WYNIKI BADAŃ LITOLOGICZNYCH, STRATYGRAFICZNYCH, SEDYMENTOLOGICZNYCH, PETROGRAFICZNYCH I MIKROFAUNISTYCZNYCH

JURA

Anna FELDMAN-OLSZEWSKA

WYNIKI BADAŃ LITOLOGICZNYCH, STRATYGRAFICZNYCH I SEDYMENTOLOGICZNYCH JURY DOLNEJ

Otwory wiertnicze Wojszyce IG 1/1a, IG 3 i IG 4 zostały odwiercone na obszarze kutnowskiego segmentu wału śródpolskiego. W jurze dolnej był to obszar największej subsydencji, kompensowanej przez sedymentację (Deczkowski, Franczyk, 1988b; Feldman-Olszewska, 1998a). Równocześnie był to obszar charakteryzujący się w mezozoiku dużą aktywnością tektoniki solnej. Omawiane otwory wiertnicze usytuowano w obrębie poduszki solnej występującej w podłożu.

We wszystkich omawianych otworach nawiercono jedynie najwyższe utwory jury dolnej, reprezentujące toark. Ich miąższość w poszczególnych otworach wynosi: Wojszyce IG 1a – 146,0 m (głęb. ?1618,0–1764,0 m), Wojszyce IG 3 – 355,0 m (głęb. ?1580,0–1935,0 m), Wojszyce IG 4 – 214,0 m (głęb. ?1911,0–2125,0 m). W pierwszym otworze nawiercony profil objął jedynie utwory formacji borucickiej. Dwa następne przebiły cały profil formacji borucickiej i dotarły do utworów formacji ciechocińskiej.

Formacja ciechocińska jest wykształcona w przeważającej części w postaci kompleksu skał iłowcowo-mułowcowych, z cienkimi wkładkami piaskowców. Na podstawie megaspor i miospor jej wiek w całym basenie polskim przyjmuje się na wczesny toark (Marcinkiewicz, 1971; Rogalska, 1976; Kopik, Marcinkiewicz, 1997). W otworze Wojszyce IG 3 z tej formacji pobrano z dwóch odcinków rdzenie o długości 9,6 i 5,0 m, a w otworze Wojszyce IG 4 – również z dwóch odcinków o długości 17,0 i 6,0 m.

Niżej pobrane rdzenie z obydwu otworów wiertniczych pochodzą z tzw. kompleksu zielonego, czyli z głównej części formacji ciechocińskiej. W materiale rdzeniowym dominują tu: iłowce, iłowce mułowcowe i mułowce masywne, często rozsypujące się ostrokrawędziście, szarozielone, z wkładkami i konkrecjami syderytu. Niekiedy spotyka się w nich esterie (Wojszyce IG 4 – głęb. 1934,3–1935,0 m). Miejscami obecne są w nich laminy jasnoszarego, bardzo drobnoziarnistego piaskowca. W jednym przypadku stwierdzono wkładkę mułowca piaszczystego o warstwowaniu konwolutnym. Miejscami mułowce przechodzą w sposób stopniowy w piaskowce bardzo drobnoziarniste o warstwowaniu zmarszczkowym. W profilu Wojszyce IG 4 na głęb. 1923,65 i 1922,35 m w przystropowych odcinkach takich wkładek piaskowcowych stwierdzono ślady *Skolithos* isp. W iłowcach dość często spotyka się zlustrowania tektoniczne. Utwory drobnoziarniste formacji ciechocińskiej powstały w środowisku brakicznej zatoki, w której okresowo zaznaczała się działalność prądów morskich lub sztormów (wkładki bardzo drobnoziarnistych piaskowców) (Pieńkowski, 2004).

W otworze Wojszyce IG 4, na głęb. 2115,7 m, nawiercono w rdzeniu kontakt pomiędzy tzw. serią zieloną i szarą. Utwory iłowcowo-mułowcowe barwy zielonej kończy powierzchnia erozyjna, powyżej której pojawia się 5,3 m pakiet piaskowców drobnoziarnistych, ku górze bardzo drobnoziarnistych, jasnoszarych, prawie białych. W dolnym odcinku są to piaskowce masywne, ku górze coraz liczniej pojawiają się poziome, faliste smugi ilaste z muskowitem. Wyżej następuje ostre przejście w heterolit, o barwie jasno- i ciemnoszarej, początkowo o laminacji i warstwowaniu soczewkowym, następnie warstwowaniu soczewkowym i falistym, z nielicznymi śladami *Planolites* isp. oraz o warstwowaniem konwolutnym, z soczewkami węgla i klastami iłowca. Utwory o podobnym charakterze stwierdzono w rdzeniach z górnego odcinka formacji ciechocińskiej (tzw. seria szara). Są to mułowce ciemnoszare, o warstwowaniu lub laminacji soczewkowej, z muskowitem lub heterolity o warstwowaniu soczewkowym albo falistym, z wkładkami piaskowców o warstwowaniu smużystym, zmarszczkowym, laminacji falistej, równoległej lub masywnych. W obrębie tych utworów spotyka się konkrecje syderytowe oraz skamieniałości śladowe *Planolites* isp., *Skolithos* isp., *Diplocraterion parallelum* Torell i *Teichichnus rectus* Seilacher. Obecność skamieniałości śladowych z rodzaju *Diplocraterion* i *Teichichnus* wskazuje na morskie środowisko sedymentacji. Przypuszczalnie są to utwory o genezie deltowej, powstałe w środowisku równi deltowej i glifów krewasowych.

Deltowy charakter tego szarego odcinka profilu zadecydował o jego włączeniu do formacji ciechocińskiej na obszarze Kujaw.

Formacja borucicka reprezentuje najwyższą część profilu jury dolnej. Jej miąższość w omawianych otworach wynosi: Wojszyce IG 1a – >146,0 m (?1618,0–1764,0 m), Wojszyce IG 3 – 286,5 m (głęb. ?1580,0–1866,5 m), Wojszyce IG 4 – 166,0 m (głęb. ?1911,0–2077,0 m). Tak wyraźne różnice miąższości warstw borucickich należy wiązać z wznoszącym ruchem poduszki solnej w późnym toarku. Ruch ten był związany z przepływem soli w podłożu od synkliny kutnowskiej, w kierunku osiowej części poduszki (profil Wojszyce IG 1a).

Dość liczne rdzenie kontrolne pobrane z tej formacji we wszystkich trzech omawianych otworach wiertniczych wskazują, że w dolnym odcinku jest ona zdominowana przez piaskowce drobno- i średnioziarniste, jasnoszare, często prawie białe, masywne lub z pojedynczymi smugami ilastymi wzbogaconymi w muskowit, rzadziej o warstwowaniu przekątnym rynnowym. Stwierdzono w nich uwęgloną sieczkę roślinną, pojedyncze kilkucentymetrowe warstewki węgla oraz nieliczne klasty ilaste. Są to utwory o genezie fluwialnej, osadzone w środowisku łach meandrowych i odsypów korytowych.

W wyższej części profilu formacji znaczny udział mają utwory mułowcowe i iłowcowe o kilkumetrowej miąższości, występujące naprzemian z piaskowcami. Są to mułowce ciemnoszare do czarnych, niekiedy węgliste, masywne lub o warstwowaniu lub laminacji soczewkowej, z uwęglonymi fragmentami roślin, niekiedy ze śladami działalności organizmów mułożernych. Miejscami mułowce przechodzą w heterolity. Wykształcenie litologiczne, struktury sedymentacyjne oraz obecność flory wskazują, że są to utwory powstałe w środowisku rzecznym, w obrębie równi zalewowej.

Wkładki piaskowcowe w tej części profilu zazwyczaj są zbudowane z piaskowców drobno- i bardzo drobnoziarnistych, masywnych lub o warstwowaniu zmarszczkowym, smużystym lub rzadko falistym oraz poziomym. Występuje w nich muskowit i niekiedy klasty ilaste. Cechy te sugerują, że są to osady glifów krewasowych wkraczające na obszar równi zalewowej. Niekiedy spotyka się również kilkumetrowe wkładki piaskowców średnio- i gruboziarnistych o warstwowaniu przekątnym rynnowym, z kaolinitem w porach. Są to utwory powstałe w środowisku łach meandrowych.

Aleksandra KOZŁOWSKA, Marta KUBERSKA, Elżbieta KRYSTKIEWICZ

WYNIKI BADAŃ PETROGRAFICZNYCH UTWORÓW JURY DOLNEJ

Wstęp

Badaniami petrograficznymi utworów jury dolnej objęto 45 próbek pobranych z trzech otworów wiertniczych: Wojszyce IG 1a – 16, Wojszyce IG 3 – 15 i Wojszyce IG 4 – 14. Analizowano płytki cienkie przykryte oraz płytki cienkie jednostronnie polerowane, wykonane ze skały nasączonej niebieską żywicą. Wszystkie próbki poddano obserwacjom w mikroskopie polaryzacyjnym, które obejmowały standardową analizę mikroskopową płytek cienkich i analizę barwnikową. W płytkach cienkich z niebieską żywicą dodatkowo pomierzono porowatość skały. Wybrane próbki poddano obserwacjom w katodoluminescencji. Badania inkluzji fluidalnych wykonała dr hab. K. Jarmołowicz-Szulc, a L. Giro przeprowadził analizę części próbek w elektronowym mikroskopie skaningowym (SEM) i mikrosondzie energetycznej EDS ISIS. Analizę rentgenowską (XRD) wykonała W. Narkiewicz. Ponadto wykorzystano wyniki analizy porozymetrycznej i przepuszczalności skał z profili Wojszyce IG 1a i IG 3 (Krystkiewicz, Feldman-Olszewska, 1998). Dołączono do nich wyniki badań próbek pobranych z profili Wojszyce IG 3 i IG 4, wykonane w ramach projektu „Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego składowania CO_2 wraz z ich programem monitorowania". Badania petrofizyczne wykonał dr G. Leśniak z zespołem w laboratorium Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie. Dodatkowo odniesiono się do wyników oznaczeń właściwości fizycznych skał zamieszczonych w dokumentacjach wynikowych otworów Wojszyce IG 1/1a (Marek, 1989), Wojszyce IG 3 (Marek, Leszczyński, 1991) i Wojszyce IG 4 (Marek, Feldman-Olszewska, 1990). Wykorzystano również wyniki ekspertyz próbek utworów jury dolnej pobranych z profili Wojszyce IG 3 (Wichrowska, 1991) i IG 4 (Maliszewska, 1990) oraz wyniki badań skał syderytowych z profili Wojszyce IG 3 i IG 4 (Maliszewska i in., 2007b).

Analizowane próbki reprezentują formację borucicką (toark górny) we wszystkich otworach wiertniczych, a kilka próbek należy do formacji ciechocińskiej (toark dolny) w otworach Wojszycach IG 3 i IG 4. Utwory są wykształcone jako skały klastyczne, głównie piaskowce oraz mułowce i iłowce, tworzące miejscami pakiety heterolitowe. Odnotowano również występowanie skał syderytowych w otworach Wojszyce IG 3 i IG 4 (*op. cit.*). Większość próbek stanowią piaskowce formacji borucickiej, a tylko nieliczne należą do formacji ciechocińskiej. Kilka próbek reprezentuje mułowce, iłowce i syderyty należące głównie do formacji ciechocińskiej. Wyróżnione odmiany litologiczne charakteryzują się dużym podobieństwem cech w profilach analizowanych otworów wiertniczych.

Charakterystyka petrograficzna

Piaskowce

Szkielet ziarnowy. Piaskowce reprezentują głównie drobno- oraz lokalnie średnioziarniste arenity kwarcowe (tab. 7). Arenity charakteryzują się strukturą psamitową i teksturą bezładną. Materiał detrytyczny słabo- i półobtoczony odznacza się dobrym wysortowaniem. Wielkość najczęstszej średnicy ziaren kwarcu waha się w granicach 0,08–0,28 mm (lokalnie 0,35 mm), wielkość średnicy maksymalnej w prze-

Wyniki analiz planimetrycznych piaskowców jury dolnej [%]

Results of modal analyses in the Lower Jurassic sandstones [%]

Wojszyce IG 1a														
Głębokość [m]		1630,3	1631,0	1636,2	1640,5	1668,2	1674,0	1704,3	1708,0	1709,8	1730,2	1733,3	1755,6	1759,2	1762,8
Typ piaskowca		ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k
Kwarc (Qm+Qp+czerty)		83,0	86,3	82,3	80,3	89,0	83,3	86,6	67,0	83,0	86,7	89,3	84,3	88,3	87,3
Skalenie		2,3	2,3	3,3	2,0	2,0	3,0	1,7	1,0	2,3	0,3	1,0	0,7	0,3	0,3
Litoklasty		1,3	0,3	0,7	1,3	1,0	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	0,7	0,7	0,3
Łyszczyki		0,3	0,0	0,7	0,0	0,7	1,7	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Minerały akcesoryczne i nieprzezroczyste		0,7	0,3	0,7	1,7	0,0	0,0	0,7	1,0	0,7	0,0	1,3	0,0	1,0	0,0
Matriks ilasto-żelazisty		3,7	2,0	6,3	2,3	2,3	1,7	1,0	11,3	0,0	5,3	0,7	5,0	0,0	0,7
Cementy	suma	8,7	8,8	6,0	12,4	5,0	9,0	9,0	18,4	13,0	6,7	7,4	9,3	9,7	11,4
	węglanowy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	kwarcowy	5,7	6,8	4,0	5,7	4,7	6,3	8,3	15,0	9,0	3,7	6,0	6,3	7,4	8,7
	illitowy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	kaolinitowy	3,0	2,0	2,0	6,7	0,3	2,7	0,7	3,4	4,0	2,0	1,4	3,0	2,3	2,7
	chlorytowy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Suma [%]		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Pory (wartości liczone >300 punktów)		n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Wyniki w przeliczeniu na 100%	kwarc	95,8	97,1	95,4	96,1	96,7	95,1	97,0	97,2	96,2	98,5	98,6	98,4	98,8	99,4
	skaleń	2,7	2,6	3,8	2,4	2,2	3,4	1,9	1,4	2,7	0,3	1,1	0,8	0,6	0,3
	litoklast	1,5	0,3	0,8	1,5	1,2	0,5	1,1	1,4	1,1	1,2	0,3	0,8	0,6	0,3
Najczęstsze ziarno kwarcu [mm]		0,25	0,26	0,18	0,20	0,12	0,12	0,12	0,14	0,18	0,26	0,14	0,26	0,20	0,28
Maksymalne ziarno kwarcu [mm]		0,48	0,48	0,38	0,42	0,24	0,24	0,34	0,32	0,40	0,30	0,30	0,40	0,40	0,42

ar k – arenit kwarcowy; Qm – kwarc monokrystaliczny; Qp – kwarc polikrystaliczny; n.o. – nie oznaczono

ar k – quartz arenite; Qm – monocrystaline quartz; Qp – policrystaline quartz; n.o. – not determined

Tabela 7 cd.

Wojszyce IG 3													
Głębokość [m]		1588,7	1639,2	1648,0	1704,0	1746,8	1751,5	1755,7	1804,1	1847,9	1850,9	1904,5	1927,4
Typ piaskowca		ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k
Kwarc (Qm+Qp+czerty)		89,7	74,3	73,7	76,3	75,4	70,6	80,7	85,9	82,3	72,4	73,0	73,0
Skalenie		1,0	0,7	0,0	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,3	2,3
Litoklasty		0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	1,0	0,0	1,3	1,3
Łyszczyki		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,7	1,0
Minerały akcesoryczne i nieprzezroczyste		0,7	0,6	0,0	0,7	0,0	0,0	0,7	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0
Matriks ilasto-żelazisty		0,0	2,0	2,3	0,0	6,9	6,0	2,3	5,6	2,7	5,7	1,7	1,7
Cementy	suma	8,3	22,5	24,0	22,7	16,7	23,4	16,0	8,5	12,0	19,9	22,0	20,7
	węglanowy	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	5,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
	kwarcowy	6,3	21,1	21,7	20,0	16,7	18,3	15,7	5,2	11,7	14,3	19,7	17,0
	illitowy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	kaolinitowy	2,0	0,7	2,3	2,7	0,0	0,0	0,0	3,3	0,3	1,9	2,3	3,0
	chlorytowy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0
Suma [%]		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Pory (wartości liczone >300 punktów)		n.o.	6,3	11,2	n.o.	11,5	6,0	n.o.	8,6	n.o.	6,3	n.o.	n.o.
Wyniki w przeliczeniu na 100%	kwarc	98,6	99,1	100,0	99,6	98,7	100,0	99,6	100,0	97,6	100,0	96,6	95,3
	skaleń	1,1	0,9	0,0	0,4	1,3	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	1,7	3,0
	litoklast	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	1,2	0,0	1,7	1,7
Najczęstsze ziarno kwarcu [mm]		0,22	0,12	0,20	0,16	0,33	0,20	0,12	0,35	0,15	0,08	0,12	0,16
Maksymalne ziarno kwarcu [mm]		0,30	0,20	0,40	0,30	1,12	0,45	0,40	0,70	0,34	0,15	0,38	0,40

Wojszyce IG 4										
Głębokość [m]		1911,5	1918,8	1929,6	1979,7	2012,2	2048,5	2111,8	2114,3	2124,3
Typ piaskowca		ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k	ar k
Kwarc (Qm+Qp+czerty)		85,3	80,3	89,7	83,3	89,9	85,7	69,3	85,0	60,0
Skalenie		1,8	2,0	1,3	2,7	1,1	1,0	1,7	2,3	1,3
Litoklasty		0,0	0,7	0,7	1,3	0,0	1,4	1,0	2,6	0,3
Łyszczyki		0,8	0,0	0,3	0,7	0,3	0,3	1,0	0,3	2,7
Minerały akcesoryczne i nieprzezroczyste		0,6	0,7	0,0	0,0	0,3	0,3	0,7	0,6	0,3
Matriks ilasto-żelazisty		2,0	0,7	2,4	1,7	2,4	1,4	5,3	1,0	1,0
Cementy	suma	9,5	15,7	8,3	10,0	6,0	9,9	21,0	8,2	34,4
	węglanowy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	23,7
	kwarcowy	9,5	15,7	8,0	8,7	5,7	8,6	11,0	5,9	9,7
	illitowy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	kaolinitowy	0,0	0,0	0,3	1,3	0,3	1,3	6,0	2,3	1,0
	chlorytowy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Suma [%]		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Pory (wartości liczone >300 punktów)		20,3	n.o.	20,4	18,9	16,7	13,0	n.o.	8,6	0,0
Wyniki w przeliczeniu na 100%	kwarc	97,9	96,7	97,8	95,4	98,8	97,3	96,3	94,6	97,4
	skaleń	2,1	2,4	1,4	3,1	1,2	1,1	2,4	2,6	2,1
	litoklast	0,0	0,9	0,8	1,5	0,0	1,6	1,3	2,8	0,5
Najczęstsze ziarno kwarcu [mm]		0,12	0,14	0,19	0,20	0,27	0,15	0,22	0,18	0,11
Maksymalne ziarno kwarcu [mm]		0,24	0,24	0,45	0,55	0,58	0,44	0,30	0,48	0,28

dziale 0,15–0,58 mm (lokalnie 1,12 mm). Stosunek wielkości największego do najczęstszego ziarna kwarcu waha się od 1,2 do 3,4 i najczęściej wynosi ok. 2,0. Ziarna w piaskowcach na ogół stykają się ze sobą, tworząc zwarty szkielet. Kontakty międzyziarnowe w arenitach są punktowe lub proste, rzadko wklęsło-wypukłe. Piaskowce jury dolnej charakteryzują się wysoką dojrzałością składu mineralnego oraz wysoką dojrzałością strukturalną (najwyższy stopień wykazują piaskowce formacji borucickiej, a niższy – formacji ciechocińskiej; Maliszewska, 1993; Krystkiewicz, 1999). Głównym składnikiem mineralnym szkieletu ziarnowego piaskowców jest kwarc, którego zawartość waha się od 60,0 do 89,9% obj., przeciętnie stanowi około 80,0% obj. skały (tab. 7). Kwarc monokrystaliczny przeważa ilościowo nad kwarcem polikrystalicznym. Do grupy ziaren kwarcu polikrystalicznego zaliczono także okruchy kwarcytów, łupków kwarcowych oraz czertów (Pettijohn i in., 1972). Skalenie reprezentowane przez skalenie potasowe występują w niewielkiej ilości, maksymalnie stanowią 3,3% obj. skały (tab. 7). Skalenie z piaskowców jury dolnej, badane z profili otworów wiertniczych usytuowanych na południe od struktury Wojszyc – w rejonie Bełchatowa, charakteryzują się zawartością SiO_2 ok. 66% wag., Al_2O_3 ok. 21% wag., K_2O ok. 12% wag. i Na_2O ok. 1% wag. (Kozłowska i in., 2010). Skalenie potasowe, najczęściej mikroklin, analizowane w katodoluminescencji wykazują świecenie w barwach jasnoniebieskich (fig. 8A, B). Ziarna skaleni poddane były działaniu procesów rozpuszczania (fig. 8C), przeobrażania (kaolinityzacja i serycytyzacja, fig. 8D) oraz zastępowania przez węglany. Z łyszczyków obserwowano głównie muskowit, rzadko biotyt, których zawartość przeważnie nie przekracza 1% obj. skały, maksymalnie wynosi 2,7% obj. (tab. 7). Często blaszki łyszczyków są powyginane, co jest skutkiem działania kompakcji mechanicznej w skale. Lokalnie występuje materia organiczna. Z minerałów akcesorycznych zidentyfikowano cyrkon, rutyl, turmalin i anataz. W badanych piaskowcach stwierdzono również obecność litoklastów, najczęściej w ilości nieprzekraczającej 1% obj. skały, maksymalnie 2,6% obj. (tab. 7). Reprezentują one głównie łupki kwarcowo-łyszczykowe, fragmenty granitoidów i skał wulkanicznych oraz mułowców i iłowców.

Spoiwo. W piaskowcach dominuje spoiwo typu porowego, którego zawartość waha się od 5,0 do 34,4% obj. skał (tab. 7). Tworzą je cementy złożone z kwarcu autigenicznego, kaolinitu autigenicznego oraz węglanów. Skała zawiera także spoiwo kontaktowe – matriks, na który składają się: mieszanina detrytycznych minerałów ilastych, pyłu kwarcowego, wodorotlenków żelaza i materii organicznej. Zawartość matriksu mieści się w zakresie od 0 do 11,3% obj. skały (tab. 7).

Głównym cementem badanych piaskowców jest kwarc, którego zawartość waha się od 3,7 do 21,7% obj. (tab. 7). Największą ilość kwarcu autigenicznego odnotowano w próbkach z otworu wiertniczego Wojszyce IG 3. Cement kwarcowy tworzy obwódki syntaksjalne na ziarnach kwarcu, które zarastają przestrzenie porowe piaskowca (fig. 8A, B, E, F). Granica między kwarcem detrytycznym a obwódką niekiedy jest zaznaczona przez obecność inkluzji fluidalnych (fig. 8E). Bardzo dobrze obwódki syntaksjalne są widoczne w analizie katodoluminescencyjnej. W obrazie CL cement kwarcowy charakteryzuje się luminescencją w barwie ciemnobrązowej lub ciemnoniebieskiej (fig. 8A, B, E, F), odróżniając się wyraźnie od ziaren kwarcu, które wykazują świecenie w barwie brązowej, niebieskiej i niebieskofioletowej. Miejscami obserwowano efekty procesu rozpuszczania obwódek kwarcu autigenicznego (fig. 8C, 9A) oraz wypierania go przez węglany. Cztery próbki z cementem kwarcowym z otworu Wojszyce IG 3 wytypowano do badań inkluzji fluidalnych (Krystkiewicz, Feldman-Olszewska, 1998). Obserwowane inkluzje charakteryzowały się niewielkim rozmiarem, najczęściej 0,5–1,0 μm i były głównie jednofazowe. W analizowanym materiale nie udało się pomierzyć temperatur homogenizacji. Jednak badania te, wykonane w piaskowcach z rejonu Brześcia Kujawskiego, wskazują na tworzenie się cementu kwarcowego w zakresie temperatur 84–104°C (Krystkiewicz, 2008).

Autigeniczne minerały ilaste są powszechnie reprezentowane przez kaolinit oraz lokalnie przez illit i chloryty. Zawartość kaolinitu w piaskowcach jury dolnej waha się od 0 do 6,7% obj. skały. Kaolinit występuje w formie płytkowych agregatów, które w elektronowym mikroskopie skaningowym są widoczne jako pseudoheksagonalne kryształy tworzące charakterystyczne formy książeczkowe (fig. 9A). Obserwacje mikroskopowe wskazują na występowanie zarówno kaolinitu robakowatego, jak i blokowego (Kozłowska, 2004). Minerał ten często wypełnia wolne przestrzenie porowe w sąsiedztwie skaleni (fig. 8D) oraz muskowitu. Wskazuje to na tworzenie się kaolinitu w procesie przeobrażania minerałów glinokrzemianowych. W obrazie katodoluminescencyjnym kaolinit charakteryzuje się barwą ciemnoniebieską.

Obecność autigenicznego illitu wykazały badania w skaningowym mikroskopie elektronowym w próbce z głęb. 1708,0 m z otworu Wojszyce IG 1a. Krystality illitu mają postać włókien, które narastają na illicie blaszkowym (fig. 9B). Illit włóknisty zarasta przestrzenie porowe w piaskowcu, zmniejszając jego przepuszczalność.

Autigeniczne chloryty w ilości 3,7% obj. skały (tab. 7) odnotowano w otworze Wojszyce IG 3, w piaskowcu z głęb. 1850,9 m. Chloryty wypełniają przestrzeń porową piaskowca w formie skupień radialnie ułożonych blaszek (fig. 9C). Analiza składu chemicznego w mikrosondzie energetycznej EDS ISIS (fig. 10) wskazuje na występowanie chlorytu żelazisto-magnezowego.

Cementy węglanowe reprezentowane przez ankeryt i syderyt (minerał szeregu izomorficznego syderyt–magnezyt) występują w części analizowanych próbek piaskowców. Zawartość węglanów, tworzących spoiwo typu porowego, najczęściej nie przekracza 1% obj. skały, jednak może dochodzić do 24% obj. (tab. 7).

Ankeryt najczęściej występuje w postaci izolowanych euhedralnych kryształów romboedrycznych lub tworzy cement sparowy (fig. 9D, E). Ponadto ankeryt jest produktem wtórnych procesów zastępowania ziaren skaleni i kwarcu oraz składników cementu: kwarcu autigenicznego, syderytu i kaolinitu. Skład chemiczny badanych ankerytów przedstawia się następująco: 11,6–24,5% mol. $FeCO_3$, 22,5–34,0%

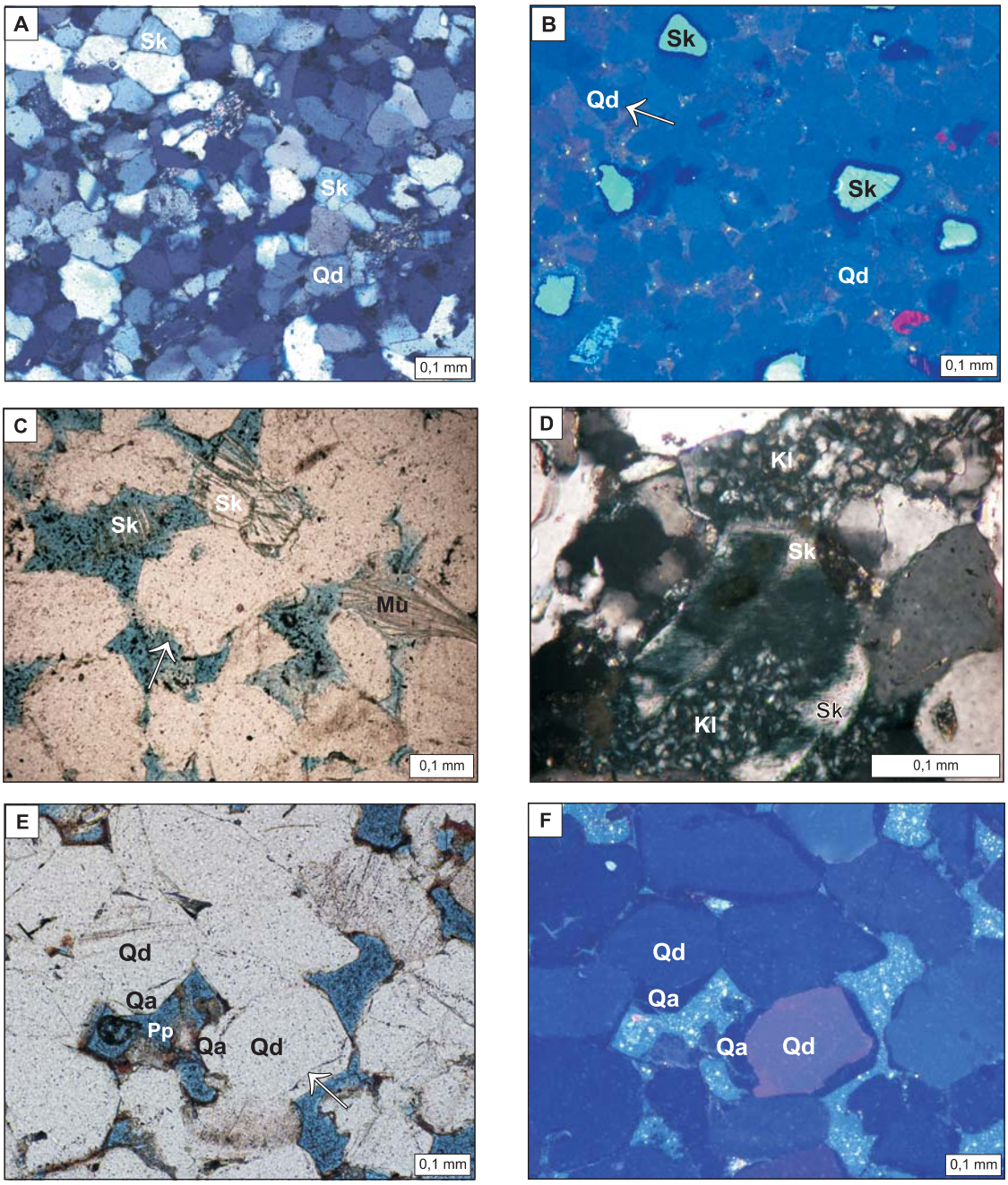


Fig. 8. Zdjęcia wykonane w mikroskopie polaryzacyjnym (PL) i w katodoluminescencji (CL). **A.** Piaskowiec drobnoziarnisty, arenit kwarcowy; ziarna kwarcu (Qd) i skaleni (Sk); otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 1850,9 m, PL – nikole skrzyżowane. **B.** Obraz w CL próbki z fig. 8A; ziarna skaleni potasowych (Sk) wykazują luminescencję o jasnoniebieskiej barwie, ziarna kwarcu (Qd) są niebieskie, a obwódki kwarcu autigenicznego – ciemnoniebieskie (strzałka). **C.** Porowatość wtórna powstała w wyniku rozpuszczania ziaren skaleni (Sk), muskowitu (Mu) i cementu kwarcowego (strzałka); otwór wiert. Wojszyce IG 3; głęb. 1648,0 m, PL – bez analizatora. **D.** Ziarno skalenia potasowego (Sk) przeobrażane w kaolinit (Kl); otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 2114,3 m, PL – nikole skrzyżowane. **E.** Obwódki kwarcu autigenicznego (Qa) na ziarnach kwarcu (Qd); granica między nimi podkreślona przez inkluzje fluidalne (strzałka); porowatość pierwotna (Pp) pomiędzy obwódkami kwarcu autigenicznego; otwór wiert. Wojszyce IG 3; głęb. 1746,8 m, PL – bez analizatora. **F.** Obraz w CL próbki z fig. 8E; ziarna kwarcu (Qd) wykazują luminescencję niebieską, a obwódki kwarcu autigenicznego (Qa) są ciemnoniebieskie

Photographs taken in polarizing microscope (PL) and cathodoluminescence (CL). **A.** Fine-grained sandstone, quartz arenite; quartz (Qd) and feldspar (Fs) grains; Wojszyce IG 3 borehole, depth 1850.9 m, PL – crossed nicols. **B.** CL image of sample shown in Fig. 8A; light blue luminescence of potassium feldspar (Sk), blue luminescence of quartz grains (Qd) and dark blue of authigenic quartz overgrowths (arrow). **C.** Secondary porosity created due to dissolution of potassium feldspar grains (Sk), muscovite (Mu) and quartz cement (arrow); Wojszyce IG 3; depth 1648.0 m, PL – without analyser. **D.** Potasium feldspar grain (Sk) altered to kaolinite (Kl); Wojszyce IG 4 borehole, depth 2114.3 m, PL – crossed nicols. **E.** Authigenic quartz overgrowths (Qa) on the quartz grains (Qd); contact between them is underlined by fluid inclusions (arrow); primary porosity (Pp) between authigenic quartz overgrowths (Qa); Wojszyce IG 3 borehole, depth 1746.8 m, PL – without analyser. **F.** CL image of sample shown in Fig. 8E. Blue luminescence of quartz grains (Qd) and dark blue of overgrowths of authigenic quartz (Qa)

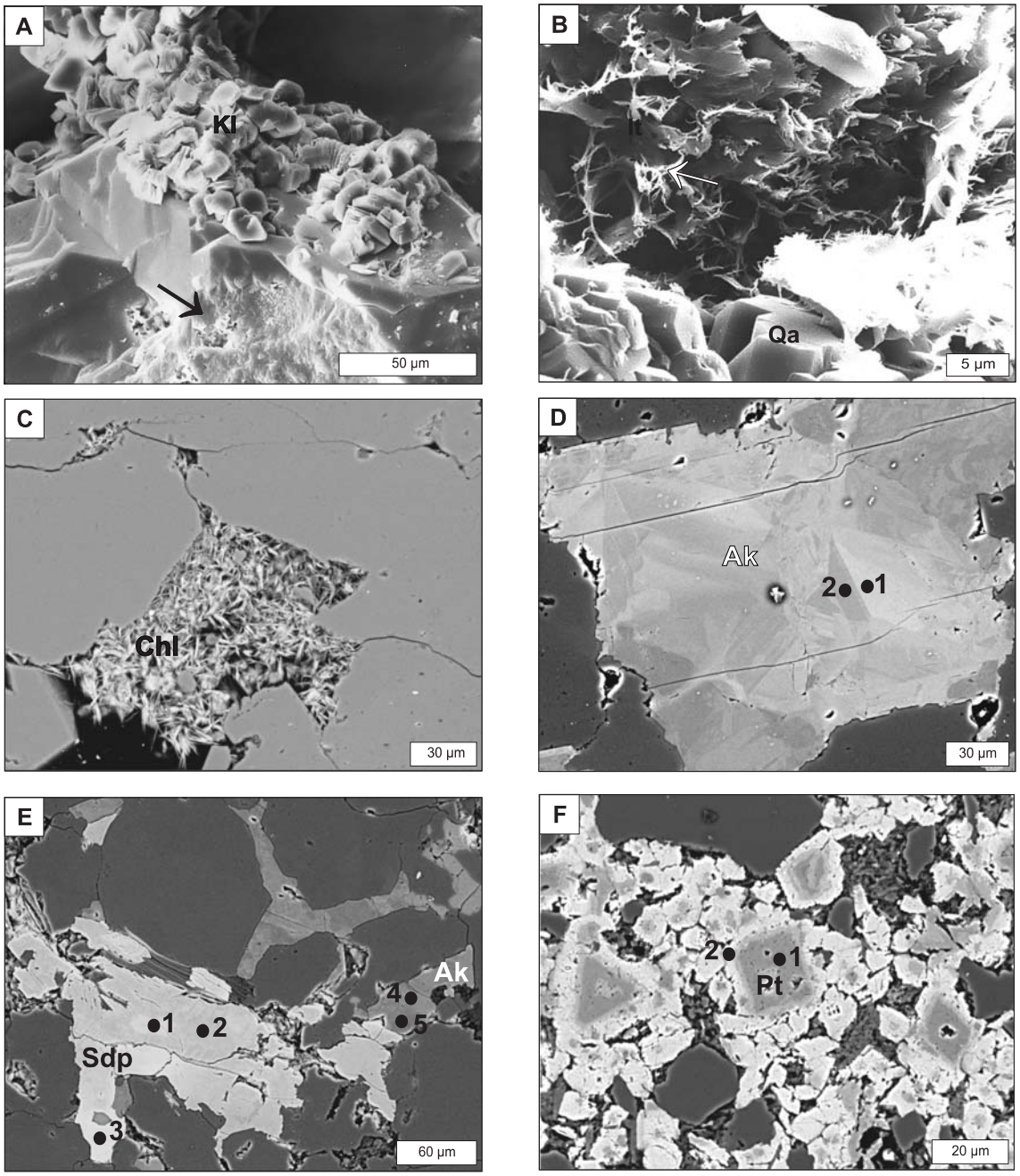


Fig. 9. Zdjęcia wykonane w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM i BSE). **A.** Kaolinit (Kl) i rozpuszczany kwarc autigeniczny (strzałka); otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 1647,9 m, obraz SEM. **B.** Illit włóknisty (It) (strzałka) narastający na illicie blaszkowym i kwarc autigeniczny (Qa); otwór wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 1708,0 m; obraz SEM. **C.** Radialne skupienia chlorytu (Chl) wypełniające przestrzeń porową piaskowca; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 1850,9 m, obraz BSE. **D.** Cement ankerytowy (Ak); odcienie szarości związane z różną zawartością magnezu; punkty 1 i 2 – miejsca analiz chemicznych EDS (tab. 8); otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 1751,5 m, obraz BSE. **E.** Cementy syderoplesytowy (Sdp) i ankerytowy (Ak); punkty 1–5 – miejsca analiz chemicznych EDS (tab. 8); otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 2124,3 m, obraz BSE. **F.** Romboedry pistomesytu (Pt) w syderycie; odcienie szarości związane z różną zawartością magnezu; punkty 1, 2 – miejsca analiz chemicznych EDS (tab. 8). otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 2124,0 m, obraz BSE

Photographs taken in scanning electron microscope (SEM and BSE). **A.** Kaolinite (Kl) and dissolved authigenic quartz (arrow); Wojszyce IG 3 borehole; depth 1647.9 m; SEM image. **B.** Fibrous illite (It) (arrow) growing on flake illit and authigenic quartz (Qa); Wojszyce IG 1a borehole, depth 1708.0 m; SEM image. **C.** Radial chlorite (Chl) filling pore space of sandstone; Wojszyce IG 3 borehole, depth 1850.9 m, BSE image. **D.** Ankerite (Ak) cement; various shades of grey caused by different magnesium contents; points 1 and 2 – chemical analysis marked EDS (tab. 8); Wojszyce IG 3 borehole, depth 1751.5 m, BSE image. **E.** Sideroplesite (Sdp) and ankerite (Ak) cements; points 1–5 – chemical analysis marked EDS (tab. 8); Wojszyce IG 4 borehole, depth 2124.3 m, BSE image. **F.** Pistomesite (Pt) rhombohedrons in siderite; various shades of grey caused by different magnesium contents; points 1, 2 – chemical analysis marked EDS (tab. 8); Wojszyce IG 4 borehole, depth 2124.0 m, BSE image

mol. $MgCO_3$, 51,3–54,5% mol. $CaCO_3$ i 0,6–2,0% mol. $MnCO_3$ (tab. 8). Miejscami cement ankerytowy charakteryzuje się złożoną budową, co zaobserwowano w obrazie typu BSE z mikroskopu elektronowego (fig. 9D). Widoczne na zdjęciu obszary różniące się odcieniem szarości wynikają z różnej zawartości magnezu. Ze względu na znaczną zawartość Fe^{+2} ankeryt w badaniach w CL nie wykazuje świecenia. Minerał ten poddany analizie barwnikowej przy użyciu roztworu Evamy'ego zabarwia się na kolor ciemnoniebieski. Badania inkluzji fluidalnych w cemencie ankerytowym piaskowców rejonu Brześcia Kujawskiego wskazują na temperaturę jego krystalizacji około 75°C (Krystkiewicz, 2008).

Syderyt reprezentuje dwie generacje: wczesną i późną, podobnie jak w piaskowcach karbonu rowu lubelskiego (Kozłowska, 1997, 2001, 2004). Ze względu na wysoką zawartość żelaza syderyt w obrazie katodoluminescencyjnym nie wykazuje luminescencji. Minerał ten barwiony roztworem Evamy'ego nie zabarwia się. Wczesna generacja syderytu jest wykształcona w formie bardzo drobnokrystalicznych ziaren, które tworzą skupienia. Syderyt ten odpowiada składem chemicznym syderytowi i syderoplesytowi (Kozłowska i in., 2010). Występuje on w ilastych laminach wzbogaconych w materię organiczną i blaszki łyszczyków, jak również wypełnia pierwotną przestrzeń porową w skale.

Generację późną tworzą kryształy sparytowe, często wykształcone w postaci romboedrów (fig. 9E). Punktowe analizy chemiczne wskazują na występowanie syderoplesytu, a miejscami pistomesytu, o zawartości: 60,2–83,0% mol. $FeCO_3$, 15,7–34,5% mol. $MgCO_3$, 0,2–2,6% mol. $CaCO_3$ i 1,1–4,1% mol. $MnCO_3$ (tab. 8). W analizowanych piaskowcach stwierdzono zastępowanie przez późną generację syderytu ziaren skaleni i kwarcu oraz cementów: wczesnego syderytu, kwarcu autigenicznego i kaolinitu.

Przestrzeń porowa. Wyniki badań laboratoryjnych wskazują, że porowatość efektywna piaskowców waha się od 3,14 do 20,69%, przeciętnie około 13,0% (tab. 9). Na podstawie klasyfikacji Jenyona (1990) piaskowce jury dolnej można zaliczyć do skał o dobrej porowatości. Porowatość mierzona w płytkach cienkich, wykonanych ze skał nasączonych niebieską żywicą, waha się od 0,0 do 20,4% obj. skały (tab. 7). W piaskowcach jury dolnej wyróżniono porowatość pierwotną oraz wtórną. Dominuje porowatość pierwotna (fig. 8E), na której zachowanie mogły mieć wpływ wczesne cementy. Wydaje się, że największe znaczenie miały obwódki kwarcu autigenicznego, które usztywniając skałę, ograniczyły działanie kompakcji mechanicznej. Porowatość wtórna powstała głównie jako efekt rozpuszczania ziaren skaleni potasowych oraz kwarcu autigenicznego (fig. 8C). Ponadto występuje mikroporowatość pomiędzy krystalitami minerałów ilastych. Różnice w pomiarach porowatości metodą laboratoryjną oraz planimetryczną mogą wskazywać na ilość mikroporów w skale, których nie da się pomierzyć w płytce cienkiej.

Przepuszczalność piaskowców waha się od 0,001 do 330,669 mD (tab. 9), miejscami dochodzi nawet do 2000 mD (dane labolatorium polowego – Marek, Leszczyński, red., 1991). Większość próbek w obrębie formacji borucickiej charakteryzuje się bardzo dobrą (>100 mD) i dobrą przepuszczalnością (10–100 mD) zgodnie z klasyfikacją Levorsena (1956). Nieliczne, nieprzepuszczalne piaskowce (<0,1 mD) występują głównie w formacji ciechocińskiej.

