



Sławomir KĘDZIOR*

Metanonośność złoża węgla kamiennego Dębieńsko w kontekście uwarunkowań geologicznych

Streszczenie: Celem artykułu jest analiza zmienności metanonośności pokładów węglowych w złożu Dębieńsko i powiązanie jej z budową geologiczną tego złoża oraz przedyskutowanie możliwości wystąpienia potencjalnego zagrożenia metanowego w rejonach przyszłej eksploatacji węgla, a także gospodarczego wykorzystania metanu. Złoże węgla kamiennego Dębieńsko znajduje się w zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na granicy fałdowej i dysjunktywnej strefy tektonicznej. Eksploatacja węgla w tym obszarze zakończyła się w 2000 r., jednak zainteresowanie tym złożem jest obecnie duże z uwagi na plany wszczęcia wydobycia węgla koksującego. Obszar złoża Dębieńsko jest stosunkowo dobrze rozpoznany geologicznie, m.in. z uwagi na głębokie wiercenia (do 2000 m) wykonane w jego obrębie. Warunki metanowe złoża są zróżnicowane, metanonośność wzrasta wraz z głębokością zgodnie z tzw. modelem północnym zmienności ilości metanu w GZW, zgodnie z którym pod kilkusetmetrową strefą naturalnie odgazowaną występuje strefa wysokometanowa, która w badanym obszarze rozdziela się dodatkowo na dwie podstrefy metanonośne – płytszą występującą na głębokości około 1000 m i głębszą na 1700–1900 m. Obie strefy rozdziela interwał obniżonej metanonośności. Do najistotniejszych przyczyn takiego rozkładu należą: temperatura i ciśnienie warunkujące adsorpcję metanu w pokładach węgla, a także obecność nieprzepuszczalnego pakietu ilowców i mułowców serii mułowcowej oraz budowa petrograficzna i stopień uwęglenia pokładów. Metanonośność złoża zmienia się też lateralnie głównie w zależności od tektoniki obszaru. Szczególną rolę odgrywa tu tzw. antyklina knurowsko-leszczyńska, w której stwierdzono podwyższoną ilość metanu w pokładach węgla w stosunku do obszarów sąsiednich oraz nasunięcie orłowskie wraz z systemem równoleżnikowych uskoków o reżimie tensyjnym, mogących stanowić drogi migracji metanu. Struktury te powinny być brane pod uwagę jako potencjalne źródła zagrożenia metanowego w przyszłej kopalni oraz jako perspektywiczne z punktu widzenia poszukiwania metanu jako kopaliny.

Słowa kluczowe: metan pokładów węgla, złoże Dębieńsko, antyklina knurowsko-leszczyńska, Górnośląskie Zagłębie Węglowe

* Dr hab., Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Sosnowiec; e-mail: slawomir.kedzior@us.edu.pl

Methane content of the Dębieńsko coal deposit in the context of geological conditions

Abstract: The aim of this paper is an analysis of the variability of the methane content in coal seams in the area of the Dębieńsko Mine and its relation to the geological structure of this coal deposit, and also the possibilities of a methane hazard in the areas of future coal mining and methane utilization as a fuel. The Dębieńsko coal deposit is located in the western part of the Upper Silesian Coal Basin (USCB), on the boundary between folded and disjunctive tectonic zones. Coal exploitation in this area ended in 2000, but interest in this deposit is currently high due to plans to initiate coking coal mining. The area of the Dębieńsko mine is relatively well prospected because of the deep drillings (up to 2000 m in depth) carried out within it. The methane conditions of the deposit are varied, the methane content increases with depth according to northern pattern of methane distribution in the USCB, in which the high-methane zone occurs under the several hundred meters zone of natural outgassing of the coal seams. This zone is divided into two smaller methane sub-zones, the first (shallower) at a depth of 1000 m and the second (deeper) at 1700–1900 m. A sub-zone of lower methane content occurs between these two high-methane sub-zones. The most important reasons for this methane distribution are temperature and pressure facilitating the gas adsorption in coal seams, and also the presence of impermeable siltstones and shales as well as the maceral composition and coal rank of coal seams. The methane content also changes laterally in accordance with the tectonics of the area. The so called Knurów and Leszczyna Anticline with found increased methane content in coal seams in relation to neighboring areas as well as Orłowa Overthrust together with the system of latitudinal faults of brittle tectonic regime which are possible pathways for methane migration play a special role here. These structures can be taken into account as a potential source of methane hazard in a future coal mine, they can also be promising structures for methane prospection as a fuel.

Keywords: coalbed methane, Dębieńsko coal deposit, Knurów and Leszczyna Anticline, Upper Silesian Coal Basin

Wprowadzenie

Obszar złoża Dębieńsko, o powierzchni około 45 km², leży w zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), na granicy fałdowej i dysjunktywnej strefy tektonicznej, w miejscu, gdzie nasunięcie orłowskie przecina się z uskokiem bełckim. W obszarze tym wydobywanie węgla zakończyło się w 2000 r. z powodu wyczerpania się zasobów. W 2008 r. Spółka NWR Karbonia SA uzyskała koncesję wydobywczą na węgiel w wydzielonym ze złoża obszarze Dębieńsko 1, a następnie w październiku 2016 r. udzieliła odkupiła spółka Prairie Mining Ltd. z zamiarem eksploatacji węgla koksującego w nowo wybudowanej kopalni. W tym obszarze koncesję poszukiwawczo-rozpoznawczą na metan z pokładów węgla ma także spółka Green Gas DPB A.S.

W obszarze Dębieńska w latach osiemdziesiątych XX w. wykonano dziewięć głębokich (do 2000 m) otworów poszukiwawczych węgla kamiennego (otwory Dębieńsko Głębokie 1–9), co umożliwiło dobre rozpoznanie głębszej partii złoża.

