



Próba odmetanowania pokładu węgla przed rozpoczęciem eksploatacji

Trial of coal seam pre-mining methane drainage

Dr inż. Zbigniew Lubosik^{*)}

Treść: Zagrożenie metanowe stanowi poważny problem w trakcie prowadzenia eksploatacji w polskich kopalniach węgla kamiennego, gdzie około 80% węgla wydobywane jest z pokładów metanowych. Jednym ze sposobów zmniejszenia zagrożenia metanowego jest prowadzenie odmetanowania górotworu, które polega na ujęciu metanu do instalacji i odprowadzeniu go na powierzchnię lub poza rejon eksploatacji. W artykule opisana została próba zastosowania odmetanowania wyprzedzającego, która przeprowadzona została w parceli ściany 121 w pokładzie 364 w KWK Brzeszcze (obecnie Nowe Brzeszcze Grupa TAURON Sp. z o.o.). W tym celu wywiercono 6 otworów odmetanowujących (TM1-6) o średnicy 76 mm i długości 100 m, prostopadle do ościsła chodnika taśmowego ściany 121, w pokładzie węgla. Odległość pomiędzy otworami wynosiła ok. 10 m, za wyjątkiem otworu TM1, który wywiercony został 75 m przed pozostałymi otworami. W momencie rozpoczęcia odmetanowania odległość czoła ściany 121 od otworów odmetanowujących wynosiła ponad 210 m, czyli otwory te znajdowały się w górotworze nienaruszonym, poza wpływem frontu eksploatacyjnego. W trakcie trwania próby monitorowano: stężenie metanu, wielkość ujęcia metanu, ciśnienie w otworach odmetanowujących, podciśnienie w rurociągu odmetanowującym oraz odległość od czoła ściany. Stwierdzono, że odmetanowanie wyprzedzające charakteryzowało się ok. 19-krotnie mniejszym ujęciem metanu od odmetanowania bieżącego, co prawdopodobnie związane jest z niską przepuszczalnością węgla.

Abstract: Methane hazard constitutes a serious problem during exploitation in Polish hard coal mines, where approx. 80% of coal is extracted from methane hazard seams. Methane drainage i.e. capture of methane from rockmass to drainage installation and transportation of removed gas to the surface or outside working panel is one of the most used system of methane hazard reduction. Underground trail of pre-mining methane drainage carried out in longwall 121 panel, seam 364, Brzeszcze Colliery (nowadays Nowe Brzeszcze Grupa TAURON Sp. z o.o.) is described in the paper. For that purpose 6 drainage boreholes (TM1-6) 76mm in diameter and 100m in length were drilled in a seam from chodnik taśmowy sc. 121, perpendicularly to the gateroad rib. Boreholes were drilled in 10m intervals except borehole TM1 which was drilled at a distance of about 75m before borehole TM2. When measurements started the distance between longwall 121 and drainage boreholes was about 210m thus the boreholes were placed in zone not affected by extraction pressure. During pre-methane drainage tests the CH₄ concentration, its out-flow, pressure in a boreholes, negative pressure and distance from the longwall were measured. The results of this underground trial indicate that pre-mining methane drainage technology in this form is 19 times less efficient than classic methane drainage (during longwall advance), what probably results from low coal permeability.

Słowa kluczowe:

zagrożenie metanowe, odmetanowanie, odmetanowanie wyprzedzające, próby dołowe

Key words:

methane hazard, methane drainage, pre-mining methane drainage, underground trials

1. Wprowadzenie

W trakcie prowadzenia robót górniczych w kopalniach metanowych występuje zjawisko wydzielania się metanu do atmosfery kopalnianej powodując, przy pewnych stężeniach, wystąpienie zagrożenia wybuchem. W celu zmniejszenia zagrożenia metanowego inżynieria górnicza stawia wyższe wymagania dla urządzeń energomechanicznych, kładzie duży nacisk na odpowiednią wentylację, a w przypadku silnie metanowych kopalń stosuje metody odmetanowania pokładów węgla (Best Practice ... 2016, Kozłowski, Grębski 1982, Krause 2006, Nawrat i in. 2009, Szlązak 2013).

Odmetanowanie polega na ujęciu metanu do instalacji i odprowadzeniu go na powierzchnię lub poza rejon eksploatacji. Rozróżnia się odmetanowanie prowadzone równocześnie z eksploatacją (bieżące), odmetanowanie wyprzedzające

(prowadzone przed eksploatacją, czyli w górotworze nienaruszonym) oraz odmetanowanie poeksploatacyjne, np. z otamowanych zrobów (Best Practice ... 2016, Szlązak 2013).

Odmetanowanie poeksploatacyjne może być prowadzone otworami z powierzchni, z wyrobisk dołowych lub za pomocą ujęć spoza tam izolacyjnych.

Odmetanowanie bieżące w polskich kopalniach węgla kamiennego najczęściej jest prowadzone otworami drenażowymi (stropowymi lub spągowymi), wykonywanymi z wyrobisk dołowych do górotworu odprężonego, który charakteryzuje się dużą przepuszczalnością gazową lub też z wykorzystaniem chodników drenażowych.

Odmetanowanie wyprzedzające, czyli odmetanowanie prowadzone w górotworze nieodprężonym jest w polskich kopalniach węgla kamiennego rzadko prowadzone, z uwagi na występujące warunki geologiczno-górnice, tj. głównie ze względu na pierwotną przepuszczalność węgla. Występujący w pokładzie nieodprężonym metan, na skutek niewielkiej

^{*)} Główny Instytut Górnictwa, Katowice

przepuszczalności gazowej węgla, charakteryzuje się małym przepływem w kierunku otworów odmetanowania, co powoduje odgazowanie niewielkiej jego ilości w bezpośrednim sąsiedztwie otworu drenażowego. Badania wskazują, że aby odmetanowanie wyprzedzające było skuteczne, minimalna przepuszczalność górotworu powinna zawierać się w przedziale $0,5 \div 10$ mD (Best Practice ... 2016).