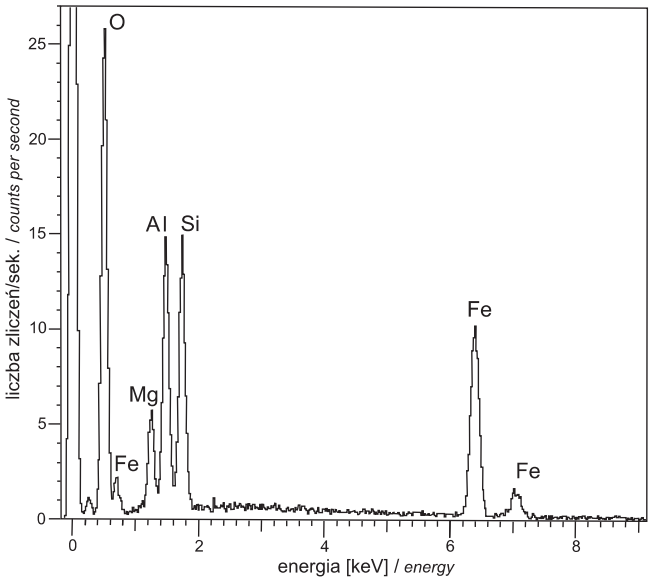


Fig. 10. Widmo rentgenowskie (EDS) składu chemicznego chlorytu

Otwór wiertniczy Wojszyce IG 3, głęb. 1850,9 m

X-ray spectra (EDS) of chemical composition of chlorite

Wojszyce IG 3 borehole, depth 1850.9 m

Ocenę przestrzeni porowej piaskowców oparto na podstawie pomiarów porozymetrycznych: porowatości z porozymetru (określa objętość porów mogących przewodzić płyny złożowe), udziału procentowego porów o średnicy >1 μm, wielkości średnicy progowej (wyznacza rozmiary porów, w których zaznacza się ciągły przepływ przez próbkę) i histerezy (im mniejsza, tym lepsze właściwości filtracyjne skały). Pomierzone wartości mieszczą się w następujących przedziałach: współczynnik porowatości dynamicznej 3,05–19,52%, średnia wartość ilości porów >1 μm 10–98%, średnica progowa 0–50 μm i histereza 3–76% (tab. 9). Przeciętne wielkości tych parametrów wynoszą odpowiednio: 12,5%, 76%, 20 μm oraz 40% i wskazują na dobre i bardzo dobre cechy przestrzeni porowej piaskowców jury dolnej.

W analizowanych piaskowcach są widoczne efekty działania następujących procesów diagenetycznych: kompakcji, cementacji, zastępowania, przeobrażania i rozpuszczania. Z wyróżnionych procesów największy wpływ na porowatość i przepuszczalność piaskowców miały kompakcja i cementacja. Procent pierwotnej porowatości zredukowanej w piaskowcach przez kompakcję według Houseknechta (1987) wynosi od 12,0 do 97,0%, przeciętnie około 40% (fig. 11). Wyliczony procent pierwotnej porowatości zniszczonej w piaskowcu przez cementację (*op. cit.*) wynosi od 3,0 do

Tabela 8

Skład chemiczny (EDS) węglanów [% mol.]

Chemical composition (EDS) of carbonates [% mol.]

Otwór wiertniczy	Głębokość [m]	Typ skały	Punkt analizy	Mg [% wag.]	Ca [% wag.]	Mn [% wag.]	Fe [% wag.]	$MgCO_3$ [% mol.]	$CaCO_3$% [mol.]	$MnCO_3$ [% mol.]	$FeCO_3$ [% mol.]	Rodzaj węglanu
Wojszyce IG 1a	1630,3	pc	1	4,40	0,09	0,51	38,97	15,7	0,2	1,1	83,0	syderoplesyt
Wojszyce IG 3	1751,5	pc	1	6,42	21,00	0,28	11,81	22,5	52,4	0,6	24,5	ankeryt
			2	9,12	21,96	0,31	6,47	31,6	54,5	0,6	13,3	ankeryt
	1752,3	pc	1	8,47	22,33	0,36	8,11	28,6	54,3	0,7	16,4	ankeryt
	1930,1	sy	1	0,41	2,09	0,93	42,83	1,8	6,2	2,1	89,9	syderoplesyt
			2	4,78	1,82	0,88	34,82	18,1	6,0	2,0	73,9	syderoplesyt
			3	4,89	0,15	0,87	36,80	18,7	1,0	2,0	78,3	syderoplesyt
Wojszyce IG 4	2121,8	sy	1	0,83	2,34	0,53	41,21	3,1	7,7	1,7	87,5	syderoplesyt
	2124,0	sy	1	8,95	0,79	0,91	30,82	31,1	2,0	1,9	65,0	pistomesyt
			2	1,16	2,05	0,82	42,44	4,2	5,2	1,8	88,8	syderoplesyt
	2124,3	pc	1	6,73	0,50	1,48	34,26	23,9	1,3	3,1	71,7	syderoplesyt
			2	9,53	0,29	1,15	30,47	33,5	0,7	2,4	63,4	pistomesyt
			3	5,42	0,54	0,87	37,66	19,0	1,3	1,8	77,9	syderoplesyt
			4	7,80	20,54	0,96	9,41	27,2	51,3	2,0	19,5	ankeryt
			5	9,73	21,33	0,42	5,82	34,0	53,1	0,9	12,0	ankeryt
			6	9,65	21,64	0,37	5,59	33,7	53,9	0,8	11,6	ankeryt
			7	7,98	21,49	0,88	8,08	27,9	53,6	1,8	16,7	ankeryt
			8	7,27	0,50	1,62	34,00	25,1	1,2	4,1	69,6	syderoplesyt
			9	9,82	1,06	1,29	29,25	34,5	2,6	2,7	60,2	pistomesyt

pc – piaskowiec, sy – syderyt / pc – sandstone, sy – siderite

Tabela 9

Wyniki badań właściwości petrofizycznych wybranych piaskowców

Petrophysical features of selected sandstones

Otwór wiertniczy	Głębokość [m]	Gęstość materiałowa [g/cm^3]	Porowatość efektywna [%]	Gęstość szkieletowa [g/cm^3]	Gęstość z porozymetru [g/cm^3]	Porowatość z porozymetru [%]	Średnia kapilara [µm]	Powierzchnia właściwa [m^2/g]	Pory >1 µm [%]	Średnica progowa [µm]	Histereza [%]	Przepusz-czalność [mD]
Wojszyce IG 1a	1674,00	2,70	10,21	2,58	2,35	9,12	0,49	0,32	62	3	70	szcz.
	1708,00	2,71	20,18	2,57	2,12	17,70	2,08	0,16	91	20	12	169,000
	1755,60	2,69	14,43	2,52	2,21	12,33	6,41	0,04	96	30	6	71,400
Wojszyce IG 3	1639,20	2,63	11,03	2,60	2,32	10,71	0,41	0,45	70	5	76	0,824
	1647,90	2,69	12,97	2,63	2,31	12,24	2,21	0,10	90	20	16	39,500
	1648,00	2,63	12,99	2,54	2,24	11,92	2,26	0,10	91	20	48	92,770
	1746,80	2,64	8,44	2,58	2,38	7,96	0,40	0,33	79	40	21	93,475
	1751,50	2,65	15,02	2,55	2,20	13,65	0,79	0,32	83	20	62	23,720
	1755,70	2,70	3,41	2,29	2,24	2,42	0,70	0,06	60	8	60	135,000
	1804,10	2,64	16,07	2,64	2,21	16,07	0,72	0,40	84	50	37	82,255
	1804,60	2,68	14,38	2,59	2,25	13,19	1,07	0,22	84	50	13	49,800
	1847,90	2,70	16,74	2,60	2,20	15,22	1,48	0,19	88	30	12	122,500
	1850,90	2,65	11,98	2,57	2,29	11,09	0,27	0,72	67	4	68	0,494
Wojszyce IG 4	1911,50	2,62	12,86	2,51	2,22	11,59	0,34	0,61	77	7	71	15,126
	1929,60	2,65	18,64	2,65	2,16	18,64	13,41	0,03	98	25	3	251,589
	1979,70	2,71	18,98	2,71	2,19	18,98	1,18	0,29	92	20	30	118,282
	2012,20	2,65	20,69	2,59	2,08	19,52	7,18	0,05	97	50	10	330,669
	2048,50	2,66	17,31	2,66	2,20	17,31	2,91	0,11	92	20	45	78,455
	2114,30	2,64	11,74	2,61	2,32	11,40	0,27	0,74	64	4	66	5,922
	2124,30	2,72	3,14	2,69	2,61	3,05	0,06	0,81	10	0	53	0,001

szcz. – szczelina/ szcz. – fracture

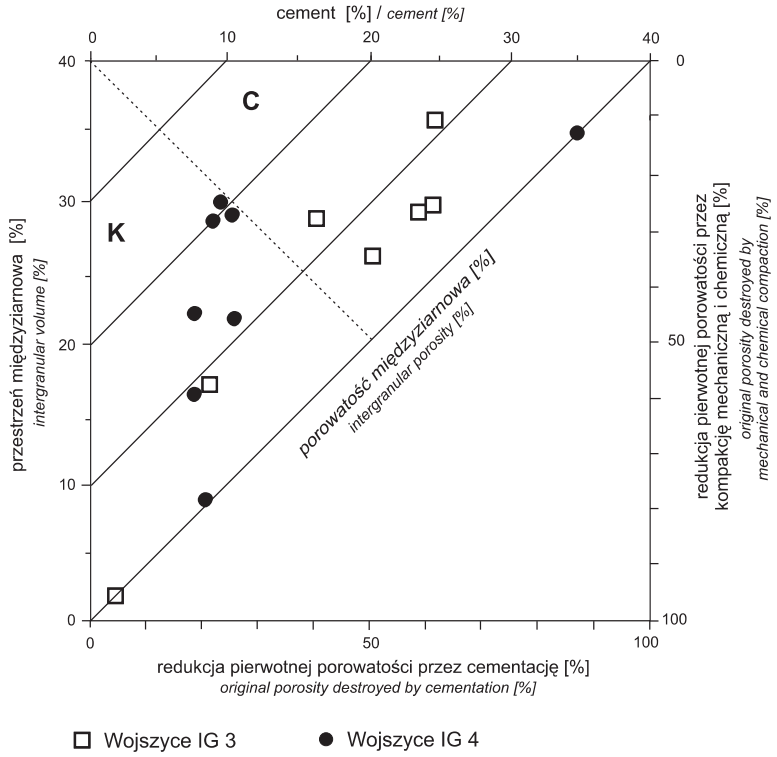


Fig. 11. Diagram Houseknechta (1987) obrazujący wpływ kompakcji i cementacji na pierwotną porowatość piaskowców jury dolnej

C – przewaga cementacji, K – przewaga kompakcji

Diagram of Houseknecht (1987) showing the effect of compaction and cementation on primary porosity of the Lower Jurassic sandstones

C – predominance of cementation, K – predominance of compaction

86,0%, przeciętnie około 42% w profilu Wojszyce IG 3 i ok. 30% w profilu Wojszyce IG 4 (fig. 11). Wartości te wskazują na większy wpływ kompakcji, w porównaniu z cementacją, na redukcję pierwotnej porowatości w osadach jury dolnej w profilu Wojszyce IG 4 i odwrotną zależność w profilu Wojszyce IG 3. Oprócz ujemnego wpływu na porowatość, proces cementacji mógł również oddziaływać pozytywnie. Dotyczy to tworzenia się wczesnych obwódek kwarcowych na ziarnach kwarcu. Usztywniały one skałę i hamowały efekt działania kompakcji mechanicznej, przyczyniając się do zachowania części porowatości pierwotnej. Ponadto dodatni wpływ na porowatość skały miało tworzenie się porowatości wtórnej w wyniku rozpuszczania ziaren i cementów. Do redukcji porowatości przyczyniły się natomiast efekty procesów zastępowania i przeobrażania, jednak tworzący się kaolinit w wyniku przeobrażania skaleni mógł miejscami wpłynąć na wzrost porowatości piaskowca.

Mułowce

Mułowce są skałami o strukturze aleurytowej. Charakteryzują się teksturą przeważnie kierunkową, podkreśloną równoległym ułożeniem blaszek minerałów ilastych i łyszczyków, którym towarzyszą materia organiczna i drobnokrystaliczny syderyt. Skład mineralny mułowców jest podobny jak w piaskowcach. Masa podstawowa jest złożona z minerałów ilastych, pyłu kwarcowego oraz materii organicznej. Analizy rentgenowskie mułowców w rejonie Brześcia Kujawskiego wykazała występowanie głównie kaolinitu i w mniejszej ilości illitu oraz chlorytu (Krystkiewicz, 2008). Ziarna detrytyczne, głównie kwarcu oraz pojedyncze skaleni, są najczęściej nieobtoczone. Ponadto liczne są blaszki muskowitu i biotytu.

Iłowce

Iłowce są skałami pelitowymi lub pelitowo-aleurytowymi, złożonymi głównie z ilastej masy podstawowej. Zawierają one także podrzędnie pył kwarcowy, łyszczyki i materię organiczną. Analiza rentgenowska iłowca z profilu Wojszyce IG 3 wykazała występowanie następujących minerałów ilastych: illitu, kaolinitu, chlorytu i minerału mieszanopakietowego illit/smektyt (fig. 12).

W badanych utworach stwierdzono również obecność heterolitów złożonych z warstewek mułowca i iłowca oraz mułowca z bardzo drobnoziarnistym piaskowcem. Heterolity najczęściej występują w formacji ciechocińskiej i charakteryzują się warstwowaniem smużystym, soczewkowym, niekiedy przekątnym (Maliszewska, 1993).

Syderyty

Syderyty to skały barwy ciemnobrunatnej, które występują w postaci warstewek lub niewielkich konkrecji (Maliszewska i in., 2007). Reprezentują mikrytowe i mikrosparowe syderyty ilaste lub mułkowo-ilaste. Głównym składnikiem analizowanych skał jest syderoplesyt, miejscami pistomesyt, stanowiące około 58–89% obj. Minerały te zawierają: 65,0–89,9% mol. $FeCO_3$, 1,8–31,1% mol. $MgCO_3$, 1,0–7,7% mol. $CaCO_3$ i 1,7–2,1% mol. $MnCO_3$ (tab. 8). Występują one w postaci anhedralnie wykształconych kryształów o rozmiarach mikrytu lub mikrosparu, rzadziej sparu o zarysach romboedrycznych. Na figurze 9F są widoczne romboedry pistomesytu, które krystalizowały z roztworów wzbogaconych w magnez. Następnie, na skutek wzrostu ilości żelaza w roztworze, na kryształach tych tworzyły się warstwy o składzie

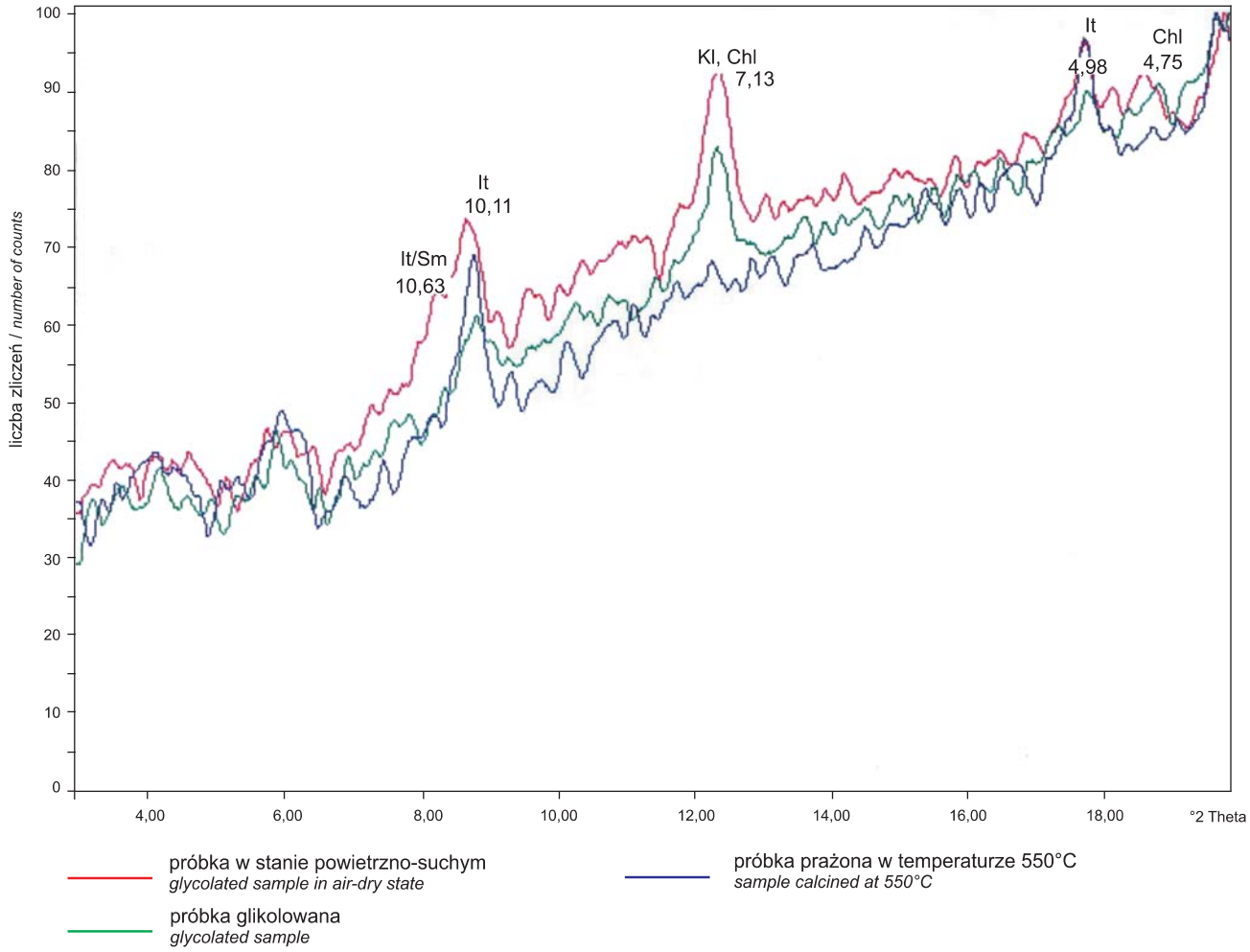


Fig. 12. Dyfraktogram rentgenowski orientowanych preparatów frakcji ilastej z próbki iłowca

Zidentyfikowano: chloryty (Chl), illit (It), illit/smektyt (It/Sm) i kaolinit (Kl); otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 1933,1 m

Diffraction pattern of welloriented clay fraction preparations of siltstone sample

Identified: chlorite (Chl), illite (It), illite/smectite (It/Sm) and kaolinite (Kl); Wojszyce IG 3 borehole, depth 1933.1 m

chemicznym syderoplesytu. W syderytach powszechnie występują minerały ilaste w ilości 10–37% obj. oraz 1–8% obj. ziaren mułku kwarcowego. Ponadto stwierdzono pojedyncze ziarna skaleni potasowych, blaszki muskowitu, drobne skupienia pirytu oraz materię organiczną.

Podsumowanie

1. Zbadane utwory jury dolnej w otworach wiertniczych Wojszyce IG 1a, IG 3 i IG 4 reprezentują głównie piaskowce, rzadziej mułowce, iłowce oraz heterolity. Ponadto w profilach Wojszyce IG 3 i IG 4 odnotowano występowanie skał syderytowych.

2. Piaskowce reprezentują arenity kwarcowe najczęściej drobnoziarniste, rzadziej średnioziarniste. Materiał detrytyczny jest przeważnie słabo obtoczony i dobrze wyselekcjonowany. Głównym składnikiem szkieletu ziarnowego jest kwarc, stanowiący około 80% obj. skały, natomiast skalenie potasowe, łyszczyki i litoklasty obserwowano w ilości poniżej 2% obj. skały.

3. W piaskowcach wyróżniono spoiwo typu porowego – cement oraz kontaktowe – matriks. Z cementów największe znaczenie ma kwarc tworzący obwódki syntaksjalne na ziarnach kwarcu. Z minerałów ilastych powszechnie występuje kaolinit, natomiast illit włóknisty i chloryty – tylko lokalnie. Cementy węglanowe są reprezentowane przez ankeryt oraz syderyt – minerał szeregu izomorficznego syderyt–magnezyt o składzie chemicznym syderoplesytu, rzadziej syderytu i pistomesytu.

4. Porowatość piaskowców najczęściej wynosi około 13% (maksymalnie dochodzi do 20,69%) przy przepuszczalności często w granicach 100 mD, miejscami osiągającej nawet 2000 mD. Przeciętne wartości parametrów petrofizycznych wynoszą: porowatość z porozymetru – 12,5%, udział procentowy porów o średnicy >1 μm – 76%, wielkość średnicy progowej – 20 μm i histereza – 40%. Analiza cech petrofizycz-

nych wskazuje na dobre i bardzo dobre właściwości kolektorskie piaskowców jury dolnej w rejonie Wojszyc.

5. W piaskowcach jury dolnej występuje znacząca porowatość pierwotna i o niewielkim znaczeniu wtórna. W obrębie porowatości wtórnej wyróżniono porowatość powstałą w wyniku rozpuszczania ziaren skaleni i cementu kwarcowego oraz mikroporowatość pomiędzy kryształami minerałów ilastych.

6. W piaskowcach jury dolnej wyróżniono efekty działania następujących procesów diagenetycznych: kompakcji, cementacji, rozpuszczania, zastępowania i przeobrażania. Z procesów tych kompakcja i cementacja miały najbardziej ujemny wpływ na rozwój przestrzeni porowej piaskowców. Kompakcja zredukowała porowatość o około 40%, a cementacja o około 40% w profilu Wojszyce IG 3 i około 30% w profilu Wojszyce IG 4. Wskazuje to na większy wpływ kompakcji na redukcję pierwotnej porowatości w piaskowcach, w porównaniu z cementacją, w profilu Wojszyce IG 4 i odwrotnie w profilu Wojszyce IG 3.

7. Cementacja zazwyczaj wpływa ujemnie na rozwój przestrzeni porowej skały. Cementami, które zredukowały porowatość piaskowców, były kwarc oraz węglany – ankeryt, syderyt i syderoplesyt. Wpływ minerałów ilastych wydaje się natomiast niejednoznaczny. Powszechnie występujący kaolinit, tworzący się w miejscu skaleni potasowych i muskowitu, prawdopodobnie nie przyczynił się do redukcji porowatości, natomiast zarastające miejscami przestrzeń porową chloryty mogły zmniejszyć porowatość. Wpływ na redukcję przepuszczalności miał tworzący się w końcowym etapie diagenezy illit włóknisty.

8. Pozytywną rolę w rozwoju przestrzeni porowej piaskowców odegrały wczesne cementy obwódkowe kwarcu, które usztywniły skałę i ograniczyły działanie kompakcji mechanicznej. Ponadto do zwiększenia porowatości skały przyczyniło się rozpuszczanie ziaren skaleni potasowych i cementu kwarcowego, którego efekty są widoczne w postaci wtórnej porowatości.

Anna FELDMAN-OLSZEWSKA

WYNIKI BADAŃ LITOLOGICZNYCH I STRATYGRAFICZNYCH UTWORÓW JURY ŚRODKOWEJ

Otwory Wojszyce IG 1a, IG 3 i IG 4 zostały odwiercone na obszarze o największej w jurze środkowej subsydencji, kompensowanej przez sedymentację (Dayczak-Calikowska, Moryc, 1988; Feldman-Olszewska, 1998b), w obrębie poduszki solnej usytuowanej w podłożu.

We wszystkich trzech otworach przewiercono cały profil jury środkowej. Uzyskano tu miąższości: Wojszyce IG 1a – 943,0 m (głęb. 675,0–?1618,0 m), Wojszyce IG 3 – 1104,0 m (głęb. 476,0–?1580,0 m), Wojszyce IG 4 – 933,5 m (głęb. 977,5–1911,0 m).

Szczegółową charakterystykę sedymentologiczną utworów jury środkowej w poszczególnych profilach otworów wiertniczych przedstawiono w następnych rozdziałach (Feldman-Olszewska, ten tom).

Granica pomiędzy utworami jury dolnej i środkowej została przerdzeniowana w otworach Wojszyce IG 3 oraz IG 4. Jak na całym obszarze Niżu Polskiego, jest ona wyznaczana na podstawie cech sedymentologicznych i faunistycznych, wskazujących na początkowy etap pierwszej transgresji środkowojurajskiej, wkraczającej na lądowe osady formacji borucickiej. Nie ma ona dokumentacji biostratygraficznej.

Aalen dolny. Utwory aalenu dolnego są wykształcone w postaci piaskowców drobno- i bardzo drobnoziarnistych, rzadko średnioziarnistych, jasnoszarych, w górnym odcinku niekiedy szarych i ciemnoszarych, węglistych. Miąższość utworów aalenu dolnego w poszczególnych otworach jest zbliżona i wynosi odpowiednio 104,0 m (IG 1a), 92,5 m (IG 3) i 96,0 m (IG 4).

Aalen górny. Nadległe utwory aalenu górnego są wykształcone w typowej dla obszaru Kujaw facji czarnych łupków ilastych. Ich grubość w poszczególnych otworach jest zróżnicowana i wynosi: 180,0 m (IG 1a), 228,5 m (IG 3) i 152,0 m (IG 4). Wartości te wskazują na usytuowanie w tym czasie lokalnego centrum subsydencji w rejonie otworu Wojszyce IG 3 oraz wyraźnym przepływie soli w kierunku osiowej (IG 1a) i dalej ku północno-wschodniej partii poduszki solnej (IG 4). W utworach tych nie znaleziono fauny o znaczeniu biostratygraficznym. Są one datowane na podstawie korelacji z profilem pobliskiego otworu Krośniewice IG 1, w którym stwierdzono liczne otwornice, dokumentujące wiek aaleński (Styk, 1973). Granica pomiędzy aalenem i bajosem na obszarze Kujaw (czyli w centralnej części basenu sedymentacyjnego) jest wyznaczana na podstawie wskaźników pośrednich. Jest ona stawiana na krzywej geofizycznej zawsze konsekwentnie tam, gdzie następuje zmiana charakteru krzywej, wskazująca na początek stopniowego spadku zailenia osadu. Należy więc przypuszczać, że to miejsce w profilu odpowiada maksimum transgresji. Na krzywej eustatycznych zmian poziomu morza (Haq i in., 1988), właśnie na przełom aalenu i bajosu przypada takie maksimum.

Bajos dolny. Sedymentacja czarnych łupków kontynuuje się jeszcze w najniższym bajosie dolnym. Wyżej stopniowo obserwuje się wzrost grubości ziarna ku górze. W otworach Wojszyce IG 1a oraz IG 4 w najwyższej części profilu bajosu dolnego występują utwory piaskowcowe. W otworze Wojszyce IG 3, położonym na południowo-zachodnim skłonie poduszki solnej, odcinek ten odpowiada natomiast mułowcom bardzo silnie zbioturbowanym. W tym ostatnim otworze wiertniczym wyznaczenie granicy pomiędzy bajosem dolnym i górnym było możliwe jedynie dzięki pełnemu rdzeniowaniu. Pozwoliło to na wytypowanie odcinka profilu, którego geneza była związana z najpłytszym środowiskiem. Ten odcinek profilu Wojszyce IG 3 skorelowano z piaskowcami wystę-

pującymi w przystropowej części profilu bajosu dolnego w otworach Wojszyce IG 1/1a i IG 4. Datowanie utworów aalenu i bajosu dolnego jest pośrednie, na podstawie korelacji z otworami z pobliskiego rejonu Krośniewic oraz antykliny Justynowa (Ryll, 1973; Dayczak-Calikowska, 1976). Na podstawie datowania za pomocą amonitów i mikrofauny w wymienionych miejscach, możliwe było określenie wieku opisanych utworów piaskowcowych jako najwyższy bajos dolny. Miąższości utworów bajosu dolnego w profilach są zbliżone i wynoszą: Wojszyce IG 1a – 90,5 m, Wojszyce IG 3 – 105,0 m i Wojszyce IG 4 – 93,0 m.

Bajos górny. Dolny i środkowy odcinek bajosu górnego jest ponownie wykształcony w postaci czarnych łupków ilastych. W rejonie Wojszyc, podobnie jak na całym obszarze Kujaw, ich grubość przekracza 200 m (IG 1a – 245,5 m, IG 3 – 284,0 m, IG 4 – 221,5 m). Opisany odcinek profilu koreluje się z utworamu iłowcowymi w otworze wiertniczym Krośniewice IG 1, w którym są one datowane na późny bajos na podstawie amonitów (Ryll, 1973) oraz mikrofauny otwornicowej i małżoraczków (Styk, 1973). Ku górze następuje stopniowy wzrost piaszczystości osadu. Górny odcinek bajosu górnego tworzą mułowce piaszczyste, heterolity i piaskowce drobnoziarniste. Górny odcinek profilu jest datowany w otworach Wojszyce IG 3 oraz IG 4 na podstawie cyst Dinoflagellata (patrz: Barski, ten tom), a w otworze Wojszyce IG 4 również na podstawie otwornic (patrz: Smoleń, ten tom). Łączna miąższość bajosu górnego wynosi w otworach wiertniczych: 366,5 m (IG 1a), 391,0 m (IG 3) i 320,5 m (IG 4). Wartości te wskazują na ponowne uruchomienie lokalnego centrum subsydencji w rejonie otworu Wojszyce IG 3.

Baton dolny. Profil batonu dolnego w początkowym odcinku we wszystkich analizowanych otworach jest zbliżony do profilu najwyższego bajosu. Utwory obu wymienionych odcinków profilu były wydzielane we wcześniejszych opracowaniach jako poziom *schloenbachi* kujawu środkowego (np. Dayczak-Calikowska i in., 1997). Konieczność dostosowania polskiego podziału stratygraficznego do podziału europejskiego, spowodowała włączenie przez Kopika (1998) tego poziomu do poziomu *parkinsoni*. Badania Barskiego (2001, 2007, 2008, ten tom) na podstawie analizy cyst Dinoflagellata wykazują, że najwyższy odcinek wydzielanego dawniej poziomu *schloenbachi*, reprezentuje baton dolny.

W nieco wyższej części profilu w batonie dolnym ponownie dominują czarne łupki ilaste. Łączna miąższość całego batonu dolnego wynosi w profilu Wojszyce IG 1a – 97,0 m, Wojszyce IG 3 – 117,0 m, Wojszyce IG 4 – 103,5 m. Takie zróżnicowanie wartości miąższości wskazuje, że w dalszym ciągu następowało przemieszczanie się mas solnych w obrębie poduszki solnej w podłożu.

Utwory batonu w profilach Wojszyce IG 3 i IG 4 są dobrze datowane na podstawie cyst Dinoflagellata (patrz: Barski, ten tom), natomiast wiek iłowcowych utworów batonu dolnego dobrze określają również charakterystyczne otwornice (patrz: Smoleń, ten tom).

Baton środkowy w profilach Wojszyce IG 1a i IG 3 w większości jest wykształcony jako utwory piaskowcowe i heterolity, podrzędnie również jako zlepieńce. W profilu Wojszyce IG 4 w dolnym odcinku obserwuje się natomiast dominację mułowców piaszczystych i heterolitów nad piaskowcami, a w części wyższej zanotowano również kompleksy skał wapiennych. Miąższość utworów batonu środkowego jest wyraźnie zróżnicowana. W profilu Wojszyce IG 1a, zlokalizowanym w osiowej partii poduszki solnej, osiąga jedynie 89,5 m. Pozostałe profile charakteryzuje większa miąższość: Wojszyce IG 3 – 133,5 m, a Wojszyce IG 4 – 145,5 m. Takie zróżnicowanie miąższości wskazuje na znaczny ruch wznoszący w tym czasie szczytowych partii poduszki solnej usytuowanej w podłożu.

Baton górny reprezentują piaskowce wapniste. Zostały one udokumentowane materiałem rdzeniowym jedynie w profilu Wojszyce IG 4. Miąższość tych utworów we wszystkich omawianychprofilach jest niewielka i wynosi 8,5 m (IG 1a), 22,5 m (IG 3) i 13,5 m (IG 4).

Kelowej. Profil jury środkowej kończą utwory keloweju, wykształcone jako piaskowce wapnisto-dolomityczne lub wapienie piaszczyste, niekiedy z wkładkami piaskowców z ooidami limonitowymi. W stropie występuje 20 cm miąższości „warstwa bulasta", którą stwierdzono w rdzeniu z profilu Wojszyce IG 4. Jest to poziom kondensacji stratygraficznej stwierdzony na rozległym obszarze centralnej, południowej i wschodniej części Niżu Polskiego (Wagner, red., 2008). Utwory keloweju wykazują niewielką miąższość w porównaniu do pozostałej części profilu. Wynosi ona: Wojszyce IG 1a – 7,0 m, Wojszyce IG 3 – 14,0 m i Wojszyce IG 4 – 8,5 m.

Stwierdzone zróżnicowanie miąższości utworów batonu i keloweju pomiędzy profilem Wojszyce IG 3, a pozostałymi profilami sugeruje, że w przeciwieństwie do poduszki Brześcia Kujawskiego (Feldman-Olszewska, 2008), aktywność tektoniczna poduszki solnej Wojszyc w tym czasie nie ustała całkowicie.

Jolanta SMOLEŃ

WYNIKI BADAŃ MIKROPALEONTOLOGICZNYCH UTWORÓW JURY ŚRODKOWEJ

Wyniki badań mikropaleontologicznych utworów jury środkowej w rejonie Wojszyc dotyczą analizy mikropaleontologicznej przeprowadzonej w profilach trzech otworów wiertniczych: Wojszyce IG 1a, IG 3 oraz IG 4. W otworze Wojszyce IG 1 utwory jury środkowej nie zostały przewiercone. Uzyskane z profili dane mikropaleontologiczne dotyczące głównie fauny otwornicowej są niezwykle ubogie. Zespoły otwornic występujące w badanych próbkach są niezbyt liczne zarówno

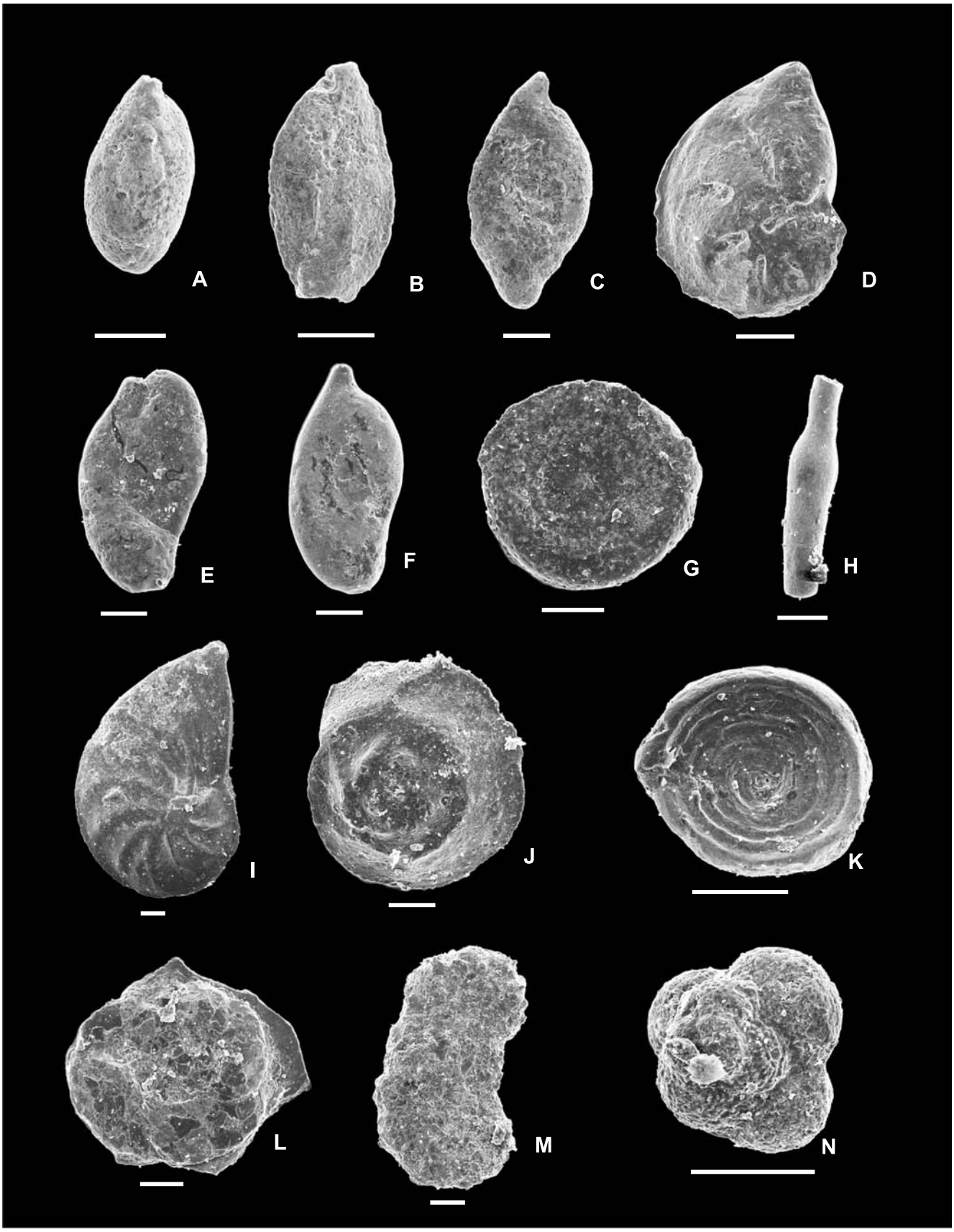

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N

Fig. 13. A. *Palaeomiliolina rawiensis* (Pazdro); otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1152,8 m; baton dolny. **B.** *Palaeomiliolina czestochowiensis* (Pazdro); otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1152,8 m; baton dolny. **C.** *Ophthalmidium carinatum agglutinans* Pazdro; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1152,8 m; baton dolny. **D.** *Astacolus volubilis* Dain; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1151,1 m; baton dolny. **E.** *Ophthalmidium carinatum terquemi* Pazdro; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 719,9 m; baton dolny. **F.** *Ophthalmidium carinatum terquemi* Pazdro; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 717,7 m; baton dolny. **G.** *Spirillina radiata* Terquem; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 719,9 m, baton dolny. **H.** *Vinelloidea infraoolithica* (Terquem); otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 711,4 m; baton dolny. **I.** *Lenticulina sp.* cf. *L. helios* (Terquem); otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 719,75 m; baton dolny. **J.** *Epistomina* cf. *coronata* Terquem; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 711,4 m; baton dolny. **K.** *Ammodiscus orbis* Lalicker; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 711,4 m; baton dolny. **L.** *Ammovertella plicata* (Terquem); otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 711,4 m; baton dolny. **M.** *Ammobaculites fontinensis* (Terquem); otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1220,0 m; baton dolny. **N.** *Globuligerina bathoniana* (Pazdro); otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 711,4 m; baton dolny. Skala liniowa – 100 µm

A. *Palaeomiliolina rawiensis* (Pazdro); Wojszyce IG 4 borehole, depth 1152.8 m; Lower Bathonian. **B.** *Palaeomiliolina czestochowiensis* (Pazdro); Wojszyce IG 4 borehole, depth 1152.8 m; Lower Bathonian. **C.** *Ophthalmidium carinatum agglutinans* Pazdro; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1152.8 m; Lower Bathonian. **D.** *Astacolus volubilis* Dain; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1151.1 m; Lower Bathonian. **E.** *Ophthalmidium carinatum terquemi* Pazdro; Wojszyce IG 3 borehole, depth 719.9 m; Lower Bathonian. **F.** *Ophthalmidium carinatum terquemi* Pazdro; Wojszyce IG 3 borehole, depth 717.7 m; Lower Bathonian. **G.** *Spirillina radiata* Terquem; Wojszyce IG 3 borehole, depth 719.9 m; Lower Bathonian. **H.** *Vinelloidea infraoolithica* (Terquem); Wojszyce IG borehole, depth 711.4 m; Lower Bathonian. **I.** *Lenticulina sp.* cf. *L. helios* (Terquem); Wojszyce IG 3 borehole, depth 719.75 m; Lower Bathonian. **J.** *Epistomina* cf. *coronata* Terquem; Wojszyce IG 3 borehole, depth 711.4 m; Lower Bathonian. **K.** *Ammodiscus orbis* Lalicker; Wojszyce IG 3 borehole, depth 711.4 m; Lower Bathonian. **L.** *Ammovertella plicata* (Terquem); Wojszyce IG 3 borehole, depth 711.4 m; Lower Bathonian. **M.** *Ammobaculites fontinensis* (Terquem); Wojszyce IG 4 borehole, depth 1220.0 m; Lower Bathonian. **N.** *Globuligerina bathoniana* (Pazdro); otwór wiert. Wojszyce IG 3 borehole, depth 711.4 m; Lower Bathonian. Line scale 100 µm

pod względem liczby gatunków, jak i osobników. Stan zachowania skorupek często uniemożliwia dokładną identyfikację taksonomiczną, a dodatkową przeszkodą w przeprowadzeniu precyzyjnej analizy mikropaleontologicznej jest niedostateczna liczba próbek dostarczonych do badań oraz duża część próbek pobranych z odcinków profili nie w pełni rdzeniowanych. W wielu przypadkach brak mikrofauny nie pozwala na określenie wieku próbek. Dokumentacja mikropaleontologiczna wyżej wymienionych profili wzajemnie się uzupełnia, co pozwala na uściślenie wieku niektórych sekwencji utworów jury środkowej. Dotyczy to jedynie utworów młodszego bajosu oraz batonu dolnego. Utwory aalenu oraz starszego bajosu nie zawierają mikrofauny. W niektórych próbkach pochodzących z wymienionych utworów występują jedynie zwęglone szczątki roślinne.

Utwory młodszego bajosu (bajos górny) udokumentowano na podstawie mikrofauny w otworze wiertniczym Wojszyce IG 4. W próbkach pobranych z głębokości 1423,1 i 1422,0 m odnotowano występowanie nielicznych okazów otwornic zlepieńcowatych należących do gatunku: *Recurvoides trochamminoides* Höglund oraz pojedyncze otwornice wapienne z rodzajów *Lenticulina* i *Eoguttulina*. Wiek utworów z wymienionych głębokości determinuje obecność gatunku *Lenticulina* (*Astacolus*) cf. *kujaviana* Kopik, który w utworach jury środkowej w Europie pojawia się na przełomie poziomów *Garantiana garantiana* i *Parkinsona acris* (Kopik, 1998). W utworach bajosu górnego rejonu Wojszyc występują także nieliczne fragmenty pancerzyków małżoraczków, pokruszone elementy zwęglonej flory oraz szczątki makrofauny, głównie ślimaków i małży.

W badanych otworach wiertniczych, podobnie jak w całej strefie Ciechocinek–Brześć Kujawski–Wojszyce wału środpolskiego, najlepiej udokumentowane mikropaleontologicznie są utwory batonu dolnego. Dolnobatońskie zespoły otwornicowe stwierdzono we wszystkich trzech analizowanych otworach wiertniczych. W otworze wiertniczym Wojszyce IG 1a obecność mikrofauny stwierdzono w próbce pochodzącej z głęb. 816,1 m. Występuje tu kilka gatunków otwornic charakteryzujących utwory graniczne bajosu i batonu na Niżu Polskim, jak również powszechne w całym batonie (Bielecka, Styk, 1969, 1981; Bielecka i in., 1980). Są to następujące taksony: *Haplophragmoides complanatus* Mjatliuk, *Geinitzinita franconica* (Gümbel), *Pseudonodosaria vulgata* (Bornemann), *Lenticulina mamillaris* (Terquem), *Epistomina nuda* Terquem, *E. regularis* Terquem, *E.* cf. *mosquensis* Uhlig. Na dolnobatoński wiek wskazują także małżoraczki z gatunków *Oligocythereis fullonica* (Jones et Sherborn) i *Pararistcus octoporalis* Błaszyk (Błaszyk, 1967). Liczniejsze pod względem ilościowym i gatunkowym zespoły mikrofauny w utworach batonu dolnego stwierdzono w profilu Wojszyce IG 3 na głęb.: 750,5 i 719,6 do 711,4 m, a także w profilu Wojszyce IG 4 na głęb.: 1220,0 i 1152,8 do 1149,3 m. Występują tu gatunki otwornic charakterystyczne dla utworów dolnego batonu, takie jak: *Ophthalmidium carinatum terquemi* Pazdro (fig. 13E, F), *Astacolus volubilis* Dain (fig. 13D), *Epistomina costifera* Terquem, *Palaeomiliolina rawiensis* (Pazdro) (fig. 13A) czy *Lenticulina* (*Astacolus*) cf. *kujaviana* Kopik. Wymienione gatunki sporadycznie mogą jeszcze występować w młodszym batonie, ale zazwyczaj ich zasięg występowania kończy się z końcem batonu dolnego (Bielecka, Styk, 1969; Kopik, 1969). Pozostałe gatunki otwornic, których występowanie odnotowano w utworach batonu dolnego w profilach Wojszyce IG 1a, IG 3 i IG 4, to: *Palaeomiliolina czestochowiensis* (Pazdro) (fig. 13B), *Ophthalmidium carinatum agglutinans* Pazdro (fig. 13C), *Lenticulina varians* (Bornemann), *L. variabilis* (Czernousova), *Reinholdella media* (Kaptarenko), *Epistomina nuda* Terquem, *E.* cf. *coronata* Terquem (fig. 13J), *Astacolus* cf. *reticulatus* Dain, *Spirillina radiata* Terquem (fig. 19G), *Jaculella liassica* Brand, *Eoguttulina* cf. *oolithica* (Terquem), *Ammovertella plicata* (Terquem) (fig. 13L), *Ammobaculites fontinensis* (Terquem) (fig. 13M), *Ammodiscus orbis* Lalicker (fig. 13K), *Vinelloidea infraoolithica* (Terquem) (fig. 13H), *Lenticulina* sp. cf. *L. helios* (Terquem) (fig. 13I), *Lenticulina* sp., *Verneuilinoides* sp. i plank-

toniczna forma *Globuligerina bathoniana* (Pazdro) (fig. 13N).

