doborze odpowiedniego systemu odmetanowania stosowanych w Polsce było wiele modeli odmetanowania ścian. Przykłady rozmieszczenia otworów drenażowych w rejonie ściany przy różnych sposobach jej prowadzenia przedstawione zostały na rysunku 3.

Odmetanowanie ściany przewietrzanej systemem „U”

Eksploatacja złożeń w Polsce odbywa się często w trudnych warunkach stropowych oraz w warunkach zagrożenia pożarowego. Kopalnie stosują wtedy zazwyczaj system z zawałem stropu i sposobem przewietrzania „U”, czyli z likwidacją chodnika nadścianowego za przemieszczającym się frontem eksploatacji. Powietrze w tym systemie doprowadzane jest z chodnika podścianowego i po przejściu przez ścianę odprowadzane jest przed front ściany wzdłuż kalizny węglowej. Otwory drenażowe w tym systemie wiercone są z chodnika nadścianowego (wentylacyjnego) i są likwidowane po przejściu frontu eksploatacji. Przykład rozmieszczenia otworów drenażowych w ścianie przewietrzanej systemem „U” jest przedstawiony na rysunku 3a [2].

Odmetanowanie ściany przewietrzanej systemem „Y”

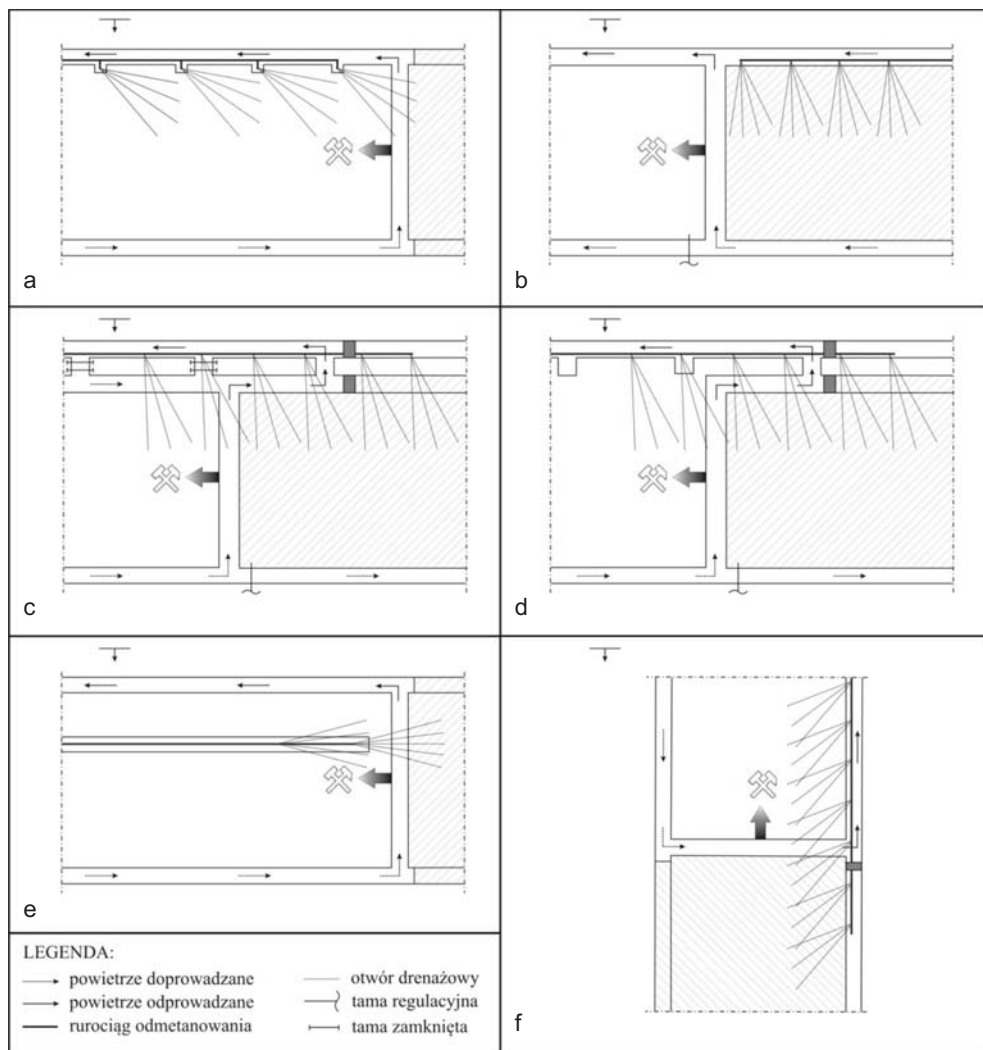
System taki stosowany jest w ścianach o dużej prognozowanej metanowości. W systemie tym powietrze doprowadzane jest do ściany chodnikiem podścianowym, a wylot ze ściany jest „doświeżany” chodnikiem wentylacyjnym. Otwory drenażowe w tym systemie wiercone są z chodnika nadścianowego (wentylacyjnego). Zadaniem otworów w tym systemie jest odprowadzenie metanu z miejsc jego największego wydzielania. Odmetanowaniu poddane są zroby ściany. Najwydajniej pracują otwory znajdujące się w odległości 50–200 m za frontem ścianowym. Przykład rozmieszczenia otworów drenażowych w ścianie przewietrzanej systemem „Y” jest przedstawiony na rysunku 3b [2].

