

Eugeniusz Krause, Krzysztof Łukowicz*

Wpływ struktury kopalnianej sieci wentylacyjnej na skuteczność ujęcia metanu

Streszczenie

Wzrost koncentracji wydobywania, przy jednoczesnym wzroście metanonośności złoża wraz z głębokością w otoczeniu eksploatowanych ścian, to przyczyna zwiększania wydzielania się metanu do rejonów eksploatacyjnych, w tym zrobów poeksploatacyjnych. Na skuteczność ujęcia metanu ze zrobów ścian eksploatowanych i odizolowanych mają wpływ:

- technologia odmetanowania,
- usytuowanie zrobów ścian,
- struktura kopalnianej sieci wentylacyjnej.

Duża złożoność sieci wentylacyjnych w polskich kopalniach węgla kamiennego jest wynikiem opóźnień inwestycyjnych w zakresie odtworzeniowym ich zdolności wentylacyjnych, w warunkach schodzenia z robotami górnictwami na większą głębokość.

W artykule scharakteryzowano sieci wentylacyjne przy usytuowaniu szybów wydechowych w obszarze górnictw kopalni. Omówiono także wpływ podziemnego usytuowania rejonów eksploatacyjnych na skuteczność ujęcia metanu w systemie odmetanowania oraz kształtowanie się poziomu zagrożenia metanowego.

Słowa kluczowe: zagrożenie metanowe; wydzielanie się metanu; kopalnia węgla kamiennego; odmetanowanie; zroby; sieć wentylacyjna.

Influence of the mine ventilation network structure on the efficiency of the methane drainage

Abstract

The increase in concentration of the extraction, with simultaneous increasing of methane bearing of the deposits with the depth in the area of the exploitation of longwalls is the cause of increasing methane emission to the areas, including post-extraction gobs. The efficiency of methane drainage from the gobs of the exploited longwalls as well as the isolated is influenced by the methane drainage technology, their location and the structure of the mine ventilation network. The high complexity of the ventilation network in Polish coal mines is a result of the investment delays in the aspect of the reconstruction of their ventilation capacity, in terms of greater depth of mining.

The article describes the ventilation networks next to the upcast shafts at the mining area as well as the impact of the underlevel position of exploited areas on the effectiveness of methane drainage by demethanation and the formation of the level of methane hazard.

Keywords: methane hazard; methane emission; coal mine; demethanation; gobs; ventilation network.

1. WPROWADZENIE

Restrukturyzacja przeprowadzana od kilkunastu lat w Polsce, ma na celu dostosowanie krajowego górnictwa do wymagań gospodarki rynkowej. Polega ona m.in. na

* Główny Instytut Górnictwa

ograniczaniu wielkości wydobywania, przy jednoczesnym zwiększaniu koncentracji. Procesy te nie spowodowały zmniejszenia zagrożenia metanowego w kopalniach, przyczyniły się jednak do jego skumulowania w mniejszej liczbie rejonów eksploatacyjnych. Sytuacja ta związana jest zarówno ze wzrostem głębokości eksploatacji, jak i wprowadzaniem coraz większej koncentracji wydobywania. W ostatnich kilkunastu latach wzrost koncentracji wydobywania wiązał się głównie ze zwiększaniem długości ścian, a w mniejszym stopniu ze zwiększaniem postępów eksploatacyjnych. Długość ściany ma największy wpływ na objętość złoże odprężonego oraz odgazowującego się nad i pod eksploatowaną ścianą, a tym samym na ilość metanu uwalnianego się z pokładów podebranych i nadebranych, zalegających w jej otoczeniu (Krause 2012).

W latach 1995–2005 średnia długość ściany wzrosła z 158,9 do 223,5 m, tj. o 40,6% (Turek 2007). Ponadto zejście z eksploatacją na większą głębokość do pokładów o wzrastającym nasyceniu metanem, przyczyniło się do zwiększenia jego wydzielania się o około 60%, w przeliczeniu na każdą tonę wydobytego węgla.

Zmniejszanie zagrożenia metanowego w kopalniach węgla kamiennego to zapobieganie możliwości gromadzenia się metanu w wyrobiskach w ilościach przekraczających dopuszczalne przepisami. Nagromadzenie tego gazu może być przyczyną jego zapalenia, a w następstwie wybuchu.

Podstawowymi sposobami zwalczania niebezpiecznych nagromadzeń metanu są metody aktywne, tj.:

- wentylacyjne sposoby zwalczania zagrożenia metanowego,
- odmetanowanie złoże.

W ścianach wysokometanowych wentylacyjne sposoby zwalczania zagrożenia metanowego są często niewystarczające do obniżenia poziomu zagrożenia. Wymusza to stosowanie profilaktyki metanowej opartej na odmetanowaniu eksploatacyjnym. Zwiększenie ilości powietrza w rejonie eksploatacyjnym jest związane ze zwiększeniem przekrojów wyrobisk korytarzowych oraz mocy wentylatorów głównego przewietrzania.

Możliwości zwalczania zagrożenia metanowego wyłącznie za pomocą przewietrzania wyrobisk, należy uznać za wyczerpane. Stąd konieczność stosowania środków sterujących wydzielaniem się metanu przez zmniejszanie jego całkowitego dopływu do wyrobisk i rozdzielanie w przestrzeni oraz czasie. Jednym z najskuteczniejszych sposobów sterowania wydzielaniem się metanu, jest ujmowanie go przez odmetanowanie z przestrzeni wybranych zrobów.

