

# ZMIENNOŚĆ METANONOŚNOŚCI I ZAWARTOŚCI CZĘŚCI LOTNYCH W POKŁADACH WĘGLA NA WYBRANYCH POZIOMACH DOKUMENTACYJNYCH OBSZARU PAWŁOWICE-WARSZOWICE (GÓRNOŚLĄSKIE ZAGŁĘBIE WĘGLOWE)

## VARIABILITY OF METHANE CONTENTS AND VOLATILES IN COAL SEAMS ON SELECTED DOCUMENTATION LEVELS OF THE AREA PAWŁOWICE-WARSZOWICE (THE UPPER SILESIAN COAL BASIN)

Sławomir Kędzior - Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Nauk o Ziemi w Sosnowcu

Celem artykułu jest przedstawienie rozkładu przestrzennego metanonośności pokładów węgla oraz zawartości części lotnych ( $V^{daf}$ ) w postaci map zmienności tych parametrów na trzech poziomach -300, -800 oraz -1300 m n.p.m., wykonanych w programie Surfer 12. Oprócz tego zestawiono wybrane parametry statystyczne ilości metanu w pokładach węglowych oraz  $V^{daf}$  w obrębie 7 poziomów obliczeniowych. Pozwoliło to ocenić wielkość zmienności tych parametrów oraz jej kierunek, a także sprawdzić podobieństwo rozkładu metanonośności na poszczególnych poziomach dokumentacyjnych. Jak wynika z analizy danych, podobieństwo to jest fragmentaryczne i dotyczy wyłącznie obszarów położonych w sąsiedztwie dużych rozmiarów dyslokacji tektonicznych, co może wynikać z możliwości migracji metanu za ich pośrednictwem i w konsekwencji nasycania metanem pokładów węgla obecnych w przystropowej partii karbonu, uszczelnionej pakietem ilastym serii mułowcowej oraz mioceńskiego nadkładu. Na większości badanego obszaru podobieństw tych jednak nie obserwuje się, prawdopodobnie wskutek odmiennej genezy metanu w przystropowej (metan mikrobialny) oraz głębokiej strefie karbonu (metan termogeniczny). Splot różnorodnych czynników geologicznych kształtujących współczesną metanonośność obszaru sprawia, że parametr ten cechuje duża zmienność przestrzenna, w odróżnieniu od  $V^{daf}$ , które cechuje zmienność małą.

**Słowa kluczowe:** metan, metanonośność, stopień uwęglenia, Pawłowice-Warszowice, Górnośląskie Zagłębie Węglowe

The aim of the paper is presentation of spatial distribution of methane content and volatiles ( $V^{daf}$ ) in coal seams on the maps of variability of these parameters showing three levels -300, -800 and -1300 m above sea level, carried out applying Surfer 12 program. Besides that selected statistical parameters concerning the methane content and  $V^{daf}$  within 7 calculation levels has been drawn up. It enabled to assess how large is variability of these parameters and also the direction of the variability as well as to check similarity of methane distribution on individual documentation levels. The data analysis revealed, that the similarity is only fragmentary and limited only to the areas located in the vicinity of large tectonic dislocations. The reason of this can be the possibility of methane migration by the faults and in consequence saturation with methane of coal seams lying within near-roof part of the Carboniferous strata, sealed by clays of Mudstone Series and Miocene cover. However, this similarities are not visible in the majority of the investigated area, probably due to different origin of methane accumulated in the near-roof zone (microbial methane) and in the deep Carboniferous zone (thermogenic methane). Series of various geological factors influencing the nowadays methane content in the area of research cause that spatial variability of this parameter is large in contrast to  $V^{daf}$ , which is characterized by small variability.

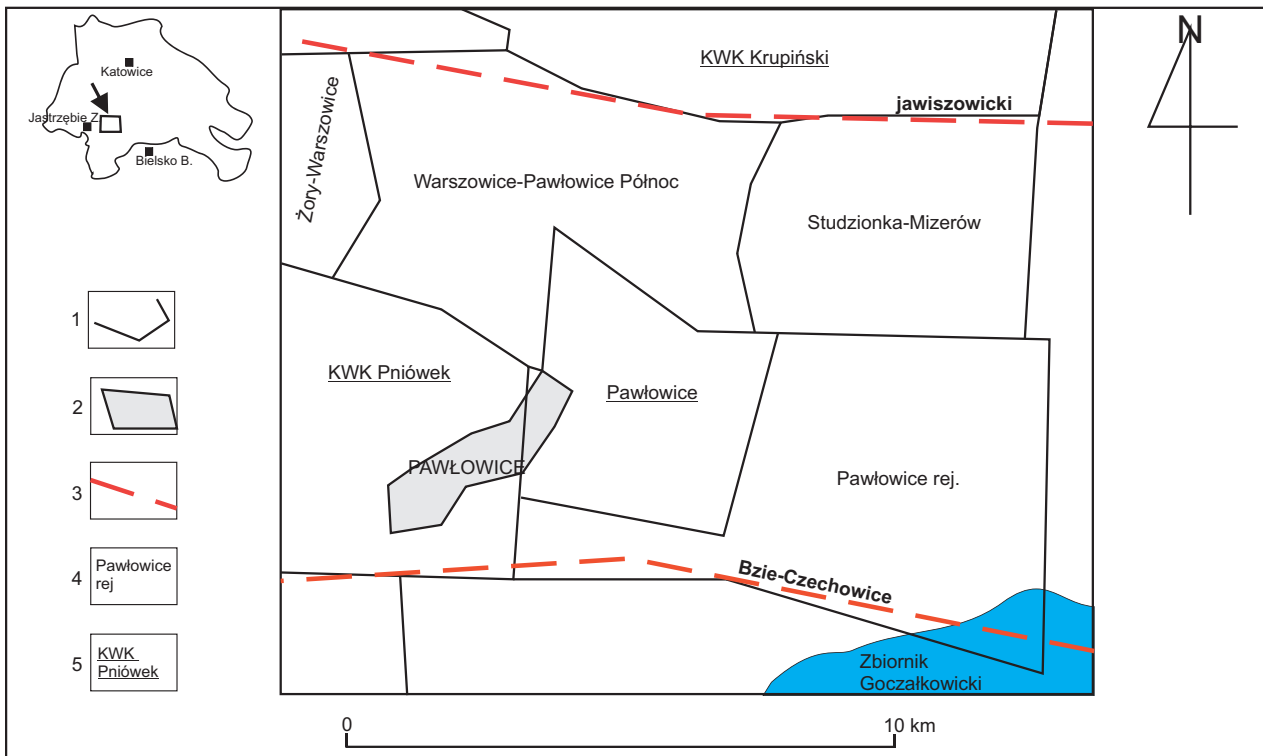
**Keywords:** methane, methane content, coal rank, Pawłowice-Warszowice, the Upper Silesian Coal Basin