Odmetanowanie ściany z równoległego chodnika wentylacyjnego

Ten sposób prowadzenia odmetanowania jest stosowany w warunkach bardzo dużej metanowości ściany. Wymaga on jednak prowadzenia dodatkowych robót górniczych. Trzeba wykonać dwa chodniki wentylacyjne. Powietrze doprowadzane jest do ściany chodnikiem podścianowym, a wylot ze ściany jest „doświeżany” z chodnika wentylacyjnego (niższego). Powietrze w pierwszej fazie jest odprowadzane ze ściany w kierunku zrobów, skąd przecinką między dwoma chodnikami wentylacyjnymi jest kierowane do chodnika wyższego. Otwory drenażowe w tym systemie wiercone są z chodnika wentylacyjnego wyższego w kierunku oddzielającej chodniki kalizny węglowej. Przykład rozmieszczenia otworów drenażowych wykonanych z równoległego chodnika wentylacyjnego jest przedstawiony na rysunku 3c [2].

Odmetanowanie ściany z chodnika wygradzanego (z obcinką)

Ten system odmetanowania jest bardzo zbliżony do systemu z równoległym chodnikiem wentylacyjnym. Różnica zasadniczo polega na tym, że jeżeli w trakcie prowadzenia eksploatacji zajdzie potrzeba wykonania równoległego chodnika wentylacyjnego, to wygradza się go wraz z postępem frontu eksploatacji. Przykład rozmieszczenia otworów drenażowych wykonanych z chodnika wygradzanego jest przedstawiony na rysunku 3d [2].



Rys. 3. Przykłady rozmieszczenia otworów drenażowych w rejonie eksploatowanej ściany przy różnych sposobach jej prowadzenia [wg 1, 2, 4, 9]

Odmetanowanie ściany z nadległego chodnika drenażowego

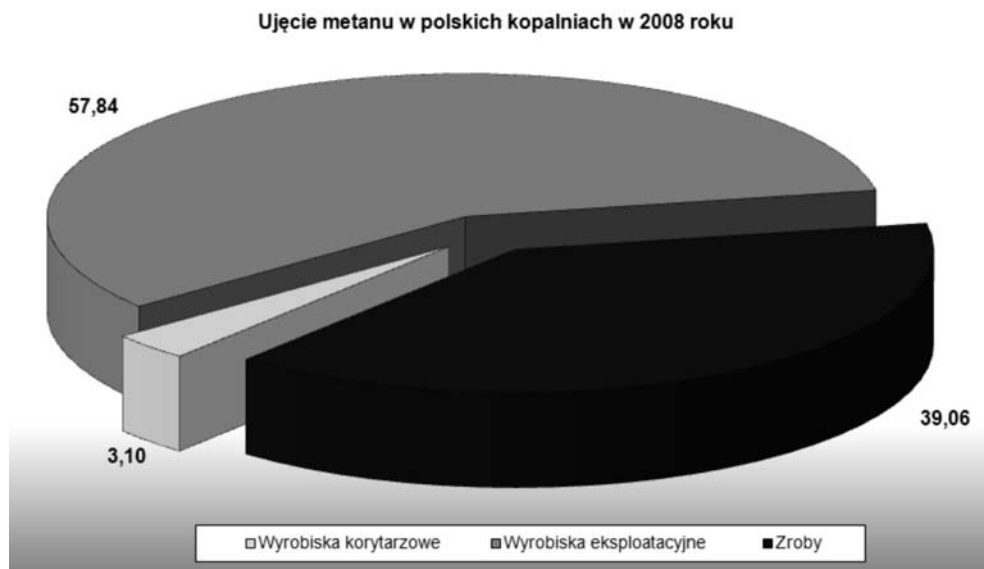
Ten system odmetanowania jest rzadziej stosowany. W pewnej odległości nad eksploatowanym polem ścianowym wykonuje się nadległy chodnik, z którego wierce się otwory drenażowe w kierunku zrobów eksploatowanej ściany. W systemie tym istnieje także możliwość wykonywania otworów drenażowych do sąsiednich pokładów. Przykład rozmieszczenia otworów drenażowych wykonanych z nadległego chodnika drenażowego jest przedstawiony na rysunku 3e [2].

