

CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA ORAZ DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA MATERII ORGANICZNEJ ROZPROSZONEJ W OSADACH MEZOZOIKU I PALEOZOIKU

WSTĘP

Charakterystykę petrograficzną materii organicznej rozproszonej w profilu osadów mezozoiku i paleozoiku z otworu wiertniczego Polskie Łąki PIG 1 przeprowadzono na podstawie analizy 27 próbek, reprezentujących utwory triasu górnego (5 próbek); dewonu górnego i środkowego (16 próbek) oraz ordowiku (4 próbki). Znaczna część wyników badań zawarta jest w dokumentacji wynikowej (Grotek, 1992) oraz publikacji (Grotek, 2006).

Podstawę analityczną pracy stanowią badania mikroskopowe, wykonane w świetle odbitym białym oraz we fluorescencji umożliwiającej identyfikację, nierozróżnialnych często w świetle białym, składników maceralnych grupy liptynitów oraz impregnacji bitumicznych (Teichmüller, 1982). Analizy przeprowadzone zostały na mikroskopie polaryzacyjnym AXIOSKOP firmy Zeiss wyposażonym w przystawkę mikrofotometryczną umożliwiającą pomiar zdolności refleksyjnej materii organicznej.

Pomiary przeprowadzono w imersji, na polerowanych płytkach skał osadowych zawierających macerały wityrynu

oraz materiał wityrinitopodobny o cechach optycznych wityrynu (stałe bituminy/bituminy oraz zooklasty, np. graptolity). Składniki te charakteryzują się liniowym wzrostem zdolności odbicia światła wraz ze wzrostem stopnia dojrzałości (Stach i in., 1982). Wymagana wielkość ziarn $>5 \mu\text{m}$ jest minimalną, niezbędną do uzyskania właściwego wyniku (Jacob, 1972).

Badania wykonano przy użyciu: – wzorców ze szkła optycznego o określonej, stałej refleksyjności: 0,4958%, 0,9207%, 1,14130% oraz 1,6618%; filtru monochromatycznego o długości fali 546 nm; – blendy pomiarowej o wielkości 0,16 mm; olejku imersyjnego o $n_D = 1,515$ w temperaturze 20–25°C.

Analiza jakościowa macerałów grupy liptynitów wykonana została przy użyciu niebieskiego filtra wzbudzającego. Przy opisie składników petrograficznych stosowano nomenklaturę i klasyfikację przyjętą przez Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla (ICCP). Uzyskane wyniki zamieszczone zostały w [tabeli](#).

OMÓWIENIE WYNIKÓW ANALIZ

TRIAS

Osady triasu zostały zbadane w 4 próbkach mułowców triasu górnego oraz 1 triasu środkowego, zawierających ubogi materiał organiczny, którego ilość wzrasta ku warstwom stropowym.

Skład petrograficzny materii organicznej zdominowany jest przez macerały wityrynu (80–90%) reprezentowane głównie przez bezpostaciowy kolotelinit oraz nieliczne fragmenty telinitu ze słabo zaznaczającą się strukturą komórkową. Występuje on w postaci lamin i soczewek *in situ* o grubości zmieniającej się w szerokich granicach od 5 do 100 μm , a także w formie redeponowanych ziarn w różnym stopniu obtoczonych oraz ostrokrawędzistych okruchów o rozmiarach 2–60 μm .

Macerały grupy inertynitów występują powszechnie w analizowanych próbkach w zmiennej ilości od 4 do 16% materii organicznej. Reprezentują je redeponowane okruchy inerto-

detrynitów, bezładnie rozproszone w masie skalnej oraz horyzontalnie ułożone soczewki fuzynitów i semifuzynitów o rozmiarach od 3 do 40 μm . Najliczniej (10–16%) występują one w stropowej partii analizowanych mułowców, w interwale głębokości 1771,0–1982,0 m ([tab. 8](#); [fig. 26](#)).

Macerały grupy liptynitów występują lokalnie, w niewielkiej ilości 4–5%, a jedynie w próbce z głębokości 2516,0 m osiągają 10% składu materii organicznej.

Składają się one w głównej mierze z okruchów makro- i mikrospor oraz kutynitów. Częstym składnikiem jest liptodetrynit, natomiast ubogo reprezentowany jest rezynit. Wszystkie macerały liptynitów wykazują intensywną fluorescencję w kolorach od żółtego do pomarańczowego. Forma ich występowania wskazuje, że w znacznym stopniu pochodzą one z redepozycji.