Celem artykułu jest prześledzenie zmienności metanonośności pokładów węglowych w złożu Dębieńsko i powiązanie jej z jego budową geologiczną. Przedyskutowana zostanie możliwość gospodarczego wykorzystania metanu z uwagi na oszacowane jego bilansowe zasoby wydobywalne na poziomie 5 mld m³ oraz potencjalne zagrożenie metanowe w rejonach przyszłej eksploatacji węgla.

1. Metodyka

Podstawą opracowania były zarchiwizowane wyniki badań metanonośności pokładów węgla, definiowanej jako objętość metanu i jego gazowych homologów zawartych w jednostce masy czystej, czyli bezwodnej i bezpopiołowej substancji węglowej (csw) wyrażanej w m^3/t csw. Wyniki te pochodzą z badań i analiz rdzeni węglowych pobranych z poszukiwawczo-rozpoznawczych otworów wiertniczych wykonanych w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ubiegłego wieku w obszarze KWK Dębieńsko. W sumie wykorzystano 474 dane z 16 otworów wiertniczych. Dla każdego otworu wykonano wykres zmienności metanonośności pokładów wraz z głębokością, a następnie sczytując wartość tego parametru na wybranych poziomach, wykreślono mapy zmienności metanonośności na poziomach: -500 , -750 , -1000 , -1250 oraz -1500 m n.p.m. Poziomy te znajdują się w strefie metanowej, poziomy wyżej leżące przypadają na strefę naturalnie odgazowaną. W niniejszej pracy zamieszczono mapę poziomu -750 m n.p.m. Oprócz tego wykonano mapę stropu pokładów metanowych o metanonośności powyżej $4,5 \text{ m}^3/\text{t}$ csw. Mapy sporządzono w programie Surfer 12, metodą naturalnego sąsiada. Na mapy naniesiono elementy tektoniczne: uskoki, fałdy i nasunięcia. W dalszej kolejności zestawiono wartość maksymalną, minimalną, średnią, medianę, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności dla pięciu interwałów ograniczonych poziomami, dla których sporządzono mapy. Następnie dokonano interpretacji uzyskanych wyników w odniesieniu do budowy geologicznej badanego obszaru.

2. Charakterystyka geologiczno-złożowa obszaru badań

Złoże Dębieńsko położone jest w zachodniej części GZW w obrębie niecki głównej, należącej do dysjunktywnej części zagłębia. Nasunięcie orłowskie, które przebiega przez zachodnią część obszaru, stanowi wschodnią granicę fałdowej strefy tektonicznej GZW.

2.1. Litostratygrafia

W omawianym obszarze wyróżniono dwa kompleksy litostratygraficzne: (i) utwory czwartorzędowe, mioceny i triasowe budujące nadkład złoża węgla oraz (ii) osady karbońskie stanowiące serię węglonośną. Osady czwartorzędowe reprezentowane są przez piaski fluwialne oraz gliny o łącznej grubości do 30 m, które występują na całym badanym obszarze. Iły i piaskowce mioceny (do 300 m miąższości) nie stanowią ciągłej pokrywy i rozpościerają się głównie na południu obszaru, a triasowe iły i margle (do 30 m grubości) występują tylko w postaci izolowanych płatów.

Utwory karbońskie wykształcone są w postaci serii litostratygraficznych – paralicznej, górnosląskiej piaskowcowej oraz mułowcowej. W zachodniej części obszaru najstarsza seria paraliczna jest nasunięta na młodszą serię mułowcową. Wszystkie serie karbońskie budują osady klastyczne, takie jak iłowce, mułowce i piaskowce z licznymi pokładami węgla, przy czym serię mułowcową charakteryzuje przewaga utworów drobno okruchowych (iłowców

i mułowców), stanowiących 60–80% profilu oraz występowanie licznych i cienkich pokładów węgla, natomiast górnośląską serię piaskowcową budują gruboziarniste piaskowce przeważające nad ilowcami i mułowcami oraz grube, ale mniej liczne pokłady węgla wraz z najgrubszym pokładem 510.

2.2. Tektonika

Jak już wspomniano, złoża węgla kamiennego Dębieńsko leży na granicy stref fałdowej i dysjunktywnej GZW. W zachodniej części obszaru w obrębie strefy dysjunktywnej występują jeszcze struktury fałdowe, z których najistotniejsza jest antyklina knurowsko-leszczyńska o ogólnej orientacji N-S i asymetrycznych skrzydłach. Skrzydło zachodnie jest bardziej strome niż skrzydło wschodnie, w dodatku górna partia antykliny jest wtórnie zafaldowana w postaci niewielkiej synkliny w osi fałdu. Na wschód od antykliny układ warstw zmienia się na monoklinalny i fałdy już nie występują, natomiast na zachód od niej znajduje się największy element tektoniczny obszaru, czyli nasunięcie orłowskie o rozciągłości południkowej i będące strukturą o regionalnym znaczeniu dla GZW, biegnącą od Republiki Czeskiej na południu aż po Gliwice na północy. Amplituda nasunięcia wyinterpretowana na podstawie stratygrafii warstw podsuniętych i nadsuniętych waha się w granicach 2200–3500 m, a płaszczyzna nasunięcia jest nachylona na zachód pod kątem około 30° (Seredyńska-Iwaniuk 1991).

Pozostałe struktury stanowią uskoki, z których najistotniejsze mają kierunek zbliżony do równoleżnikowego (NW-SE) i należy do nich: uskok południowy, o zrzucie do 400 m na południe stanowiący południową granicę obszaru oraz uskok bełcki, którego zrzut wynosi od 100 do 200 m na południe i jest on dyslokacją o charakterze regionalnym. Istotny jest także uskok knurowski, wzdłuż którego przebiega północna granica obszaru o zrzucie do 40 m na wschód. Obok wymienionych uskoków występują także inne, o różnych przebiegach, które dzielą złoża na bloki. Największe z uskoków są wieku waryscyjskiego i zostały odmłodzone w alpejskim cyklu tektonicznym, dlatego przemieszczają nasunięcie orłowskie jako formę starszą (Seredyńska-Iwaniuk 1991).