Efektywność odmetanowania jest nierozdzielnie związana ze strukturą i sposobem przewietrzania kopalni, a wielkość ujęcia metanu zależy od szeregu różnorodnych czynników.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie metod i środków służących intensyfikacji odmetanowania przez oddziaływanie kopalnianej sieci wentylacyjnej na systemy odmetanowania. Położono szczególny nacisk na problematykę odmetanowania rejonów ścian oraz zrobów, wykorzystując doświadczenie górnicze głównie z ostatnich kilkunastu lat, gdy problemy związane z zagrożeniem metanowym zaczęły dominować (Krause, Łukowicz 2004).

2. STRUKTURA SIECI WENTYLACYJNYCH WE WSPÓŁCZESNYCH KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

Struktura kopalnianej sieci wentylacyjnej wiąże się z projektem udostępnienia złoża przed przystąpieniem do budowy nowej kopalni. Udostępnienie złoża nowo budowanej kopalni jest ukierunkowane na wykonanie niezbędnego zakresu wyrobisk umożliwiających dostęp do złoża, tak aby jak najszybciej rozpocząć eksploatację.

Często w trakcie budowy kopalni prowadzona jest eksploatacja o wydobywaniu poniżej docelowej zdolności wydobywczej, a jej uzyskanie nie kończy procesu inwestycyjnego. Utrzymanie docelowej zdolności wydobywczej wymuszone jest udostępnianiem nowych partii złoża. Proces inwestycyjny w kopalni podziemnej nie może odnosić się wyłącznie do udostępniania i rozcinki złoża. Powinien uwzględniać także schodzenie z pracami górniczymi na większą głębokość, co narzuca konieczność inwestowania w sieć wentylacyjną kopalni.

Przeprowadzany od kilkunastu lat proces restrukturyzacji polskiego górnictwa był przyczyną obniżania nakładów inwestycyjnych na sieci wentylacyjne kopalń, powodując, że roboty górnicze (udostępniające, przygotowawcze i eksploatacyjne) w większości poprowadzone zostały poniżej najgłębszego poziomu udostępnienia.

Zauważono, że współczesne kopalnie węgla kamiennego charakteryzuje złożoność sieci wentylacyjnych. Przyczyny tej sytuacji są następujące:

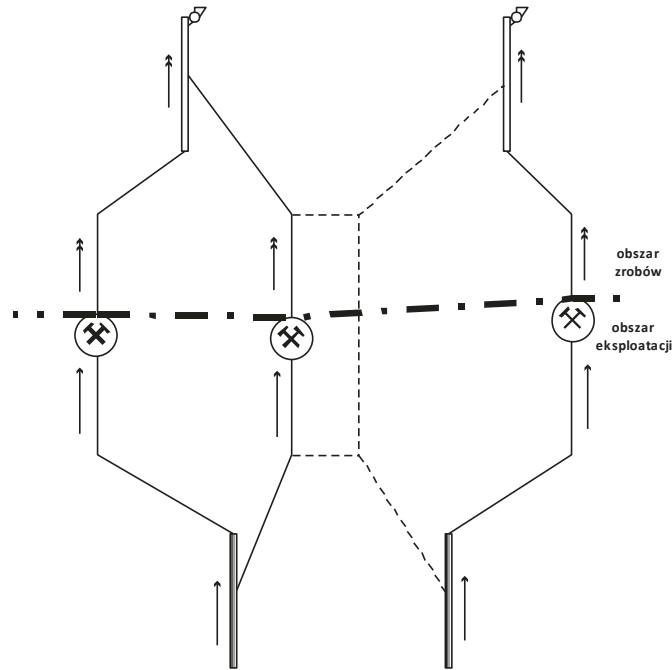
- wieloletnie opóźnienia inwestycyjne związane z odtwarzaniem zdolności wentylacyjnych dla nowych poziomów, a tym samym rejonów eksploatacyjnych,
- integracja, najczęściej niespójnych, sieci wentylacyjnych połączonych kopalń.

Prawidłowy proces inwestycyjny realizowany przez kopalnie węgla kamiennego, zakłada tworzenie kolejnych systemów wentylacyjnych dla nowych poziomów wydobywczych, co powoduje sukcesywne pozostawianie zrobów poeksploatacyjnych powyżej tych poziomów. Umożliwia to stosunkowo łatwą i bezproblemową „gospodarkę” zasobami metanu, które dopływają i gromadzą się w zrobach. Prawidłowy proces inwestycyjny w zakresie wentylacji oznacza wykonanie dwóch szybów: wdechowego do najniższego poziomu oraz wentylacyjnego do wysokości górnego zasięgu eksploatacji tego poziomu. Ważne jest także wykonanie odpowiednio szerokich dróg doprowadzania i odprowadzania powietrza. Opóźnienia w zakresie odtwarzania zdolności wentylacyjnej są przyczyną pozostawiania dużych kompleksów zrobów pod wpływem oddziaływania sieci wentylacyjnej, co może powodować wyraźny wzrost zagrożenia metanowego w czynnych wyrobiskach kopalń. Ponadto sytuację komplikuje zwiększająca się głębokość eksploatacji, temperatura oraz wilgotność względna powietrza, a więc czynniki „utrudniające” przewietrzanie.

Poniżej omówiono zagadnienie kształtowania się zagrożenia metanowego oraz zagrożenia pożarami endogenicznymi w warunkach sieci wentylacyjnych kopalń podziemnych. W badaniach uwzględniono także usytuowanie szybów wentylacyjnych w obszarach górniczych.

2.1. Sieć wentylacyjna z rejonowymi prądami normalnymi

Sieci wentylacyjne z **rejonowymi prądami normalnymi** (rys. 1), bez względu na ilość szybów wdechowych i wentylacyjnych, charakteryzują się przede wszystkim dużą stabilnością prądów powietrza. Podczas przewietrzania ssącego regulacja ilościowa przepływu powietrza realizowana jest za pomocą zmian oporu poszczególnych bocznic. Zachowując stałe wielkości oporu, wydatek powietrza nie ulega nieprzewidzianym zmianom, w efekcie poziomy zagrożenia – metanowego i pożarowego – pozostają stabilne.



