

Zmienność dojrzałości termicznej materii organicznej na podstawie refleksyjności wityryny w wybranych głębokich otworach wiertniczych Nizżu Polskiego – wstępne wyniki

Igor Kaleta¹, Marta Waliczek¹, Marek L. Solecki²,
Dominika Bogdziewicz², Grzegorz Machowski¹



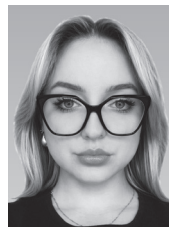
I. Kaleta



M.M. Waliczek



M.L. Solecki



D. Bogdziewicz



G. Machowski

Variability of the thermal maturity of organic matter based on vitrinite reflectance from selected deep boreholes in the Polish Lowlands – preliminary results. Prz. Geol., 74: 617–621; doi: 10.7306/2026.51

Redaktor prowadząca: Iwona Jelonek

Abstract. The paper presents the results of petrographic investigations of dispersed organic matter from the B-9, G-2 and G-12 wells located in the south-western part of the Łódź Trough (Polish Lowlands). Thermal maturity was assessed using mean random vitrinite reflectance (VR_o %), and maximum palaeotemperatures were estimated using the Barker and Pawlewicz (1994) equation. The analysed samples represent Jurassic, Triassic and Permian (Zechstein) strata. Mean VR_o values range from 0.50% in Middle Jurassic sandstones of the B-9 well to 1.21% in the Permian (Zechstein) dolomite from the G-2 well, corresponding to estimated palaeotemperatures of 80–151°C. The results provide new petrographic data on the thermal maturity of the Permian–Mesozoic succession in the south-western part of the Łódź Trough and complement previous studies on the thermal evolution of this area.

Keywords: organic matter, vitrinite reflectance, Polish Lowlands, Łódź Trough

Południowo-zachodnia część niecki łódzkiej obejmuje rozległy kompleks utworów permsko-mezozoicznych, reprezentowanych przez osady cechsztynu oraz utwory triasu i jury (np. Marek, Pajchłowa, 1997; Dadlez i in., 1998; Stupnicka, Stempień-Sałek, 2016; ryc. 1). Określenie stopnia dojrzałości termicznej rozproszonej materii organicznej w tych utworach stanowi istotny element rekonstrukcji ich historii termicznej oraz oceny ewolucji systemów naftowych (np. Taylor i in., 1998). Jedną z najczęściej stosowanych metod oceny dojrzałości termicznej jest pomiar refleksyjności wityryny (VR_o), który dostarcza informacji o maksymalnym stopniu przeobrażenia termicznego materii organicznej (Bostick, 1971; Taylor i in., 1998; Hackley, Cardott, 2016). Dotychczasowe badania wskazują na zróżnicowany stopień dojrzałości termicznej utworów cechsztynu oraz na istotny wpływ procesów termicznych i hydrotermalnych na ewolucję termiczną centralnej części basenu polskiego (Grotek, 1998; Zielinski i in., 2012). Przedstawione w pracy badania obejmują analizę refleksyjności wityryny rozproszonej materii organicznej w utworach jury, triasu i permu rozpoznanych w otwo-

rach B-9, G-2 i G-12 (ryc. 1). Celem badań była charakterystyka stopnia dojrzałości termicznej analizowanych utworów, wyznaczenie maksymalnych paleotemperatur oraz porównanie poziomu dojrzałości termicznej pomiędzy poszczególnymi profilami wiertniczymi.