Upad warstw nie przekracza kilku stopni na południowy wschód, jedynie w rejonie fałdów i nasunięcia wzrasta do około 30°.

2.3. Typ i jakość kopaliny

W omawianym złożu Dębieńsko występuje węgiel energetyczny (typu 32.2–33), koksowy (typu 34.1, 34.2, 35.1, 35.2A i B oraz 37.2) i antracytowy (typu 41 i 42). Wśród wymienionych typów przeważa typ 34.2 (Seredyńska-Iwaniuk 1991). Rozkład głębokościowy typów węgla w złożu jest zgodny z regułą Hilita. Węgiel antracytowy występuje na głębokości większej niż 1500 m, jest więc obecnie niedostępny dla robót górniczych.

Parametry jakościowe węgla zmieniają się w szerokich granicach. Złoża charakteryzuje się niskim zasiarczeniem (średnio 0,84%), przeciętnym zapopiehleniem (ok. 15,5%) oraz stosunkowo wysoką wartością kaloryczną (ok. 28,1 MJ/kg; Seredyńska-Iwaniuk 1991).

2.4. Warunki hydrogeologiczne i gazowe

Poziomy wodonośne związane są z piaskowcami górnośląskiej serii piaskowcowej oraz piaskowcowymi wkładkami w obrębie nieprzepuszczalnych iłowców i mułowców serii mułowcowej. Piaskowce i zlepieńce stanowią około 50–75% górnośląskiej serii piaskowcowej, współczynnik filtracji piaskowców wynosi około 10^{-5} m/s (Rózkowski 1991). Zarówno porowatość, jak i przepuszczalność piaskowców maleją wraz z głębokością.

Mineralizacja wód zwiększa się ze wzrostem głębokości – płycej występują wody słodkie, a na poziomach głębszych solanki. Brak szczelnego nadkładu karbonu w północnej części złoża powoduje wnikanie wód opadowych do utworów węglonośnych i ich mieszanie się z wodami słonymi. Obserwowane jest także przedostawanie się wód z poziomu czwartorzędowego do warstw głębiej położonych za pośrednictwem licznych okien hydrogeologicznych.

Metan występuje w złożu w postaci sorbowanej w pokładach węgla. Nie stwierdzono obecności metanu w postaci wolnej w skałach płonnych oraz spękaniach. Rozkład pionowy metanonośności złoża nawiązuje do modelu północnego GZW (wg Kotasa 1994), zgodnie z którym do głębokości około 700–800 m występuje tzw. odgazowana strefa naturalnej desorpcji, w obrębie której metanonośność pokładów węgla nie przekracza $2,5 \text{ m}^3/\text{t}$ csw. Głębiej pojawia się tzw. strefa średniemetanowa, w której metanonośność mieści się w przedziale $2,5\text{--}4,5 \text{ m}^3/\text{t}$ csw (Kowalik 1999). Poniżej ilość metanu raptownie wzrasta aż do osiągnięcia tzw. maksimum metanonośnego (strefa wysokometanowa o metanonośności powyżej $4,5 \text{ m}^3/\text{t}$ csw), które w niektórych częściach złoża rozdziela się na dwa mniejsze sub-maksima, pierwsze o metanonośności $10\text{--}16 \text{ m}^3/\text{t}$ csw na głębokości około 1000 m oraz drugie ($9\text{--}17 \text{ m}^3/\text{t}$ csw) na głębokości około 1700–1900 m. Oba submaksima rozdziela strefa o metanonośności około $5 \text{ m}^3/\text{t}$ csw. W profilach niektórych otworów oba submaksima łączą się w jedno. W kilku najgłębszych otworach (np. DG-7, DG-8) na głębokości około 2000 m, metanonośność pokładów nie spada poniżej $7 \text{ m}^3/\text{t}$ csw.

