

BADANIA MATERII ORGANICZNEJ

Izabella GROTEK

CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA ORAZ DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA MATERII ORGANICZNEJ ROZPROSZONEJ W UTWORACH MEZOZOIKU

WSTĘP

Charakterystykę petrograficzną materii organicznej rozproszanej w profilu osadów mezozoiku z otworu wiertniczego Poddebice PIG 2 przeprowadzono na podstawie analizy 23 próbek reprezentujących utwory węglanowe triasu górnego (5 próbek), jury dolnej, środkowej i górnej (12 próbek) oraz kredy dolnej i górnej (6 próbek).

Podstawę analityczną pracy stanowią badania mikroskopowe wykonane w świetle odbitym białym oraz ultrafioletowym (fluorescencja), umożliwiającym identyfikację nierozróżnialnych w świetle białym składników maceralnych grupy liptynit, a także impregnacji bitumicznych (Teichmüller, 1982). Analizy przeprowadzono w latach 2004–2005 w Państwowym Instytucie Geologicznym na mikroskopie polaryzacyjnym Axioskop firmy Zeiss, wyposażonym w przystawkę mikrofotometryczną MP 200, umożliwiającą pomiar zdolności refleksyjnej materii organicznej.

Pomiary wykonano w imersji, na polerowanych płytkach skał osadowych, zawierających macerały wityrinitu oraz hu-

minitu. Składniki te charakteryzują się liniowym wzrostem zdolności odbicia światła wraz ze wzrostem stopnia dojrzałości (Stach i in., 1982). Wymagana wielkość ziaren ($>5\text{ }\mu\text{m}$) jest minimalną, niezbędną do uzyskania właściwego wyniku (Jacob, 1972).

Badania przeprowadzono przy użyciu wzorców ze szkła optycznego o określonej, stałej refleksyjności: 0,49% oraz 0,907%, filtru monochromatycznego o długości fali 546 nm, a także olejku imersyjnego o $n_D = 1,515$ w temperaturze 20–25°C.

Analizę ilościową przeprowadzono metodą planimetryczną powierzchni preparatów, przy skoku mikrośruby równym 0,2 mm.

Przy opisie składników petrograficznych stosowano nomenklaturę i klasyfikację przyjętą przez Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla (ICCP; International..., 1994). Uzyskane wyniki, z uwzględnieniem danych zawartych w dokumentacji wynikowej (Swadowska, 1994), zamieszczono w tabeli 7.

CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA

Trias górny

Przeanalizowano 5 próbek rdzeniowych pochodzących z interwału głębokości 4249,0–4718,0 m. Zawierają one ubogi, głównie silnie zdyspergowany i redeponowany materiał organiczny zbudowany z drobnych fragmentów (2–5 μm) wityrinitu oraz mniej licznych okruchów inertynitu (inertodetrynit). Ku spagowi (próbki z głębokości 4624,0 i 4718,0 m) wzrasta zawartość autogenicznego materiału organicznego, występującego w postaci laminek i żyłek wityrinitu, soczewek inertynitu oraz niezbyt licznych macerałów liptynit (głównie liptodetrynit) fluoryzujących intensywnie w kolorze żółtym. Ich zawartość nie przekracza 0,3–0,4% planimetrycznej powierzchni próbek (tabela 7; fig. 22A, B).

Jura dolna

Utwory jury dolnej przeanalizowano w 3 próbkach z głębokości 3396,0–3572,3 m. Zawierają one dość liczny (0,5–1,8% planimetrycznej powierzchni próbki) materiał organiczny *in situ*, występujący w postaci cienkich (3 do 20 μm) laminek i soczewek wityrinitu (kolotelinit) oraz liptynit (alginit, sporynit, kutynit, liptodetrynit) o żółtych barwach fluorescencyjnych, a także inertynitu (fuzynit, semifuzynit). Rzadziej obserwuje się drobne redeponowane okruchy wityr- i inertodetrynit rozproszone w asocjacji organiczno-mineralnej typu sapropelowego (fig. 22C, D).

Tabela 7

**Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w profilu osadów mezozoiku
z otworu wiertniczego Poddębice PIG 2**

Microscopical analysis of organic matter dispersed in the Mesozoic deposits of the Poddębice PIG 2 borehole

Stratygrafia	Głębokość [m]	R_o $\bar{s}r$ [%]	Zakres pomiarów	Liczba pomiarów	R_o $redep$	Witrynit [%]	Intertynit [%]	Liptynit [%]	Suma materii organicznej [%]
Kreda górna	1522,50	0,56	0,35–0,70	60	0,90–1,20	0,20	0,10	0,10	0,40
	1673,70	0,56	0,36–0,68	62	0,90–1,30	0,10	0,10	ślad	0,20
	1892,00	–	–	–	1,00–1,27	0,10	ślad	ślad	0,10
Kreda dolna	2108,00	–	–	–	–	ślad	ślad	–	ślad
	2207,20	0,60	0,48–0,74	53	–	0,20	0,10	ślad	0,30
	2335,50	0,61	0,48–0,71	85	0,93–1,15	0,90	1,40	1,10	2,40
Jura górna	2246,60	0,58	0,40–0,75	70	0,87–1,10	1,10	0,30	0,40	1,80
	2464,30	0,60	0,43–0,74	80	0,82–1,10	1,20	0,40	0,50	2,10
	2520,00	0,62	0,43–0,76	76	0,87–1,06	1,20	0,50	0,50	2,20
	2612,30	0,62	0,48–0,78	42	0,95–1,18	0,10	0,10	ślad	0,20
	2719,50	–	–	–	–	ślad	ślad	–	ślad
	2721,00	–	–	–	–	–	ślad	–	ślad
Jura środkowa	3188,60	0,69	0,52–0,85	18	1,10–1,40	0,10	0,10	–	0,20
	3261,00	0,71	0,51–0,87	14	1,10–1,35	0,05	0,05	–	0,10
	3292,00	0,70	0,53–0,86	44	0,93–1,35	0,50	0,20	0,30	1,00
Jura dolna	3396,00	0,71	0,50–0,85	68	0,90–1,22	0,90	0,20	0,50	1,60
	3437,00	0,73	0,54–0,88	60	0,95–1,30	0,30	0,10	0,10	0,50
	3572,30	0,73	0,55–0,89	80	0,90–1,23	1,10	0,50	0,20	1,80
Trias górny	4249,00	–	–	–	–	ślad	ślad	–	ślad
	1502,00	–	–	–	1,20–1,30	–	–	–	ślad
	4577,50	–	–	–	–	ślad	–	–	ślad
	4624,00	0,80	0,63–0,95	46	1,20–1,37	0,20	0,10	–	0,30
	4718,00	0,83	0,62–0,98	50	1,25–1,40	0,20	0,10	0,10	0,40

R_o $\bar{s}r$ – średnia zdolność refleksyjna witrynitów *in situ*, R_o $redep$ – zdolność refleksyjna materiału redeponowanego

R_o $\bar{s}r$ – random reflectivity of vitrinite *in situ*, R_o $redep$ – reflectivity of reworked organic matter