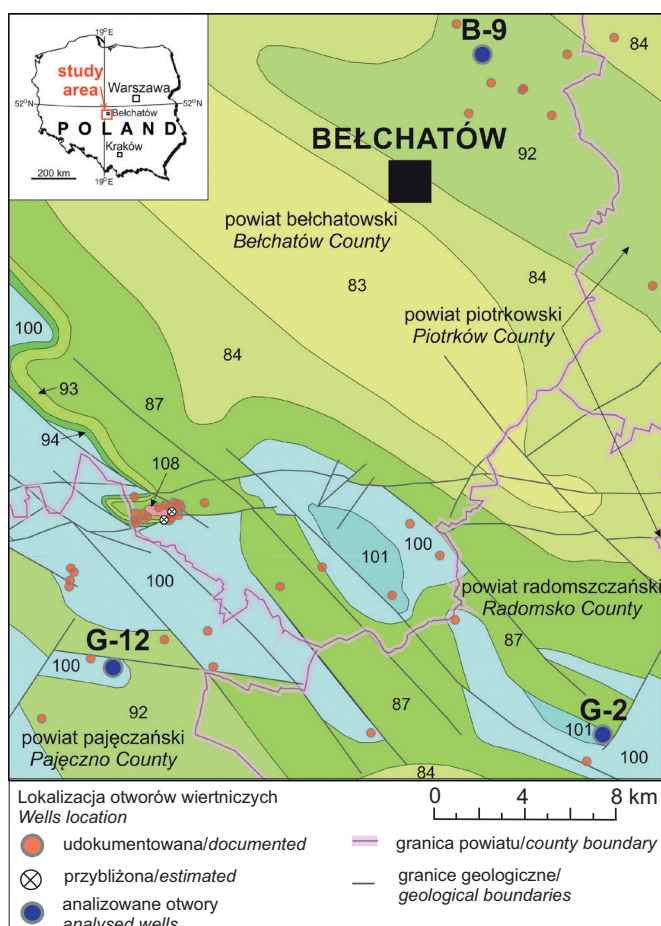
MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Badaniom poddano dziewięć próbek skał reprezentujących utwory jury, triasu i permu z odwiertów B-9, G-2 i G-12. Zgłady petrograficzne przygotowano zgodnie z procedurą ASTM (2021), a pomiary refleksyjności wityryny wykonano zgodnie z normą ASTM (2023). Szczegółowy opis procedury przygotowania próbek, warunków wykonywania pomiarów oraz kalibracji układu pomiarowego przedstawiono w pracy Waliczek i in. (2022). Maksymalne paleotemperature oszacowano na podstawie wartości VR_o z wykorzystaniem równania Barkera i Pawlewicza (1994):

$$T [^{\circ}\text{C}] = (\ln(VR_o) + 1,68)/0,0124$$

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; igorkaleta@student.agh.edu.pl; waliczek@agh.edu.pl; machog@agh.edu.pl; ORCID ID: I. Kaleta – 0009-0003-3627-1072; M.M. Waliczek – 0000-0002-5940-7986; G. Machowski – 0000-0003-4589-0433

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; marek.solecki@agh.edu.pl; dbogdziewicz@student.agh.edu.pl; ORCID ID: M. Solecki – 0000-0001-8637-8300; D. Bogdziewicz – 0009-0006-4503-7407