Odmetanowanie w ścianie prowadzonej poprzecznie

Doświadczenia polskiego górnictwa dotyczące ścian poprzecznych eksploatowanych podpoziomowo pokazują, że charakterystyczne dla tej odmiany systemów ścianowych jest wzmożone wydzielanie metanu z pokładów zalegających poniżej eksploatowanego pokładu. Otwory drenażowe wiercone są w kierunku warstw spagowych eksploatowanego pokładu. Kąty nachylenia otworów dobiera się w zależności od warunków zalegania pokładu. Odwiercane są one przed frontem ścianowym. W początkowej fazie posiadają one stosunkowo niskie wydajności, które wzrastają wraz z przemieszczaniem się frontu eksploatacji. Odmetanowanie warstw stropowych należy prowadzić z pochylni wentylacyjnej w kierunku zgodnym z kierunkiem przepływu powietrza [4, 7]. Przykład rozmieszczenia otworów drenażowych w przypadku ściany prowadzonej poprzecznie przedstawiony jest na rysunku 3f.

Kolejnym sposobem odmetanowania jest odmetanowanie starych zrobów. Najczęściej podejmuje się decyzję o odmetanowaniu starych zrobów, kiedy zaczynają się w nich gromadzić znaczne ilości metanu. Mogą one pochodzić z węgla, który przedostał się do strefy zawału lub metan może migrować do zrobów z sąsiednich pokładów przez szczeliny i spękania. Metan ze zrobów ścian zawałowych odprowadzany jest najczęściej za pomocą perforowanych przewodów lub prowadzi się odmetanowanie otworami drenażowymi z chodnika wentylacyjnego.

W roku 2009 odmetanowanie prowadzone było w 20 polskich kopalniach węgla kamiennego. Wykonywane ono było z wykorzystaniem czterech dołowych i 16 powierzchniowych stacji odmetanowania [16].



Rys. 4. Procentowy udział źródeł ujęcia metanu w stosunku do całkowitego ujęcia w polskich kopalniach węgla kamiennego w roku 2008 [wg 3]

Prowadzenie odmetanowania w znaczny sposób podnosi koszty eksploatacji, jednak w związku z jego prowadzeniem kopalnie zaczynają dysponować znaczną ilością dobrego parametrowo pod kątem jego dalszego wykorzystania gazu. Istnieje obecnie wiele rozwiązań technologicznych pozwalających gospodarczo wykorzystać ten gaz.

Największe ilości gazu z odmetanowania w polskich kopalniach węgla kamiennego pochodziły w ostatnich latach z odmetanowania wyrobisk eksploatacyjnych. Duże ilości pochodziły z odmetanowania zrobów, niewielkie z odmetanowania wyrobisk korytarzowych. Rysunek 4 przedstawia procentowy udział źródeł ujęcia metanu w stosunku do całkowitego ujęcia w polskich kopalniach węgla kamiennego w roku 2008 [wg 3].