### Wstęp

Obszar Pawłowic-Warszowic rozpościerający się pomiędzy Żorami na północy i Pawłowicami oraz KWK Pniówek na południu i obejmujący niezagospodarowane górniczo rejony Warszowice-Pawłowice Północ, Pawłowice 1 oraz Pawłowice (rys. 1) należy do najlepiej rozpoznanych otworowo obszarów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Prace wiertnicze mające na celu poszukiwanie i rozpoznanie złóż węgla rozpoczęto tu w pierwszej połowie XX stulecia

i wraz z największym nasileniem w latach sześćdziesiątych, siedemdziesiątych i osiemdziesiątych, trwają do współczesności. W 2012 r. Jastrzębska Spółka Węglowa (JSW) otrzymała koncesję wydobywczą obejmującą złożo Pawłowice 1, które przylega od wschodu do kopalni Pniówek (rys. 1) i w tej chwili trwają prace nad udostępnieniem zachodniej partii tego złoża. Zamiarem spółki jest zwiększenie wydobycia poszukiwanego na rynku węgla koksującego.

Także w tym rejonie, w latach dziewięćdziesiątych XX w. trwały prace poszukiwawcze metanu pokładów węgla (MPW)



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań [wg 16]

1 – granice obszarów górniczych, 2 – miasta, 3 – regionalne dyslokacje, 4 – obszar niezagospodarowany górnictwem, 5 – obszar zagospodarowany lub w trakcie zagospodarowania górnictwem

Fig. 1. Location of the area of research [after 16]

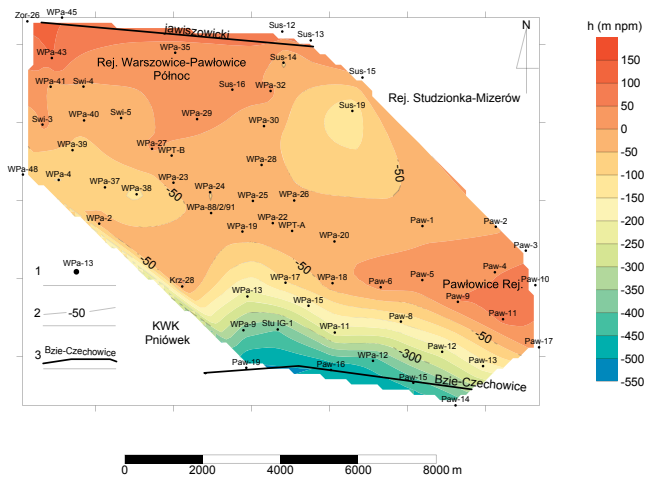
1 – the boundaries of mine fields, 2 – towns, 3 – regional dislocations, 4 – the undeveloped mining area, 5 – the developed mining area or under developing

jako kopaliny głównej prowadzone przez amerykańskie firmy naftowe takie jak Pol-Tex Methane oraz Texaco. Pomimo tego, że nie doprowadziły one do sukcesu komercyjnego wydobycia MPW, przyczyniły się do lepszego rozpoznania omawianego obszaru pod kątem warunków metanowych oraz parametrów jakości węgla.

Bardzo dobre rozpoznanie otworowe obszaru przejawiające się gęstą siatką (1km na 1km) kilkudziesięciu otworów wiertniczych przekraczających głębokość 1000 m, a także perspektywa poszukiwań i eksploatacji węgla oraz metanu

czynią badany teren atrakcyjnym poligonem prac badawczych i dokumentacyjnych mających na celu m.in. określenie związków przestrzennych pomiędzy poszczególnymi parametrami złożowymi węgla oraz towarzyszącego metanu.

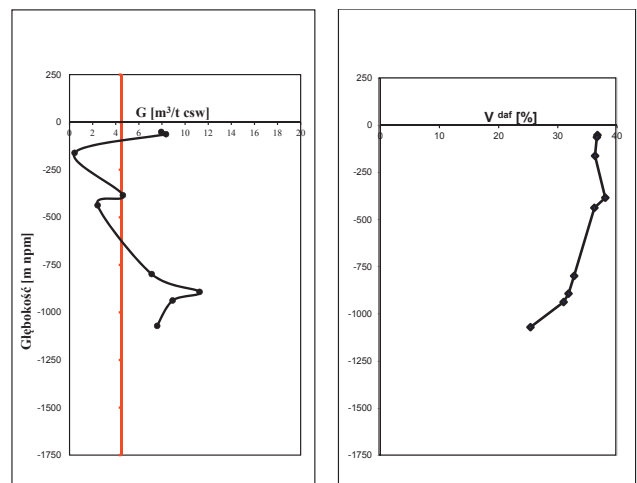
Z uwagi na znaczną metanonośność obszaru i obecne przystropowe oraz głębokie akumulacje metanu [np. 5, 6], jak i zróżnicowany stopień przeobrażenia pokładów węgla (obecność węgla nisko i wysoko uwęglonych), celem niniejszej pracy jest analiza przestrzenna zmienności ilości metanu w złożu oraz stopnia uwęglenia pokładów wyrażonego za pomocą zawartości części lotnych, a także uchwycenie zależności obu tych parametrów. Przeanalizowany będzie również zakres wpływu stref



Rys. 2. Ukształtowanie stropu utworów karbońskich w obszarze badań

1 – otwór wiertniczy, 2 – izaryntna wysokości stropu utworów karbońskich (m npm), 3 – ważniejsze uskoki, h – wysokość (m npm)

Fig. 2. The topography of the Carboniferous roof within the area of research 1 – bore-hole, 2 – the isoline of level of the Carboniferous roof (m above sea level), 3 – important faults, h – altitude (m above sea level)