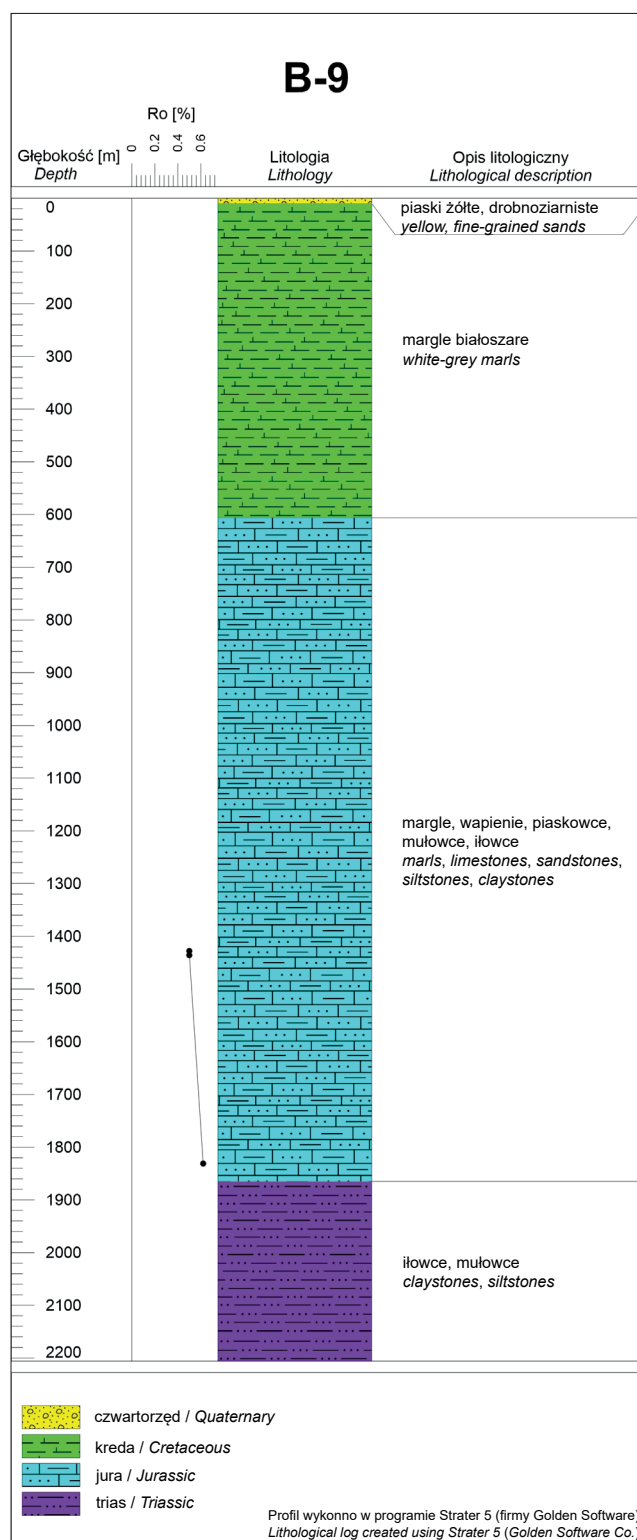
Ryc. 1. Mapa geologiczna rejonu Bełchatowa – podłoże kenozoiku (na podstawie CBDG); kreda: 83 – margle, wapienie, gezy i kreda piząca oraz skały klastyczne; 84 – margle opoki, kreda piząca i wapienie oraz skały klastyczne; 87 – opoki, margle, kreda piząca, wapienie, piaskowce; 92 – wapienie, opoki i margle; 93 – wapienie i margle oraz piaskowce; 94 – piaskowce, mułowce i iłowce oraz wapienie i margle; jura: 100 – wapienie, margle, mułowce, iłowce; 101 – iłowce, łupki, mułowce, piaskowce, dolomity; 108 – skały węglanowe, anhydryty, sole i zubry oraz skały klastyczne

Fig. 1. Geological map of the Bełchatów region – Cenozoic base (based on the Central Geological Database of the Polish Geological Institute – National Research Institute); **Cretaceous:** 83 – marls, limestones, gaize, chalk and clastic rocks; 84 – marls, chalk, limestones and clastic rocks; 87 – opokas, marls, chalk, limestones, sandstones; 92 – limestones, chalk and marls; 93 – limestones, marls and sandstones; 94 – sandstones, mudstones, claystones, limestones and marls; **Jurassic:** 100 – limestones, marls, mudstones, claystones; 101 – claystones, shales, mudstones, sandstones, dolomites; 108 – carbonate rocks, anhydrites, salts and argillaceous salts and clastic rocks