Rys. 1. Sieć wentylacyjna z rejonowymi prądami normalnymi

Fig. 1. Ventilation network with the normal regional air-flows

Sieci wentylacyjne z rejonowymi prądami normalnymi pozwalają na stosowanie wentylatorów głównych o niskich spiętrzeniach, co wpływa na ograniczanie zagrożenia metanowego i pożarowego. Przy konsekwentnym stosowaniu eksploatacji pól wybierkowych po upadzie w kierunku „z góry w dół”, kompleksy zrobów usytuowane są powyżej rejonów wentylacyjnych. Pozwala to na pełną kontrolę i eliminację zagrożenia metanowego ze strony zrobów, jak również na prowadzenie w nich efektywnego ujęcia metanu. Sieci wentylacyjne z rejonowymi prądami normalnymi umożliwiają także prowadzenie systematycznej i skutecznej likwidacji zbędnych wyrobisk, rejonów oraz poziomów, na których eksploatacja została zakończona.

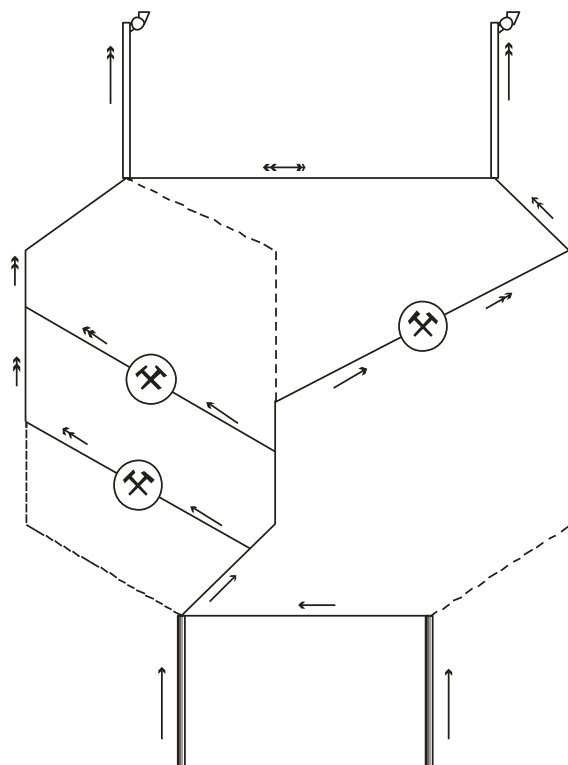
Uwzględniając prowadzenie procesu odmetanowania, sieci wentylacyjne z rejonowymi prądami normalnymi nie pozwalają na szerokie stosowanie regulacji, tj. ukie-

runkowywanie przepływów w zrobach do ujęć metanu. W stanie wolnym metan w zrobach zawsze gromadzi się w strefach zrobów położonych najwyżej, to znaczy na kontakcie z poziomami wentylacyjnymi. Wymaga to stosowania szczelniejszej izolacji zrobów, a także wymusza utrzymywanie infrastruktury odmetanowania na poziomach wentylacyjnych.

W przypadku udostępniania złóż węgla zarówno metanowych, jak i niemetanowych, ważne jest takie projektowanie kopalń i eksploatacji, aby systemy wentylacyjne tworzyły sieci z rejonowymi prądami normalnymi. Obecnie jednak sieci wentylacyjne kopalń to najczęściej sieci z rejonowymi prądami przekątnymi.

2.2. Sieć wentylacyjna z rejonowymi prądami przekątnymi

Przykład sieci wentylacyjnej z **rejonowymi prądami przekątnymi** przedstawia rysunek 2. Cechą charakterystyczną tego rodzaju sieci jest występująca niepewność kierunku przepływu powietrza w bocznicę przekątną, uzależnionego od oporu bocznic sąsiednich, z którymi łączy się bocznicą przekątną.



Rys. 2. Sieć wentylacyjna z rejonowymi prądami przekątnymi

Fig. 2. Ventilation network with the diagonal regional air-flows

Przekątne usytuowanie rejonów wydobywczych bądź zrobów, w przypadku występowania zagrożenia metanowego lub pożarowego, niesie konieczność stabilizacji przepływów. Jest to możliwe m.in. przez stosowanie wentylatorów głównego przewietrzania o wysokich spiętrzeniach. W sieciach przekątnych występują utrudnienia w regulacji rozplwów powietrza, a także w zakresie przewidywania wydatku i stabilności prądów przy włączaniu elementów regulacji rozplwów w istniejący układ wentylacyjny.

W sieciach wentylacyjnych z rejonowymi prądami przekątnymi nie jest możliwe jednoznaczne określanie migracji metanu ze zrobów wypełnionych metanem do rejonów wydobywczych. Zauważalne są sytuacje, gdy emisja metanu ze zrobów skierowana jest do rejonów wydobywczych, a także do wyrobisk z prądami świeżego powietrza, co powoduje wzrost zagrożenia metanowego w kopalni. Pojawiają się także problemy z prowadzeniem odmetanowania rejonów wydobywczych oraz zrobów produkcyjnych, ponieważ trudne jest ustabilizowanie kierunków przepływu metanu w przepuszczalnym górotworze, jakim są zroby.