Tabela 8

Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w utworach triasu, permu, dewonu i ordowiku

Microscopical analysis of the organic matter dispersed in the Triassic, Permian, Devonian and Ordovician sediments

Głębokość [m]	Stratygrafia	Litologia	Witrynit [%]	WTP [%]	Inertynit [%]	Liptynit [%]	AOM [%]	R_O [%]	Zakres pomiarów *	R_O red. [%]
1771,0	T ₃	młc	84	–	10	6	–	0,98	0,80–1,20	1,30
1982,0	T ₃	młc	80	–	16	4	–	1,00	0,83–1,19	1,40
2152,0	T ₃	młc	80	–	5	–	15	1,00	0,85–1,15	1,41
2325,0	T ₃	młc	90	–	–	–	10	0,96	0,76–1,20	1,35
2516,0	T ₂	młc	78	–	7	10	5	0,80	0,53–1,04	1,15
3080,0	P ₃	dol	32	–	4	14	50	0,65	0,48–0,79	0,87
3236,0	P ₃	młc	37	–	6	17	40	0,65	0,49–0,77	0,97
3251,0	D ₃	młc	–	30	–	40	30	0,76	0,50–1,09	1,30
3267,0	D ₃	młc	–	25	5	30	40	0,78	0,53–1,07	1,22
3280,0	D ₃	młc	–	25	5	10	60	0,80	0,58–1,03	1,28
3349,0	D ₃	wap	–	65	5	–	30	0,84	0,59–1,16	–
3383,0	D ₃	dol	–	80	10	–	10	0,86	0,57–1,22	1,15
3414,0	D ₃	dol	–	35	10	5	50	0,93	0,68–1,32	1,40
3471,0	D ₂	dol	–	84	6	–	10	0,92	0,67–1,23	–
3563,0	D ₂	wap	–	88	–	–	12	1,20	1,07–1,34	–
3699,0	D ₂	wap	–	85	3	–	12	1,18	1,03–1,37	–
3841,0	D ₂	wap	–	10	–	–	90	1,22	1,02–1,51	2,21
3845,9	D ₂	wap	–	70	10	–	20	1,05	0,83–1,47	–
4035,0	D ₂	wap	–	100	–	–	–	1,11	0,84–1,36	1,65
4110,2	D ₂	wap	–	20	5	–	75	1,15	0,91–1,46	–
4119,0	D ₂	wap	–	95	–	–	5	1,20	1,12–1,36	–
4124,0	D ₂	młc	–	48	–	–	52	1,25	1,09–1,37	1,39
4258,0	D ₂	wap	–	83	–	–	17	1,53	1,20–1,87	–
4324,0	Ok	wap	–	90	–	–	10	1,60	1,28–1,92	–
4389,0	Ok	młc	–	97	–	–	3	1,67	1,21–1,93	–
4419,0	Ok	wap	–	76	–	–	24	1,73	1,21–2,02	–
4420,0	Ok	młc	–	47	–	–	53	1,73	1,23–2,00	–

T₃ – trias górny; P₃ – perm (cechsztyn); D₃ – dewon górny; D₂ – dewon środkowy; Ok – ordowik (karadok); WTP – materiał organiczny wityrynitopodobny; młc – mułowiec; dol – dolomit; wap – wapień; R_O – średnia refleksyjność wityrynit i materiału wityrynitopodobnego *in situ*; * – zakres pomiarów współczynnika R_O na macerałach wityrynit i huminitu *in situ*; R_O red – średnia refleksyjność wityrynit redeponowanego

T₃ – Upper Triassic; P₃ – Permian (Zechstein); D₃ – Upper Devonian; D₂ – Middle Devonian; Ok – Ordovician (Caradoc); WTP – vitrinite-like organic matter; młc – mudstone; dol – dolomite; wap – limestone; R_O – random value of the vitrinite and vitrinite-like material *in situ* reflectivity; * – range of the reflectivity index of the *in situ* vitrinite and vitrinite-like material; R_O red – random value of the reworked vitrinite