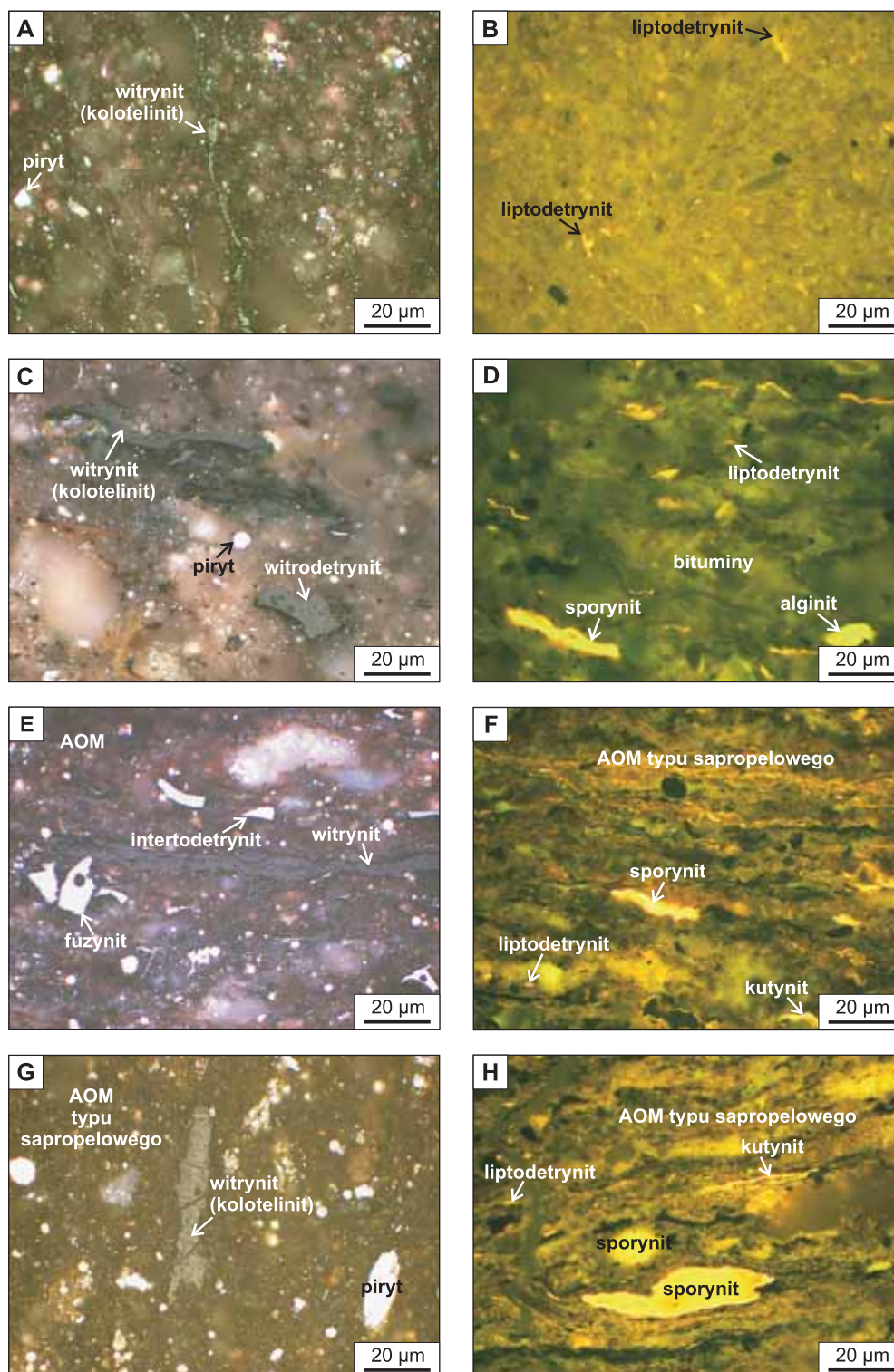


Fig. 22. Materia organiczna w osadach mezozoicznych

A – trias górny; głębokość 4718,0 m; R_o – 0,83%; światło białe, imersja. **B** – trias górny; głębokość 4718,0 m; R_o – 0,83%; światło UV, imersja. **C** – jura dolna; głębokość 3396,0 m; R_o – 0,71%; światło białe, imersja. **D** – jura dolna; głębokość 3396,0 m; R_o – 0,71%; światło UV, imersja. **E** – jura górna; głębokość 2520,0 m; R_o – 0,62%; światło białe, imersja. **F** – jura górna; głębokość 2520,0 m; R_o – 0,62%; światło UV, imersja. **G** – kreda dolna; głębokość 2335,5 m; R_o – 0,61%; światło białe, imersja. **H** – kreda dolna; głębokość 2335,5 m; R_o – 0,61%; światło UV, imersja

Organic matter in the Mesozoic deposits

A – Upper Triassic; depth 4718.0 m; R_o – 0.83%; white light, immersion. **B** – Upper Triassic; depth 4718.0 m; R_o – 0.83%; UV light, immersion. **C** – Lower Jurassic; depth 3396.0 m; R_o – 0.71%; white light, immersion. **D** – Lower Jurassic; depth 3396.0 m; R_o – 0.71%; UV light, immersion. **E** – Upper Jurassic; depth 2520.0 m; R_o – 0.62%; white light, immersion. **F** – Upper Jurassic; depth 2520.0 m; R_o – 0.62%; UV light, immersion. **G** – Lower Cretaceous; depth 2335.5 m; R_o – 0.61%; white light, immersion. **H** – Lower Cretaceous; depth 2335.5 m; R_o – 0.61%; UV light, immersion

Jura środkowa

Utwory jury środkowej, przebadane w trzech próbkach z głębokości 3188,6–3292,0 m, zawierają zmienną ilość materii organicznej (0,1–1,0%) zarówno *in situ*, jak i redeponowanej. Jej głównym składnikiem są macerały wityryny (kolotelinit i telinit), tworzące soczewkowate ciała o wielkości 5–15 μm , współwystępujące z inertynitem i liptynitem (tab. 7).

Jura górna

Kompleks jury górnej przeanalizowano w sześciu próbkach pobranych z głębokości 2463,6–2721,0 m. Zawiera on, w interwale głębokości 2463,6–2520,0 m, liczny materiał organiczny (1,8–2,2% planimetrowanej powierzchni próbki), reprezentowany głównie przez macerały wityryny zarówno *in situ*, jak i redeponowane. Wityrynit występuje najczęściej w postaci wydłużonych soczewek kolotelinitu o grubości około 10–20 μm . Towarzyszą mu liczne macerały inertne (fuzynit, semifuzynit) oraz liptynyty (sporynit, kutikule, bituminit, rezynit) (fig. 22E, F). Spągowe partie jury górnej (2612,3–2721,0 m) są wyraźnie zubożone w materię organiczną. Zawierają głównie śladową ilość wityro- i inertodetrynyty.

Kreda dolna

Utwory kredy dolnej, przeanalizowane w trzech próbkach z interwału głębokości 2108–2335,5 m, zawierają zmienną

ilość materiału organicznego, od ilości śladowej w warstwach stropowych po 2,4% w części spągowej. Głównym składnikiem organicznym utworów z głębokości 2108,0–2207,2 m jest wityro- i inertodetrynit ze śladową ilością liptodetrynyty. Jedynie próbka z głębokości 2335,5 m zawiera wyraźnie podwyższoną koncentrację autogenicznej materii organicznej z grupy liptynyty (1,1%) i wityrynyty (0,9%) tworzącego soczewki i laminy o wielkości dochodzącej do 30 μm . Znaczny udział w składzie materii organicznej stanowi asocjacja organiczno-mineralna typu sapropelowego. Występuje ona w postaci gniazdowych i soczewkowatych skupień oraz przewarsztwień. Lokalnie zmieszana z minerałami ilastymi, tworzy podstawową masę skalną (fig. 22G, H).