WYNIKI BADAŃ

Refleksyjność witrynytu i paleotemperatury

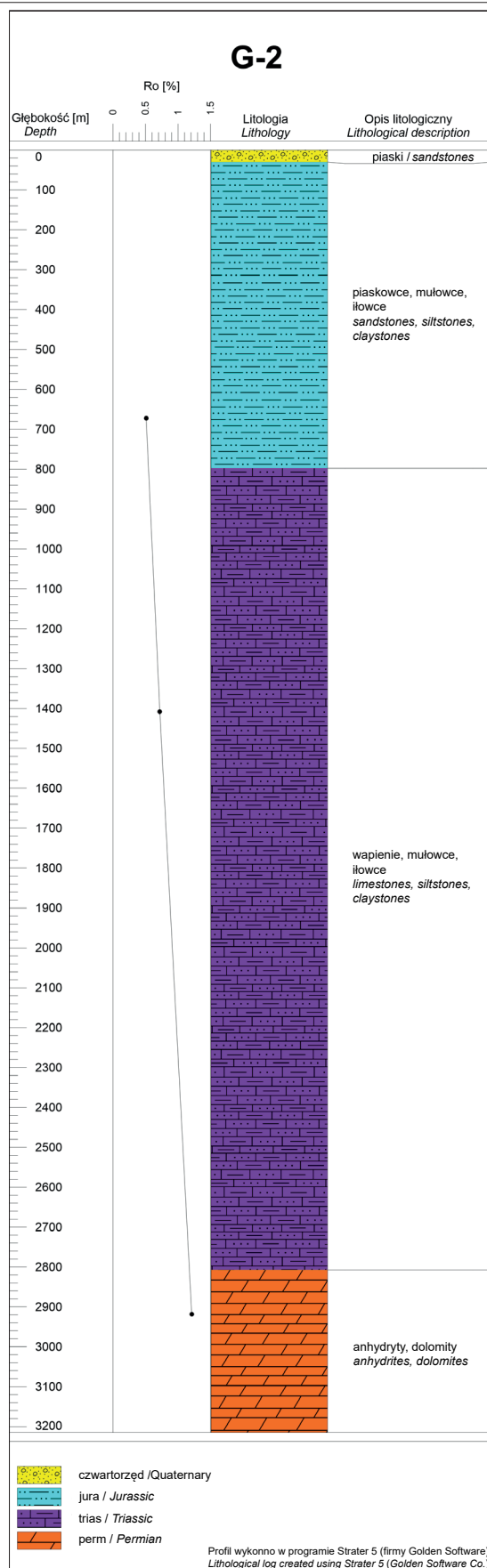
Średnie wartości refleksyjności witrynytu (VR_o), oznaczone w analizowanych próbkach, mieszczą się w przedziale od 0,50%, dla piaskowców jury środkowej z odwiertu B-9, do 1,21%, dla dolomitu cechsztyńskiego z odwiertu G-2 (tab. 1, ryc. 2–4). W odwiertu B-9 wartości VR_o wynoszą 0,50% dla próbek piaskowców jury środkowej oraz 0,62% dla piaskowca jury dolnej. W odwiertu G-2 wartości refleksyjności wzrastają od 0,51%, w mułowcu jury dol-