W artykule przedstawiono próbę zastosowania odmetanowania wyprzedzającego parceli ściany 121 w pokładzie 364 w KWK „Brzeszcze” (obecnie Nowe Brzeszcze Grupa TAURON Sp. z o.o.), przeprowadzoną za pomocą 6 otworów odmetanowujących (TM1-TM6) o średnicy 76 mm i długości 100 m. Otwory te wywiercone zostały w pokładzie węgla, prostopadłe do ociosu chodnika taśmowego ściany 121, we wzajemnej odległości ok. 10 m, za wyjątkiem otworu TM1, który wywiercono w odległości 75 m od pozostałych otworów.

2. Odmetanowanie wyprzedzające ściany 121 w pokładzie 364 w KWK „Brzeszcze”

2.1. Warunki geologiczno-górnice w rejonie ściany 121 w pokładzie 364

Próba odmetanowania wyprzedzającego przeprowadzona została w polu ściany 121 w pokładzie 364 (rys. 1).

Pokład 364 w rejonie ściany 121 charakteryzował się grubością 2,0-2,5 m, zalegał na głębokości maksymalnie do 765 m, a jego nachylenie wynosiło do 9° (tab. 1).

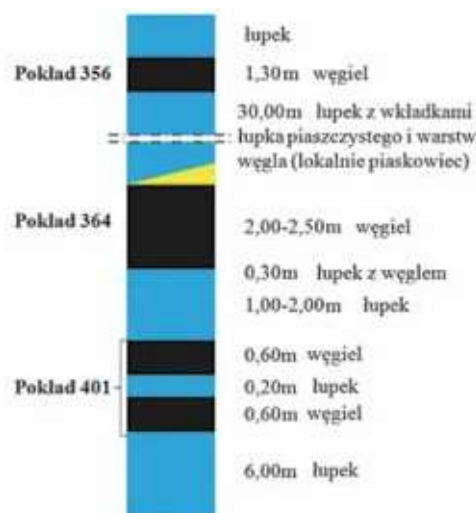
Ściana 121 prowadzona była ze średnią prędkością postępu dobowego 3,5 m/d, a jej długość wynosiła 250 m. Strop pokładu 364 stanowiła gruba, 30-metrowa warstwa łupku wraz z wkładkami łupka piaszczystego lub/i węgla i lokalnie występującego piaskowca. W spągu zalegał łupek z węglem oraz łupek o grubości odpowiednio 0,3 m i $1,0 \div 2,0$ m (rys. 2). Wytrzymałość na ściskanie węgla pokładu 121 wynosiła $8,6 \div 26,2$ MPa, skał stropowych $60,6 \div 68,3$ MPa, a spągu $33,0 \div 56,3$ MPa.

Metanonośność pokładu 364 waha się w przedziale $32,0 - 45,0$ m³ CH₄/t, przepuszczalność wynosi 5,8 mD, a porowatość 9%.

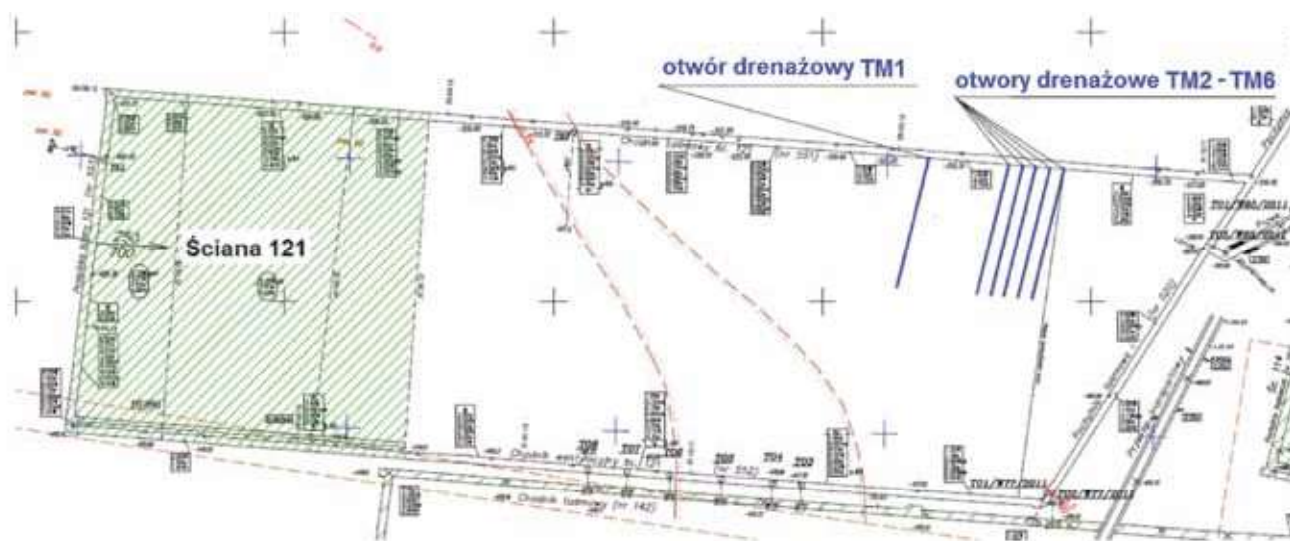
Tabela 1. Warunki geologiczno-górnice - ściana 121 w pokładzie 364

Table 1. Mining and geological conditions - longwall 121 in seam 364

Parametr	Wartość
Grubość pokładu, m	$2,0 \div 2,5$
Głębokość, m	max. 765 średnio 741
Nachylenie, °	5-9
Postęp dobowy, m/d	3,5
Długość ściany, m	250
Rc stropu, MPa	$60,6 \div 68,3$
Rc spągu, MPa	$33,0 \div 56,3$
Rc węgla, MPa	$8,6 \div 26,2$
Metanonośność, m ³ CH ₄ /t	$32,0 \div 45,0$
Przepuszczalność węgla, mD	5,8
Porowatość, %	9



Rys. 2. Profil geologiczny – ściana 121 pokład 364
Fig. 2. Geological profile - longwall 121 in seam 364



Rys. 1. KWK „Brzeszcze” - wycinek mapy pokładu 364 z obrysem ściany 121 i rozmieszczeniem otworów drenażowych
Fig. 1. Brzeszcze Colliery – section of coal seam 364 with longwall 121 outline and drainage borehole layout

2.2. Przebieg próby odmetanowania wyprzedzającego pola ściany 121 w pokładzie 364 - rozmieszczenie otworów odmetanowujących oraz monitorowane parametry odmetanowania

Sposób rozmieszczenia otworów odmetanowania wstępnego ściany 121 oraz ich długość i średnicę określono z wykorzystaniem modelowania numerycznego za pomocą programów Petrel w wersji 2010.1 oraz symulatora ECLIPSE z opcją Coal Bed Methane (Kennedy i inni 2014).