Kreda górna

Utwory kredy górnej zbadano w trzech próbkach pobranych z głębokości 1522,5–1892,0 m. Zawartość materii organicznej w nich rozproszonej jest niska i wyraźnie spada ku spągowi osadów od 0,4 do 0,1% planimetrowanej powierzchni próbek. Dominuje humusowy materiał organiczny wykształcony w postaci wityrynyty, niekiedy huminitu (ulminit) o zachowanej strukturze tkankowej. Wityrynit występuje w postaci cienkich lamin i soczewek o grubości 10–25 μm oraz jako redeponowany wityrodetrynit o rozmiarach od 10 do 80 μm . Skład maceralny uzupełniają liczne okruchy inertodetrynyty oraz nieliczne liptynyty (głównie liptodetrynit, bituminit i ciała rezynitu).

DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA

Autogeniczna materia organiczna występująca w badanym kompleksie utworów mezozoicznych charakteryzuje się symetrycznym wzrostem stopnia dojrzałości termicznej wraz z głębokością pograżenia, od 0,56% R_o na głębokości 1522,5 m (kreda górna) do 0,83 % R_o na głębokości 4718 m (trias górny) (fig. 23). Wartości te wskazują na wczesną i główną fazę generowania ropy naftowej i maksymalne paleotemperatury diagenety rzędu 60–100°C (Gaupp, Batten, 1985).

W całym analizowanym profilu mezozoicznym występuje również liczny, redeponowany materiał organiczny o zdolności refleksyjnej rzędu 0,8–1,4% R_o .

Trias

Dojrzałość termiczna utworów triasu górnego z interwału głębokości 4249,0–4718,0 m pomierzona na autogenicznym wityrynie (kolotelinit) zawartym w próbkach z głębokości 4624,0–4718,0 m odpowiada głównej fazie generowania ciekłych węglowodorów. Pomierzone wartości współczynnika refleksyjności zmieniają się w granicach 0,63–0,98%, przy średniej wartości równej 0,80–0,83% R_o .

Jura

Utwory jurajskie charakteryzują się wyraźnym wzrostem stopnia przeobrażenia wraz z głębokością pograżenia osadów, w interwale głębokości 2463,6–3572,3 m. Średnia wartość współczynnika refleksyjności wityrynyty *in situ* zmienia się w utworach jury górnej (2463,6–2721,0 m) w granicach 0,59–0,63% R_o przy pomierzonych wartościach 0,40–0,78%, natomiast w utworach jury środkowej i dolnej z głębokości 3188,6–3572,3 m średnie wartości R_o są wyższe i wynoszą 0,70–0,73%, a zakres pomiarów waha się w granicach 0,50–0,89% R_o .

Kreda

Utwory kredy dolnej i górnej w interwale głębokości 1522,5–2335,5 m charakteryzują się niższą dojrzałością termiczną od osadów jurajskich. Średnia wartość współczynnika refleksyjności zmienia się od 0,56% R_o w utworach kredy górnej do 0,61% R_o w utworach kredy dolnej, podczas gdy zakres pomiarów waha się w szerokich granicach 0,35–0,70% R_o .

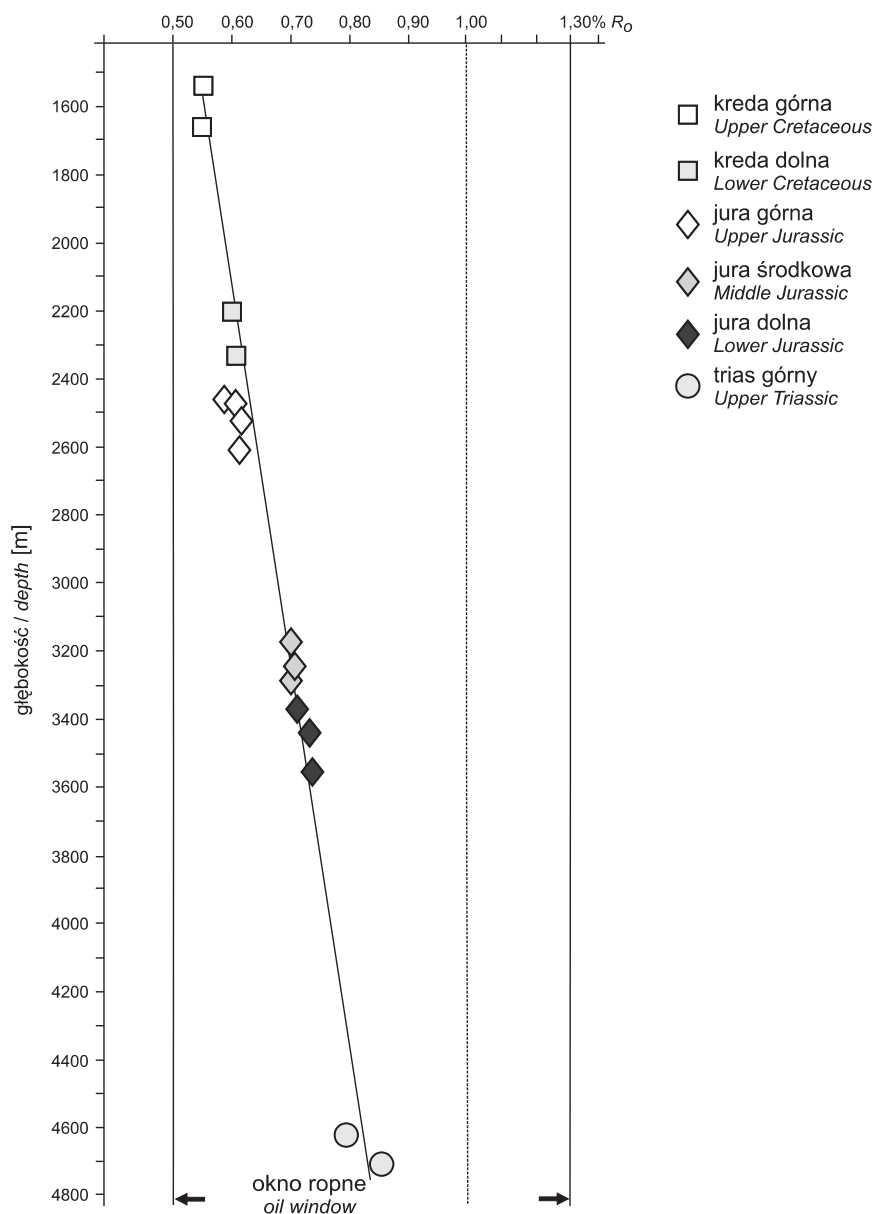


Fig. 23. Zmienność stopnia dojrzałości wityryny w profilu osadów mezozoiku z otworu wiertniczego Poddębice PIG 2

Values of vitrinite reflectance index versus depth in the Mesozoic deposits of the Poddębice PIG 2 borehole

PODSUMOWANIE

Analizowany profil utworów mezozoiku zawiera niezbyt liczną materię organiczną, głównie typu humusowego, o słabym potencjale ropotwórczym (Robert, 1988). Najwyższe koncentracje materiału organicznego (1,8–2,4% planimetrycznej powierzchni próbek) występują w spągowych partiach kredy dolnej, stropowych partiach jury górnej oraz pojedynczych poziomach jury środkowej i dolnej.

