



INSTYTUT MECHANIKI GÓROTWORU

POLSKIEJ AKADEMII NAUK

30-059 Kraków, ul. W Reymonta 27
tel.: +48 (12) 637 62 00, fax: +48 (12) 637 28 84
<http://imgpan.pl>

Zlecniodawca:

PAK Kopalnia Węgla Brunatnego Konin S.A.

ul. 600-lecia 9

62-540 Kleczew

NIP: PL 6650003147

Opracowanie dokumentacji badawczej pn.:

Badanie zawartości metanu w złożu Tomisławice PAK Kopalnia Węgla Brunatnego Konin S.A. i określenie współczynnika emisji metanu z urobku do atmosfery

Zamówienie nr: **4500147038**

Opracował zespół badawczy w składzie:

dr hab. inż. Mateusz Kudasik, prof. IMG PAN

dr hab. inż. Anna Pajdak, prof. IMG PAN

dr inż. Katarzyna Koziel

inż. Przemysław Gaworek

Zatwierdził:

Dyrektor Instytutu Mechaniki Górniczej PAN

dr hab. inż. Przemysław Skotniczny, prof. IMG PAN

DYREKTOR
Instytutu Mechaniki Górniczej
Polskiej Akademii Nauk

dr hab. inż. Przemysław Skotniczny, prof. IMG PAN

Kraków, 04.03.2026

Spis treści

Spis treści	2
1. Wstęp	3
1.1. Podstawa formalna	3
1.2. Cel i zakres pracy	3
1.3. Obowiązujące przepisy prawne	3
2. Metan w złożach węgla brunatnego	4
2.1. Formy występowania metanu	4
2.2. Emisja metanu ze złóż węgla brunatnego	5
2.3. Metody pomiarowe do określania zawartości metanu w złożu węgla brunatnego	7
3. Metodologia	9
3.1. Materiał badawczy	9
3.2. Badania techniczne	10
3.3. Badania zasadnicze – określenie zawartości metanu w złożu węgla brunatnego	12
4. Wyniki	17
5. Dyskusja	18
6. Wnioski	19
Załącznik 1. Uprawnienia rzeczoznawcy do spraw ruchu zakładu górniczego	20
Literatura	23

1. Wstęp

1.1. Podstawa formalna

Praca została zrealizowana zgodnie z ofertą złożoną na platformie zakupowej (nr procedury Z784/53698) oraz na podstawie zamówienia nr 4500147038.

1.2. Cel i zakres pracy

Celem pracy było określenie zawartości metanu w złożu Tomisławice należącego do PAK Kopalni Węgla Brunatnego Konin S.A., na podstawie której wyznaczono wskaźnik emisji metanu wyrażony jako objętość/masa gazu możliwego do uwolnienia do atmosfery z jednostki masy urobku węglowego.

Zakres pracy obejmował:

- pobór reprezentatywnych próbek węgla brunatnego z odkrytego stropu pokładu lub skarpy węgla brunatnego z wykorzystaniem koparki jednonaczyniowej dostarczonej przez PAK KWB Konin S.A.
- określenie zawartości metanu w pobranych próbkach węgla brunatnego,
- wyznaczenie współczynnika emisji metanu z urobku do atmosfery,
- opracowanie kompletnej dokumentacji zawierającej opis form występowania metanu w złożu węgla brunatnego, podstawy naukowe zastosowanej metody pomiarowej oceny zawartości metanu w urobku węgla brunatnego oraz wyniki badań wraz z interpretacją.

1.3. Obowiązujące przepisy prawne

W Polsce kopalnie węgla brunatnego podlegają przepisom unijnego Rozporządzenia (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1787), które obowiązuje od 4 sierpnia 2024 roku. Celem tego rozporządzenia jest ograniczenie emisji metanu w sektorze energetycznym, obejmującym m.in. wydobywanie węgla brunatnego. Rozporządzenie to ustanawia obowiązki dotyczące monitorowania, raportowania, weryfikacji oraz redukcji emisji metanu w sektorze energetycznym, w tym w kopalniach węgla brunatnego.

Kluczowe obowiązki wynikające z rozporządzenia:

- monitorowanie i raportowanie emisji – kopalnie są zobowiązane do regularnego pomiaru, kwantyfikacji oraz raportowania emisji metanu,
- weryfikacja danych – zgromadzone dane muszą być weryfikowane przez niezależnych, akredytowanych weryfikatorów,
- redukcja emisji – operatorzy kopalń muszą podejmować działania mające na celu ograniczenie emisji metanu, w tym poprzez stosowanie odpowiednich technologii i praktyk,
- kary za przekroczenia – w przypadku przekroczenia ustalonych limitów emisji, przewidziane są sankcje finansowe.

W Polsce za nadzór nad przestrzeganiem tych przepisów odpowiada Prezes Wyższego Urzędu Górniczego (WUG). W ramach dostosowania krajowego prawa do unijnych wymogów, rząd przyjął projekt nowelizacji Prawa geologicznego i górniczego, który wprowadza m.in. obowiązek raportowania emisji metanu oraz możliwość nakładania kar za ich przekroczenie.

Nowe regulacje mają na celu nie tylko ograniczenie emisji metanu, lecz także zwiększenie transparentności działań sektora energetycznego oraz wspieranie realizacji celów klimatycznych Unii Europejskiej. Od 2024 roku wprowadzono obowiązek monitorowania, raportowania oraz wykrywania wycieków metanu (LDAR), przy czym w art. 19 pkt 3 Rozporządzenia (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1787) zawarte są informacje:

„Emisje metanu pochodzące z czynnych odkrywkowych kopalń węgla obejmują następujące emisje:

- a) emisje metanu występujące w kopalni węgla podczas procesu wydobywczego;*
- b) emisje metanu występujące podczas działalności powydobywczej oraz na terenie kopalni węgla.”*

Do określenia wielkości emisji metanu wykorzystywane powinny być stosowne współczynniki. Zgodnie z art. 20 pkt 3 tegoż Rozporządzenia:

„W przypadku odkrywkowych kopalń węgla operatorzy kopalń stosują współczynniki emisji metanu z kopalń węgla specyficzne dla danych złóż w celu kwantyfikacji emisji metanu pochodzących z działalności wydobywczej. Operatorzy kopalń ustalają te współczynniki emisji co kwartał, zgodnie z odpowiednimi normami naukowymi i uwzględniają emisje metanu z otaczających warstw.”

Do określenia emisji metanu z węgla mogą być pobierane próbki, których forma nie jest doprecyzowana w Rozporządzeniu. Mogą to być próbki z rdzeni odwiertów rozpoznawczych lub inne. Rozporządzenie nawiązuje do tej kwestii w punkcie 55:

„Współczynniki emisji można wyprowadzić z pomiarów zawartości gazu w próbkach pokładów pobranych z rdzeni odwiertów rozpoznawczych.”

W raporcie powinien zostać zawarty opis stosowanej metodyki do ustalenia emisji metanu związanych z działalnością górniczą, w tym wybór metody uwzględniającej emisje metanu z otaczających warstw.

Obowiązek raportowania w początkowym okresie, tj. w roku 2025, nie będzie podlegał weryfikacji uwzględniającej sankcje finansowe. Od 1 stycznia 2027 roku obowiązywać będzie limit emisji metanu w kopalniach, wynoszący 5 ton CH₄ na 1 000 ton wydobytego węgla. Od 2031 roku norma ta zostanie zaostrzona do 3 ton CH₄ na 1 000 ton węgla. Przekroczenie tych limitów skutkować będzie koniecznością ponoszenia opłat przez operatorów kopalń.

2. Metan w złożach węgla brunatnego

2.1. Formy występowania metanu

Metan występuje w złożach węgla brunatnego w kilku formach, które decydują o jego mobilności oraz skłonności do emisji podczas eksploatacji. Gaz ten obecny jest zarówno w strukturze węgla, w skałach towarzyszących, jak i w wodach złożowych. Ponieważ metan słabo rozpuszcza się w wodzie, w miarę postępu odwodnienia złoża łatwo się z niej uwalnia.

W złożach węgla brunatnego metan występuje przede wszystkim jako gaz wolny w systemie porów, szczelin i stref tektonicznych oraz jako gaz zasorbowany w mikroporowatej strukturze węgla. Niewielkie jego ilości mogą być również uwięzione w mikropęcherzykach lub inkluzjach mineralnych, skąd uwalniają się dopiero po rozdrobnieniu węgla bądź w trakcie długotrwałego odgazowania. Gaz

wolny, dzięki wysokiej mobilności, łatwo migruje przez szczeliny, pory i strefy uskokowe, szybko docierając do wyrobisk i stanowiąc główny składnik natychmiastowych emisji pojawiających się podczas urabiania oraz odprężania górotworu po usunięciu nadkładu (Macuda i Zawisza, 2005). Gaz zasorbowany jest związany z powierzchnią mikroporów lub strukturą molekularną węgla i uwalnia się znacznie wolniej – proces ten wymaga czasu oraz zmian warunków ciśnienia i temperatury.

Geneza metanu w złożach węgla brunatnego ma charakter zarówno biogeniczny, jak i termogeniczny. W płytkich i młodych pokładach dominują procesy mikrobiologiczne zachodzące w warunkach beztlenowych, takie jak redukcja CO₂ wodorem czy fermentacja kwasu octowego, prowadzące do powstania metanu biogenicznego. Metan termogeniczny jest natomiast efektem głębokiego nagrzewania i przeobrażenia materii organicznej. Pochodzenie gazu wpływa na jego formę występowania – metan biogeniczny częściej akumuluje się jako gaz wolny w strefach przepuszczalnych, podczas gdy metan termogeniczny, generowany pod wyższym ciśnieniem, charakteryzuje się większym udziałem gazu zaadsorbowanego w strukturze węgla.

Oprócz metanu w gazach złożowych obecne są również inne składniki, takie jak CO₂, N₂, O₂, H₂S, H₂ oraz wyższe węglowodory (etan, propan, butan) (Kotarba i Rice, 2002; Stams i Plugge, 2009; Strąpoć i in., 2011). Ich udział zależy od genezy gazu, warunków złożowych oraz stopnia przeobrażenia materii organicznej.

Forma występowania metanu ma również istotne znaczenie dla dokładności określania jego zawartości w złożu. Gaz wolny łatwo ulega stratom podczas poboru i transportu próbek, natomiast desorpcja gazu zaadsorbowanego przebiega powoli. W konsekwencji ewentualne niedoszacowanie całkowitej ilości metanu w złożu może dotyczyć przede wszystkim frakcji gazu wolnego.