W wyniku tych prac modelowych opracowano schemat odmetanowania wyprzedzającego, w ramach którego wydrążono sześć otworów drenażowych TM1-TM6 o średnicy 76 mm i długości 100 m (za wyjątkiem otworu TM1 i TM4, które były krótsze ze względu na problemy techniczne z ich wydrążeniem) z chodnika taśmowego ściany 121, prostopadle do ociosu wyrobiska (rys. 1). Otwory TM2-TM6 wydrążone zostały w pobliżu linii zatrzymania ściany w odstępach co 10 m. Otwór TM1 wydrążony został w odległości ok. 75 m od otworu TM2, w miejscu gdzie stwierdzono strefę o podwyższonej koncentracji metanu. Otwory wydrążone zostały w okresie od 23.03 do 4.04.2013 roku.

W trakcie prowadzenia odmetanowania wyprzedzającego przeprowadzono pomiary następujących parametrów (osobno dla otworu TM1 i łącznie dla otworów TM2-TM6):

- stężenia metanu w otworze (w %),
- ujęcia metanu (w m^3/min),
- ciśnienia (w mmHg): w otworze, barometrycznego, baro-

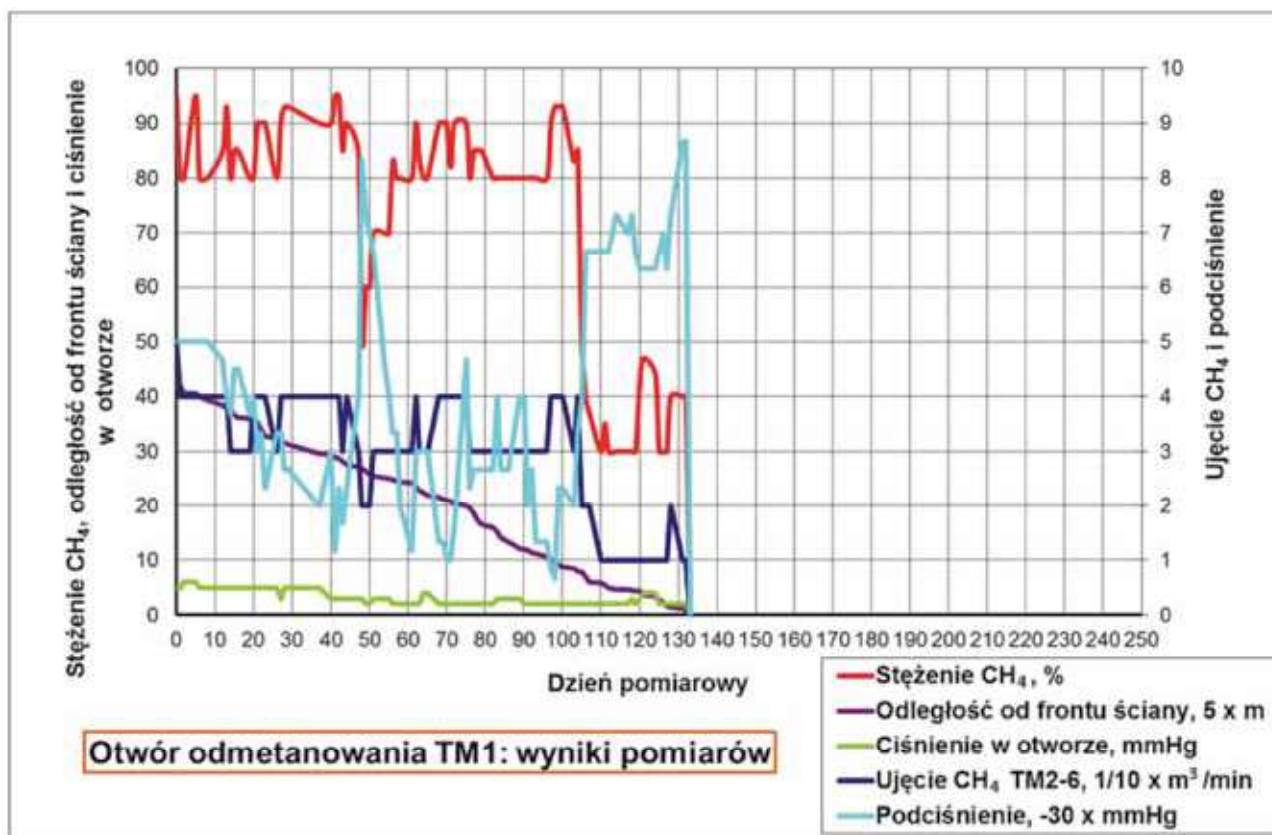
- metrycznego w pobliżu otworów, depresji,
- odległości od frontu ściany 121 (w m).

Pomiary wykonywane były jednokrotnie w ciągu dnia roboczego, w okresie od 24.04.2013 r. (gdy odległość od frontu ściany 121 wynosiła od 210 m dla otworu TM1 do 285-325 m dla otworów TM2-TM6) do 21.01.2014 r., gdy ostatni z otworów został zablokowany. Bieg ściany zatrzymany został w dniu 18.11.2013 r.

Dodatkowo wykonywane były pomiary składu ujmowanego gazu, tj. zawartości: metanu (CH_4), tlenu (O_2), tlenku węgla (CO), dwutlenku węgla (CO_2), wodoru (H_2) oraz węglowodorów (C_xH_y). Celem tych dodatkowych badań było określenie koncentracji metanu w ujmowanym gazie. Przepisy górnicze stanowią, że zawartość CH_4 w ujmowanym gazie musi przekraczać 20% (Rozporządzenie ... 2002). Badania potwierdziły, że praktycznie dla całego okresu istnienia otworu możliwe było prowadzenie ujęcia metanu.