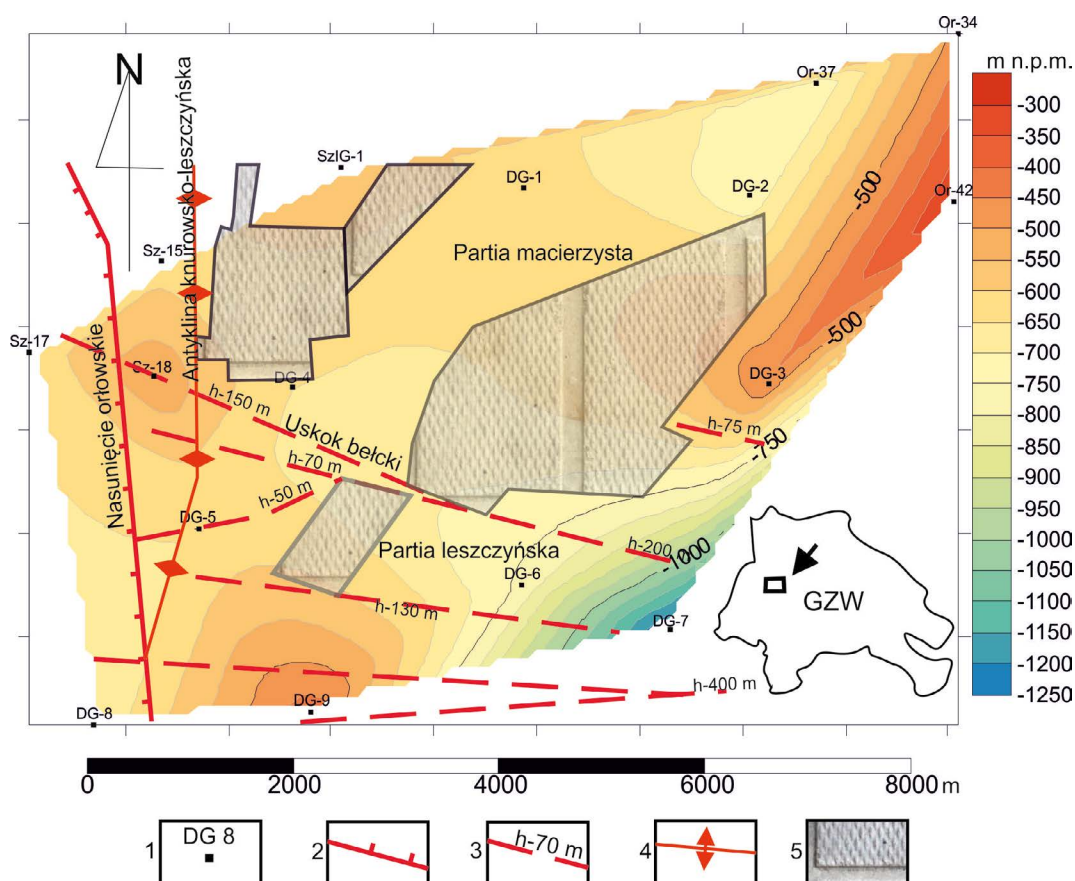
Dominującym składnikiem gazu złożowego jest metan (70–90%), węglowodory wyższe (etan, propan i butan) pojawiają się na głębokości poniżej 1200 m i ich zawartość wynosi od 3 do 10%. Z pozostałych składników wymienić należy dwutlenek węgla (do 20%) oraz hel (0,1%). Azot dominuje w strefie odgazowanej (80–90%), natomiast w strefie metanowej jego zawartość nie przekracza 30%.

W ostatnich latach istnienia kopalni Dębieńsko zagrożenie metanowe było umiarkowane. Eksploatacja większej części pokładów (gr. 300) prowadzona była w warunkach I kategorii zagrożenia metanowego. Jedynie dwa głębiej położone pokłady (354 i 401/4) charakteryzowały się najwyższą IV kategorią tego zagrożenia. Metanowość względna kopalni w latach 1992–2000 wynosiła $0,04\text{--}1,06 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{t}$ wydobytego węgla (Kwarciański i in. 2004). Zasoby bilansowe metanu obliczone dla obszaru Dębieńsko 1 wynoszą $5,8 \text{ mld m}^3$, z czego na zasoby przemysłowe przypada $0,6 \text{ mld m}^3$ (Malon i Tymiński 2017).

3. Wyniki i dyskusja

3.1. Zmienność metanonośności w kontekście uwarunkowań geologicznych

Rysunki 1 i 2 ilustrują poziomy rozkład metanonośności w badanym obszarze. Widoczne są lokalne zmiany ilości metanu w złożu, na co wskazuje kształt izarytm zarówno stropu pokładów wysokometanowych (rys. 1), jak i metanonośności na poziomie -750 m n.p.m. (ok. 1000 m głębokości od terenu) (rys. 2). Zarysowuje się tendencja spadku metanonośności na południe od uskoku bełckiego oraz jej wzrost w zachodniej i północno-wschodniej części obszaru. Takie rozmieszczenie metanu ma prawdopodobnie związek z tektoniką

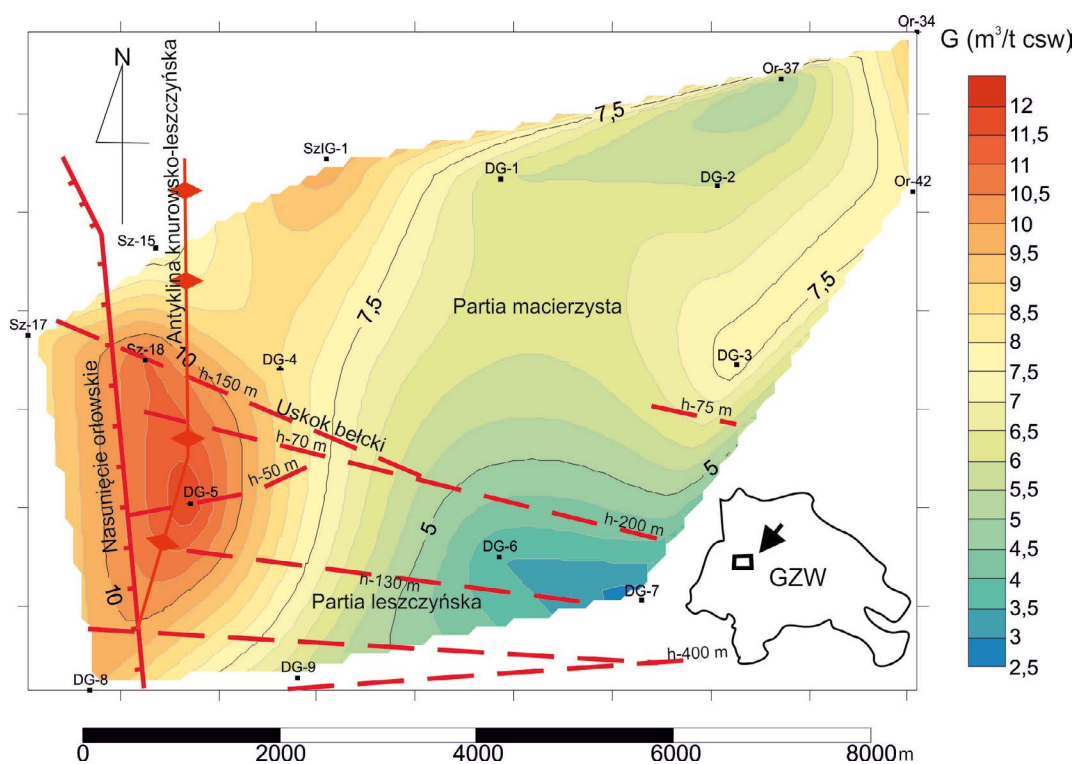


Rys. 1. Strop pokładów o metanonośności powyżej $4,5 \text{ m}^3/\text{t}$ csw w obszarze złoża Dębieszko
 1 – otwór wiertniczy, 2 – nasunięcie, 3 – ważniejsze uskoki z podaną wartością zrztutu h, 4 – antyklina,
 5 – obszary eksploatacji węgla do 2000 roku