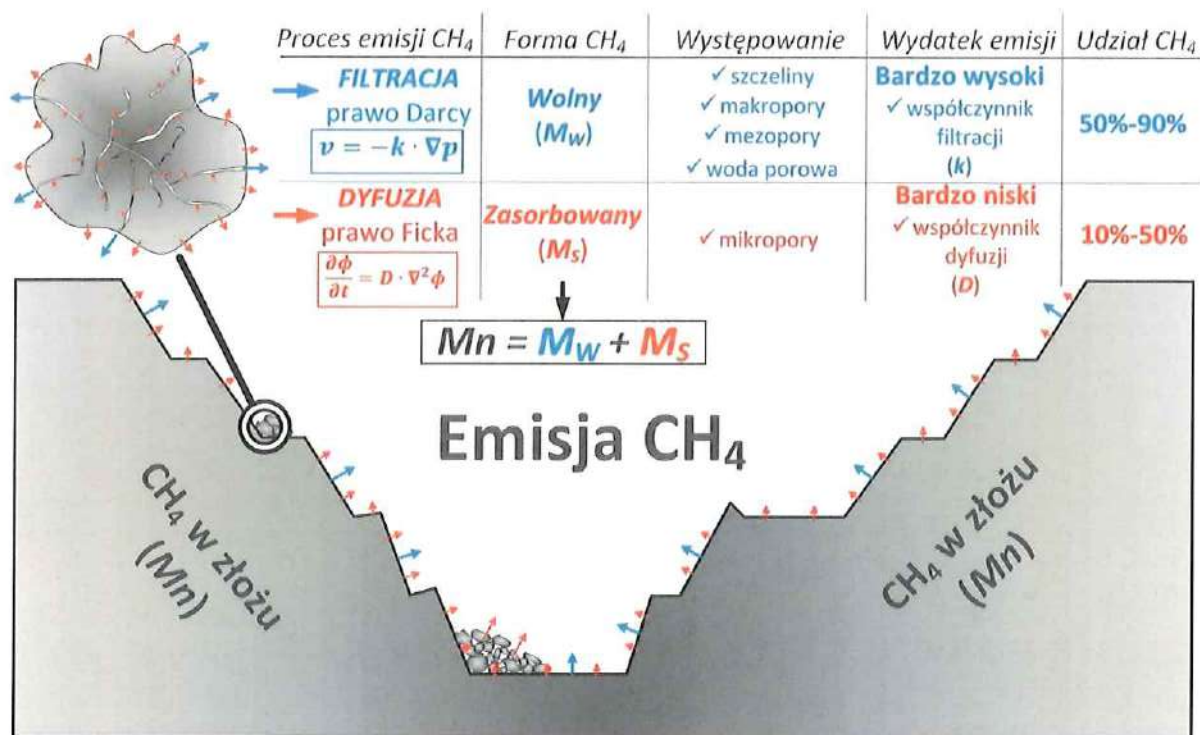
Węgiel brunatny cechuje się niskim stopniem metamorfizmu w porównaniu do węgla kamiennego. Jak podaje Rozporządzenie, pkt 55:

„Czynne odkrywkowe kopalnie węgla w Unii produkują węgiel brunatny i emitują mniej metanu niż podziemne kopalnie węgla.”

Gazoność pokładów węgla brunatnego zależy między innymi od ciśnienia i składu gazu, budowy petrograficznej, stopnia uwęglenia, zawartości wody oraz temperatury złożowej. Duże znaczenie mają również warunki geologiczne, zwłaszcza grubość i szczelność nadkładu oraz obecność uskoku (Kotarba i Rice, 2002).

2.2. Emisja metanu ze złóż węgla brunatnego

Procesy fizykochemiczne odpowiedzialne za uwalnianie metanu z węgla brunatnego, określane zbiorczo jako desorpcja, obejmują dwa zasadnicze mechanizmy: filtrację metanu wolnego przez system szczelin, spękań, mezo- i makroporów (Pillalamarry i in., 2011; Gawor i Skoczylas, 2014) oraz dyfuzję metanu z mikro- i ultramikroporów (rysunek 1).



Rysunek 1 Schemat ideowy emisji CH₄ ze złóż węgla brunatnego

Uwalnianie metanu z calizny górotworu zachodzi przede wszystkim poprzez procesy filtracyjne, przebiegające w rozbudowanej sieci szczelin, makroporów, mezoporów oraz spękań występujących zarówno w strukturze węgla, jak i w skałach otaczających. Kluczowym czynnikiem napędzającym ten proces jest gradient ciśnienia metanu, który powstaje głównie na skutek działalności górniczej oraz odwodnienia górotworu (Macuda i Zawisza, 2005). Jednocześnie redukcja naprężeń w caliznie, będąca efektem zakłócenia równowagi geomechanicznej eksploatacją górniczą, sprzyja dalszemu rozwojowi spękań, co dodatkowo ułatwia migrację metanu. Filtrację metanu wolnego można opisać za pomocą prawa Darcy'ego, które dla przepływu gazów w ośrodkach porowatych przyjmuje następującą postać (Kudasik, 2019):

$$v = -\frac{k_g}{\mu} \cdot \nabla p, \quad (1)$$

gdzie: $v \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$ – strumień objętości gazu; $k_g [\text{m}^2]$ – współczynnik przepuszczalności węgla; $\mu [\text{Pa} \cdot \text{s}]$ – lepkość dynamiczna metanu; $\nabla p \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$ – gradient ciśnienia.

Emisja metanu zasorbowanego z węgla brunatnego zachodzi również poprzez procesy dyfuzji, polegającej na przemieszczaniu się cząsteczek gazu z wnętrza ziaren węgla na ich powierzchnię. Zjawisko to jest efektem działania różnych mechanizmów dyfuzyjnych, zachodzących w skomplikowanej sieci mikro- i ultramikroporów, typowej dla struktury węgla (Harpalani i Schraufnagel, 1990; Crodale i in., 1998). Dyfuzja gazu dotyczy głównie urobku węglowego i jest ona napędzana gradientem stężenia metanu zasorbowanego w porach, a jej przebieg można opisać przy użyciu prawa Ficka (Crank, 1975; Hobler, 1976):

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = D \cdot \nabla^2 \phi, \quad (2)$$

gdzie: $\phi \left[\frac{\text{mol}}{\text{m}^3} \right]$ – stężenie metanu; $t [\text{s}]$ – czas; $D \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$ – współczynnik dyfuzji.

Proces emisji metanu z węgla brunatnego obejmuje dwa współwystępujące mechanizmy: dyfuzję metanu zasorbowanego w strukturze porowej oraz filtrację metanu wolnego. Dyfuzja zachodzi głównie w mikroporach i prowadzi do stosunkowo wolnego transportu metanu z wnętrza ziaren węgla brunatnego ku ich powierzchni, a następnie do większych porów i szczelin. Natomiast filtracja metanu wolnego odbywa się w systemie mezo- i makroporów oraz w sieci spękań, umożliwiając relatywnie szybki przepływ CH_4 z calizny górotworu oraz z urobku do atmosfery.

Oba mechanizmy charakteryzują się odmienną kinetyką. Filtracja, opisywana współczynnikiem przepuszczalności ośrodka, stanowi proces znacznie szybszy, zależny głównie od stopnia spękania węgla. Dyfuzja, opisana współczynnikiem dyfuzji, przebiega znacznie wolniej i w większym stopniu determinuje długotrwały charakter emisji metanu, zależny od wielkości ziarn urobku.

Z punktu widzenia ilościowej oceny emisji CH_4 z węgla brunatnego istotne znaczenie ma określenie udziału metanu wolnego oraz zasorbowanego w całkowitej metanonośności złoża. Proporcja ta determinuje zarówno intensywność początkowej emisji, w której dominuje metan wolny, szybko uwalniany w wyniku dekompresji i rozluźnienia struktury ośrodka, jak i jej dalszy przebieg w czasie, kontrolowany przez procesy desorpcji oraz dyfuzji metanu zasorbowanego w mikroporach. Znajomość ilościowego udziału obu form występowania metanu umożliwia precyzyjne modelowanie kinetyki emisji oraz prognozowanie zmian strumienia metanu od momentu urabiania i transportu węgla aż do etapu jego spalania.

2.3. Metody pomiarowe do określania zawartości metanu w złożu węgla brunatnego

Kopalnie odkrywkowe węgla brunatnego dotychczas nie miały obowiązku określania zawartości metanu w pokładach oraz emisji CH_4 do atmosfery, głównie ze względu na brak występowania zagrożenia metanowego oraz niskoemisyjny charakter złoża. Jednak od 2024 roku, nowe Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) (2024/1787) nałożyło obowiązek monitorowania i raportowania emisji metanu we wszystkich zakładach eksploatujących paliwa kopalne, w tym także w odkrywkowych kopalniach węgla brunatnego.

W związku z powyższym konieczne stało się opracowanie i wdrożenie metodyki umożliwiającej wiarygodne określenie metanonośności złóż, uwzględniającej kinetykę emisji metanu z urobku. Adaptacja metod pomiarowych metanonośności stosowanych w podziemnych kopalniach węgla kamiennego nie jest możliwa. Jest to spowodowane między innymi: znacznymi różnicami w budowie strukturalnej obu rodzajów skał (węgla brunatnego i węgla kamiennego), różniącym się udziałem formy występowania metanu (gaz wolny i zasorbowany) oraz różną kinetyką emisji metanu. Porównanie węgla kamiennego z węglem brunatnym, które bezpośrednio wpływa na stosowalność metod pomiarowych metanonośności obu skał, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1 Porównanie budowy węgla kamiennego i węgla brunatnego

	Węgiel kamienny	Węgiel brunatny
Stopień uwęglenia	Średni i wysoki	Niski
Struktura porów	Dominują mikropory i drobne mezopory	Duży udział mezoporów i makroporów
Zawartość pierwiastka węgla	75%-97%	58%-78%
Powierzchnia właściwa (BET)	Wysoka (100 – 400 m ² /g)	Niska (5 – 50 m ² /g)
Pojemność sorpcyjna względem CH ₄	Wysoka (1 – 5 cm ³ /g dla $p = 1$ bar)	Średnia (0,1 – 3 cm ³ /g dla $p = 1$ bar)
Metanonośność	Średnia i wysoka (1 – 20 m ³ /Mg)	Bardzo niska (0 – 0,2 m ³ /Mg)
Dominująca forma występowania CH ₄	CH ₄ zasorbowany >90%	CH ₄ wolny >70%
Współczynnik dyfuzji	Niski (10 ⁻⁹ – 10 ⁻⁶ cm ² /s)	Wysoki (10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁴ cm ² /s)
Współczynnik przepuszczalności	Niski (0,001 – 1 mD)	Wysoki (0,1-1000 mD)
Zawartość wilgoci	Niska (kilka procent)	Wysoka (30%-70%)

W przypadku węgla kamiennego metanonośność pokładów określana jest zgodnie z normą PN-G-44200:2013-10 (2013), która opisuje metodę zwiercinową oznaczania zawartości metanu w złożu. Z kolei wskaźniki emisji metanu do atmosfery wyznaczone są na podstawie bezpośrednich pomiarów wydatku mieszaniny gazowej oraz stężenia metanu w powietrzu opuszczającym kopalnię przez szyby wentylacyjne.