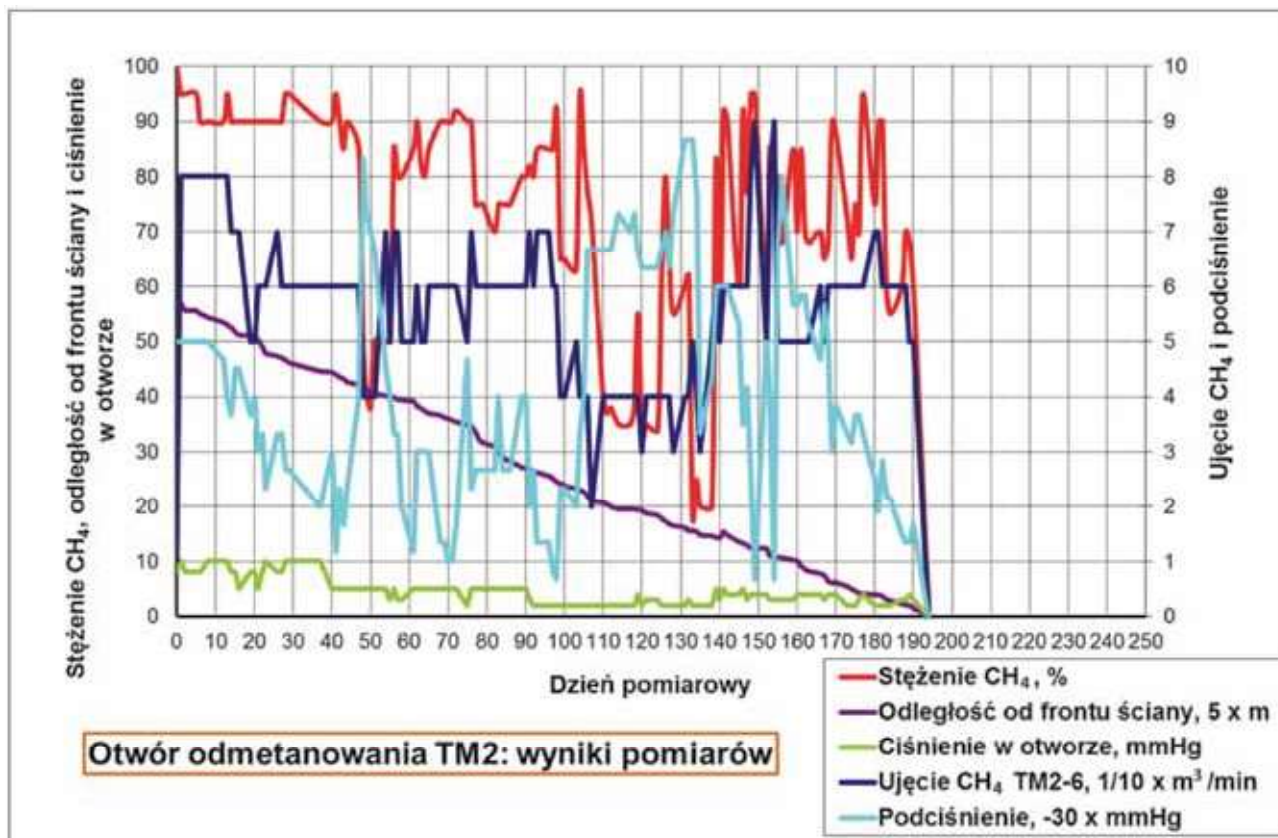
2.3. Analiza wyników monitoringu odmetanowania wyprzedzającego pola ściany 121 w pokładzie 364

Wyniki monitoringu parametrów odmetanowania wyprzedzającego pola ściany 121 w pokładzie 364, dla otworów odmetanowujących TM1-TM6, zaprezentowano w formie graficznej na rys. 3 - 8, gdzie przedstawiono wartości: stężenia metanu, odległości od frontu ściany, ciśnienia w otworze, ujęcia metanu oraz podciśnienia zmierzonych w poszczególnych dniach trwania badań.