Rys. 3. Zmienność pionowa metanonośności (G) i zawartości części lotnych ( $V_{daf}$ ) w badanym obszarze

Fig. 3. Vertical variability of methane content (G) and volatiles ( $V_{daf}$ ) in the researched area

Tab. 1. Litologia i stratygrafia utworów węglonośnego karbonu w obszarze badań  
 Tab. 1. The lithology and stratigraphy of coal bearing Carboniferous strata within investigated area

| Seria                   | Stratygrafia  | Opis litologiczny   | Miąższość  |
|-------------------------|---|---|--|
| Mułowcowa               | Warstwy orzeskie i załęskie (Westfal A i B)         | Wyraźna przewaga iłowców i mułowców nad piaskowcami. Liczne i nieregularne pokłady węgla kamiennego występujące przeważnie wśród iłowców, rzadziej na kontakcie z piaskowcami.  | Zmienna do 1500 m  |
| Górnośląska piaskowcowa | Warstwy rudzkie i siodłowe (Westfal A, Namur B i C) | Przewaga gruboławicowych piaskowców, często zlepieńcowatych nad iłowcami i mułowcami. Mniej liczne, ale mięszsze pokłady węgla z najgrubszym pokładem 510 (ponad 10 m miąższości) w spągu serii. Silna redukcja warstw siodłowych w kierunku wschodnim. | Do ok. 700 m   |
| Paraliczna              | Warstwy porębskie Namur A                           | Rozpoznana została jedynie partia stropowa w obszarze Pawłowic. Zdecydowana przewaga utworów ilastych nad piaszczystymi. Pokłady węgla o stałej miąższości i dużej regularności występowania. Występują na głębokości poniżej 1500 m                    | Kilkadziesiąt metrów od stropu do dolnej granicy rozpoznania geologicznego |

wysoko uwęglonych pokładów i podwyższonych koncentracji metanu w głębokiej strefie metanośnej na wielkość metanośności pokładów w obrębie strefy przystropowej. Związek taki był bowiem postulowany we wcześniejszych opracowaniach dotyczących polskiej i czeskiej części GZW [np. 1, 3].

### Zarys budowy geologicznej obszaru badań

Obszar badań (rys. 1) znajduje się w południowo-zachodniej części GZW w obrębie południowo-zachodniego skrzydła niecki głównej. Do głębokości rozpoznania geologicznego (ok. 1800 m) zbudowany jest z rzecznych i polodowcowych utworów czwartorzędu i ilastych miocenu o łącznej miąższości od ok. 160 m na północy obszaru do ponad 800 m w strefie uskokuw Bzie-Czechowice na południu oraz z węglonośnych utworów karbonu, stanowiących właściwą serię złożową.

Ukształtowanie pionowe stropu utworów karbońskich w badanym obszarze jest bardzo urozmaicone (rys. 2), na co wpływ wywarły w dużej mierze przedmioceńska erozja kompleksu karbońskiego oraz zaangażowanie tektoniczne obszaru wyrażone obecnością uskokuw [np. 2]. Wysokość bezwzględna powierzchni stropowej wynosi od ok. 150 m n.p.m. w północnej części do ponad 550 m p.p.m. w południowej, przyjmując w tej ostatniej charakter rzeźby górskiej (rys. 2).

Utwory węglonośne karbonu mające charakter molasy reprezentowane są przez mięszszy monotony kompleks iłowców, mułowców oraz piaskowców z licznymi pokładami węgla. Charakterystykę stratygraficzną i litologiczną serii karbońskich obecnych w obszarze badań przedstawiono w tabeli 1.

Pod względem tektonicznym badany obszar usytuowany jest pomiędzy dwiema regionalnymi w skali GZW dyslokacjami – jawiszowicką na północy i Bzie-Czechowice na południu (rys. 1 i 2). Dyslokacje te o kilkusetmetrowych zrzutach na południe i przebiegu NW-SE stanowią główne struktury nieciągłe GZW. Ich długość osiąga ok. 40 km. Pozostałe dyslokacje w badanym obszarze mające znaczenie lokalne przyjmują przebieg zarówno równoleżnikowy lub zbliżony (zgodny z wymienionymi dyslokacjami regionalnymi) oraz południkowy.

W złożu występuje węgiel od energetycznego (typy 32.1 – 33) po gazowo-koksowy i ortokoksowy (typy 34.1 – 35.1). Udział węgla koksowego (typu 34.1 – 35.1) zwiększa się wraz z głębokością do ok. 99% na głębokości 1000 m. Węgiel charakteryzuje się dużym zapopieleniem (średnio 17%), niskim zasarczeniem (przeciętnie 0,6%) oraz wysoką kalorycznością (średnia wartość opała w granicach 25 – 27 MJ/kg) [12].

Obszar badań cechuje się skomplikowanymi warunkami metanowymi. Występuje w obrębie IV strefy gazonośności GZW [9] z obecnym strefowym układem głębokościowym metanośności pokładów obejmującym przystropową strefę podwyższonej gazonośności oraz głębiej położoną strefę wysokometanową (rys. 3). Obie strefy rozdziela interwał obniżonej ilości metanu, który może zanikać i wówczas dochodzi do połączenia obu stref wysoko metanośnych. Granicząca z badanym obszarem kopalnia Pniówek prowadzi eksploatację węgla w warunkach najwyższej IV kategorii zagrożenia metanowego.