Adaptacja metody zwiercinowej, stosowanej w górnictwie węgla kamiennego, do pomiarów zawartości metanu w złożu węgla brunatnego jest niemożliwa. W węglu brunatnym udział metanu wolnego przeważa na formą zasorbowaną, stąd jego emisja następuje znacznie szybciej niż w węglu kamiennym, gdzie dominuje metan zasorbowany. Z tego względu pobór ziarnistej próbki węgla brunatnego o frakcji 0,1-0,2 cm do pomiaru metanonośności, zgodnej z normą obowiązującą dla węgla kamiennego, prowadziłby do znacznych strat metanu, a nawet całkowitego odgazowania próbki już w momencie jej pobrania.

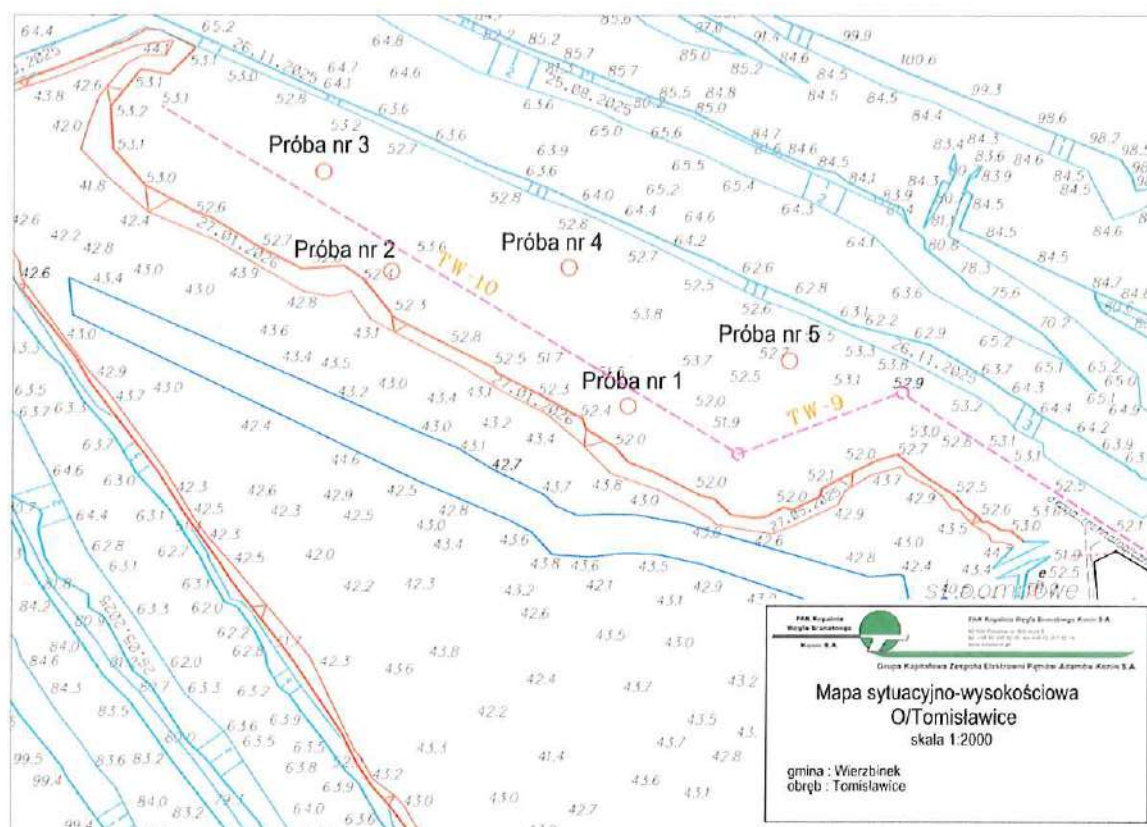
Opracowana metoda pomiarowa stosowana w przypadku węgla brunatnego polega na pobieraniu próbek kawalkowych o wielkości ziaren powyżej 4,0 cm — bezpośrednio z wyrobiska lub w postaci fragmentów rdzenia, w możliwie krótkim czasie po odsłonięciu świeżej warstwy węgla brunatnego. Kluczowe jest tu zachowanie reżimu czasowego, aby umieszczenie próbki w hermetycznym zbiorniku następowało nie później niż 2 minuty od momentu jej pobrania. Dzięki temu straty metanu zostają ograniczone do minimum i nie przekraczają kilku procent całkowitej zawartości gazu.

Dalsze etapy analizy prowadzone są metodą wolumetryczną, która polega na pomiarze ilości i stężenia metanu uwolnionego z próbki do komory pomiarowej hermetycznego zbiornika. Metoda ta została szczegółowo opisana w rozdziale 3.3. i umożliwia precyzyjne wyznaczenie metanonośności węgla brunatnego, przy zachowaniu rygoru czasowego podczas pobierania i transportu próbek.

3. Metodologia

3.1. Materiał badawczy

Badania zawartości metanu w złożu węgla brunatnego Tomisławice przeprowadzono na 5 próbkach kawałkowych, pobranych z powierzchni złoża. Miejsca pobrania próbek przedstawiono na rysunku 2 oraz w tabeli 2.

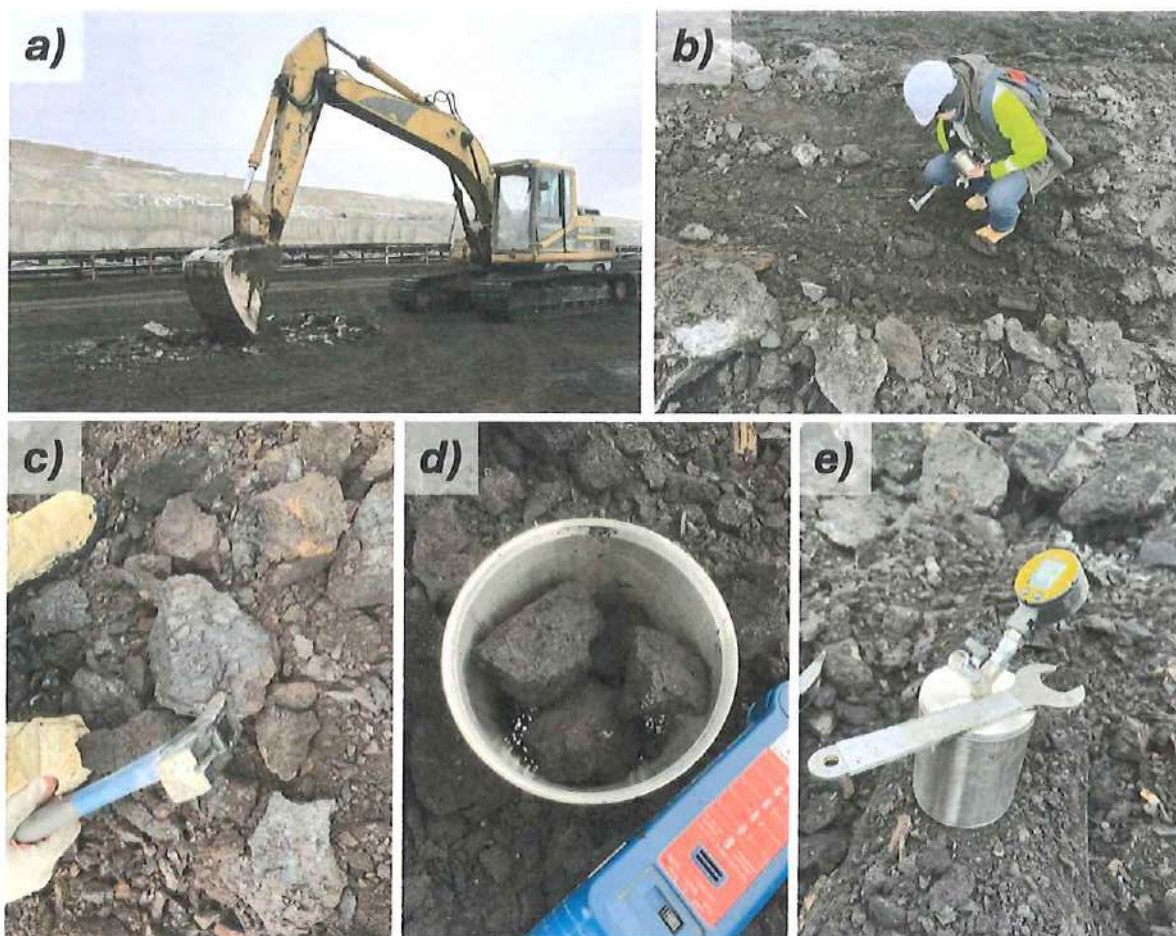


Rysunek 2 Mapa sytuacyjno-wysokościowa O/Tomisławice z zaznaczonymi miejscami pobrania próbek węgla

Tabela 2 Miejsca pobrania próbek kawałkowych do badań zawartości metanu w złożu węgla brunatnego Tomisławice

Oznaczenie próbek	Współrzędne		
	X	Y	Z
K1	5718407,07	3827559,71	51,8
K2	5718501,20	3827392,79	52,4
K3	5718571,02	3827344,40	52,9
K4	5718504,07	3827517,78	52,0
K5	5718438,79	3827673,62	52,5

Wykorzystanie koparki jednonaczyniowej (rysunek 3a) zapewniło pobranie reprezentowanych próbek węgla brunatnego, pobranych ze świeżo odkrytego stropu pokładu lub skarpy (rysunek 3b). Z tak odkrytej warstwy złoża, odłupane zostały próbki kawałkowe (rysunek 3c), które następnie umieszczono w hermetycznych zbiornikach (rysunek 3d, e), w których od momentu zamknięcia prowadzono rejestrację zmian ciśnienia na skutek wydzielającego się gazu. Próbki te stanowiły reprezentatywny materiał do dalszych badań laboratoryjnych, mających na celu określenie metanonośności złoża węgla brunatnego Tomisławice.