Obecna sytuacja kopalń węgla kamiennego uniemożliwia wyeliminowanie sieci wentylacyjnych z rejonowymi prądami przekątnymi. Wpływ na tę sytuację mają następujące czynniki:

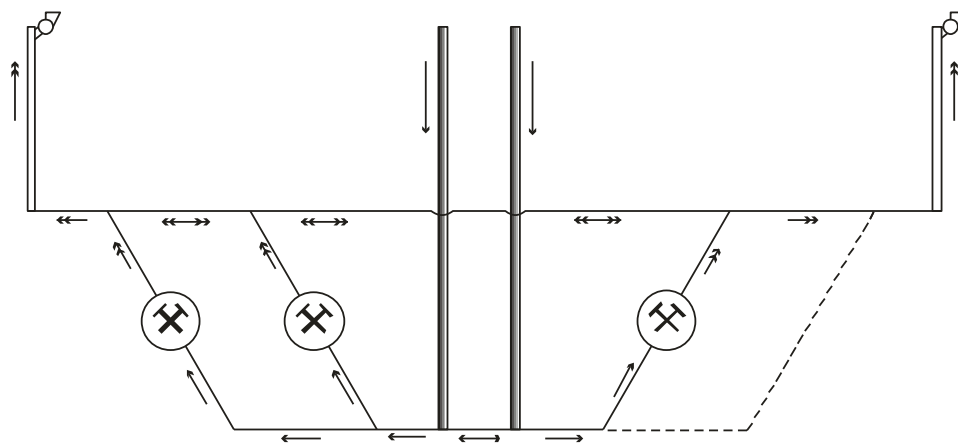
- skomplikowanie sieci wentylacyjnych spowodowane zaszczościami,
- łączenie kopalń (niejednokrotnie o różnych systemach wentylacji),
- niedoinwestowanie struktury wentylacyjnej, przejawiające się nieoddawaniem do użytku pogłębianych szybów wentylacyjnych i wdechowych,
- nielikwidowanie zbędnych poziomów wentylacyjnych.

Duże znaczenie dla utrzymania stabilności przewietrzania oraz skuteczności odmetanowania zrobów ma usytuowanie szybów wdechowych oraz wydechowych w obszarze górniczym kopalni.

2.3. Sieć wentylacyjna z szybami wentylacyjnymi peryferyjnymi

Najczęściej wykorzystywane w kopalniach węgla kamiennego są sieci wentylacyjne z **szybami wentylacyjnymi peryferyjnymi** (rys. 3). W sieciach tych szyby wentylacyjne są zlokalizowane w rejonie granic obszaru górniczego, stąd drogi wentylacyjne są długie, a wpływy eksploatacji mogą powodować zmniejszanie ich przekrojów. W kopalniach metanowych, przy szybach wentylacyjnych peryferyjnych, eksploatacja powinna być prowadzona w kierunku od granic obszaru górniczego. Powoduje to powstawanie kompleksów zrobów między szybami a rejonami wydobywczymi. W rezultacie zrobowe zbiorniki metanu pozostają odizolowane od czynnych ruchowo wyrobisk kopalni, co pozwala na lokalizację i sterowanie zrobowymi ujęciami metanu.

W sytuacji, gdy szyby wentylacyjne peryferyjne nie są zgłębione na docelową głębokość, warunki techniczno-organizacyjne nie pozwalają na ich pogłębianie. W sieciach wentylacyjnych z szybami wentylacyjnymi usytuowanymi peryferyjnie likwidacja zbędnych poziomów i wyrobisk jest problematyczna, czasami nawet niewykonalna.



Rys. 3. Sieć wentylacyjna z szymbami wentylacyjnymi usytuowanymi peryferyjnie

Fig. 3. Ventilation network with the ventilation shafts located peripherally

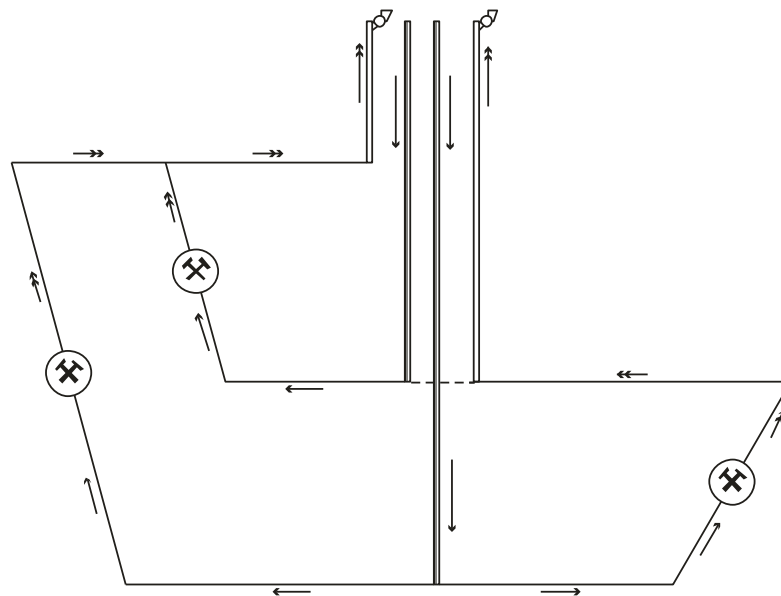
2.4. Sieć wentylacyjna z szymbami wentylacyjnymi usytuowanymi centralnie

Sieci wentylacyjne z **szymbami wentylacyjnymi usytuowanymi centralnie** (rys. 4) pozwalają na prowadzenie eksploatacji w kierunku do granic obszaru górniczego, przy czym drogi wentylacyjne są systematycznie wydłużane wraz z oddalaniem się eksploatacji od centrum kopalni. Dla dróg wentylacyjnych muszą być utrzymywane odpowiednie filary oporowe. Wynikające z tego straty złoża rekompensują wspólne filary ochronne dla szymbów wdechowych oraz wentylacyjnych.