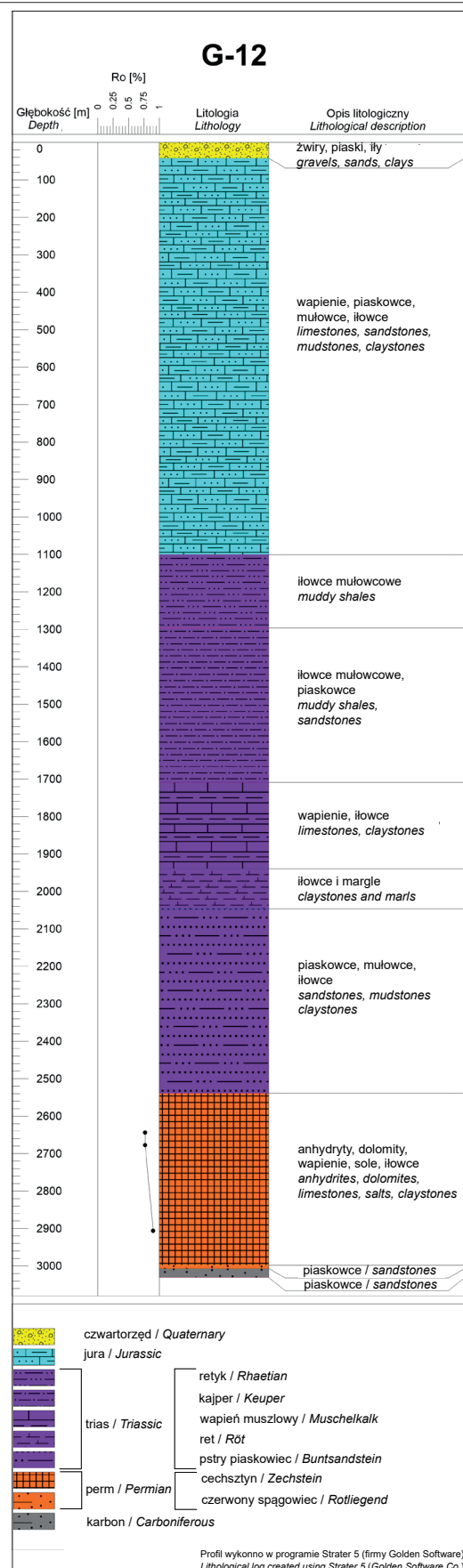
Ryc. 2. Uproszczony profil litologiczno-stratygraficzny otworu B-9 (na podstawie Marka, 1966) wraz z pomierzonymi wartościami refleksyjności witrynytu VR_o [%]

Fig. 2. Simplified lithological-stratigraphic section of the B-9 well (after Marek, 1966) with the measured vitrinite reflectance values VR_o [%]

nej z głęb. 672 m, przez 0,72%, w mułowcu triasu górnego z głęb. 1408 m, do 1,21% w dolomicie cechsztynu z głęb. 2918 m. W odwiertu G-12 średnie wartości VR_o wynoszą 0,77% dla próbek anhydrytów cechsztynu oraz 0,90% dla próbek wapienia z głęb. 2906 m (tab. 1).



Ryc. 3. Uproszczony profil litologiczno-stratygraficzny otworu G-2 (na podstawie Łuckiej, 1971) wraz z pomierzonymi wartościami refleksyjności wityritu VR_o[%]
Fig. 3. Simplified lithological-stratigraphic section of the G-2 well (after Łucka, 1971) with the measured vitrinite reflectance values VR_o[%]



Ryc. 4. Uproszczony profil litologiczno-stratygraficzny otworu G-12 (na podstawie Pernala, 1990) wraz z pomierzonymi wartościami refleksyjności wityritu VR_o[%]
Fig. 4. Simplified lithological-stratigraphic section of the G-12 well (after Pernal, 1990) with the measured vitrinite reflectance values VR_o[%]

Tab. 1. Wyniki pomiarów refleksyjności wityryny (VR_o) oraz oszacowane maksymalne paleotemperatury dla próbek z odwiertów B-9, G-2 i G-12.**Table 1.** Results of vitrinite reflectance (VR_o) measurements and estimated maximum palaeotemperatures for samples from the B-9, G-2 and G-12 wells