### Metodyka

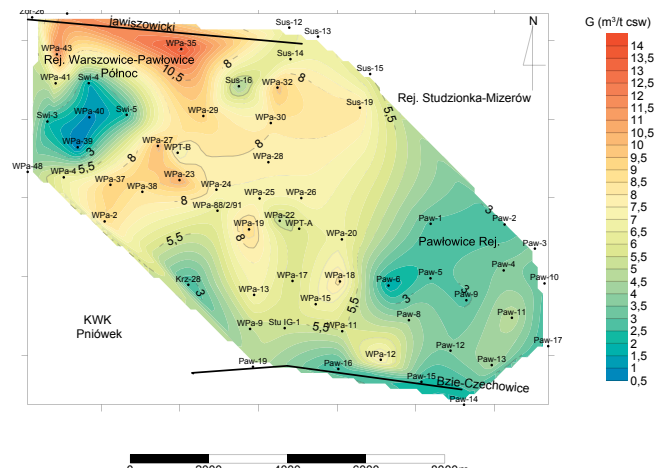
Podstawą opracowania są dane metanośności pokładów węgla, czyli objętości metanu i jego gazowych homologów zawartej w jednostce masy czystej substancji węglowej oraz zawartości części lotnych w pokładzie (przeliczonej na stan suchy i bezpopioły - daf), definiowanej jako część bezwodnej masy węgla, która po prażeniu przechodzi w stan lotny. Wielkość ta, obok refleksyjności wityryny, jest jednym z najważniejszych parametrów określających stopień uwęglenia pokładu. Dane metanośności i zawartości części lotnych pochodzą z analiz próbek węgla pobranych podczas wiercenia otworów wykonanych w celu udokumentowania złóż węgla Warszowice-Pawłowice oraz Pawłowice w okresie od lat siedemdziesiątych do końca dziewięćdziesiątych XX w. Wyniki analiz zostały udostępnione przez Narodowe Archiwum Geologiczne w Warszawie oraz Katowickie Przedsiębiorstwo Geologiczne. W sumie wykorzystano po ponad 1000 wyników metanośności oraz zawartości części lotnych z 62 otworów

wiertniczych. Gęsta siatka otworów (ok. 1 km na 1 km lub 2 km na 2 km) pozwoliła na wykonanie map zmienności tych parametrów metodą interpolacji liniowej.

Zmienność lateralną obu parametrów przedstawiono na mapach na trzech poziomach dokumentacyjnych obliczając ich średnią arytmetyczną w każdym otworze w interwałach pomiędzy poszczególnymi poziomami:

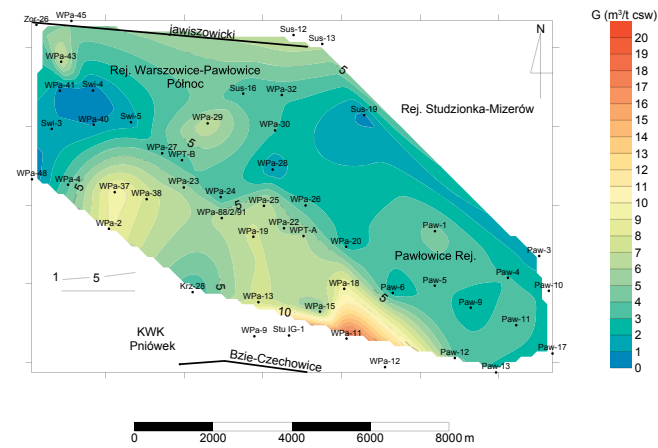
- na poziomie -300 m npm uwzględniono wartość średnią parametrów od stropu karbonu do poziomu -300 m npm (rys. 4 i 5)
- na poziomie -800 m npm – wartość średnią parametrów od poziomu -300 m npm do -800 m npm (rys. 6 i 7)
- na poziomie -1300 m npm – wartość średnią parametrów od poziomu -800 do poziomu -1300 m npm (rys. 8 i 9).

Poziomy te dobrano w taki sposób, żeby najpłytszy z nich odpowiadał przystropowym akumulacjom metanu, a głębsze akumulacjom głębiej występującym. Brano także pod uwagę głębokość odpowiadającą drugiemu skokowi uwęglenia (ok. -800 m npm), czyli zmianie gradientu spadku zawartości czę-



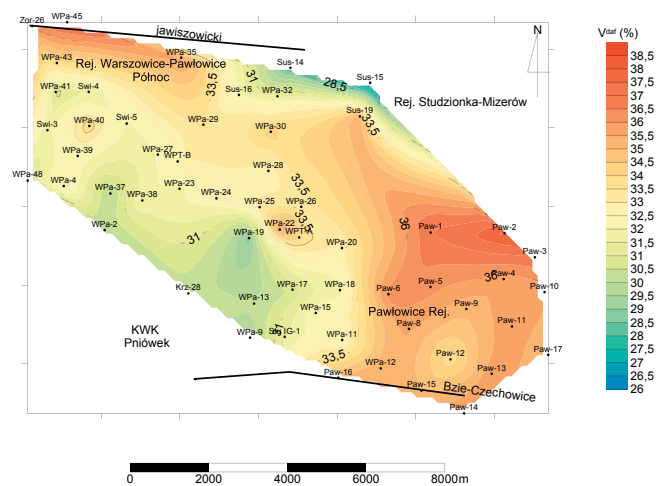
Rys. 6. Zmienność wartości średnich metanonośności w profilach otworów pomiędzy poziomami -300 m i -800 m npm. Symbole jak na rys. 2 i 4

Fig. 6. Variability of mean values of methane contents in the bore-holes profiles between the levels of -300 and -800 m above sea level. Symbols like on Figs 2 and 4



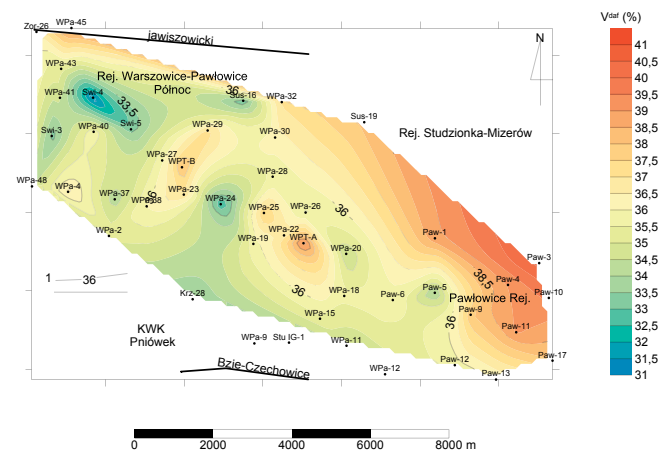
Rys. 4. Zmienność wartości średnich metanonośności w profilach otworów do poziomu -300 m npm  
1 – izarytma metanonośności  $G$  ( $m^3/t$  csw), pozostałe symbole jak na rys. 2

Fig. 4. Variability of mean values of methane contents in the bore-holes profiles down to the level of -300 m above sea level  
1 – the isoline of methane content  $G$  ( $m^3/t$  coal daf), remaining symbols like on Fig. 2