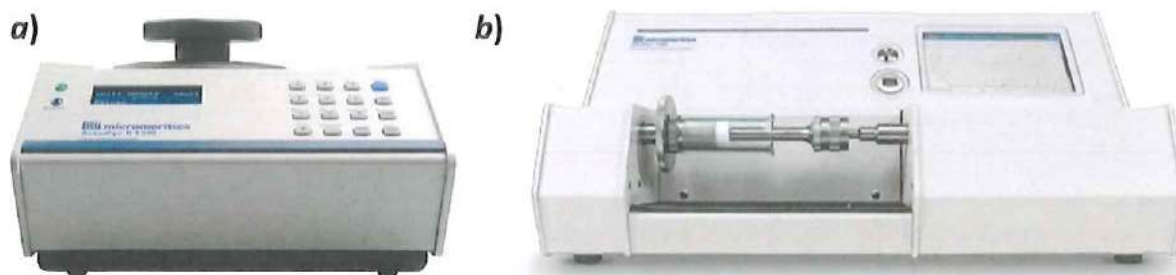


Rysunek 3 Zdjęcia z poboru próbek kawałkowych węgla brunatnego z powierzchni: a) koparka odkrywająca wierzchnią warstwę złoża węgla brunatnego; b), c) pracownik podczas pobierania węgla brunatnego do hermetycznego zbiornika; d) próbki kawałkowe w hermetycznym zbiorniku; e) hermetyczny zbiornik z pobraną próbką reprezentatywną do badań zawartości metanu w złożu.

3.2. Badania techniczne

- **Gęstość szkieletowa, pozorna i porowatość**

Pomiary gęstości szkieletowej wykonano przy użyciu piknomietru helowego AccuPyc II 1340 firmy Micromeritics (rysunek 4a). Procedura pomiarowa rozpoczynała się od kalibracji urządzenia poprzez wyznaczenie objętości pustej komory pomiarowej przy użyciu helu w temperaturze 20°C. Następnie w komorze umieszczono próbkę o uprzednio określonej masie, zmierzonej za pomocą wagi analitycznej. Przed rozpoczęciem pomiaru właściwego z komory odpompowywano powietrze, uzyskując warunki zbliżone do próżni. Następnie do komory z próbką doprowadzano hel. Gaz ten, z uwagi na małą średnicę cząstek, z łatwością penetruje nawet najdrobniejsze pory materiału, a jednocześnie w temperaturze pomiarowej (20°C) nie wchodzi w reakcje chemiczne z jego powierzchnią. Znając objętość zatłoczonego helu, określono objętość szkieletową badanej próbki z uwzględnieniem jej porów otwartych. W oparciu o znajomość objętości szkieletowej i masy próbki, określano jej gęstość szkieletową.



Rysunek 4 Piknometry: a) helowy AccuPyc II 1340; b) quasi-cieczowy GeoPyc 1360

Gęstość pozorną próbek określono metodą piknometrii quasicieczowej przy użyciu analizatora GeoPyc 1360 firmy Micromeritics (rysunek 4b). Analiza opierała się na metodzie wolumetrycznej i polegała na pomiarze objętości próbki kawałkowej, umieszczonej w medium - tzw. „suchej cieczy” (Dryflow). Procedura pomiarowa składała się z dwóch etapów. W pierwszym etapie analizator rejestrował objętość samego medium Dryflow, umieszczonego w zbiorniku pomiarowym. Następnie w zbiorniku umieszczano próbkę o uprzednio wyznaczonej masie, po czym przeprowadzano ponowny pomiar objętości układu. Podczas pomiaru medium Dryflow otaczało próbkę, nie wnikając w jego strukturę porową. Różnica objętości umożliwiała wyznaczenie objętości pozornej próbki. Wartość gęstości pozornej obliczano na podstawie stosunku masy próbki do jej objętości, wyznaczonej w trakcie analizy. Znajomość zarówno gęstości pozornej, jak i uprzednio oznaczonej gęstości szkieletowej umożliwiła obliczenie porowatości materiału, korzystając ze wzoru:

$$\phi = \frac{\rho_s - \rho_p}{\rho_s} \cdot 100\%, \quad (3)$$

gdzie: ϕ [%] – porowatość; ρ_s $\left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right]$ – gęstość szkieletowa; ρ_p $\left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right]$ – gęstość pozorna.

• Zawartość wilgoci

Oznaczanie zawartości wilgoci całkowitej metodą suszarkowo-wagową przeprowadzono zgodnie z normą PN-80/G-04511 (1980). W pierwszym etapie przygotowano i zważono dwa szklane naczynka wraz z pokrywkami. Do każdego naczynka odważono 1 g próbki węgla, wcześniej dokładnie wymieszanej w celu zapewnienia reprezentatywności. Materiał rozprowadzono równomiernie na dnie naczynka, przykryto pokrywką i ponownie zważono. Naczynka umieszczono w suszarce laboratoryjnej, uprzednio rozgrzanej do temperatury 105°C. Podczas suszenia pokrywki pozostawiono obok naczyń, aby umożliwić odparowanie wilgoci. Czas suszenia wyniósł co najmniej 120 minut. Po zakończeniu wygrzewania naczynko przykryto pokrywkami, wyjęto z suszarki i umieszczono w eksykatorze do schłodzenia do temperatury pokojowej. Po schłodzeniu, zważono masę naczynka z próbką. Następnie przeprowadzano suszenie kontrolne - ponownie wygrzano próbkę przez 30 minut. Po suszeniu kontrolnym umieszczono próbkę w eksykatorze i po ostudzeniu powtórzono ważenie próbki. Jeśli jej masa była taka sama, oznaczono wilgotność próbki. Jeśli masa próbki po suszeniu kontrolnym uległa zmianie, powtórzono proces suszenia przez kolejne 30 minut. Suszenie ponawiano do momentu ustabilizowania się masy próbki. Zawartość wilgoci wyznaczono z równania:

$$W = \frac{m_{w1} - m_{w2}}{m_{w1} - m_{w3}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

gdzie: W [%] – zawartość wilgoci całkowitej; m_{w1} [g] – masa naczynka z próbką przed suszeniem; m_{w2} [g] – masa naczynka z próbką po suszeniu; m_{w3} [g] – masa pustego naczynka.

- **Zawartość popiołu**

Zawartość popiołu oznaczono metodą wagową, zgodnie z normą PN-ISO 1171:2002 (2002). Procedura badawcza została przeprowadzona w kilku etapach. W pierwszej kolejności, dla każdej próbki przygotowano i zważono puste ceramiczne naczynie na precyzyjnej wadze analitycznej. Następnie do naczynia odważono 1 g próbki węgla o uziarnieniu poniżej 0,2 mm. Naczynie z próbką umieszczono w piecu laboratoryjnym i poddano stopniowemu ogrzewaniu. Pierwszy etap polegał na równomiernym podniesieniu temperatury do 500°C w czasie 60 minut. Po osiągnięciu tej temperatury próbkę wygrzewano w warunkach izotermicznych przez kolejne 60 minut. Następnie temperatura pieca została zwiększona do 815°C, a próbkę poddano wygrzewaniu przez kolejne 60 minut. Po zakończeniu procesu wygrzewania naczynie z pozostałością popiołu wyjmowano z pieca i pozostawiano do ostygnięcia do temperatury pokojowej. Po schłodzeniu próbki ponownie mierzono jej masę. Zawartość popiołu obliczono jako stosunek masy spopielonej próbki do początkowej masy próbki węgla, wyrażony w procentach:

$$A = \frac{m_{A3} - m_{A1}}{m_{A2} - m_{A1}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

gdzie: A [%] – zawartość popiołu w próbce; m_{A1} [g] – masa pustego naczynka; m_{A2} [g] – masa naczynka z badaną próbką; m_{A3} [g] – masa naczynka z popiołem.

- **Zawartość części lotnych**

Oznaczenie zawartości części lotnych w węglu przeprowadzono metodą wagową, zgodnie z normą PN-G-04516:1998 (1998). Procedura badawcza polegała na suszeniu i prażeniu próbki węgla w atmosferze nieutleniającej, co umożliwiło odparowanie składników lotnych bez ich spalania. Procedura została przeprowadzona w kilku etapach. W pierwszej kolejności, dla każdej próbki przygotowano i zważono puste tygle z pokrywkami na wadze analitycznej. Następnie do tygla odważono 1 g próbki węgla o uziarnieniu poniżej 0,2 mm. Tygle z próbką zamknięte pokrywkami umieszczono w piecu nagrzanym uprzednio do temperatury 850°C na dokładnie 7 minut. W trakcie tego procesu następuje odparowanie części lotnych. Po zakończeniu ogrzewania próbkę wyjmowano z pieca i pozostawiano do ochłodzenia w warunkach suchych. Po schłodzeniu przeprowadzano ponowny pomiar masy próbki. Zawartość części lotnych obliczano jako procentowy ubytek masy próbki w stosunku do jej masy wyjściowej przed ogrzewaniem:

$$V^a = \frac{m_{V1} - m_{V2}}{m_{V1} - m_{V3}} \cdot 100\% - W^a, \quad (6)$$

gdzie: V^a [%] – zawartość części lotnych; m_{V1} [g] – masa tygla z pokrywką i próbką; m_{V2} [g] – masa tygla z pokrywką i nielotną pozostałością; m_{V3} [g] – masa tygla z pokrywką; W^a [%] – zawartość wilgoci w próbce analitycznej.