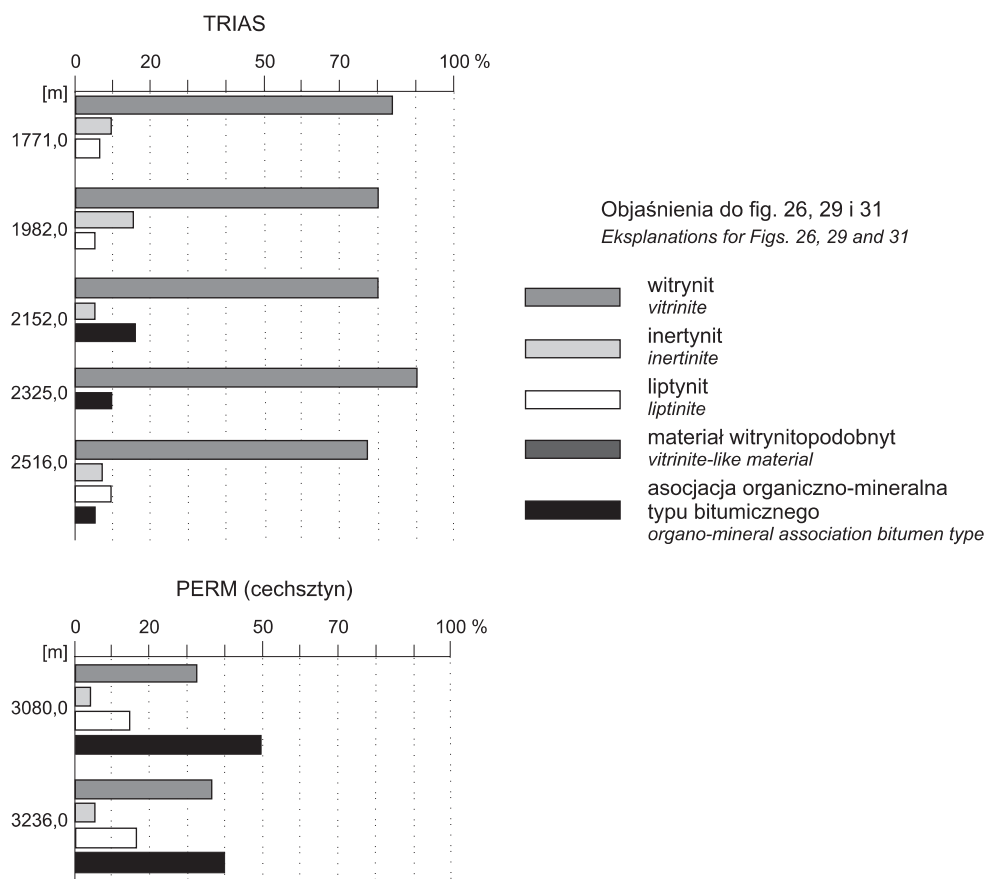


Fig. 26. Skład maceralny materii organicznej w osadach triasu i permu

Distribution of organic matter content in the Triassic and Permian sediments

Skład górnotriasowej substancji organicznej poniżej głębokości 2151,0 m uzupełnia asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego (5–15%). Występuje ona w postaci drobnodetrytycznego materiału tworzącego mniej lub bardziej regularne przerosty oraz smużyste i gniazdowe skupienia. Często asocjuje z nim homogeniczny bituminit (około 10%) mający formę soczewek, lamin lub skorodowanych ziarn.

Dojrzałość termiczna analizowanych osadów triasu górne jest wyraźnie wyższa niż utworów permskich, co związane być może z utleniającymi warunkami panującymi w trakcie

sedymencacji badanych osadów lub/oraz ze zmianami post-sedymencacyjnymi.

Pomierzone wartości wskaźnika R_o na autogenicznym wityrynicie zmieniają się (niezależnie od głębokości) w bardzo szerokim zakresie 0,53–1,20%, przy wyliczonych średnich wartościach 0,80–1,00%, wskazując na główną fazę generowania rop i maksymalne paleotemperature diagenety w granicach 80–100°C (Lopatin, 1971; Bostic, 1973; Gaupp, Batten, 1985) (tab. 8; fig. 27, 28).

PERM

Osady cechsztynu zostały zbadane w 2 próbkach (dolomit i mułowiec) z głębokości 3080,0 i 3236,0 m.

Próbka dolomitu zawiera ubogi materiał organiczny o wielkości nieprzekraczającej 25 μm , zbudowany głównie z asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego (50%) wypełniającej spękania i pory w skale. Współwystępuje z nią bezpostaciowy wityrynit typu kolotelinitu (32%), okruchy inertynitu, głównie fuzynitu i semifuzynitu (4%) oraz macerały liptynitu

(14%) reprezentowane przez liptodetrynit, fragmenty kutynitu i sporynitu oraz dość liczne algi.

Próbka mułowca z głębokości 3236,0 m zawiera bardzo liczny materiał organiczny o podobnym, do poprzednio omawianej, składzie jakościowym (tab. 8, fig. 26).

Liczny autogeniczny materiał humusowy, stanowiący około 37% materii organicznej w osadzie, reprezentowany jest przez laminki i soczewki wityrynitu typu kolotelinitu oraz

sporadycznie telinitu, w którym światła komórek wypełnione są najczęściej pirytem lub rezynitem. Ich wielkość zmienia się w granicach od 4 do 60 μm .

Substancja organiczna pochodząca z redepozycji jest zdecydowanie mniej liczna, a tworzą ją w różnym stopniu obtoczone ziarna o rozmiarach na ogół nieprzekraczających 20 μm .

Materia organiczna typu sapropelowego (asocjacja organiczno-mineralna), stanowi około 40% składu organiki w osadzie. Tworzy ona liczne gniazdowe i smużyste skupienia zawierające drobne ziarna bituminitu oraz lipto-, inerto- i witrodetrynit.