Oprócz otwornic, w utworach batonu dolnego występują fragmenty pancerzyków małżoraczków oraz urozmaicony zespół makroszczątków, na który składają się pokruszone fragmenty skorupek małży ślimaków oraz szkarłupni.

Utwory młodszego batonu i keloweju zostały przerdzeniowane tylko w nieznacznym procencie. Z profilu Wojszyce IG 4 pochodzi kilka próbek pobranych z rdzenia, które jednak nie zawierają mikrofauny. W próbkach z głębokości od 1130,9 do 979,8 m zaobserwowano obecność fragmentów makrofauny, takich jak: zniszczone skorupki ślimaków i małży oraz kolce jeżowców, trochity liliowców i holoturie. Szkielety makrofauny noszą ślady pirytyzacji. Pozycja stratygraficzna utworów młodszego batonu i keloweju została ustalona na podstawie przesłanek litologicznych.

Marcin BARSKI

WYNIKI BADAŃ STRATYGRAFICZNYCH W OTWORACH WIERTNICZYCH WOJSZYCE IG 3 I IG 4 NA PODSTAWIE ORGANICZNYCH CYST DINOFLAGELLATA

Wstęp

Jura środkowa w profilu Wojszyce IG 3 obejmuje przedział 476,0–?1580,0 m (Feldman-Olszewska, ten tom). Do analizy biostratygraficznej na podstawie cyst Dinoflagellata pobrano próbki rdzenia wiertniczego z głęb. od 485,5 do 759,6 m.

W profilu Wojszyce IG 4 jura środkowa została stwierdzona w przedziale od 977,5 do ?1911,0 m (Feldman-Olszewska, ten tom), a do analizy biostratygraficznej pobrano próbki z głęb. od 990,1 do 1357,6 m.

Dotychczasowe dane stratygraficzne z badanych interwałów w obydwu profilach opierały się głównie na korelacjach litologicznych z sąsiednimi profilami o dobrze rozpoznanej chronostartygrafii na podstawie makro- i mikrofauny. Należą do nich profil Borucice (Kopik, 1956), profil Łęczyca (Znosko, 1957, 1958) oraz profile Mazepa i Sierpowa (Pazdrowa, 1959).

W celu opracowania biostratygrafii z profilu Wojszyce IG 3 wykonano 20 preparatów palinologicznych, z czego otrzymano 15 pozytywnych, z których oznaczono 76 taksonów cyst Dinoflagellata. Z profilu Wojszyce IG 4 pobrano 28 próbek, z czego otrzymano 21 pozytywnych preparatów, z których oznaczono 76 taksonów.

Na podstawie zespołów cyst Dinoflagellata, badany odcinek profilu Wojszyce IG 3 należy do przedziału stratygraficznego od górnej części bajosu (poziom *parkinsoni*) do keloweju dolnego (poziomy *herveyi*) (fig. 14), a Wojszyce IG 4 do przedziału od górnej części bajosu (poziom *parkinsoni*) do batonu górnego (poziom *orbis*) (fig. 15).

Biostratygrafia

Analiza biostratygraficzna profili otworów Wojszyce IG 3 i Wojszyce IG 4 została przeprowadzona na podstawie wydzielonych przy użyciu cyst Dinoflagellata lokalnych poziomów dinocystowych (LPD). Lokalne poziomy dinocystowe (LPD) zostały następnie skorelowane w sposób pośredni z podziałem chronostratygraficznym przy pomocy standardowych poziomów dinocystowych (DSJ) (fig. 16), zaproponowanych dla obszaru Polski przez Poulsena (1998), a dla północnej Europy przez Poulsena i Ridinga (2003).

Te granice lokalnych poziomów korelacyjnych, których nie udało się za pośrednictwem standardowych poziomów dinocystowych (DSJ) skorelować z podziałem chronostratygraficznym, zawierają się w przedziałach nieoznaczoności, zaznaczonych szarymi polami na figurze 16.

Wprowadzone lokalne poziomy dinocystowe (LPD) są rezultatem połączenia ze sobą dwóch metod wydzielania jednostek biostratygraficznych: opartych na pierwszym pojawieniu (*first appearance datum* – FAD) i ostatnim wystąpieniu (*last appearance datum* – LAD) taksonów wskaźnikowych cyst Dinoflagellata oraz na wyznaczonych przy pomocy programu BioGraph (Geux, 1991) grupach wspólnotowych (*unitary association*).

Zastosowanie tych dwóch metod pozwoliło z jednej strony, przy pomocy wydzielonych grup wspólnotowych, na zwiększenie rozdzielczości końcowego podziału, a z drugiej na uniwersalność praktycznego rozpoznawania granic poziomów LPD w analizowanym profilu. Trzeba jednak mieć świadomość, że LPD mają charakter nieformalny oraz lokalny, szczególnie te z nich, których granice są wyznaczone wyłącznie na podstawie granic pomiędzy grupami wspólnotowymi (fig. 16). Zespoły cyst Dinoflagellata (fig. 17–19), które posłużyły do ich wyznaczenia, pochodzą bowiem z pięciu opracowanych rdzeni wiertniczych: Brześć Kujawski IG 2, Ciechocinek IG 2, Ciechocinek IG 3, Wojszyce IG 3 oraz Wojszyce IG 4, zlokalizowanych na obszarze około 100 kilometrów.

Charakterystyka lokalnych poziomów dinocystowych (LPD) w profilu Wojszyce IG 3

W profilu Wojszyce IG 3 udało się rozpoznać lokalne poziomy dinocystowe od LPD 1 do LPD 11, zawierające się w przedziale stratygraficznym od górnej części bajosu (poziom *parkinsoni*) do dolnego keloweju (poziom *herveyi*). Granice wyznaczonych LPD opierają się na pierwszych pojawieniach lub ostatnich wystąpieniach taksonów charakteryzujących dany poziom (fig. 17).

Brak w badanych próbkach taksonów wyznaczających niektóre poziomy LPD nie pozwolił w profilu Wojszyce IG 3 na rozdzielenie od siebie poziomów LPD 2, 3 obejmujących najwyższy bajos (poziom *bomfordi*) do najniższego batonu

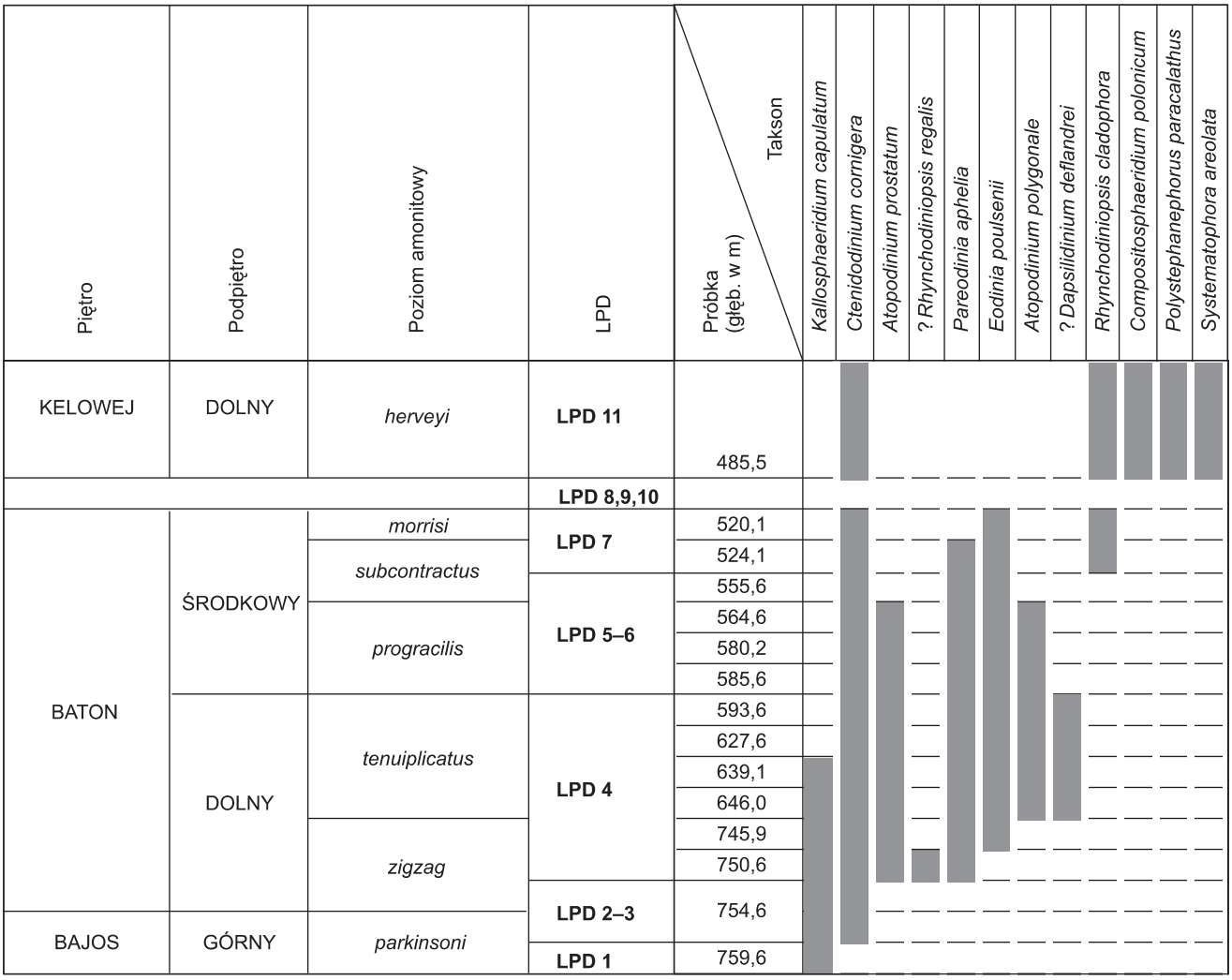


Fig. 14. Zasięgi cyst Dinoflagellata w profilu Wojszyce IG 3

The Dinoflagellate cyst occurence in the Wojszyce IG 3 borehole

(podpoziom *convergens*/*macrescens* poziomu zigzag) oraz poziomów LPD 5 i 6 obejmujących poziomy *progracilis–subcontractus* batonu środkowego; dlatego poziomy te występują w postaci zintegrowanej. Wszystkie próbki pochodzące z tych przedziałów mogą należeć do każdego z poziomów zawartych w obrębie poziomu zintegrowanego. Z powodu braku odcinka rdzeniowanego, w górnej części profilu nie udało się także rozpoznać poziomów LPD 8, 9 i 10.

Poziom LPD 1. W profilu Wojszyce IG 3 zaznacza się występowaniem w jego obrębie gatunku *Kallosphaeridium capulatum* Stover, którego pierwsze pojawienie się charakteryzuje dolną granicę poziomu, a ostatnie wystąpienie – jego górną granicę. Stwierdzono go w próbce z głęb. 759,6 m.

Poziom LPD 2–3 (zintegrowany). Dolna granica poziomu jest wyznaczona w profilu Wojszyce IG 3 pierwszym pojawieniem się gatunku *Ctenidodinium cornigera* (Valensi) w próbce z głęb. 754,6 m; górna granica poziomu, będąca dolną granicą poziomu LPD 4, jest wyznaczona poprzez pierwsze pojawienie się gatunków *Atopodinium prostatum* Drugg i ?*Rhynchodiniopsis regalis* (Gocht) w próbce z głęb. 750,6 m.

Poziom LPD 4. Dolną granicę tego poziomu wyznacza pierwsze pojawienie się gatunków *Atopodinium prostatum* i ?*Rhynchodiniopsis regalis* w próbce z głęb. 750,6 m, a górna jest ograniczona ostatnim pojawieniem się gatunku *Dapsilidinium deflandrei* (Valensi) w próbce z głęb. 593,6 m.

Poziom LPD 5–6 (zintegrowany). Dolna granica poziomu odpowiada górnej granicy poziomu LPD 4 i jest ograniczona ostatnim pojawieniem się gatunku *Dapsilidinium deflandrei* w próbce z głęb. 593,6 m. Górna granica odpowiada dolnej granicy poziomu LPD 7 rozpoznanej na podstawie pierwszego pojawienia gatunku *Rhynchodiniopsis cladophora* (Deflandre) Below w próbce z głęb. 524,1 m.

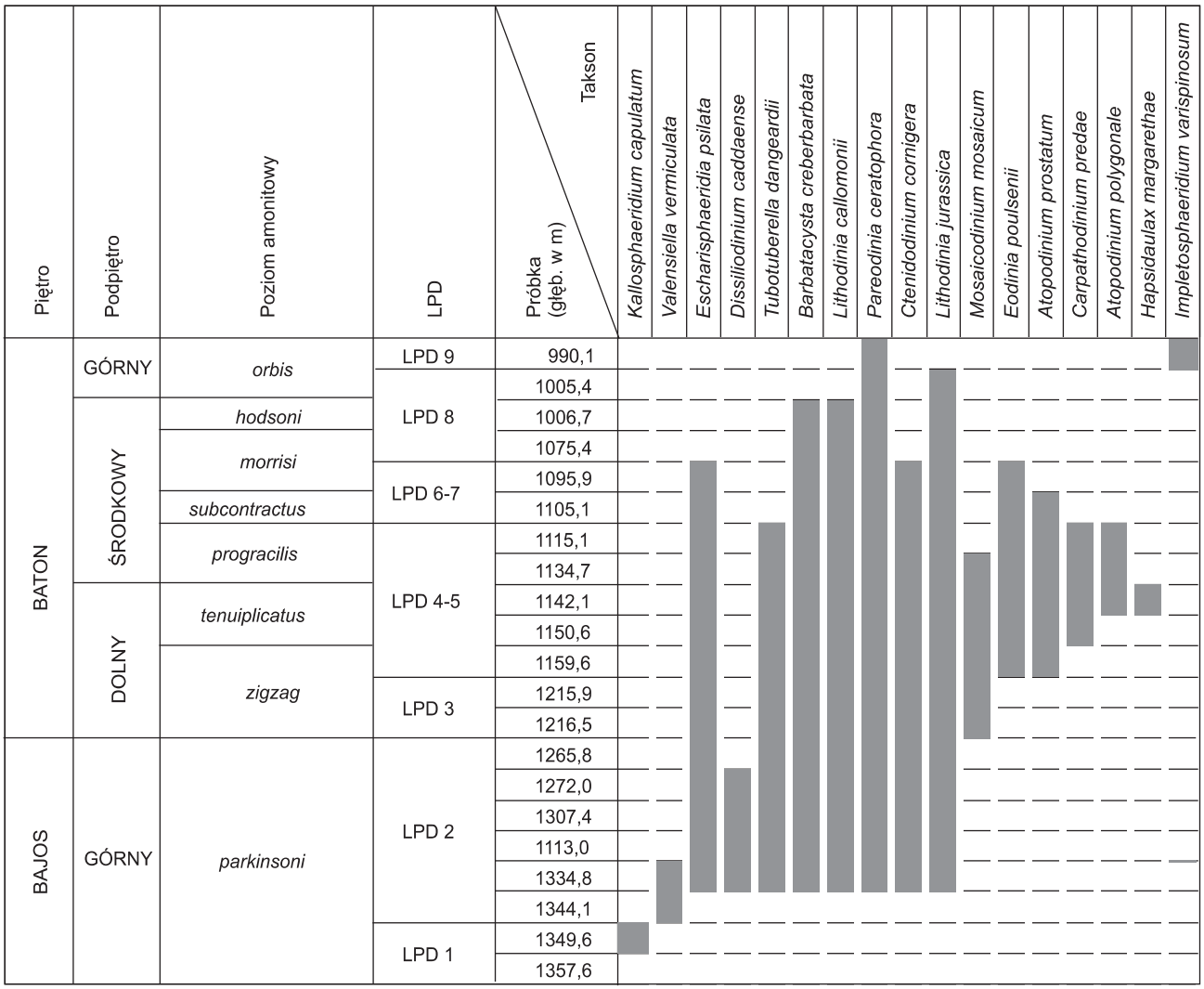


Fig. 15. Zasięgi cyst Dinoflagellata w profilu Wojszyce IG 4

The Dinoflagellate cyst occurence in the Wojszyce IG 4 borehole

Poziom LPD 7. Dolna granica poziomu została rozpoznana poprzez pierwsze pojawienie się gatunku *Rhynchodiniopsis cladophora* w próbce z głęb. 524,1 m. Górna granica poziomu LPD 7 jest ograniczona ostatnim wystąpieniem gatunku *Eodinia poulsenii* Barski w próbce z głęb. 520,1 m.

Poziom LPD 8–10. Niezidentyfikowane w profilu Wojszyce IG 3.

Poziom LPD 11. Dolna granica poziomu została zidentyfikowana pierwszym pojawieniem się gatunków *Polystephanephorus paracalathus* (Sarjeant) i *Systematophora areolata* (Klement) w próbce z głęb. 485,5 m, będących wyznacznikami lokalnego poziomu dinocystowego LPD 11 (fig. 17). Dodatkowo w tej samej próbce po raz pierwszy pojawia się gatunek *Compositosphaeridium polonicum* (Górka), którego pierwsze pojawienie się (*first appearance datum – FAD*) według podziałów Ridinga i Thomasa (1992) oraz Poulsena i Ridinga (2003) jest korelowane z poziomem *herveyi* dolnego keloweju.

Charakterystyka lokalnych poziomów dinocystowych (LPD) w profilu Wojszyce IG 4

W profilu Wojszyce IG 4 rozpoznano lokalne poziomy dinocystowe od LPD 1 do LPD 9, zawierające się w przedziale stratygraficznym od górnej części bajosu (poziom *parkinsoni*) do batonu górnego (poziom *orbis*). Granice wyznaczonych LPD, podobnie jak w przypadku profilu Wojszyce IG 3, opierają się na pierwszych pojawieniach się lub ostatnich wystąpieniach taksonów charakteryzujących dany poziom (fig. 17).

Brak w badanych próbkach taksonów wskaźnikowych nie pozwolił w profilu Wojszyce IG 4 na rozdzielenie poziomów LPD 4 i 5 obejmujących przedział od dolnego (podpoziom *convergens/macrescens* poziomu *zigzag*) do środkowego batonu (poziom *progracilis*) oraz poziomów LPD 6 i 7 obejmujących poziomy *progracilis–morrisi* środkowego batonu; dlatego poziomy te występują w postaci zintegrowanej. Wszystkie próbki pochodzące z tych przedziałów mogą należeć do każdego z poziomów zawartych w obrębie poziomu zintegrowanego.

Poziom LPD 1. Górna granica poziomu w profilu Wojszyce IG 4 jest zdefiniowana poprzez dolną granicę poziomu LPD 2, charakteryzującego się pojawianiem w próbce z głęb. 1344,1 m gatunku wskaźnikowego *Valensiella vermiculata* Gocht, a w próbce z głęb. 1334,8 m również innych gatunków wskaźnikowych: *Escharisphaeridia psilata* Kumar, *Dissiliodinium caddaense* (Filatoff), *Tubotuberella dangeardii* (Sarjeant), *Barbatacysta creberbarbata* (Erkmen et Sarjeant), *Lithodinia callomonii* (Serjeant), *L. jurassica* Eisenack, *Pareodinia ceratophora* Deflandre, *Ctenidodinium cornigera* (Valensi). Dodatkowym potwierdzeniem występowania poziomu LPD 1 w przedziale 1349,6–1357,6 m jest obecność w próbce z głęb. 1349, 6 m gatunku wskaźnikowego *Kallosphaeridium capulatum* Stover, którego pierwsze pojawienie się charakteryzuje dolną granicę tego poziomu, a ostatnie wystąpienie jego górną granicę.

Poziom LPD 2. Dolna granica tego poziomu w profilu Wojszyce IG 4 jest wyznaczona pierwszym pojawianiem się w próbce z głęb. 1344,1 m gatunku wskaźnikowego *Valensiella vermiculata* Gocht, a na głęb. 1334,8 m następujących gatunków wskaźnikowych: *Escharisphaeridia psilata* Kumar, *Dissiliodinium caddaense* (Filatoff), *Tubotuberella dangeardii* (Sarjeant), *Barbatacysta creberbarbata* (Erkmen et Sarjeant), *Lithodinia callomonii* (Sarjeant), *Pareodinia ceratophora* Deflandre, *Ctenidodinium cornigera* (Valensi), *Lithodinia jurassica* Eisenack. Górna granica poziomu odpowiada dolnej granicy poziomu LPD 3, wyznaczonego pierwszym pojawieniem się gatunku *Mosaicodinium mosaicum* Dodekova w próbce z głęb. 1216,5 m.

Poziom LPD 3. Dolna granica poziomu jest wyznaczona pierwszym pojawieniem się gatunku *Mosaicodinium mosaicum* Dodekova w próbce z głęb. 1216,5 m, natomiast górna granica poziomu, będąca dolną granicą poziomu LPD 4, jest wyznaczona poprzez pierwsze pojawienie się gatunku *Atopodinium prostatum* Drugg w próbce z głęb. 1159,6 m.

Poziom LPD 4–5 (zintegrowany). Dolną granicę zintegrowanego poziomu LPD 4–5 wyznacza pierwsze pojawieniem się gatunku *Atopodinium prostatum* Drugg w próbce z głęb. 1159,6 m, definiującego dolną granicę poziomu LPD 4. Górna granica opiera się na ostatnim wystąpieniu, w próbce z głęb. 1115,1 m, gatunku wskaźnikowego *Carpathodinium predae* (Beju), który wyznacza górną granicę poziomu LPD 5.

Poziom LPD 6–7 (zintegrowany). Dolnej granicy tego poziomu odpowiada górna granica zintegrowanego poziomu LPD 4–5 wydzielona na podstawie ostatniego wystąpienia gatunku wskaźnikowego *Carpathodinium predae* (Beju) w próbce z głęb. 1115,1 m. Górną granicę wyznacza ostatnie wystąpienie, w próbce z głęb. 1095,9 m, gatunku wskaźnikowego *Eodinia poulsenii* Barski, który stanowi jednocześnie górną granicę poziomu LPD 7.

Poziom LPD 8. Dolna granica poziomu jest określona górną granicą zintegrowanego poziomu LPD 6–7, wyznaczonego ostatnim wystąpieniem gatunku wskaźnikowego *Eodinia poulsenii* Barski. Górna granica poziom LPD 8 w profilu Wojszyce IG 4 jest zdefiniowana przez dolną granicę poziomu LPD 9, charakteryzującego się pojawianiem się w próbce z głęb. 990,1 m gatunku wskaźnikowego *Impletosphaeridium varispinosum* (Saurjeant).

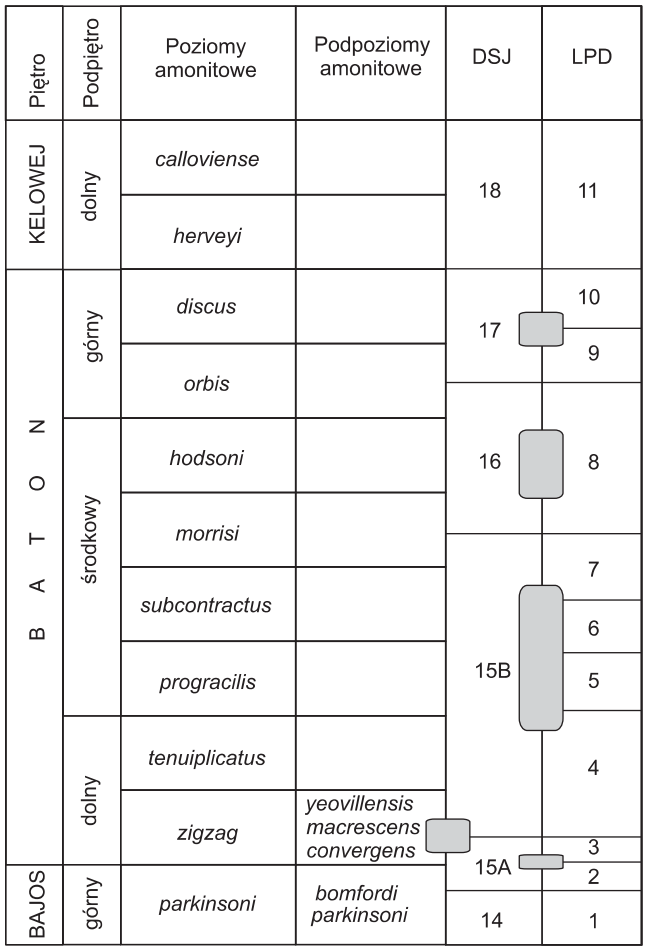


Fig. 16. Szczegółowa korelacja lokalnych poziomów dinocystowych LPD z podziałem chronostratygraficznym

Detailed correlation of local dinoflagellate cyst zonation LPD with chronostratigraphic chart

Poziom LPD 9. Dolną granicę poziomu w profilu wyznacza pierwsze pojawianie się w profilu, w próbce z głęb. 990,1 m, gatunku wskaźnikowego *Impletosphaeridium varispinosum* (Serjeant).

Charakterystyka regionalna zespołu cyst Dinoflagellata

Na temat regionalnej charakterystyki środkowojurajskich zespołów cyst Dinoflagelata na terenie Kujaw, w kontekście porównania z obszarem obrzeżenia Gór Świętokrzyskich (Barski, 1999), Anglii (Woollam, Riding, 1983), Niemiec (Prauss, 1989), północnej Bułgarii (Dodekova, 1990, 1992) oraz z okolic Częstochowy (Poulsen, 1998), autor rozdziału pisał obszernie już wcześniej (Barski, 2007, 2008).



Fig. 17. Taksony biorące udział w definiowaniu lokalnych poziomów dinocystowych (LPD) oraz ich korelacja ze standardowymi poziomami dinocystowymi DSJ

Key taxa of (LPD) Dinoflagellate cyst biozones related to the standard ammonite-based zones

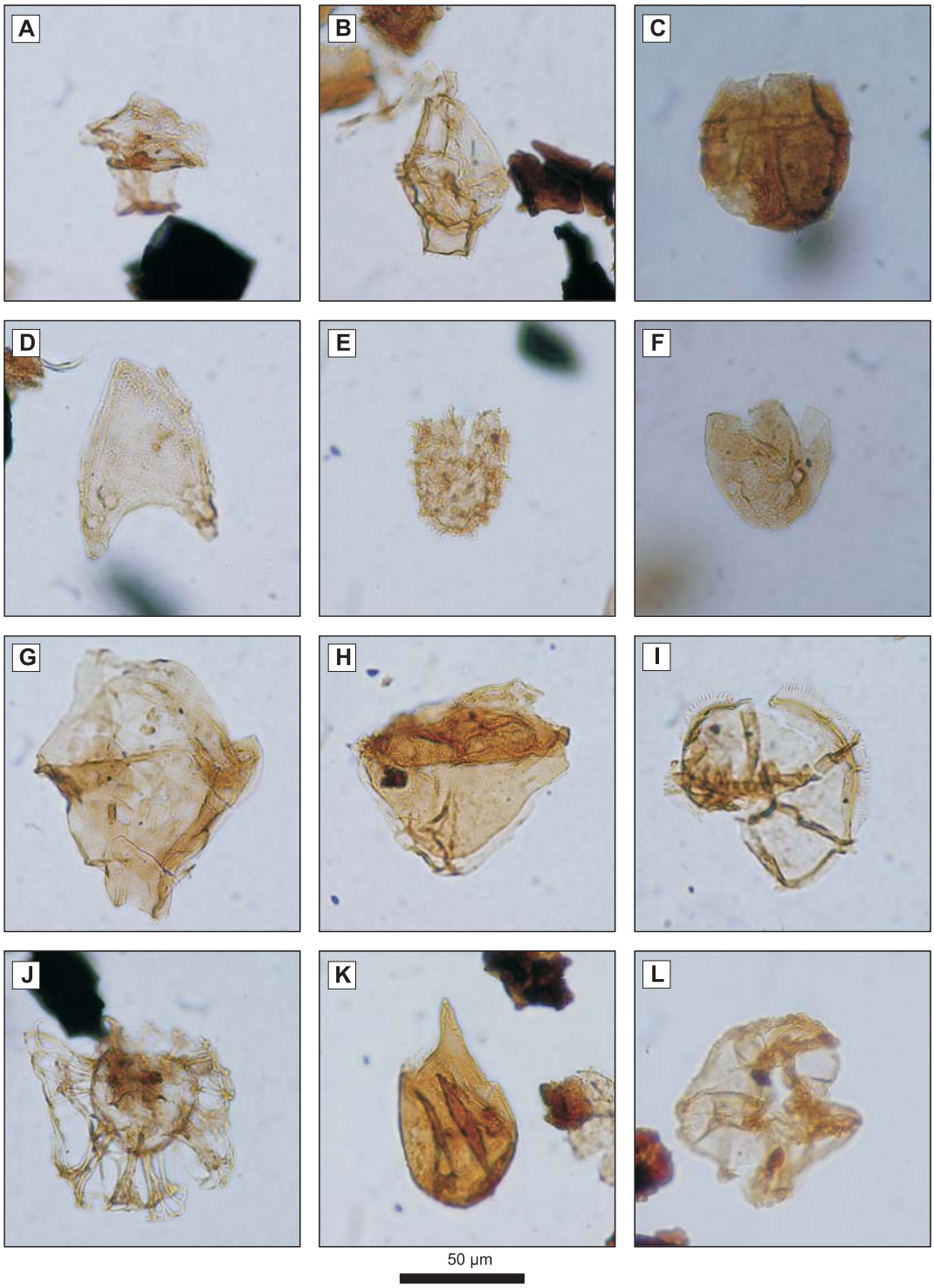


Fig. 18. Wybrane taksony cyst Dinoflagellata obecne w próbkach z otworu wiertniczego Wojszyce IG 3

A – *Atopodinium polygonale* (Beju, 1983); głęb. 564,6 m; **B** – *Tubotuberella apatela* (Cookson et Eisenack, 1960); głęb. 564,6 m; **C** – *Meiourogonyaulax caytonensis* (Sarjeant, 1959); głęb. 639,1 m; **D** – *Nannoceratopsis gracilis* Alberti, 1961; głęb. 750,6 m; **E** – *Epiplosphaera gochtii* (Fensome, 1979); głęb. 524,1 m; **F** – *Kallosphaeridium praussii* Lentin et Williams, 1993; głęb. 524,1 m; **G** – *Endoscrinium asymmetricum* Riding, 1987; głęb. 646,0 m; **H** – *Eodinia poulsenii* Barski, 2002; głęb. 627,6 m; **I** – *Ctenidodinium continuum* Gocht, 1970; głęb. 580,2 m; **J** – *Rigaudella filamentosa* (Cookson et Eisenack, 1958); głęb. 593,6 m; **K** – *Pareodinia ceratophora* Deflandre, 1947; głęb. 564,6 m; **L** – *Atopodinium prostatum* Drugg, 1978; głęb. 646,0 m

Selected taxons of the Dinoflagellata cysts from the Wojszyce IG 3 borehole

A – *Atopodinium polygonale* (Beju, 1983); depth 564.6 m; **B** – *Tubotuberella apatela* (Cookson et Eisenack, 1960); depth 564.6 m; **C** – *Meiourogonyaulax caytonensis* (Sarjeant, 1959); depth 639.1 m; **D** – *Nannoceratopsis gracilis* Alberti, 1961; depth 750.6 m; **E** – *Epiplosphaera gochtii* (Fensome, 1979); depth 524.1 m; **F** – *Kallosphaeridium praussii* Lentin et Williams, 1993; depth 524.1 m; **G** – *Endoscrinium asymmetricum* Riding, 1987; depth 646.0 m; **H** – *Eodinia poulsenii* Barski, 2002; depth 627.6 m; **I** – *Ctenidodinium continuum* Gocht, 1970; depth 580.2 m; **J** – *Rigaudella filamentosa* (Cookson et Eisenack, 1958); depth 593.6 m; **K** – *Pareodinia ceratophora* Deflandre, 1947; depth 564.6 m; **L** – *Atopodinium prostatum* Drugg, 1978; depth 646.0 m

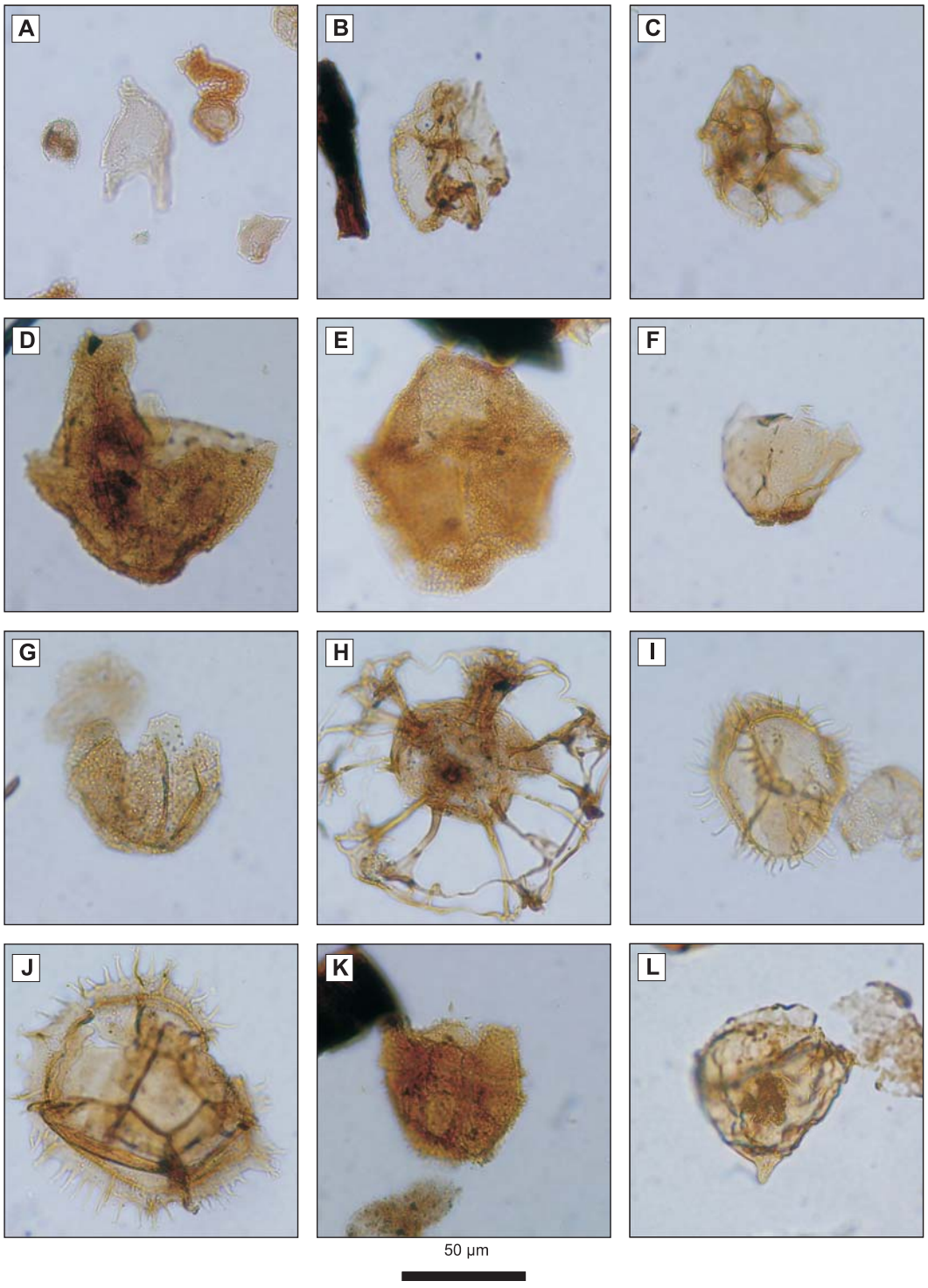


Fig. 19. Wybrane taksony cyst Dinoflagellata obecne w próbkach z otworu wiertniczego Wojszyce IG 4

A – *Nannoceratopsis gracilis* Alberti, 1961; głęb. 1265,8 m; **B** – *Atopodinium haromense* Thomas et Cox, 1988; głęb. 1142,1 m; **C** – *Hapsidaulax margarethae* Sarjeant, 1975; głęb. 1142,1 m; **D** – *Dissiliodinium caddaense* (Filatoff, 1975); głęb. 1272,0 m; **E** – *Aldorfia aldorfensis* (Gocht, 1970); głęb. 1349,6 m; **F** – *Kallosphaeridium hypornatum* Prauss, 1989; głęb. 1349,6 m; **G** – *Barbatacysta brevispinosa* (Courtinat *w* Courtinat, Gaillard, 1980); głęb. 1357,6 m; **H** – *Rigaudella aemula* (Deflandre, 1939); głęb. 1006,7 m; **I** – *Ctenidodinium cornigerum* (Valensi, 1953); głęb. 1142,1 m; **J** – *Ctenidodinium combazii* Dupin, 1968; głęb. 1006,7 m; **K** – *Lithodinia jurassica* Eisenack, 1935; głęb. 1006,7 m; **L** – *Wanaea acollaris* Dodekova, 1975; głęb. 1095,9 m

Selected taxons of the Dinoflagellata cysts from the Wojszyce IG 4 borehole

A – *Nannoceratopsis gracilis* Alberti, 1961; depth 1265.8 m; **B** – *Atopodinium haromense* Thomas et Cox, 1988; depth 1142.1 m; **C** – *Hapsidaulax margarethae* Sarjeant, 1975; depth 1142.1 m; **D** – *Dissiliodinium caddaense* (Filatoff, 1975); depth 1272.0 m; **E** – *Aldorfia aldorfensis* (Gocht, 1970); depth 1349.6 m; **F** – *Kallosphaeridium hypornatum* Prauss, 1989; depth 1349.6 m; **G** – *Barbatacysta brevispinosa* (Courtinat *in* Courtinat, Gaillard, 1980); depth 1357.6 m; **H** – *Rigaudella aemula* (Deflandre, 1939); depth 1006.7 m; **I** – *Ctenidodinium cornigerum* (Valensi, 1953); depth 1142.1 m; **J** – *Ctenidodinium combazii* Dupin, 1968; depth 1006.7 m; **K** – *Lithodinia jurassica* Eisenack, 1935; depth 1006.7 m; **L** – *Wanaea acollaris* Dodekova, 1975; depth 1095.9 m

Identyfikacja w profilu Wojszyce IG 3 poziomu LPD 11, skorelowanego z dolnym kelowejem, pozwoliła na rozpoznanie heterochroniczności pojawiania się pewnych taksonów cyst Dinofalellata na badanym obszarze, w porównaniu do innych lokalizacji geograficznych. Należą do nich przede wszystkim gatunki *Ctenidodinium cornigera* (Valensi) i *Systematophora areolata* (Klement) obecne w próbce z głęb. 485,5 m. Pierwszy z nich, według podziałów Ridinga i Thomasa (1992) oraz Poulsena i Ridinga (2003) wprowadzonych dla północno-zachodniej Europy, po raz ostatni powinien pojawić się w batonie górnym (poziom *discus*), natomiast drugi po raz pierwszy powinien pojawić się w dolnym oksfordzie (poziom *cordatum*). Przy okazji analizy zespołów cyst Dinoflagellata z tej samej próbki należy wspomnieć o gatunku *Rhynchodiniopsis cladophora,* który standardowo pojawia się w dolnym keloweju (Riding, Thomas, 1992; Poulsen, Riding, 2003), a w badanym profilu Wojszyce IG 3 jest obecny już od środkowego batonu. W profilu Wojszyce IG 4 nie stwierdzono niezgodności w zasięgach stratygraficznych opisanych cyst Dinoflagellata.

Prawdopodobnym powodem zmienności regionalnych zespołów cyst Dinofalellata oraz heterochroniczniości ich wystąpień mogły być niezależne od klimatu parametry środowiska, do których można zaliczyć: wpływ prądów morskich, lokalną głębokość zbiornika oraz oddziaływanie obszarów lądowych. Wydaje się, że te dwa ostatnie warunki mogły być odpowiedzialne za sytuację na obszarze Kujaw. Mamy tu bowiem do czynienia z niewielką odległością od obszarów lądowych, potwierdzoną także piaszczysto-ilastym charakterem sedymentacji, jak również aktywną tektonikę solną oddziałującą aktywnie na konfigurację dna zbiornika morskiego.

Podsumowanie

Cysty Dinoflagellata pozwoliły na rozpoznanie w profilu Wojszyce IG 3 sześciu lokalnych poziomów dinocystowych (LPD) oraz siedmiu poziomów w profilu Wojszyce IG 4, z czego w obydwu przypadkach po dwa są poziomami zintegrowanymi. Korelacja ze standardowym podziałem chronostratygraficznym pokazała, że badana część profilu Wojszyce IG 3 należy do przedziału od górnej części bajosu (poziom *parkinsoni*) do keloweju dolnego (poziomy *herveyi*), a w przypadku profilu Wojszyce IG 4 do przedziału od górnej części bajosu (poziom *parkinsoni*) do batonu górnego (poziomy *orbis*). Identyfikacja poziomów LPD 8–10 w profilu Wojszyce IG 3 (fig. 14) nie była możliwa z uwagi na brak rdzenia wiertniczego w tym interwale, natomiast udało się ustalić pozycję stratygraficzną tego odcinka w profilu Wojszyce IG 4.

Precyzyjna korelacja stratygraficzna badanych profili pozwoliła odnotować w pewnych interwałach głębokości lokalne zjawiska sedymentacyjne występujące w tej części środkowojurajskiego basenu Kujaw. Zbiornik sedymentacyjny, którego osady poddano analizie pod kątem zespołów cyst Dinoflagellata oraz analizie palinofacjalnej (Barski, 2001), charakteryzuje wyraźna zmienność facjalna na niewielkich przestrzeniach. Związane jest to z lokalizacją otworów na obszarze będącym pod synsedymentacyjnym wpływem krawędzi platformy wschodnioeuropejskiej oraz aktywnej tektoniki solnej.

Najstarsze utwory, zaliczone do bajosu górnego (LPD 1), udokumentowane w profilach Wojszyce IG 3 oraz IG 4, są wykształcone w postaci facji iłowcowej. Wyraźna redukcja miąższości w poziomach LPD 2 i 3 w profilu Wojszyce IG 3 w porównaniu do profilu Wojszyce IG 4, sugeruje, że zachodziły na tym obszarze ruchy wznoszące podłoża, prawdopodobnie spowodowane przez procesy halokinetyczne.

Obecne w obydwu profilach grube pakiety iłowcowe w poziomie LPD 4 wskazują natomiast na uspokojenie aktywności dna zbiornika oraz jego relatywne pogłębienie.

Kolejna wyraźna redukcja miąższości poziomów LPD 5, 6 oraz 7 w profilu Wojszyce IG 3, potwierdzona dwoma powierzchniami erozyjnymi w interwale głęb. 564,6–593,6 m, sugeruje następny akt działalności mas solnych w podłożu. W tym samym poziomie, w utworach z profilu Wojszyce IG 4 pojawiają się liczne wkładki ilaste, potwierdzając tendencję do pogłębiania się dna zbiornika. Monotonne, piaszczyste wykształcenie poziomu LPD 9 w profilu Wojszyce IG 4 świadczy o stabilizacji podłoża basenu w późnym batonie. Opisany w piaszczystych facjach profilu Wojszyce IG 3 poziom LPD 11 zaliczono już do keloweju dolnego.