Przy tak usytuowanych szymbach w sieciach wentylacyjnych, kompleksy zrobów wpływają niekorzystnie na kształtowanie się zagrożenia metanowego, również pod względem możliwości efektywnego ujmowania z nich metanu. W tej sytuacji kompleksy zrobów powstają w pobliżu centrum kopalni, a w miarę upływu czasu powiększają się w kierunku granic pola. W związku z tym kompleksy zrobów znajdują się w oddziaływaniu wentylacji głównej przez cały czas funkcjonowania kopalni. Położenie dużych kompleksów zrobów między prądami świeżego i zużytego powietrza, w odprężonym, a zatem nieszczelnym górotworze, powoduje niską koncentrację metanu w zrobach. Stąd też pojawiają się trudności z efektywnym ujęciem metanu odmetanowaniem zrobów. Często ograniczone są możliwości retencjonowania metanu w zrobach. Sytuacja zdecydowanie poprawia się, gdy eksploatacja prowadzona jest od granic obszaru górniczego.

W sieciach wentylacyjnych z szymbami wentylacyjnymi usytuowanymi centralnie ograniczona jest także możliwość likwidacji zbędnych wyrobisk. Ponadto z upływem czasu ulega zwiększeniu sumaryczna długość wyrobisk.

W sieciach wentylacyjnych z szymbami wentylacyjnymi usytuowanymi centralnie odmetanowanie robót eksploatacyjnych napotyka na dobre warunki, ponieważ zrobry czynnych ścian usytuowane są w słabym oddziaływaniu wentylacji głównej. Dodatkowo odgazowanie pokładów podebranych i nadebranych przebiega w naturalny, niezakłócony sposób.



Rys. 4. Sieć wentylacyjna z szymbami wentylacyjnymi usytuowanymi centralnie

Fig. 4. Ventilation network with the ventilation shafts located centrally

2.5. Sieć wentylacyjna z podpoziomami

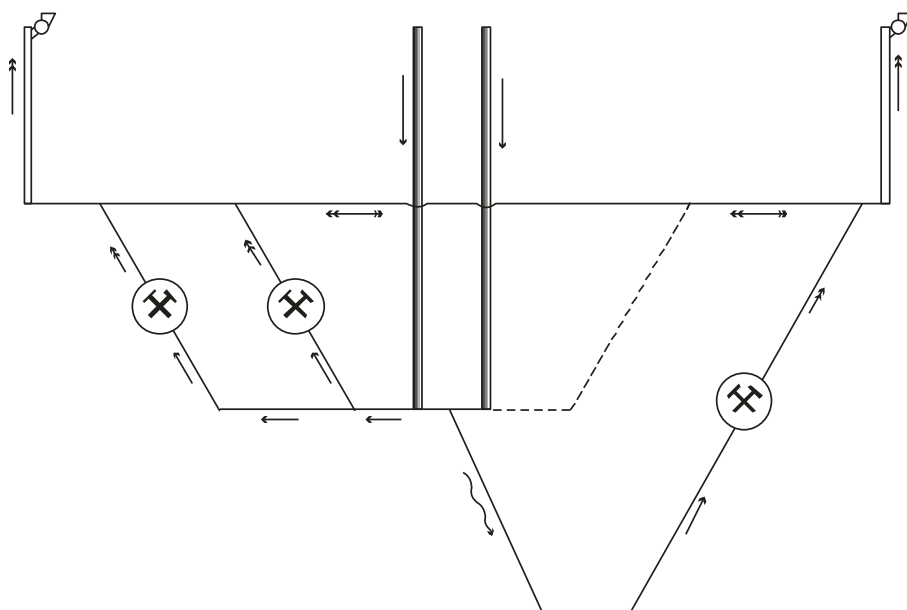
Ostatnie dwa dziesięciolecia charakteryzuje coraz częstsze wykorzystanie **sieci wentylacyjnych z podpoziomami** (rys. 5). Dotyczy to rejonów wydobywczych oraz zrobów wytworzonych na skutek eksploatacji. Wzrastająca z głębokością temperatura wpływa w znaczący sposób na przepływy gazowe oraz emisję metanu w zrobach. Wraz ze wzrostem temperatury zmniejsza się zdolność wentylacyjna wyrobisk podpoziomu, bardziej dynamicznie przebiegają natomiast przepływy metanu w zrobach.

Wytworzone na podpoziomach zrobry mogą tworzyć zbiorniki metanu o znacznej zdolności do jego akumulowania. W zbiornikach koncentracja metanu jest bardzo wysoka. Jednocześnie obecność metanu w zrobach powoduje w nich wzrost ciśnienia, proporcjonalny do koncentracji, tworząc warunki sprzyjające efektywnemu odmetanowaniu.

W zrobach czynnych ścian, na skutek zwiększonego ciśnienia, obserwowane są wzmożone przepływy gazu, wypływającego w pierwszej kolejności do wyrobisk przyścianowych, a następnie także do ujęć odmetanowania. Z tego powodu zmniejszają się możliwości efektywnego ujęcia metanu w rejonach wydobywczych, usytuowanych podpoziomowo. Wzrasta jednocześnie zagrożenie metanowe w wyrobiskach. Eksploatacja podpoziomowa pozwala jednak na skuteczne i szybkie likwidowanie zbędnych wyrobisk. Po zakończeniu wybierania ścian, na podpoziomie możliwe jest prowadzenie skutecznego, efektywnego odmetanowania zrobów.

Sieci wentylacyjne współczesnych kopalń odznaczają się dużym stopniem skomplikowania. W kopalniach funkcjonują systemy wentylacji z rejonowymi prądami normalnymi, obok systemów z rejonowymi prądami przekątnymi, a także szyby wen-

tylacyjne usytuowane centralnie razem z szybami peryferyjnymi oraz podpoziomy. Sytuacja ta powoduje, że każdy przypadek odmetanowania powinien być rozpatrywany indywidualnie, z uwzględnieniem planu wentylacji całej kopalni.