4. Wykorzystanie metanu w polskich kopalniach węgla kamiennego

W roku 2009 systemami odmetanowania ujęto w polskich kopalniach węgla kamiennego 259,8 mln m³/CH₄, co stanowiło 30,4% metanowości całkowitej [16]. Metan ujęty tymi systemami może stanowić pełnowartościowe paliwo wykorzystywane w różnych rozwiązaniach technologicznych.

Sposoby wykorzystania gazu pochodzącego z odmetanowania mogą być różne. Do trzech podstawowych grup można zaliczyć:

- wykorzystanie energetyczne:
 - produkcja ciepła (potrzeby grzewcze i technologiczne),
 - produkcja energii elektrycznej,
 - układy skojarzone (wytwarzanie energii elektrycznej, ciepła, chłodu),
- produkcję gazu sieciowego,
- skraplanie gazu.

W warunkach polskich kopalń metan często pozyskiwany jest systemami odmetanowania w miejscach, w których aktualnie prowadzone są roboty górnicze. Zmieniające się warunki powodują częstą zmianę ilości i składu pozyskiwanego gazu. Gaz kopalniany nieposiadający stabilnych parametrów ilościowych i jakościowych nie może więc być wykorzystywany w sieciach komunalnych. Układy energetyczne pozwalające na gospodarcze wykorzystanie metanu znajdują się więc muszą na terenie kopalni bądź w bliskim jej sąsiedztwie. Wytwarzanie energii w tym przypadku może wiązać się z wytwarzaniem ciepła użytkowego lub wytwarzaniem energii elektrycznej i ciepła odpadowego w tzw. układach skojarzonych kogeneracyjnych. Układy trikogeneracyjne pozwalają dodatkowo wytworzyć chłód [5, 12].

Produkcja ciepła

Zakłady górnicze charakteryzują się dużym zapotrzebowaniem na ciepło. Przede wszystkim wiąże się to z koniecznością ogrzewania budynków powierzchniowych, ogrzewaniem wody oraz ogrzewaniem powietrza w szybach wdechowych. Metan ujęty odmetanowaniem może być wykorzystywany w instalacjach bazujących na istniejących kotłach gazowych. Kolejną możliwością może być współspalanie metanu w kotłach węglowych [5].

Produkcja energii elektrycznej

Wysokie zapotrzebowanie kopalń na energię elektryczną może być częściowo zrekompensovane przez wykorzystanie metanu w silnikach gazowych, turbinach i mikroturbinach. Stosowanie silników gazowych pozwala na wykorzystanie gazu zawierającego minimum 40% metanu. Technologia ta jest obecnie najbardziej rozpowszechniona na świecie. Do podstawowych zalet tłokowych silników gazowych można zaliczyć modułową budowę pozwalającą na ewentualne późniejsze wykorzystanie urządzenia w innym miejscu [5, 12].

Turbiny gazowe mogą stanowić alternatywę dla silników gazowych. Turbiny są jednak bardziej wrażliwe na jakość dostarczanego paliwa. Mikroturbina to urządzenie, którego zasada pracy jest bardzo zbliżona do pracy turbin. Podstawowa różnica to gabaryty obu urządzeń.

Układy skojarzone

Układy kogeneracyjne to systemy, które pozwalają na wytwarzanie energii elektrycznej oraz odzysk tzw. ciepła odpadowego. Z odzyskanego ciepła można uzyskać ciepłą wodę lub ciepło spalin wykorzystać bezpośrednio w suszarkach przemysłowych. Oparte one mogą być zarówno na silnikach gazowych, jak również na turbinach. Szerzej stosowane są układy oparte na tłokowych silnikach gazowych, gdyż charakteryzują się one stosunkowo wysoką sprawnością i stosunkowo niską ceną.

Układy trójkogeneracyjne pracują na podobnej zasadzie jak układy kogeneracyjne. Charakteryzują się również wysoką sprawnością techniczną i są ekonomicznie bardzo korzystne. W tych układach oprócz energii elektrycznej i ciepła wytwarzany jest chłód. W okresie letnim, kiedy kopalnia posiada większe zapotrzebowanie na chłód, ciepło z odzysku jest kierowane do układów chłodniczych, natomiast w zimie większa część kierowana jest do układu ciepłowniczego. Układy takie charakteryzują się możliwościami uzyskania wysokich efektywności systemu w ciągu całego roku [5, 11, 12, 14].