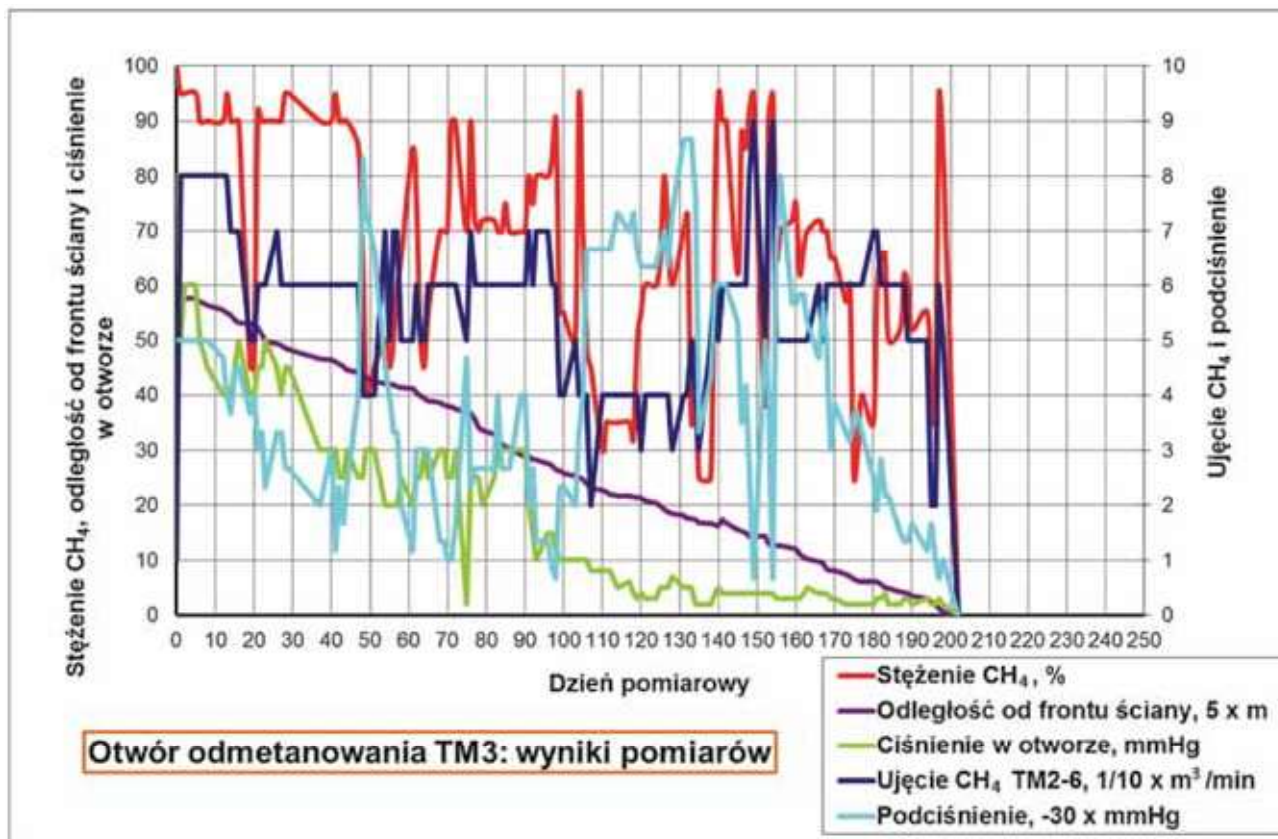


Rys. 3. Wyniki pomiarów parametrów odmetanowania wyprzedzającego w otworze TM1 – ściana 121 pokład 364

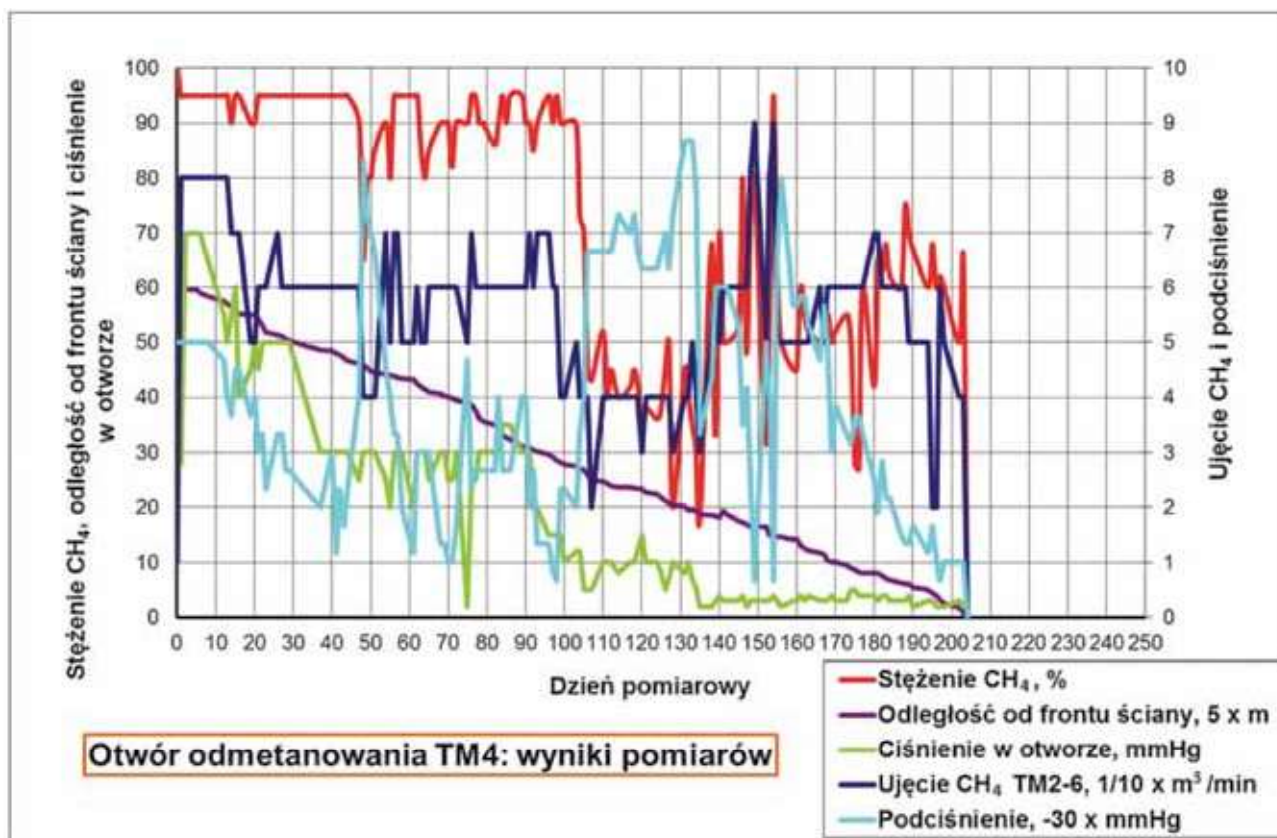
Fig. 3. Measurement results of pre-mining methane drainage parameters in borehole TM1 – longwall 121 seam 364