Otwór <i>Well</i>	Stratygrafia <i>Stratigraphy</i>	Głębokość <i>Depth</i> [m]	Litologia / <i>Lithology</i>	Średnia refleksyjność wityryny <i>Mean vitrinite reflectance value</i> VR_o [%]	Liczba pomiarów <i>Number of measurements</i>	Odchylenie standardowe <i>Standard deviation</i>	Zakres refleksyjności wityryny <i>Vitrinite reflectance range</i> VR_o [%]	T [°C]
B-9	jura środkowa <i>Middle Jurassic</i>	1428	piaskowiec <i>sandstone</i>	0,50	56	0,06	0,41–0,68	80
B-9		1436	piaskowiec <i>sandstone</i>	0,50	35	0,06	0,40–0,63	80
B-9	jura dolna <i>Lower Jurassic</i>	1831	piaskowiec <i>sandstone</i>	0,62	39	0,06	0,51–0,75	97
G-2		672	mułowiec <i>mudstone</i>	0,51	44	0,10	0,34–0,71	81
G-2	trias górny <i>Upper Triassic</i>	1408	mułowiec <i>mudstone</i>	0,72	46	0,07	0,62–0,85	109
G-2	perm (cechsztyń) <i>Permian (Zechstein)</i>	2918	dolomit <i>dolomite</i>	1,21	6	0,09	1,10–1,32	151
G-12		2644	anhydryt <i>anhydrite</i>	0,77	32	0,08	0,63–0,92	114
G-12		2677	anhydryt <i>anhydrite</i>	0,77	13	0,09	0,64–0,90	114
G-12		2906	wapień <i>limestone</i>	0,90	3	0,10	0,85–1,03	127

T – maksymalna paleotemperatura oszacowana na podstawie wskaźnika VR_o przy użyciu logarytmu $T = (\ln[VR_o] + 1,68) / 0,0124$ (Barker, Pawlewicz, 1994)T – maximum palaeotemperature calculated from VR_o based on the Barker and Pawlewicz (1994) equation $T = (\ln[VR_o] + 1.68) / 0.0124$

Maksymalne paleotemperatury oszacowane na podstawie równania Barkera i Pawlewicza (1994) mieszczą się w przedziale od 80°C dla próbek z odwiertu B-9 do 151°C dla dolomitu cechsztyńskiego z odwiertu G-2 (tab. 1).

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki wskazują na zróżnicowany stopień dojrzałości termicznej analizowanych utworów. Najniższe wartości refleksyjności wityryny oznaczono w jurajskich piaskowcach odwiertu B-9 (0,50–0,62% VR_o) i jurajskich mułowcach odwiertu G-2 (0,51% VR_o) pośrednie w triasowych mułowcach oraz permskich anhydrytach odwiertów G-2 i G-12 (0,72–0,90% VR_o), natomiast najwyższą wartość (1,21% VR_o) uzyskano dla cechsztyńskiego dolomitu z odwiertu G-2. W obrębie odwiertu G-2 obserwuje się wzrost wartości refleksyjności wityryny wraz z głębokością zalegania analizowanych próbek. Zróżnicowanie uzyskanych wartości VR_o odzwierciedla złożony wpływ głębokości pogrzebienia oraz przynależności stratygraficznej analizowanych utworów.

Uzyskane wartości refleksyjności wityryny są zgodne z dotychczasowymi wynikami badań stopnia dojrzałości termicznej utworów permu i triasu w środkowej Polsce, określonego na podstawie wskaźnika TAI oraz analizy palinofacjalnej (Fijałkowska-Mader, 2020).

Autorzy pragną serdecznie podziękować: Panu Maciejowi Nowakowskiemu – Zastępcy Dyrektora Geologii Oddziału Geologii i Eksploatacji ORLEN S.A. Upstream Polska w Warszawie

za wyrażenie zgody na udostępnienie danych i materiałów oraz opublikowanie niniejszego manuskryptu; recenzentce pracy – Pani Profesor Iwone Jelonek – za niezwykle wnikliwą ocenę manuskryptu oraz liczne cenne uwagi i konstruktywne sugestie, które pozwoliły wyeliminować drobne nieścisłości i znacząco podnieść jakość prezentowanej pracy. Badania zostały [częściowo] sfinansowane ze środków subwencji przyznanej AGH w Krakowie przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