Opracowanie biostratygrafii części środkowej jury profilu Wojszyce IG 3 jest częścią syntetycznego opracowania basenu epikontynentalnego Kujaw na podstawie profili Brześć Kujawski IG 2, Ciechocinek IG 2 i IG 3 oraz Wojszyce IG 4. Nierozpoznane lokalne poziomy dinocystowe (LPD) są częściowo rozpoznane w pozostałych profilach otworów wiertniczych (Barski, 2001, 2007, 2008).

Anna FELDMAN-OLSZEWSKA

WYNIKI BADAŃ SEDYMENTOLOGICZNYCH UTWORÓW JURY ŚRODKOWEJ W OTWORZE WIERTNICZYM WOJSZYCE IG 1a

Utwory jury środkowej w otworze Wojszyce IG 1a były w 31,6% rdzeniowane, przy czym uzysk rdzenia wyniósł 84,6%. Uzyskany materiał rdzeniowy, razem z uzyskanym z otworów Wojszyce IG 3 i IG 4, stanowił bardzo dobry materiał wyjściowy do rozpoznania środowisk sedymentacji jury środkowej z regionu Kujaw, wykonanego na wspomnianym obszarze w ramach pracy doktorskiej (Feldman-Olszewska, 2005). Jednym z podstawowych narzędzi badawczych była analiza sedymentologiczna osadów, w której trakcie dokonano dokładnego opisu rdzeni wiertniczych. Każdy rdzeń analizowano warstwa po warstwie. W każdym opisie uwzględniano następujące cechy: litologia skały, miąższość kompleksu, charakter granicy spągowej i stropowej, wielkość ziarna określana na podstawie obserwacji makroskopowej oraz lupy,

barwa, charakter spoiwa, pierwotne struktury sedymentacyjne, dodatkowe elementy litologiczne (obecność klastów, otoczaków, syderytów, węgli), szczątków flory i fauny, skamieniałości śladowe oraz stopień bioturbacji. Ponadto sklasyfikowano oraz opisano zaobserwowane ichnorodzaje i ichnogatunki skamieniałości śladowych. Wszystkie zebrane dane wraz z ich interpretacją środowiskową zostały umieszczone na zbiorczym profilu sedymentologicznym sporządzonym w początkowym etapie w skali 1:500 (fig. 20A–M[1]).

W pracy zastosowano następujące polskie odpowiedniki terminów angielskich określających poszczególne środowiska sedymentacji: przybrzeże głębsze (*offshore*), strefa przejściowa pomiędzy przybrzeżem głębszym i płytszym (*transition zone*), dolne przybrzeże płytsze (*lower shoreface*), środkowe przybrzeże płytsze (*middle shoreface*), górne przybrzeże płytsze (*upper shoreface*).

Aalen

Aalen dolny (głęb. 1514,0–?1618,0 m). Utwory aalenu dolnego przerdzeniowano jedynie w górnym odcinku. Analiza karotażu wykazuje, że w dolnej części są one zbudowane w przeważającej części z mułowców i iłowców, natomiast w górnym odcinku z piaskowców. Pełny rdzeń pobrany z głęb. 1515,0–1563,5 m wskazuje, że są to piaskowce bardzo drobnoziarniste, a w części wyższej – drobnoziarniste (fig. 20L). Rdzeń rozpoczyna piaskowiec o barwie jasnoszarej prawie białej, ze smugami substancji ilastej silnie wzbogaconej w muskowit (występującymi co 5–15 cm), z 15 cm wkładką piaskowca o warstwowaniu przekątnym niskokątnym. Powyżej, na głęb. 1551,0–1561,55 m, następuje zmiana charakteru osadu. Pojawiają się jasnoszare piaskowce o warstwowaniu smużystym-falistym, ku górze coraz częściej przechodzące w laminację, a następnie warstwowanie faliste. Wśród tych utworów pojawiają się kilku–kilkunastocentymetrowe wkładki piaskowca niewarstwowanego. W całym odcinku bardzo licznie występują jamki *Diplocraterion parallelum* Torell (fig. 25A), miejscami powodujące bardzo silne zbioturbowanie osadu, zacierające warstwowanie. Długość tych jamek jest zmienna, w miejscach o gęściejszej laminacji zazwyczaj nie przekracza 10 cm, natomiast w utworach o rzadziej występujących przewarstwieniach ilastych ich długość osiąga do kilkunastu, a nawet powyżej 20 cm. Cechy te wskazują, że długość tych śladów jest związana z tempem sedymentacji: dłuższe jamki sugerują szybsze tempo sedymentacji i większą dostawę materiału.

Diplocraterion parallelum Torell zanika na głęb. 1554,0 m. Powyżej występują piaskowce o warstwowaniu smużystym-falistym z materią węglistą w przesmużeniach ilastych oraz znaczącą domieszką ziaren grubych i średnich w członach piaskowcowych. Ku górze w piaskowcu pojawia się warstwowanie faliste, ze śladami *Planolites beverleyensis* (Billings). Na głęb. 1543,25–1549,50 m ponownie można zaobserwować piaskowiec drobnoziarnisty o warstwowaniu smużystym, ale bez widocznych skamieniałości śladowych. Wyżej, do głęb. 1438,7 m, w piaskowcu pojawia się rozproszony pył węglisty, nadający skale barwę ciemnoszarą. Następnie, powyżej ostrej granicy, widoczna jest wyraźna zmiana struktur sedymentacyjnych oraz barwy osadu. Pojawiają się 2,7 m miąższości jasnoszare piaskowce bardzo drobnoziarniste, z występującym naprzemian warstwowaniem zmarszczkowym i jodełkowym małej skali.

Piaskowce stwierdzone w rdzeniowanym odcinku profilu z głęb. 1536,3–1563,5 m reprezentują osad powstały w obrębie równi piaszczystej i mieszanej estuarium.

Najwyższą część profilu aalenu dolnego (głęb. 1515,0–1536,3 m) tworzą piaskowce bardzo drobno- i drobnoziarniste z milimetrowymi smugami substancji ilastej lub częściej węglistej. Barwa skały często jest ciemnoszara, co jest spowodowane obecnością rozproszonego pyłu węglistego (fig. 20K). Są to utwory powstałe w obrębie ujściowego odcinka estuarium.

Granica pomiędzy utworami aalenu dolnego i górnego nie została przerdzeniowana.

Aalen górny (głęb. ?1334,0–1514,0 m). Z utworów aalenu górnego w profilu otworu wiertniczego Wojszyce IG 1a pobrano jedynie trzy odcinki rdzeniowe. Dwa z nich były to rdzenie kontrolne o miąższości 5 m, natomiast najwyższy pobrano z głęb. 1351,0–1379,0 m. Na podstawie interpretacji krzywych geofizycznych można stwierdzić, że aalen górny jest wykształcony głównie w postaci iłowców, z cienkimi (1–2 m) wkładkami mułowców. W rdzeniach obserwuje się łupki ilaste o barwie czarnej, ze spirytyzowaną sieczką roślinną oraz kulistymi konkrecjami marglisto syderytycznymi (fig. 20K–J). W łupkach nie stwierdzono żadnej makrofauny poza jednym okazem belemnita *Megateuthis giganteus* (Schlotheim) znalezionym w rdzeniu z głęb. 1490,0–1495,0 m. Również w licznych próbkach mikropaleontologicznych (16 próbek) nie stwierdzono żadnej mikrofauny (Smoleń, 1989).

Utwory aalenu górnego powstały w strefie przybrzeża głębszego płytkiego morza epikontynentalnego. Badania stopnia natlenienia wód dennych na podstawie badań geochemicznych (analiza zawartości TOC, współczynnika $C_{org.}/S_{piry-towa}$, DOP) wskazują, że było to środowisko anoksyczne lub silnie dysoksyczne (Feldman-Olszewska, 2005).

Bajos

Bajos dolny (1243,5–?1334,0 m). Bajos dolny w otworze Wojszyce IG 1a, podobnie jak w wielu innych otworach tego rejonu, jest wykształcony w dolnej i środkowej części jako utwory iłowcowe, z nielicznymi wkładkami mułowcowymi. W części górnej następuje stopniowe przejście w utwory piaskowcowe, natomiast w najwyższym odcinku występują cykle iłowcowo-piaskowcowe. Granica pomiędzy aalenem i bajosem jest niepewna (zob. Feldman-Olszewska, ten tom).

[1] Figura 20 znajduje się w kieszeni na końcu książki

Z niższego odcinka pobrano jedynie dwa rdzenie 6 m miąższości (głęb. 1305,0–1311,0 oraz 1258,0–1264,0 m) (fig. 20G, H). Rdzenie te zawierają skały typowe dla całego profilu niższej części bajosu dolnego. Są to czarne łupki ilaste oraz iłowce o laminacji, rzadziej warstwowaniu soczewkowym, z kulistymi soczewkami marglisto syderytycznymi. W dolnym rdzeniu obserwuje się spirytyzowaną sieczkę roślinną, natomiast w wyższym muskowit, a w utworach z soczewkami pyłowca – również skamieniałości śladowe *Planolites beverleyensis* (Billings). W utworach tych nie stwierdzono natomiast żadnej makrofauny, a w 5 próbkach mikropaleontologicznych nie znaleziono również mikrofauny (Smoleń, 1989).

Analiza sedymentologiczna oraz geochemiczna wskazują, że łupki te powstały w środowisku przybrzeża głębszego, w warunkach słabo dysoksycznych (Feldman-Olszewska, ten tom).

Bajos górny (głęb. 877,0–1243,5 m; wg rdzenia 875,9–1243,5 m). Bajos górny dzieli się na dwie części pod względem litologicznym. Część niższa (głęb. 975,0–1243,5 m) jest wykształcona głównie w postaci skał iłowcowych z kilkoma wkładkami skał piaskowcowych w odcinku najniższym. Część wyższa (głęb. 877,0–975,0 m) jest piaskowcowa, z wkładkami iłowcowo-mułowcowymi.

Z części niższej pobrano dwa dłuższe odcinki rdzenia: z głęb. 1190,0–1229,0 oraz 970,0–1025,7 m oraz 3 rdzenie kontrolne o długości 4–6 m (fig. 20D, E, G).

W materiale skalnym, w najniższej części dolnego odcinka rdzeniowego (fig. 20G), stwierdzono heterolit (głęb. 1224,6–1229,0 m). W członach mułowcowych charakteryzuje go obecność warstwowania soczewkowego i licznych bioturbacji *Chondrites targionii* (Brongniart). W członach piaskowcowych występuje warstwowanie przekątne niskokątne, prawdopodobnie kopułowe. Heterolit ku górze jest przykryty przez piaskowiec drobnoziarnisty, ze smugami i wkładkami iłowca. Utwory te powstały w obrębie dolnego przybrzeża płytszego.

Wyżej, ponad ostrą granicą (głęb. 1224,6 m), stwierdzono obecność ciemnoszarych łupków ilastych i iłowców o laminacji soczewkowej, ku górze przechodzących w mułowce ilaste i mułowce o laminacji i warstwowaniu soczewkowym. W skałach tych licznie występują kuliste konkrecje syderytowe, a miejscami muskowit. Ponadto niekiedy obserwuje się detrytus skorup małżowych, a na głęb. 1200,6–1205,0 m spirytyzowaną sieczkę roślinną. W najniższym odcinku iłowców nie stwierdzono mikrofauny, natomiast w dwóch próbkach pobranych z mułowców zaobserwowano fragmenty otwornic (głęb. 1200,5 m) oraz jeden cały okaz *Lenticulina* sp. (głęb. 1195,9 m) (Smoleń, 1989). Skamieniałości śladowe są reprezentowane jedynie przez licznie występujący, szczególnie na głęb. 1205,0–1218,0 m, *Chondrites targionii* (Brongniart), który miejscami powoduje całkowite zbioturbowanie osadu.

Opisane skały iłowcowe powstały w środowisku przybrzeża głębszego w warunkach początkowo słabo dysoksycznych, a od głęb. ok. 1200,0 m silnie dysoksycznych. Odcinek silnie zbioturbowany przez *Chondrites targionii* (Brongniart) reprezentuje natomiast nieco płytszą strefę basenu epikontynentalnego – strefę przejściową pomiędzy przybrzeżem głębszym i płytszym.

Wspomniany powyżej odcinek zbioturbowany odpowiada obserwowanej na krzywej geofizycznej wkładce mułowcowej w obrębie skał iłowcowych. Można więc przypuszczać, że podobne odchylenie krzywej geofizycznej od wartości charakterystycznych dla skał ilastych obserwowane na głęb. 1130–1131,0 oraz 1045,5–1050,0 m wskazuje również na obecność skał o podobnym charakterze. Utwory iłowcowe z głęb. 1025,7–1190,0 m, których obecność jest wnioskowana na podstawie karotażu, prawdopodobnie nie różnią się od czarnych łupków ilastych z konkrecjami syderytowymi obserwowanych w rdzeniach kontrolnych (fig. 20E, F). W próbkach tych nie stwierdzono makrofauny, a z mikrofauny jedynie na głęb. 1075,6 m jedną otwornicę *Lenticulina* sp. oraz kilka fragmentów małżoraczków (Smoleń, 1989). Genezę tych skał należy wiązać z anoksycznym środowiskiem przybrzeża głębszego.

Powyżej iłowców, na głęb. 1007,6–1015,9 m, występuje ostro odgraniczony od nadległych drobniejszych skał pakiet piaskowcowy (fig. 20E). Tworzą go w przeważającej mierze piaskowce o warstwowaniu przekątnym niskokątnym, prawdopodobnie kopułowym. Struktury sedymentacyjne wskazują, że utwory te powstały w strefie środkowego przybrzeża płytszego.

Wyżej ponownie następuje ostra zmiana charakteru utworów, pojawiają się mułowce o warstwowaniu i laminacji soczewkowej, stopniowo ku górze przechodzące w iłowce i łupki ilaste o czarnej barwie, z kulistymi konkrecjami marglisto-syderytycznymi. Opisane utwory reprezentują środowisko przybrzeża głębszego i wskazują na stopniowe przejście od strefy słabo do silnie dysoksycznej.

Powyżej, od głęb. 992,0 do 975,0 m, zarówno na krzywej geofizycznej, jak i w rdzeniu (fig. 20D, E) obserwuje się stopniowe coraz silniejsze zapiaszczenie osadu, manifestujące się pojawieniem początkowo laminacji soczewkowej, a następnie warstwowania soczewkowego. Dość licznie pojawiają się wkładki piaskowcowe masywne lub o laminacji poziomej, z muskowitem. W mułowcach współwystępują skamieniałości śladowe *Chondrites* isp. oraz *Planolites beverleyensis* (Billings), a na głęb. 976,1 m stwierdzono również *Asterosoma* isp.

Na tym odcinku profilu zaobserwowano kilkakrotne przejścia pomiędzy strefą przejściową a dolnym przybrzeżem płytszym.

Wyższą część profilu bajosu tworzą w przeważającej mierze utwory piaskowcowe (głęb. 877,0–975,0 m). Są one przerdzeniowane jedynie fragmentarycznie (fig. 20C–D). Skały obserwowane w rdzeniach to drobnoziarniste piaskowce o warstwowaniu przekątnym niskokątnym, zmarszczkowym lub o warstwowaniu falistym, a miejscami jedynie z milimetrowej grubości smugami ilastymi wzbogaconymi w muskowit. Mniej liczne są mułowce o warstwowaniu soczewkowym z soczewkami laminowanymi oraz skamieniałościami śladowymi *Planolites beverleyensis* (Billings) i *Chondrites* isp. Ponadto na głęb. 894,45 i 892,5 m występują pojedyncze okazy dużych *Teichichnus rectus* Seilacher (fig. 24F), na głęb. 890,2 oraz 888,15 m *Schaubcylindrichnus* isp., a na głęb.

885,65–885,90 m *Palaeophycus* isp. Z mikrofauny stwierdzono jedynie jeden spirytyzowany okaz *Ophthalmidium* sp. na głęb. 880,8 m (Smoleń, 1989).

Charakterystyka sedymentologiczna oraz skamieniałości śladowe górnego odcinka bajosu górnego wskazują na kilkakrotne wahania głębokości zbiornika morskiego pomiędzy strefą przejściową, dolnym przybrzeżem płytszym i środkowym przybrzeżem płytszym.

Baton

Baton dolny (głęb. 780,0–877,0 m; wg rdzenia 779,6 –875,9 m). Badania stratygraficzne za pomocą Dinoflagellata nie zostały przeprowadzone w profilu Wojszyce IG 1a, jednak korelacje z innymi profilami z rejonu Wojszyc sugerują, że została tu przerdzeniowana granica bajos/ baton. Pełny rdzeń pobrano od spągu utworów batonu aż do głęb. 861,5 m (fig. 20C). W spągu, na powierzchni erozyjnej wyznaczającej granicę bajos/ baton, jest obecny mułowiec piaszczysty z licznymi otoczakami piaskowca oraz z *Chondrites targionii* (Brongniart). Wyżej przechodzi on w heterolit, a następnie w zbioturbowany piaskowiec o warstwowaniu falistym, a w górnej części smużystym. Występują tu skamieniałości śladowe: *Schaubcylindrichnus* isp., *Asterosoma* isp. oraz *Planolites* isp. Wyżej pojawiają się (0,15–0,50 m miąższości) wkładki zdolomityzowanego piaskowca o warstwowaniu przekątnym niskokątnym, miejscami z *Palaeophycus* isp. Cykl kończy piaskowiec drobnoziarnisty z pojedynczymi smugami substancji ilastej wzbogaconej w muskowit, ścięty w górze przez powierzchnią erozyjną. W piaskowcu brak skamieniałości śladowych. Ponad powierzchnią erozyjną ponownie pojawiają się piaskowce drobnoziarniste o warstwowaniu falistym, z otoczakami piaskowcowymi w spągu. Reprezentuje on dolny człon nowego cyklu.

Następstwo litofacji obserwowane w najniższej części batonu dolnego wskazuje na kilkakrotne spłycanie basenu od strefy dolnego do środkowego przybrzeża płytszego.

Według krzywej profilowania geofizycznego utwory piaskowcowe występują do głęb. 832,0 m; wyżej następuje zmiana sedymentacji na iłowcową. Z tego odcinka batonu dolnego pobrano dwa rdzenie (głęb. 816,0–820,5 i 779,0–795,0 m) (fig. 20B). Niższy zawiera: (1) mułowiec piaszczysty o laminacji soczewkowej, w dolnym odcinku zbioturbowany oraz (2) przykrywający go łupek ilasty ze spirytyzowaną sieczką roślinną, liczną mikrofauną otwornicową (Styk, 1989), a także zsyderytyzowany muszlowiec ze skorupkami małży (głównie ostryg), fragmentami amonitów oraz belemnitów. Są to osady przybrzeża głębszego. W wyżej pobranym rdzeniu stwierdzono mułowce piaszczyste strefy przejściowej o laminacji soczewkowej, przechodzącej ku górze w warstwowanie faliste, a następnie smużyste. Występują tu skamieniałości śladowe: *Schaubcylindrichnus* isp. i *Chondrites* isp.

Baton środkowy (głęb. ?690,5–780,0 m). Dokumentacja rdzeniowa utworów batonu środkowego jest bardzo słaba. Ze środkowego odcinka profilu pobrano jedynie jeden rdzeń o długości 5 m oraz z najwyższego odcinka – trzy rdzenie z głęb. 694,0–709,5 m, w których uzysk nie przekroczył 30% (fig. 20A). Krzywe geofizyczne wykazują, że dolny odcinek batonu środkowego tworzą piaskowce, wyżej występują dwa cykle o wielkości ziarna rosnącej ku górze, rozpoczynające się utworami iłowcowo-mułowcowymi, a kończące się piaskowcowymi. Ze środkowego odcinka cyklu niższego został pobrany rdzeń, w którym występują piaskowce bardzo drobnoziarniste o warstwowaniu smużystym z *Chondrites* isp., powstałe prawdopodobnie w strefie dolnego przybrzeża płytszego. Pozostałe rdzenie pochodzą z piaskowcowego odcinka cyklu wyższego. Występują w nich szare piaskowce różnoziarniste: drobno- i średnioziarniste, dolomityczne, z widocznym miejscami warstwowaniem przekątnym podkreślonym skośnymi laminami ilastymi. W dwóch niższych rdzeniach jest widoczne spoiwo żelaziste; występują też ooidy żelaziste. Są to przypuszczalnie osady kanału rozprowadzającego w obrębie strefy brzegowej. W najwyższym rdzeniu pojawiają się dwa poziomy z otoczakami piaskowców, przy czym w niższym piaskowce mają czerwoną barwę. Geneza tych utworów jest niejasna, ich położenie w profilu sugeruje, że powstały one w obrębie równi międzypływowej.

Baton górny (głęb. 682,0–?690,5 m). Utwory batonu górnego przewiercono bezrdzeniowo. Krzywe geofizyczne i próbki okruchowe wskazują, że jest on wykształcony w postaci piaskowców wapnistych.

Kelowej
(675,0–682,0 m)

Z utworów keloweju nie został pobrany żaden rdzeń. Są to prawdopodobnie piaskowce wapniste oraz warstwa bulasta.

Anna FELDMAN-OLSZEWSKA

WYNIKI BADAŃ SEDYMENTOLOGICZNYCH UTWORÓW JURY ŚRODKOWEJ W OTWORZE WIERTNICZYM WOJSZYCE IG 3

Utwory jury środkowej w otworze wiertniczym Wojszyce IG 3 były w 52,0% rdzeniowane, przy bardzo dobrym uzysku rdzenia wynoszącym 91,5%. Uzyskany materiał rdzeniowy, podobnie jak z otworu Wojszyce IG 1 a, został wykorzystany do rozpoznania środowisk sedymentacji jury środkowej na Kujawach, w ramach pracy doktorskiej wykonanej w Państwowym Instytucie Geologicznym (Feldman-Olszewska, 2005). Przeprowadzono tu tego samego typu obserwacje rdze-

nia, jak opisane dla otworu Wojszyce IG 1a (Feldman-Olszewska, ten tom). Wszystkie zebrane dane wraz z ich interpretacją środowiskową umieszczono na zbiorczym profilu sedymentologicznym sporządzonym w początkowym etapie w skali 1:500 (fig. 21A–L[2]).

Aalen

Aalen dolny (głęb. 1487,5–1580,0 m; wg rdzenia 1488,5–1580,15 m). Utwory aalenu dolnego w otworze wiertniczym Wojszyce IG 3 zostały w pełni przerdzeniowane (fig. 21M, N). Dolna granica została wyznaczona na głębokości rdzeniowej 1580,15 m, powyżej bezstrukturalnych, drobnoziarnistych piaskowców o barwie białej oraz warstwowaniu przekątnym dużej skali. Piaskowce te, o genezie fluwialnej, zaliczono jeszcze do toarku (jura dolna). Wyżej następuje zmiana charakteru sedymentacji. Na głęb. 1518,0–1580,0 m pojawiają się grube kompleksy bardzo drobnoziarnistych piaskowców o barwie jasnoszarej i szarej, spoiwie krzemionkowo-ilastym oraz o warstwowaniu smużystym-falistym, falistym lub laminacji falistej. Miejscami jest obecny obfity muskowit. W utworach tych występują liczne morskie skamieniałości śladowe *Diplocraterion parallelum* Torell, a miejscami *Palaeophycus* isp. Utwory te powstały w środowisku równi piaszczystej i równi mieszanej, w obrębie estuarium.

Opisane utwory piaskowcowe są rozdzielone na głęb. 1566,5–1571,3 oraz 1550,55–1562,65 m przez ostro zaznaczone grube pakiety piaskowców bardzo drobnoziarnistych o barwie białej, spoiwie krzemionkowym oraz z pojedynczymi smugami materiału ilastego silnie wzbogaconego w muskowit (fig. 22F). W utworach tych nie obserwuje się, poza stropem górnego pakietu, żadnych skamieniałości śladowych. Opisane piaskowce reprezentują prawdopodobnie strefę wałów piaszczystych osadzonych w obrębie estuarium.

Powyżej, na głęb. 1548,00–1550,55 m, ostro oddzielona od piaskowców, jest obecna wkładka iłowców o laminacji i warstwowaniu soczewkowym. Są to utwory powstałe na obszarze równi mułowej w obrębie estuarium.

Górną część aalenu dolnego (głęb. 1488,5–1518,0 m) tworzą piaskowce o nieco grubszym ziarnie (średnioziarniste z domieszką ziaren drobnych), szare, masywne, ze smugami ilastymi, miejscami o warstwowaniu smużystym, ku górze przechodzące w piaskowce o warstwowaniu zmarszczkowym, a w stropie przekątnym niskokątnym (fig. 21M). Skamieniałości śladowe występują w nich rzadko; są to: *Diplocraterion parallelum* Torell oraz *Skolithos* isp., a na głęb. 1503,2–1504,3 m także ?*Schaubcylindrichnus* isp. i *Asterosoma* isp. Utwory te powstały w strefie ujścia estuarium, w obrębie kanałów rozprowadzających lub wałów piaszczystych.

Aalen górny (głęb. ?1259,0–1487,5 m; wg rdzenia ?1259,0–1488,5). Utwory aalenu górnego są dobrze rdzeniowane jedynie w najniższej partii, do głęb. 1437,5 m; z wyższej części pobrano jedynie 3 rdzenie kontrolne. Dolna granica jest obserwowana w rdzeniu (fig. 21N). Jest to granica erozyjna, w skali rdzenia silnie pofałdowana, jednak bez otoczaków w utworach ją przykrywających. W spągowych 10 cm występują mułowce o warstwowaniu soczewkowym, następnie przykryte 3 m warstwą ciemnoszarego mułowca nieco piaszczystego, szybko zastąpioną przez łupki ilaste o czarnej barwie, z muskowitem.

Wyżej utwory aalenu są wykształcone jako jednolite utwory iłowcowe. Wskazuje na to zarówno analiza krzywej PG, jak i rdzeni. Są to łupki ilaste o czarnej barwie, często z muskowitem oraz kulistymi konkrecjami marglistymi o średnicy 2–3 cm, bez makro- i mikrofauny (fig. 21K, M, N). Miejscami obserwuje się w nich laminację soczewkową. Jedynie na głęb. 1469,2–1471,0 m stwierdzono wkładkę piaskowca o warstwowaniu falistym.

Łupki ilaste powstały w środowisku przybrzeża głębszego morza epikontynentalnego. Analiza sedymentologiczna oraz korelacje z innymi otworami wiertniczymi rejonu Wojszyc i Brześcia Kujawskiego (Feldman-Olszewska, 2005) sugerują, że sedymentacja utworów ilastych miała miejsce w strefach od słabo dysoksycznych, przez silnie dysoksyczne do anoksycznych.

Bajos

Bajos dolny (głęb. 1154,0–?1259,0 m; wg rdzenia 1156,2–?1259,0 m). Dolna granica leży w obrębie odcinka przewierconego bezrdzeniowo; została ona wyznaczona na karotażu, lecz ze względu na brak datowania może być ona obarczona dużym błędem. Kontrolne rdzenie pobrane z dolnej połowy profilu wskazują, że utwory niższej części dolnego bajosu nie różnią się pod względem litologicznym od występujących niżej iłowców aalenu górnego (fig. 21J).

W pełni rdzeniowane są natomiast utwory pochodzące z wyższej części bajosu dolnego, od głęb. 1187,0 m (fig. 21I, J). Krzywe geofizyczne z otworu wiertniczego Wojszyce IG 3 ukazują, że cały odcinek bajosu dolnego jest wykształcony w postaci utworów iłowcowych z wkładkami mułowcowymi. Niemożliwe jest więc wydzielenie na karotażu tzw. „bajosu dolnego piaszczystego", charakteryzującego zazwyczaj najwyższy odcinek profilu tego wieku. Różnice pomiędzy niższą i najwyższą częścią bajosu dolnego są zauważalne jedynie w rdzeniach. W najniższym rdzeniu (głęb. 1252,5–1258,0 m) są obecne łupki ilaste masywne, z muskowitem, konkrecjami syderytowymi oraz pojedynczymi skorupkami małży *Bositra buchii* Roemer. Wyżej w rdzeniach występują czarne łupki ilaste, a niekiedy mułowce, o laminacji soczewkowej, z licznym muskowitem oraz kulistymi konkrecjami marglisto-syderytycznymi. Ponadto notuje się w nich pojedyncze wystąpienia małży, a w części przystropowej również nieliczne fragmenty spirytyzowanej flory (fig. 21I). Cechą odróżniającą najwyższy odcinek bajosu dolnego jest obecność licznych lecz monogatunkowych skamieniałości śladowych. Jedyną obserwowaną tu skamieniałością śladową jest *Chondrites tar-*

[2] Figura 21 znajduje się w kieszeni na końcu książki

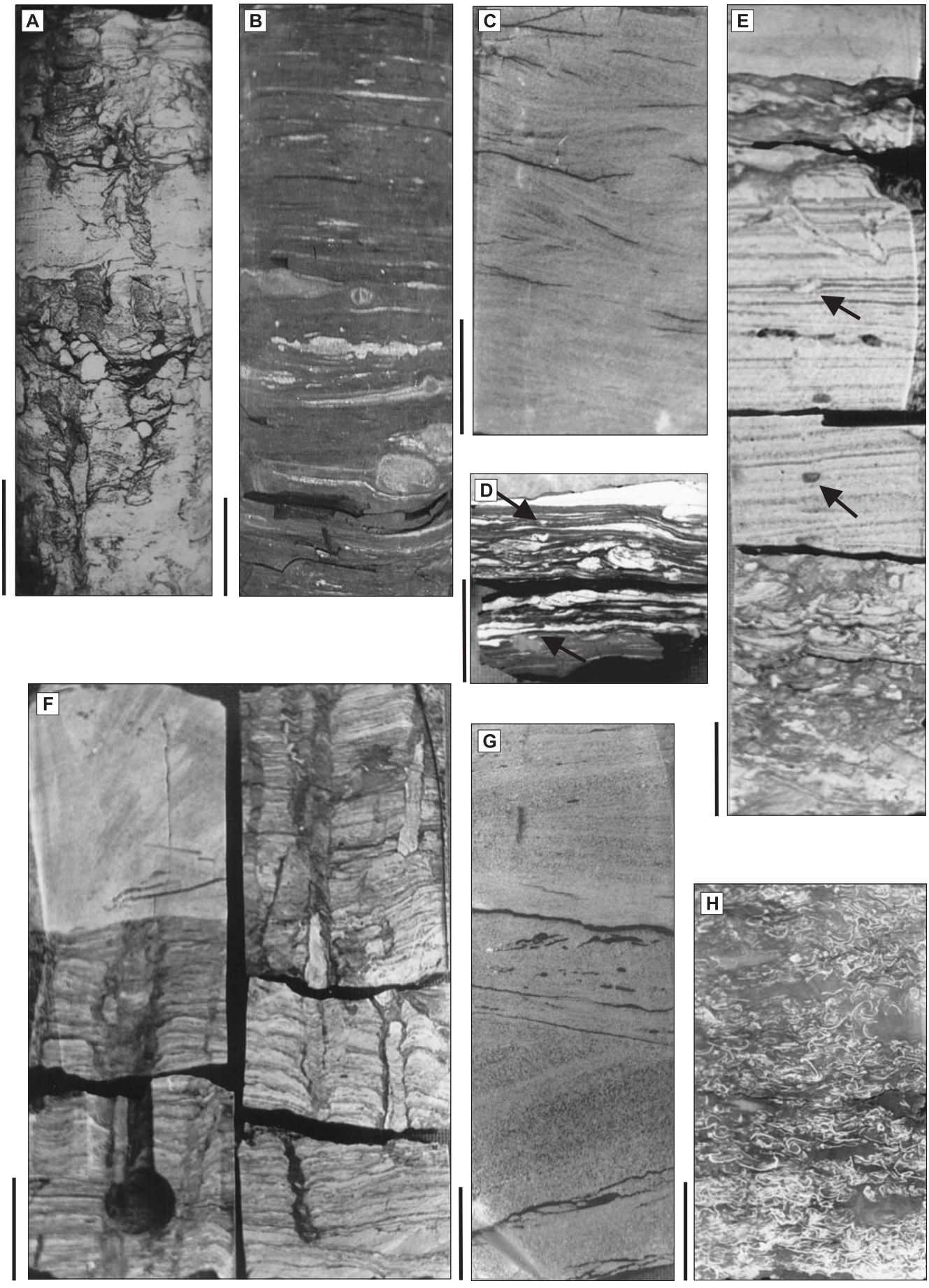

A
B
C
D
E
F
G
H

Fig. 22. A. *Diplocraterion parallelum* Torell, estuarium – równia piaszczysta; otw. wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 1557,0–1563,0 m, rdz. 4,35–4,55 m; aalen dolny; skala 4 cm. **B.** Łupki ilaste, ciemnoszare, z pojedynczymi soczewkowymi laminami pyłowca oraz kulistymi konkrecjami marglistymi lekko syderytowymi; przybrzeże głębsze, słabo dysoksyczne; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1149,5–1160,0 m, rdz. 11,00–11,25 m; baton dolny; skala 4 cm. **C.** Piaskowiec o warstwowaniu jodełkowym małej skali; estuarium, ujście; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1826,0–1836,0 m, rdz. 8,00–8,15 m; aalen dolny; skala 4 cm. **D.** Iłowiec o warstwowaniu i laminacji soczewkowej, z drobnymi śladami *Chondrites* isp. (strzałka); przybrzeże głębsze, słabo dysoksyczne; otw. wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 737,0–746,5 m, rdz. 6,35–6,40 m; baton dolny; skala 4 cm. **E.** Piaskowce o warstwowaniu przekątnym niskokątnym występującym naprzemian z piaskowcami silnie zbioturbowanymi; w piaskowcu warstwowanym widoczne pojedyncze *Palaeophycus* isp. (strzałka); dolne przybrzeże płytsze; otw. wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 755,5–765,0 m, rdz. 3,3–3,6 m; baton dolny; skala 4 cm. **F.** Piaskowiec o laminacji falistej z *Diplocraterion parallelum* Torell; estuarium, równia piaszczysta; otw. wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 1555,0–1566,5 m, rdz. 8,0–8,5 m; aalen dolny; skala 4 cm. **G.** Piaskowiec o warstwowaniu przekątnym dużej skali (rynnowym); estuarium, ujście; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1836,0–1846,0 m, rdz. 1,2–1,4 m; aalen dolny; skala 4 cm. **H.** Muszlowiec. Przybrzeże głębsze, słabo dysoksyczne; otw. wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 718,5–727,0 m, rdz. 1,30–1,45 m; baton dolny; skala 4 cm

A. *Diplocraterion parallelum* Torell; estuary – sandy flat; Wojszyce IG 1a borehole, depth 1557.0–1563.0 m, core 4.35–4.55 m; Lower Aalenian; scale 4 cm. **B.** Dark-grey clayey shales with individual lenticular silstone laminas and spherical marly or lightly siceritic concretions; weakly disoxic offshore; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1149.5–1160.0 m, core 11.00–11.25 m; Lower Bathonian; scale 4 cm. **C.** Herringbone small scale cross bedded sandstones; outer estuary; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1826.0–1836.0 m, core 8.00–8.15 m; Lower Aalenian; scale 4 cm. **D.** Claystone with lenticular bedding and lamination with small *Chondrites* isp. (arrow); weakly disoxic offshore; Wojszyce IG 3 borehole, depth 737.0–746.5 m, core 6.35–6.40 m; Lower Bathonian; scale 4 cm. **E.** Intercalated hummocky cross bedded and strongly bioturbated sandstones; in cross bedded sandstone few *Palaeophycus* isp. (arrow); lower shoreface; Wojszyce IG 3 borehole, depth 755.5–765.0 m, core 3.3–3.6 m; Lower Bathonian; scale 4 cm. **F.** Wavy laminated sandstone with *Diplocraterion parallelum* Torell; estuary, sandy flat; Wojszyce IG 3 borehole; depth 1555.0–1566.5 m, core 8,0–8,5 m; Lower Aalenian; scale 4 cm. **G.** Cross bedded sandstone; outer estuary; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1836.0–1846.0 m, core 1.2–1.4 m; Lower Aalenian; scale 4 cm. **H.** Coquina bed; weakly disoxic offshore; Wojszyce IG 3 borehole, depth 718.5–727.0 m, core 1.30–1.45 m; Lower Bathonian; scale 4 cm

←

gionii (Brongniart), który w wielu miejscach występuje tak licznie, że powoduje całkowite zbioturbowanie osadu. Miąższość odcinków całkowicie zbioturbowanych wynosi 0,5–0,9 m, natomiast w części przystropowej 6,5 m.

Utwory ilaste najniższego odcinka profilu powstały w anoksycznym lub silnie dysoksycznym środowisku przybrzeża głębszego, natomiast w wyższej części profilu – w środowisku słabo dysoksycznym. Silnie zbioturbowane utwory najwyższego odcinka profilu powstały w strefie nieco bardziej natlenionej, prawdopodobnie w obrębie strefy przejściowej pomiędzy przybrzeżem głębszym i płytszym.

Bajos górny (głęb. 763,0–1154,0 m; w rdzeniu z głęb. 763,8–1156,2 m). Profil bajosu górnego, ze względu na znaczną miąższość, był w różnych odcinkach rdzeniowany w różnym procencie. Pełny rdzeń pobrano z najniższego odcinka profilu (od spągu do głęb. 1103,0 m) oraz z jego wyższej części (głęb. 807,0–898,0 m). Pomiędzy tymi odcinkami pobrano jedynie kilkumetrowe rdzenie kontrolne (fig. 21D–L).

Powyżej granicy bajos dolny/górny ponownie występują łupki ilaste pozbawione skamieniałości śladowych. Do głęb. 1126,5 m obserwuje się w nich laminację soczewkową oraz kuliste konkrecje margliste, niekiedy muskowit. Wyżej zanika również laminacja (fig. 21H, I).

Odcinek profilu z głęb. 881,0–1103,0 m jest bardzo słabo rdzeniowany. Na podstawie profilowań geofizyki wiertniczej wiadomo, że występują tu skały iłowcowe jedynie z kilkoma wkładkami mułowcowymi i piaskowcowymi. Rdzenie pobrane z głęb. 1057,0–1062,5; 1005,0–1017,0 oraz 951,0–956,0 m, zawierają bezstrukturalne, czarne łupki ilaste rozsypujące się ostrokrawędziście, z kulistymi konkrecjami marglisto-syderytycznymi, nieliczną fauną małżową oraz w jednym odcinku spirytyzowane fragmenty roślin (fig. 21F–H). Podobnie jak w przypadku bajosu dolnego są to utwory powstałe w słabo do silnie dysoksycznych strefach przybrzeża głębszego.

Analiza krzywej gamma (PG) wskazuje, że skały iłowcowe kończą się na głęb. 937,0 m. Wyżej pojawiają się jeszcze na głęb. 900,0–914,0 m. Odcinek ten był przewiercony bezrdzeniowo. Wyżej następuje stopniowe, coraz silniejsze zapiaszczenie osadu. Na głęb. 807,0–898,0 m profil dokumentuje materiał rdzeniowy. Na głęb. 881,0–898,0 m występują mułowce o warstwowaniu soczewkowym powstałe w strefie przejściowej. Ku górze przechodzą one w heterolity o warstwowaniu falistym (fig. 25H), z muskowitem, w których są obecne również niezbyt liczne skamieniałości śladowe: *Chondrites* isp., *Planolites* isp. oraz *Gyrochorte comosa* Heer (fig. 21F). Utwory te powstały w nieco płytszym środowisku dolnego przybrzeża płytszego.

Górna część profilu bajosu górnego (głęb. 763,8–879,9 m) jest zdominowana przez utwory piaskowcowo-mułowcowe (fig. 21E, F). Uzyskany materiał rdzeniowy wskazuje, że występują tu głównie piaskowce o różnej wielkości ziarna: od bardzo drobnoziarnistych do średnio- i gruboziarnistych, w mniejszym stopniu heterolity oraz mułowce. Skały te tworzą cykle o ziarnie zwiększającym się ku górze, rozpoczynające się mułowcami o warstwowaniu soczewkowym lub heterolitami o warstwowaniu falistym, przechodzące w piaskowce o ziarnie zwiększającym się ku górze. Rzadko cykle rozpoczynają się od drobnoziarnistych piaskowców. Spągowe granice cykli są ostre, poziome. W skałach mułowcowych oraz w mułowcowych odcinkach heterolitów częste są skamieniałości śladowe *Chondrites* isp. oraz *Gyrochorte comosa* Heer.

Piaskowce wykazują zazwyczaj warstwowanie przekątne niskokątne lub mają jedynie milimetrowej grubości smugi ilaste. W najwyższym odcinku pojawiają się również piaskowce masywne oraz o warstwowaniu przekątnym rynnowym. Zazwyczaj są one pozbawione skamieniałości śladowych, poza jednym okazem *Ophiomorpha* isp. na głęb. 877,0 m oraz kilkoma okazami *Palaeophycus* isp. na głęb. 864,7–867,5 m.

Miejscami w piaskowcach są obecne nagromadzenia uwęglonej sieczki roślinnej, muskowit oraz wkładki, laminy i soczewki syderytowe. Ponadto w przyspągowej części piaskowców o warstwowaniu przekątnym, na głęb. 854,25 m występują otoczaki piaskowcowe. Podobnie na głęb. 808,6 m, powyżej granicy erozyjnej w spągu pakietu ilastego, stwierdzono poziom z dobrze obtoczonymi otoczakami o wielkości 0,5 cm.

Analiza sedymentologiczna wskazuje, że utwory występujące w obrębie opisanych w profilu cykli o ziarnie o wielkości zwiększającej się ku górze zostały osadzone w środowiskach coraz płytszego morza, od strefy przejściowej przez dolne do środkowego lub górnego przybrzeża płytszego.

Najwyższą część profilu bajosu górnego przewiercono bezrdzeniowo. Z pomiarów geofizycznych wynika, że w dolnej i środkowej części jest to kompleks iłowcowo-mułowcowo-piaskowcowy, a następnie kompleks piaskowcowy w stropie. W rdzeniu z głęb. 755,5–765,0 m została uchwycona granica erozyjna pomiędzy utworami bajosu i batonu (głęb. rdzeniowa 763,8 m). Poniżej tej granicy nawiercono 1,2 m pakiet jasnoszarych, drobnoziarnistych piaskowców o warstwowaniu zmarszczkowym i przekątnym niskokątnym, z poziomo zorientowanym okazem *Ophiomorpha* isp. (fig. 21D). Są to piaskowce powstałe w strefie środkowego przybrzeża płytszego.

Baton

Baton dolny (głęb. 646,0–763,0 m; wg rdzenia 645,75–763,80 m). W otworze wiertniczym Wojszyce IG 3 pełny rdzeń pobrano z dolnej połowy profilu batonu dolnego (głęb. 711,0–765,0 m) (fig. 21 C, D). W materiale rdzeniowym można obserwować 4 cykle o ziarnie rosnącym ku górze i miąższości 11,0; 18,5; 3,0 i 1,5 oraz 2,0 m miąższości cykl o ziarnie malejącym ku górze, który oddziela dwa najgrubsze cykle od cykli cieńszych. Cykle normalne tworzą sekwencję: iłowce i mułowce o warstwowaniu soczewkowym (fig. 22D) – piaskowce i heterolity o warstwowaniu falistym – piaskowce o warstwowaniu przekątnym niskokątnym. W obrębie piaskowców o warstwowaniu przekątnym często obserwuje się drobniejszą cykliczność. Drobniejsze warstwy piaskowca o warstwowaniu przekątnym niskokątnym często są zakończone kilku–kilkunastocentymetrową warstwą piaskowca silnie zbioturbowanego, ściętego przez powierzchnię erozyjną (fig. 22E).

W spągu dwóch dolnych (najgrubszych) cykli występują nagromadzenia dobrze obtoczonych otoczaków drobnoziarnistego piaskowca, o wielkości 0,5–1,0 cm.

Dolne odcinki cykli, o najdrobniejszym ziarnie, charakteryzuje początkowo obecność skamieniałości śladowych *Chondrites targionii* (Brongniart), wyżej współwystępujących z *Planolites* isp. i *P. beverleyensis* (Billings), a następnie zastąpionych przez te ostatnie skamieniałości. Ponadto w dolnej części najniższego cyklu licznie występuje *Teichichnus rectus* Seilacher. W członach piaskowcowych wszystkie wymienione skamieniałości zanikają, a miejscami pojawia się *Palaeophycus* isp.