Dość licznie (17%) reprezentowane są macerały grupy liptynitu: liptodetrynit, sporynit, kutynit, rezynit oraz alginit

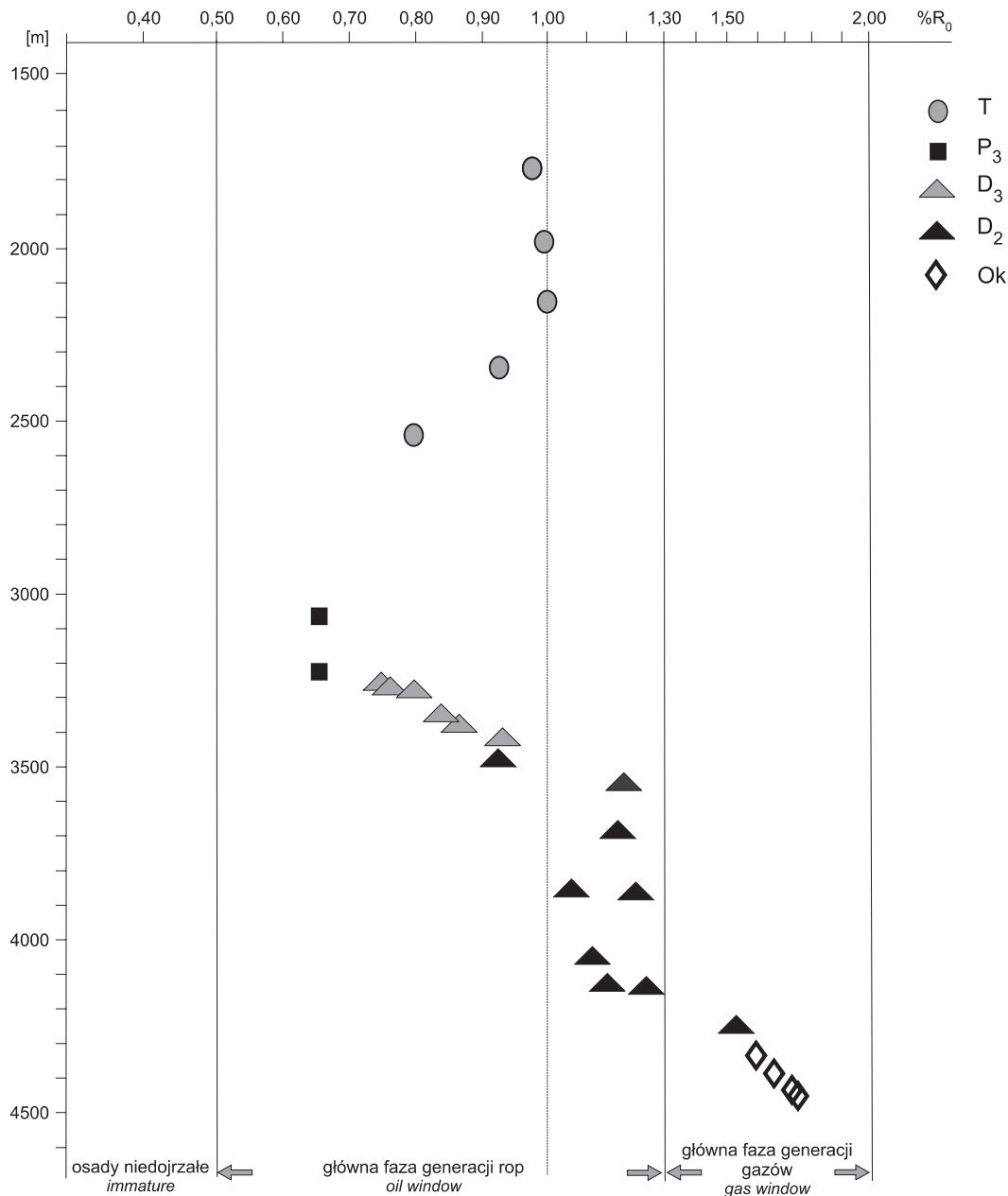


Fig. 27. Zmienność stopnia dojrzałości materii organicznej

T – trias, P₃ – perm górny (cechsztyń), D₃ – dewon górny, D₂ – dewon środkowy, Ok – ordowik (karadok)

Values of vitrinite reflectance index versus depth

T – Triassic, P₃ – Upper Permian (Zechstein), D₃ – Upper Devonian, D₂ – Middle Devonian, Ok – Ordovician (Caradoc)