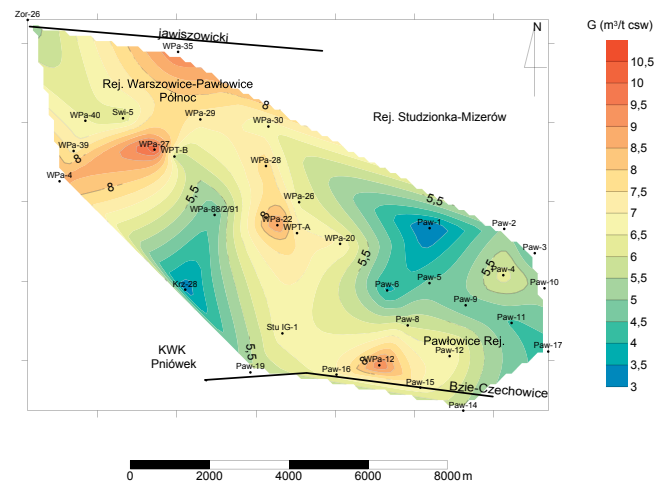
Rys. 7. Zmienność wartości średnich zawartości części lotnych w profilach otworów pomiędzy poziomami -300 m i -800 m npm, symbole jak na rys. 2 i 5

Fig. 7. Variability of mean values of  $V_{daf}$  in the bore-holes profiles between the levels of -300 and -800 m above sea level, symbols like on Figs 2 and 5



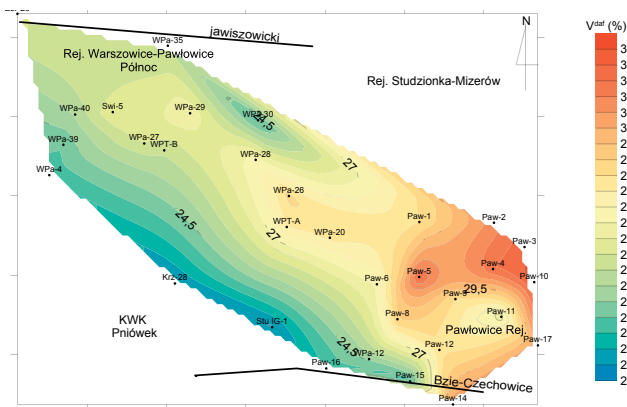
Rys. 5. Zmienność wartości średnich zawartości części lotnych w profilach otworów do poziomu -300 m npm  
1 – izarytma zawartości części lotnych  $V_{daf}$  (%), – zawartość części lotnych stan suchy i bezpopiołowy, pozostałe symbole jak na rys. 2

Fig. 5. Variability of mean values of volatiles  $V_{daf}$  in the bore-holes profiles down to the level of -300 m above sea level  
1 – the isoline of volatiles (%), remaining symbols like on Fig. 2



Rys. 8. Zmienność wartości średnich metanonośności w profilach otworów pomiędzy poziomami -800 m i -1300 m npm, symbole jak na rys. 2 i 4

Fig. 8. Variability of mean values of methane contents in the bore-holes profiles between the levels of -800 and -1300 m above sea level, symbols like on Figs 2 and 4



Rys. 9. Zmienność wartości średnich zawartości części lotnych w profilach otworów pomiędzy poziomami -800 m i -1300 m npm, symbole jak na rys. 2 i 5

Fig. 9. Variability of mean values of  $V^{daf}$  in the bore-holes profiles between the levels of -800 and -1300 m above sea level, symbols like on Figs 2 and 5

ści lotnych w profilach otworów wiertniczych (rys. 3). Nie we wszystkich otworach napotkano dane na poziomie najpłytszym oraz najgłębszym. W takim przypadku otwory, w których brak było danych pomijano przy konstrukcji mapy. Stąd różna liczba otworów na mapach z poszczególnych poziomów. Mapy skonstruowano w programie Surfer 12 metodą naturalnego sąsiada, która ogólnie biorąc polega na liniowej interpolacji danych pomiędzy sąsiadującymi ze sobą otworami tylko wewnątrz obszaru wyznaczonego przez skrajne otwory. Innymi słowy, przy użyciu tej metody program nie ekstrapoluje wyników poza obszar wyznaczony przez skrajnie zlokalizowane punkty pomiarowe.

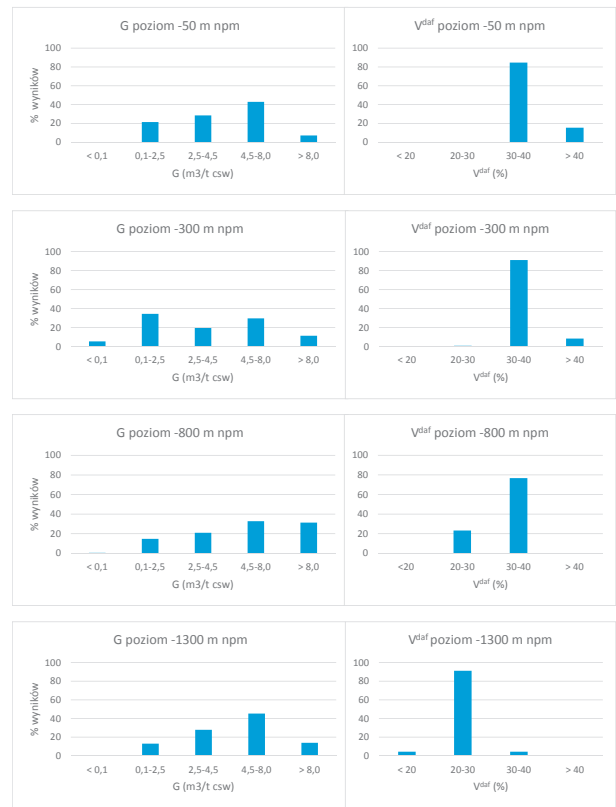
Kolejną kwestią było prześledzenie zmienności pomiędzy poziomami posługując się wybranymi parametrami statystycznymi (tab. 2) zwiększając w tym przypadku liczbę poziomów do 7: poziom -50, -300, -550, -800, -1050, -1300 oraz -1600 m npm. Powodem zwiększenia liczby poziomów było precyzyjniejsze uchwycenie zmian wartości badanych parametrów wraz z głębokością. Dla każdego z poziomów wyznaczono dla metanonośności i zawartości części lotnych wartość minimalną, maksymalną, średnią, medianę, odchylenie standardowe próbki danych oraz współczynnik zmienności.