Ze skałami mułowcowo-iłowcowymi jest związane również występowanie licznych, całych lub pokruszonych, skorupek małży, a na głęb. 750,45 m – spirytyzowanych szczątków roślinnych (fig. 21D). Ponadto w próbkach z głęb. 750,5 oraz 747,7 m stwierdzono kilkanaście otwornic (Smoleń, ten tom).

Sedymentacja opisanych powyżej utworów miała miejsce pomiędzy strefą przejściową a środkowym przybrzeżem płytszym.

Powyżej ostatniego z opisanych cykli (głęb. 722,8 m) następuje szybka zmiana charakteru sedymentacji. Pojawiają się masywne mułowce piaszczyste, a następnie czarne łupki ilaste z licznymi wkładkami i soczewkami syderytowymi oraz ławiczkami całych i pokruszonych skorupek małży – częste są *Bositra buchii* (Roemer). Występują w nich wkładki ciemnoszarych, zbioturbowanych mułowców z *Chondrites targionii* (Brongniart). Często małże są tak liczne, że tworzą warstwy muszlowców (fig. 22H), miejscami zsyderytyzowanych, o grubości od 10 do 45 cm (fig. 21C, D). W próbkach iłowców z głęb. 719,9; 717,7 oraz 711,4 m stwierdzono liczne i zróżnicowane otwornice (Smoleń, ten tom). Geneza tych utworów jest związana ze słabo do silnie dysoksycznym środowiskiem przybrzeża głębszego.

Analiza karotażu górnej, nierdzeniowanej części batonu dolnego (głęb. 682,0–711,0 m), wskazuje na podobne, iłowcowo-mułowcowe wykształcenie litologiczne.

W przystropowym odcinku profilu batonu dolnego następuje stopniowe przejście od utworów drobnoziarnistych do piaskowców. Zostało ono uchwycone w rdzeniach z głęb. 646,75–661,50 m (fig. 21C). W dolnej części odcinka rdzeniowanego występują ciemnoszare mułowce o warstwowaniu soczewkowym i z rozproszonym muskowitem. Wśród skamieniałości śladowych występują dość liczne, lecz nie na tyle, żeby zatrzeć strukturę skały, *Chondrites targionii* (Brongniart) oraz *Schaubcylindrichnus* isp. i *Gyrochorte comosa* Heer. W jednym poziomie zaobserwowano również małże *Bositra buchii* (Roemer). Ku górze mułowce przechodzą w heterolity i piaskowce o warstwowaniu falistym. Wśród skamieniałości śladowych w dalszym ciągu występuje *Schaubcylindrichnus* isp., pojawiają się też *Planolites* isp. i *Lockeia* isp. Strop tworzą drobnoziarniste piaskowce o warstwowaniu smużystym, przykryte następnie przez drobnoziarniste piaskowce masywne, miejscami ze śladami warstwowania przekątnego. W obrębie tych piaskowców licznie występuje *Palaeophycus* isp.

Występujące tu utwory reprezentują osad spłycającego się zbiornika od strefy przejściowej do przybrzeża płytszego.

Baton środkowy (głęb. ?512,5–646,0 m; wg rdzenia ?512,5–645,75 m). Profil batonu środkowego jest w pełni rdzeniowany (fig. 21A–C). W przeważającej mierze zawiera on utwory piaskowcowe. W dolnym odcinku (głęb. 633,25–645,75 m) stwierdzono dwa cykle piaskowców bardzo drobno- i drobnoziarnistych o warstwowaniu falistym, przechodzącym ku górze w warstwowanie smużyste. Wyżej występuje kilka pakietów piaskowców drobno- i średnioziarnistych, z pojedynczymi smugami ilastymi, o ostrych granicach oraz miąższości do 1,5 m. Są to osady dolnego i środkowego przybrzeża płytszego.

Powyżej, oddzielony ostrą granicą, znajduje się piaskowiec średnioziarnisty o barwie szarozielonej oraz warstwowaniu przekątnym niskokątnym. W spągu zaobserwowano okaz *Ophiomorpha* isp. Zielona barwa pochodzi od szamozytu rozproszonego w spoiwie (A. Maliszewska, inf. ustna – na podstawie obserwacji mikroskopowych). W stropie tego pakietu (głęb. 631,25 m) występuje powierzchnia erozyjna, przykryta przez 25 cm warstwę zlepieńca. Zbudowany jest on z dobrze obtoczonych, kulistych lub wydłużonych otoczaków bardzo drobnoziarnistego piaskowca, o wielkości 0,5–1,0 cm oraz z nielicznych muszli małży, tkwiących w zsyderytyzowanym spoiwie mułowcowo-piaskowcowym. Powyżej ponownie pojawia się pakiet piaskowca szarozielonej barwy, lecz o warstwowaniu przekątnym dużej skali (rynnowym) (głęb. 629,7–631,0 m), z nielicznymi zsyderytyzowanymi klastami ilastymi (fig. 21B). Opisane piaskowce stanowią prawdopodobnie osad złożony w obrębie kanału rozprowadzającego na obszarze górnego przybrzeża płytszego.

W stropie szarozielonego piaskowca występuje następna (10 cm) warstwa zlepieńca zbudowana z otoczaków o średnicy od 2–3 mm do 2–3 cm oraz spojonych lekko zsyderytyzowanym spoiwem mułowcowo-piaskowcowym. Jest to zlepieniec transgresywny. Przykryty jest on 2,7 m warstwą bardzo silnie zbioturbowanego mułowca piaszczystego z *Chondrites targionii* (Brongniart) oraz nielicznymi, rozproszonymi otoczakami w spągowych 5 cm. Ku górze pojawiają się szare, drobnoziarniste piaskowce ze smugami ilastymi, a następnie o warstwowaniu smużystym (fig. 21B). Są to osady powstałe w strefie przejściowej i dolnego przybrzeża płytszego.

Na głęb. 620,80–620,95 m jest obecna następna warstwa zlepieńca transgresywnego. Powyżej niej stwierdzono dużej miąższości (40,1 m) pakiet skał o ziarnie rosnącym ku górze (fig. 21B). W dolnej części (głęb. 600,85–620,95 m) tworzy go piaskowiec kwarcowy bardzo drobnoziarnisty, szary, o strukturach zatartych przez silną, a w dolnej części bardzo silną bioturbację. Miejscami występują tu wkładki mułowca piaszczystego z *Chondrites targionii* (Brongniart). Na głęb. 601,0–608,0 m są obecne skamieniałości śladowe *Asterosoma* isp., *Palaeophycus* isp., *Skolithos* isp., *Schaubcylindrichnus* isp. Powyżej bioturbacja staje się mniej intensywna, piaskowiec przechodzi stopniowo w drobnoziarnisty, wyraźne staje się warstwowanie faliste, smużyste-faliste, a następnie na głęb. 589,5–592,1 m występują pojedyncze smugi ilaste. We wkładkach mułowcowych dość liczny jest *Planolites* isp. W najwyższej części pakietu piaskowcowego (głęb. 581,4–589,5 m) pojawia się warstwowanie zmarszczkowe, a jedynymi obserwowanymi skamieniałościami śladowymi są: *Ophiomorpha* isp. oraz w jednym przypadku *Skolithos* isp. Utwory tego cyklu wskazują na stopniowe spłycanie się basenu od strefy przejściowej, przez dolne przybrzeże płytsze do środkowego przybrzeża płytszego.

Cykl ten nie kończy się żadną ostro zaznaczającą się powierzchnią, lecz stopniowo ku górze następuje wzrost udziału materiału ilastego. Pojawiają się piaskowce o warstwowaniu falistym, szybko przechodzące w zlepieniec o miąższości 0,25 m. Zarówno dolna, jak i górna granica zlepieńca wykazuje stopniowe przejście w skały otaczające, a największej wielkości otoczaki (do 4 cm) występują w jego środkowej części. Przykryty jest on przez 0,3 m warstewkę mułowca całkowicie zbioturbowanego przez *Chondrites targionii* (Brongniart). Powyżej ostrej granicy w stropie mułowca (fig. 21A, B), pojawia się miąższy kompleks piaskowcowy (głęb. 563,20–580,45 m), utworzony z drobnoziarnistych piaskowców o warstwowaniu falistym. Są to utwory słabo do średnio zbioturbowanych, początkowo z *Asterosoma* isp. i *Schaubcylindrichnus* isp., a następnie z *Ophiomorpha* isp., *Palaeophycus* isp. i *Planolites* isp. Na głęb. 568,4–568,7 m jest ponadto obecny liczny detryt cienkoskorupowej fauny małżowej. Opisane utwory zostały osadzone w obrębie dolnego, a wyżej – środkowego przybrzeża płytszego.

Górny odcinek profilu batonu środkowego (głęb. 512,5–562,5 m) jest słabiej udokumentowany, ze względu na znacznie mniejszy uzysk rdzenia.

W najniższej części profilu występują piaskowce bardzo drobnoziarniste o warstwowaniu falitym szybko przechodzące w piaskowce drobnoziarniste ze smugami ilastymi, a następnie w piaskowce bardzo drobnoziarniste o warstwowaniu smużystym. Brak w nich zazwyczaj skamieniałości śladowych, jedynie w obrębie warstwowania falistego stwierdzono obecność *Planolites* isp. Piaskowce tego odcinka profilu reprezentują odpowiednio strefę górnego przybrzeża płytszego oraz równi piaszczystej strefy międzypływowej.

Na głęb. 541,7 m następuje wyraźna zmiana charakteru osadu (fig. 21A). Pojawia się 1,4 m pakiet piaskowca różnoziarnistego drobno- i średnioziarnistego o barwie szaro-beżowo-żółtej. W dolnej części jest on masywny, z kawałkami węgla ułożonymi poziomo, natomiast w górnej części początkowo o warstwowaniu przekątnym niskokątnym, a następnie zmarszczkowym. Na głęb. 532,5–540,3 m barwa piaskowca się zmienia na wiśniowoszarą, pojawia się też warstwowanie przekątne dużej skali (rynnowe), domieszka grubego ziarna oraz niezbyt liczne klasty mułowe. W stropie są obecne dwie jamki *Skolithos* isp. Ku górze stopniowo zanikają barwy wiśniowe oraz domieszka ziarna grubszego, natomiast pojawiają się smugi węgliste oraz soczewki węgla. Obserwuje się również detryt cienkoskorupowych małży.

Na głęb. 529,85–530,0 m występuje poziom zlepieńców z powierzchnią erozyjną w spągu. Otoczaki mają wielkość od kilku milimetrów do 3–4 cm i są zbudowane z szarego, drobnoziarnistego piaskowca z obwódkami syderytycznymi. Tkwią one w szarym spoiwie piaszczystym. Ku górze stopniowo pojawiają się piaskowce drobno- i średnioziarniste, przypominające sekwencję poniżej. Początkowo są to piaskowce o barwie żółtoszarej, o warstwowaniu przekątnym niskokątnym, a następnie o barwie wiśniowej i warstwowaniu przekątnym dużej skali (rynnowym; głęb. 526,0–529,85 m) (fig. 21A). Analiza mikroskopowa szlifu z głęb. 527,8 m wskazuje na obecność ankerytu oraz licznych wodorotlenków żelaza, a także pojedynczych ooidów żelazistych (A. Maliszewska, inf. ustna). Opisane piaskowce reprezentują prawdopodobnie osad kanałów rozprowadzających w obrębie równi pływowej. Czerwona barwa osadu sugeruje domieszkę materiału triasowego w spoiwie, pochodzącego prawdopodobnie z niszczenia pobliskiego obszaru wysadów solnych Lubień i Łanięta.

Powyżej, na głęb. 520,0–526,0 m, ponownie występują jasnoszare piaskowce bardzo drobno- i drobnoziarniste, ze smugami ilastymi, muskowitem oraz nielicznymi małżami. Stwierdzono też w nich obecność dwóch wkładek zlepieńca o miąższości 0,30 i 0,55 m. W szlifie z głęb. 521,2 m obserwuje się szamozyt rozproszony w spoiwie oraz w postaci cienkich obwódek na ziarnach kwarcu, tworzących tzw. ooidy typu powierzchniowego (A. Maliszewska, inf. ustna). Są to prawdopodobnie ponownie osady kanałów rozprowadzających, a poziomy zlepieńców stanowią bruk korytowy.

W przystropowej części utworów batonu środkowego, na głęb. 516,4 m następuje gwałtowna zmiana charakteru osadu. Pojawiają się margle dolomityczne z rozproszonymi w tle skalnym otoczakami piaskowca bardzo drobnoziarnistego, z obwódkami syderytycznymi, o wielkości od kilku mm do 3,0 cm. Otoczaki te pojawiają się 10 cm ponad spągową granicą margli, a ich wielkość maleje ku górze. Na głęb. 514,7 m rozpoczyna się sedymentacja szarozielonych mułowców piaszczystych, ku górze przechodzących w piaskowce o spoiwie szamozytowym, z ooidami żelazistymi o wielkości 1–2 mm, maksymalnie do 4 mm oraz dwoma poziomymi śladami *Ophiomorpha* isp. W stropowych 35 cm, oddzielone ostrą granicą, ponownie pojawiają się szare piaskowce o warstwowaniu smużystym (fig. 21A). Geneza tych utworów nie jest do końca wyjaśniona. Pewne jest, że są to bardzo płytkomorskie osady, powstałe w pobliżu brzegu, prawdopodobnie ujścia rzeki, która dostarczała związków żelaza z lądu i w której strefach przyujściowych tworzyły sie ooidy żelaziste. Możliwe jest również, że ooidy były przynoszone przez prądy z obszaru kratonu położonego na wschód lub północny wschód od otworu wiertniczego. Na obszarze tym często stwierdza się występowanie ooidów żelazistych w obrębie równowiekowych osadów rampy węglanowej.

Górna granica batonu środkowego, wyznaczona na podstawie karotażu, występuje prawdopodobnie na głęb. 512,5 m, a więc nieco powyżej odcinka rdzeniowanego.

Baton górny (głęb. 490,0–?512,5 m). Baton górny przewiercono bezrdzeniowo. Z analizy krzywych geofizycznych wynika, że budują go piaskowce wapnisto-dolomityczne.

Kelowej
(głęb. 476,0–490,0 m)

Z tego odcinka pobrano tylko jeden rdzeń na głęb. 483,0–488,0 m. Jest to wapień piaszczysty jasnoszary do białego, ze skupieniami poziomych lamin ilastych. Badania mikroskopowe wykazały, że miejscami jest on zdolomityzowany lub impregnowany krzemionką (J. Dadlez, 1991). Występują w nich szkarłupnie impregnowane krzemionką oraz nieliczne ziarna wtórnego glaukonitu (A. Maliszewska, inf. ustna). Są to utwory przybrzeża płytszego w obrębie szelfu węglanowo-klastycznego.

Anna FELDMAN-OLSZEWSKA

WYNIKI BADAŃ SEDYMENTOLOGICZNYCH UTWORÓW JURY ŚRODKOWEJ Z OTWORU WIERTNICZWEGO WOJSZYCE IG 4

Utwory jury środkowej z otworu wiertniczego Wojszyce IG 4 były w 52,9% rdzeniowane, przy bardzo dobrym uzysku rdzenia wynoszącym 97,1%. Materiał rdzeniowy, podobnie jak pochodzący z otworów Wojszyce IG 1a i IG 3, wykorzystano do rozpoznania środowisk sedymentacji jury środkowej na Kujawach, w ramach pracy doktorskiej wykonanej w Państwowym Instytucie Geologicznym (Feldman-Olszewska, 2005). Przeprowadzono tu tego samego typu obserwacje rdzenia, jak opisane dla otworu Wojszyce IG 1a (Feldman-Olszewska, ten tom). Wszystkie zebrane dane wraz z ich interpretacją środowiskową zostały umieszczone na zbiorczym profilu sedymentologicznym sporządzonym początkowo w skali 1:500 (fig. 23A–L[3]).

Aalen

Aalen dolny (głęb. 1815,0–?1911,0 m; wg rdzenia 1815,0–?1913,6 m) jest wykształcony w postaci piaskowców różnego typu. W otworze wiertniczym Wojszyce IG 4 profil prawie w pełni przerdzeniowano (fig. 23L, M); jedynie stropowy 6-metrowy odcinek oraz granica z aalenem górnym nie mają dokumentacji rdzeniowej.

Granica pomiędzy utworami jury dolnej i środkowej, podobnie jak w pozostałych otworach, postawiono w miejscu, w którym na utworach rzecznych pojawiają się osady mające wskaźniki wpływów płytkomorskich. W profilu Wojszyce IG 4, stropowy odcinek dolnojurajskich warstw borucickich jest wykształcony w postaci bardzo drobnoziarnistych piaskowców o warstwowaniu zmarszczkowym, osadzonych w środowiskach glifów krewasowych i wałów przykorytowych oraz iłowców i pyłowców reprezentujących równię zalewową. Na opisanych utworach pojawiają się drobnoziarniste piaskowce o warstwowaniu smużystym i smużystym-falistym ze skamieniałościami śladowymi *Diplocraterion parallelum* Torell (głęb. 1904,2–1913,6 m) (fig. 23L), zaliczone już do aalenu dolnego. Reprezentują one środowisko równi piaszczystej i mieszanej w obrębie estuarium.

[3] Figura 23 znajduje się w kieszeni na końcu książki

Podobne kompleksy kilkumetrowej miąższości piaskowców bardzo drobno- i drobnoziarnistych, o warstwowaniu smużystym-falistym, przedzielonych niekiedy piaskowcami z przesmużeniami ilastymi oraz bardzo licznie występującym *Diplocraterion parallelum* Torell, pojawiają się w dolnej i środkowej części profilu kilkakrotnie. Przedzielają je podobnej miąższości pakiety średnio- i gruboziarnistych piaskowców masywnych, o warstwowaniu przekątnym dużej skali lub o warstwowaniu przekątnym tabularnym (fig. 23K). W piaskowcach tych brak jest jakichkolwiek skamieniałości śladowych oraz fauny. Niekiedy obserwuje się w nich klasty ilaste lub wpryśnięcia albo kilkumilimetrowej grubości przewarstwienia węgli. Są to utwory powstałe w środowisku barier i kanałów rozprowadzających w obrębie estuarium.

Na głęb. 1846,0–1848,5 m występują mułowce o laminacji soczewkowej, również zawierające *Diplocraterion parallelum* Torell. Ponadto na głęb. 1885,0–1888,4 m stwierdzono mułowce o laminacji soczewkowej z odciskami roślin. Mułowce te powstały na obszarze równi mułowej w obrębie estuarium.

W górnej części profilu, na głęb. 1821,0–1846,0 m, następuje zmiana charakteru sedymentacji. Występuje tu kompleks piaskowcowy o ziarnie stopniowo malejącym ku górze. Są to piaskowce różnoziarniste, początkowo od drobno- do gruboziarnistych, następnie drobno- i średnioziarniste, a w górnej części drobno-, a następnie bardzo drobnoziarniste. Obecny jest w nich muskowit, rozproszony lub skupiony w postaci lamin pył węglisty, a w członach o ziarnie najgrubszym – uwęglona sieczka roślinna. Struktury sedymentacyjne obserwowane w tych piaskowcach, szczególnie w ich niższej części, są bardzo zmienne. Występuje tu naprzemian warstwowanie przekątne tabularne oraz rynnowe (fig. 22G), niskokątne, a także warstwowanie jodełkowe małej skali (fig. 22C), warstwowanie smużyste oraz piaskowce z pojedynczymi smugami substancji ilastej, a niekiedy węglistej. Miąższość poszczególnych zestawów waha się w granicach 0,1–0,4 m. W tej części profilu zazwyczaj brak skamieniałości śladowych oraz fauny. Jedynie w odcinku najniższym oraz w stropowych 3 m rdzeniowanego odcinka aalenu dolnego pojawiają się jamki *Diplocraterion parallelum* Torell (fig. 23K). Piaskowce górnego odcinka profilu aalenu dolnego powstały w środowisku ujścia estuarium, w obrębie kanałów rozprowadzających i wałów piaszczystych.

Aalen górny (głęb. ?1663,0–1815,0 m). Utwory aalenu górnego są bardzo słabo udokumentowane, gdyż z całego 152 m odcinka pobrano jedynie cztery kilkumetrowe rdzenie. Granice wyznaczono na podstawie pomiarów geofizycznych, przy czym dolna granica nie budzi wątpliwości, natomiast górna została postawiona w przybliżeniu. Na podstawie krzywych geofizycznych oraz dostępnych rdzeni wiertniczych można stwierdzić, że aalen górny jest wykształcony w postaci typowych dla całego obszaru czarnych łupków ilastych, bezstrukturalnych lub niekiedy z drobną laminacją soczewkową. Obecne są w nich kuliste konkrecje marglisto-syderytowe, a ponadto w jednym miejscu fragment spirytyzowanej flory, fragment amonita oraz skorupka małża (fig. 23I, J). Mikrofauna występuje tu bardzo nielicznie – na głęb. 1804,4 m znaleziono jeden okaz otwornicy *Ammodiscus* sp., natomiast na głęb. 1778,2 m kilka nieoznaczalnych otwornic (Smoleń, 1990). Lupki ilaste aalenu górnego powstały w środowisku przybrzeża głębszego basenu epikontynentalnego, w strefach od słabo do silnie dysoksycznych lub anoksycznych (Feldman-Olszewska, 2005).

Bajos

Bajos dolny (głęb. 1570,0–?1663,0 m) został w pełni udokumentowany na odcinku 1590,0–1642,0 m, który stanowi środkową część profilu. Uzyskano tu dość jednolity materiał rdzeniowy wskazujący na stopniowy wzrost wielkości ziarna ku górze (fig. 23H). W dolnej części są obecne czarne łupki ilaste o laminacji soczewkowej, przechodzące ku górze w mułowce o laminacji i warstwowaniu soczewkowym. W całym odcinku obserwuje się kuliste oraz soczewkowe konkrecje syderytyczne. W iłowcach występują nieliczne spirytyzowane szczątki roślinne oraz kilka drobnych małży. W mułowcach są obecne skamieniałości śladowe *Planolites beverleyensis* (Billings) (fig. 24I) oraz *Gyrochorte comosa* Heer. W 18 próbkach mikropaleontologicznych pobranych z tego odcinka profilu nie znaleziono żadnej mikrofauny (Smoleń, 1990). Opisane łupki ilaste powstały w środowisku przybrzeża głębszego, w strefach od słabo do silnie dysoksycznych lub anoksycznych (Feldman-Olszewska, 2005).

Górny, 20-metrowy odcinek profilu nie ma dokumentacji rdzeniowej. Krzywa gamma (PG) wskazuje, że najwyższy odcinek bajosu dolnego tworzą w przeważającej mierze utwory piaskowcowe, z wkładkami mułowców w części przystropowej.

Bajos górny (głęb. 1249,5–1570,0 m; wg rdzenia 1248,65–1570,00 m). Profil bajosu górnego w dolnym i środkowym odcinku (głęb. 1359,5–1570,0 m) był słabo rdzeniowany; pobrano z niego jedynie rdzenie kontrolne o miąższości 6 m (fig. 23). Krzywa PG oraz materiał rdzeniowy z tego odcinka profilu (do głęb. rdzeniowej 1344,25 m) wskazują na wykształcenie iłowcowe. Są to łupki ilaste o barwie czarnej, z muskowitem, konkrecjami i wkładkami syderytowymi, a także nieliczną spirytyzowaną sieczką roślinną. W odcinku przyspągowym oraz przystropowym stwierdzono ponadto iłowce o laminacji soczewkowej oraz mułowce i heterolity o warstwowaniu soczewkowym, falistym i smużystym, w których są obecne skamieniałości śladowe *Planolites* isp. i *Chondrites targionii* (Brongniart) (fig. 23H) oraz odciski drobnych małży. Miejscami stwierdzono nieliczne otwornice bentoniczne z rodzajów: *Lenticulina* sp., *Eoguttulina* sp., *Astacolus* sp., i *Recurvoides* sp., a ponadto kilka małżoraczków (Smoleń, 1990). Podobnie jak łupków aalenu górnego i bajosu dolnego, sedymentacja tych utworów miała miejsce w środowisku przybrzeża głębszego, w strefach od słabo do silnie dysoksycznych lub anoksycznych. Wkładki ze skamieniałościami śladowymi reprezentują natomiast strefę przejściową.

Górny odcinek bajosu górnego, występujący na głęb. 1248,65–1359,50 m, został w pełni przerdzeniowany. Ma on jednocześnie dobrą dokumentację stratygraficzną (Barski, ten tom). Profil najwyższego bajosu od głęb. 1344,25 m jest w przeważającej mierze piaskowcowy, chociaż są w nim

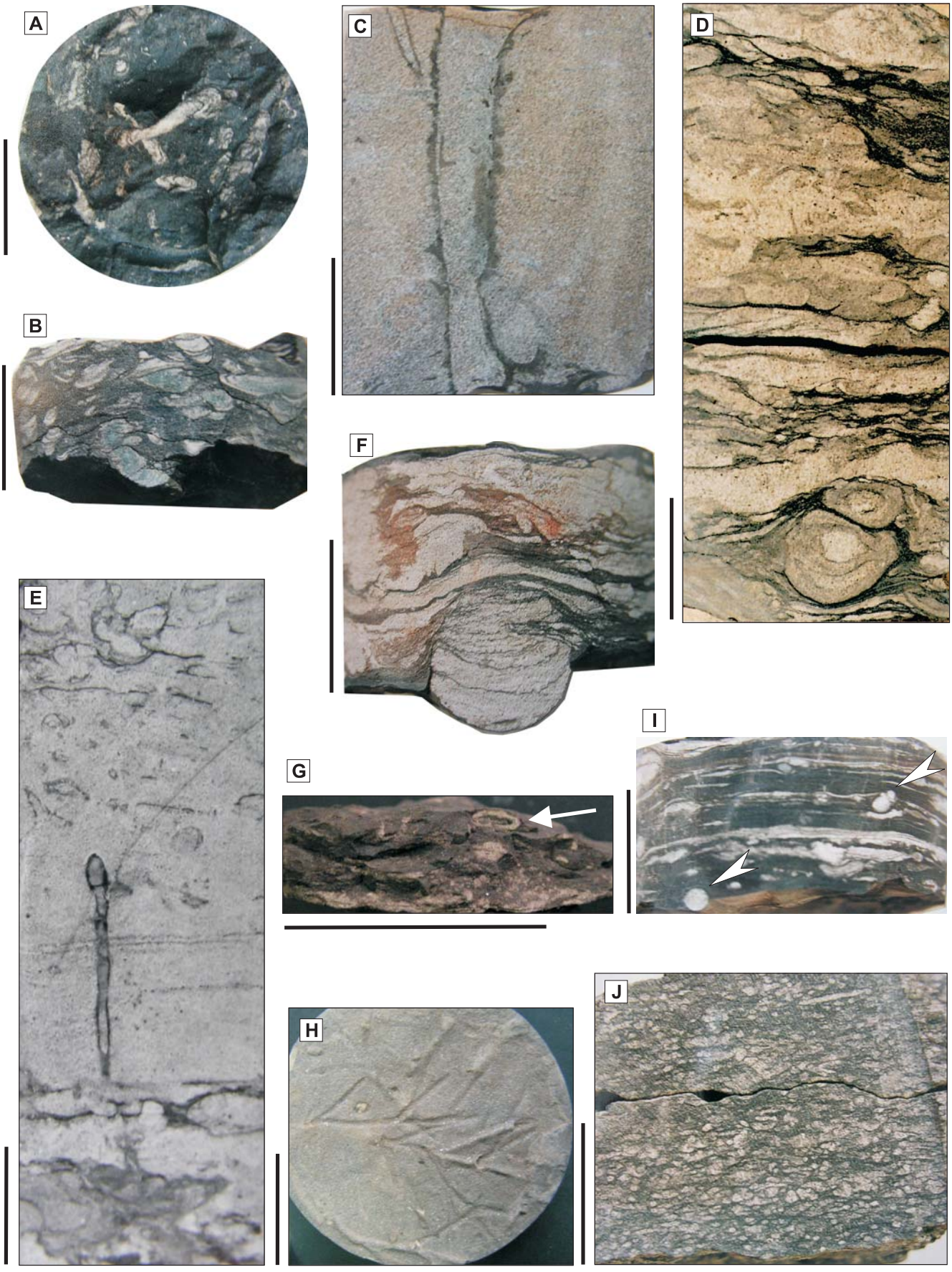

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J

Fig. 24. A. *Teichichnus rectus* Seilacher; dolne przybrzeże płytsze; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1224,1–1235,6 m, rdz. 2.95 m; przekrój poziomy przez okaz z fig. 24B; baton dolny; skala 4 cm. **B.** Mułowiec całkowicie zbioturbowany przez *Teichichnus rectus* Seilacher; dolne przybrzeże płytsze; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1224,1–1235,6 m, rdz. 2.95 m; baton dolny; skala 4 cm. **C.** *Ophiomorpha* isp.; środkowe przybrzeże płytsze; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1086,8–1096,3 m, rdz. 2,4–2,5 m; baton środkowy; skala 4 cm. **D.** *Asterosoma* isp.; dolne przybrzeże płytsze; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1098,3–1105,0 m, rdz. 4,5–4,7 m; baton środkowy; skala 4 cm. **E.** *Skolithos* isp. w silnie zbioturbowanym piaskowcu drobnoziarnistym; środkowe przybrzeże płytsze; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1235,6–1240,0 m, rdz. 1,3–1,5 m; baton dolny; skala 4 cm. **F.** *Teichichnus rectus* Seilacher, dolne przybrzeże płytsze; otw. wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 892,0–896,0 m, rdz. 2,45 m; bajos górny; skala 4 cm. **G.** *Schaubcylindrichnus* isp.; dolne przybrzeże płytsze; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1075,3–1086,8 m, rdz. 1,45 m; baton środkowy; skala 4 cm. **H.** *Chondrites targioni* (Brongniart); dolne przybrzeże płytsze; otw. wiert. Wojszyce IG 4 m, głęb. 1336,0–1347,0 rdz. 8,4 m; bajos górny; skala 4 cm. **I.** Iłowiec mułowcowy o laminacji soczewkowej z *Planolites beverleyensis* (Billings); przybrzeże głębsze słabo dysoksyczne; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1590,0–1601,1 m, rdz. 3,35 m; bajos dolny; skala 4 cm. **J.** Mułowiec całkowicie zbioturbowany przez *Chondrites targioni* (Brongniart); dolne przybrzeże płytsze; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1105,0–1115,0 m, rdz. 4,50–4,55 m; baton środkowy; skala 4 cm

A. *Teichichnus rectus* Seilacher; lower shoreface; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1224.1–1235.6 m, core 2.95 m; horizontal cross-section of specimen from Fig. 24B; Lower Bathonian; scale 4 cm. **B.** Mudstone fully bioturbated by *Teichichnus rectus* Seilacher; lower shoreface; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1224.1–1235.6 m, core 2.95 m; Lower Bathonian; scale 4 cm. **C.** *Ophiomorpha* isp.; middle shoreface; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1086.8–1096.3 m, core 2.4–2.5 m; Middle Bathonian; scale 4 cm. **D.** *Asterosoma* isp.; lower shoreface; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1098.3–1105.0 m, core 4.5–4.7 m; Middle Bathonian; scale 4 cm. **E.** *Skolithos* isp. in highly bioturbated fine-grained sandstone; middle shoreface; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1235.6–1240.0 m, core 1.3–1.5 m; Lower Bathonian; scale 4 cm. **F.** *Teichichnus rectus* Seilacher; lower shoreface; Wojszyce IG 1a borehole, depth 892.0–896.0 m, core 2.45 m; Upper Bajocian; scale 4 cm. **G.** *Schaubcylindrichnus* isp.; lower shoreface; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1075.3–1086.8 m, core 1.45 m; Middle Bathonian; scale 4 cm. **H.** *Chondrites targioni* (Brongniart); lower shoreface; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1336.0–1347.0 m, core 8.4 m; Upper Bajocian; scale 4 cm. **I.** Muddy claystone with lenticular lamination with *Planolites beverleyensis* (Billings); weakly disoxic offshore; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1590.0–1601.1 m, core 3.35 m; Lower Bajocian; scale 4 cm. **J.** Mudstone fully bioturbated by *Chondrites targioni* (Brongniart); lower shoreface; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1105.0–1115.0 m, core 4.50–4.55 m; Middle Bathonian; scale 4 cm

obecne kilkumetrowe pakiety o ziarnie drobniejszym. Utwory układają się w kilku–kilkunastometrowe cykle, zazwyczaj o ziarnie rosnącym ku górze.

Sedymentację tej części profilu rozpoczyna 6,5 m miąższości kompleks piaskowca bardzo drobnoziarnistego o warstwowaniu przekątnym niskokątnym, z wkładką heterolitu o warstwowaniu soczewkowym z *Planolites beverleyensis* (Billings) oraz wkładką syderytu. Jest on oddzielony ostrymi granicami w spągu i stropie (fig. 23E). Powyżej, na głęb. 1330,5–1337,75 m, występuje pierwszy kompleks o ziarnie rosnącym ku górze. Rozpoczyna go heterolit o warstwowaniu falistym z wkładką piaskowca o warstwowaniu kopułowym (HCS), muskowitem, pirytem oraz skamieniałościami śladowymi: *Chondrites targionii* (Brongniart), *Planolites beverleyensis* (Billings), *Schaubcylindrichnus* isp., *Teichichnus rectus* Seilacher. Ku górze przechodzi on w piaskowiec drobnoziarnisty o warstwowaniu smużystym-falistym, a następnie w piaskowiec różnoziarnisty o warstwowaniu przekątnym dużej skali, o zestawach o grubości do 10 cm. Opisany kompleks skalny oddziela od nadległego 0,2 m wkładka bardzo drobnoziarnistego, masywnego piaskowca dolomitycznego. W przeważającej mierze są to utwory dolnego przybrzeża płytszego, w części najwyższej przechodzące w przybrzeże płytsze środkowe i górne.

Kompleks nadległy (głęb. 1320,0–1330,3 m), o ziarnie malejącym ku górze, tworzą w dolnej części piaskowce średnio- i gruboziarniste o warstwowaniu przekątnym dużej skali, wyżej przechodzące w piaskowce drobno-, a następnie bardzo drobnoziarniste, masywne. Piaskowiec ten jest ścięty od góry przez następny pakiet skalny, utworzony przez jednometrowy zdolomityzowany piaskowiec różnoziarnisty (średnio- i gruboziarnisty), o warstwowaniu przekątnym dużej skali, z otoczakami piaskowca o wielkości 0,5–1,0 cm, klastami ilastymi oraz kaolinitem w porach (fig. 23E). Są to prawdopodobnie osady kanałów rozprowadzających w obrębie górnego przybrzeża płytszego.

Powyżej ponownie stwierdzono pakiet piaskowcowy o ziarnie rosnącym ku górze. Rozpoczyna go drobnoziarnisty piaskowiec o warstwowaniu przekątnym niskokątnym z *Palaeophycus* isp., przechodzącym stopniowo w warstwowanie faliste, a następnie w piaskowiec masywny lub z pojedynczymi smugami ilastymi. Wyżej stopniowo piaskowiec staje się średnioziarnisty, z coraz większą domieszką ziarna grubego ku górze. W stropie pojawiają się liczne otoczaki piaskowcowe, o wielkości 0,5–1,0 cm. Są to ponownie utwory osadzone na obszarze środkowego, a następnie górnego przybrzeża płytszego.

Na głęb. 1313,0 m rozpoczyna się następny cykl sedymentacyjny o ziarnie rosnącym ku górze (fig. 23E). Początkowo są to mułowce o warstwowaniu soczewkowym z *Planolites beverleyensis* (Billings) oraz *Chondrites* isp., pirytem oraz rozproszonymi otoczakami piaskowca w spągu. Wyżej pojawiają się drobnoziarniste piaskowce o warstwowaniu przekątnym niskokątnym, występujące na przemian z piaskowcami o warstwowaniu falistym. W górnej części cyklu występują odgrodzone ostrymi powierzchniami pakiety piaskowca drobnoziarnistego o warstwowaniu tabularnym nachylonym pod kątem 12°, a następnie na przemian kilkumetrowe pakiety piaskowca średnioziarnistego z domieszką ziaren grubszych oraz piaskowca drobnoziarnistego o warstwowaniu przekątnym dużej skali i z otoczakami piaskowcowymi w stropie. Analiza sedymentologiczna opisanych utworów wskazuje, że powstały one w środowisku coraz płytszego basenu morskiego, od strefy przejściowej, przez dolne i środkowe przybrzeże płytsze, po środowisko kanałów rozprowadzających w obrębie przybrzeża głębszego.

Nowy cykl piaskowcowy, o miąższości 18,2 m, rozpoczyna się na głęb. 1294,0 m (fig. 23D, E). Jest to cykl o ziarnie rosnącym ku górze, w obrębie którego obserwuje się kilka powierzchni erozyjnych. W dolnym odcinku są to piaskowce ze smugami ilastymi i *Palaeophycus* isp. oraz dość silnie zbioturbowane piaskowce o warstwowaniu falistym i smużystym-falistym z *Planolites beverleyensis* (Billings), *Chondrites* isp., *Schaubcylindrichnus* isp. oraz ?*Spongeliomorpha* isp. W górnym odcinku pojawiają się różnoziarniste piaskowce o warstwowaniu przekątnym dużej skali, miejscami z uwęgloną sieczką roślinną, bez śladów bioturbacji. Są to utwory powstałe w środowisku coraz płytszego przybrzeża płytszego.

Na głęb. 1248,65–1275,8 m, obejmującej stropowy odcinek bajosu, następuje zmiana charakteru sedymentacji (fig. 23D). Profil jest zdominowany przez heterolity o warstwowaniu falistym, w których obserwuje się pojedyncze, ostro odgraniczone wkładki o warstwowaniu kopułowym oraz mułowce o warstwowaniu soczewkowym. Podrzędnie występują bardzo drobnoziarniste piaskowce o warstwowaniu smużystym oraz przekątnym niskokątnym i zmarszczkowym. Większość typów warstwowania następuje po sobie stopniowo, bez ostrych granic. W skałach jest obecny liczny muskowit, szczególnie w części wyższej, oraz wkładki syderytowe, a w najniższej części również klasty ilaste oraz otoczaki piaskowcowe. Utwory te miejscami są silnie zbioturbowane; szczególnie licznie występuje *Chondrites targionii* (Brongniart), a rzadziej *Planolites beverleyensis* (Billings) oraz *Palaeophycus* isp. Nielicznie występują małże, wyjątek stanowi 0,25 m wkładka muszlowca syderytowego na głęb. 1266,1 m. Utwory te reprezentują strefę przejściową oraz dolne przybrzeże płytsze. W dolnym odcinku obserwuje się dominację tych pierwszych środowisk, natomiast wyżej tych drugich, co wskazuje na bardzo powolny ale wyraźny trend spłycający ku górze, występujący w najwyższej części profilu bajosu górnego.

Baton

Baton dolny (głęb. 1146,0–1249,5 m; wg rdzenia 1146,0–1248,65 m). Najniższą część batonu dolnego stanowi odcinek profilu wykształcony podobnie jak najwyższy bajos górny. Został on w znacznej mierze przerdzeniowany (głęb. 1215,0–1248,65 m) (fig. 23D).

Profil rozpoczyna 15 cm warstwa zlepieńca, który jest przykryty przez 3,35 m miąższości odcinek skał mułowcowych o warstwowaniu soczewkowym oraz przekładańców o warstwowaniu falistym z wkładkami piaskowców o warstwowaniu zmarszczkowym i przekątnym niskokątnym (fig. 23D). W części najwyższej w mułowcu jest obecny bardzo liczny *Teichichnus rectus* Seilacher. Są to utwory powstałe w środowisku dolnego przybrzeża płytszego. Przykrywa je prawie 5 m kompleks piaskowców drobnoziarnistych, o warstwowaniu przekątnym tabularnym, ku górze przechodzących w piaskowce z milimetrowej grubości smugami substancji ilastej oraz z *Palaeophycus* isp. Ich sedymentacja nastąpiła w strefie środkowego przybrzeża płytszego.

Powyżej, na głęb. 1241,3 m, występuje zlepieniec z otoczakami piaskowca o wielkości 0,5–3,0 m oraz muszlami gruboskorupowych małży, wskazujący na początek następnego cyklu. Cały rdzeń występujący ponad zlepieńcem tworzą na przemian silnie zbioturbowane szare piaskowce drobno- i bardzo drobnoziarniste o warstwowaniu smużystym-falistym lub falistym, miejscami z wkładkami o warstwowaniu kopułowym oraz dużo słabiej zbioturbowane piaskowce o laminacji przekątnej niskokątnej. Ku górze profilu stopień zbioturbowania osadu nieznacznie maleje. W piaskowcach z głęb. 1230,7–1237,6 m są obecne jedynie *Ophiomorpha* isp., *Palaeophycus* isp. oraz nieliczne *Skolithos* isp. (fig. 24E). Obecność jedynie śladów filtratorów wskazuje na sedymentację w obrębie środkowego przybrzeża płytszego. Wyżej (głęb. 1215,0–1230,7 m) występują zarówno ślady filtratorów (*Palaeophycus* isp.), jak i organizmów mułożernych (*Planolites* isp., *Teichichnus* isp. – fig. 24A, B; nieliczne *Chondrites* isp.). Ich współwystępowanie wskazuje na środowisko dolnego przybrzeża płytszego.

Wyższy odcinek batonu dolnego w zdecydowanej większości nie był rdzeniowany. Rdzeń pobrano jedynie z najwyższego fragmentu profilu (głęb. 1146,0–1160,5 m). Interpretacja krzywych geofizycznych wskazuje, że ten fragment profilu budują skały iłowcowo-mułowcowe. W rdzeniu z najwyższego odcinka stwierdzono czarne mułowce ilaste masywne lub z pojedynczymi soczewkowatymi laminkami pyłowca (fig. 22B), ku górze przechodzące w mułowce, o laminacji soczewkowej, z konkrecjami syderytowymi, licznymi małżami (między innymi duże *Bositra buchii* Roemer), muszlowcem w spągu, licznymi otwornicami wapiennymi i małżoraczkami (Smoleń, ten tom) oraz spirytyzowaną sieczką roślinną na głęb. 1152,6 m (fig. 23C). Nawiercone utwory reprezentują przejście od środowiska słabo dysoksycznego przybrzeża głębszego w strefę przejściową.

Baton środkowy (1000,5–1146,0 m; wg rdzenia ?999,6–1146,0 m). Ten odcinek profilu został w pełni przerdzeniowany (fig. 23A–C). Posiada też doskonałą dokumentację stratygraficzną na podstawie cyst Dinoflagellata (Barski, ten tom).

Najniższy odcinek profilu stanowi kontynuacją sedymentacji najwyższego odcinka batonu dolnego. Do głęb. 1132,2 m obserwuje się stopniowe zwiększanie grubości ziarna, ku górze mułowiec staje się coraz bardziej piaszczysty, przechodząc w heterolit, a następnie w kończący cykl sedymentacyjny piaskowiec o warstwowaniu falistym i smużystym. Jednocześnie pojawiają się skamieniałości śladowe, powodujące dość silne zbioturbowanie osadu. Początkowo na głęb. 1139,3–1149,0 m występuje jedynie liczny *Chondrites targionii* (Brongniart), a następnie od głęb. 1147,2 m *Schaubcylindrichnus* isp. Od głęb. 1138,0 m pojawia się *Planolites* isp. oraz pojedyncze *Asterosoma* isp., zanika natomiast *Chondrites* isp. Zmiany struktur sedymentacyjnych oraz skamieniałości śladowych dokumentują ciągłe przejście od, zaliczonych do dolnego batonu, osadów strefy przejściowej, do dolnego przybrzeża płytszego, a następnie do środkowego przybrzeża płytszego.

