

Referat wygłoszony w dniu 20 maja 2026r. na posiedzeniu Komisji Nauk Geologicznych PAN Oddział w Krakowie

**dr Małgorzata Słota-Valim¹, dr Anita Lis-Śledziona², mgr Weronika Kaczmarczyk-Kuszpit³,
dr Wiesław Szott⁴, mgr Krzysztof Miłek⁵**

¹ Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, Pion Poszukiwań Złóż Węglowodorów, ul. Lubicz 25 A, Kraków, ORCID: 0000-0002-5915-7614, email: slota-valim@inig.pl

² Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, Pion Poszukiwań Złóż Węglowodorów, ul. Lubicz 25 A, Kraków, ORCID: 0000-0003-3067-3014, email: lis-sledziona@inig.pl

³ Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, Pion Poszukiwań Złóż Węglowodorów ul. Lubicz 25 A, Kraków, ORCID: 0000-0002-7458-1966, email: kaczmarczyk-kuszpit@inig.pl

⁴ Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, Pion Eksploatacji Złóż Węglowodorów, ul. Armii Krajowej 3 Krosno, ORCID: 0000-0002-6639-3025

⁵ Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie, Pion Eksploatacji Złóż Węglowodorów ul. Armii Krajowej 3 Krosno ORCID: 0000-0001-5841-3615, email: krzysztof.milek@inig.pl

Od zintegrowanych danych geologicznych i petrofizyczno-geomechanicznych do bezpiecznej eksploatacji: kompleksowe podejście do modelowania i odmetanowania w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym

Ograniczenie emisji metanu z górnictwa węgla kamiennego oraz optymalizacja jego wykorzystania stanowią kluczowy element transformacji energetycznej w Polsce. Metan uwalniany podczas eksploatacji pokładów węgla jest jednym z najistotniejszych zagrożeń wentylacyjnych i wybuchowych w górnictwie podziemnym, a jednocześnie silnym gazem o potencjale tworzenia efektu cieplarnianego (GWP), 28–36 razy wyższym niż CO₂ w perspektywie 100 lat (Karacan, 2009; Karacan et al., 2011). W konsekwencji efektywne systemy odmetanowania wymagają integracji precyzyjnych modeli geologicznych, prognoz migracji gazu oraz zaawansowanych technologii wierceń, co stanowi podstawę nowoczesnego podejścia do zarządzania emisjami metanu w górnictwie (Krause, 2008; Prusek et al., 2020).

Celem pracy jest wsparcie tych działań poprzez opracowanie rzeczywistego modelu geologiczno-złożowego, odzwierciedlającego geometrię pokładów węgla oraz skał płonnych, a także ich charakterystykę parametryczną, w celu identyfikacji stref akumulacji metanu oraz optymalizacji projektowania otworów odmetanujących w warunkach złożonej budowy geologicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. W analizie zastosowano zintegrowane podejście petrofizyczno-geomechaniczne, oparte na danych geofizyki otworowej, danych geologicznych (w tym mapach i

przekrojach), jak również wynikach badań laboratoryjnych rdzeni skalnych z głębokich otworów wiertniczych, obejmujących zarówno otwory powierzchniowe, jak i otwory dołowe. Uwzględniono istotną zmienność litologiczną oraz przestrzenną niejednorodność parametrów zbiornikowych, typową dla utworów karbonu produktywnego (Bukowska et al., 2012 2016).

W ramach analizy wyznaczono kluczowe parametry petrofizyczne i geomechaniczne ośrodka skalnego, w tym porowatość, przepuszczalność, gęstość objętościową, moduł Younga, współczynnik Poissona oraz wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie (Fu et al., 2009; Ranjith & Perera, 2012). Zastosowano empiryczne zależności wiążące właściwości fizyczne i mechaniczne skał, umożliwiające spójne przeliczenie parametrów dynamicznych na wartości statyczne (Chang et al., 2006). Interpretację właściwości geomechanicznych osadzono w kontekście zachowania skał w warunkach zmiennego naprężenia i deformacji, charakterystycznych dla środowiska górniczego (Bukowska, 2002; Bukowska, 2003, Rybacki et al., 2014).

Klasyfikację litologiczną przeprowadzono z wykorzystaniem statystycznej analizy wielowymiarowej, co pozwoliło na obiektywne wydzielenie głównych litotypów występujących w profilu karbonu, takich jak węgiel, tutek węglowy, piaskowiec, piaskowiec ilasty oraz mułowiec (Pearson, 1901; Fisher, 1936). Podejście to umożliwiło powiązanie zmienności litologicznej z rozkładem parametrów petrofizycznych i geomechanicznych w skali złożowej.

Na podstawie uzyskanych wyników opracowano parametryczny model ośrodka skalnego w skali profilowań otworowych, który stanowi fundament do budowy trójwymiarowego modelu geologicznego i geomechanicznego (3D). Model ten umożliwia szczegółowe odwzorowanie architektury litologicznej, strukturalnej oraz przestrzennej niejednorodności górotworu, co ma kluczowe znaczenie dla identyfikacji stref o podwyższonym potencjale akumulacji metanu oraz optymalizacji lokalizacji otworów odmetanowujących (Buła & Żaba, 2008; Buła et al., 2015).

Zaprezentowana metodyka została wdrożona w projekcie REM realizowanym w kopalni KWK „Pniówek”, który integruje wysokorozdzielcze modelowanie geologiczne 3D, prognozowanie migracji metanu oraz optymalizację systemów wierceń odmetanowujących. Podejście to obejmuje analizę migracji gazu w oparciu o dane historyczne i modelowanie numeryczne, z uwzględnieniem długoterminowych procesów desorpcji metanu z pokładów nad- i podległych oraz jego migracji do zrobów poeksploatacyjnych (Krause, 2008; Krause & Skiba, 2014, Zarębska & Ceglarska-Stefańska, 2006; Słota-Valim et al., 2025, Kaczmarczyk-Kuszpit, et al., 2025).