Dodatkowo skonstruowano wykresy słupkowe liczebności wyników dla metanonośności i zawartości części lotnych dla wybranych poziomów (rys. 10). Przedziały danych dla me-

Tab. 2. Wybrane parametry statystyczne metanonośności G oraz zawartości części lotnych  $V^{daf}$  w pokładach węgla na wybranych poziomach dokumentacyjnych

Tab. 2. Selected statistical parameters of the methane content G and volatiles  $V^{daf}$  in coal seams on selected documentation levels

| Poziom (m npm) | Metanonośność G (m <sup>3</sup> /t csw) |            |         |         |                        |                             | Zawartość części lotnych $V^{daf}$ (%) |            |         |         |                        |                             |
|----------------|---|------------|---------|---------|------------------------|-----------------------------|--|------------|---------|---------|------------------------|-----------------------------|
|                | Minimalna                               | Maksymalna | Średnia | Mediana | Odchylenie standardowe | Współczynnik zmienności (%) | Minimalna                              | Maksymalna | Średnia | Mediana | Odchylenie standardowe | Współczynnik zmienności (%) |
| -50            | 0,605                                   | 8,797      | 4,080   | 4,240   | 2,256                  | 55,30                       | 31,88                                  | 41,16      | 37,53   | 37,79   | 2,44                   | 6,50                        |
| -300           | 0,018                                   | 20,202     | 4,098   | 3,401   | 3,558                  | 86,83                       | 28,39                                  | 43,78      | 36,50   | 36,20   | 2,54                   | 6,96                        |
| -550           | 0,092                                   | 17,756     | 5,065   | 4,167   | 3,421                  | 67,54                       | 25,18                                  | 40,39      | 34,58   | 34,39   | 2,90                   | 8,38                        |
| -800           | 0,096                                   | 17,700     | 6,223   | 6,163   | 3,504                  | 56,31                       | 21,02                                  | 39,56      | 32,15   | 32,18   | 3,08                   | 9,57                        |
| -1050          | 0,331                                   | 14,541     | 7,261   | 7,355   | 2,825                  | 38,90                       | 19,55                                  | 35,33      | 28,40   | 28,26   | 3,50                   | 12,34                       |
| -1300          | 0,737                                   | 11,534     | 5,060   | 4,693   | 2,301                  | 45,47                       | 15,49                                  | 32,04      | 24,30   | 23,38   | 3,55                   | 14,62                       |
| -1600          | 0,680                                   | 11,456     | 4,055   | 4,120   | 2,768                  | 68,27                       | 18,07                                  | 28,42      | 20,42   | 19,55   | 2,90                   | 14,21                       |



Rys. 10. Wykresy słupkowe liczebności danych metanonośności G i zawartości części lotnych  $V^{daf}$  na analizowanych poziomach  
Fig. 10. The bar graphs of methane contents and volatiles  $V^{daf}$  number on the analysed levels

tanonośności pokładów odpowiadają kategoriom zagrożenia metanowego w kopalniach:

- pokład niemetanowy o metanonośności do 0,1 m<sup>3</sup>/t csw
- I kategoria odpowiednio od 0,1 do 2,5 m<sup>3</sup>/t csw
- II kategoria od 2,5 do 4,5 m<sup>3</sup>/t csw
- III kategoria od 4,5 do 8,0 m<sup>3</sup>/t csw
- IV kategoria powyżej 8,0 m<sup>3</sup>/t csw.

### Wyniki i dyskusja

Rysunki 4 – 9 przedstawiają mapy zmienności średniej metanonośności pokładów oraz zawartości części lotnych pomiędzy stropem karbonu a poziomem -300 m npm i dalej pomiędzy poziomami -300 i -600 oraz -600 i -800 m npm. w otworach wiertniczych.

Z analizy map (rys. 4 – 9) wynikają następujące obserwacje: a) metanonośność pokładów węgla zmienia się w sposób raptowny z licznie obserwowanymi lokalnymi minimami oraz maksimami na wszystkich analizowanych poziomach, b) obszar wschodni (rejon Pawłowic) cechuje na ogół niższa metanonośność niż obszar centralny i zachodni (rejon Warszowic-Pawłowic), c) w rejonie uskoku jawiszowickiego metanonośność pokładów węgla jest podwyższona na każdym z analizowanych poziomów, d) stopień uwęglenia pokładów wyrażony za pomocą zawartości części lotnych generalnie rośnie ze wschodu na zachód z wahaniami szczególnie zaznaczającymi się przy uskoku jawiszowickim, przy którym obserwowany jest lokalny spadek stopnia uwęglenia pokładów (na mapach wzrost zawartości części lotnych), e) z analizy map trudno jest dostrzec zależność pomiędzy stopniem uwęglenia pokładów, a ich metanonośnością poza tym, że w rejonie Pawłowic niższej niż w pozostałych obszarach ilości metanu w pokładach towarzyszy niższy stopień uwęglenia pokładów, f) trudno też jednoznacznie stwierdzić zbieżność lokalizacji poszczególnych maksimów i minimów metanonośnych pomiędzy analizowanymi poziomami z wyjątkiem pojedynczych przypadków.

W tabeli 2 zaprezentowano wybrane parametry statystyczne metanonośności pokładów oraz zawartości części lotnych w rozbiciu na 7 poziomów. Z zestawienia wartości średnich i mediany wynika, że do poziomu -1050 m npm (ok. 1325 m od powierzchni terenu i ok. 1000 m od stropu utworów karbońskich) metanonośność pokładów węgla przeciętnie wzrasta, głębiej zaznacza się spadek, ponieważ na poziomie -1050 m npm zarówno metanonośność średnia (7,261 m<sup>3</sup>/t csw) jak i mediana (7,355 m<sup>3</sup>/t csw) jest największa. Wartość średnia części lotnych oraz mediana na poszczególnych poziomach wskazują, że parametr ten maleje wraz z głębokością, zatem wzrasta stopień uwęglenia, co jest zgodne z regułą Hilta.