Nowy cykl sedymentacyjny, charakteryzujący się wzrostem wielkości ziarna ku górze, występuje na głęb. 1080,1–1131,6 m (fig. 23B, C). Rozpoczyna go 20 cm warstwa zlepieńca z otoczakami piaskowca o wielkości 0,5–1,0 cm, pojawiająca się szybko, ale bez wyraźnej erozji. W stosunku do przystropowego odcinka cyklu leżącego poniżej, utwory występujące powyżej zlepieńca charakteryzują się bardziej mułowcowym wykształceniem. Jednocześnie następuje również zmiana typu obserwowanych skamieniałości śladowych. Ponownie, jako jedyna skamieniałość, licznie pojawia się *Chondrites targionii* (Brongniart). Ku górze, aż do głęb. 1099,0 m, rośnie stopniowo udział materiału piaszczystego w mułowcu, jednak na całym tym odcinku osad jest średnio lub silnie zbioturbowany, co powoduje częściowe lub całkowite zatarcie struktur sedymentacyjnych. Wśród skamieniałości śladowych w całym odcinku liczne są *Chondrites targionii* (Brongniart) (powodujący miejscami całkowite zbioturbowanie osadu; fig. 24J), *Schaubcylindrichnus* isp. i *Asterosoma* isp. (fig. 24D). Ponadto na głęb. 1102,85–1107,00 m występuje *Planolites* isp., a na głęb. 1115,20–1116,45 m *Skolithos* isp.

Górny odcinek opisywanego cyklu w przeważającym stopniu tworzą utwory piaskowcowe, znacznie słabiej zbioturbowane niż odcinek niższy (fig. 23B). W dolnym metrze występuje jeszcze mułowiec o warstwowaniu soczewkowym z otoczakami piaskowca, przechodzący szybko w heterolit, a następnie piaskowiec o warstwowaniu falistym. W utworach tych są obecne: *Chondrites* isp., *Planolites beverleyensis* (Billings), *Palaeophycus* isp. oraz *Gyrochorte comosa* Heer i *Skolithos* isp. Wyżej prawie zanika domieszka materiału ilastego, natomiast wzrasta wielkość ziarna w piaskowcach. Wśród struktur sedymentacyjnych kolejno pojawiają się: pojedyncze smugi ilaste, warstwowanie zmarszczkowe, przekątne tabularne, smużyste, przekątne rynnowe i ponownie warstwowanie zmarszczkowe w stropie. Przejścia pomiędzy poszczególnymi typami warstwowania są stopniowe. Na głęb. 1089,0–1091,0 m są obecne *Ophiomorpha* isp. (fig. 24C) oraz *Palaeophycus* isp. Wyżej, aż do stropu cyklu, brak bioturbacji. Opisany cykl sedymentacyjny rejestruje spłycanie się morza od strefy dolnego przybrzeża płytszego, przez przybrzeże płytsze środkowe do górnego.

Na głęb. 1080,1 m rozpoczyna się następny cykl o ziarnie rosnącym ku górze (fig. 23B). W spągu występuje warstwa zlepieńca mułozwięzłego, z otoczakami piaskowcowymi o wielkości do 3 cm, przykrywająca powierzchnię erozyjną. Powyżej, aż do głęb. 1070,3 m, pojawiają się dość silnie zbioturbowane mułowce piaszczyste, z *Chondrites* isp., *Planolites* isp., *Schaubcylindrichnus* isp. (fig. 24G) oraz *Asterosoma* isp. Wyżej następuje szybkie przejście w heterolit, a następnie bardzo drobnoziarnisty piaskowiec o warstwowaniu falistym. Są to utwory powstałe w strefie dolnego i środkowego przybrzeża płytszego.

Wyżej pojawia się piaskowiec drobnoziarnisty z pojedynczymi smugami ilasto-węglistymi, coraz liczniejszymi ku górze. W odcinku występującym bezpośrednio powyżej, na głęb. 1161,9–1165,3 m, obserwuje się występujące na przemian kilkunastocentymetrowe pakiety piaskowca drobnoziarnistego o warstwowaniu falistym z *Planolites* isp. oraz około 30 cm pakiety piaskowca średnioziarnistego, prawdopodobnie prawie całkowicie zhomogenizowanego w wyniku bioturbacji, z widocznymi bardzo drobnymi fragmentami smug ilastych. Opisane piaskowce powstały w środowisku górnego przybrzeża płytszego.

Powyżej w piaskowcu pojawia się warstwowanie przekątne tabularne i przekątne rynnowe (fig. 25C), spotyka się także nieliczne otoczaki piaskowca. Piaskowiec ku górze przechodzi stopniowo w zlepieniec, a następnie w piaskowiec o warstwowaniu smużystym-falistym, również z otoczakami w części środkowej. Są to przypuszczalnie utwory powstałe w obrębie kanałów rozprowadzających.

Nowy cykl sedymentacyjny (fig. 23A, B) rozpoczyna, występujący na głęb. 1058,25 m, następny poziom zlepieńca o ostrej powierzchni spągowej i miąższości 0,25 m. Tworzą go dobrze obtoczone, zazwyczaj nie stykające się ze sobą, otoczaki piaskowcowe o wielkości 0,5–2,0 cm, tkwiące w mułowcowym, lekko zsyderytyzowanym spoiwie. Cały cykl sedymentacyjny występujący powyżej jest wykształcony w postaci różnoziarnistych, drobno- i średnioziarnistych piaskowców. Do głęb. 1049,3 m są to piaskowce o barwie szarozielonej, szamozytowe, o warstwowaniu przekątnym dużej skali (rynnowym) i przekątnym tabularnym. Miejscami są w nich obecne wkładki piaskowców szarych lub brązowych, często o granicach erozyjnych, z licznymi cienkoskorupowymi małżami. W szlifach z głęb. 1050,1 i 1057,3 m J. Dadlez (1990) stwierdziła obecność nielicznych bioklastów impregnowanych związkami żelaza, pseudoidów żelazistych oraz otoczek żelazistych na ziarnach kwarcu. Piaskowce szamozytowe są ścięte erozyjnie w stropie (głęb. 1049,9 m) przez drobnoziarnisty, silnie zbioturbowany, zsyderytyzowany piaskowiec z *Ophiomorpha* isp. (fig. 25B). Sedymentacja tych piaskowców miała miejsce w strefie górnego przybrzeża płytszego, prawdopodobnie także w obrębie kanałów rozprowadzających.

Ku górze szybko następuje przejście w drobnoziarnisty piaskowiec o szarej barwie oraz o warstwowaniu smużystym, zmarszczkowym i przekątnym. Jego miąższość wynosi 16,5 m. W najniższej części występuje ponadto wkładka z nielicznymi otoczakami piaskowca oraz trochitami liliowców i małżami oraz ooidami żelazistymi. Geneza tych piaskowców wiąże się z piaszczystą równią pływową.

Na głęb. 1033,4 m występuje ostatni w profilu jury środkowej otworu Wojszyce IG 4 poziom zlepieńca (fig. 23A, 25A). Charakteryzuje się on brakiem ostrej granicy spągowej oraz ostrą granicą stropową. Początkowo w piaskowcu o warstwowaniu smużystym pojawiają się pojedyncze, dobrze obtoczone otoczaki piaskowca, których liczba i wielkość wzrasta ku górze, gdzie pojawiają się ponadto muszle małży gruboskorupowych. Miąższość warstwy zlepieńcowej wynosi 0,4 m.

Powyżej zlepieńca pojawia się 2,6 m piaskowca drobnoziarnistego, bezwapnistego, ku górze coraz bardziej szamozytowego, ze smugami ilastymi oraz z drobnymi, 2 cm długości, pionowymi kanalikami *Skolithos* isp. w części górnej. Ku górze barwa piaskowca staje się lekko zielonkawa. Przypuszczalnie są to ponownie osady kanału rozprowadzającego.

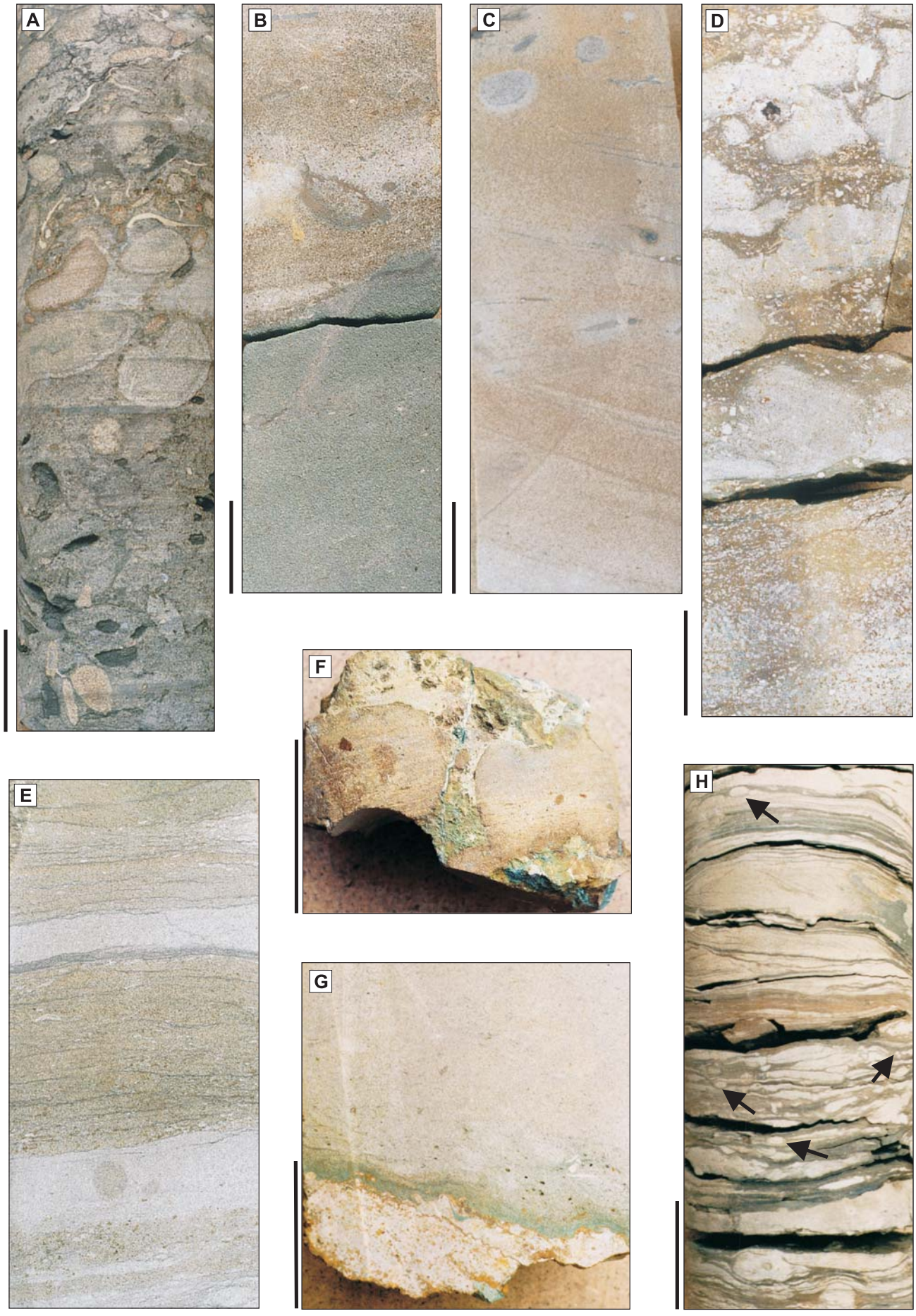

A
B
C
D
E
F
G
H

Fig. 25. A. Zlepieniec śródformacyjny, o spoiwie mułowcowo-piaszczystym, ciemnoszarym, z otoczakami i muszlami małży cienko- i gruboskorupowych; otoczaki piaskowców bardzo drobnoziarnistych, słabo wapnistych, o wielkości od kilku milimetrów do 2–3 cm; spąg kanału rozprowadzającego; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1029,3–1040,8 m, rdz. 3,7–4,0 m; baton środkowy; skala 4 cm. **B.** Erozyjny kontakt piaskowca kwarcowego jasnoszarego z *Ophiomorpha* isp. (góra) oraz piaskowca szamozytowego o barwie zielonej (dół); kanał rozprowadzający; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1040,8–1052,3 m, rdz. 8,50–8,75 m; baton środkowy; skala 4 cm. **C.** Piaskowiec o warstwowaniu przekątnym dużej skali (rynnowym); kanał rozprowadzający; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1052,3–1069,8 m, rdz. 8,4–8,7 m; baton środkowy; skala 4 cm. **D.** Wapienie margliste żelaziste, z bardzo licznymi trochitami liliowców i ooidami żelazistymi, w górnej połowie gruzłowe; laguna; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 998,8–1004,3 m, rdz. 1,3–1,6 m; baton środkowy; skala 4 cm. **E.** Wkładki piaskowców szamozytowych z ooidami żelazistymi w obrębie wapieni piaszczystych; tempestyty lub osad przepływu kanałowego w obrębie przybrzeża płytszego szelfu węglanowo-klastycznego; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 980,5–986,0 m, rdz. 2,5–2,7 m; kelowej; skala 4 cm. **F.** Warstwa bulasta, z otoczakami wapieni piaszczystych i piaskowców wapnistych, w spoiwie glaukonit; szelf wygłodzony; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 976,0–980,5 m, rdz. 1,55 m; kelowej; skala 4 cm. **G.** Granica erozyjna pomiędzy wapieniem piaszczystym (góra) a wapieniem organodetrytycznym z ooidami żelazistymi (dół), podkreślona warstewką glaukonitową; przybrzeże płytsze szelfu węglanowo-klastycznego/laguna; otw. wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 998,8–1004,3 m, rdz. 0,5–0,6 m; baton górny/ środkowy; skala 4 cm. **H.** Heterolit równoskładnikowy o warstwowaniu falistym i soczewkowym; nieliczne *Planolites* isp.; dolne przybrzeże płytsze; otw. wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 874,5–886,5 m, rdz. 7,25–7,50 m; bajos górny; skala 4 cm

A. Conglomerate with dark-grey muddy and sandy cement, pebbles and thin- and thick-shells bivalves; very fine-grained sandy pebbles of diameter from few millimetres to 2–3 cm; bottom of channel deposits; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1029.3–1040.8 m, core 3.7–4.0 m; Middle Bathonian; scale 4 cm. **B.** Erosional contact between light-grey sandstone with *Ophiomorpha* isp. (upper part) and green chamosite sandstone (lower part); channel deposits; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1040.8–1052.3 m, core 8.50–8.75 m; Middle Bathonian; scale 4 cm. **C.** Cross bedding sandstone; channel deposits; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1052.3–1069.8 m, core 8.4–8.7 m; Middle Bathonian; scale 4 cm. **D.** Marly-ferruginous limestone with very abbundant crinoid fragments and ferruginous ooids in the upper part; lagoon; Wojszyce IG 4 borehole, depth 998.8–1004.3 m, core 1.3–1.6 m; Middle Bathonian; scale 4 cm. **E.** Intercalations of chamosite sandstones with ferruginous ooids in the sandy limestones; tempestites or channel deposits in the lower shoreface of the calcareous-clastic shelf; Wojszyce IG 4 borehole, depth 980.5–986.0 m, core 2.5–2.7 m; Callovian; scale 4 cm. **F.** Nodular bed with sandy limestone pebbels and glauconite in cement; starved shelf; Wojszyce IG 4 borehole, depth 976.0–980.5 m, core 1.55 m; Callovian; scale 4 cm. **G.** Erosional contact between sandy limestone (upper part) and organodetritic limestone with ferruginous ooids (lower part), emphasize by glauconite layer; lower shoreface of the calcareous-clastic shelf/lagoon; Wojszyce IG 4 borehole, depth 998.8–1004.3 m, core 0.5–0.6 m; Upper Bathonian/Middle Bathonian; scale 4 cm. **H.** Heterolith with wavy and lenticular bedding and few *Planolites* isp.; lower shoreface; Wojszyce IG 3 borehole, depth 874.5–886.5 m, core 7.25–7.50 m; Upper Bajocian; scale 4 cm

←

Na głęb. 1027,1 m opisany piaskowiec szamozytowy ścina powierzchnia erozyjna. Leży na niej 0,8 m całkowicie zbioturbowanego piaskowca bardzo drobnoziarnistego, bezwapnistego, przechodzącego następnie w piaskowiec o zanikającym ku górze warstwowaniu smużystym. Ich geneza wiąże się ze środowiskiem piaszczystej równi pływowej. Wyżej pojawiają się pakiety piaskowców silnie wapnistych, o miąższości do 30 cm, w obrębie których obserwuje się warstwowanie gradacyjne normalne (ziarno drobne–bardzo drobne). Utwory te powstały prawdopodobnie w obrębie bariery.

Powyżej następuje wyraźna zmiana charakteru sedymentacji z klastycznej na węglanową (fig. 23A). Na głęb. 1007,00–1017,55 m występuje wapień ziarnisty, barwy szarej, z powierzchniami rozpuszczania wzbogaconymi w materiał ilasty i kwarc. Ku górze przechodzi on w wapień organodetrytyczny, początkowo o barwie szarej, na głęb. 1010,0–1007,9 m szarozielonej, a na głęb. 1007,0–1007,9 m z odcieniem brązowym. Coraz liczniejsze są w wapieniu trochity, muszle cienkoskorupowych małży oraz związki żelaza w spoiwie. Z analizy płytek cienkich wykonanych przez J. Dadlez (1990) oraz A. Maliszewską (inf. ustna) wynika, że w skale poza skorupami małży są obecne szczątki szkarłupni, w tym kolce jeżowców oraz fragmentów mszywiołów. Na podstawie obserwacji w szlifach możliwe było bliższe sprecyzowanie przynależności systematycznej obserwowanych fragmentów mszywiołów, jednak brak możliwości obserwacji ścianek kolonii umożliwiał jedynie zaklasyfikowanie ich do rodzin. W badanym materiale zaobserwowano przedstawicieli kolonii masywnych z rodziny Cerioporidae Waters, 1880, kolonii gałązkowych z rodziny Plagioeciidae Cami, 1918 oraz kolonii masywnych bilamelarnych prawdopodobnie z rodziny Cavidae d'Orbigny, 1854 (oznaczenia U. Hara – inf. ustna 2003 r.). Poza wymienionymi składnikami biogenicznymi, w środkowym odcinku wapieni znaczący udział w spoiwie ma szamozyt, a w części przystropowej silna impregnacja wodorotlenkami żelaza. Niekiedy można zaobserwować również ooidy żelaziste. Wapienie te powstały w obrębie płytkiej platformy węglanowej.

Wyżej wapień przechodzi w piaskowiec silnie wapnisty ze smugami substancji ilastej oraz coraz mniej licznymi ku górze trochitami liliowców i muszlami małży. W dalszym ciągu jest natomiast obecna impregnacja związkami żelaza (J. Dadlez, 1990). Jest to osad powstały w środowisku piaszczystej równi pływowej.

Od głęb. 1003,8 m zanika domieszka materiału klastycznego i ponownie występuje wapień organodetrytyczny zbudowany w przeważającej mierze z członów liliowców i mniej licznych cienkoskorupowych małży (fig. 25D). W szlifie często obserwuje się obwódki wodorotlenków żelaza oraz ooidy żelaziste (A. Maliszewska – inf. ustna; J. Dadlez, 1990). Skała w większości nie wykazuje obecności żadnych struktur sedymentacyjnych. Jedynie na głęb. 1002,2–1002,4 oraz 1000,10–1000,25 m jest widoczna struktura gruzłowa (fig. 25D), a na głęb. 1002,5–1003,0 m warstwowanie przekątne tabularne. Przypuszczalnie wapienie te powstały w środowisku laguny na obrzeżach rampy węglanowej.

Stropowa granica omówionego kompleksu wapiennego, występująca w rdzeniu na głęb. 999,4 m, ma charakter luki sedymentacyjnej. Jest to powierzchnia erozyjna pokryta warstewką glaukonitową wskazującą na kondensację lub przerwę w sedymentacji (fig. 25G).

Baton górny (głęb. ?986,0–?1000,5 m; wg rdzenia ?986,0–?999,6 m). Utwory batonu górnego w otworze wiertniczym Wojszyce IG 4 zostały w w pełni przerdzeniowane (fig. 23A, B). Wykształcenie litologiczne utworów batonu górnego (i keloweju stwierdzonych powyżej) jest wyraźnie odmienne od pozostałych utworów jury środkowej. Są to silnie wapniste, drobnoziarniste piaskowce o barwie jasnoszarej (fig. 25G – część górna), lekko zielonej, z milimetrowej grubości smużkami bogatymi w substancję ilastą oraz wkładkami lub soczewkami białych, silnie wapnistych skał makroskopowo przypominających czerty. Badania mikroskopowe J. Dadlez (1990) wskazują, że średnia wielkość ziaren detrytycznego kwarcu w piaskowcach wynosi 0,15 mm. W szlifach obserwuje się również, że białe wkładki w piaskowcu są zbudowane ze zsylifikowanych wapieni. Ponadto A. Maliszewska (inf. ustna) stwierdziła obecność dużej ilości szamozytu rozproszonego w tle skalnym. Sedymentacja utworów batonu górnego wiąże się ze środowiskiem dolnego i środkowego przybrzeża płytszego szelfu węglanowo-klastycznego.

Kelowej
(977,5–?986,0 m; wg rdzenia 977,5–?986,0 m)

Utwory keloweju, podobnie jak batonu środkowego i górnego są w pełni udokumentowane przez materiał rdzeniowy (fig. 23A). Jednak granica pomiędzy batonem i kelowejem została postawiona na podstawie korelacji geofizycznych z otworem wiertniczym Wojszyce IG 3, gdyż w omawianym otworze brak jest jakichkolwiek danych biostratygraficznych odcinka kelowejskiego.

Również wykształcenie litologiczne profilu nie ulega wyraźnej zmianie. W najniższej części w dalszym ciągu występują jasnoszare piaskowce silnie wapniste, ku górze przechodzące w wapienie piaszczyste, a następnie w wapienie ziarniste. Stopniowo zaczynają się również pojawiać, coraz grubsze ku górze, wkładki szarozielonych wapieni piaszczystych, z milimetrowej grubości laminami ilastymi oraz rozproszonymi ooidami żelazistymi (fig. 25E). Badania mikroskopowe szlifów z głęb. 984,3; 980,9 oraz 977,9 m wskazują na obecność bardzo licznego szamozytu oraz wodorotlenków żelaza w spoiwie. Obecne są ponadto nieliczne szkarłupnie impregnowane szamozytem, wodorotlenkami żelaza lub ulegające glaukonityzacji. Spotyka się również pojedyncze ooidy żelaziste oraz ziarna glaukonitu (A. Maliszewska, inf. ustna).

W przystropowym odcinku (głęb. 977,7–980,0 m) regularne wkładki szamozytowych wapieni piaszczystych zanikają, natomiast wapień staje się stopniowo gruzłowy. Występują w nim drobne belemnity.

Podobnie jak utwory najwyższego batonu, opisane piaskowce wapniste i wapienie piaszczyste keloweju powstały w środowisku dolnego i środkowego przybrzeża płytszego rozległego szelfu węglanowo-klastycznego.

Profil keloweju kończy warstwa bulasta (głęb. 977,5–977,7 m), zbudowana z gruzłów wapiennych tkwiących w spoiwie wapnisto-syderytowo-szamozytowym, o barwie brązowej i zielononiebieskiej (fig. 25F). Ponadto w warstwie występują fragmenty nieoznaczalnych amonitów, belemnity, skorupki małży oraz człony liliowców. Warstwa ta powstała w wyniku drastycznego spowolnienia tempa sedymentacji, podczas maksymalnego poziomu morza (Feldman-Olszewska, 1997).

Anna MALISZEWSKA, Marta KUBERSKA

WYNIKI BADAŃ PETROGRAFICZNYCH UTWORÓW JURY ŚRODKOWEJ

Charakterystyka petrograficzna skał

W prezentowanych wynikach badań skał jury środkowej wykorzystano 202 ekspertyzy petrograficzne płytek cienkich opracowane przez J. Dadlez (1989, 1990, 1991) do dokumentacji wynikowych otworów wiertniczych Wojszyce IG 1a, IG 3 i IG 4 oraz badania 62 nowych próbek pobranych przez Maliszewską (1998, 1999). Z nowych próbek wykonano analizy planimetryczne (tab. 10) z zastosowaniem barwienia węglanów płynem Evamy'ego (1963). Wybrane próbki poddano analizie katodoluminescencyjnej (CL) na aparaturze typu CCL 8200 mk3, angielskiej firmy Cambridge Image Technology Ltd, badaniom w elektronowym mikroskopie skaningowym (SEM) typu 1430 firmy LEO i w mikrosondzie elektronowej z dyspersją energii (EDS). Badania w SEM i EDS wykonał L. Giro, a w interpretacji wyników posłużono się podręcznikiem Bolewskiego (1982). W dwóch próbkach skał scementowanych węglanami A. Kozłowska przeprowadziła analizy zawartych w nich inkluzji fluidalnych. Przyjęto podział stratygraficzny jury środkowej opracowany przez Feldman-Olszewską (1997, 2005, ten tom).

Aalen dolny. Miąższość tych utworów waha się w granicach 91,5–104,0 m. Są one reprezentowane głównie przez piaskowce, podrzędnie występują tu mułowce i iłowce (Feldman-Olszewska, 2005). Piaskowce są skałami szarymi, najczęściej drobnoziarnistymi o najczęstszej średnicy ziaren kwarcu 0,12 mm, maksymalnej 0,40 mm i dobrym lub umiarkowanym stopniu wysortowania materiału detrytycznego (fig. 26A). Miejscami występują warstwy piaskowców nierównoziarnistych, o słabym stopniu wysortowania detrytu lub piaskowców uziarnionych bardzo drobno. Piaskowce to arenity kwarcowe, o zawartości ziaren kwarcu od 74,0 do 95,7% obj. (tab. 10). Ziarna te najczęściej są słabo obtoczone lub ostrokrawędziste, kwarc monokrystaliczny przeważa znacznie nad polikrystalicznym. W materiale detrytycznym piaskowców zaobserwowano niewielki udział ziaren skaleni potasowych (0,4–3,2% obj.), blaszek muskowitu (do 1,8%), okruchów mułowców (do 2,3%) i zwęglonych szczątków roślinnych (<1%).

Ziarna mineralne są spojone brunatnym matriksem, złożonym z ziaren pyłu i łuseczek minerałów ilastych impregnowanych materią organiczną i wodorotlenkami żelaza.

Skład mineralny skał jury środkowej [% obj.]

Mineral composition of the Middle Jurassic rocks [vol. %]

Wiek	Głębokość [m]	Typ skały	Kwarc	Skalenie	Litoklasty	Łyszczyki	Bioklasty	Ooidy	Matriks	Węglany	Kwarc autigeniczny	Inne min. autigeniczne	Piryt	Szczątki organiczne
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Wojszyce IG 1a														
Baton środkowy	701,3	psc dr	59,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,8	0,0	0,0	0,2	0,0
Baton dolny	780,1	psc dr	54,1	1,0	0,0	1,5	1,0	0,0	11,3	28,2	0,0	2,0 sz	0,6	0,3
	873,5	psc dr	62,3	1,8	0,0	0,9	2,1	0,0	6,2	26,3	0,0	0,0	0,2	0,2
Bajos górny	986,3	psc dr	83,3	2,1	0,0	0,4	0,0	0,0	9,3	0,0	4,7	0,0	0,2	0,0
	1015,6	psc dr	64,8	0,9	0,0	0,9	0,0	0,0	3,2	30,1	0,0	0,0	0,1	0,0
	1225,8	psc dr	59,9	2,1	0,0	0,1	0,0	0,0	4,5	33,3	0,0	0,0	0,1	0,0
Aalen dolny	1525,3	psc dr	85,9	0,9	0,0	0,1	0,0	0,0	5,1	0,0	4,0	4,0 sz	0,0	0,0
	1539,7	psc dr	90,7	1,2	0,0	0,4	0,0	0,0	1,5	0,0	3,5	2,2 sz	0,2	0,3
	1553,6	psc dr	84,6	1,3	0,0	1,2	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Wojszyce IG 3														
Kelowej	483,1	wap org	5,0	0,0	0,0	0,0	40,2	0,0	0,0	49,5	5,0	0,3 f	0,0	0,0
	484,2	wap org	2,0	0,0	0,0	0,0	51,0	0,0	0,0	36,4	7,1	2,2 gl	0,5	0,8
Baton środkowy	521,2	psc dr	53,7	1,2	1,8	0,0	2,8	3,6	0,0	30,9	0,0	5,2 sz	0,5	0,3
	527,8	psc dr	72,2	2,4	0,0	0,0	0,0	2,1	6,3	10,1	0,0	6,5 sz	0,2	0,2
	534,9	psc śr	81,0	1,1	0,0	0,0	3,2	1,2	0,0	8,2	0,0	5,1 sz	0,2	0,0
	565,5	psc dr	79,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	3,1	1,5	7,3 sz	0,1	0,0
	570,0	sdt p	29,3	0,1	0,0	0,0	8,2	1,8	4,0	56,5	0,0	0,0	0,1	0,0
	592,7	psc dr	49,3	2,5	0,0	śl	0,0	0,0	8,0	40,1	0,0	0,0	0,1	0,0
	633,4	psc dr	85,4	1,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	10,1 sz	0,2	0,0
Baton dolny	656,6	psc dr il	45,7	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	40,0	12,1	0,0	0,0	0,6	0,4
	717,8	mu s	5,0	0,0	1,0	0,0	58,0	15,0	3,0	17,5	0,0	0,0	0,5	śl

Tabela 10 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Baton dolny	722,9	mu s	4,2	0,0	0,0	0,0	62,2	1,0	4,0	28,0	0,0	0,0	0,6	śl
	723,9	psc dr il	55,0	0,6	0,1	0,0	6,2	0,0	18,3	18,3	0,0	0,0	0,8	0,7
	746,9	mu s	2,1	0,0	0,3	0,0	71,7	0,0	3,0	22,6	0,0	0,2 k	0,1	śl
	752,9	sdt p	12,0	śl	0,0	0,0	15,0	śl	10,0	63,0	0,0	0,0	śl	śl
	755,2	psc dr	86,5	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,8	śl
Bajos górny	810,9	psc dr	51,8	0,8	śl	0,0	12,1	0,0	0,0	35,2	0,0	śl k	0,1	0,0
	871,1	psc śr	48,5	1,6	0,0	0,0	4,6	2,0	3,0	40,1	0,0	0,0	0,2	0,0
Bajos dolny	1164,9	psc dr	69,7	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	18,3	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Aalen górny	1464,9	młc	15,0	śl	0,0	1,5	5,0	0,0	59,8	12,6	0,0	0,0	2,1	4,0
Aalen dolny	1495,0	psc dr	90,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	1,6	0,3 k	1,3	0,6
	1537,5	psc dr	91,2	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	5,2	0,0	2,5	0,0	0,5	0,1
	1568,2	psc dr	83,1	0,8	0,0	1,2	0,0	0,0	2,0	12,1	0,0	0,0	0,8	0,0
Wojszyce IG 4														
Kelowej	977,9	wap org	3,0	0,0	0,0	0,0	44,5	0,0	3,0	46,5	2,4	0,6 gl	0,0	0,0
	980,9	psc dr	50,5	0,0	0,0	śl	19,0	0,0	5,2	24,2	0,0	0,5 f	0,3	0,3
	983,3	psc dr	73,5	0,4	0,0	0,1	10,2	0,0	5,1	10,3	0,0	0,0	0,2	0,2
	983,4	wap org	3,0	0,0	0,0	0,0	75,1	0,0	1,0	20,7	0,0	0,2 sz	0,0	0,0
Baton górny	995,3	wap org	3,5	śl	0,0	0,0	70,7	0,0	0,0	25,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Baton środkowy	1008,4	wap org	4,0	0,0	0,0	0,0	65,0	śl	0,0	27,0	0,0	4,0 gl	0,0	0,0
	1022,7	psc dr	84,3	4,8	0,0	0,1	0,0	0,0	4,0	1,0	2,5	3,2 sz	0,0	0,1
	1052,3	psc śr	56,2	2,0	4,0	0,0	0,0	7,0	0,0	10,6	0,0	20,2 sz	0,0	0,0
	1080,9	psc dr	92,4	1,8	0,0	śl	0,0	0,0	2,3	0,3	3,0	0,0	0,0	0,2
	1102,2	psc dr	59,6	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	35,2	0,0	0,0	1,5	0,6
Baton dolny	1146,1	psc dr il	50,6	0,5	0,0	1,2	2,0	0,0	32,5	10,1	0,0	0,0	0,8	2,3
	1215,6	psc dr	68,8	1,8	0,0	0,0	4,0	0,0	2,0	22,3	0,0	0,0	1,1	0,0
Bajos górny	1255,7	psc dr	76,9	2,1	0,0	1,8	0,0	0,0	11,2	4,0	3,2	0,0	0,1	0,7

Tabela 10 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bajos górny	1293,4	psc dr	89,5	1,0	0,0	śl	0,0	0,0	3,8	0,0	3,5	1,5 sz	0,1	0,6
	1320,4	psc śr	81,4	1,6	0,0	śl	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	5,0 sz	0,0	0,0
	1336,5	psc dr	91,4	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	2,0	0,0	0,4	0,0
	1425,2	iłc s	0,0	0,0	0,0	6,0	1,0	0,0	74,0	16,8	0,0	0,0	1,0	1,2
	1542,2	psc dr	92,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,1	2,1	0,0	0,1	0,9
Aalen dolny	1828,2	psc dr	92,2	1,8	0,0	śl	0,0	0,0	3,2	0,0	2,3	śl k	0,1	0,4
	1832,1	psc dr	86,2	0,9	0,3	0,3	0,0	0,0	7,1	0,0	4,6	0,0	0,6	0,0
	1843,1	psc dr	86,9	0,6	0,9	0,3	0,0	0,0	0,6	0,0	9,8	0,0	0,9	0,0
	1850,5	psc dr	85,2	1,3	0,3	1,3	0,0	0,0	5,0	0,0	5,9	0,7 k	0,3	0,0
	1857,1	psc śr	92,0	2,3	1,1	0,3	0,0	0,0	1,1	0,0	2,6	0,3 k	0,3	0,0
	1857,3	psc dr	90,2	3,1	0,0	śl	0,0	0,0	3,8	0,0	2,5	0,0	0,1	0,3
	1865,8	psc dr	91,8	0,9	0,6	0,3	0,0	0,0	0,6	0,0	4,9	0,0	0,9	0,0
	1871,3	psc śr	95,7	0,9	0,6	0,3	0,0	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	0,7	0,0
	1876,9	psc dr	91,8	0,9	0,0	1,8	0,0	0,0	2,4	0,0	2,8	0,0	0,3	0,0
	1879,1	psc dr	91,5	3,2	0,0	śl	0,0	0,0	3,0	0,0	2,0	śl k	0,1	0,2
	1881,3	psc dr	91,1	1,6	0,5	0,5	0,0	0,0	1,9	4,0	0,0	0,0	0,4	0,0
	1890,8	psc śr	87,2	1,9	0,0	0,3	0,0	0,0	4,4	0,0	5,2	0,7 k	0,3	0,0
	1893,4	psc dr	74,0	2,0	0,0	2,3	0,0	0,0	7,0	0,0	12,7	2,0 k	0,0	0,0
	1899,0	psc śr	83,8	2,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	2,4 k	1,1	0,0

bdr, dr, śr – bardzo drobno-, drobno-, średnioziarnisty; f – fosforany; gl – glaukonit; il – ilasty; iłc – iłowiec; k – kaolinit; młc – mułowiec; mu s – muszlowiec syderytowy; psc – piaskowiec, sdt p – syderyt piaszczysty; sz – szamozyt; wap org – wapień organodetrytyczny; śl – ślad;

bdr, dr, śr – very fine, fine, middle grained; f – phosphate; gl – glauconite; il – clayey; iłc – claystone; k – kaolinite; młc – mudstone; mu s – sideritic coquina; psc – sandstone, sdt p – sandy siderite; sz – chamoisite; wap org – organodetritic limestone; śl – trace

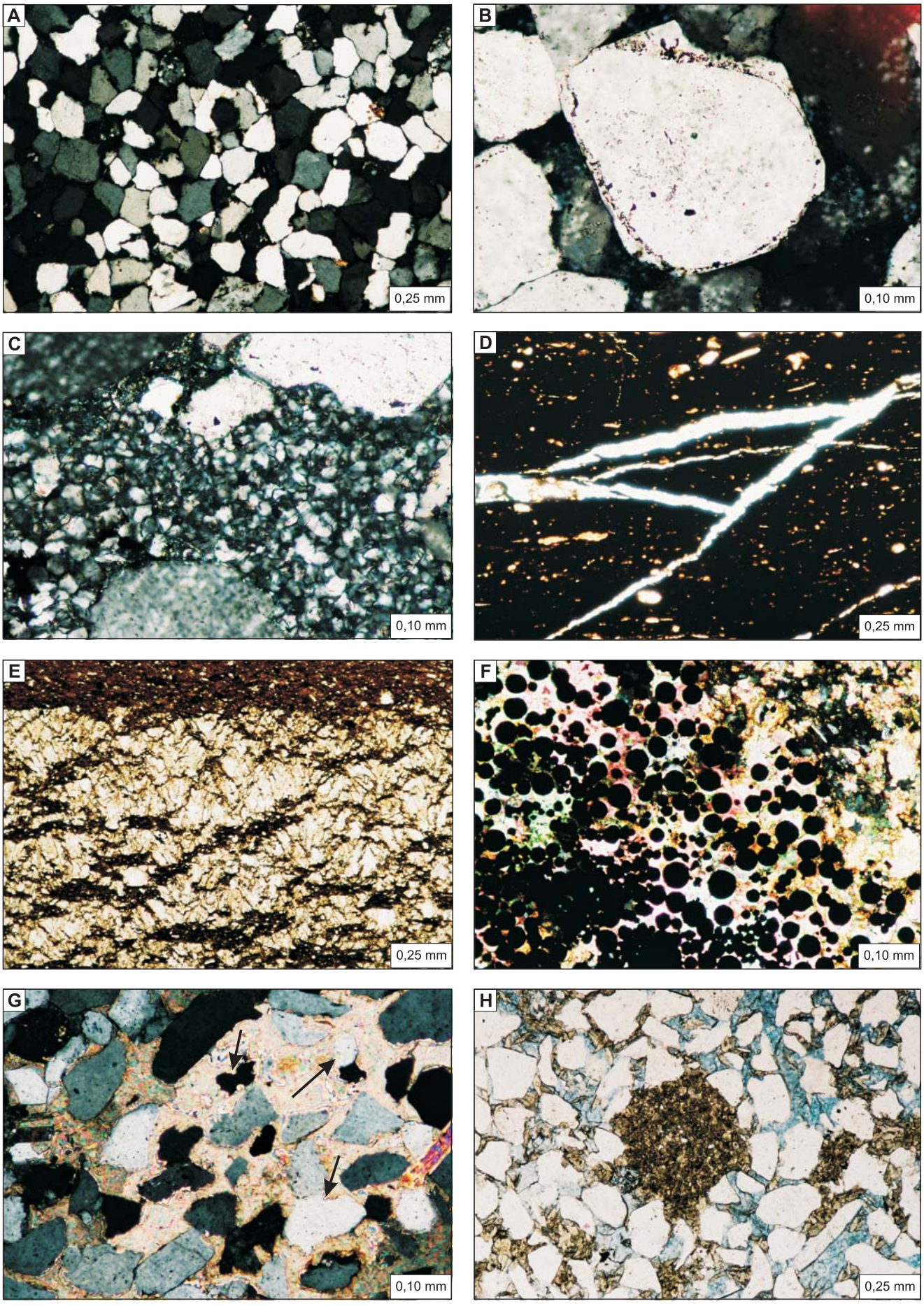

A
0,25 mm
B
0,10 mm
C
0,10 mm
D
0,25 mm
E
0,25 mm
F
0,10 mm
G
0,10 mm
H
0,25 mm

Fig. 26. A. Piaskowiec drobnoziarnisty o dobrym wysortowaniu materiału detrytycznego; spoiwo stykowe ilasto-krzemionkowe; aalen dolny; otwór wiert. Wojszyce IG 1/1a, głęb. 1537,5 m; nikole skrzyżowane. **B.** Ziarno kwarcu z obwódką kwarcu autigenicznego w piaskowcu; aalen dolny, otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1871,3 m; nikole skrzyżowane. **C.** Agregaty kaolinitu w piaskowcu z fig. 26B; nikole skrzyżowane. **D.** Puste mikroszczeliny w iłowcu żelazistym; porowatość 11,19%, przepuszczalność 0 mD; aalen górny; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1807,1 m; bez analizatora. **E.** Fragment laminy kalcytowej w obrębie żelazistego iłowca mułowcowego; kryształy kalcytu tworzą mikrotekstury stożkowe; krystalizacja kalcytu spowodowała porozrywanie laminek iłowcowych; aalen górny; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1778,3 m; bez analizatora. **F.** Liczne kuliste skupienia framboidalnego pirytu w laminie kalcytowej z fig. 26A; nikole skrzyżowane. **G.** Piaskowiec drobnoziarnisty z cementem ankerytowym; widoczne liczne ślady korodowania ziaren kwarcu (strzałki); bajos górny; otwór wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 1015,6 m; nikole skrzyżowane. **H.** Piaskowiec drobnoziarnisty, płytka cienka barwiona roztworem Evamy'ego; widoczny niebiesko zabarwiony cement ankerytowy, współwystępujący z brunatnym syderoplesytem; baton dolny; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 1215,3 m; bez analizatora

A. Fine-grained well-sorted sandstone; clayey-siliceous contact cement; Lower Aalenian; Wojszyce IG 1/1a borehole, depth 1537.5 m; crossed nicols. **B.** Quartz grain with quartz overgrowth in sandstone; Lower Aalenian; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1871.3 m; crossed nicols. **C.** Kaolinite aggregates in sandstone from Fig. 26B; crossed nicols. **D.** Empty microfissures in ferruginous claystone; porosity 11.19%, permeability 0 mD; Upper Aalenian; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1807.1 m; without analyser. **E.** Fragment of calcite lamina in ferruginous muddy claystone; calcite crystals form the cone-in-cone micro-textures; calcite crystallization cause clay laminas interruption; Upper Aalenian; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1778.3 m; without analyser. **F.** Numerous spherical aggregates of framboidal pyrite in calcite laminae from Fig. 26A; crossed nicols. **G.** Fine-grained sandstone with ankerite cement; numerous traces of quartz grains corrosion are visible (arrows); Upper Bajocian; Wojszyce IG 1a borehole, depth 1015.6 m; crossed nicols. **H.** Fine-grained sandstone, thin section stained with Evamy solution; blue-stained ankerite cement coinciding with brown sideroplesite is visible; Lower Bathonian; Wojszyce IG 4 borehole, depth 1215.3 m; without analyser

Spoiwo wykazuje charakter kontaktowy, rzadziej porowy. Zawartość matriksu w piaskowcach jest niewielka, waha się w granicach 0,0–7,1% obj., tylko w próbce z otworu Wojszyce IG 1 (głęb. 1553,6 m) dochodzi do 12,7%. Obok matriksu pojawia się często kwarc autigeniczny 0,0–5,9%, wyjątkowo udział jego wzrasta do 12,7% (Wojszyce IG 4, fig. 26B). W niektórych próbkach dostrzeżono skupienia robakowatego kaolinitu (śl.–2,4%, fig. 26C), w piaskowcach z otworu Wojszyce IG 1a – zielonkawy szamozyt (2,2–4,0%). W bardzo małych ilościach pojawia się też piryt. W próbce piaskowca z profilu Wojszyce IG 3 (głęb. 1568,2 m) stwierdzono obecność drobnych skupień węglanowych (12,1% obj.), w których ankeryt przeważa nad syderytem. Skupienia węglanów w niektórych próbkach piaskowców z profilu Wojszyce IG 4 dostrzegła J. Dadlez (1990). Opisane piaskowce zawierają miejscami przerosty i smugi ilaste oraz struktury bioturbacyjne.

Badania porowatości piaskowców w płytkach cienkich z 11 próbek wykazały udział 1,5–18,8% obj. porów. Laboratoryjne oznaczenia porozymetryczne wykonane z tych samych próbek w Instytucie Nafty i Gazu w Krakowie wykazały wartość porowatości efektywnej w granicach 8,40–19,97%, wartości średniej kapilary od 0,09 do 2,21 µm, powierzchni właściwej od 0,10 do 1,75 m^2/g, zawartość porów większych od 1 µm w granicach 12–93%. Przepuszczalność piaskowców wynosi od 4,86 do 331,44 mD (tab. 11).