3.3. Badania zasadnicze – określenie zawartości metanu w złożu węgla brunatnego

Najpowszechniejszą metodą określania gazonośności górotworu jest pobór próbki skały do hermetycznego zbiornika, a następnie jej rozdrobnienie w celu uwolnienia gazu wolnego oraz zasorbowanego z przestrzeni porowej (Kudasik i in., 2018). Umożliwia to wykonanie bilansu objętościowego uwolnionego gazu. W przypadku skał, w których zachodzą procesy sorpcji i dyfuzji gazu (np. węgla), rozdrobnienie ma na celu zwiększenie tempa dyfuzji, której szybkość zależy od kwadratu promienia zastępczego reprezentującego badaną klasę ziarnową (równanie 2).

Metodyka pomiarowa służąca do określania zawartości metanu w złożu węgla brunatnego stanowi autorskie rozwiązanie, opracowane na podstawie wieloletniego doświadczenia pracowników Instytutu Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk w zakresie badań metanonośności pokładów węgla kamiennego, gazonośności złóż rud miedzi oraz zawartości metanu w złożach węgla brunatnego (Topolnicki i in., 2004; Skoczylas, 2012; Wierzbicki i Skoczylas, 2014; Skoczylas i in., 2015; Skoczylas i Topolnicki 2016; Skoczylas, 2016; Kudasik i Skoczylas, 2017; Kudasik i in., 2018; Kudasik i Skoczylas, 2018; Skoczylas i in., 2018).

Metodyka do określenia zawartości metanu w złożu węgla brunatnego obejmuje następujące etapy:

- **ETAP 1 – Pobranie próbek *in situ***

Pobór próbek kawałkowych przeprowadzono z powierzchni złoża, bezpośrednio po odsłonięciu wierzchniej warstwy węgla brunatnego. Próbkę uzyskiwano poprzez odłupanie fragmentów węgla z odkrytej powierzchni. Próbkę kawałkową rozdrobniono do frakcji ziarnowej o wielkości około 4,0–8,0 cm, a następnie porcje o łącznej masie około 150–200 g umieszczono w hermetycznych zbiornikach. W chwili zamknięcia zaworu rozpoczęto rejestrację ciśnienia wewnątrz zbiornika. Zapisano również wartość ciśnienia atmosferycznego wskazywaną przez manometr przed zamknięciem zbiornika oraz zmierzono temperaturę powietrza. Podczas pobierania próbek zachowano reżim czasowy, tak aby umieszczenie próbek w zbiornikach następowało w możliwie najkrótszym czasie, nie przekraczającym 2 minut od odkrycia wierzchniej warstwy węgla brunatnego.

Do badań technicznych pobrano próbki kawałkowe z tych samych lokalizacji, co próbki przeznaczone do oznaczenia zawartości metanu.



Rysunek 5 Schemat i zdjęcia hermetycznego zbiornika na próbkę węgla brunatnego (etap 1)

- **ETAP 2 – odgazowanie próbek w laboratorium – oznaczenie metanu wolnego M_w**

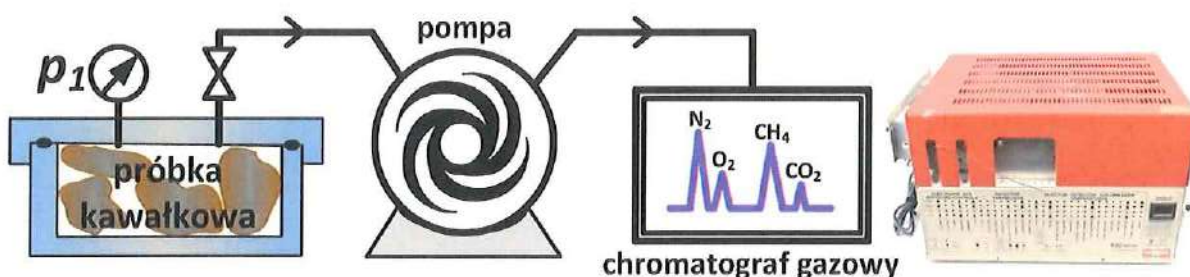
Po dostarczeniu hermetycznie zamkniętych próbek do laboratorium dokonano pomiaru masy każdego zbiornika zawierającego próbkę węgla. Na podstawie znajomości masy pustego zbiornika obliczano masę pobranej próbki. Następnie zbiorniki umieszczano w komorze termostatycznej, w której temperatura odpowiadała warunkom panującym w miejscu pobrania próbek w kopalni. Po ustabilizowaniu temperatury odczytywano ciśnienie w zbiornikach, co umożliwiało określenie

objętości gazu wolnego uwolnionego zarówno z próbek węgla, jak i z obecnej w nich wody złożowej (metoda Headspace).

W kolejnym etapie zbiorniki z próbkami odgazowywano za pomocą pompy bezpośrednio do chromatografu gazowego (rysunek 6). Procedura ta miała na celu oznaczenie składu mieszaniny gazowej znajdującej się w zbiornikach. Na podstawie stężenia metanu w gazie możliwe było wyznaczenie objętości wolnego CH_4 z wykorzystaniem równania stanu gazu doskonałego:

$$M_W = \frac{p_1 \cdot V_w}{R \cdot T \cdot m} \cdot V_m \cdot C_{\text{CH}_4}^1, \quad (7)$$

gdzie: $M_W \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{g}} \right]$ – objętość CH_4 wolnego uwolnionego z próbki i z wody wypełniającej pory; $p_1 [\text{Pa}]$ – ciśnienie w zbiorniku z próbką przed jej odgazowaniem, w temperaturze odpowiadającej kopalni; $V_w [\text{cm}^3]$ – objętość wolna wokół próbki w zbiorniku; $R \left[\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right]$ – uniwersalna stała gazowa; $T [\text{K}]$ – temperatura w zbiorniku z próbką, odpowiadająca temperaturze w kopalni; $m [\text{g}]$ – masa próbki; $V_m \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \right]$ – objętością molową gazu w warunkach *in situ*; $C_{\text{CH}_4}^1 [-]$ – stężenie CH_4 w zbiorniku z próbką.



Rysunek 6 Schemat odgazowania zbiornika z próbka węgla brunatnego (etap 2)

• ETAP 3 – rozdrobnienie próbek w laboratorium

Następnie odgazowane próbki przenoszono do młyna do skał (Kudasik i Skoczylas, 2017; Kudasik i Skoczylas, 2018; Kudasik i in., 2018), gdzie w warunkach hermetycznych poddawano je rozdrabnianiu w celu uwolnienia gazu zasorbowanego. Nóż tnący młyna, napędzany silnikiem prądu stałego o mocy 2,3 kW i prędkości obrotowej 20 000 obr./min, umożliwia rozdrobnienie próbki do frakcji o ziarnistości poniżej 0,05 mm w ciągu kilku sekund (rysunek 6). Urządzenie wyposażone jest w przetwornik ciśnienia oraz termometr, co pozwala na objętościowe oznaczenie ilości gazu uwolnionego z próbki.

Po zakończeniu procesu rozdrabniania rejestrowano wartości ciśnienia p_2 oraz temperatury w zbiorniku zawierającym rozdrobnioną próbkę, przy czym pomiaru dokonywano po ustabilizowaniu się warunków temperaturowych.



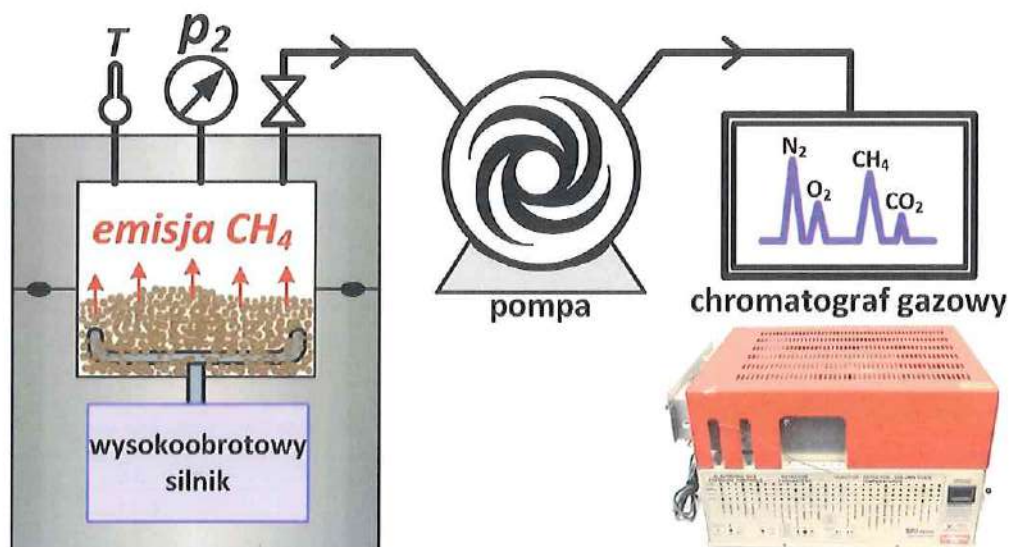
Rysunek 7 Schemat i zdjęcie młyna do skał oraz próbki węgla brunatnego przed i po rozdrobnieniu (etap 3)

• **ETAP 4 – odgazowanie rozdrobnionych próbek w laboratorium – oznaczenie metanu zasorbowanego M_S**

Po zakończeniu procesu rozdrabniania hermetycznie zamknięty zbiornik młyna, zawierający rozdrobnioną próbkę, łączono z chromatografem gazowym za pomocą pompy (rysunek 8). Następnie wykonywano analizę chromatograficzną w celu oznaczenia składu mieszaniny gazowej zdesorbowanej z próbki węgla w wyniku rozdrobnienia. Na podstawie stężenia metanu w gazie uwolnionym po rozdrobnieniu próbki możliwe było wyznaczenie objętości CH_4 pierwotnie zasorbowanego w próbce, przy zastosowaniu równania stanu gazu doskonałego:

$$M_S = \frac{p_2 \cdot V_s}{R \cdot T \cdot m} \cdot V_m \cdot C_{\text{CH}_4}^2 \quad (8)$$