Dojrzałość termiczna badanego kompleksu osadów wzrasta wraz z głębokością pogrzeżenia, odpowiadając „oknu ropnemu”, przy średnich wartościach współczynnika R_o zmieniających się od 0,56% w utworach kredy górnej do 0,83% w utworach triasu górnego, co wskazuje na maksymalne paleotemperature diagenety 60–100°C.

Ewa KLIMUSZKO

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA MATERII ORGANICZNEJ

W otworze wiertniczym Poddębice PIG 2 badania geochemiczne materii organicznej przeprowadzono dla utworów triasu górnego, jury dolnej, środkowej i górnej, a także kredy dolnej i górnej.

Wykonano oznaczenia zawartości węgla organicznego, ilościowe oznaczenie bituminów i podział wydzielonych bituminów na poszczególne frakcje (węglowodory nasycone, aro-

matyczne, asfalteny i żywice). Szczegółowe badania frakcji węglowodorów nasyconych, czyli oznaczenie zawartości poszczególnych n-alkanów i wytypowanych węglowodorów izoprenoidowych, przeprowadzono dla próbek utworów triasu, jury dolnej i górnej oraz kredy dolnej i górnej. Badania wstępnie omówiono w dokumentacji wynikowej otworu Poddębice PIG 2 (Klimuszko, 1994).

ILOŚĆ OZNACZONEJ MATERII ORGANICZNEJ

Utwory triasu górnego zawierają śladowe ilości węgla organicznego (tab. 8, fig. 24) i bituminów (tab. 8). Jedynie w dolnych partiach utworów punktowo występuje wysoka ilość węgla organicznego (2,30%) (tab. 8, fig. 24). Udział węglowodorów w tych bituminach jest niewielki, a ich skład jest zbliżony (fig. 25). Zaznacza się duży udział produktów ciężkich (asfalteny i żywice) (fig. 25). W składzie węglowodorów dominują węglowodory nasycone nad aromatycznymi (tab. 8, fig. 25). Śladowa zawartość bituminów występująca w tych utworach charakteryzuje się wysokim współczynnikiem migracji, co sugeruje epigenetyczny charakter tych bituminów (Gondek, 1980).

W utworach jury dolnej zawartość węgla organicznego jest wysoka i wynosi 0,80–1,90%. Ilość bituminów jest zróżnicowana, waha się od 0,021% do 0,107%. Udział węglowodorów w bituminach jest mały (tab. 8), natomiast udział frakcji żywicy i asfaltenów – duży (fig. 25). Stosunek ilości węglowodorów nasyconych do ilości węglowodorów aromatycznych jest zróżnicowany (fig. 25). Uwzględniając wartość współczynnika migracji, należy stwierdzić, że bituminy występujące w utworach jury środkowej są syngenetyczne z osadem.

Utwory dolnej części jury środkowej (wapienie występujące w spągu profilu) zawierają znaczną ilość węgla organicznego, natomiast w górnej części profilu w utworach piaszczysto-ilastych ilość węgla organicznego jest śladowa (tab. 8, fig. 24). Podobnie przedstawia się ilość bituminów w tych utworach (tab. 8). Udział węglowodorów w bituminach z utworów jury środkowej jest mały, a ich skład jest zróżnicowany. W spągu dominują węglowodory aromatyczne nad nasyconymi, natomiast w górnej partii profilu proporcje są odwrotne (tab. 8, fig. 25).

W utworach jury górnej zawartość węgla organicznego jest zróżnicowana (podobnie jak w utworach jury dolnej i środkowej). W dolnych warstwach osadów jury górnej występuje mała zawartość węgla organicznego, a w górnych – duża (tab. 8, fig. 24). Zawartość węglowodorów w bituminach wynosi około 40%, a stosunek węglowodorów nasyconych do aromatycznych jest zmienny (fig. 25). Bituminy obecne w tych utworach charakteryzują się wysokim współczynnikiem migracji, co sugeruje ich epigenetyczny charakter (*op. cit.*)

W utworach kredy dolnej zawartość węgla organicznego jest bardzo zróżnicowana i waha się od 2,0% w spągu do 0,1% lub ilości śladowych w górnych partiach utworów (tab. 8, fig. 24). Zróżnicowana jest także ilość bituminów wydzielona z tych osadów, wynosząca od 0,002 do 0,041% (tab. 8). Bituminy występujące w utworach kredy dolnej charakteryzują się niewysokim udziałem procentowym węglowodorów – od 18 do 37%. W składzie węglowodorów procentowo dominują węglowodory aromatyczne nad nasyconymi (tab. 8, fig. 25).

W utworach kredy górnej zawartość węgla organicznego jest mała (tab. 8, fig. 24). Ogólnie, ilość oznaczonych bituminów w utworach kredy górnej również jest mała (tab. 8). Udział węglowodorów w bituminach jest niewielki, waha się od 17,0 do 27,0%, natomiast znaczny jest udział żywicy i asfaltenów (tab. 8, fig. 25). Stwierdzono przewagę ilościową węglowodorów nasyconych nad aromatycznymi (tab. 8, fig. 25). Uwzględniając wartość współczynnika migracji, należy stwierdzić, że bituminy występujące w utworach kredy górnej są syngenetyczne z osadem.

Tabela 8

Dane geochemiczne z otworu wiertniczego Poddębice PIG 2

Geochemical data from the Poddębice PIG 2 borehole

Głębokość [m]	Stratygrafia	Litologia	Zawartość bitumi- nów [%]	Zawartość C org [%]	Zawartość węgło- wodorów w bitu- minach [%]	Zawartość węgło- wodorów w skale [%]	Zawartość węgło- wodorów nasyczo- nych [%]	Zawartość węgło- wodorów aroma- tycznych [%]	Zawartość żywic i asfaltów [%]	Współczynnik migracji
1414,5	kreda górna	mułowiec	0,006	0,20	32	0,002	17	15	68	0,010
1521,5		wapień	0,004	0,20	48	0,002	27	21	52	0,010
1674,0			0,004	0,10	40	0,002	19	21	60	0,020
1789,0			0,004	0,10	43	0,002	24	19	57	0,020
1893,0		mułowiec	0,002	0,20	46	0,001	23	23	54	0,010
2005,5		wapień	0,002	0,10	45	0,001	24	21	55	0,010
2106,0	kreda dolna	mułowiec	0,002	0,01	—	—	—	—	—	—
2207,1		piaskowiec	0,040	0,10	18	0,007	4	14	82	0,070
2265,6			0,006	0,01	37	0,002	13	24	63	0,200
2335,0		iłowiec	0,041	2,00	23	0,001	6	17	77	0,005
2463,6	jura górna		0,161	1,70	46	0,074	18	28	54	0,044
2518,0	mułowiec	0,034	1,60	39	0,013	20	19	61	0,008	
2612,3		0,009	0,10	44	0,004	25	19	56	0,040	
2719,5		0,032	0,30	48	0,015	24	24	52	0,050	
3040,0		wapień	0,007	0,20	34	0,002	19	15	66	0,010
3188,5	dolomit	0,003	0,01	38	0,001	17	21	62	0,100	
3223,05	jura środkowa	piaskowiec i mułowiec	0,009	0,01	26	0,002	16	10	74	0,200
3292,0		wapień	0,058	1,20	16	0,009	3	13	84	0,008
3399,0	jura dolna	piaskowiec i iłowiec	0,021	0,80	25	0,005	8	17	75	0,006
3529,0		piaskowiec i mułowiec	0,107	1,90	25	0,027	7	18	75	0,014