Fig. 1. The top of coal seams with methane content $>4,5 \text{ m}^3/\text{t}$ coal daf in Dębieszko area
 1 – bore-hole, 2 – overthrust, 3 – important faults with throw value h, 4 – anticline,
 5 – areas of coal mining before 2000

złoża. Partia leszczyńska byłej kopalni Dębieńsko zlokalizowana po południowej stronie uskoku bełckiego (w skrzydle zrzuconym) jest znacznie bardziej zuskokowana niż partia macierzysta, leżąca na północ od tej dyslokacji (w skrzydle wiszącym). Z uwagi na to, że równoleżnikowe uskoki cechuje reżim kruchy (np. Grzybek i Kuzak 1996), można założyć, że będą one drożne dla gazu i wokół nich może dochodzić do lokalnego przemieszczania się metanu, czyli m.in. do odgazowania pokładów w sąsiedztwie tych uskoków. Może to tłumaczyć np. obniżenie się metanonośności w okolicy otworów DG-6 i DG-7, zlokalizowanych w pobliżu uskoku południowego i sąsiednich (rys. 1 i 2).

Wyraźny jest również wzrost metanonośności w okolicy antykliny knurowsko-leszczyńskiej (rys. 1 i 2) znajdującej się na zachodzie obszaru. Struktury antyklinalne charakteryzujące się reżimem tensyjnym sprzyjają migracji metanu i jego akumulacji w przegubach antyklinalnych uszczelnionych skałami iłowcowymi, co jest bardzo dobrze znane z geologii konwencjonalnych złóż ropy i gazu. Struktury podniesione, takie jak wspomniane antykliny, mogą sprzyjać płytszemu występowaniu pokładów o wyższej metanonośności (Kowalik 1999). Podobna sytuacja występuje w rejonie siodła Jastrzębia, znanego ze znacznej metanonośności występujących tam pokładów. Sąsiadujące ze wspomnianymi strukturami nasunięcie orłowskie traktowane jest jako drożne dla metanu i także może wywierać wpływ



Rys. 2. Metanonośność pokładów węgla na poziomie -750 m n.p.m. Objaśnienia jak na rysunku 1

Fig. 2. Methane contents of coal seams on the level of -750 m above sea level. Explanations as in Fig. 1

na rozkład metanoności pokładów w jego obrębie. Zdaniem Tarnowskiego (1971) jest ono drogą migracji metanu z południowej części zagłębia ku północnej.

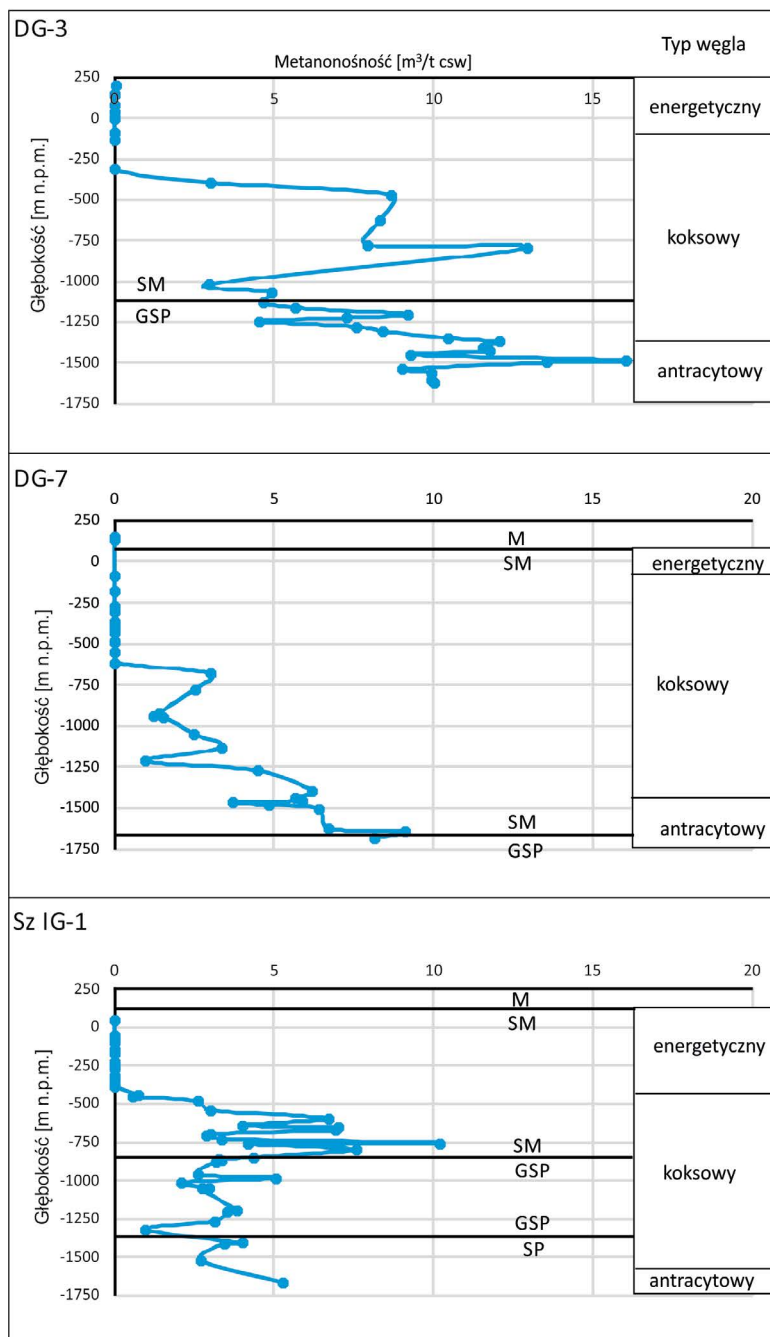
Rysunek 3 przedstawia zmienność pionową metanoności pokładów w profilach trzech reprezentatywnych otworów wiertniczych na tle stratygrafii oraz typów węgla odzwierciedlających stopień uwęglenia. Jak już wspomniano, widoczna jest strefowość ilości metanu, przejawiająca się występowaniem strefy odgazowanej w górnej części profili oraz wysokometanowej w dolnej. Głębokość strefy odgazowanej sięga około 700–800 m, licząc od powierzchni terenu oraz około 300–600 m od stropu utworów karbońskich. W interwale tym metanoność nie przekracza 2,5 m³/t csw, przy czym przeważają wielkości do 0,1 m³/t csw, co pozwala zaklasyfikować występujące tu pokłady jako niemetanonośne. Zasięg głębokościowy występowania omawianej strefy uwarunkowany jest procesami erozyjnymi serii węglonośnej, które zachodziły w mezozoiku oraz paleogenie i związanymi z nimi zmianami hydrodynamicznymi powodującymi obniżenie ciśnienia zarówno lito-, jak i hydrostatycznego, co umożliwiło desorpcję metanu z pokładów węglowych. Jak wynika z przeprowadzonego modelowania paleotemperaturowego Genex (Kosakowski i in. 1995), w omawianym rejonie mogło zostać usuniętych ponad 1000 m węglonośnych utworów karbońskich. Brak późniejszego uszczelnienia pozostałych osadów nieprzepuszczalnym nadkładem o znacznej grubości, uniemożliwił zatrzymanie migrującego metanu w górnej partii karbonu, w przeciwieństwie do sytuacji na południowym zachodzie zagłębia (Kotas 1994).