Produkcja gazu sieciowego

Gaz pochodzący z systemów odmetanowania ze względu na zmienność jego ilości i jakości nie może być kierowany bezpośrednio do komunalnych sieci gazowniczych. Istnieją wysokie wymagania odnośnie do zawartości metanu w gazie ziemnym (powyżej 95%). Jest kilka technologii, które pozwalają zwiększyć zawartość procentową metanu, w celach sprostania wymaganiom gazu sieciowego. Do metod tych zaliczyć można: adsorpcję zmiennościśnieniową, adsorpcję rozpuszczalnikową oraz metodę kriogeniczną.

Skraplanie gazu (LNG)

Gaz pochodzący z systemów odmetanowania poddawany może być skraplaniu. Skroplony gaz ziemny ma prawie 600-krotnie mniejszą objętość w stosunku do fazy gazowej. Zastosowanie technologii do produkcji LNG z gazu kopalnianego spowoduje, że uzyskana mieszanka zawierać powinna 95–97% metanu. Technologia umożliwi wykorzystanie gazu stosunkowo uboższego w metan. Gaz taki poddawany jest oczyszczaniu i skraplaniu [6].

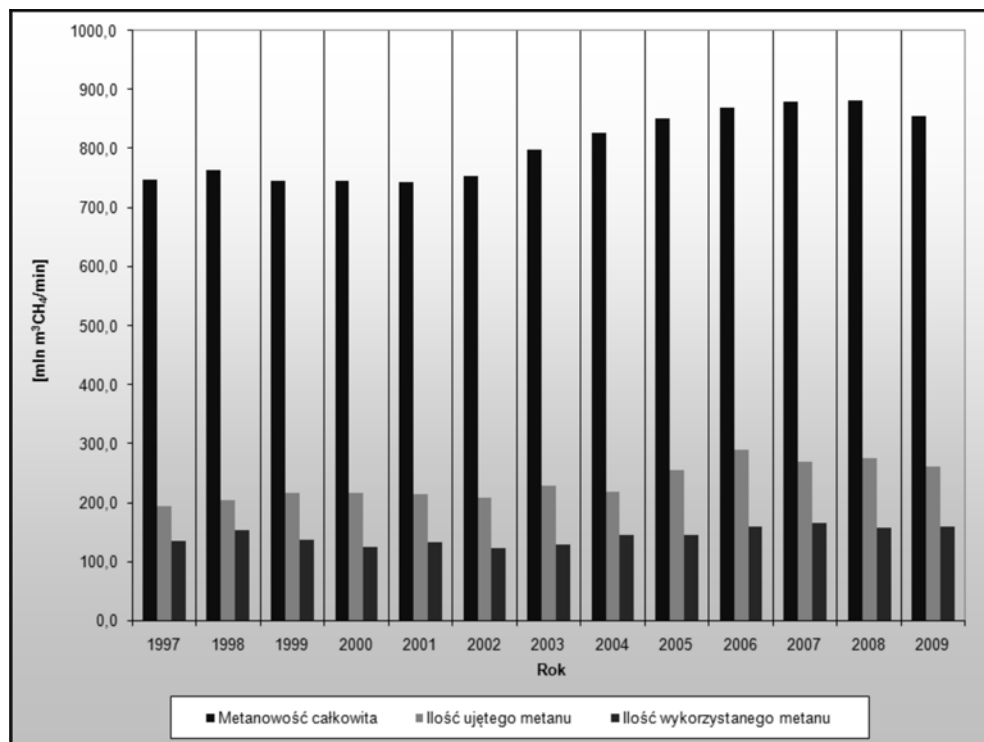
Aktualnie wiele kopalń w Polsce posiada układy pozwalające wykorzystywać metan ujęty systemami odmetanowania. Kopalnie te zostały zestawione w tabeli 1. W przypadku każdej z kopalń podany został sposób wykorzystania gazu oraz ilość i efektywność jego wykorzystania.