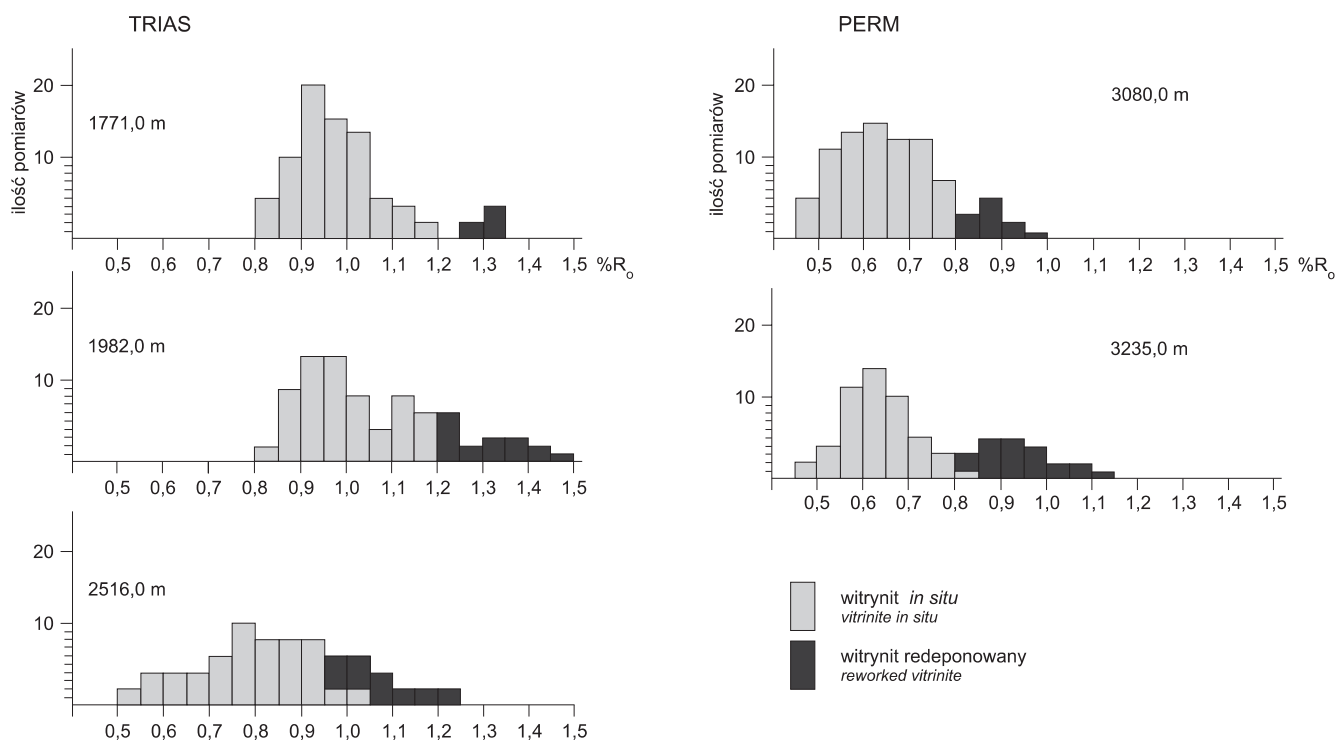


Fig. 28. Reflektogramy witrinitu z utworów triasu i permu

Reflectograms of vitrinite from Triassic and Permian sediments

występujący najczęściej w formie lamalginitu. Fluoryzują one intensywnie w kolorze żółtym oraz żółto-pomarańczowym.

Stopień dojrzałości termicznej materii organicznej w osadach cechsztynu jest dość niski, wskazujący na niezbyt wysokie maksymalne paleotemperature diagenety rzędu 70–90°C.

Wartość wskaźnika R_o syngenetycznego witrinitu zmienia się w granicach 0,48–0,79% przy wyliczonej średniej wartości wynoszącej 0,65% R_o co odpowiada głównej fazie generowania rop (tab. 8, fig. 27, 28). Wskaźnik R_o materiału redeponowanego jest wyraźnie wyższy i wynosi 0,87 i 0,97%.

DEWON

Osady dewonu górnego przeanalizowano w 6 próbkach mułowców oraz utworów węglanowych (wapienie i dolomity) pochodzących z interwału głębokości 3251,0–3414,0 m.

Skład petrograficzny materii organicznej stanowi głównie autogeniczny materiał witrinitopodobny reprezentowany przez stałe bituminy (bitumin) oraz zooklasty (głównie graptolity). Jego względna zawartość waha się od 25 do 80% przy czym obserwuje się wyraźne wzbogacenie w składniki witrinitopodobne w utworach węglanowych (65–80%) w stosunku do mułowców (25–30%). W większości próbek występują one w formie cienkich (3–9 do 40 μm) żyłek i soczewek. Z materiałem tym współwystępuje asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego (10–60%) stanowiąca mieszaninę składników mineralnych (minerały ilaste) oraz silnie zdyspergowanych nieidentyfikowalnych mikrokomponentów organicznych.

Występuje ona najczęściej w postaci przemazów, gniazdowych skupień oraz soczewkowatych ciał, lokalnie tworzy masę podstawową zawierającą większe fragmenty składników organicznych.

W próbkach mułowców stropowej partii dewonu górnego (3251,0–3280,0 m) występują dość liczne macerały liptynitów (10–40%), których ilość wyraźnie spada wraz z głębokością pograżenia (tab. 8, fig. 29). Reprezentowane są one głównie przez liptodetrynit oraz dość silnie zbiodegradowane algi fluoryzujące niezbyt intensywnie w kolorze pomarańczowo-brunatnym. Ich obecność związana jest najczęściej z występowaniem asocjacji organiczno-mineralnej impregnowanej często bituminami fluoryzującymi w kolorze brunatnym.