Zastosowanie zoptymalizowanych technologii wierceń kierunkowych oraz układów otworów, pozwala na znaczące zwiększenie efektywności ujmowania metanu i ograniczenie emisji do powietrza wentylacyjnego. Integracja tych rozwiązań z systemami monitoringu parametrów gazowych umożliwia bieżącą kontrolę i optymalizację pracy systemów odmetanowania (Prusek et al., 2020).

Finansowanie

Niniejsza praca stanowi część projektu pt. “Reduction of methane emissions from post mining goafs to minimise their inflow into VAM” (akronim: REM), który uzyskał finansowanie z programu badawczego Unii Europejskiej Research Fund for Coal and Steel, na podstawie umowy grantowej nr 101099061-REM—RFCS-2022-JT, oraz ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (umowy nr 5404/FBWiS/2023/2 oraz 5458/FBWiS/2023/2).

Literatura

Bukowska M. 2002. Geomechanical properties of rocks from the rockburst hazard point of view. *Archives of Mining Sciences*, 47(2).

Bukowska M. 2003. Post-critical properties of Carboniferous rocks in the Upper Silesian Coal Basin under varying strain rate and confining pressure conditions. *Archives of Mining Sciences*, 48(4).

Bukowska M., Sanetra U., Wadas M. 2012. Chronostratigraphic and depth variability of porosity and strength of hard coals of Upper Silesian Basin. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, 28(4), 151–166. <https://doi.org/10.2478/v10269-012-0029-8>

Bukowska M., Sanetra U., Wadas M. 2016. Zonation of deposits of hard coals of different porosity in the Upper Silesian Coal Basin. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, 32(1), 5–24. <https://doi.org/10.1515/gospo-2016-0009>

Buła Z., Żaba J. 2008. Structure of the Precambrian basement of the eastern part of the Upper Silesian Block (Brunovistulicum). *Przegląd Geologiczny*, 56(6), 473–480.

Buła, Z., Habryn, R., Jachowicz-Zdanowska, M., & Żaba, J. 2015. The Precambrian and Lower Paleozoic of the Brunovistulicum (eastern part of the Upper Silesian Block, southern Poland) – the state of the art. *Geological Quarterly*, 59(1), 123–134. <https://doi.org/10.7306/gq.1203>

Chang C., Zoback M.D., Khaksar A. 2006. Empirical relations between rock strength and physical properties in sedimentary rocks. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 51(3–4), 223–237.

Fisher R.A., 1936 – The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of Eugenics*, 7, 179–188.

Fu X., Qin Y., Wang G.G.X., Rudolph R. 2009. Evaluation of coal structure and permeability with geophysical logging technology. *Fuel*, 88(11), 2278–2285. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2009.05.018>

Kaczmarczyk-Kuszpit, W.; Słota-Valim, M.; Wrana, A.; Surma, R.; Badylak, A.; Cicha-Szot, R.; Wojnicki, M.; Krzemień, A.; Lubosik, Z.; Leśniak, G. 2025. An Integrated Approach to Design Methane Drainage Boreholes in Post-Mining Areas of an Active Coal Mine: A Case Study from the Pniówek Coal Mine. *Appl. Sci.*, 15, 11548. <https://doi.org/10.3390/app152111548>

Karacan, C.Ö. 2009. Reservoir rock properties of coal measure strata of the Lower Monongahela Group, Greene County (Southwestern Pennsylvania), from methane control and production perspectives. *International Journal of Coal Geology* 78(1), 47–64. doi.org/10.1016/j.coal.2008.10.001

Karacan, C.Ö., Ruiz, F.A., Cotè, M., Phipps, S. 2011. Coal mine methane: A review of capture and utilization practices with benefits to mining safety and to greenhouse gas reduction. *International Journal of Coal Geology* 86(2–3), 121–156. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2011.02.009>

Krause, E. 2008. Methane control in underground coal mines. *Materiały techniczne / raport konferencyjny*.

Krause, E., Skiba, J. 2014. Methane emission forecasting and gas migration modelling in coal mines. *Archives of Mining Sciences* 59(2), 433–447

Pearson K., 1901 – On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine*, 2(11), 559–572

Prusek S., Krause E., Skiba J. 2020. Designing coal panels in conditions of methane hazard. *International Journal of Mining Science and Technology*, 30(4), 525–531. doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.05.015

Ranjith P.G., Perera M.S.A. 2012. Effects of cleat performance on strength reduction of coal in CO₂ sequestration. *Energy*, 45(1), 1069–1075.

Rybacki, E., Reinicke, A., Meier, T., Makasi, M., Dresen, G. 2014. What controls the strength and brittleness of shale rocks? *Geophysical Research Abstracts*, 16, EGU2014-1877

Słota-Valim M., Kaczmarczyk-Kuszpit W., Cicha-Szot R., Borowski M., Surma R., Leśniak G. 2025. Design Optimization of Isolation Dams and Drainage LRDD Trajectories Using Integrated 3D Geological Models with Methane Release Forecasting – A Case Study from a Multiseam Coal Mine in Poland. Vol. 1 No. 2: *Inżynieria Mineralna, Viet-Pol 2025*, <https://doi.org/10.29227/IM-2025-02-65>

Zarębska, K., Ceglarska-Stefańska, G. 2006. The kinetics of sorption of CO₂ and CH₄ mixtures with regard to possibility of CO₂ sequestration in the coal seams. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, 22(3), 301–309.