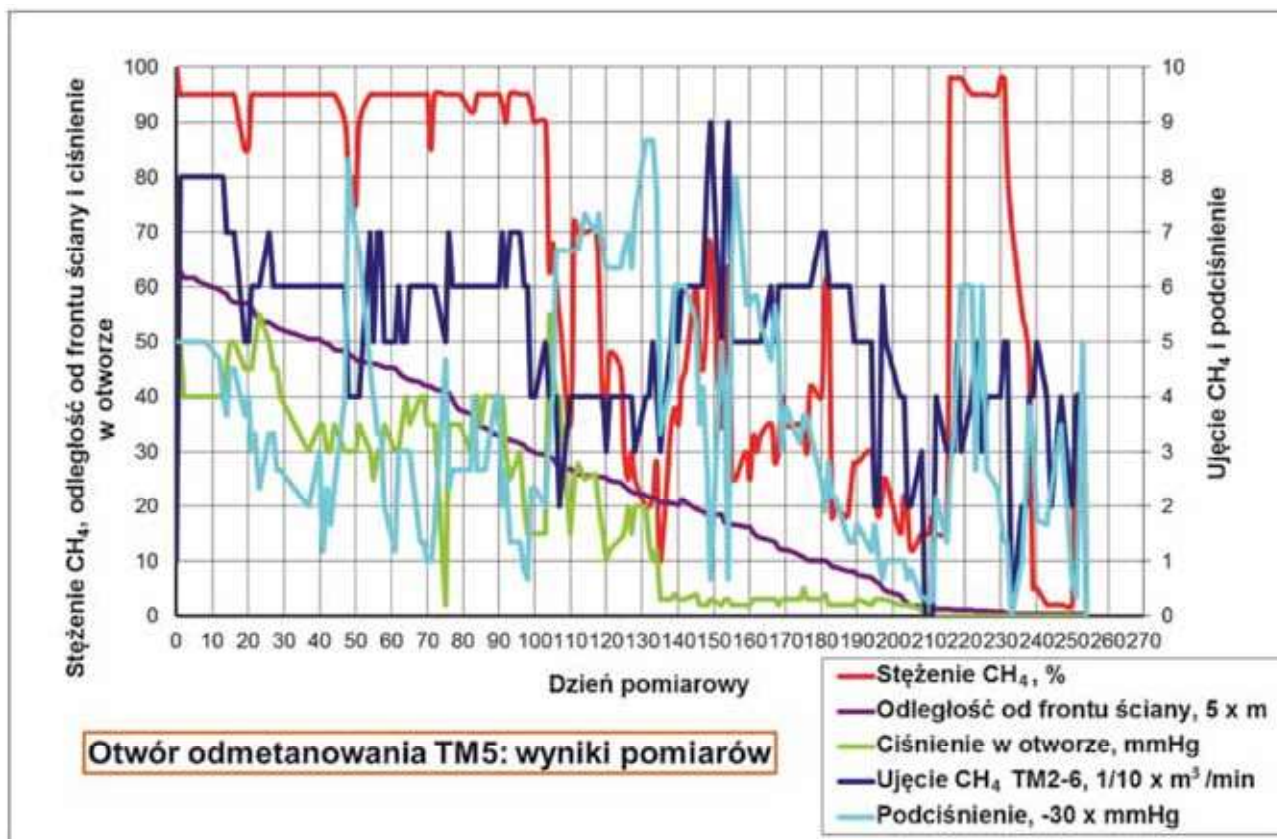
Rys. 4. Wyniki pomiarów parametrów odmetanowania wyprzedzającego w otworze TM2 – ściana 121 pokład 364
 Fig. 4. Measurement results of pre-mining methane drainage parameters in borehole TM2 – longwall 121 seam 364



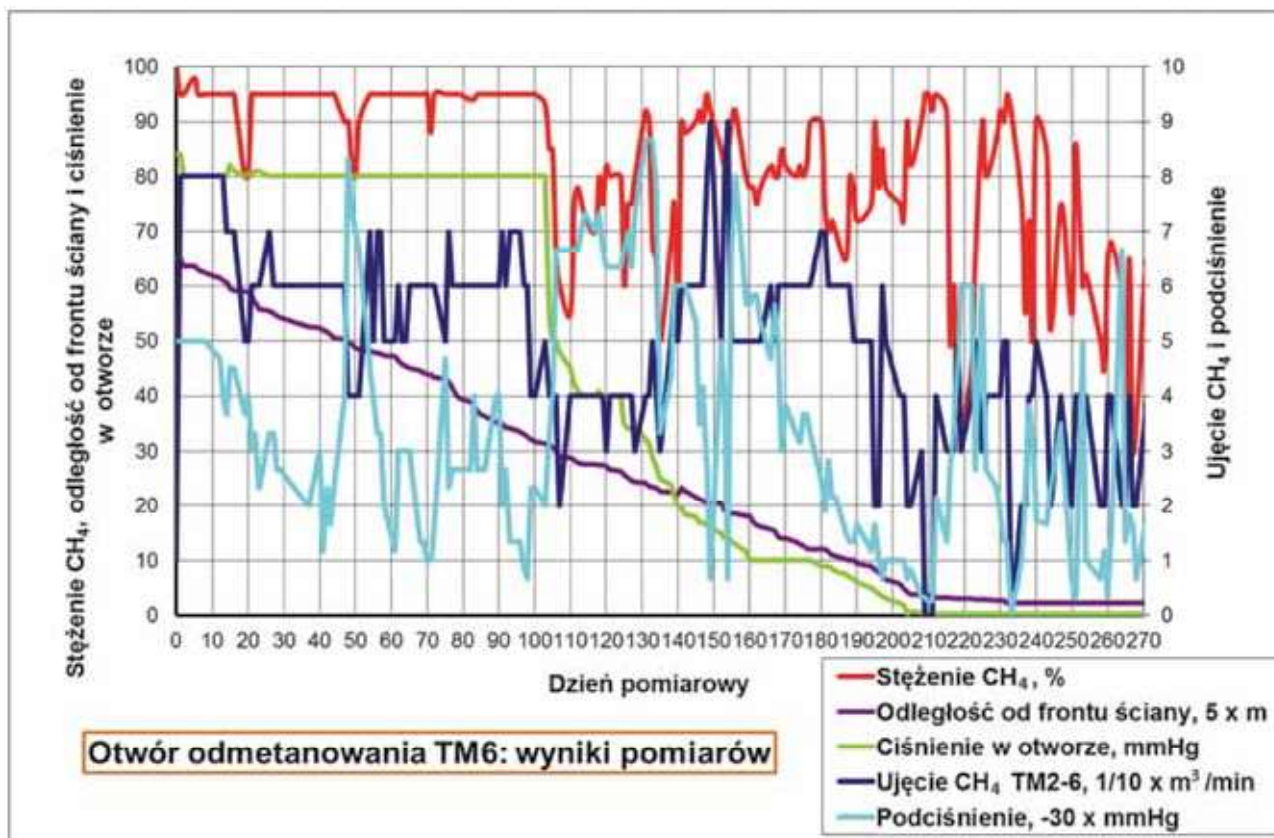
Rys. 5. Wyniki pomiarów parametrów odmetanowania wyprzedzającego w otworze TM3 – ściana 121 pokład 364
 Fig. 5. Measurement results of pre-mining methane drainage parameters in borehole TM3 – longwall 121 seam 364