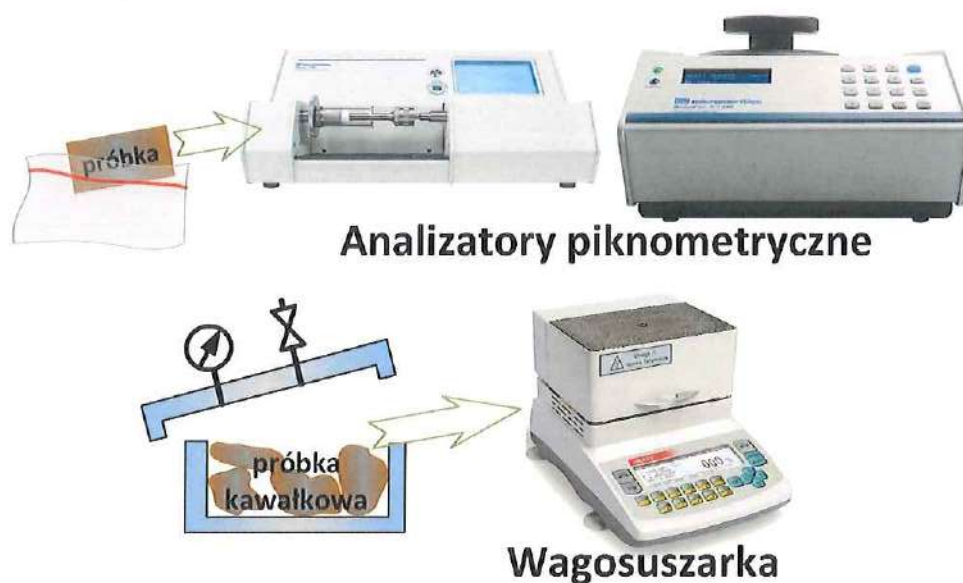
gdzie: $M_S \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{g}} \right]$ – objętość CH_4 zdesorbowanego z próbki i z wody wypełniającej pory; $p_2 [\text{Pa}]$ – ciśnienie w zbiorniku z rozdrobnioną próbką przed jej odgazowaniem; $V_s [\text{cm}^3]$ – objętość wolna wokół próbki w zbiorniku młyna; $R \left[\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right]$ – uniwersalna stała gazowa; $T [\text{K}]$ – temperatura w zbiorniku z próbką; $m [\text{g}]$ – masa próbki; $V_m \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \right]$ – objętością molową gazu w warunkach *in situ*; $C_{\text{CH}_4}^2 [-]$ – stężenie CH_4 w zbiorniku z rozdrobnioną próbką.



Rysunek 8 Schemat odgazowania hermetycznego zbiornika młyna z rozdrobnioną próbką węgla brunatnego (etap 4)

- **ETAP 5 – badania dodatkowe w laboratorium**

Próbki kawałkowe i fragmenty rdzeni pobrane do analiz technicznych węgla posłużyły do oznaczenia gęstości helowej i pozornej, porowatości, zawartości wilgoci oraz zawartości popiołu i części lotnych (rysunek 8).



Rysunek 9 Zdjęcia urządzeń do wykonania dodatkowych badań technicznych próbek (etap 5)

- **ETAP 6 – określenie zawartości metanu w złożu węgla brunatnego**

Ostatnim etapem badań było określenie zawartości metanu w złożu węgla brunatnego na podstawie przeprowadzonych pomiarów na pobranych próbkach. Metanonośność złoża wyznaczona została ze wzoru:

$$Mn = M_w + M_s, \quad (9)$$

gdzie: $Mn \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Mg}} \right]$ – metanonośność złoża węgla brunatnego; $M_w \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Mg}} \right]$ – objętość CH_4 wolnego w jednostkowej masie węgla; $M_s \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Mg}} \right]$ – objętość CH_4 zasorbowanego w jednostkowej masie węgla.

Aby metanonośność węgla brunatnego wyrazić w jednostce $\left[\frac{\text{kg}}{\text{Mg}} \right]$, można skorzystać z uproszczonego wzoru, przyjmując, że ciśnienia atmosferyczne wynosi 1013,25 hPa:

$$Mn \left[\frac{\text{kg}}{\text{Mg}} \right] = \frac{195,7}{T[^\circ\text{C}] + 273,15} \cdot Mn \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Mg}} \right], \quad (10)$$

Zarówno metan wolny (M_w), jak i metan zasorbowany (M_s), uwzględnione w równaniu (9), obejmują w sposób pośredni również metan rozpuszczony w wodzie złożowej, która wypełnia przestrzenie porowe próbki. W warunkach naturalnych metan ten może pozostawać w równowadze z fazą wodną, szczególnie przy wysokiej wilgotności charakterystycznej dla węgla brunatnego. Brak wyraźnego rozdziału tych form w pomiarze sumarycznym sprawia, że wyodrębnienie ilościowego udziału CH_4 rozpuszczonego w wodzie nie jest możliwe w oparciu wyłącznie o standardowe metody desorpcyjne. Precyzyjne określenie zawartości metanu w tej postaci wymaga zastosowania dodatkowych badań laboratoryjnych.

Wyznaczona opisaną metodą metanonośność węgla brunatnego odpowiada współczynnikowi emisji CH_4 do atmosfery.

4. Wyniki

W dniu 11 lutego 2026 roku pracownicy Instytutu Mechaniki Górniczej Polskiej Akademii Nauk pobrali próbki do badań metanonośności złoża węgla brunatnego Tomisławice. Pobranych zostało 5 próbek kawałkowych z powierzchni złoża. Wyniki badań technicznych i metanonośności złoża Tomisławice zestawiono w tabeli 3. W tabeli najwyższe wartości metanonośności oznaczono kolorem czerwonym, natomiast najniższe — kolorem zielonym.

Średnia porowatość próbek kawałkowych pobranych z powierzchni złoża wyniosła 6,74%. Ich średnia zawartość wilgoci osiągnęła 51,16%, zawartość popiołu 14,93%, a średnia zawartość części lotnych 54,22%.

Metanonośność węgla określono dla warunków *in situ*, uwzględniając temperaturę, ciśnienie atmosferyczne oraz wilgotność próbki. Wartości metanonośności nie zostały przeliczone na czystą substancję węglową, ponieważ celem analizy było oszacowanie rzeczywistego potencjału emisji metanu z urobku. Uzyskane wyniki mieściły się w zakresie od $0 \text{ m}^3/\text{Mg}$ do $0,0178 \text{ m}^3/\text{Mg}$, przy średniej wartości wynoszącej $\overline{Mn} = 0,0053 \text{ m}^3/\text{Mg}$ (co odpowiada $\overline{Mn} = 0,0037 \text{ kg}/\text{Mg}$). Określono również udział metanu wolnego i zasorbowanego w całkowitej zawartości metanu w przebadanych próbkach kawałkowych. Stwierdzono niemal równy udział metanu wolnego (50,5%) i zasorbowanego (49,5%) w całkowitej zawartości metanu w próbkach w których metan był obecny.

Tabela 3 Wyniki badań technicznych i metanonośności próbek kawałkowych złoża węgla brunatnego Tomisławice

Symbol próbki	Gęstość szkieletowa cm ³ /g	Gęstość pozorna cm ³ /g	Porowatość %	Zawartość wilgoci %	Zawartość popiołu %	Zawartość części lotnych %	Zawartość metanu wolnego m ³ /Mg	Zawartość metanu zasorbowanego m ³ /Mg	Metanonośność węgla m ³ /Mg	Udział metanu wolnego %	Udział metanu zasorbowanego %
K1	1,217	1,107	9,09	49,29	14,98	54,62	0,0164	0,0014	0,0178	92,1	7,9
K2	1,254	1,167	6,88	47,33	16,95	53,91	0,0006	0,0004	0,0010	60,0	40,0
K3	1,212	1,110	8,44	54,75	10,49	57,19	0,0024	0,0024	0,0048	50,0	50,0
K4	1,209	1,151	4,78	52,90	10,48	59,36	0,0000	0,0031	0,0031	0,0	100,0
K5	1,221	1,165	4,56	51,55	21,75	46,03	0,0000	0,0000	0,0000	-	-
średnia	1,223	1,140	6,74	51,16	14,93	54,22	0,0039	0,0015	0,0053	50,5	49,5

5. Dyskusja

Głównym celem pomiarów zawartości metanu w złożu Tomisławice było określenie aktualnej emisji metanu ze świeżego urobku węgla brunatnego. Cel ten został zrealizowany na podstawie pomiarów wykonanych na 5 reprezentatywnych próbkach kawałkowych węgla brunatnego, pobranych z powierzchni, z rejonów aktualnej eksploatacji górniczej. Uzyskana średnia wartość zawartości metanu w złożu węgla brunatnego Tomisławice wyniosła 0,0053 m³/Mg.

W pomiarach dokonano rozdzielenia udziału poszczególnych form występowania metanu w pobranym materiale. W próbkach pobranych z powierzchni węgla brunatnego nieznacznie dominującą formą był metan wolny (50,5%), przy niemal równym udziale metanu zasorbowanego. Należy jednak podkreślić, że wysoka wilgotność badanego węgla brunatnego (średnia zawartość wilgoci przebadanych próbek wyniosła 51,16%) istotnie redukuje jego pojemność sorpcyjną, ponieważ woda zajmuje część przestrzeni porowej oraz aktywnych centrów sorpcyjnych materii organicznej. W konsekwencji zdolność wiązania metanu w formie zasorbowanej jest znacznie ograniczona. Jednocześnie fakt, że próbki pochodziły z powierzchni złoża, wskazuje na znaczny stopień odgazowania metanu wolnego z węgla brunatnego. W warunkach obniżonego ciśnienia i bezpośredniego kontaktu powierzchni złoża z atmosferą dochodzi do intensywnej emisji metanu wolnego ze szczelin i największych porów. W rezultacie całkowita zawartość metanu w analizowanym węglu była bardzo niska (średnia wartość 0,0053 m³/Mg), a równy udział obu form CH₄ nie wynika bezpośrednio ze zdolności węgla do akumulacji metanu, lecz z jednoczesnego ograniczenia pojemności sorpcyjnej oraz wcześniejszego odgazowania złoża. Należy jednak podkreślić, że określanie emisji metanu ze złoża węgla brunatnego na reprezentatywnych próbkach pobieranych z powierzchni, z rejonów aktualnej eksploatacji górniczej, jest zgodne z wytycznymi Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) (2024/1787).

Zastosowana autorska metoda pomiarowa umożliwiła kompleksowe określenie całkowitej zawartości metanu w badanych próbkach węgla brunatnego, uwzględniając podstawowe formy jego występowania w złożu: metan wolny, wypełniający przestrzenie porowe i obecny w wodzie złożowej, a także metan zasorbowany, związany z powierzchnią najmniejszych porów. Procedura pomiarowa zakładała pomiary na próbkach kawałkowych o wymiarach przekraczających 4,0 cm, co pozwoliło zminimalizować potencjalne straty gazu podczas pobierania i przygotowania materiału badawczego. Opracowana metoda cechuje się wysoką powtarzalnością oraz dokładnością, co umożliwiło rzetelną ocenę zawartości metanu nawet w próbkach węgla brunatnego o niskiej metanonośności.