Dość powszechnie, w badanym profilu dewonu górnego, występuje detrytus inertynitowy (5–10%) zbudowany z amor-

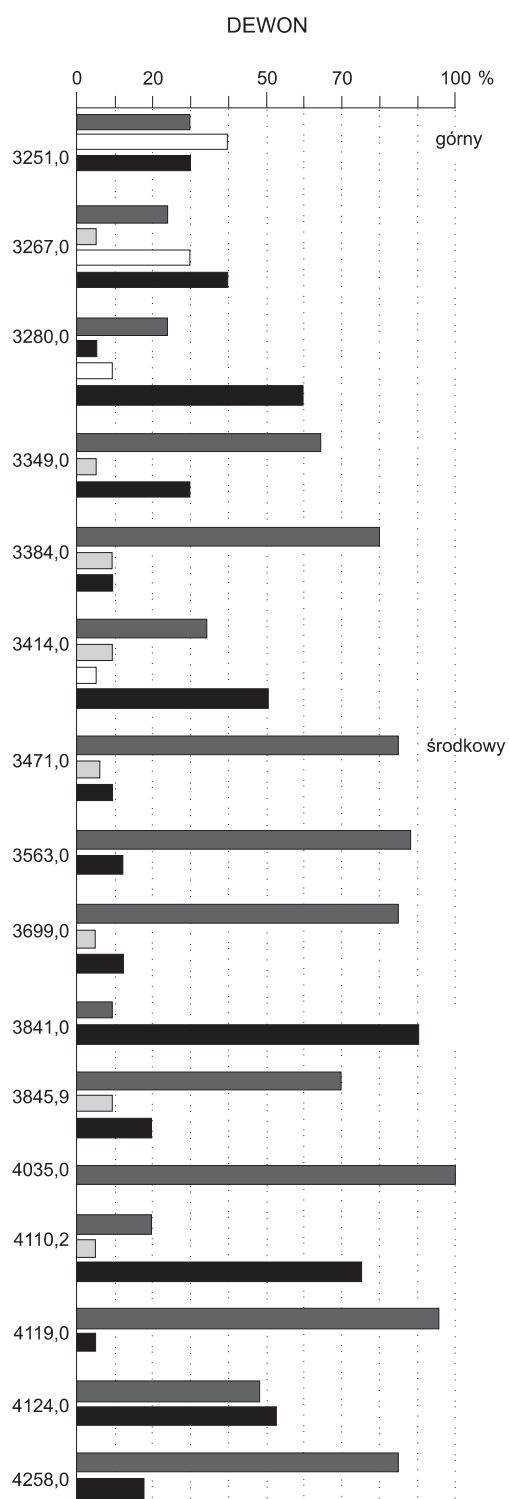


Fig. 29. Skład maceralny materii organicznej w osadach dewonu

Objaśnienia jak na fig. 26

Distribution of organic matter content in the Devonian sediments

For explanations see Fig. 26

ficznego fuzytynu i semifuzytynu oraz sporadycznie mikrynit. W dwóch próbkach zaobserwowano jedynie śladową ilość inertodetrynit.

Utwory dewonu środkowego przebadano w 10 próbkach wapieni i mułowca z interwału głębokości 3471,0–4258,0 m. Osady te są generalnie bardzo ubogie w materię organiczną, która występuje często w ilości śladowej. Wyjątek stanowią węglany z głębokości 4119,0 m wyraźnie wzbogacone w materiał organiczny reprezentowany głównie (95%) przez cienkie laminki i żyłki stałych bituminów o rozmiarach od kilku do ponad 100 μm . W pozostałych analizowanych próbkach głównym mikrokomponentem organicznym jest również materiał wityrynitopodobny (10–100%) zbudowany ze stałych bituminów oraz zdecydowanie mniej licznych zooklastów (graptolity) zróżnicowanej wielkości od 3 do 60 μm .

W zmiennej ilości od 0–90% (zawartość względna) występuje asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego, wypełniająca najczęściej szczeliny w węglanach lub tworząca soczewkowate i laminiaste skupienia.