Rys. 6. Wyniki pomiarów parametrów odmetanowania wyprzedzającego w otworze TM4 – ściana 121 pokład 364
 Fig. 6. Measurement results of pre-mining methane drainage parameters in borehole TM4 – longwall 121 seam 364



Rys. 7. Wyniki pomiarów parametrów odmetanowania wyprzedzającego w otworze TM5 – ściana 121 pokład 364
 Fig. 7. Measurement results of pre-mining methane drainage parameters in borehole TM5 – longwall 121 seam 364



Rys. 8. Wyniki pomiarów parametrów odmetanowania wyprzedzającego w otworze TM6 – ściana 121 pokład 364
 Fig. 8. Measurement results of pre-mining methane drainage parameters in borehole TM6 – longwall 121 seam 364

Analizując przedstawione na rys. 3 - 8 wyniki monitoringu parametrów odmetanowania wyprzedzającego pola ściany 121, zauważyć można, że stężenie CH₄ w otworach drenażowych wahało się w przedziale od 100% na początku trwania próby do 0% w okresie, gdy węgiel wokół otworów został zdeintegrowany na skutek ciśnienia eksploatacyjnego i w otworach pojawiło się powietrze kopalniane. Pierwszy znaczący spadek stężenia metanu zaobserwowano w 48 dniu pomiarów (gdy front ściany znajdował się w odległości 136 m od otworu TM1). Stężenie CH₄ w otworach TM1-TM4 spadło z poziomu ok. 85-90% do 50-65%. Kolejny spadek wystąpił w setnym dniu prowadzenia pomiarów. Spadkom stężenia CH₄ towarzyszyły wzrosty podciśnienia w otworach drenażowych, odpowiednio z 120 do 250 mmHg oraz z 60 do 120 mmHg. Stwierdzić zatem można, że wzrost podciśnienia w otworze drenażowym wpływał na spadek stężenia metanu w otworze i co za tym idzie, na spadek wartości ujęcia metanu. Odwrotnie, spadek wartości podciśnienia powodował wzrost wymienionych wyżej wartości. Zmiany te nie były skorelowane z odległością od frontu ściany 121. Nie zaobserwowano także wpływu zbliżającej się ściany na wielkość ujęcia metanu. Ujęcie metanu z otworów wywierconych w pokładzie węgla było praktycznie stałe. Jest to zjawisko odmiennie niż dla technologii odmetanowania bieżącego.

Z analizy przedstawionych wyników pomiarów wynika, że maksymalne wartości ujęcia metanu wynosiły 0,5 m³/min dla otworu TM1 oraz 0,9 m³/min łącznie dla otworów TM2-TM6 (średnio 0,18 m³/min dla jednego otworu). Porównując ujęcie średnie z otworu TM1 (0,3 m³/min) z ujęciem średnim dla otworów TM2-TM6 (0,5 m³/min dla pięciu otworów i średnio 0,1 m³/min dla jednego otworu), stwierdzić można, że ujęcie z otworu TM1 jest znacząco wyższe niż dla

otworów TM2-TM6. Ta różnica wynika prawdopodobnie z faktu, że otwór TM1 zlokalizowany został w strefie o podwyższonej koncentracji metanu wyznaczonej z wykorzystaniem georadaru (GPR - *Ground Penetration Radar*).

Wymienione powyżej wartości ujęcia CH₄ są jednak znacząco niższe niż ujęcie metanu zmierzone w trakcie równocześnie prowadzonego odmetanowania bieżącego dla ściany 121, w ramach którego, za pomocą 5 - 7 otworów o długości ok. 70 m, drażonych w kierunku nad zroby zawałowe, osiągnięto ujęcie na poziomie średnio ok. 8,6 m³/min (tj. 1,2 - 1,4 m³/min na jeden otwór). Technologia bieżącego odmetanowania dawała ujęcie CH₄ pomiędzy 3,6 a 12,9 m³/min (średnio 8,61 m³/min) natomiast odmetanowania wyprzedzającego pomiędzy 0,3 a 0,6 m³/min (średnio 0,45 m³/min). Z porównania tych wartości wynika, że wielkość ujęcia metanu technologią odmetanowania wyprzedzającego była ok. 19 razy mniejsza niż dla wartości uzyskanych w trakcie stosowania technologii odmetanowania bieżącego.

Podobne różnice zaobserwowano porównując efektywność odmetanowania. Dla odmetanowania bieżącego efektywność sięgała ponad 48% (po zakończeniu eksploatacji nawet ponad 54%), przy wartości średniej ok. 38,6%. Efektywność odmetanowania wyprzedzającego była niższa i wynosiła średnio 2,06%, co jest wielkością ok. 16 - 18-krotnie mniejszą niż dla odmetanowania bieżącego. Niska efektywność odmetanowania wyprzedzającego wynika między innymi z faktu, że otwory wywiercone na potrzeby odmetanowania wyprzedzającego ujmowały metan jedynie z pokładu węgla, a nie ze strefy desorpcji otaczającej wybierany pokład 364 (dla warunków GZW ok. 120 m nad i 60 m pod pokładem), powstałej na skutek dezintegracji górotworu wywołanej prowadzoną eksploatacją zawałową. Tworzenie się zawału skał

powoduje powstanie szczelin w górotworze, które stają się drogami przepływu uwolnionego z węgla metanu. Metan ten jest następnie ujmowany otworami wywierconymi nad strefą zawalu. Według prognozy, w trakcie eksploatacji ściany 121 w pokładzie 364, metanowość bezwzględna wynosić miała 26,5 m³/min (dla wydobywania 2 500 t/d), na co składało się: - 5,04 m³/min CH₄ z pokładów zalegających nad wybieraną ścianą, - 8,89 m³/min CH₄ pochodzących z pokładu 364, - 12,58 m³/min CH₄ z pokładów zalegających pod wybieraną ścianą. Dlatego też można przyjąć, że nawet przy 100% skuteczności odmetanowania wyprzedzającego, po zakończeniu odmetanowania i rozpoczęciu eksploatacji metanowość w ścianie 121 nadal byłaby wysoka, gdyż do jej wyrobisk dopływałby metan z pokładów wyżej i niżej zalegających.