Aalen górny. Miąższość utworów aalenu górnego wynosi 152,0–228,5 m. Z profilu Wojszyce IG 3 opisano jedną próbkę ciemnoszarego mułowca złożonego głównie z ziaren mułku kwarcowego i minerałów ilastych impregnowanych związkami żelaza i materią organiczną. Mułowiec zawiera 12,6% obj. drobnokrystalicznego ankerytu (tab. 10). J. Dadlez (1991) zbadała dwie próbki piaskowców bardzo drobnoziarnistych, stanowiących warstewki z heterolitu piaskowcowo-mułowcowego. Są to arenity kwarcowe, z których jeden (głęb. 1488,7 m) zawiera obfity cement węglanowy, a drugi (głęb. 1470,3 m) jest spojony minerałami ilastymi. Podobny piaskowiec o spoiwie ilastym z materią organiczną dostrzegła J. Dadlez (1990) w profilu Wojszyce IG 4 na głęb. 1822,1 m.

W tym samym profilu dostrzeżono heterolit złożony z brunatnych warstewek mułowca i iłowca żelazistego ze śladami bioturbacji. Laminy iłowca są pocięte pustymi mikroszczelinkami o przebiegu ukośnym do laminacji (głęb. 1807,1 m, fig. 26D). Porowatość heterolitu wynosi 11,19%, skała jest nieprzepuszczalna. W rdzeniu występuje również brunatny iłowiec mułowcowy o ciekawej teksturze. Laminy iłowca są porozdzielane poziomymi laminami kalcytowymi i żyłkami o ukośnym przebiegu (fig. 26E). Kalcyt tworzy tu słabo zaznaczone tekstury stożkowe, przy czym długość jego kryształów waha się w granicach 0,03–0,15 mm. W laminach kalcytowych są widoczne skupienia framboidalnego pirytu (fig. 26F). Porowatość efektywna iłowca wynosi 6,96% przy braku przepuszczalności.

Bajos dolny. Miąższość utworów tego wieku wynosi 90,5–105,0 m. Występują tu szare piaskowce drobnoziarniste o składzie arenitów kwarcowych, spojonych minerałami ilastymi z nielicznymi skupieniami węglanów. Z profilu Wojszyce IG 1a (głęb. 1226,2 m) J. Dadlez opisała piaskowiec bardzo drobnoziarnisty, również arenit kwarcowy o obfitym wielkokrystalicznym cemencie węglanowym, zawierającym 8% wag. kalcytu i 19% dolomitu. Skała ta zawiera smugi i klasty ilaste oraz kanały bioturbacyjne. Próbka piaskowca pobrana niewiele wyżej (głęb. 1225,8 m, bajos górny) zawiera jeszcze więcej cementu węglanowego (33,3% obj., tab. 10). Analiza barwnikowa cementu wykazała, że jest to ankeryt. Przypuszczalnie ankeryt jest też składnikiem cementu w próbce z głęb. 1226,2 m. Rozpoznanie go nie było wcześniej możliwe, ponieważ dla dokumentacji otworów nie oznaczano zawartości żelaza w piaskowcach, nie wykonano również analiz barwnikowych na płytkach cienkich przykrytych.

W profilach utworów bajosu dolnego występują także heterolity złożone z warstewek szarych mułowców ilastych i ciemnobrunatnych iłowców. Skały te najczęściej zostały silnie zbioturbowane.

Tabela 11

Wyniki badań właściwości fizycznych piaskowców aalenu dolnego z profilu Wojszyce IG 4

Results of investigations of physical properties of the Lower Aalenian sandstones from the Wojszyce IG 4 borehole

Głębokość [m]	Gęstość materiałowa [g/cm^3]	Porowatość efektywna [%]	Gęstość szkieletowa [g/cm^3]	Gęstość z porozymetru [g/cm^3]	Porowatość z porozymetru [%]	Średnia kapilara [µm]	Powierzchnia właściwa [m^2/g]	Pory >1 um [%]	Średnica progowa [µm]	Histereza [%]	Przepuszczalność [mD]
1832,10	2,64	17,85	2,61	2,15	17,33	0,67	0,48	86	12	78	44,427
1843,30	2,64	8,40	2,63	2,41	8,32	1,36	0,10	86	10	83	17,537
1850,50	2,52	8,86	2,51	2,29	8,77	0,09	1,75	12	1	74	5,447
1857,10	2,64	17,55	2,65	2,18	17,73	1,28	0,25	91	20	78	59,617
1865,80	2,64	9,46	2,57	2,34	8,84	0,78	0,19	81	6	73	4,864
1871,30	2,59	19,96	2,57	2,07	19,57	0,45	0,83	88	30	29	331,445
1876,90	2,64	12,05	2,61	2,31	11,70	0,20	1,03	69	6	77	5,058
1881,30	2,64	10,49	2,54	2,30	9,54	1,87	0,09	90	30	30	158,591
1890,80	2,64	18,56	2,61	2,14	18,02	1,11	0,30	90	40	38	55,606
1899,00	2,71	19,97	2,71	2,17	19,97	2,21	0,17	93	20	22	193,092
1904,20	2,64	15,90	2,59	2,20	15,14	1,66	0,17	91	20	53	119,297

Bajos górny. Miąższość tych utworów waha się w granicach od 320,5 do 391,0 m. Występujące tu najczęściej piaskowce, to skały drobno- lub nierówno ziarniste o umiarkowanym lub słabym wysortowaniu materiału detrytycznego. Są to szare arenity, złożone głównie z ostrokrawędzistych lub słabo obtoczonych ziaren kwarcu (48,5–92,3% obj.), zawierające nikły udział ziaren skaleni potasowych (0,5–2,2%) i łyszczyków (0,0–1,8%). Niektóre próbki zawierają kalcytowe bioklasty (do 12,1%, tab. 10). W spoiwie piaskowców bądź występuje matriks w ilości 0,0–11,2%, bądź grubokrystaliczny cement węglanowy (0,1–40,1%), złożony z kalcytu i dolomitu lub ankerytu (fig. 26G). Miejscami pojawiają się: kwarc autigeniczny (do 4,7%), szamozyt (do 5,0%), robakowaty kaolinit, piryt i drobne szczątki organiczne (tab. 10). Opisane piaskowce stanowią niekiedy części składowe piaskowcowo-mułowcowych heterolitów. W profilu Wojszyce IG 4 zawierają ponadto pojedyncze soczewki brunatnych syderytów ilastych.

W rdzeniu z otworu wiertniczego Wojszyce IG 1a J. Dadlez (1989) stwierdziła obecność kwarcowych skał aleurytowych określanych jako pyłowce. Są one złożone głównie z ostrokrawędzistych ziaren kwarcu o najczęstszej średnicy 0,03 mm, maksymalnie około 0,15 mm i z obfitego spoiwa węglanowego. Skały te zawierają blaszki muskowitu, okruchy fosforanowe oraz smugi wzbogacone w minerały ilaste i materię organiczną. W profilach litologicznych otworów Wojszyce IG 1a, IG 3 i IG 4 sporządzonych przez Feldman-Olszewską (2005, ten tom) zaznaczone jest również występowanie warstw iłowców.

Baton dolny. Miąższość utworów tego wieku wynosi od 97,0 do 117,0 m. Piaskowce, występujące najliczniej w profilach, to szare skały drobnoziarniste lub bardzo drobnoziarniste, o umiarkowanym lub dobrym stopniu wysortowania materiału detrytycznego. Są to na ogół arenity złożone głównie z ostrokrawędzistych lub słabo obtoczonych ziaren kwarcu, których udział waha się w granicach 45,7–86,5% obj. Ziarna skaleni i blaszki łyszczyków pojawiają się w nikłych ilościach, zawartość bioklastów nie przekracza 6,2%. Udział matriksu ilasto-mułkowego z wodorotlenkami żelaza nie przekracza w arenitach 12,0%, a w mniej licznych wakach dochodzi do 40,0% (tab. 10). Zawartość cementu węglanowego wynosi 10,1–28,2%. Występują w nim drobne, anhedralne kryształy kalcytu i dolomitu lub ankerytu, miejscami ze skupieniami syderoplesytu (fig. 26H). Niektóre z opisanych próbek piaskowców wchodzą wraz z mułowcami i iłowcami, w skład heterolitów (fig. 27D). Często obserwuje się w nich ślady bioturbacji.

Wśród utworów batonu dolnego w profilu Wojszyce IG 3 stwierdzono obecność soczewek i cienkich warstewek skał

syderytowych. Są to zwykle syderyty ilasto-piaszczyste, złożone z mikrytu i mikrosparu syderoplesytowego, impregnowanych łuseczkami minerałów ilastych, głównie kaolinitu. Skały te zawierają ziarna piasku i mułku kwarcowego oraz bioklasty, wśród których fragmenty szkarłupni często przeważają nad okruchami muszli małży. Bioklasty są tu zbudowane z kalcytu, zawierającego drobne domieszki magnezu, manganu i żelaza. Przedstawiony na figurze 27A syderyt z głęb. 752,9 m zawiera 63,0% obj. syderoplesytu, 12,0% ziaren kwarcu, 10,0% minerałów ilastych, 15,0% bioklastów (tab. 10).

Trzy próbki brunatnych skał z głęb. 746,9; 722,9 i 717,8 m określono jako muszlowce syderytowe (fig. 27B). Są one złożone głównie z nierównomiernie upakowanych szczątków fauny, wśród których wyróżniono fragmenty muszli małży i ślimaków, elementy szkieletowe szkarłupni, otwornice i rurki serpul. Obserwowano również fragmenty gałązek glonów. Analiza chemiczna w mikroobszarze dwóch bioklastów z muszlowca (głęb. 717,8 m) wykazała, że są one złożone z Fe-kalcytu o składzie 95,23–95,36% wag. $CaCO_3$, 1,91–4,09% $MgCO_3$, 0,40–2,86% $FeCO_3$ i 0,00–0,15% $MnCO_3$. Kalcyt obecny w cemencie muszlowca to kalcyt żelazisty, niezawierający manganu. Niektóre bioklasty uległy częściowo pirytyzacji, syderytyzacji lub zostały impregnowane wodorotlenkami żelaza. Opisywane skały są spojone drobnym mikrytem syderoplesytowym i minerałami ilastymi, miejscami także kalcytem. W próbce z głęb. 746,9 m zaobserwowano agregaty robakowatego kaolinitu. W próbce z głęb. 717,8 m stwierdzono występowanie skalcytyzowanych ooidów, zbudowanych pierwotnie z szamozytu lub berthierynu. Ooidy, pseudoooidy i liczne bioklasty są obrośnięte obwódkami krustyfikacyjnymi, złożonymi z Fe-kalcytu (fig. 27C). W niewielkich ilościach występują tu ziarna kwarcu, a akcesorycznie – piryt i materia organiczna (tab. 10). Opisane skały są bardzo podobne do muszlowców, zbadanych przez Turnau-Morawską (1961) w rejonie Łęczycy.

Baton środkowy. Skały tego wieku osiągają miąższość od 89,5 do 145,5 m. Są to głównie piaskowce (często należące do heterolitów), rzadziej mułowce i iłowce, a w profilu Wojszyce IG 4 – również wapienie. Piaskowce należą do drobnoziarnistych, rzadziej do średnio- lub różnoziarnistych. Warstwy uziarnione najdrobniej (przy najczęstszej średnicy ziarna około 0,08 mm) odznaczają się dobrym wysortowaniem materiału detrytycznego, warstwy o nieco grubszym ziarnie wykazują umiarkowany stopień wysortowania.

Piaskowce są reprezentowane przez arenity kwarcowe, złożone z ziaren kwarcu słabo obtoczonych lub ostrokrawędzistych. Udział kwarcu wynosi tu od 49,3 do 92,4% obj. Udział ziaren skaleni wynosi 0,1–4,8%, a drobnych litoklastów mułowców i syderytów do 4,0%; blaszki łyszczyków pojawiają się akcesorycznie. Piaskowce zawierają 0,0–8,0% matriksu, 0,3–40,1% minerałów węglanowych (Mg/Fe- i Fe/Mg-kalcyt, dolomit, ankeryt, syderoplesyt), nikły udział pirytu i szczątków organicznych (tab. 10). Opisane piaskowce są niekiedy członami piaskowcowo-iłowcowych heterolitów, podobnie jak w utworach batonu dolnego (fig. 27D).

W piaskowcach batonu środkowego z profilu Wojszyce IG 3 (głęb. 570,0 m) stwierdzono obecność soczewki syderytu piaszczystego, złożonego z mikrytu syderoplesytowego (56,5%), ziaren kwarcu (29,3%), bioklastów (8,2%), minerałów ilastych (4%) i silnie spłaszczonych ooidów szamozytowych lub berthierynowych (1,8%), impregnowanych wodorotlenkami żelaza (fig. 27E).

W niektórych warstwach piaskowców zaobserwowano bioklasty (2,8–3,2%) oraz drobne ooidy szamozytowe lub berthierynowe. Niektóre próbki zawierają zielonkawy szamozyt (lub berthieryn). Analiza inkluzji fluidalnej dostrzeżonej w cemencie ankerytowym piaskowca z profilu Wojszyce IG 1a (głęb. 701,3 m) wykazała, że temperatura jej homogenizacji z ankerytem wynosiła 75,9°C.

W próbce piaskowca z profilu Wojszyce IG 4 (głęb. 1102,2 m) wykonano analizę inkluzji fluidalnych obecnych w cemencie ankerytowym. Wielkość inkluzji waha się w granicach 0,50–0,10 μm. Temperatury homogenizacji sześciu zbadanych inkluzji wyniosły odpowiednio 88,0; 90,0; 115,0; 143,3; 160,0 i 182,6°C.

W profilu Wojszyce IG 4, w próbce z głęb. 1008,4 m stwierdzono obecność szarych wapieni organodetrytycznych. Jest to skała złożona w 65,0% z bioklastów, wśród których dostrzeżono fragmenty muszli małży, ślimaków, trochitów liliowców i kolców jeżowców. Bioklasty są złożone z Mn-kalcytu i miejscami impregnowane wodorotlenkami żelaza. Wapień zawiera 27,0% Mn- i Mn/Fe-kalcytu, wykształconych w postaci drobno- i średniokrystalicznego sparu o zarysach anhedralnych oraz 4,0% glaukonitu.

Cytowane przez J. Dadlez (1990) wyniki oznaczeń chemicznych węglanów z siedmiu próbek wapieni wykazały zawartość 45,0–93% obj. kalcytu i 0,0–25,0% dolomitu. W wapieniu z 1008,4 m zaobserwowano niewielki udział ziaren kwarcu, lecz próbki badane przez J. Dadlez (*op. cit.*) z głęb. 999,5; 1004,0; 1015,0 oraz 1018,6 m zostały uznane za wapienie piaszczyste. Wapienie zawierają niekiedy grudki mikrytu (?peloidy), skupienia fosforanowe i glaukonit.

Baton górny. Utwory tego wieku w badanych profilach osiągają miąższość od 8,5 do 22,5 m. Są reprezentowane przez piaskowce, a w profilu Wojszyce IG 4 również przez wapienie.

Z tego odcinka profilu przebadano 7 próbek piaskowców i wapieni (głęb. 986,4; 986,7; 991,3; 993,5; 995,3; 997,0 i 999,3 m), z czego wszystkie poza próbką z głęb. 995,3 m opisała J. Dadlez (1990).

Próbka z głęb. 995,3 m została pobrana z szarych wapieni organodetrytycznych, złożonych w 70,7% z bioklastów (tab. 10), wśród których dostrzeżono fragmenty muszli małży, ślimaków, trochitów liliowców i kolców jeżowców. Wapień ten zawiera 25,8% Mn- i Mn/Fe-kalcytu, wykształconego w postaci drobno- i średniokrystalicznego sparu o zarysach anhedralnych oraz niewiele (3,5%) ziaren kwarcu.

J. Dadlez (*op. cit.*) w profilu z głęb. 986,4–999,3 m stwierdziła naprzemienne występowanie dwóch typów skał: (1) piaskowców drobnoziarnistych, umiarkowanie wysortowanych, z obfitym cementem węglanowym oraz (2) wapieni ziarni-

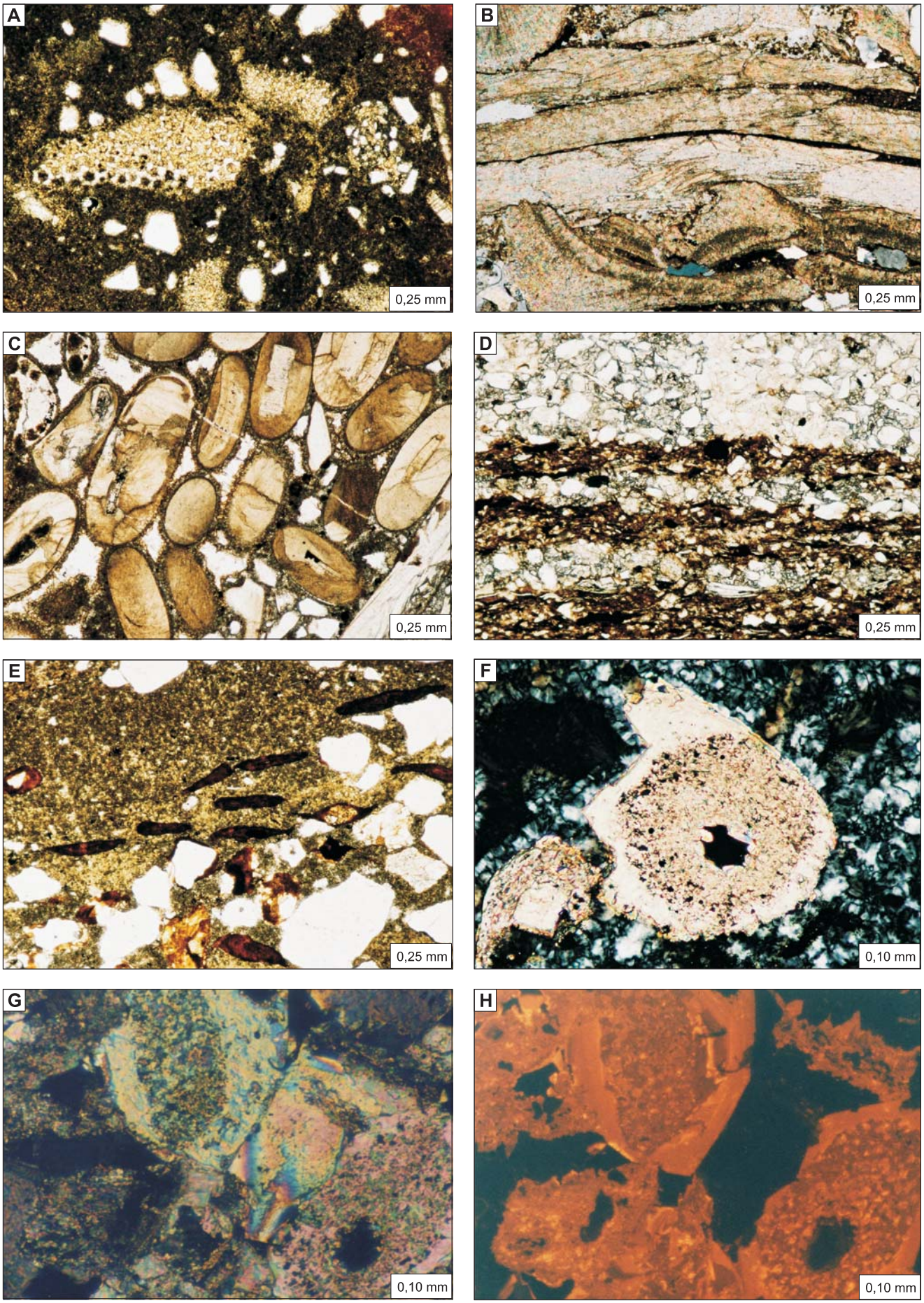

A
0,25 mm
B
0,25 mm
C
0,25 mm
D
0,25 mm
E
0,25 mm
F
0,10 mm
G
0,10 mm
H
0,10 mm

Fig. 27. A. Syderyt ilasto-piaszczysty z fragmentami szkarłupni; baton dolny; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 752,9 m; bez analizatora. **B.** Fragment muszlowca syderytowego o gęstym upakowaniu pokruszonych muszli małży; baton dolny; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 722,9 m; nikole skrzyżowane. **C.** Skupienie ooidów i pseudooooidów kalcytowych (wtórnych po ooidach szamozytowych) w muszlowcu syderytowym; ooidy i ich obwódki krustyfikacyjne są złożone z Fe-kalcytu, podobnie jak cement tej części muszlowca; baton dolny; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 717,8 m; bez analizatora. **D.** Fragment heterolitu złożonego z warstewek piaskowca i iłowca; baton dolny; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 656,9 m; bez analizatora. **E.** Syderyt piaszczysty, zawierający silnie spłaszczone ooidy ilasto-żelaziste (spastolity); baton środkowy; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 570,0 m; bez analizatora. **F.** Częściowo zsylifikowany wapień, widoczny przekrój przez fragment szkarłupnia z regeneracyjną obwódką kalcytową, otoczony przez drobnokrystaliczny chalcedon; kelowej; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 483,1 m; nikole skrzyżowane. **G.** Wapień organodetrytyczny, widoczne fragmenty szkarłupni i drobnokrystaliczny cement kalcytowy; kelowej; otwór wiert. Wojszyce IG 3, głęb. 483,1 m; słabo zsylifikowana część próbki z fig. 27B; nikole skrzyżowane. **H.** Mikrofotografia wapienia z fig. 27G, obraz w CL; bioklasty i ich obwódki regeneracyjne, świecące na pomarańczowo są zbudowane z Mn/Fe-kalcytu, cement między bioklastami to nieluminescencyjny (czarny) kalcyt niezawierający aktywatorów

A. Clayey-sandy siderite with echinoderms fragments; Lower Bathonian; Wojszyce IG 3 borehole, depth 752.9 m; without analyser. **B.** Fragment of sideritic coquina with dense packing of crashed bivalve shels; Lower Bathonian; Wojszyce IG 3 borehole, depth 722.9 m; crossed nicols. **C.** Concentration of calcite ooids and pseudoooids (secondary after chamosite ooids) in the sideritic coquina; ooids, their crustificated rims and coquina cement consist of the Fe-calcite; Lower Bathonian; Wojszyce IG 3 borehole, depth 717.8 m; without analyser. **D.** Hetherolite fragment with sandstone and clastone layers; Lower Bathonian; Wojszyce IG 3 borehole, depth 656.9 m; without analyser. **E.** Sandy siderite with strongly flattened clayey-ferruginous ooids (spastoliths); Middle Bathonian; Wojszyce IG 3 borehole, depth 570.0 m; without analyser. **F.** Partly silicified limestone, cross section of the echinoderm fragment with regeneration calcite rims coated with fine-crystallized chalcedony is visible; Callovian; Wojszyce IG 3 borehole, depth 483.1 m; crossed nicols. **G.** Organodetritic limestone, echinoderms fragments and fine-grained calcite cement are visible; Callovian; Wojszyce IG 3 borehole, depth 483.1 m; weakly silicified part of sample from Fig. 27B; crossed nicols. **H.** Microphotograph of limestone from Fig. 27G; CL image; bioclasts and their regeneration rims with orange luminiscence are built of Mn/Fe calcite; cement between bioclasts is a nonluminiscent (black) calcite without activators

stych, piaszczystych, sparytowych. Wyniki oznaczeń chemicznych węglanów z próbki z głęb. 997,0 m wykazały zawartość 59% obj. kalcytu i 13,3% dolomitu. W wapieniu z głęb. 991,3 m J. Dadlez (*op. cit.*) stwierdziła silną sylifikację.

Cytowane przez J. Dadlez (1990) wyniki oznaczeń chemicznych węglanów z ośmiu próbek wapieni wykazały zawartość 59% obj. kalcytu i 13,3% dolomitu.

Kelowej. Miąższość utworów tego wieku wynosi 7,0–14,0 m. Próbki skał pochodzą z profili Wojszyce IG 3 i IG 4. Z profilu Wojszyce IG 3 zbadano cztery próbki z głęb. 483,1–484,2 m. Są to próbki sparytowych wapieni organodetrytycznych typu grainstonów, miejscami silnie zsylifikowanych. W dwóch próbkach poddanych analizie planimetrycznej stwierdzono zawartość 40,2 i 51,0% obj. bioklastów, wśród których rozpoznano fragmenty szkarłupni, muszli małży, otwornic i gałązek mszywiołów. Cechą charakterystyczną jest obecność regeneracyjnych narostów kalcytowych na bioklastach (fig. 27F–H). Próbki z głęb. 483,1 i 484,2 m zawierają tylko 2,0–5,0% ziaren kwarcu o najczęstszej średnicy 0,15–0,20 mm. Próbka z głęb. 483,7 m jest wapieniem silnie piaszczystym (J. Dadlez, 1991). Badane skały zawierają 36,4–50,5% obj. sparu i mikrosparu węglanowego, reprezentowanego głównie przez Mn/Fe-kalcyt (do 3,0%) i dolomit (do 11,5%). Akcesorycznie występują tu skupienia glaukonitu i fosforanów (tab. 10).

Wapienie są zsylifikowane w sposób nierównomierny. Minerały krzemionki (chalcedon i kwarc autigeniczny) występują w postaci drobnych, anhedralnych kryształów, których udział w skale wynosi 5,0–7,1%. Jednocześnie występują tu nodule, w których zawartość krzemionki wynosi około 80%, a bioklastów około 20%. Krystalizacja krzemionki spowodowała miejscami silną korozję obwódek kalcytowych na bioklastach i samych elementów szkieletowych.

Z profilu Wojszyce IG 4 zbadano łącznie sześć próbek wapieni z głęb. 977,9; 979,3; 980,3; 981,2; 983,4 i 986,7 m. Są to sparytowe skały organodetrytyczne o zawartości 44,5–75,1% obj. szczątków fauny i 20,7–46,5% cementu węglanowego (tab. 10). Łączny udział sumy węglanów wynosi tu 91,0–95,8% obj., przy czym J. Dadlez (1990) podaje zawartość 74,0–82,0% wag. $CaCO_3$. Wapienie są w różnym stopniu zapiaszczone, zawierają też niewielki udział minerałów ilastych, glaukonitu lub szamozytu, pirytu i materii organicznej. W próbce z głęb. 979,3 m J. Dadlez (*op. cit.*) dostrzegła liczne stylolity.

W profilu Wojszyce IG 4 wśród wapieni keloweju występują warstwy piaskowców. Są to drobnoziarniste arenity kwarcowe o najczęstszej wielkości ziaren detrytycznych 0,15 mm, maksymalnej – 0,30 mm. Piaskowce zawierają 50,5 i 73,5% obj. ziaren kwarcu, 10,2 i 19,0% bioklastów, 10,3 i 24,2% cementu węglanowego, ok. 5,1% ilasto-mułkowego matriksu oraz akcesorycznie ziarna skaleni, blaszki łyszczyków, piryt i szczątki organiczne. Kryształ kalcytu, zbadany w mikrosondzie elektronowej, jest reprezentowany przez Mg/Fe-kalcyt, niezawierający manganu, świecący na czerwonawo w analizie katodoluminescencyjnej (Marshall, 1988).

Podsumowanie i wnioski

1. Najpospolitszymi skałami w profilach jury środkowej z otworów wiertniczych Wojszyce IG 1a, IG 3 i IG 4 są piaskowce. Miejscami tworzą one warstwy o znacznej miąższości, często też są członami piaskowcowo-mułowcowych lub piaskowcowo-iłowcowych heterolitów. Najczęściej są to skały drobnoziarniste i bardzo drobnoziarniste, rzadziej średnio- lub nierównomiernie uziarnione. Wysortowanie materiału detrytycznego w piaskowcach jest najczęściej dobre lub umiarkowane, niekiedy bywa słabsze. Większość piaskowców to

arenity kwarcowe o niewielkiej zawartości ilasto-mułkowego matriksu, rzadziej obserwowano waki kwarcowe (>15% matriksu). Ziarna kwarcu najczęściej są ostrokrawędziste lub częściowo obtoczone, stopień obróbki mechanicznej jest zwykle wyższy w ziarnach grubszych. Wydaje się, że najwięcej drobnych, nieźle obtoczonych ziaren kwarcu występuje w piaskowcach keloweju. Kwarc monokrystaliczny zawsze znacznie przeważa nad polikrystalicznym. Ziarna kwarcu w piaskowcach o spoiwach węglanowych często odznaczają się częściowym skorodowaniem ich powierzchni. Obok kwarcu występują w piaskowcach nieliczne ziarna skaleni potasowych i blaszek łyszczyków, sporadycznie – bardzo drobne okruchy mułowców lub syderytów. Na powierzchni rdzeni piaskowców bywają widoczne klasty i smugi ilaste lub węgliste (Dadlez, 1989, 1990, 1991). Skład mineralny materiału detrytycznego wskazuje na jego pochodzenie z resedymentacji starszych od jury środkowej kwarcowych skał osadowych. Ku stropowi utworów jury środkowej pojawia się w piaskowcach coraz więcej elementów szkieletowych fauny.

2. W skałach jury środkowej wśród szczątków fauny i flory obserwowano najczęściej fragmenty szkarłupni i muszle małżów cienkoskorupowych, rzadziej występują otwornice bentoniczne i gałązki mszywiołów. Skorupki ślimaków i fragmenty rurek serpul są najpospolitsze w muszlowcach syderytowych, obserwowano też klasty nierozpoznanych bliżej glonów. W piaskowcach i wapieniach elementy szkieletowe szkarłupni znacznie przeważają nad fragmentami muszli małżów. Z kolei w muszlowcach udział fragmentów muszli jest najwyższy, a fragmenty skorup ślimaków i rurek serpul są liczniejsze od okruchów szkarłupni. Opisane bioklasty najczęściej składają się z kalcytu, lecz miejscami uległy ankerytyzacji, syderytyzacji, pirytyzacji lub impregnacji wodorotlenkami żelaza. Pustki w bioklastach po rozkładzie części miękkich zostały wypełnione kalcytem, a w syderytach – syderoplesytem i minerałami ilastymi.

3. W niektórych próbkach piaskowców zaobserwowano występowanie nielicznych zielonkawych ooidów szamozytowych lub berthierynowych (tab. 10). Ooidy mają zarysy elipsoidalne, budowę współśrodkową, ich dłuższa oś nie przekracza 0,3 mm. Bywają częściowo impregnowane brunatnymi wodorotlenkami żelaza lub pirytem. W muszlowcu syderytowym z otworu wiertniczego Wojszyce IG 3 (głęb. 717,8 m) dostrzeżono ooidy kalcytowe z reliktami budowy współśrodkowej oraz tej samej wielkości pseudoooidy, uznane za utwory wtórne po ooidach szamozytowych.

4. Cechy litologiczne utworów jury środkowej, różnorodne typy warstwowań piaskowców, obecność ciemnych iłowców i mułowców oraz wkładek muszlowców, a zwłaszcza częste występowanie heterolitów w niższej części profilu wskazują na liczne zmiany głębokości środowiska ich sedymentacji. Feldman-Olszewska (1997, 2005) rozpoznała w profilach otworów wiertniczych strefy Ciechocinek–Brześć Kujawski–Wojszyce w różnym stopniu natlenione strefy głębszego lub płytszego przybrzeża na szelfie silikoklastycznym i dostrzegła osady szelfu węglanowo-silikoklastycznego z keloweju.

5. Obserwowane obecnie wykształcenie utworów jury środkowej jest efektem nałożenia się procesów diagenetycznych na ich pierwotne struktury sedymentacyjne i skład mineralny. Miejscami utwory zostały silnie zaburzone wskutek działalności żyjących w nich organizmów. Wcześnie rozpoczętym procesem była kompakcja mechaniczna, która spowodowała gęste upakowanie materiału detrytycznego, odkształcenia lub spękania lamin ilastych, wygięcie blaszek łyszczyków. Późniejsza kompakcja chemiczna wyraziła się utworzeniem dość licznych wklęsło-wypukłych kontaktów międzyziarnowych w piaskowcach, a miejscami – stylolityzacją osadów.

6. W utworach aalenu dolnego, ubogich w cementy ortochemiczne, największe znaczenie miała kompakcja, na co wskazuje rozmieszczenie punktów projekcyjnych piaskowców w diagramie Houseknechta (fig. 28). Próbka, która znalazła się w polu C, to piaskowiec o zawartości 10,1% obj. cementu kwarcowego (tab. 10).

Najważniejszym procesem diagenetycznym w utworach młodszych od aalenu była cementacja licznych warstw, zwłaszcza piaszczystych, minerałami węglanowymi. Najpospolitszym z nich jest kalcyt, lecz obserwowano też dolomit, a niektóre warstwy piaskowców są spojone ankerytem. Wydaje się, że cement ankerytowy jest wtórny w stosunku do wcześniejszych cementów kalcytowo-dolomitowych. Analiza inkluzji fluidalnych dostrzeżonych w dwóch próbkach piaskowców z ankerytem wykazała, że krystalizacja ankerytu miała miejsce w temperaturze nie niższej niż 75°C, a nawet przekraczającej 100°C. Obecność minerałów wykrystalizowanych z wód określanych jako hydrotermalne w osadach jury z obszaru Kujaw stwierdzili wcześniej: Wojciechowski i Ziomek (1966, 1967), Krażewski (1966), Zydorowicz (1982), Świerczewska (1984), Górecka (1985), Chlebowski (1985).

7. W przypadku współwystępowania syderoplesytu z ankerytem, ankeryt zawsze jest późniejszy (Maliszewska, 1998). Jeśli w przestrzeni międzyziarnowej muszlowców jest obecny syderoplesyt i kalcyt, węglan żelaza wykrystalizował wcześniej. Przeprowadzone na obszarze Kujaw przez Maliszewską i in. (2005, 2006, 2007a, b) badania skał syderytowych jury środkowej wykazały, że ich głównym i najważniejszym składnikiem jest Ca/Mn-syderoplesyt, natomiast minerał syderyt o zawartości <5% wag. $MgCO_3$ należy do rzadkości. Występowanie soczewek i warstewek skał syderytowych w utworach jury środkowej świadczy o redukcyjnych warunkach wczesnej diagenezy. Pojawiający się piryt, miejscami w postaci framboidów, sugeruje jego bakteryjne pochodzenie (Sawłowicz, 2000). Sedymentację niektórych warstw ciemnych iłowców (bogatych w materię organiczną) w warunkach anoksycznych udowodniła Feldman-Olszewska (2005).

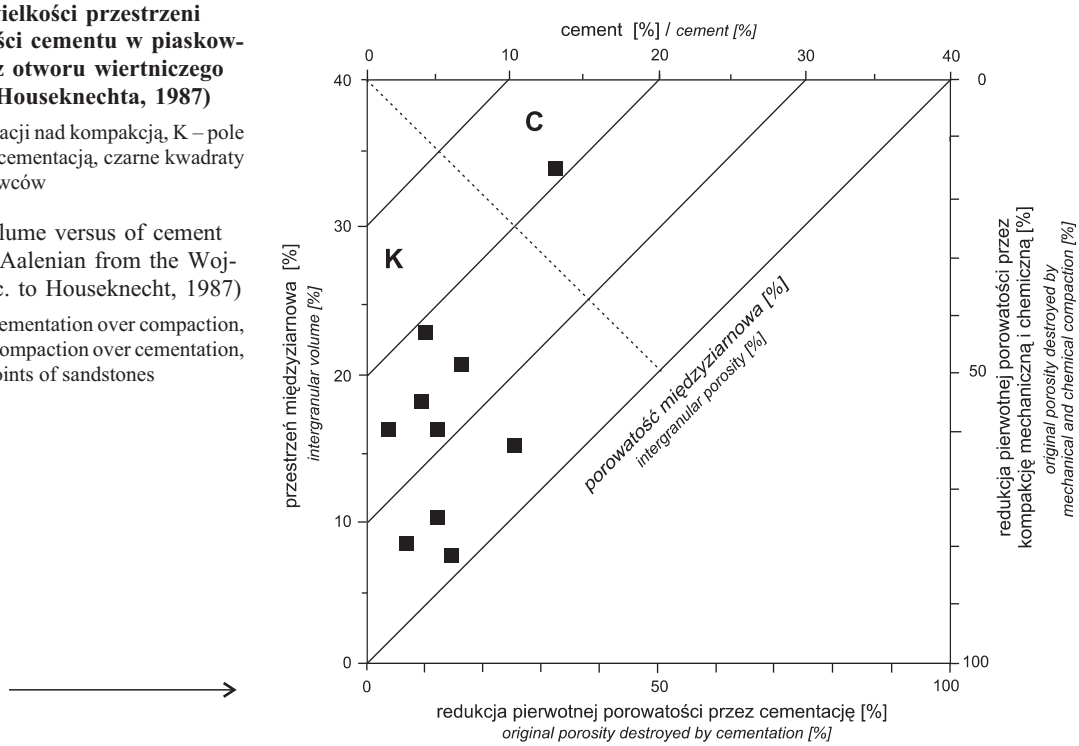
8. W niektórych warstwach piaskowców i wapieni zaobserwowano na ogół niewielki udział niewęglanowych minerałów autigenicznych. Najpospolitszy, zwłaszcza w utworach aalenu, jest kwarc, przy czym występuje on zwykle w postaci spoiwa kontaktowego, natomiast rzadko tworzy obwódki re-

Fig. 28. Zależność wielkości przestrzeni międzyziarnowej od ilości cementu w piaskowcach aalenu dolnego z otworu wiertniczego Wojszyce IG 4 (wg Houseknechta, 1987)

C – pole o przewadze cementacji nad kompakcją, K – pole o przewadze kompakcji nad cementacją, czarne kwadraty – punkty projekcyjne piaskowców

Plot of intergranular volume versus of cement in sandstones of Lower Aalenian from the Wojszyce IG 4 borehole (acc. to Houseknecht, 1987)

C – field with prevalence of cementation over compaction, K – field with prevalence of compaction over cementation, black squares – projection points of sandstones



generacyjne na ziarnach detrytycznych, co pokazano na fig. 26B. Spośród minerałów ilastych szamozyt (lub berthieryn) jest częstszy i liczniejszy niż robakowaty kaolinit, a glaukonit dostrzeżono tylko w wapieniach keloweju. Wydaje się, że w utworach jury środkowej strefy Ciechocinek–Brześć Kujawski autigeniczne minerały ilaste są obserwowane częściej, niż w rejonie Wojszyc. Niekiedy towarzyszą im drobne skupienia fosforanów.

9. Większość wymienionych procesów miała miejsce podczas eodiagenezy (w ujęciu Choquette, Pray, 1970). W czasie mezodiagenezy postępowała nadal kompakcja mechaniczna, rozwijała się kompakcja chemiczna, miejscami ankerytyzacja cementów kalcytowych i dolomitowych. Wydaje się, że krystalizacja niektórych składników skalnych mogła być związana z procesami telodiagenezy działającymi na obszarze wału kujawskiego wskutek inwersji tektonicznej bruzdy śródpolskiej w późnej kredzie (R. Dadlez, 1994) i ułatwionego dostępu wód meteorycznych. Zapewne wtedy tworzył się robakowaty kaolinit, a szamozyt i syderoplesyt mogły częściowo zostać przeobrażone w wodorotlenki żelaza. Być może był to również kolejny okres infiltracji w utwory jury środkowej i górnej roztworów określanych jako hydrotermalne (Wojciechowski, Ziomek, 1966; Górecka, 1985).

Teresa NIEMCZYCKA, Anna FELDMAN-OLSZEWSKA

WYNIKI BADAŃ LITOLOGICZNYCH I STRATYGRAFICZNYCH JURY GÓRNEJ

W otworach wiertniczych Wojszyce IG 1/1a, IG 3 i IG 4, bezpośrednio powyżej warstwy bulastej (kelowej), a pod utworami kenozoiku, stwierdzono występowanie różnych pięter jury górnej, od oksfordu po tyton (= wołg dolny i część wołgu środkowego). Stwierdzona luka stratygraficzna, obejmująca część jury górnej oraz całą kredę, jest wynikiem erozyjnego usunięcia osadów na przełomie kredy i paleogenu, podczas inwersji bruzdy kujawskiej. Stopień erozji zwiększa się od otworu wiertniczego Wojszyce IG 4 (usytuowanym na północno-wschodnkim skłonie antykliny), w kierunku SW, czyli otworów Wojszyce IG 1/1a (oś antykliny) oraz Wojszyce IG 3 (południowo-zachodni skłon antykliny). W pierwszym stwierdzono prawie cały profil jury górnej, natomiast w dwóch następnych zachowała się jedynie część utworów oksfordu.

Utwory jury górnej występują odpowiednio w interwałach głębokości: Wojszyce IG 1 – od 85,0 do >500,0 m (miąższość >415,0 m), Wojszyce IG 1a – 103,5–675,0 m (miąższość 571,5 m), Wojszyce IG 3 – 57,5–476,0 m (miąższość 418,5 m), Wojszyce IG 4 – 102,0–977,5 m (miąższość 875,5 m).

W obrębie utworów jury górnej wyróżniono formacje litostratygraiczne znane powszechnie z centralnej części Niżu Polskiego (Dembowska, 1979). W profilu Wojszyce IG 4 wyróżniono w oksfordzie formację wapieni gąbkowych, formację wapienno-marglistą i formację oolitową, w kimerydzie dolnym formację wapienno-marglisto-muszlowcową oraz

w kimerydzie górnym i tytonie formację pałucką. W profilu Wojszyce IG 1/1a stwierdzono prawie cały profil oksfordu, w którego obrębie wyznaczono formację wapieni gąbkowych, formację wapienno-marglistą i formację oolitową. W profilu Wojszyce IG 3 występuje jedynie część oksfordu obejmująca formację wapieni gąbkowych i formację wapienno-marglistą.

Oksford

Profil oksfordu był w znacznym stopniu rdzeniowany w otworze wiertniczym Wojszyce IG 1, którego głębienie w wyniku awarii zatrzymano na głęb. 500,0 m, w związku z czym nie przewiercono całego profilu. W powtórzonym otworze Wojszyce IG 1a, usytuowanym w bezpośrednim sąsiedztwie pierwszego otworu, stopień rdzeniowania skał oksfordu był znacznie mniejszy.

Granica pomiędzy jurą środkową (kelowej) i górną (oksford), którą stanowi tzw. warstwa bulasta, została przerdzeniowana w otworze Wojszyce IG 4.

Formację wapieni gąbkowych stwierdzono we wszystkich otworach na głębokościach od 369,0 do >500,0 m (IG 1), 360,0–675,0 m (IG 1a), 130,0–476,0 m (IG 3), 650,0–977,5 m (IG 4). Jej miąższość wynosi od 315,0 do 346,0 m. Są to organodetrytyczne, częściowo zdolomityzowane wapienie mikrytowo-gąbkowe, białe, nierównomiernie skalcytyzowane i czertowato skrzemionkowane, o różnej twardości. Zawierają liczne skrzemionkowane i skalcytyzowane szkielety gąbek. Obok gąbek pojedynczo występują przekrystalizowane korale oraz drobne rynchonelle. W profilu Wojszyce IG 4, bezpośrednio powyżej warstwy bulastej występuje wapień mikrytowy, marglisty, szary i szarozielony, ze skalcytyzowanymi i skrzemionkowanymi fragmentami szkieletów gąbek. Wyżej stwierdzono dość gruby kompleks w różnym stopniu zdolomityzowanych wapieni i epigenetycznych dolomitów gąbkowych, z licznymi próżniami po faunie oraz niewielkim okruszcowaniem pirytem. Zarówno wapienie, jak i dolomity mają charakter przyrafowy. Nieliczne otwornice występujące w tych osadach są charakterystyczne dla starszego oksfordu (zob. Smoleń, ten tom).

Formację wapienno-marglistą przewiercono we wszystkich otworach, w których występuje na głęb. 316,0– 369,0 m (IG 1), 310,0–360,0 m (IG 1a), 57,5–130,0 m (IG 3), 600,0–650,0 m (IG 4). Jej miąższość w profilach Wojszyce IG 1/1a i IG 4 jest zbliżona i wynosi 50,0–53,0 m. Jedynie w profilu Wojszyce IG 3 jest większa i wynosi 72,5 m. Są to wapienie margliste i margle typu madston, bez elementów ziarnistych, barwy sinej, niewarstwowane, miejscami z jaśniejszymi smugami, twarde, zwięzłe, o zawartości $CaCO_3$ wynoszącej 56,0–89,0%. Marek (1961) wyodrębnił te wapienie na obszarze poduszki Wojszyc, jako „wapienie sine". Z otworów Wojszyce IG 1 i IG 4 pobrano z tej formacji kilka rdzeni, natomiast w otworach Wojszyce IG 1a i IG 3 została ona przewiercona bezrdzeniowo. W próbkach z tej formacji nie stwierdzono mikro- ani makrofauny. Mikrofauna stwierdzona w profilu pobliskiego otworu Gostynin IG 3 wskazuje na dolną część oksfordu górnego (Dembowska, Malinowska, 1985).