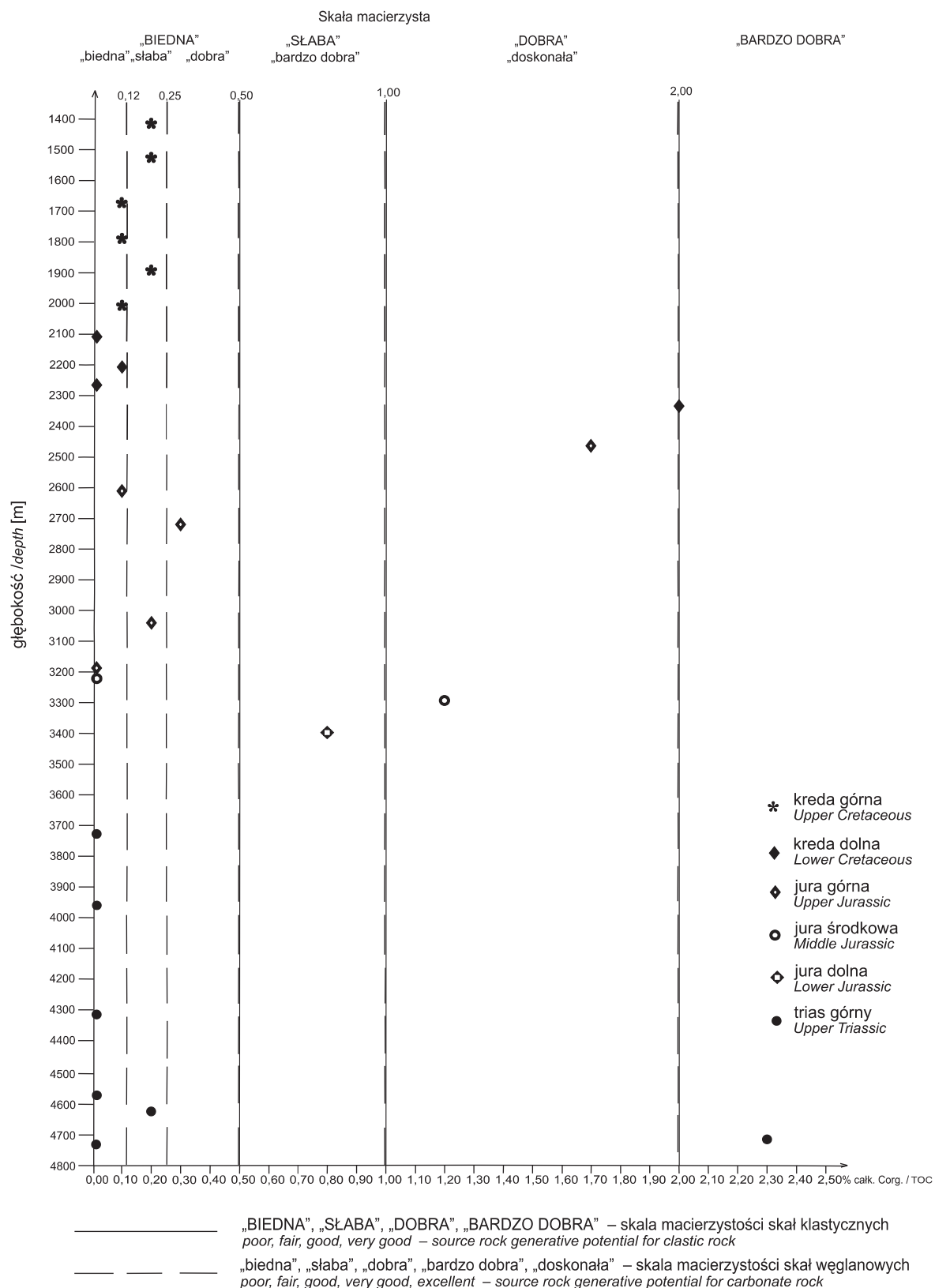


Fig. 24. Zawartość procentowa węgla organicznego w utworach mezozoiku w otworze wiertniczym Poddębice PIG 2 w zależności od głębokości (ocena macierzystości skał wg Petersa, 1986)

TOC [%] content in the Mesozoic deposits versus depth in the Poddębice PIG 2 borehole
(assessment of quality source rocks after Peters, 1986)

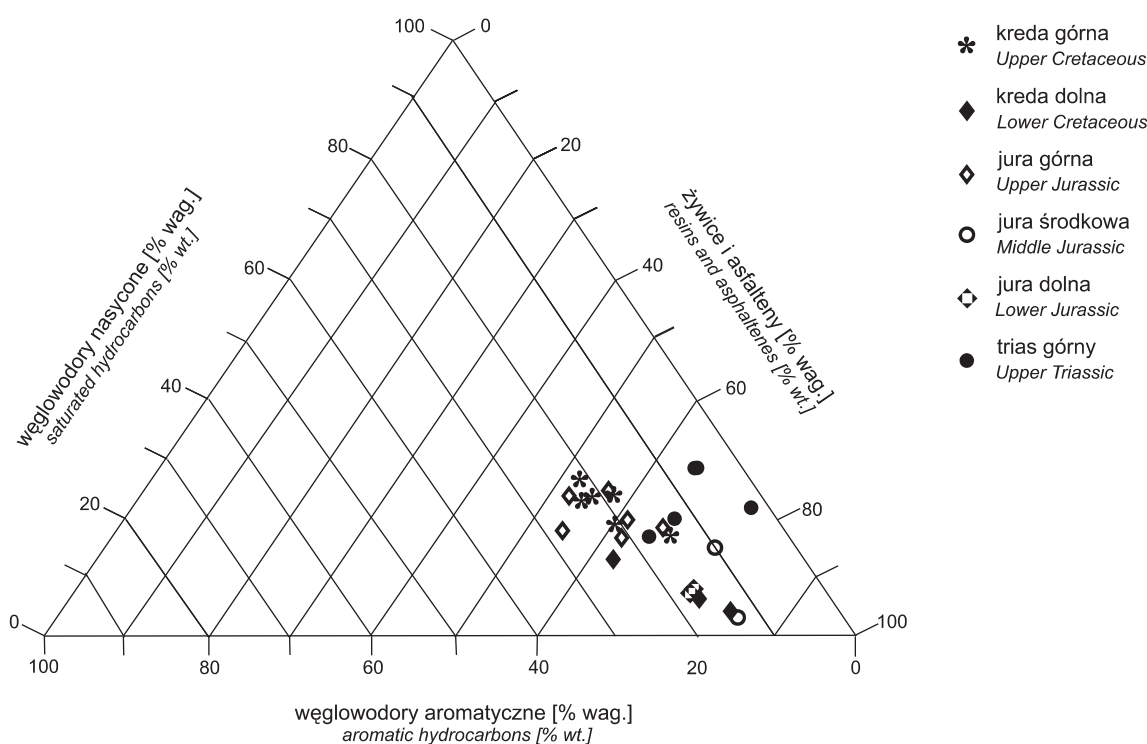


Fig. 25. Diagram trójkątny składu grupowego bituminów z utworów mezozoiku w otworze wiertniczym Poddebice PIG 2