6. Wnioski

W ramach opracowania przeprowadzono badania 5 próbek kawałkowych z powierzchni węgla brunatnego złoża Tomisławice, pochodzących z rejonów aktualnej eksploatacji górniczej. Metanonośność węgla określono dla warunków *in situ*, uwzględniając temperaturę, ciśnienie atmosferyczne oraz wilgotność węgla. Emisję metanu w określonym przedziale czasu (kwartale, roku) należy wyznaczyć ze wzoru:

$$V_{CH_4} = \overline{Mn} \cdot Q_w, \quad (11)$$

gdzie: $V_{CH_4} [m^3]$ – całkowita objętość metanu wyemitowana ze złoża węgla brunatnego w określonym przedziale czasu; $\overline{Mn} [m^3/Mg]$ – średni współczynnik emisji metanu ze złoża węgla brunatnego obowiązujący w określonym przedziale czasu; $Q_w [Mg]$ – sumaryczna masa urobku ze złoża węgla brunatnego uzyskana w określonym przedziale czasu.

Na podstawie przeprowadzonych badań metanonośności wyznaczona średnia wartość współczynnika emisji metanu z próbek węgla brunatnego pochodzącego z powierzchni, z miejsc bieżącej eksploatacji górniczej, wyniosła $\overline{Mn} = 0,0053 \text{ m}^3/Mg$ (co odpowiada: $\overline{Mn} = 0,00037 \text{ kg/Mg}$).

Należy podkreślić, że wyznaczone współczynniki emisji odnoszą się do warunków gazowych i geologiczno-górnich panujących w rejonie złoża Tomisławice objętym przeprowadzonymi badaniami oraz do okresu, w którym prowadzona będzie eksploatacja tej konkretnej partii złoża. Oznacza to, że ich stosowanie jest zasadne w przedziale czasu odpowiadającym eksploatacji przebadanego rejonu, natomiast w przypadku przejścia frontu robót do innych partii złoża wartości te powinny zostać zaktualizowane na podstawie odrębnych pomiarów. Co więcej zgodnie z art. 20 pkt 3 Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) (2024/1787) współczynniki emisji powinny być oznaczane co kwartał i raportowane do Wyższego Urzędu Górniczego w podsumowaniu rocznym

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów, emisję metanu w raportowanym okresie eksploatacyjnym złoża Tomisławice należy określać ze wzorów:

$$V_{CH_4} [m^3] = 0,0053 \cdot Q_w, \quad (12)$$

lub:

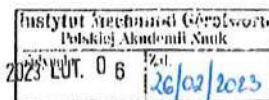
$$V_{CH_4} [kg] = 0,0037 \cdot Q_w. \quad (13)$$

Uzyskane wyniki zawartości metanu w węglu brunatnym potwierdzają niskoemisyjny charakter węgla brunatnego ze złoża Tomisławice w aktualnie eksploatowanym rejonie.

Institut Mechaniki Górotworu
Polskiej Akademii Nauk

dr hab. inż. Mateusz Kudasik, prof. IMG PAN
Uprawniony Rzeczoznawca
do spraw ruchu zakładu górniczego

Załącznik 1. Uprawnienia rzeczoznawcy do spraw ruchu zakładu górniczego



PREZES WYŻSZEGO URZĘDU GÓRNICZEGO

Katowice, dnia 31 stycznia 2023 r.

GG.911.9.2023

Ldz.2477/01/2023/JK

DECYZJA

Na podstawie art. 74 w związku z art. 72 pkt 15, 16, 18, 20 i 21 ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2022 r. poz. 1072, z późn. zm.), zwanej dalej „Pgg” oraz art. 104 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. – Kodeks postępowania administracyjnego (Dz. U. z 2022 r. poz. 2000, z późn. zm.), po rozpoznaniu wniosku Instytutu Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk z siedzibą w Krakowie, z dnia 12 stycznia 2023 r., bez znaku, w sprawie nadania uprawnień rzeczoznawcy do spraw ruchu zakładu górniczego w grupie XV – zagrożenie metanowe i pyłowe, w grupie XVI – zagrożenie pożarowe, w grupie XVIII – zagrożenie wyrzutem gazów i skał, w grupie XX – zagrożenie klimatyczne oraz w grupie XXI – badanie rozwiązań technicznych poprzedzających wprowadzanie nowych systemów eksploatacji rud miedzi, cynku i ołowiu lub odmian tych systemów,

nadaje

Instytutowi Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk z siedzibą w Krakowie uprawnienia rzeczoznawcy do spraw ruchu zakładu górniczego:

1. W grupie XV – zagrożenie metanowe i pyłowe, w zakresie:

- a) przeprowadzania badań i wydawania opinii dla celów związanych z zaliczeniem pokładu, złoża lub ich części do odpowiedniej kategorii zagrożenia metanowego w podziemnych zakładach górniczych (§ 11 pkt 4 rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych; Dz. U. z 2015 r. poz. 1702, z późn. zm., zwanego dalej „rozporządzeniem zagr”),
- b) przeprowadzania badań i wydawania opinii dla celów związanych z zaliczeniem pokładu lub jego części oraz wyrobiska lub jego części do klasy A zagrożenia wybuchem pyłu węglowego w zakładach górniczych (§ 20 pkt 7 rozporządzenia zagr),
- c) określania sposobu izolowania oraz oznakowania i zabezpieczenia przed możliwością wstępu nieupoważnionych osób do wyrobisk w zakładach górniczych wydobywających rudy miedzi, w których jest przekroczone dopuszczalne stężenie siarkowodoru, zasad przebywania załogi w rejonie tych wyrobisk, monitorowania stężenia siarkowodoru oraz automatycznego pomiaru prędkości lub ilości powietrza w wyrobiskach wygradzonych i rejonie tych wyrobisk oraz zasad przeprowadzania okresowych kontroli tych wyrobisk (§ 143 ust. 3 rozporządzenia Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych; Dz. U. z 2017 r. poz. 1118, zwanego dalej „rozporządzeniem bhp”),
- d) opiniowania projektów technicznych, o których mowa w § 38 rozporządzenia bhp, dla rejonów wentylacyjnych ścian, w których prognoza metanowości bezwzględnej przewiduje przekroczenie 40 m³/min (§ 244 rozporządzenia bhp),
- e) badania stanu zagrożenia metanowego w przypadku stwierdzenia w polach niemetanowych, w próbach powietrza pobranych do analizy laboratoryjnej, stężenia metanu w powietrzu wynoszącego 0,5% lub więcej albo w zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny w pokładzie węgla metanonośności większej niż 0,1 m³/Mg w przeliczeniu na czystą substancję węglową (§ 272 pkt 3 rozporządzenia bhp),

Wyższy Urząd Górniczy, ul. Poniatowskiego 31, 40-055 Katowice
tel. 32 736 17 52, faks 32 251 48 84, e-mail: wug@wug.gov.pl, www.wug.gov.pl

- f) przeprowadzania badań w celu określenia metanonośności pokładów węgla (§ 277 ust. 2 rozporządzenia bhp),
 - g) opracowywania prognoz metanowości bezwzględnej wyrobisk wybierkowych i korytarzowych w nierozpoznanych częściach złoże (§ 283 rozporządzenia bhp),
 - h) opiniowania projektów technicznych, o których mowa w § 38 rozporządzenia bhp, dotyczących eksploatacji pokładów węgla zaliczonych do II – IV kategorii zagrożenia metanowego w rejonach przygranicznych zakładu górniczego bez pozostawienia filara granicznego (§ 284 rozporządzenia bhp),
 - i) opracowania zasad prowadzenia ścian w warunkach zagrożenia metanowego, dla stosowania pomocniczych urządzeń wentylacyjnych (§ 298 pkt 4 rozporządzenia bhp).
2. W grupie XVI – zagrożenie pożarowe, w zakresie opiniowania zasad sprowadzania powietrza wyrobiskiem na upad w przypadku, gdy średni upad wyrobiska lub boczny wentylacyjny wynosi więcej niż 10° (§ 175 ust. 3 pkt 3 rozporządzenia bhp).
3. W grupie XVIII – zagrożenie wyrzutem gazów i skał, w zakresie:
- a) przeprowadzania badań i wydawania opinii dla celów związanych z zaliczeniem pokładu, złoże lub ich części do odpowiedniej kategorii zagrożenia wyrzutami gazów i skał (§ 16 pkt 5 rozporządzenia zagr),
 - b) określania kryteriów oceny stanu zagrożenia wyrzutami gazu i skał na podstawie własności sorpcyjnych i zawartości części lotnych w węglu (§ 380 ust. 3 rozporządzenia bhp),
 - c) opracowywania prognoz zagrożenia wyrzutowego dla nowo udostępnianej części złoże w zakładach górniczych eksploatujących pokłady węgla zagrożone wyrzutami gazów i skał, gdy stwierdzona metanonośność wynosi nie mniej niż 4,5 m³CH₄/Mg w przeliczeniu na czystą substancję węglową (§ 397 ust. 3 rozporządzenia bhp),
 - d) opiniowanie załączników do wytycznych prowadzenia rozpoznania zagrożenia gazowego i potencjalnych zjawisk gazogeodynamicznych oraz prowadzenia robót górniczych w warunkach możliwości występowania tych zagrożeń w zakładach górniczych wydobywających rudy miedzi, które musi posiadać przedsiębiorca dla rozpoznania i kontroli stanu zagrożenia wyrzutami gazów i skał oraz bezpiecznego prowadzenia robót górniczych (pkt 3.5.1. załącznika nr 3 do rozporządzenia bhp).
4. W grupie XX – zagrożenie klimatyczne, w zakresie opiniowania profilaktyki zapewniającej utrzymanie właściwych warunków klimatycznych, określonych odpowiednio w § 445a ust. 1 i § 445b ust. 2 rozporządzenia bhp, w wyrobiskach wykonywanych w górotworze, którego temperatura pierwotna jest większa niż 40°C (§ 445 ust. 2 rozporządzenia bhp).
5. W grupie XXI – w zakresie badania rozwiązań technicznych poprzedzających wprowadzanie nowych systemów eksploatacji złóż rud miedzi, cynku i ołowiu lub odmian tych systemów (§ 112 ust. 4 rozporządzenia bhp).