Rys. 5. Sieć wentylacyjna z podpoziomem
Fig. 5. Ventilation network with the underlevel

Wydzielanie się metanu do zrobów eksploatowanych ścian, a następnie do zrobów po zakończeniu eksploatacji, ma wpływ na kształtowanie się zagrożenia metanowego oraz skuteczność ujęcia metanu z odizolowanych zrobów.

Zakończenie eksploatacji ścian, usytuowaną w otoczeniu złoża metanowego, powoduje dalsze wydzielanie się metanu z pokładów nadebranych i podebranych, objętych strefą odprężenia eksploatacyjnego. Wraz z objętością wyeksploatowanego złoża zwiększa się objętość wolnego metanu w zrobach.

Skuteczność ujęcia metanu ze zrobów poeksploatacyjnych ma wpływ na kształtowanie się zagrożenia metanowego w czynnych wyrobiskach kopalni w aspekcie zwiększającej się objętości zrobów. W kolejnym rozdziale omówiono wydzielanie się metanu do zrobów poeksploatacyjnych.

3. CHARAKTERYSTYKA WYDZIELANIA SIĘ METANU DO ZROBÓW POEKSPLOATACYJNYCH

Zroby poeksploatacyjne w czynnej kopalni obejmują duże obszary górotworu, do których następuje stała emisja metanu. Ponadto stanowią zbiorniki wolnego metanu oraz drogi jego migracji.

Retencja metanu wolnego w zrobach pozwala na prowadzenie odmetanowania, mimo to zroby są źródłem zagrożenia metanowego dla wyrobisk w sieci wentylacyjnej. W trakcie eksploatacji wybierane są tylko niektóre pokłady węgla, pokłady nieprzemysłowe pozostają, natomiast zroby ulegają w znacznej części odprężeniu i odgazowaniu. W opracowaniach naukowych sprecyzowano przebieg wydzielania się metanu w warunkach eksploatacji, tj. w strefach desorpcji metanu ze ścian.

Przebieg wydzielania się metanu w zrobach V_{mz} wyraża wzór empiryczny

$$V_{mz} = 0,3V_{m-sr} \left(1 - \frac{u}{x} \right) \quad (1)$$

gdzie:

- V_{m-sr} – średnia metanowość bezwzględna ściany w okresie jej eksploatacji;
- u – upływ czasu od zakończenia eksploatacji ściany, lata;
- x – czas zaniku wydzielania się metanu do zrobów po zakończeniu eksploatacji (jeżeli oblicza się w latach, to $x = 15$).

Powyższa zależność dokładnie charakteryzuje przebieg wydzielania się metanu do zrobów poeksploacyjnych, pozwalając obliczyć (dla celów projektowych) wielkość odmetanowania zrobów w procesie desorpcji metanu z pokładów odprężonych prowadzoną eksploatacją. Wielkość wydzielania się metanu do zrobów poeksploacyjnych po zakończeniu eksploatacji jest uzależniona od:

- nasycenia metanem otaczającego złoża,
- oddziaływania pola potencjałów aerodynamicznych w wyrobiskach na obrysie zrobów poeksploacyjnych,
- zmian ciśnienia atmosferycznego.

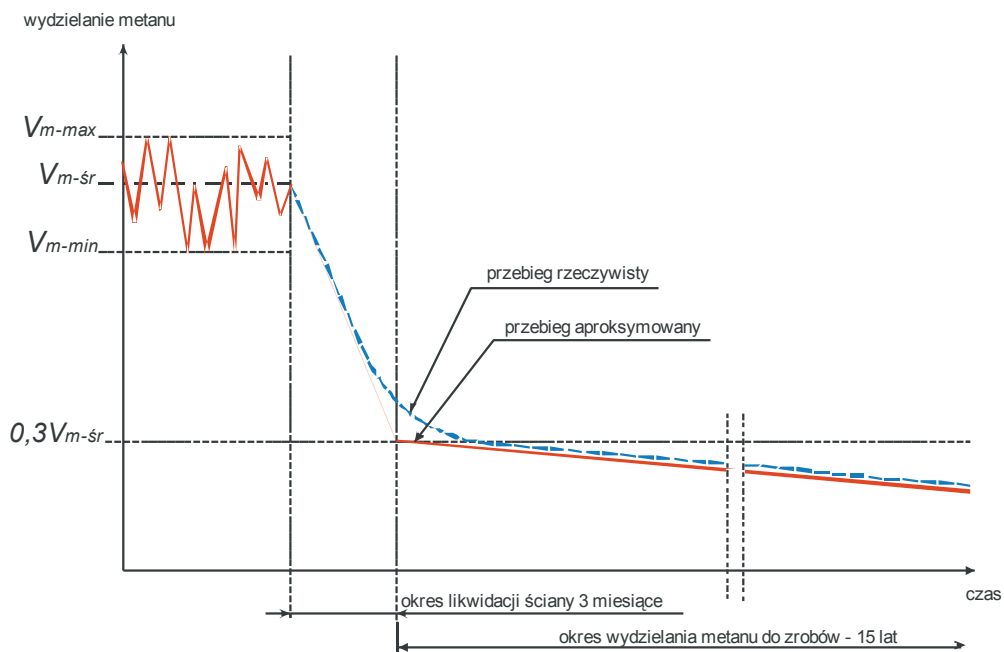
Oddziaływanie zmian ciśnienia atmosferycznego na zroby opisano w kilku publikacjach (Krause 2009a; Wasilewski 2009).