Triangular diagram showing proportions of the fractions of bitumen components extracted from the Mesozoic deposits in the Poddebice PIG 2 borehole

ŚRODOWISKO DEPOZYCJI MATERII ORGANICZNEJ, JEJ TYP GENETYCZNY I STOPIEŃ DOJRZAŁOŚCI

Analiza n-alkanów wykazała, że materia organiczna występująca w utworach triasu górnego jest zróżnicowana. W dolnych partiach utworów w materii organicznej w maksymalnej ilości występuje związek C_{25} , pochodzący z rozpadu roślin wyższych. Obecna jest także duża ilość związku o parzystej liczbie węgla C_{18} i krótkołańcuchowego związku C_{21} , co sugeruje, że materiałem wyjściowym były bakterie i algi (Maliński, Witkowski, 1988) (fig. 26A, B). Duża zawartość n-alkanu C_{25} pozwala sądzić, że materia typu humusowego jest allochtoniczna, ponieważ jej stopień przeobrażenia jest większy niż materii typu sapropelowego. W górnych partiach utworów w dystrybucji n-alkanów są obecne dwie generacje związków. Współwystępują w niej: n-alkan C_{17} , reprezentujący dobrze przetworzoną materię typu sapropelowego i duża ilość n-alkanów C_{20} i C_{18} , pochodzących z rozkładu bakterii słabiej przeobrażonych. Zawartość węglowodorów izoprenoidowych w materii organicznej w tych utworach jest śladowa.

Stopień przeobrażenia badanej materii organicznej pozwala określić wskaźnik *CPI*, wyliczony z dystrybucji n-alkanów. W tym przypadku wartość wskaźników jest liczona według wzoru przedstawionego przez Kotarbę i in. (1994).

W przypadku materii organicznej rozproszonej w utworach triasu górnego nie można zachodzących zmian w jej przeobrażeniu określić jednoznacznie według danych wskaźnika *CPI*. Wartość wskaźników *CPI* kształtuje się poniżej jedności, co wynika ze składu badanej materii, czyli z dużej ilości związków o parzystej liczbie węgla w cząsteczce (tab. 9).

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych z utworów jury dolnej wykazuje, że materia organiczna pochodzi głównie z rozkładu alg, ale znaczny jest też udział bakterii (fig. 26C, D). W składzie materii organicznej w znacznej ilości występuje n-alkan C_{25} , co sugeruje obecność wysoko przeobrażonego materiału terygenicznego.

Tabela 9

Wskaźniki geochemiczne dla bituminów utworów mezozoiku z otworu wiertniczego Poddębice PIG 2

Geochemical data for the bitumens in the Mesozoic deposits from the Poddębice PIG 2 borehole

Stratygrafia	Głębokość pobrania próbki [m]	Litologia	Pr/Ph	CPI_{Tot}	CPI_{17-23}	CPI_{25-31}	n-C _{max}
Kreda górna	1414,5	mułowiec	nie oznaczono	1,18	0,80	1,67	C ₂₇
	1525,05	wapień	0,43	1,16	1,14	1,36	C ₁₇ , C ₁₈ , C ₁₉
	1674,0		2,50	1,07	0,90	1,58	C ₁₇ , C ₁₈ , C ₁₉
Kreda dolna	2207,1	piaskowiec i iłowiec	0,74	0,89	0,47	1,60	C ₂₀
	2335,0	iłowiec	1,49	1,41	0,99	2,08	C ₂₇ , C ₂₅
Jura górna	2463,6		1,25	1,18	0,95	1,99	C ₁₇ , C ₂₀ , C ₁₈
	2581,0	mułowiec	nie oznaczono	1,25	1,19	1,44	C ₁₇
	2612,9		2,27	1,13	1,00	1,59	C ₁₉ , C ₁₈
	2719,5	wapień	0,88	0,95	0,92	1,15	C ₁₈
	3040,0		brak danych	1,05	0,76	1,66	C ₂₀
Jura dolna	3399,0	piaskowiec	nie oznaczono	1,04	0,95	1,26	C ₂₁ , C ₁₈
	3529,0		1,35	1,05	1,06	1,11	C ₁₉ , C ₂₀
Trias	4624,0	mułowiec	nie oznaczono	1,06	0,79	0,77	C ₁₇ , C ₂₀
	4729,0		nie oznaczono	0,88	0,90	0,70	C ₂₅ , C ₁₈

Pr/Ph – stosunek pristanu (Pr) do fitanu (Ph)

 CPI_{Tot} – wartość współczynnika CPI (Carbon Preference Index) dla n-alkanów od 17 do 31 węgli wg Kotarby i in. (1994)

$$CPI_{Tot} = \frac{(C_{17} \ C_{19} \ \dots \ C_{27} \ C_{29}) \ (C_{19} \ C_{21} \ \dots \ C_{29} \ C_{31})}{2(C_{18} \ C_{20} \ \dots \ C_{28} \ C_{30})}$$

 CPI_{17-23} – wartość współczynnika CPI wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 17 do 23 węgli wg Kotarby i in. (1994)

$$CPI_{17 \ 23} = \frac{(C_{17} \ C_{19} \ C_{21}) \ (C_{19} \ C_{21} \ C_{23})}{2(C_{18} \ C_{20} \ C_{22})}$$

 CPI_{25-31} – wartość współczynnika CPI wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 25 do 31 węgli wg Kotarby i in. (1994)

$$CPI_{25 \ 31} = \frac{(C_{25} \ C_{27} \ C_{29}) \ (C_{27} \ C_{29} \ C_{31})}{2(C_{26} \ C_{28} \ C_{30})}$$

n-C_{max} – n-alkan, którego zawartość jest największa w całej masie oznaczonych alkanów w badanej próbce

Pr/Ph – pristane (Pr) / phytane (Ph) ratio

 CPI_{Tot} – coefficient value for n-alkanes C₁₇–C₃₁ after Kotarba *et al.* (1994)

$$CPI_{Tot} = \frac{(C_{17} \ C_{19} \ \dots \ C_{27} \ C_{29}) \ (C_{19} \ C_{21} \ \dots \ C_{29} \ C_{31})}{2(C_{18} \ C_{20} \ \dots \ C_{28} \ C_{30})}$$

 CPI_{17-23} – the value of coefficient CPI for n-alkanes C₁₇–C₂₃ after Kotarba *et al.* (1994)

$$CPI_{17 \ 23} = \frac{(C_{17} \ C_{19} \ C_{21}) \ (C_{19} \ C_{21} \ C_{23})}{2(C_{18} \ C_{20} \ C_{22})}$$