Strefy średniometanowa oraz wysokometanowa charakteryzują się znacznymi wahaniami metanoności (tab. 1, rys. 3) w profilach poszczególnych otworów. Różnice pomiędzy skrajnymi wartościami są znaczne, a zmienność duża, malejąca do przeciętnej poniżej poziomu –1250 m n.p.m. (tab. 1). Jednak wartości maksymalne rzędu 14–17 m³/t csw należą do najwyższych w zagłębiu. W większości głębszych otworów w strefie wysokometanowej wyróżnić można dwie podstrefy (submaksima) metanonośne rozdzielone interwałem

TABELA 1. Wybrane parametry statystyczne metanoności pokładów węgla

TABLE 1. Selected statistical parameters of methane content

Poziom [m n.p.m.]		Metanoność [m ³ /t csw]						
od	do	minimalna	maksymalna	średnia	mediana	odchylenie standardowe	współczynnik zmienności [%]	liczba danych
–500	–750	0,004	15,375	4,778	4,114	3,782	79,16	75
–750	–1 000	1,161	17,105	7,683	7,554	3,632	47,27	99
–1 000	–1 250	0,961	13,127	5,950	5,662	2,475	41,60	74
–1 250	–1 500	0,962	16,054	7,633	7,568	3,027	39,66	56
–1 500	–1 750	2,738	13,558	7,802	7,248	2,706	34,68	21



Rys. 3. Rozkład pionowy metanonośności pokładów węgla w wybranych otworach wiertniczych
M – miocen, SM – seria mułowcowa, GSP – górnośląska seria piaskowcowa, SP – seria paraliczna

Fig. 3. Depth distribution of the methane content in coal seams in selected bore-holes
M – Miocene, SM – Mudstone Series, GSP – Upper Silesian Sandstone Series, SP – Paralic Series

obniżonej metanonośności (tab. 1, rys. 3). Taki rozkład wynikać może z kilku przyczyn. Po pierwsze ciśnienie hydrostatyczne (rzędu 10–20 MPa) oraz temperatura (ok. 30–60°C) odpowiadające głębokości występowania omawianej strefy umożliwiają zaadsorbowanie i utrzymanie znacznych ilości metanu w pokładach. Te czynniki działające przeciwstawnie na zdolności sorpcyjne pokładów węgla są odpowiedzialne za występowanie tzw. optymalnej strefy metanonośnej (OSM), powyżej i poniżej której metanonośność pokładów jest dużo niższa (Nieć 1993). W opisywanym złożu strefa wysokometanowa jest bardzo rozległa i osiąga około 1000 m miąższości. Może to mieć związek ze znaczną grubością serii mułowcowej w badanym złożu, dochodzącą nawet do 1800 m miąższości, w której iłowce i mułowce o małej przepuszczalności stanowią dobre uszczelnienie dla metanu zakumulowanego w pokładach węgla występujących zarówno w tej serii, jak i pod nią.

Obniżenie metanonośności w obrębie interwału wysokometanowego do około 4–5 m³/t csw występujące w większości głębokich otworów, przypada w znacznej mierze na pokłady górnośląskiej serii piaskowcowej lub na spągową partię serii mułowcowej. Może to mieć związek z częściowym odgazowaniem pokładów za pośrednictwem przepuszczalnych piaskowców tej pierwszej serii, co postulował Tarnowski (1989) i/lub z występowaniem podwyższonej zawartości inertynitu (fuzynitu i semifuzynitu) w pokładach górnośląskiej serii piaskowcowej (do 30–40%), który z jednej strony wykazuje niższy potencjał generacyjny metanu w stosunku do pozostałych grup macerałów, a z drugiej – ze względu na specyficzną strukturę wewnętrzną może ograniczać zdolności sorpcyjne pokładów w porównaniu z pokładami serii mułowcowej bogatymi w wityrynit, wykazujący strukturę mikroporową sprzyjającą adsorpcji gazu przez węgiel (Kędzior 2009).