Przebieg wydzielania się metanu w okresie eksploatacji oraz po jej zakończeniu przedstawiono na rysunku 6. Po zakończeniu eksploatacji ściany (w okresie jej likwidacji, tj. do trzech miesięcy), metanowość bezwzględna maleje do $0,3V_{m-sr}$. Odizolowanie ściany od czynnych wyrobisk kopalni powoduje, że wydzielanie się metanu z odprężonego złoża w otoczeniu ściany przebiega przez około 15 lat, aż do całkowitego zaniku.

Jeżeli w partii pokładu wybieranych jest kilka kolejnych ścian, to wydzielanie się metanu w zrobach należy zsumować, otrzymując bardzo często wysokie wartości metanowości.

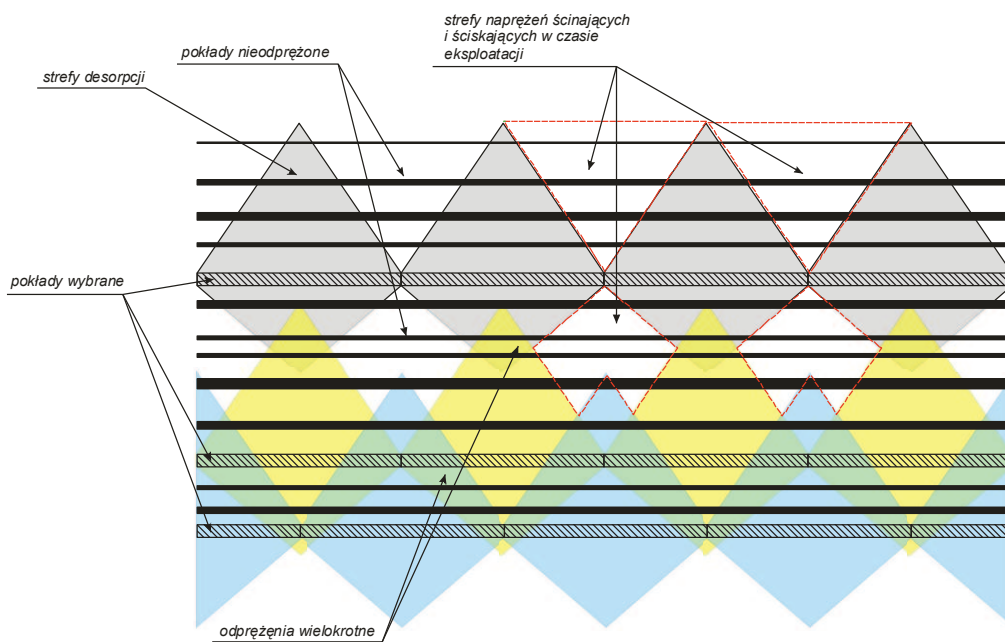
Na rysunku 7 przedstawiono schemat zależności występujących w zrobach poeksploacyjnych.

Emisja metanu w zrobach jest zmienna w czasie. Podczas wybierania pól ścianowych kolejno w partiach pokładów wielkość emisji metanu narasta „skokowo”. Po zaprzestaniu eksploatacji całej partii pokładu, zaznacza się powolny spadek emisji metanu, trwający przez około 15 lat po zakończeniu wybierania ostatniej ściany. Inne zależności zauważono, gdy zroby są ponownie odprężane przez eksploatację niżej zalegającego pokładu.



Rys. 6. Szacunkowy przebieg wydzielania się metanu w zrobach ściany

Fig. 6. Estimated methane emission in longwall gobs

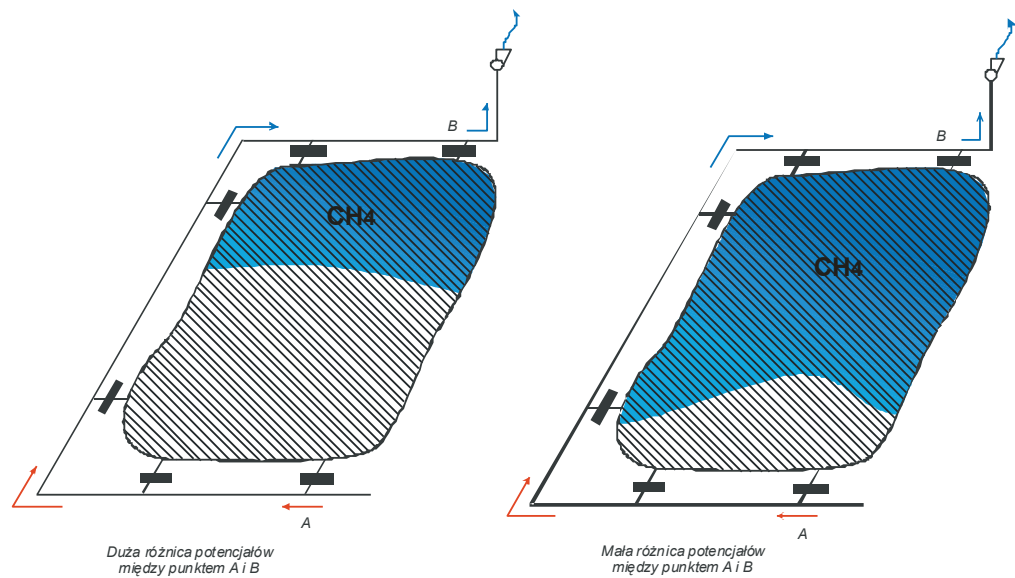


Rys. 7. Zależności występujące w zrobach poeksploatacyjnych

Fig. 7. Dependencies in the post-extraction gobs

Przebieg emisji metanu w zrobach poeksploatacyjnych zależy od zmienności ciśnienia w wyrobiskach związanych wentylacyjnie ze zrobami. Zmiana ciśnienia atmosferycznego w wyrobiskach powoduje zmiany ciśnienia panującego w zrobach, co równocześnie wpływa na zmianę ciśnienia równowagi sorpcyjnej. Zmniejszenie się ciśnienia w zrobach powoduje spadek wielkości ciśnienia równowagi sorpcyjnej i wzrost emisji metanu. Potwierdzają to obserwacje ujęć odmetanowania zrobów w okresie obniżenia ciśnienia atmosferycznego. W tych sytuacjach zaznacza się wzrost ilości ujmowanego metanu oraz wzrost koncentracji metanu w gazie zrobotym. Odwrotne zjawisko zachodzi przy wzroście ciśnienia atmosferycznego.