 CPI_{25-31} – the value of coefficient CPI for n-alkanes C₁₇–C₂₃ after Kotarba *et al.* (1994)

$$CPI_{25 \ 31} = \frac{(C_{25} \ C_{27} \ C_{29}) \ (C_{27} \ C_{29} \ C_{31})}{2(C_{26} \ C_{28} \ C_{30})}$$

n-C_{max} – n-alkane maximum contents

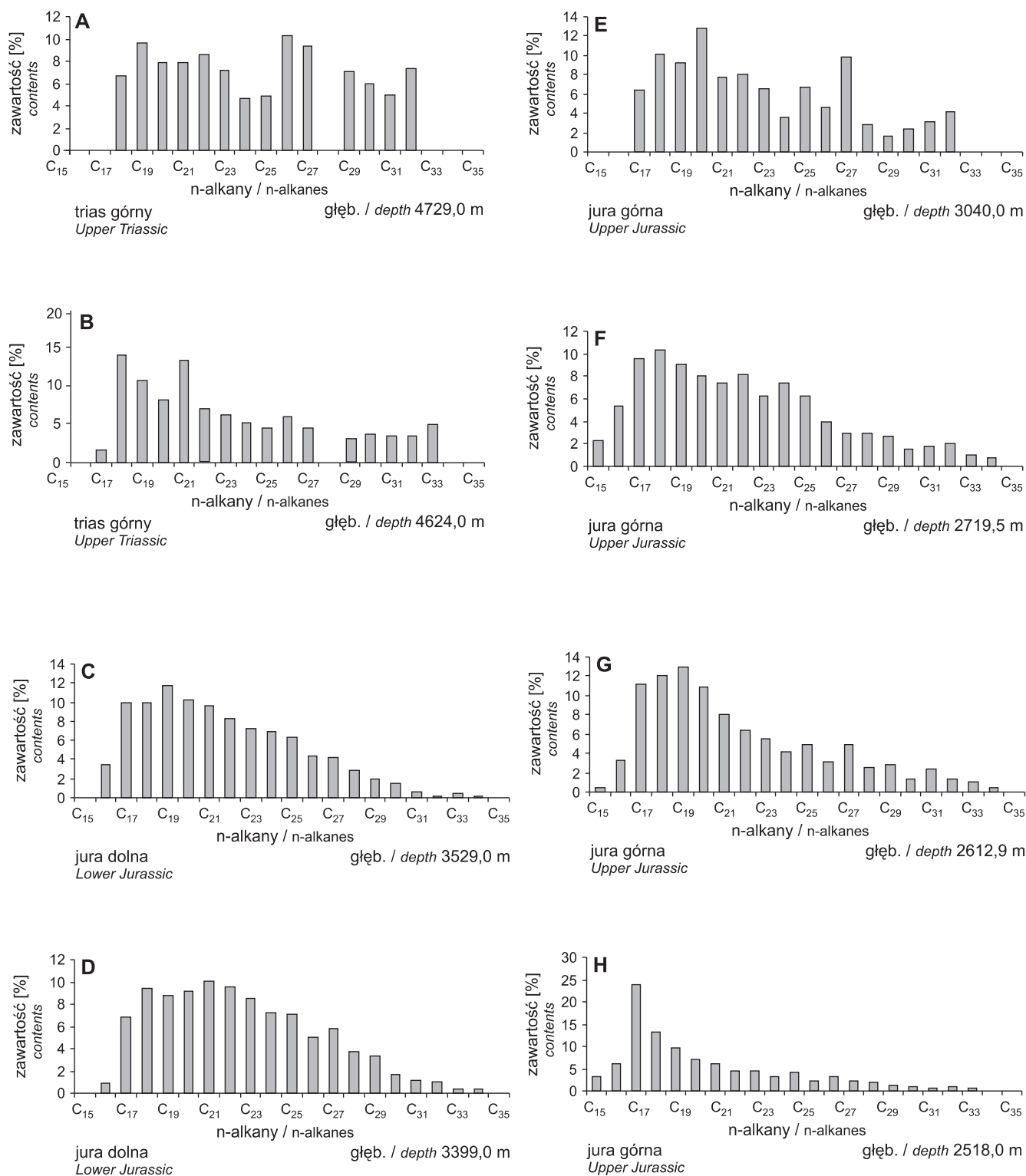
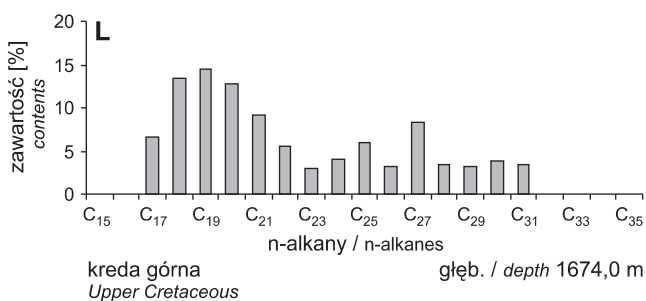
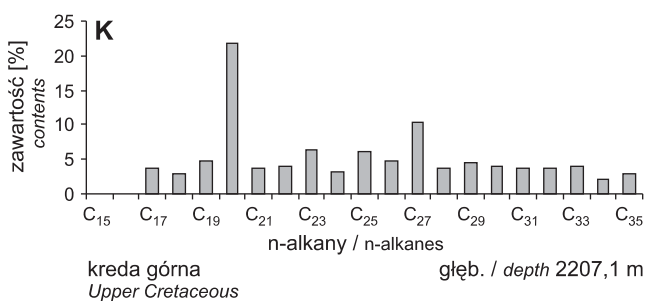
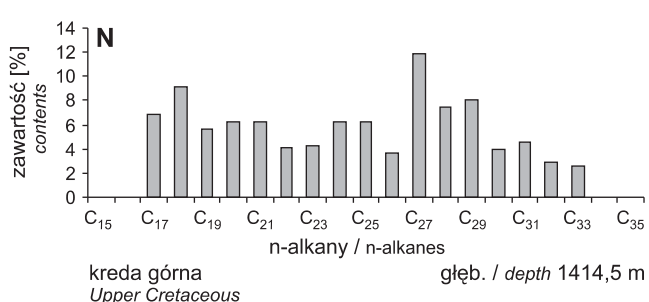
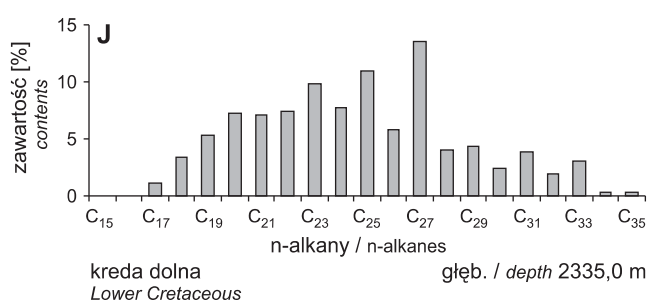
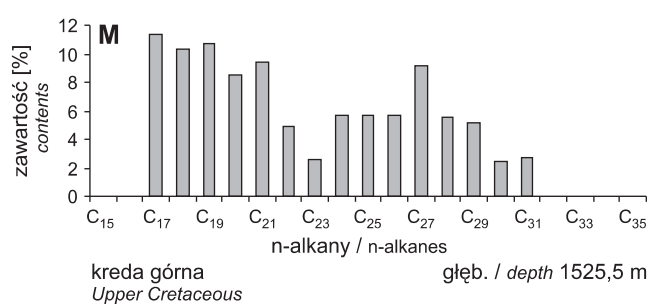
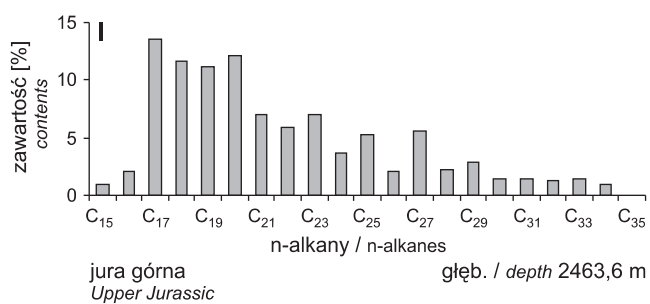


Fig. 26. Dystrybucja n-alkanów w osadach

Distribution of n-alkanes in the Triassic, Jurassic and



triasu, jury i kredy z profilu Poddębice FIG 2

Cretaceous deposits of the Poddębice FIG 2 borehole

Stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) oznaczonych w dolnych partiach utworów jury dolnej określa warunki środowiska sedymentacyjnego jako utleniające (tab. 9). W utworach z górnej części profilu, węglowodory izoprenoidowe występują w śladowej ilości, podobnie jak w utworach triasu górnego.