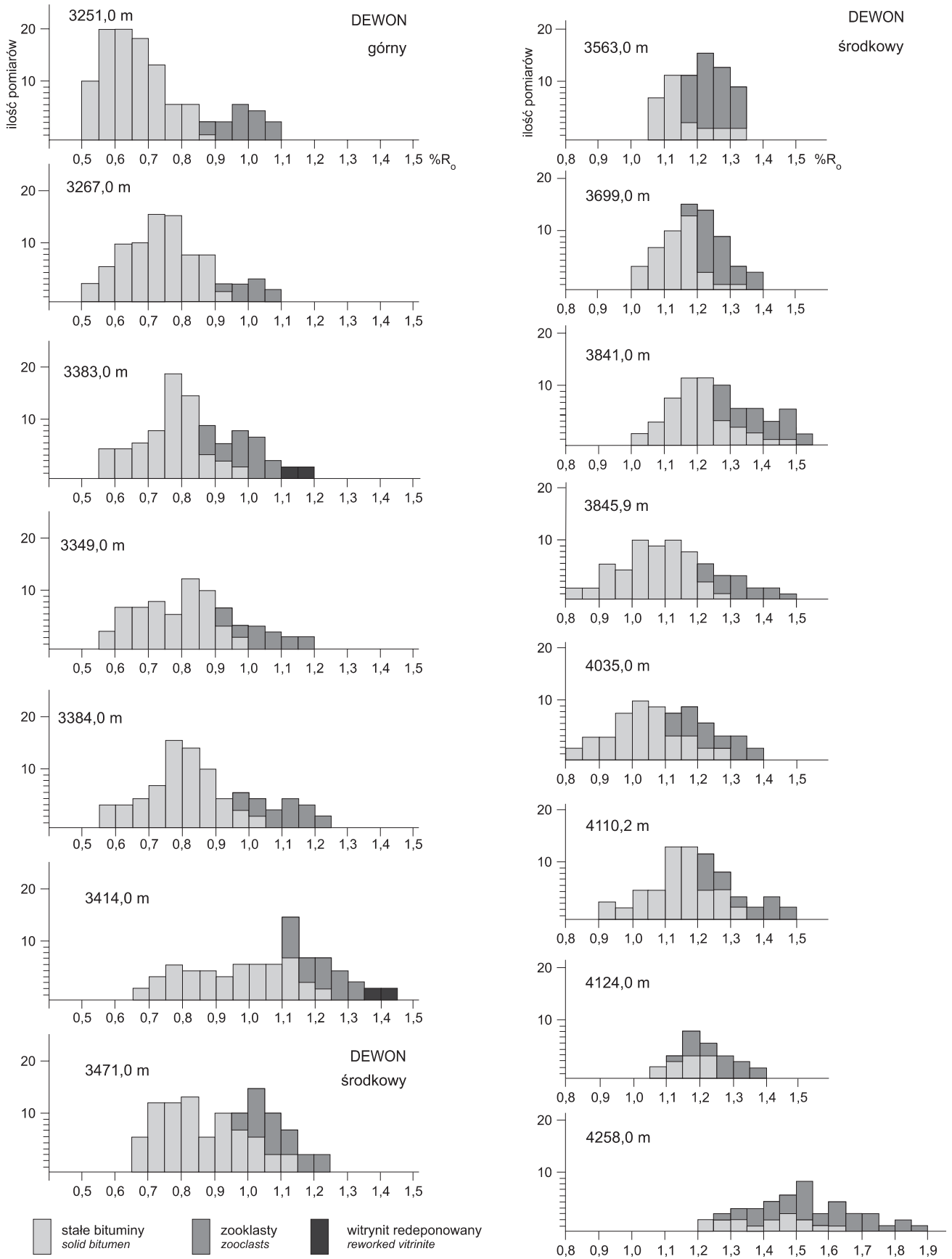
Jedynie w czterech próbkach wapieni występują nieliczne (3–10%) macerały inertne reprezentowane przez inertodetrynit oraz sfuzytynizowane szczątki organiczne (tab. 8, fig. 29).

Stopień dojrzałości materii organicznej z utworów dewonu, określony wielkością współczynnika refleksyjności autogenicznego materiału wityrynitopodobnego, zmienia się w bardzo szerokim zakresie od 0,76 do 1,53% R_o (wartości średnie) wykazując wyraźny wzrost wraz z głębokością pograżenia osadów (tab. 8, fig. 27, 30).

Dojrzałość termiczna utworów dewonu górnego odpowiada głównej fazie generowania ropy naftowej przy refleksyjności w granicach 0,76–0,93% R_o .

Utwory dewonu środkowego są silniej przeobrażone niż osady górnodewońskie, a materiał organiczny w nich zawarty charakteryzuje się słabą anizotropią. Zakres pomiarów refleksyjności waha się od 0,67 do 1,87% (dla dewonu górnego wynosi on 0,50–1,32%), przy wyliczonych średnich wartościach w granicach 0,92–1,53% R_o). Dane te wskazują, iż większość osadów dewonu środkowego znajduje się w późnej fazie generowania ropy naftowej z możliwością generowania mokrych gazów i kondensatów, natomiast osady poniżej głębokości 4124,0 m weszły już w główną fazę generowania gazów ekonomicznych (tab. 8, fig. 27).

Maksymalne paleotemperature oddziaływujące na analizowany kompleks utworów dewonu wynosiły 80–100°C w dewonie górnym oraz 100–160°C w dewonie środkowym.