Widoczne jest także występowanie górnego submaksimum metanonośnego w interwale węgla koksowych, a dolnego w obrębie węgla antracytowych (rys. 3), co może sugerować możliwą rolę stopnia uwęglenia pokładów (tzw. skoków uwęglenia) w kształtowaniu się współczesnego rozkładu metanonośności pokładów (Kędzior 2014).

Reasumując, usytuowanie omawianego złoża w rejonie występowania różnego typu struktur tektonicznych (fałdów, nasunięć i uskoków), na styku fałdowej i dysjunktywnej części GZW, sprzyja migracji i akumulacji metanu. Czynniki litologiczne, przejawiające się występowaniem ponad 1000-metrowego pakietu iłowców i mułowców serii mułowcowej, dodatkowo uszczelniających pokłady węglowe, może okazać się kluczowym dla obecnych wysokich koncentracji metanu w pokładach węgla omawianego złoża.

3.2. Warunki gazowe oraz możliwości pozyskania metanu

W KWK Dębieńsko, w której prowadzono eksploatację złoża do 2000 r. nie napotymano na poważniejsze problemy gazowe (zob. rozdz. 2) z uwagi na to, że wydobywanie odbywało się na głębokości kilkuset metrów, czyli w strefie odgazowanej lub średniometanowej oraz w górnej partii strefy metanowej. Zasoby metanu jako kopaliny towarzyszącej oszacowane w 1999 r. do głębokości 1000 m były nieduże i wynosiły 327 mln m³ (Kowalik 1999), przy czym znaczna większość zasobów przypadła na partię leszczyńską. Z uwagi na udokumentowanie tych zasobów w kategorii D nie podlegały one zatwierdzeniu.

W chwili obecnej planowane jest reaktywowanie kopalni przez Prairie Mining Ltd. i wszczęcie wydobywania węgla koksowego. Oszacowane wstępnie zasoby węgla do głębokości 1250 m wynoszą 210–260 mln t (<http://pdz.com.pl/projekty/debiensko/>). Na głębokości poniżej 800 m należy się już liczyć ze znacznie większą ilością metanu w serii węglonośnej w porównaniu z poziomami płytszymi, dlatego planowana eksploatacja węgla przebiegać będzie w wyższych kategoriach zagrożenia metanowego. Konieczne zatem może być wprowadzenie podziemnego odmetanowania złoża. Szczególnie niebezpieczna może okazać się partia leszczyńska, gdzie występują liczne uskoki drożne dla gazu oraz rejon antykliny knurowsko-leszczyńskiej, w której stwierdzono podwyższoną metanonośność pokładów.

W obszarze złoża Dębieńsko 1 obliczone bilansowe zasoby metanu jako kopaliny towarzyszącej wynoszące 5,8 mld m³ są znacznie wyższe niż te z 1999 r., ponieważ głębokość dokumentowania zwiększyła się. Koncesję na poszukiwanie i rozpoznanie metanu ma czeska spółka Green Gas DPB A.S., specjalizująca się m.in. w pozyskiwaniu metanu kopalnianego. Biorąc pod uwagę perspektywę pozyskiwania metanu z obszaru Dębieńska włączając w to otwory powierzchniowe, należałoby się przyjrzeć antyklinie knurowsko-leszczyńskiej z powodu wysokiej gazonośności pokładów w jej obrębie oraz ze względu na uprzywilejowaną pozycję obszarów fałdowych z punktu widzenia przepuszczalności pokładów oraz produkcji metanu. Przeguby antyklin mogą odznaczać się bowiem zwiększoną szczelinowatością górotworu (Hadro i Urban red. 2006), co powinno mieć korzystny wpływ na przepuszczalność pokładów węgla. W amerykańskim zagłębiu Black Warrior (Pashin 2005) zwiększoną produkcję metanu (ok. 8 mln m³/dobę) uzyskiwano z tych otworów wiertniczych, które były usytuowane w przegubach fałdów o genezie związanej z nasuwaniem się Appalachów. W przypadku GZW kwestia ta wymaga kompleksowego zbadania w kontekście podatności struktur fałdowych zachodniej części zagłębia na propagację spękań w pokładach węgla oraz możliwości przewodzenia mediów.

Podsumowanie

Złoże węgla kamiennego Dębieńsko znajduje się w zachodniej części GZW na styku stref tektoniki fałdowej i dysjunktywnej. Metanonośność złoża jest zróżnicowana, rośnie z głębokością występowania pokładów aż do osiągnięcia maksymalnych wartości rzędu 14–17 m³/t csw. W górnej części profilu złoża, do głębokości 700–800 m występuje strefa odgazowana naturalnej desorpcji, w której metanonośność złoża nie przekracza 2,5 m³/t csw. Rozprzestrzenienie i głębokość tej strefy są wynikiem przedmioceńskiej erozji kompleksu węglonośnego. W strefie wysokometanowej, występującej poniżej, zaobserwowano dwie substrefy maksymalnej metanonośności rozdzielone interwałem obniżonej ilości metanu. Taki rozkład wynikać może z oddziaływania ciśnienia i temperatury na danej głębokości, a także litologii utworów płonnych oraz składu petrograficznego pokładów węglowych.