Wartość wskaźnika CPI_{Tot} wskazuje, że materia organiczna w tych utworach jest przeobrażona. Wskaźnik CPI_{17-23} jest zróżnicowany w badanych próbkach, ze względu na różnorodny typ genetyczny materiału organicznego w nich występującego. W górnych partiach utworów duża ilość n-alkanów parzystowęglowych powoduje, że wartość tego wskaźnika uniemożliwia określenie stopnia przeobrażenia materii organicznej. Wskaźnik CPI_{25-31} sugeruje, że w górnej partii utworów (głębokość 3399,0 m; fig. 26D) materia humusowa współwystępująca z materiałem typu sapropelowego jest słabo przeobrażona (wartość $CPI_{25-31} = 1,26$) (tab. 9).

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych z utworów jury górnej wykazała, że materia organiczna występująca w wapieniach w spągowej części profilu zawiera dużą ilość n-alkanów o parzystej liczbie węgla w cząsteczce, co sugeruje, że materia pierwotna pochodzi z rozkładu bakterii (fig. 26E). W wyższych partiach utworów materia organiczna pochodzi głównie z rozkładu bakterii i alg (fig. 26F, G). Zawierają one znaczną ilość związku o parzystej liczbie węgla C_{20} , ale także wysoki jest udział związku C_{23} charakterystycznego dla słabo przeobrażonej materii pochodzącej z alg. Materiał genetyczny łączony z rozpadem roślin wyższych występuje w badanej materii w niewielkiej ilości. W stropowych partiach utworów dystrybucja wykazuje wyraźną przewagę związków zawierających 17 węgla w cząsteczce łączonych z materiałem pochodzącym z rozpadu alg i dobrze przeobrażonym. Obecne są także związki C_{18} , powstające z bakterii (fig. 26G, I). Pozostałe oznaczone n-alkany występują w niewielkiej ilości.

Wspagu badanych utworów nie stwierdzono węglowodorów izoprenoidowych. W wyższych partiach profilu warunki sedymentacji były redukcyjne, stosunek zawartości pristanu do fitanu wynosi 0,88 (tab. 9). W górnych partiach badanych utworów stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) sugeruje, że warunki środowiska były utleniające (Didyk i in., 1978) (tab. 9).

Wartość wskaźnika CPI_{Tot} , jak również CPI_{17-23} i CPI_{25-31} w badanych próbkach jest bardzo zróżnicowana ze względu na zróżnicowany typ materiału organicznego w nich występujący. Uniemożliwia to wykorzystanie tych wskaźników do jednoznacznego określenia stopnia przeobrażenia. Można jednak stwierdzić, że materia organiczna z utworów jury środkowej jest słabo przeobrażona.

W niższych partiach utworów kredy dolnej w dystrybucji n-alkanów w dużej ilości występują związki C_{27} i C_{25} , pochodzące z rozkładu roślin lądowych. Przedstawiają one różny stopień przeobrażenia materii organicznej. Obecność związku C_{25} sugeruje dopływ przetworzonego materiału do basenu sedymentacyjnego, a związek C_{27} reprezentuje materię humusową na średnim stopniu przeobrażenia. Stosunkowo duża jest też ilość n-alkanu C_{23} , sugerująca współwystępowanie

słabo przeobrażonej materii organicznej typu sapropelowego pochodzącej z rozpadu alg. Zawartość n-alkanów o krótkich łańcuchach węglowych jest mniejsza w całej masie tej materii (fig. 26J). W górnych partiach utworów kredy dolnej występuje natomiast głównie związek zawierający 20 węgla w cząsteczce, pochodzący z rozpadu bakterii, jak również stosunkowo duża ilość średnio przeobrażonego materiału humusowego, co jest spowodowane znacznym udziałem procentowym związku C_{27} (fig. 26K). Podobnie jak w utworach występujących niżej w profilu zawartość pozostałych oznaczonych n-alkanów jest mniejsza. Środowisko sedymentacji w tych utworach jest zróżnicowane. W wyższej partii profilu warunki sedymentacji były redukcyjne, stosunek zawartości pristanu do fitanu wynosi 0,74 (tab. 9). W dolnej części profilu stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu do fitanu (Pr/Ph) pozwala przypuszczać, że warunki środowiska były utleniające (tab. 9).

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych z utworów kredy górnej wykazuje pewne zróżnicowanie w pionowym profilu. W dolnej i środkowej części profilu w dużej ilości występują związki zawierające 19 i 17 węgla w cząsteczce, jak również związki zawierające 18 i 20 węgla w cząsteczce, czyli pierwotna materia organiczna powstała z rozpadu alg i bakterii. N-alkany o długich łańcuchach węglowych są reprezentowane głównie przez związek zawierający 27 węgla w cząsteczce, pochodzący ze stosunkowo słabo przeobrażonego materiału humusowego (fig. 26L, M). W górnej części utworów w materii organicznej występuje natomiast głównie materiał humusowy, ponieważ maksymalną ilość osiąga związek C_{27} , a także w dużej ilości jest obecny związek C_{29} . W grupie związków o krótkich łańcuchach węglowych maksymalną ilość ma związek n- C_{18} , pochodzący z rozpadu bakterii (fig. 26A, B).

Podobnie jak w utworach kredy dolnej, środowisko sedymentacji w utworach kredy górnej jest zróżnicowane. W dolnej części profilu stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu do fitanu (Pr/Ph) pozwala przypuszczać, że warunki środowiska były silnie utleniające (Pr/Ph = 2,50). W wyższej partii profilu warunki sedymentacji były redukcyjne, ponieważ stosunek zawartości pristanu do fitanu wynosi 0,43. W stropie utworów węglowodory izoprenoidowe występują w śladowych ilościach (tab. 9).

Wartość wskaźników CPI_{Tot} , jak również CPI_{17-23} i CPI_{25-31} materii z tych utworów wskazuje na słaby stopień przeobrażenia materii organicznej w nich obecnej.

Podsumowując wyniki badań geochemicznych należy stwierdzić, że utwory mezozoiczne z otworu wiertniczego Podębice PIG 2 można określić jako biedne skały macierzyste do generowania węglowodorów. Jedynie utwory jury dolnej zawierają podwyższone zawartości węgla organicznego i bituminów syngenetycznych z osadem. Materia organiczna występująca w badanych utworach pochodzi głównie z rozkładu alg i bakterii, ale zawiera także znaczną ilość materiału humusowego allochtonicznego. W utworach kredy górnej współwystępują dwie generacje związków: wysoko przetworzona oraz materia typu humusowego o niskim stopniu przeobrażenia.