Współczynnik zmienności metanonośności mieszczący się w granicach 39-87% w zależności od poziomu (tab. 2) wskazuje na dużą zmienność tego parametru w obrębie złoża [13], natomiast w przypadku części lotnych współczynnik zmienności wynoszący 6,5-14,6% wskazuje na zmienność małą [13].

Wykresy słupkowe liczebności danych (rys. 10) potwierdzają znaczny rozrzut wyników metanonośności na poszczególnych poziomach, co oznacza, że należy się liczyć ze skomplikowanymi i trudnymi do przewidzenia warunkami gazowymi w rejonach przyszłej eksploatacji górniczej, natomiast w przypadku części lotnych obserwujemy, że większość rezultatów skupia się w obrębie jednego przedziału (30 – 40%, a w przypadku poziomu najgłębszego 20 – 30%), co świadczy o znacznie większym niż w przypadku metanonośności skupieniu danych wokół wartości średnich dla analizowanych poziomów.

Duża zmienność metanonośności pokładów węgla na wszystkich analizowanych poziomach jest najprawdopodobniej wynikiem splotu oddziaływania szeregu różnych czynników geologicznych na rozkład ilości metanu w złożu. Zagadnienie to było wielokrotnie omawiane [np. 4, 9, 14].

W przypadku opisywanego obszaru widoczny jest wpływ tektoniki uskokowej, ponieważ uskoki przerywające ciągłość pokładów węglowych często stanowią drogi migracji dla metanu. Znaczną rolę odgrywa tu uskok jawiszowicki, wokół którego obserwowana jest podwyższona metanonośność złoża na wszystkich trzech zilustrowanych mapami poziomach

(rys. 4, 6 i 8). Migracja metanu za pośrednictwem uskoków umożliwi komunikację mediów pomiędzy głęboką metanonośną strefą podstawową i strefą przystropową, na co wskazywać mogą pokrywające się strefy podwyższonej metanonośności na wszystkich trzech poziomach w pobliżu dyslokacji Bzie-Czechowice oraz jawiszowickiej.

Czynnik litologiczny zaznacza się obecnością mięszszego pakietu iłowcowo-mułowcowego na całym badanym obszarze (tab. 1), który wspólnie z ilastym nadkładem mioceńskim przyczynia się do uszczelnienia pokładów węglowych i zatrzymania w nich znacznych ilości metanu.

Wpływ stopnia uwęglenia na metanonośność złoża można dostrzec jedynie fragmentarycznie. Jak już wspomniano niski metanonośny obszar Pawłowic pokrywa się z wysoką ilością części lotnych, czyli niskim stopniem uwęglenia pokładów w tym obszarze (rys. 5, 7 i 9). Wynikać to może m.in. z ograniczonej zdolności sorpcyjnej węgla słabiej przeobrażonych. Zaobserwowano także, że na poziomie -1050 m npm charakteryzującym się najwyższą wartością średnią i medianą metanonośności (tab. 2) odpowiadająca średnia zawartość części lotnych i mediana wynosi ok. 28%, co odpowiada tzw. II skokowi uwęglenia [11], a więc ta zbieżność przemawiałaby na korzyść poglądu o wpływie II skoku uwęglenia na ilość metanu w złożu [7]. Skok ten odpowiada przejściu węgla energetycznych w koksowe, co wiąże się z utratą ok. 10% części lotnych przez węgiel. Przekładać się to powinno na ilość wytworzonego metanu w złożu [7, 8].

Trend zmian stopnia uwęglenia, czyli wzrost ze wschodu na zachód jest w istocie zgodny z regionalnym trendem w GZW. Obserwowane są jednak liczne wahania i lokalne zaburzenia kierunku zmian części lotnych, co może wynikać z undulacji osi regionalnego pola uwęglenia [10] lub z oddziaływania lokalnych czynników hipergenicznych oraz termicznych (intruzji magmowych) w czasie formowania się zagłębia [15]. A więc cały wachlarz czynników oddziałujących na pokład węglowy oraz występujący metan, który podlega procesom migracji i akumulacji, powoduje, że nie jest dostrzegana ścisła zależność pomiędzy stopniem uwęglenia i ilością metanu zarówno w całym badanym obszarze, jak i GZW.

Wytwarzany metan z substancji węglowej w wyniku procesów termokatalitycznych, poddany następnie procesom migracyjnym prawdopodobnie nasycił uprzednio odgazowane pokłady węglowe w strefie płytkiej, co widoczne jest w postaci pokrywających się obszarów o podwyższonej gazonośności na wszystkich trzech poziomach w sąsiedztwie uskoków Bzie-Czechowice i jawiszowickiego. Potwierdzałyby to tezę o migracji metanu za pośrednictwem uskoków oraz stwierdzenie, że podobieństw pomiędzy koncentracją metanu termogenicznego wytworzonego wskutek przejścia węgla energetycznych w koksujące (II skok uwęglenia) i podwyższonymi koncentracjami metanu w przystropowej strefie gazonośnej należy doszukiwać się w obszarach zlokalizowanych w pobliżu dużych rozmiarów drożnych dla gazu dyslokacji tektonicznych. W pozostałych obszarach zbieżności te nie są widoczne prawdopodobnie z uwagi na bakteryjne pochodzenie znacznej ilości metanu w strefie przystropowej, niezależne od genezy metanu termokatalitycznego występującego na głębszych poziomach [np. 5, 6] oraz utrudnioną komunikację mediów pomiędzy poziomami z powodu braku dużych rozmiarów nieciągłości górotworu.

## Podsumowanie

Obszar Pawłowic-Warszowic należy do lepiej rozpoznanych otworowo obszarów złóżowych węgla kamiennego GZW. Wykonana analiza zmienności ilości metanu w złożu oraz zawartości części lotnych na podstawie danych z 62 otworów wiertniczych wykazała, że metanonośność pokładów węgla jest parametrem o dużej zmienności przestrzennej i wykazującym zmienność okresową z dużą liczbą lokalnych minimów i maksimów, natomiast zawartość części lotnych, określająca stopień uwęglenia pokładów wykazuje się małą zmiennością, a występujące lokalne wahania mają na ogół charakter łagodny. Generalnie metanonośność pokładów węgla rośnie w kierunku zachodnim, co zaznacza się na poziomach -800 i -1300 m npm. Na poziomie -300 m npm zachodni kierunek wzrostu nie jest widoczny. Stopień uwęglenia pokładów wzrasta w kierunku zachodnim, co jest zgodne z regionalnym trendem zmienności tego parametru.