Zmiany lateralne metanonośności prawdopodobnie w głównej mierze są zależne od tektoniki złoża. Uskoki o reżimie kruchym przyczyniają się do ucieczek metanu z pokładów węgla, stąd wynikać może zróżnicowana metanonośność w obszarze znajdującym się

w zaangażowanej tektonicznie partii leszczyńskiej. Bardzo istotnym elementem tektonicznym wpływającym na rozmieszczenie metanu w złożu jest antyklina knurowsko-leszczyńska, w obrębie której stwierdzono podwyższoną metanonośność pokładów węgla, a także nasunięcie orłowskie uważane za drogę migracji gazu.

Poniżej głębokości 800 m warunki metanowe złoża stają się bardzo skomplikowane, co może być istotne w przypadku ponownego wszczęcia wydobywania węgla. Udokumentowane zasoby metanu jako kopaliny towarzyszącej wynoszące 5,8 mld m³ czynią badany obszar perspektywnym z punktu widzenia poszukiwania tej kopaliny energetycznej. Szczególnie interesująco przedstawia się antyklina knurowsko-leszczyńska z uwagi na predysponowanie struktur fałdowych do otworowego wydobywania metanu z powodu szczelinowatości górotworu i tym samym zwiększenia przepuszczalności pokładów.

Usytuowanie omawianego złoża w rejonie występowania różnego typu struktur tektonicznych (fałdów, nasunięć i uskoków), na styku fałdowej i dysjunktywnej części GZW czynią badany obszar interesującym z punktu widzenia zarówno badania wpływu czynników geologicznych na rozkład metanonośności pokładów, jak i poszukiwania perspektywnych obszarów pozyskania metanu ze złóż węgla.

Literatura

- Grzybek, I. i Kuzak, R. 1996. Geometryzacja pola metanonośności złóż węgla – nowy instrument badań tektonicznych? *Mat. Konf. nt. Tektonika i rozwój budowy geologicznej północnej części GZW*. Katowice-Sosnowiec, s. 72.
- Hadro, J. i Urban J. red. 2006. *Wyjaśnienie warunków występowania i zróżnicowania metanonośności pokładów węgla na tle budowy geologicznej GZW, LZW i DZW w porównaniu z innymi zagłębiami na świecie*. Warszawa: NAG PIG, niepublikowane.
- Kędzior, S. 2009. Accumulation of coal-bed methane in the south-west part of the Upper Silesian Coal Basin (southern Poland). *International Journal of Coal Geology* Vol. 80, s. 20–34.
- Kędzior, S. 2014. Potencjał metanotwórczy węgla kamiennych w odniesieniu do ich pojemności sorpcyjnej oraz współczesnej ilości zakumulowanego metanu termogenicznego w złożu Pawłowice (Górnośląskie Zagłębienie Węglowe). *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* nr 88, s. 119–134.
- Kosakowski i in. 1995 – Kosakowski, P., Botor, D. i Kotarba, M. 1995. Próba oceny wielkości erozji i warunków paleotermicznych utworów węglonośnych górnego karbonu Górnośląskiego Zagłębienia Węglowego [W:] Ney, R. i Kotarba, M. red. *Opracowanie modeli oraz bilansu generowania i akumulacji gazów w serii węglonośnej Górnośląskiego Zagłębienia Węglowego*. CPPGSMiE PAN, s. 41–51.
- Kotas, A. red. 1994. Coalbed methane potential of the Upper Silesian Coal Basin [W:] *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego* t. 142, Warszawa: PIG-PIB, 81 s.
- Kowalik, W. 1999. *Dokumentacja geologiczna złoża węgla kamiennego KWK Dębieńsko. Warunki gazowe*. Arch. WUG Katowice, niepublikowane.
- Kwarciński i in. 2004 – Kwarciński, J., Ichnatowicz, A., Bossowski, A., Wilk S. 2004. *Ocena możliwości wykorzystania wyrobisk górniczych likwidowanych kopalń węgla kamiennego na podziemne magazyny gazu i paliw płynnych. Zadanie: Własności absorpcyjne i desorpcyjne węgla w pokładach niewyekspluatowanych. Punkt 1.6. Zmiany zawartości metanu pokładów węgla w Dolnośląskim Zagłębieniu Węglowym i Górnośląskim Zagłębieniu Węglowym*. Arch. PIG-PIB Sosnowiec, niepublikowane.
- Malon, A. i Tymiański, M. 2017. Metan pokładów węgla [W:] Szufficki, M., Malon, A. i Tymiański, M. red. *Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce według stanu na 31.12.2016 r.* Państwowy Instytut Geologiczny–Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Nieć, M. 1993. Złóża metanu w formacjach węglonośnych. *Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej*. Kraków: Wyd. CPPGSMiE PAN, s. 281–301.

- Pashin, J. 2005. Coalbed methane exploration in thrust belts: experience from the southern Appalachians, USA: Tuscaloosa, Alabama [W:] 2005 Intern. Coalbed Methane Symp. Proc. Uniw. Of Alabama, s. 0519.
- Różkowski, A. 1991. Region górnośląski [W:] Malinowski, J. red. *Budowa geologiczna Polski*, t. VII *Hydrogeologia*. Warszawa: Wyd. Geologiczne.
- Seredyńska Iwaniuk, L. 1991. *Dokumentacja geologiczna złoża węgla kamiennego KWK „Dębieńsko” w kat. A, B, C₁, C₂*. Arch. PIG-PIB, niepublikowane.
- Tarnowski, J. 1971. Występowanie metanu w złożu południowej części Rybnickiego Okręgu Węglowego. *Prace naukowe GIG*. Komunikat nr 541, Katowice, 45 s.
- Tarnowski, J. 1989. Geologiczne warunki występowania metanu w Górnośląskiej Niece Węglowej. *Zeszyty Naukowe Polit. Śl. Seria Górnictwo* z. 166. Gliwice: Wyd. Politechniki Śląskiej, 126 s.