LITERATURA

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) 2021 – ASTM D2797/D2797M-21a – Standard Practice for Preparing Coal Samples for Microscopical Analysis by Reflected Light. https://doi.org/10.1520/D2797_D2797M-21A.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) 2023 – A D7708-23A – Standard Test Method for Microscopical Determination of the Reflectance of Vitrinite Dispersed in Sedimentary Rocks. <https://doi.org/10.1520/D7708-23A>.
- BARKER C.E., PAWLEWICZ M.J. 1994 – Calculation of vitrinite reflectance from thermal histories and peak temperatures: a comparison of methods. [W:] Mukhopadhyay P.K., Dow W.G. (red.), Vitrinite Reflectance as a Maturity Parameter: Applications and Limitations. ACS Symposium Series, 570: 216–229.
- BOSTICK N.H. 1971 – Thermal alteration of clastic particles as an indicator of contact and burial metamorphism in sedimentary rocks. *Geoscience and Man*, 3: 83–93.
- DADLEZ R., NARKIEWICZ M., POKORSKI J., WAGNER R. 1998 – Historia subsydencji a uwarunkowania tektoniczne rozwoju bruzdy śródpolskiej w późnym permie i mezozoiku. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, 165: 47–56.
- FIAŁKOWSKA-MADER A. 2020 – Zastosowanie wskaźnika TAI (thermal alteration index) i analizy palinofacjalnej do określenia stopnia dojrzałości termicznej materii organicznej w utworach górnego permu i triasu w północnej części niecki niżniańskiej (Polska centralna). *Nafta-Gaz*, 76 (8): 495–500; <https://doi.org/10.18668/NG.2020.08.01>
- Grotek I. 1998 – Dojrzałość termiczna materii organicznej w utworach cechsztynu na Niżu Polskim. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, 165: 255–260.

HACKLEY P.C., CARDOTT B.J. 2016 – Application of organic petrography in North American shale petroleum systems: a review. *International Journal of Coal Geology*, 163: 8–51; <https://doi.org/10.1016/j.coal.2016.06.010>

ŁUCKA E. 1971 – Dokumentacja wynikowa otworu parametryczno-strukturalnego G-2. Kat. SW/SZ/287. Archiwum ORLEN S.A., Warszawa.

MAREK B. 1966 – Karta otworu wiertniczego B-9. Kat. 84895. Centralne Archiwum Geologiczne Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB, Warszawa.

MAREK S., PAJCHŁOWA M. (red.) 1997 – Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, 153.

PERNAL J. 1990 – Dokumentacja wynikowa otworu G-12. Kat. SW/SZ/571. Archiwum ORLEN S.A., Warszawa.

STUPNICKA E., STEMPIEŃ-SALEK M. 2016 – *Geologia regionalna Polski*. Wydawnictwo UW, Warszawa.

TAYLOR G.H., TEICHMÜLLER M., DAVIS A., DIESSEL C.F.K., LITTKE R., ROBERT P. 1998 – *Organic Petrology*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.

WALICZEK M., MACHOWSKI G., SOLECKI M.L., STEFANIUK M. 2022 – An evaluation of organic matter dispersed in the Menilite Formation in Silesian Nappe (Polish Outer Carpathians): an optical microscopic approach. *Geology, Geophysics & Environment*, 48 (3): 243–256; <https://doi.org/10.7494/geol.2022.48.3.243>

ZIELINSKI G.W., POPRAWA P., SZEWCZYK J., GROTEK I., KIERSNOWSKI H., ZIELINSKI R.L.B. 2012 – Thermal effects of Zechstein salt and the Early to Middle Jurassic hydrothermal event in the central Polish Basin. *AAPG Bulletin*, 96 (10): 1981–1996; <https://doi.org/10.1306/04021211142>

Praca wpłynęła do redakcji: 01.07.2026 r.
Akceptowano do druku: 16.07.2026 r.