TABELA 1

Wykorzystanie metanu w polskich kopalniach węgla kamiennego [wg 3, 5, 11, 12, 13, 14, 15]

Lp.	Kopalnia	Sposób wykorzystania	Ilość wykorzystanego metanu, mln m ³ /rok	Efektywność wykorzystania, %
1	KWK Pniówek	układ trójkogeneracyjny	39,00	88,44
2	KWK Krupiński	układ kogeneracyjny suszarnia flotokoncentratu kocioł gazowy	21,10	40,04
3	KWK Brzeszcze-Silesia	sprzedaż gazu do odbiorców zewnętrznych	35,52	99,74
4	KWK Zofiówka	sprzedaż gazu do odbiorców zewnętrznych	16,50	97,06
5	KWK Jankowice	kocioł gazowy sprzedaż gazu do odbiorców zewnętrznych	8,40	76,36
6	KWK Budryk	układ kogeneracyjny	8,20	67,21
7	KWK Jas-Mos	sprzedaż gazu do odbiorców zewnętrznych	8,10	87,10
8	KWK Staszic	sprzedaż gazu do odbiorców zewnętrznych	1,80	30,00
9	KWK Bielszowice	silnik gazowy sprzedaż gazu do odbiorców zewnętrznych	1,90	27,54
10	KWK Sośnica-Makoszowy	układ kogeneracyjny	4,20	24,45
11	KWK Szczygłowice	układ kogeneracyjny	4,20	24,17
12	KWK Halemba-Wirek	układ kogeneracyjny	3,60	55,38
13	KWK Borynia	kocioł gazowy silnik gazowy	2,80	42,42
14	KWK Marcel	sprzedaż gazu do odbiorców zewnętrznych	1,60	48,48
15	KWK Mysłowice-Weśoła	sprzedaż gazu do odbiorców zewnętrznych	5,60	54,90
Razem			165,52	60,41

Wymienione wcześniej układy zainstalowane w poszczególnych kopalniach nie wykorzystują jednak całości gazu pozyskiwanego przez kopalnie. Gospodarczo w roku 2009 wykorzystane zostało ok. 61,4% ujętego metanu, co stanowiło około 18,6% całkowitej metanowości kopalń. Na rysunku 5 zostały pokazane wzajemne zależności między metanowością całkowitą (mln m³ CH₄/rok), ilością ujętego i zagospodarowanego metanu (mln m³ CH₄/rok) w latach 1997–2009 w polskich kopalniach węgla kamiennego.



Rys. 5. Wzajemne zależności pomiędzy metanowością całkowitą, ilością ujętego i zagospodarowanego metanu w polskich kopalniach węgla kamiennego w latach 1997–2009 [wg 3]

5. Podsumowanie

Eksploracja w polskich kopalniach węgla kamiennego prowadzona jest w znaczącej większości w pokładach zaliczonych do grupy pokładów metanowych. Eksploracja w najbliższych latach prowadzona będzie również w pokładach przede wszystkim metanowych. Bezpieczne warunki pracy w kopalniach będą mogły więc być zapewnione tylko przy odpowiednio dobranej profilaktyce. Intensywna wentylacja wyrobisk często jest niewystarczająca do podjęcia bezpiecznej eksploatacji, osiągnięcia planowanego poziomu produkcji bądź w silnie metanowych pokładach nie pozwala nawet w ogóle na podjęcie eksploatacji.

W polskich kopalniach szeroko stosowanym zabiegiem profilaktycznym jest odmetanowanie górotworu. Podnosi ono w znaczny sposób koszty eksploatacji, jednak pozwala na uchwycenie dobrego parametrowo gazu, który, jak pokazują układy technologiczne pracujące w polskich kopalniach, może być gospodarczo wykorzystywany.

Metan w kopalniach należy jednak traktować przede wszystkim w kategorii zagrożenia metanowego, którego zwalczanie jest podstawą bezpiecznej pracy. W dalszej kolejności pojawiają się aspekty związane z jego wykorzystaniem.

Ujęty systemami odmetanowania gaz może być wykorzystywany zarówno na potrzeby własne w różnorodnych układach technologicznych, jak i sprzedawany do odbiorców zewnętrznych. Biorąc jednak pod uwagę znaczne zapotrzebowanie kopalń na energię, bardziej racjonalne jest wykorzystanie metanu na własne potrzeby. W naszych kopalniach pracuje wiele układów wykorzystujących gospodarczo metan i pokazują one, że wykorzystanie metanu przy odpowiednio dobranej do ilości i jakości pozyskiwanego gazu technologii może przynieść wymierne korzyści. Układy technologiczne pozwalające wykorzystać metan w celach energetycznych oparte mogą być przede wszystkim na kotłach gazowych, silnikach gazowych oraz turbinach. Najlepsze wyniki, zarówno pod kątem sprawności technicznej, jak również opłacalności ekonomicznej, uzyskują jednak układy kogeneracyjne oraz trójkogeneracyjne oparte na silnikach gazowych. Układy kogeneracyjne pozwalają jednocześnie wytwarzać energię elektryczną oraz ciepło, trójkogeneracyjne dodatkowo chłód.