Badania i opinie w sprawach dotyczących ruchu zakładu górniczego w wyżej wymienionych zakresach wykonywane będą w Instytucie Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk z siedzibą w Krakowie, przez następujące osoby:

- dr. hab. inż. Przemysław Skotnicznego,
- prof. dr. hab. inż. Wacława Dziurzyńskiego,
- dr. inż. Piotra Ostrogórskiego,
- dr. hab. inż. Mateusza Kudasika.

Decyzja jest ważna do dnia 26 stycznia 2028 r.

UZASADNIENIE

Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk z siedzibą w Krakowie, wnioskiem z dnia 12 stycznia 2023 r., zwrócił się z do Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego o nadanie uprawnień rzeczoznawcy do spraw ruchu zakładu górniczego w: grupie XV – zagrożenie metanowe i pyłowe, grupie XVI – zagrożenie pożarowe, grupie XVIII – zagrożenie wyrzutem gazów i skał, grupie XX – zagrożenie klimatyczne oraz w grupie XXI – badanie rozwiązań technicznych poprzedzających wprowadzanie nowych systemów eksploatacji rud miedzi, cynku i ołowiu lub odmian tych systemów, w zakresie ustalonym w przepisach §§ 112 ust. 4, 143 ust. 3, 175 ust. 3 pkt 3, 244, 272 pkt 3, 277 ust. 2, 283, 284, 298 pkt 4, 380 ust. 3, 397 ust. 3, 445 ust. 2 rozporządzenia bhp, pkt. 3.5.1 załącznika nr 3 do rozporządzenia bhp oraz §§ 11 pkt 4, 16 pkt 5 i 20 pkt 7 rozporządzenia zagr.

Po przeanalizowaniu dołączonych do wniosku dokumentów stwierdzono, że wnioskodawca spełnia wymagania ustalone dla rzeczoznawców – osób prawnych, określone w art. 71 ust. 2 Pgg.

Wnioskodawca posiada zaplecze techniczne i organizację zapewniające bezstronność i rzetelność oraz laboratorium wyposażone w urządzenia niezbędne do wykonywania badań i sporządzania na ich podstawie opinii w sprawach dotyczących ruchu zakładu górniczego.

Dr hab. inż. Przemysław Skotniczny, prof. dr hab. inż. Wacław Dziurzyński, dr inż. Piotr Ostrogórski i dr hab. inż. Mateusz Kudasik, tj. osoby, które będą wykonywać badania i sporządzać opinie, spełniają wymagania określone w art. 71 ust. 1 Pgg.

W związku z tym postanowiono, jak w osnowie decyzji.

POUCZENIE

Od niniejszej decyzji nie służy odwołanie, jednak strona niezadowolona z decyzji może w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia zwrócić się bezpośrednio do Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego z wnioskiem o ponowne rozpatrzenie sprawy.

W trakcie biegu ww. 14-dniowego terminu do złożenia wniosku o ponowne rozpatrzenie sprawy strona postępowania może zrzec się prawa do złożenia tego wniosku. Z dniem doręczenia Prezesowi Wyższego Urzędu Górniczego oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do złożenia wniosku o ponowne rozpatrzenie sprawy przez stronę postępowania (ostatnią ze stron postępowania), decyzja staje się ostateczna i prawomocna, co uniemożliwia m.in. złożenie skargi do sądu administracyjnego. Cofnięcie przez stronę złożonego już oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do złożenia wniosku o ponowne rozpatrzenie sprawy jest niedopuszczalne.

Strona, której przysługuje ww. prawo zwrócenia się do Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego z wnioskiem o ponowne rozpatrzenie sprawy może – bez skorzystania z tego prawa – wnieść skargę na niniejszą decyzję do Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Gliwicach, za pośrednictwem Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, w terminie 30 dni od dnia jej doręczenia. Wymogi formalne skargi określają art. 46, art. 47, art. 57 § 1 ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. – Prawo o postępowaniu przed sądami administracyjnymi ((Dz. U. z 2022 r. poz. 329, z późn. zm.).

Wniesienie skargi na ww. decyzję wymaga uiszczenia wpisu stałego w wysokości 200 zł.

Strona może ubiegać się o zwolnienie od kosztów sądowych albo przyznanie jej prawa pomocy, obejmującego zwolnienie od kosztów sądowych oraz ustanowienie adwokata lub radcy prawnego (doradcy podatkowego lub rzeczownika patentowego). Zasady przyznawania prawa pomocy oraz skutki przyznania określają art. 243-262 ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. – Prawo o postępowaniu przed sądami administracyjnymi.

Otrzymuje:

1. Instytut Mechaniki Górotworu
Polskiej Akademii Nauk
ul. Reymonta 27
30-059 Kraków
2. WUG – Dep. GEM
3. WUG – Dep. GG aa



WYŻSZY URZĄD GÓRNICZY

mgr inż. Sławomir Rawicki
Prezesa
Wyższego Urzędu Górniczego

Robrano opłatę skarbową

w wysokości... 1105 zł...

słownie zł... jeden tysiąc pięć...

złotych... 11.01.2023. p.1

Literatura

- 1) Abuamarah B.A., Nabawy B.S., Shehata A.M., Kassem O.M.K., Ghrefat H. Integrated geological and petrophysical characterization of oligocene deep marine unconventional poor to tight sandstone gas reservoir. *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 109, 2019, 868-885.
- 2) Gawor M., Skoczylas N. Sorption Rate of Carbon Dioxide on Coal. *Transport in Porous Media*, Vol. 101(2), 2014, 269-279.
- 3) Harpalani S., Schraufnagel R.A. Shrinkage of coal matrix with release of gas and its impact on permeability of coal. *Fuel*, Vol. 69(5), 1990, 551-556.
- 4) Kotarba M.J., Rice D.D. Composition and origin of coalbed gases in Lower Silesian Basins, northwestern Poland. *Applied Geochemistry*, Vol. 16(7), 2002, 895-910.
- 5) Kudasik M. Investigating permeability of coal samples of various porosities under stress conditions. *Energies*, Vol. 12(4), 2019, 762.
- 6) Kudasik M., Anioł Ł., Gajda A., Pajdak A. Influence of confining pressure on permeability and structural properties of selected sedimentary, igneous, and metamorphic rocks. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 2023, 82:455
- 7) Kudasik M., Pajdak A., Skoczylas N. The validation process of the method of balancing gas contained in the pore space of rocks via rock comminution. *Archives of Mining Sciences*, Vol. 63(4), 2018, 989-1005.
- 8) Kudasik M., Skoczylas N. Analyzer for measuring gas contained in the pore space of rocks. *Measurement Science and Technology*, Vol. 28(10), 2017, 105901.
- 9) Kudasik M., Skoczylas N. Balancing the amount and composition of gas contained in the pore space of cupriferous rocks. *Environmental Earth Sciences*, Vol. 77, 2018, 135.
- 10) Macuda J., Zawisza L. Występowanie metanu w złożu węgla brunatnego KWB „Bełchatów” S.A. *Wiertnictwo, Nafta, Gaz*, Vol. 22(1), 2005, 233-238.
- 11) Nie B., Liu X., Yuan S., Ge B., Jia W., Wang C., Chen X. Sorption characteristics of methane among various rank coals: impact of moisture. *Adsorption*, Vol. 22, 2016, 315-325.
- 12) Pillalamarri M., Harpalani S., Liu S. Gas diffusion behavior of coal and its impact on production from coalbed methane reservoirs. *International Journal of Coal Geology*, Vol. 86(4), 2011, 342-348.
- 13) PN-80/G-04511: Paliwa stałe – Oznaczanie zawartości wilgoci. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, 1980.
- 14) PN-G-04516:1998: Paliwa stałe – Oznaczanie zawartości części lotnych metodą wagową. Polski Komitet Normalizacyjny, 1998.
- 15) PN-G-44200:2013-10: Górnictwo – Oznaczanie metanonośności w pokładach węgla kamiennego – Metoda zwiercinowa. Polski Komitet Normalizacyjny, 2013.
- 16) PN-ISO 1171:2002: Paliwa stałe – Oznaczanie zawartości popiołu. Polski Komitet Normalizacyjny, 2002.
- 17) Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1787 z dnia 13 czerwca 2024 r. w sprawie redukcji emisji metanu w sektorze energetycznym oraz zmieniające rozporządzenie (UE) 2019/942 (Tekst mający znaczenie dla EOG). Opublikowane w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej L 2024/1787 z dnia 15 lipca 2024 r.
- 18) Skoczylas N. Coal seam methane pressure as a parameter determining the level of the outburst risk—laboratory and *in situ* research. *Archives of Mining Sciences*, Vol. 57 (4), 2012, 861-869.

- 19) Skoczylas N. Fast evaluation of the coalbed methane content of coal viewed as an element leading to improvement in exploitation conditions. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, Vol. 32(2), 2016, 153-174.
- 20) Skoczylas N., Kudasik M., Wierzbicki M., Murzyn T. New instruments and methods for analysing the coal-methane system. *Studia Geotechnica et Mechanica*, Vol. 37(1), 2015.
- 21) Skoczylas N., Topolnicki J. The coal-gas system-the effective diffusion coefficient. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, Vol. 12(4), 2016, 412-424.
- 22) Skoczylas N., Wierzbicki M., Kudasik M. A simple method for measuring basic parameters of the coal-methane system under mining conditions. *Journal of Mining Science*, Vol. 54(3), 2018, 186-197.
- 23) Stams A.J., Plugge C.M. Electron transfer in syntrophic communities of anaerobic bacteria and archaea. *Nature Reviews Microbiology*, Vol. 7(8), 2009, 568-577.
- 24) Strąpoć D., Mastalerz M., Dawson K., Macalady J.L., Callaghan A.V., Wawrik B., Turich C., Ashby M. Biogeochemistry of Microbial Coal-Bed methane. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, Vol. 39, 2011, 617-656.
- 25) Topolnicki J., Wierzbicki M., Skoczylas N. Rock and gas outbursts-laboratory tests and in-shaft measurements. *Archives of Mining Sciences*, Vol. 49(1), 2004, 99-116.
- 26) Wierzbicki M., Skoczylas N. The outburst risk as a function of the methane capacity and firmness of a coal seam. *Archives of Mining Sciences*. Vol. 59(4), 2014, 1023-1031.