Zasadniczy wpływ na emisję i rozkład metanu w zrobach ma również kształtowanie się wartości pola potencjałów w sieci wentylacyjnej. Jak wspomniano, zroby powinny być wpisywane w schemat potencjalny kopalnianej sieci wentylacyjnej jako bocznicie wirtualne. Celowe jest sporządzanie takiego schematu w kopalniach, w których prowadzone jest odmetanowanie zrobów. Duża różnica potencjałów między wyrobiskami sąsiadującymi ze zrobami prowadzi do zmniejszenia się powierzchni strefy występowania w nich metanu, a przy niewystarczającej szczelności izolacji do zmniejszenia się koncentracji metanu. Niewielka różnica potencjałów powoduje większe wypełnienie zrobów metanem oraz wzrost jego koncentracji w gazie zrobotym. Powyższe przykłady przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Wpływ różnicy potencjałów na kształtowanie się strefy metanowej w zrobach

Fig. 8. Influence of the potential difference on the formation of the methane zone in gobs

We współczesnych kopalniach stosowane są główne wentylatory o spiętrzeniach dochodzących do 5000 Pa. Spiętrzenia te powodują duże różnice ciśnienia między poszczególnymi węzłami sieci wentylacyjnej. Wyrobiska wentylacyjne, związane ze zrobami istnieją wiele lat, więc ich rosnący opór, na skutek zmniejszania przekrojów,

wpływa na sumaryczny opór sieci. Potwierdzono, że przy „ciasnej” sieci wentylacyjnej, w której wyrobiska okonturowujące zroby posiadają niewielkie przekroje, nie można prowadzić efektywnego ujęcia metanu z tych zrobów. Aby osiągać wysoką efektywność odmetanowania, niezbędne jest utrzymanie odpowiednich przekrojów wyrobisk otaczających zroby.

Omówione w artykule zagadnienia stanowią syntezę problemów związanych z wpływem sieci wentylacyjnych w polskich kopalniach węgla kamiennego na skuteczność ujęcia metanu odmetanowaniem.

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzona charakterystyka oraz analiza zmian sieci wentylacyjnych w polskich kopalniach węgla kamiennego, w okresie ostatnich dwudziestu lat, pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. Podczas schodzenia z eksploatacją na większą głębokość do złoża o wzrastającym nasyceniu metanem, opóźnienia inwestycyjno-odtworzeniowe zdolności wentylacyjnej kopalń przyczyniają się do tworzenia dużych kompleksów zrobowych z metanem, które mogą kształtować poziom zagrożenia metanowego w czynnych wyrobiskach kopalni.
2. Sieci wentylacyjne współczesnych kopalń węgla kamiennego charakteryzują się dużym stopniem skomplikowania, wpływającym niekorzystnie na skuteczność stosowanych systemów odmetanowania rejonów eksploatacyjnych oraz stosowania ujęcia metanu ze zrobów.
3. W zrobach czynnych ścian usytuowanych podziemowo, wzrost ciśnienia gazów na skutek wysokiej temperatury oraz procentowych zawartości metanu w gazie zrobowym, intensyfikuje przepływ metanu ze zrobów do czynnych wyrobisk rejonu eksploatacyjnego oraz ujęć gazu zrobowego odmetanowaniem.
4. Opóźnienia inwestycyjne związane z budową nowych poziomów w kopalniach o strategicznym znaczeniu zasobowym dla gospodarki paliwowo-energetycznej kraju, przyczynią się do obniżenia ich obecnej zdolności wydobywczej, przy ograniczonej możliwości likwidacji poziomów wentylacyjnych oraz upraszczania sieci wentylacyjnej.

Artykuł jest efektem badań i analiz prowadzonych podczas realizacji zadania badawczego nr 4 pt. „Poprawa efektywności odmetanowania górotworu w warunkach dużej koncentracji wydobywania w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny” w ramach strategicznego projektu badawczego NCBiR „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach”.

Literatura

1. Krause E. (2009a): Wpływ zmian ciśnienia atmosferycznego na kształtowanie się zagrożenia metanowego w rejonach eksploatowanych ścian. Materiały z 33. Międzynarodowej Konferencji Instytutów Bezpieczeństwa Górniczego, Szczyrk.
2. Krause E. (2009b): Czynniki kształtujące wydzielanie metanu do wyrobisk górniczych w warunkach zmian ciśnienia atmosferycznego. Materiały 5. Szkoły Aerologii Górniczej, Wrocław.

3. Krause E. (2012): Wzrost zagrożenia metanowego w ścianach w pokładach metanowych w warunkach rosnącej koncentracji wydobywania. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* nr 1, s. 3.
4. Krause E., Łukowicz K. (2004): Odmetanowanie w polskich kopalniach węgla kamiennego – osiągnięcia i perspektywy. XI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Tapania 2004 nt. „Nowe rozwiązania w zakresie profilaktyki tapaniowej i metanowej”, Ustroń.
5. Turek M. (2007): Techniczna i organizacyjna restrukturyzacja kopalń węgla kamiennego. Katowice, Główny Instytut Górnictwa.
6. Wasilewski S. (2009): Badanie zmian ciśnienia barometrycznego w kopalniach głębokich. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* nr 4.