Po zakończeniu eksploatacji ściany 121, ujmowany był metan otworami drenażowymi. Ujęcie to wynosiło 0,3 m³/min z dwóch, a następnie z jednego czynnego otworu odmetanowania wyprzedzającego, oraz ok. 5,0 m³/min z otworów odmetanowania klasycznego. Z doświadczeń Kopalni wynika, że ujęcie z otworów drenażowych, nawet po zakończeniu eksploatacji, utrzymuje się przez dość długi okres czasu na wysokim poziomie. Niestety, ze względu na ograniczony czas trwania prób dołowych odmetanowania wyprzedzającego, nie można było zbadać wpływu czasu na wielkość ujęcia metanu w długim okresie czasu.

5. Wnioski

W warunkach ściany 121 w pokładzie 364 odmetanowanie wyprzedzające charakteryzowało się ok. 19-krotnie mniejszym ujęciem metanu od realizowanego podobną ilością otworów drenażowych odmetanowania bieżącego (średnie ujęcie odpowiednio 0,45 m³/min wobec 8,61 m³/min). Wydaje się, że związane jest to z niską przepuszczalnością węgla powodującą, że otwory wykonane na potrzeby odmetanowania wyprzedzającego ujmowały metan jedynie z węgla pokładu 364, a nie z otaczającej go strefy desorpcji.

Ujmowanie odmetanowaniem wyprzedzającym metanu jedynie z pokładu węgla powoduje, że efektywność tego procesu jest niska (w przypadku ściany 121 – ok. 2%, przy efektywności odmetanowania bieżącego wynoszącej średnio 38%) i nie wpływa w istotny sposób na ograniczenie zagrożenia metanowego.

W świetle przeprowadzonych badań stwierdzić można, że technologia odmetanowania wyprzedzającego, ze względu na niską efektywność, nie ma uzasadnienia jej stosowania w warunkach polskiego górnictwa węgla kamiennego, bez użycia dodatkowych zabiegów technicznych zwiększających przepuszczalność węgla, jak np. zastosowanie technologii szczelinowania skał, która zwiększy przepływ metanu do otworów drenażowych. Wydaje się, że jedynym uzasadnionym przypadkiem zastosowania odmetanowania wyprzedzającego jest sytuacja eksploatacji złoża, w którym odmetanowywany pokład jest jedynym źródłem metanu (złożo jednopokładowe

lub występowanie innych źródeł metanu w znacznych odległościach, poza strefą desorpcji).

Podziękowania

W artykule wykorzystano wyniki prac wykonanych w ramach realizacji projektu LOWCARB: „Inicjatywy energetyczne w zakresie niskiej emisji gazów cieplarnianych z kopalń węgla” - Low Carbon Mine Site Energy Initiatives (Kennedy i inni 2014), współfinansowanego przez Fundusz Badawczy dla Węgla i Stali - Research Fund for Coal and Steel (kontrakt nr RFCR-CT-2010-00004) oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (Decyzja Nr 1677/FBWiS/2010/7 z dnia 16.12.2010 r.).

Literatura

- Best Practice Guidance for Effective Methane Drainage and Use in Coal Mines. UNECE. United Nations Publication. October 2016
- KENNEDY G., BENNETT J., CLUFF D., WILLIAMS N., CLIFFORD T., COGGAN J., FOSTER P., BEDFORD M., BLACKWOOD J., PURVIS M., BRENKLEY D., ORDONEZ S., FERNANDEZ J., DIAZ E., MARIN P., DIEZ F., STACE R., GARVEY S. D., RIZVI J., JIA Y., PIMM A., WANATOWSKI D., MARSHALL A. M., KAMENIK M., PIRNAT R., KOTNIK V., ČERENAK M., HOSTNIK S., OVNIČEK S., KAC B., FERLIN J., LIPNIK M., URANJEK G., LUBOSIK Z., KIDYBINSKI A., TUREK M., KOTYRBA A., PATYŃSKA R., MUTKE G., CHEČKO J., WIERZBIŃSKI K., MAKOWKA J., BUKOWSKA M., SANETRA U., WADAS M., PILAR MARTINEZ DE LA CALLE M., GONZALEZ A., CANTO TOIMIL N., ONGALLO E. G., SZARAFINSKI M., KOWALCZYK A., ZEMLIK A., MENDAKIEWICZ G., KUBICZEK T. 2014 - LOWCARB: Low carbon mine site energy initiatives. Final Report. European Commission EUR 26832 EN. Research Fund for Coal and Steel. Grant Agreement RFCR-CT-2010-00004. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014, ISBN 978-92-79-40328-6
- KOZŁOWSKI B., GREBSKI Z. 1982 - Odmetanowanie górotworu w kopalniach. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice
- KRAUSE E. 2006 - Zwiększenie efektywności odmetanowania środowiska ścian. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” nr 10.
- NAWRAT S., KUCZERA Z., ŁUCZAK R., ŻYCKOWSKI P., NAPIERAJ S., GATNAR K. 2009 - Utylizacja metanu z pokładów węgla w polskich kopalniach podziemnych. Wydawnictwa AGH. Kraków.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych z dnia 28 czerwca 2002 r. (Dz.U. Nr 139 poz. 1169, z 2006 r. Nr 124, poz. 863 oraz z 2010 r. Nr 126, poz. 855) – §303 ust. 1 i ust. 2.
- SZLAZAK N. 2013 - Metody odmetanowania pokładów węgla w górnictwie podziemnym. „Górnictwo i Geologia” t. 8, z. 4, s. 75-88.

Artykuł wpłynął do redakcji – grudzień 2016
Artykuł akceptowano do druku 15.01.2017