**Fig. 30. Reflektogramy witrynit z utworów dewonu**

Reflectograms of vitrinite from Devonian sediments

ORDOWIK

Osady karadoku przeanalizowano w 4 próbkach wapieni i mułowców z interwału głębokości 4324,0–4420,0 m.

Materiał organiczny w nich zawarty jest dość ubogi, zbudowany głównie z autogenicznych macerałów wityrynitopodobnych, których względna zawartość zmienia się w granicach 47% (spąg osadów)–97% (strop osadów) oraz asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego (3–53%), w której tkwią drobne (4–15 μm) ziarna i żyłki bituminu (fig. 31).

Materiał wityrynitopodobny występuje zazwyczaj w formie pasemek oraz soczewek, rzadziej jako ostrokrawędzisty detrytus. Budują go zwityrytyzowane szczątki organizmów, najczęściej graptolitów o wielkości przekraczającej często 100 μm .

Lokalnie obserwuje się nieliczne impregnacje bituminami, tworzącymi rozmyte smugi fluoryzujące w kolorze pomarańczowo-brunatnym.

Dojrzałość termiczna analizowanych osadów karadoku jest dość wysoka. Materiał organiczny charakteryzuje się anizotropią dochodzącą do 0,5% R_o (różnica pomiaru pomiędzy wartością minimalną i maksymalną). Pomierzone wartości współczynnika R_o zmieniają się w zakresie 1,21–2,02%, przy średniej wyliczonej refleksyjności autogenicznego materiału wityrynitopodobnego wahającej się od 1,60–1,73% R_o (tab. 8, fig. 27, 32). Powyższe wartości wskazują na główną fazę generowania gazów i maksymalną paleotemperaturę diagenety osadów rzędu 160–190°C.

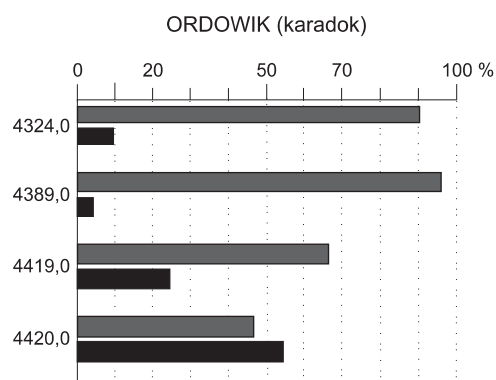


Fig. 31. Skład maceralny materii organicznej w osadach ordowiku

Objaśnienia jak na figurze 26

Distribution of organic matter content in the Ordovician sediments

For explanations see Fig. 26

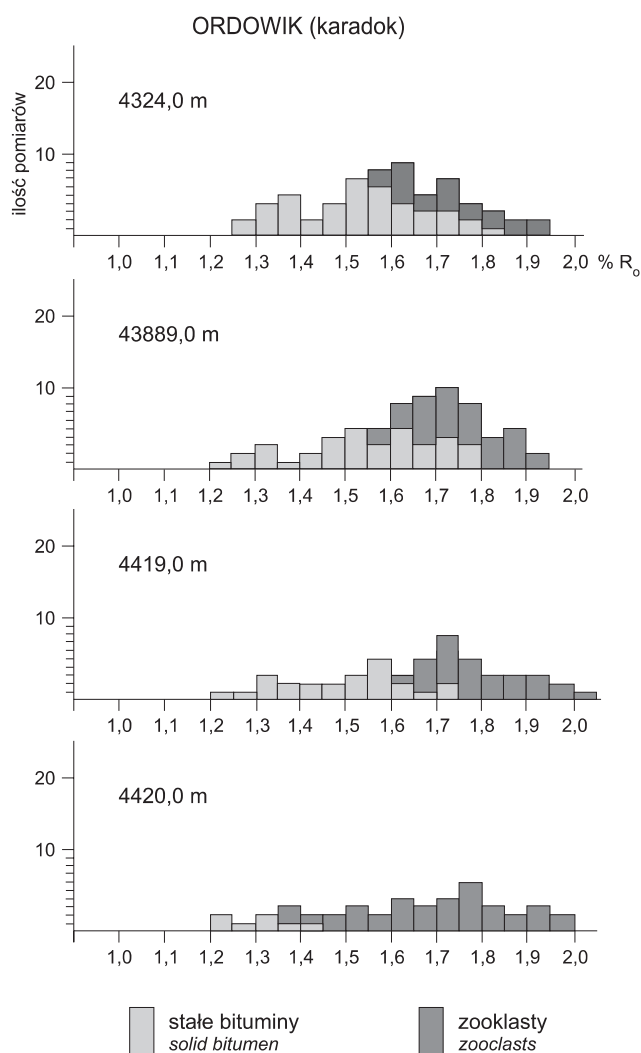


Fig. 32. Reflektogramy wityrynitów z utworów ordowiku

Reflectograms of vitrinite from Ordovician sediments