Zależność pomiędzy stopniem uwęglenia pokładów a ich metanonośnością widoczna jest jedynie fragmentarycznie, najlepiej w rejonie Pawłowic, w którym na ogół niskiej me-

tanonośności towarzyszy niski stopień uwęglenia pokładów. Ponadto na poziomie -1050 m średnia zawartość części lotnych i mediana wynoszące 28% odpowiadają tzw. II skokowi uwęglenia i zbiegają się z najwyższą średnią metanonośnością pokładów i medianą wynoszącymi ponad 7 m<sup>3</sup>/t csw.

Ewentualnych zbieżności pomiędzy obecnością metanu termogenicznego, wytworzonego wskutek przejścia węgla energetycznych w koksujące (II skok uwęglenia) i podwyższonymi koncentracjami metanu w przystropowej strefie gazonośnej należy doszukiwać się w obszarach zlokalizowanych w pobliżu dużych rozmiarów i drożnych dla gazu dyslokacji tektonicznych. Dyslokacje te często stanowią drogi migracji dla metanu, co widoczne jest m. in. w postaci podwyższonej metanonośności pokładów w pobliżu regionalnych uskoków GZW, szczególnie w rejonie uskoku jawiszowickiego.

*Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki na podstawie decyzji numer DEC-2013/11/B/ST10/00253*

## Literatura

- [1] Borowski, J., 1968. *Problem uwęglenia pokładów i pochodzenia metanu na tle wulkanizmu w południowej części Zagłębia Górnośląskiego*. Przegląd Górnictwa v. 4: 165 – 172
- [2] Jura, D., 2001. *Morfotektonika i ewolucja różnowiekowej niezgodności w stropie utworów karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Wyd. Uniwersytetu Śl., Katowice. ISSN 0208-6336
- [3] Kandarachevová, J., Sedláčková, L., Hýlová, L., Jirásek, J., Sivek, M., 2009. *Lateral development of coalification in the Czech part of the Upper Silesian Coal Basin and its connection with gas deposits*. International Journal of Coal Geology v. 78: 225 – 232. ISSN 0166-5162
- [4] Kędzior, S., 2005. *Próba usystematyzowania zjawisk wpływających na zmienność metanonośności serii węglonośnych na przykładzie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Jureczka J., Buła Z., Żaba J. (red): Mat. konf. 76 Zjazdu Naukowego Pol. Tow. Geol., Państw. Inst. Geol., Pol. Tow. Geol. Warszawa: 156 – 160. ISBN 83-7372-845-7
- [5] Kędzior, S., 2006. *Charakterystyka występowania płytkiej strefy wysoko metanowych pokładów węgla w złożu Warszowice-Pawłowice Północ w aspekcie możliwości zagospodarowania metanu*. Górnictwo Odkrywkowe, v. 1-2: 161 – 165. ISSN 0043-2075
- [6] Kędzior, S., 2011. *The occurrence of a secondary zone of coal-bed methane in the southern part of the Upper Silesian Coal Basin (southern Poland): potential for methane exploitation*. International Journal of Coal Geology, 86: 157-168. ISSN 0166-5162
- [7] Kędzior, S., 2015. *Szacowanie ilości metanu wytworzonego i zakumulowanego w nisko uwęglonych pokładach węgla na przykładzie złoża Oświęcim-Polanka (Górnośląskie Zagłębie Węglowe)*. Górnictwo Odkrywkowe, 2015 LV 2: 54 – 61. ISSN 0043-2075
- [8] Kędzior, S., 2016. *Próba obliczenia ilości metanu wytworzonego i zakumulowanego w kontekście zmienności stopnia przeobrażenia pokładów węgla w rejonie Bzie-Dębina (Górnośląskie Zagłębie Węglowe)*. Górnictwo Odkrywkowe 4: 46-52, ISSN 0043-2075
- [9] Kotarba, M., Pękała, Z., Daniel, J., Więclaw, D., Smolarski, L., 1995. *Rozkład głębokościowy zawartości metanu i węglowodorów wyższych w utworach węglonośnych górnego karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. W: Opracowanie modeli oraz bilansu generowania i akumulacji gazów w serii węglonośnej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. R. Ney, M. Kotarba (red), Centrum PPGSMiE PAN, Kraków: 175 – 180. ISBN 83-86286-65-2
- [10] Kotas, A., 1971. *Uwagi o metamorfizmie węgla Zagłębia Górnośląskiego*. Zesz. Nauk. AGH nr 292. Geologia z. 14
- [11] Kruszewska, K., Dybowa – Jachowicz, S., 1997. *Zarys petrologii węgla*. Wyd. Uniw. Śląskiego. Katowice. ISSN 0239-6432
- [12] Mandrela, L., Pękała, Z., 2002. *Dodatek Nr 4 do dokumentacji geologicznej złoża węgla kamiennego Warszowice - Pawłowice Północ w kat. B,C1,C2*. CAG PIG Warszawa (nie publ.)

- [13] Nieć, M., 1990. *Geologia kopalniana*. Wyd. Geol. Warszawa. ISBN 83-220-0339-0
- [14] Nieć, M., 1993. *Złoża metanu w formacjach węglonośnych*. Mat. Szkoły Eksploatacji Podziemnej t. 2, Ustroń, 281 – 301. ISBN 9788360195208
- [15] Probiez, K., Marcisz, M, Sobolewski, A., 2012. *Od torfu do węgla koksowych monokliny Zofiówki w obszarze Jastrzębia (południowo-zachodnia część Górnośląskiego Zagłębia Węglowego)*. Wyd. Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze, ISBN 978-83-930194-2-7
- [16] *Mapa rozmieszczenia złóż węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wg stanu na 31.12.2015 r.* Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, 2016. (<http://geoportal.pgi.gov.pl>)



Fot. Jacek Koźma

Krajobraz zbiornika kwaśnych wód pokopalnianych o dużej zawartości związków żelaza. Fragment dawnego wyrobiska odkrywkowego „Juska E” kopalni „Przyjaźń Narodów - Szyb Babina”, w rejonie Łęknicy