LITERATURA

- [1] *Berger J., Nowak E.*: Podziemne stacje odmetanowania w kopalniach ROW, XXVII Dni Techniki ROW 2001, Seminarium: Zwalczanie zagrożenia metanowego w kopalniach – teoria i praktyka, Rybnik 25 października 2001, s. 103–109
- [2] *Berger J.*: Technologie pozyskiwania i utylizacji metanu w polskich kopalniach węgla kamiennego, Ukraińsko-Polskie Forum Górnicze – Przemysł wydobywczy Ukrainy i Polski: aktualne problemy i perspektywy, Jałta, Krym, 13–19 września 2004, s. 497–506
- [3] Raporty roczne (2003–2009) o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, 2004–2010
- [4] *Kozłowski B., Grębski Z.*: Odmetanowanie górotworu w kopalniach, Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice, 1982
- [5] *Krzystolik P.*: Skojarzona gospodarka energetyczna z wykorzystaniem metanu szansą na obniżenie kosztów wydobywania węgla, Przegląd Górniczy 2002, 9, s. 31–37
- [6] Analiza możliwości zastosowania małych instalacji skraplania do zagospodarowania gazu z odmetanowania kopalń węgla kamiennego, Łaziska Górne, styczeń 2008
- [7] *Roszkowski J., Szlązak N., Szlązak J.*: Odmetanowanie jako środek zwalczania zagrożeń oraz sposób pozyskiwania paliwa, Materiały Konferencyjne Szkoły Eksploatacji Podziemnej 1997, Szczyrk 24–28 luty 1997
- [8] *Roszkowski J., Szlązak N., Szlązak J.*: Odmetanowanie jako środek zwalczania zagrożenia wybuchami oraz sposób pozyskiwania i wykorzystania etanu w kopalniach węgla kamiennego, Wiadomości Górnicze, 1997, 10, s. 436–444
- [9] *Roszkowski J., Szlązak N.*: Wybrane problemy odmetanowania kopalń węgla kamiennego, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków, 1999
- [10] *Roszkowski J., Szlązak J., Szlązak N.*: Zagrożenie metanowe w kopalniach węgla i jego zwalczanie, Materiały I Szkoły Aerologii Górniczej, Zakopane 11–15 października 1999, s. 43–54
- [11] *Szlązak N., Tor A., Jakubów A.*: Możliwości ograniczenia emisji metanu do atmosfery w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A., Przemiany środowiska naturalnego a ekorozwój, Wydawnictwo TBPS „Geosfera”, Kraków, 2001, s. 211–217

- [12] *Szłazak N., Tor A., Jakubów A.*: Ocena funkcjonowania centralnej klimatyzacji w Kopalni Węgla Kamiennego „Pniówek”, Materiały 2 Szkoły Aerologii Górniczej. Zakopane 07–11 października 2002, s. 577–594
- [13] *Szłazak N.*: Opracowanie założeń techniczno-ekonomicznych na gospodarcze wykorzystanie metanu z powierzchniowych stacji odmetanowania w układzie trigeneracyjnym dla kopalń Szczygłowice i Sośnica-Makoszowy Ruch Sośnica, Koreferat do pracy badawczo-usługowej wykonanej przez Zakład Oszczędności Energii i Ochrony Powietrza Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach, Kraków 2008
- [14] *Szłazak N., Nawrat S., Jakubów A.*: Pierwsza w Polsce klimatyzacja w Kopalni Węgla Kamiennego „Pniówek” Jastrzębskiej Spółki Węglowej, Przegląd Górniczy, 2000, 10, s. 18–24
- [15] www.kwsa.pl
- [16] Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2009 roku. Wyższy Urząd Górniczy, Katowice 2010