Formację oolitową stwierdzono w otworach Wojszyce IG 1/1a oraz IG 4. Występuje ona na głębokości 85,0–316,0 m (IG 1), 103,5–310,0 m (IG 1a) oraz 391,5–600,0 m (IG 4). Jej miąższość wynosi odpowiednio 231,0; 206,5 i 208,5 m. Formacja wykazuje wykształcenie typowe dla obszaru Kujaw i jest rozwinięta jako białe wapienie mikrytowe i oolitowe, mikrytowo-oolitowe, oolitowo-intraklastyczne, bio-intraklastyczne lub mikrytowo-oolitowo-bio-intraklastyczne. Wapienie mikrytowe są twarde, zwięzłe, o gładkim przełamie, miejscami litograficzne, miejscami gruzłowe, ze śladami rozmywania, nielicznymi ooidami, intra- i bioklastami. W dolnej części profilu Wojszyce IG 4 występują w nich stylolity. Wapienie oolitowe są drobno- i średnioziarniste, zwięzłe, o gęsto upakowanych ooidach, których jądra są przekrystalizowane. Nieliczne przestrzenie pomiędzy ooidami wypełnia kalcymikryt lub kalcysparyt. W utworach tych występują otwornice charakterystyczne dla przedziału wiekowego najwyższy oksford górny–najniższy kimeryd dolny (Smoleń, ten tom).

Kimeryd + tyton

Formację wapienno-marglisto-muszlowcową stwierdzono w profilu otworu Wojszyce IG 4 na głęb. 295,0–391,5 m, a jej miąższość wynosi 96,5 m. Są to margle i wapienie margliste, jasnoszare, mikrytowe, niekiedy laminowane, zwięzłe, twarde, o gładkim przełamie i zmiennej ilości materiału ilastego. Pojedyncze intra- i bioklasty tworzą najczęściej szczątki muszli ostryg. Nieliczne gatunki otwornic występujących w tych utworach są znane z utworów kimerydu dolnego i górnego (Smoleń, ten tom).

Formacja pałucka występuje jedynie w profilu Wojszyce IG 4 na głęb. 102,0–295,0 m (miąższość 193,0 m). Są to mułowce wapniste lub ilasto-wapniste, ciemnoszare, miejscami przechodzące w margle z drobną, rozproszoną miką oraz licznym drobnym detrytem wapiennych skorupek fauny. Liczne otwornice i małżoraczki występujące w tych utworach do głęb. ?233,5 m są znane z utworów kimerydu dolnego i górnego (Smoleń, ten tom). Wyżej, w rdzeniu z głęb. 228,0–233,5 m, znaleziono liczne amonity: *Subplanites schaschkovae* (Ilovajski et Florencki), *Subplanites* sp., *Subplanites* sp. (ex gr. *pseudoscythicus*) (Ilovajski et Florencki), *Pectinatites* (*P.*) (cf. *tenuicostatus* Mikhailov), które dokumentują tyton (według dawnego podziału chronostratygraficznego dolny i środkowy wołg). Z tego samego rdzenia oraz rdzeni i próbek okruchowych powyżej jest notowana również mikrofauna charakterytyczna dla tytonu (Smoleń, ten tom).

Jolanta SMOLEŃ

WYNIKI BADAŃ MIKROPALEONTOLOGICZNYCH UTWORÓW JURY GÓRNEJ

W profilach otworów wiertniczych Wojszyce IG 1, IG 1a, IG 3 oraz IG 4 serie osadowe jury górnej leżą bezpośrednio pod młodszymi utworami, należącymi do miocenu lub oligocenu. W większości badanych profili jura górna jest reprezentowana jedynie przez utwory oksfordu. Tylko w profilu Wojszyce IG 4 zachowały się utwory kimerydu oraz częściowo tytonu.

Utwory jury górnej w rejonie Wojszyc przewiercono w dużym procencie bezrdzeniowo i w związku z tym liczba próbek dostarczonych do badań mikropaleontologicznych jest niewystarczająca do przeprowadzenia szczegółowej analizy biostratygraficznej. Analiza pionowych zasięgów mikrofauny (głównie otwornic i miejscami małżoraczków), obecnej w badanych próbkach z poszczególnych profili, potwierdziła obecność w strefie Wojszyc utworów oksfordu, kimerydu oraz tytonu.

Sekwencje osadowe oksfordu, zaliczane litostratygraficznie do grupy wapiennej A, składają się głównie z różnego typu osadów węglanowych. Mikrofauna oksfordzka jest uboga zarówno pod względem liczby gatunków, jak i osobników, często źle zachowanych, co niewątpliwie jest związane z charakterem osadów. W najniższej części oksfordu, w której występują utwory formacji wapieni gąbkowych, mikrofaunę stwierdzono w otworach wiertniczych Wojszyce IG 1a (głęb. 669,7 m), Wojszyce IG 3 (głęb. 130,0–244,8 m) oraz Wojszyce IG 4 (głęb. 750,6–976,2 m). Występują tu niezbyt liczne pod względem liczby osobników, monotonne gatunkowo zespoły otwornic złożone z takich taksonów, jak: *Spirillina tenuissima* Gümbel, *S. polygyrata* Gümbel, *Miliammina olgae* Bielecka, *Textularia* jurassica (Gümbel), *Paalzowella turbinella* (Gümbel), *P. feifeli seiboldi* (Gümbel), *Eoguttulina liassica* (Strickland), *Patelinella cristinae* Bielecka i *Lenticulina* sp. Wyżej wymieniony zespół gatunków jest charakterystyczny dla utworów starszego oksfordu wykształconego w facji wapieni gąbkowych na całym Niżu Polskim. Najczęściej tego typu asocjacje są znane z utworów młodszego oksfordu dolnego i oksfordu środkowego (Bielecka, Pożarski, 1954; Bielecka, 1960; Smoleń, 1998). W utworach formacji wapieni gąbkowych w rejonie Wojszyc występują ponadto liczne igły gąbek, elementy szkieletowe szkarłupni, juwenilne formy ślimaków oraz phyllopody.

Ponad formacją wapieni gąbkowych leżą wapienie margliste i organodetrytyczne formacji wapienno-marglistej. Mikrofaunę w powyższych utworach stwierdzono jedynie w profilu Wojszyce IG 3 (głębokość 110,0–115,0 m). Znajdują się tu nieliczne zespoły otwornic złożone z takich taksonów, jak: *Spirillina tenuissima* Gümbel, *S. polygyrata* Gümbel, *Paalzowella feifeli seiboldi* (Gümbel), *Planularia* cf. *trticostata* Mitjanina, *Eoguttulina* cf. *oolithica* (Terquem), *Astacolus* sp., *Trocholina* sp., *Lenticulina* sp. 1, *Lenticulina* sp. 2. Towarzyszą im fragmenty skorupek małżoraczków oraz igły gąbek. Na podstawie wymienionego składu mikrofauny nie można jednoznacznie określić wieku utworów, gdyż zawiera on wyłącznie gatunki o szerszym zasięgu stratygraficznym. Ze względu na brak w powyższych zespołach form typowych dla najwyższego oksfordu, można jedynie przypuszczać, że pochodzą one z utworów starszych, być może oksfordu środkowego lub wczesnego oksfordu górnego.

Sekwencje osadowe oksfordu kończą utwory formacji oolitowej. Mikrofauna w tych utworach jest bardzo uboga, zachowana głównie w postaci ośrodek, co w znacznym stopniu utrudnia identyfikację taksonomiczną okazów. Oznaczona została z próbek pochodzących z otworów wiertniczych Wojszyce IG 1 (głęb. 113,7; 136,6 do 233,6 m) oraz Wojszyce IG 4 (głęb. 529,9 i 417,1 m). Asocjacje mikrofauny z wymienionych głębokości zawierają inne niż w utworach występujących powyżej taksony otwornic: *Discorbis* sp., *Eoguttulina oolithica* (Terquem), *Pseudocyclammina jaccardi* (Schrodt), *Paleogaudryina varsoviensis* (Bielecka et Pożaryski) i *Trocholina solecensis* Bielecka et Pożarski. Oprócz nich obecne są także formy z rodzajów *Lenticulina*, *Trocholina* i *Spirillina*. Zanotowano także obecność małżoraczków z gatunków *Galliaecytheridea wolburgi* (Steghaus), *Schuleridea triebeli* (Steghaus) oraz radiolarii i elementów szkieletowych szkarłupni, głównie liliowców. Pojawienie się wymienionych taksonów otwornic i małżoraczków, które mają swoją kontynuację w kimerydzie dolnym, wskazuje na utwory najwyższego oksfordu górnego, a być może najniższego kimerydu dolnego.

Utwory kimerydu udokumentowano na podstawie mikrofauny jedynie w profilu Wojszyce IG 4. Powyżej utworów oksfordu górnego leżą dolnokimerydzkie wapienie i margle formacji wapienno-marglisto-muszlowcowej. Mikrofaunę stwierdzono w próbkach pobranych z głęb. od 380,1 do 300,8 m. Występuje tu niewiele gatunków otwornic powszechnie znanych w utworów kimerydu. Są to formy o długich zasięgach stratygraficznych, do których należą: *Spirillina infima* (Strickland), *Eoguttulina liassica* (Strickland), *E. oolithica* Terquem, *Astacolus varians* (Bornemann), *Dentalina pseudocommunis* Franke oraz inne taksony z rodzajów: *Lenticulina*, *Lingulina*, *Vaginulina* i *Pseudonodosaria*, które z powodu niedostatecznego stanu zachowania nie zostały dokładnie oznaczone. Dolnokimerydzki wiek dobrze datują małżoraczki, zwłaszcza pojawiający się na głęb. 380,1 m gatunek *Galliaecythereidea cuneiformis* Bielecka, Błaszyk et Styk, który jest taksonem wskaźnikowym dla utworów granicznych oksfordu i kimerydu (Bielecka i in., 1976). Małżoraczki należące do gatunków *Schuleridea triebeli* (Steghaus) oraz *Macrodentina intercostulata* Maltz i *Monoceratina saxonica* Schmidt występują także na głęb. 340,5 i 305,9 m. W utworach kimerydu dolnego są obecne także fragmenty makrofauny; głównie są to elementy szkieletowe szkarłupni – kolce jeżowców, trochity liliowców czy holoturie strzykw.

Następne dwie próbki pobrane z głęb. 265,9 i 241,8 m pochodzą z utworów formacji pałuckiej kimerydu górnego. Zaobserwowano w nich wzrost liczby gatunków otwornic,

wśród których pojawia się kilka nowych taksonów wskaźnikowych dla wymienionego podpiętra. Są to następujące gatunki: *Haplpphragmium coprolithiforme subaequale* (Mjatliuk), *Mironovella foveata* Kuznetzova et Umanskaja, *Marginulinopsis straiatocostata* (Reuss), *Citharina zaglobensis* (Bielecka et Pożarski), *Lenticulina vistulae* Bielecka et Pożaryski, *Epistomina stellicostata* Bielecka et Pożaryski, *Marginulina glabra* (d'Orbigny) (Bielecka, Styk, 1966; Bielecka, 1975; 1980; Smoleń, 1998). Obecne są także inne otwornice z rodzajów *Lenticulina* i *Astacolus*. Dość licznie w utworach kimerydu górnego występują pokruszone makroszczątki ślimaków, małży i szkarłupni.

Pozostałe próbki pobrane z głęb. od 230,3 do 103,0 m pochodzą z utworów tytonu. Analiza zasięgów pionowych znajdującej się w nich mikrofauny otwornicowej wskazuje na utwory tytonu dolnego i górnego. Próbki te zawierają dość liczne zespoły mikrofauny i wiele nowych gatunków otwornic i małżoraczków, jednak ze względu na niedostateczną liczbę próbek trudno jest precyzyjnie ustalić granice pomiędzy poszczególnymi piętrami. Na głęb. od 135,0 do 230,3 m występują zespoły mikrofauny, które są charakterystyczne dla tytonu dolnego na obszarze Niżu Polskiego (Bielecka, Styk, 1966; Bielecka, 1975, 1980; Smoleń 1998). W analizowanych próbkach z utworów tytonu dolnego występują następujące gatunki otwornic: *Haplophragmium coprolithiforme subaequale* (Mjatliuk), *Haplophragmoides volgensis* Mjatliuk, *Ammobaculites fontinensis* (Terquem), *Everticyclammina virguliana* (Koechlin), *Citharina paralela* Bielecka et Pożaryski, *C. zaglobensis* (Bielecka et Pożaryski), *C. raricostata* (Furssenko et Polenova), *C. flabelloides* (Terquem), *Citharinella exarata* (Loeblich et Tappan), *Citharina kujaviensis* (Bielecka et Pożarski), *Eoguttulina liassica* (Strickland), *Mironovella foveata* Kuznetzova et Umanskaja, *Marginulinopsis straiatocostata* (Reuss), *Epistomina* stellicostata Bielecka et Pożarski, *Lagena hipsida* Reuss, *Marginulinopsis embaensis* (Furssenko et Polenova), *Planularia quaderi* Grigelis, *Pseudolamarckina polonica* (Bielecka et Pożaryski), *Tristix temirica* (Dain), *Saracenaria pravoslavleni* Furssenko et Polenova, *Lenticulina infravolgaensis* (Furssenko et Polenova), *L. vistulae* Bielecka et Pożaryski, *Geinitzinita nodulosa* (Furssenko et Polenova), *Pseudonodosaria tenuis* (Bornemann), *P. humilis* (Roemer).

W utworów tytonu dolnego są obecne także małżoraczki, takie jak: *Galliaecytheridea elongata* Kilenyi, *G. postrotunda* Oertli, *G. elegans* (Sharap), *G. punctilataeformis* (Lubimova) i inne z rodzajów *Macrodentina* i *Galliaecytheridea*.

Powyżej na głęb. od 103,0 do 135,0 m pojawiają się gatunki otwornic znane od tytonu górnego, takie jak: *Lenticulina ponderosa* Mjatliuk i *Nodosaria osynkiensis* Mjatliuk, nie notowane w starszych utworach (Bielecka, 1975). Oprócz tego występują gatunki znane od początku tytonu: *Nodosaria striatojurensis* Klähn, *Planularia poljenovae* Kuznetzova i inne wymienione wcześniej z utworów tytonu dolnego. Opierając się na dotychczasowych opracowaniach (Bielecka, Styk, 1966; Bielecka, 1975, 1980), należy stwierdzić, że wymieniony zespół mikrofauny dokumentuje utwory części tytonu górnego i odpowiada w przybliżeniu poziomowi amonitowemu *Zaraiskites scythicus*.

Krzysztof RADLICZ

PETROGRAFIA I MIKROFACJE UTWORÓW JURY GÓRNEJ

Wstęp

Utwory jury górnej zostały przebadane pod względem petrograficznym w otworach wiertniczych Wojszyce IG l, IG la i IG 4. Opróbowano je na podstawie profili litologicznych Niemczyckiej (1989, 1990). Wykorzystano również wyniki kalcymetryczne i dolometryczne laboratorium polowego zawarte w dokumentacjach wynikowych otworów wiertniczych. Ze względu na znaczne luki w rdzeniowaniu, niemożliwe było systematyczne pobranie próbek. Pobrano je wyrywkowo, starając się uchwycić różnice mikrofacjalne. Łącznie pobrano 66 próbek: 20 z profilu Wojszyce IG l, 21 z Wojszyce IG la i 25 z Wojszyce IG 4 (tab. 12).

W opisach skał zastosowano klasyfikację grup mikrofacjalnych Dunhama (1962) zmodyfikowaną przez Embry'ego i Klovana (1971) i wprowadzoną do polskiego piśmiennictwa przez Jaworowskiego (1987). Znaczenie określeń jest następujące:

- madston – mikryt węglanowy lub węglanowo-ilasty + poniżej 10% terallochemów;
- wakston – mikryt węglanowy lub węglanowo-ilasty + 10–45% terallochemów;
- pakston – skała ziarnowa zwięzła, węglanowa, powyżej 45% allochemów o średnicy poniżej 2 mm, scementowana mikrytem;
- greinston – skała ziarnowa spojona węglanem krystalicznym – sparytem;
- flotston – skała ziarnowa złożona z allochemów o średnicy powyżej 2 mm i między nimi poniżej 2 mm;
- rudston – skała węglanowa złożona głównie z allochemów powyżej 2 mm;
- bandston – skała węglanowa biogeniczna, złożona ze szkieletów autochtonicznych (korale, mszywioły, gąbki, glony);
- sparyt – skała krystaliczna, ortochemowa, o nieustalonej pierwotnej strukturze.

Nazewnictwo więźby struktury utworów krystalicznych ortochemowych przyjęto według Friedmana (1965): własnokształtne – idiotopowe; współwłasnokształtne – hipidiotopowe; obcokształtne – allotriotopowe.

Ogólnie dla ziarnowego materiału węglanowego przyjęto określenie „allochemy". Pod nazwą „tekstura" określa się zwięzłość osadu i sposób rozmieszczenia allochemów: bezładna, równoległa, smużysta, laminowana, frakcjonalna

Tabela 12

Spis analizowanych płytek cienkich jury górnej

List of studied thin sections

Nr próbki	Głębokość [m]	Litologia
1	2	3
Wojszyce IG 1		
1	90,6	wapień mikrytowy, smużysty, ze spikulami gąbek i małżoraczkami
2	114,4	wapień pelbiomikrytowy z bioklastami: otwornice, glony *Acicularia*, szkarłupnie, małżoraczki, małże, ślimaki, *Solenopora* sp.
3	137,5	wapień oointrabiosparytowy, greinston
4	141,5	margiel dolomityczny, mikrytowy, ze spikulami gąbek
5	163,8	wapień ooidowy, bimodalny oosparyt, greinston
6	190,5	wapień ooidowy, bimodalny, laminowany frakcjonalnie oosparyt, greinston
7	195,2	wapień peloidowy, pelbiosparmikryt, pakston
8	224,2	wapień onkoidowy, bandston, stromatolity kuliste bez ostrych granic, wzajemnie wciśnięte, z *Lithocodium* i *Teutloporella*
9	229,1	wapień onkoidowy, bimodalny onkoflokston; powłoki w onkoidach perforowane przez grzyby
10	277,5	wapień pelintrabiomikryt, flotston ze szkarłupniami, małżami, ślimakami, serpulami, glonami z mikrostylolitami
11	280,5	wapień mikrytowy, madston
12	316,3	wapień marglisty, pelbiomikrytowy, warstwowany skośnie
13	322,2	wapień marglisty, pelbiomikrytowy, warstwowany skośnie
14	361,1	wapień marglisty, z otwornicami, małżami i spikulami gąbek
15	367,8	wapień mikrytowy, madston, z otwornicami i małżoraczkami
16	400,2	wapień biointramikrytowy, pakston ze spikulami gąbek, mszywiołami, szkarłupniami, małżami, miejscami z czertami i krzemieniami
17	404,4	wapień intrabiomikrytowy, pakston, mumie i spikule gąbek, otwornice, małżoraczki, ramienionogi, liliowce z czertami i krzemieniami
18	427,8	wapień intrabiomikrytowy, pakston z fauną jw.
19	469,0–475,0	dolomit z reliktami intraklastów i bioklastów; spikule gąbek, otwornice, szkarłupnie, małżoraczki; część osadu impregnowana chalcedonem
20	485,0–491,0	wapień dolomitowy, dolosparmikryt
Wojszyce IG 1a		
1	506,0	wapień biointramikrytowy, pakston z gniazdami dolomitu
2	546,8	dolomit kawernisty
3	550,0	dolomit kawernisty z reliktami fauny
4	552,5	dolomit kawernisty z reliktami gąbek
5	557,7	dolomit kawernisty z reliktami fauny
6	562,4	dolomit kawernisty z reliktami fauny
7	568,2	dolomit z reliktami biorudytu
8	571,7	dolomit kawernisty z reliktami biorudytu
9	571,7	dolomit oczkowy z geodami diosparu
10	575,4	dolomit oczkowy z reliktami gąbek ułożonych faliście

Tabela 12 cd.

1	2	3
11	584,1	dolomit oczkowy zbrekcjowany
12	587,4	dolomit gniazdowo niezdolomityzowany, wapień kalcyoosparytowy
13	592,7	dolomit oczkowy, kawernisty, z reliktami fauny
14	601,3	dolomit kawernisty z reliktami gąbek
15	605,4	dolomit kawernisty, zbrekcjowany po dolomityzacji
16	608,7	dolomit oczkowy, kawernisty
17	621,4	dolomit oczkowy, kawernisty
18	636,2	wapień, biorudston gąbkowy, częściowo zdolomityzowany
19	641,0	dolomit kawernisty z reliktami ramienionogów i liliowców, z mikrostylolitami przed dolomityzacją
20	645,5	dolomit oczkowy z bioklastami mszywiołów i ramienionogów, impregnowanych getytem
21	671,7	wapień intrabiomikrytowy, pakston, z gąbkami, mszywiołami, otwornicami, szkarłupniami i Globochaete
Wojszyce IG 4		
1	304,1	mikrytowy wapień marglisty
2	343,2	mikrytowy wapień marglisty z bioturbacjami
3	417,5	wapień bioonkooomikrytowy, flotston
4	468,2	wapień warstwowany mikrytowy i biointramikrytowy
5	527,1	wapień greinstonowy, biooointraklastyczny, sparytowy
6	580,1	wapień, pelkalcysparyt greinstonowy
7	637,2	wapień marglisty, pelmikryt
8	694,1	wapień, biolityt, mata glonowa
9	749,7	wapień onkopelbiosparmikrytowy, flotston częściowo zsylifikowany
10	804,8	dolomit wapnisty, dolokalcysparyt mozaikowy
11	875,2	dolomit wapnisty, dolokalcysparyt mozaikowy
12	920,8	dolomit wapnisty, dolokalcysparyt mozaikowy
13	937,3	wapień gąbkowy, częściowo zsylifikowany, biomikryt
14	952,5	wapień intrabiomikrytowy, flotston, częściowo zsylifikowany
15	955,4	wapień intrabiomikrytowy, flotston, częściowo zsylifikowany
16	956,2	wapień gąbkowy, biorudston marglisty
17	960,7	wapień gąbkowy, biorudston
18	961,7	wapień biointramikrytowy, flotston, z marglistym cementem
19	965,7	wapień biointramikrytowy, flotston, z marglistym cementem
20	966,7	wapień biointramikryt, rudston, z marglistym cementem
21	968,l	wapień, biorudyt, z cementem marglistym częściowo zsylifikowany
22	970,9	wapień intrabiomikrytowy, biorudyt, z cementem marglistym
23	971,9	wapień gąbkowy, bioflotston, częściowo zsylifikowany
24	975,0	wapień gąbkowy, biopakston, częściowo zsylifikowany
25	976,2	wapień marglisty, gąbkowy, z cementem marglistym, laminowany

(bi- lub wielomodalna). Dla utworów chemogenicznych zastosowano terminologię: masywna, porowata, oczkowa, włóknista, kawernista. Określenie zawartości materiału ziarnowego podano według wzorców Tanaka i Katada (1966). Określenie mikrofauny i makrofauny oraz glonów w płytkach cienkich wykonano na podstawie atlasów: Horowitza i Pottera (1971), Johnsona (1951, 1961, 1964), Majewske (1969), Masłowa (1956, 1962) oraz Mišika (1966). Interpretację stref facjalnych na podstawie mikrofacji dokonano na podstawie przewodników sedymentologicznych: Elf-Aquitaine (1977); Gradzińskiego i innych (1986); Heckela (1972) i Wolfa (1973). Badania płytek cienkich wykonano w mikroskopie polaryzacyjnym firmy Zetopan, a badania katodoluminescencyjne (CL) – przy pomocy aparatury (model CCL 8200 mk 3) firmy Cambridge Image Technology. Komorę próżniową, w której badano odkrytą płytkę cienką, zamontowano na stoliku mikroskopu polaryzacyjnego Optiphot 2 firmy Nikon. Fotografie minerałów i skał wykonano na kliszach Fuji o czułości 1600 ASA.

Wszystkie fotografie wybranych obiektów bez analizatora, w skrzyżowanych nikolach i w CL wykonała dr hab. M. Sikorska-Jaworowska. Interpretacji obserwacji katodoluminescencji minerałów dokonano na podstawie podręcznika Marshala (1988) oraz artykułów Nickela (1978), Piersona (1981) oraz Emery'ego i Marshalla (1989).

Badania skał w postaci odłupków napylonych złotem przeprowadzono w elektronowym mikroskopie skaningowym JSM-35 firmy JEOL. Uzyskano obrazy elektronów odbitych (SEI). W wybranych mikroobszarach wykonano punktowe chemiczne analizy jakościowe za pomocą mikrosondy rentgenowskiej z dyspersją energii EDS typu Link-ISIS.

W celu uzyskania obrazów elektronów wstecznie odbitych (BEI), przebadano preparaty płytek cienkich odkrytych, z powierzchnią polerowaną, napyloną węglem. Z pomocą programu Quant VSP wykonano 12 analiz ilościowych, których wyniki stosunków atomowych pierwiastków przeliczono na skład chemiczny minerałów. Wyliczono udział dolomitu, wolnego kalcytu (dedolomitu), drobin $FeCO_3$ i Fe_2S (tab. 14). Chemiczne wyniki analiz, razem z obrazami w CL, dają możliwość ujawnienia kolejności procesów mineralnych. Analizy i obrazy mikroskopowe wykonali dr E. Starnawska i L.Giro pod kierunkiem B. Borkowskiej, a preparaty płytek cienkich – T. Sztyrak i A. Jackowicz.

W interpretacji wyników badań w elektronowym mikroskopie posługiwano się podręcznikiem Weltona (1984).

Analiza petrograficzna i mikrofacjalna utworów jury górnej z otworu wiertniczego Wojszyce IG l

Badania przeprowadzono na podstawie próbek pobranych z 10 odcinków rdzeni i 4 próbek okruchowych. Wśród osadów stwierdzono: wapienie, wapienie margliste, dolomityczno-margliste, skały dolomityczno-wapniste oraz węglanowe skały zsylifikowane chalcedonowo-kwarcowe. Wśród mikrofacji wyróżniono jedno- i wieloskładnikowe, a wśród nich: mikryty i mikryty allochemowe, mikrofację bioklastyczną, intraklastyczną, peloidową, ooidową, onkoidową, biolitytową, mieszaną oraz dolosparowo-wapienno-krzemionkową.

Skały o mikrofacji mikrytowej i mikrytowo-bioklastycznej typu madstonu występują w próbkach z głęb.: 90,6; 141,5; 280,5; 361,1 i 367,8 m. Są to twarde, zwięzłe wapienie, miejscami ze stylolitami i mikrostylolitami oraz z okruszcowaniem pirytem, niekiedy margliste lub dolomityczne (dolomit do 11,5%). Odznaczają się teksturą smużystą lub równoległą. Zawierają l–15% bioklastów o średnicy 0,02–0,60 mm (z przewagą frakcji 0,03–0,10 mm), złożonych ze: spikul gąbek, skorupek małżoraczków, małży i miejscami strzępów substancji organicznej. Masa podstawowa stanowi 93–99% i jest złożona z mikrytu. W próbce z głęb. 280,5 m w mikrostylolitach występuje substancja organiczna.

Mikrofację biointraklastyczną rozpoznano w próbce krzemienia z głęb. 400,2 m, znajdującego się w białym, kredowym wapieniu zawierającym wyraźne struktury gąbek oraz skupienia czertowo-krzemienne. W krzemieniu stwierdzono relikty pakstonu złożonego w 60% z bioklastów: spikul gąbek, fragmentów szkarłupni, mszywiołów i małży oraz w 15% z intraklastów wapieni o średnicy 0,3–4,5 mm. Bioklasty i intraklasty są w 80% zastąpione włóknistym chalcedonem i agregatowym kwarcem.

Próbki wapieni w mikrofacji intrabiomikrytów, z głęb. 404,4 i 427,8 m, makroskopowo są podobne do wyżej opisanych. Należą one do grupy pakstonów. Złożone są w 50–55% z intraklastów wapieni mikrytowych i pakstonów spikulowych o średnicy 0,1–3,7 mm i w 10–15% z bioklastów: mumii i spikul gąbek, otwornic, małżoraczków, ramienionogów, małży, mszywiołów i liliowców. Cement jest mikrytowy. Wapienie zawierają 94,6–98,0% $CaCO_3$.

Wapienie w mikrofacji peloidowo-bioklastycznej (pelbiomikryty) grupy pakstonów są reprezentowane przez próbki z głęb. 114,4; 195,2; 316,3 i 322,2 m, zaś z głęb. 277,5 m przez flotston peloidowo-intraklastyczno-bioklastyczny (pelintrabiomikryt). Są to utwory dość twarde, zwięzłe, nieco brudzące, o barwie białej, brudnobiałej i ciemnoszarej. Miejscami zawierają nierównomiernie rozmieszczone intra- i bioklasty, a lokalnie ośródki małży. Często są w nich obecne stylolity i mikrostylolity. Utwory tych mikrofacji występują w formacjach: wapieni gąbkowych i wapienno-marglistej. Zawierają one odpowiednio 94,6–98,0% i 74,0–89,9% $CaCO_3$. Odznaczają się teksturami równoległymi lub skośnymi, rynnowymi małej skali. Zawierają 30–80% peloidów o średnicy 0,06–0,60 mm (z przewagą frakcji o średnicy 0,10–0,15 mm) oraz 5–30% bioklastów o średnicy 0,06–1,60 mm. Wśród bioklastów stwierdzono: szkarłupnie, otwornice, małżoraczki, małże, ślimaki, spikule gąbek, a w próbce z głęb. 114,4 m – plechy glonów *Acicularia*. Cement jest kalcymikrytowy: stanowi 15–40%. Peloidy w próbkach z głęb. 316,3 m i 322,2 m zawierają otoczki substancji organicznej. Próbka pelintrabiomikrytu z głęb. 277,5 m oprócz 40% peloidów o średnicy 0,03–0,30 mm zawiera 30% intraklastów o średnicy 0,9–6,0 mm (z przewagą frakcji 1,5–4,0 mm) i 10% bioklastów: szkarłupni, małży, ślimaków i glonów Solenopora. Sporadycznie trafiają się: pył kwarcowy, łuseczki muskowitu oraz strzępki roślinne.

Mikrofacje ooidowe (oosparyty i oobiosparyty grupy greinstonów) stwierdzono w próbkach wapieni z głęb. 163,8 i 190,5 m. Są to wapienie twarde, zwięzłe, o barwie białej lub jasnoszarej, zawierające 97,0–99,0% $CaCO_3$. Złożone są w 75–80% z ooidów o średnicy 0,06–2,40 mm (z przewagą frakcji 0,15–0,30 i 0,75–1,20 mm). Ich tekstury są równoległe, laminowane frakcjonalnie. Obok ooidów występują w nich intraklasty i przekrystalizowane bioklasty, wśród których stwierdzono: otwornice, małże, szkarłupnie i koralowce. Stanowią one jądra ooidów. Kształty ooidów zależą od kształtów bioklastów, na których się utworzyły.

W próbce z głęb. 137,5 m stwierdzono oointrabiosparyt z grupy greinstonów flotstonowych (fig. 29E). Występuje w nim 45% ooidów o średnicy 0, l–0,6 mm (z przewagą frakcji 0,3–0,4 mm), 20% intraklastów wapieni mikrytowych o średnicy 0,9–2,7 mm (z przewagą 1,5–2,0 mm) i 15% bioklastów o średnicy 0,3–12,0 mm (z przewagą frakcji 4,0–6,0 mm). Wśród bioklastów stwierdzono: małże, ślimaki, glony Solenopora i otwornice. Kalcytowy cement występuje w postaci sparytu lub mikrytu.

Mikrofację onkoidową stwierdzono w próbce wapienia z głęb. 229,1 m. Jest to osad zwięzły, dość twardy, pylasty, biały. Widoczne są w nim drobne przekrystalizowane bioklasty: ślimaków, małży, glonów, otwornic i szkarłupni. Są one pocięte stylolitami i mikrostylolitami. Wapień jest złożony w 60% z onkoidów o średnicy 0,06–4,50 mm, z przewagą frakcji 1,5–2,0 i 0,15–0,45 mm. Wielkość i kształt onkoidów są zależne od zawartych w nich bioklastów. Cement złożony z drobnokrystalicznego kalcytu stanowi 40% skały.

Mikrofację biolitytu onkoidowego (stromatolit kulisty) stwierdzono w próbce wapienia z głęb. 224,2 m. Składa się on w 80% z onkoidów o średnicy 3,0–6,0 mm (z przewagą o średnicy 4,0 mm). Utworzyły się one na glonach *Lithocodium*, *Teutloporella*, małżach i szkarłupniach. Onkoidy są gęsto upakowane, wzajemnie zdeformowane i dlatego granice między nimi są prawie niewidoczne. Cement jest kalcymikrytowy.

Skały zaliczone do mikrofacji dolosparytowej występują w okruchach w marszach z głęb. 448,0–454,0 i 485,0–491,0 m. Reprezentowane są przez częściowo zsylifikowane wapienie dolomityczne i dolomity wapniste kawerniste, twarde, barwy białobrunatnawej, miejscami z widocznymi strukturami gąbek. Są to utwory typu pakstonów z reliktami intraklastów wapieni biomikrytowych, spikulowych oraz bioklastów: spikul gąbek, otwornic, szkarłupni i małżoraczków. Część spikul jest wypełniona sferolitycznym chalcedonem. Ponad 50% osadu jest zdolomityzowana i złożona z dolosparu o średnicy 0,02–0,18 mm.

W próbce z głęb. 485,0–491,0 m występują relikty kalcymikrytu, część zaś jest zastąpiona dolosparem o średnicy 0,06–0,30 mm, bogatym we wrostki mikrytowe. Wapienie dolomityczne zawierają 90,5% $CaCO_3$+$MgCO_3$, w tym 26,5% $CaMg(CO_3)_2$.

Analiza petrograficzna i mikrofacjalna utworów jury górnej z otworu wiertniczego Wojszyce IG 1a

Utwory jury górnej, o miąższości 571,5 m, były rdzeniowane w 11 odcinkach, z których pobrano 21 próbek, dla których wykonano analizy petrograficznie i mikrofacjalnie. Wśród mikrofacji wapieni wyróżniono: biointramikrytową i intrabiomikrytową oraz dolomity wapniste i wapienie dolomityczne z reliktami i bez reliktów pierwotnych osadów wapiennych. Prawie cała seria osadów w profilu została w nierównomiernym stopniu zdolomityzowana.

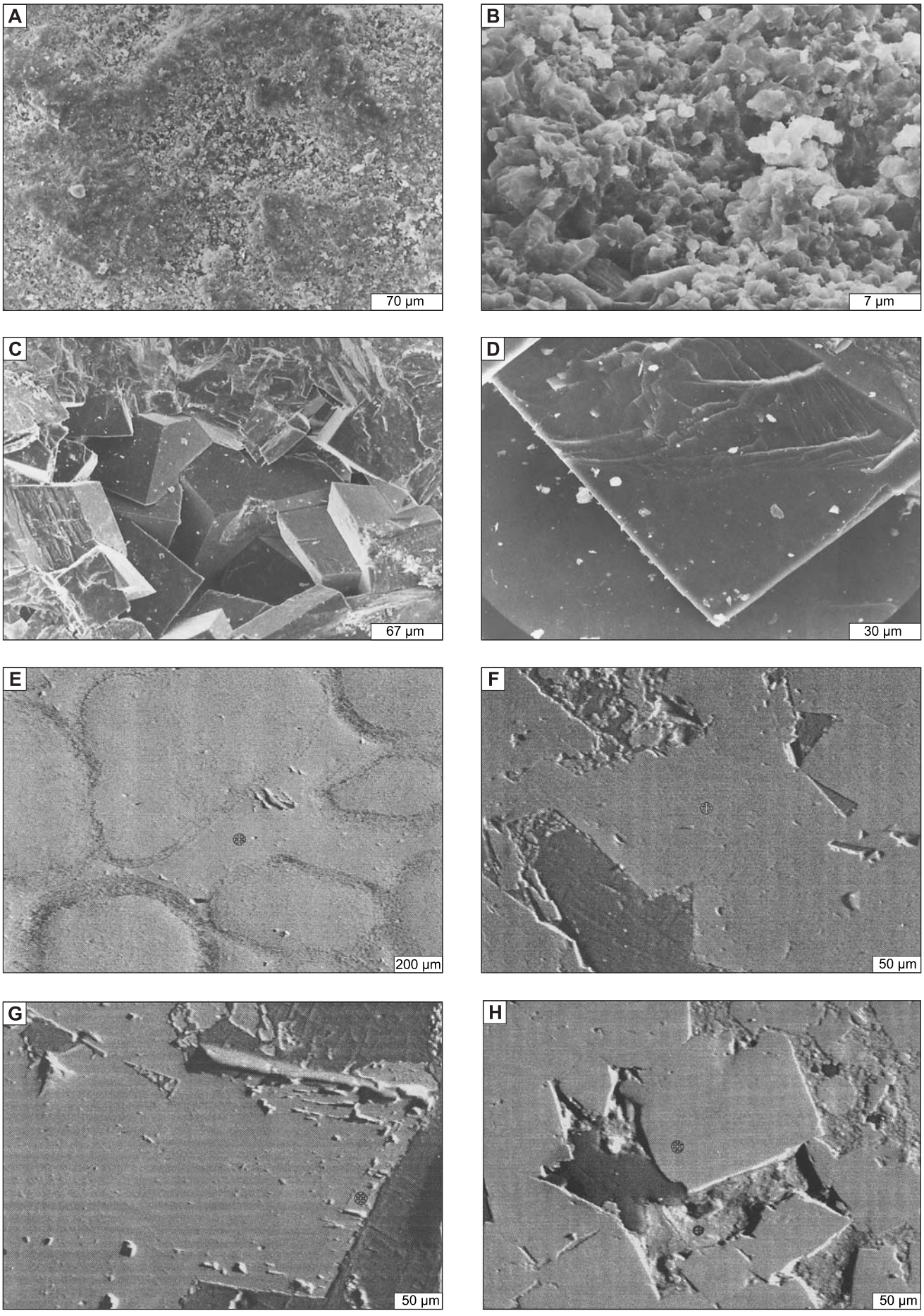
Wapień biointramikrytowy (pakston) z głęb. 506,0 m jest twardy, zwięzły, biały, z pojedynczymi grubszymi bioklastami skalcytyzowanych gąbek. W wapieniu stwierdzono 97,0% $CaCO_3$+$MgCO_3$, w tym 4,0% dolomitu. Wapień jest złożony w 50% z bioklastów o średnicy 0,06–6,00 mm: spikul gąbek, małżoraczków, otwornic, *Globochaete* sp., mszywiołów i małży, w 15% z intraklastów wapieni spikulowych, biomikrytowych i onkoidów oraz w 35% z cementu kalcymikrytowego z nielicznymi osobnikami dolosparu bogatymi we wrostki mikrytowe.

Wapień intrabiomikrytowy (pakston) z głęb. 671,7 m jest barwy beżowej z odcieniem różowym, twardy i zwięzły, po-

→

Fig. 29. A. Kalcymikrytowe peloidy mikrooporowe scementowane kalcysparem; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 580,1 m; obraz SEI. **B.** Cement mikrokalcysparowy nierównoziarnisty z pojedynczymi włóknami illitu; w części osobników kalcysparu krawędzie są nadtrawione, części zaś nieco przekrystalizowane; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 956,7 m; obraz SEI. **C.** Druza dolosparowa ze szczotką krystaliczną romboedrów dolosparu; otwór wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 546,8 m; obraz SEI. **D.** Romboedr dolosparu z druzy w dolosparycie; otwór wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 546,8 m; obraz SEI. **E.** Wapień oointrabiosparytowy – greinston z ooidami o cienkim korteksie, z kontaktami prostymi i wklęsło-wypukłymi; otwór wiert. Wojszyce IG 1, głęb. 137,5 m; obraz SEM. **F.** Romboedryczne kryształy dolosparu wokół druzy; otwór wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 571,7 m; obraz SEM. **G.** Idiotopowy dolospar w druzie w skale dolomitowej; otwór wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 587,4 m; obraz SEM. **H.** Romboedryczne kryształy dolosparu wokół pustki w skale dolomitowej; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 966,7 m; obraz SEM

A. Calcimicritic microporous peloids cemented by calcispar; Wojszyce IG 4 borehole, depth 580.1 m; SEI image. **B.** Inequigranular microcalcisparitic cement with single illite fibres. The edges of some calcispar individuals show dissolution traces, of some others are slightly recrystallized; Wojszyce IG 4 borehole, depth 956.7 m; SEI image. **C.** Dolosparite druse with crystals of dolosparite rhombohedrons; Wojszyce IG 4 borehole, depth 546.8 m; SEI image. **D.** Dolosparite rhombohedron from druse in dolosparite; Wojszyce IG 4 borehole, depth 546.8 m; SEI image. **E.** Oointerbiosparite limestone – grainstone with ooids of thin cortex and with straight or concave-convex contacts; Wojszyce IG 1 borehole, depth 137.5 m; SEM image. **F.** Rhombohedral dolosparite crystals around a druse; Wojszyce IG 1a borehole, depth 571.7 m; SEM image. **G.** Idiotopic dolosparite in druse within dolomite rock; Wojszyce IG 1a borehole, depth 587.4 m; SEM image. **H.** Rhombohedral dolosparite crystals around a void in dolomite rock; Wojszyce IG 4 borehole, depth 966.7 m; SEM image


A
70 µm
B
7 µm
C
67 µm
D
30 µm
E
200 µm
F
50 µm
G
50 µm
H
50 µm

cięty stylolitami, mikrostylolitami i powierzchniami ślizgowymi wzbogaconymi w szarą substancję ilastą. W wapieniu stwierdzono udział 73,3% $CaCO_3$+$MgCO_3$, w tym do 5,8% dolomitu. Intrabiomikryt zawiera: 50% intraklastów o średnicy 0,15–1,6 mm, 30% bioklastów (spikule gąbek, mszywioły, otwornice, szkarłupnie i *Globochaete* sp.) oraz 20% mikrytu.

Cała seria osadów w interwale 545,0–669,0 m w różnym stopniu została zdolomityzowana. Makroskopowo zróżnicowanie osadów jest bardziej widoczne ze względu na wielkość i nagromadzenie gąbek typu biohermalnego oraz występujące między nimi przerosty pakstonów i flotstonów gąbkowych, przeważnie spikulowych. Ponadto zaznaczają się nagromadzenia pustek – negatywów po gąbkach, koralowcach i po skorupach fauny. W pustkach występują drobno- lub grubokrystaliczne szczotki dolosparu. Lokalnie kawerny są wypełnione białym wielkokrystalicznym kalcysparytem. Dolomity wapniste i wapienie dolomitowe najczęściej są barwy jasnoszarej lub brunatnej. Poniżej głęb. 638,0 m przeważają barwy białoszare. Na 39 oznaczeń stwierdzono, że 13% zawiera poniżej 90% węglanów, 10% w granicach 90–95%, a 77% ponad 95% węglanów. Wśród tych oznaczeń 41% wykazywało udział zawartości dolomitu 50–75%, a tylko 18% próbek poniżej 10%. Tak wysoka węglanowość wskazuje na barierowo-biohermalne pochodzenie osadów.

W próbce z głęb. 587,4 m, ok. 30% płytki cienkiej stanowi bimodalny ooidowy wapień zawierający 60% ooidów o średnicy 0,15–2,40 mm (z przewagą frakcji 0,3 i 1,2 mm), z cementem kalcysparowym tkwiącym w mozaikowej dolosparytowej masie idio- i hipidiotopowych kryształów dolomitu.

W próbce z głęb. 636,2 m, ok. 30% powierzchni płytki stanowi flotston wapienny, gąbkowy, częściowo zsylifikowany, zastąpiony włóknistym chalcedonem; mumie i spikule gąbek, często otoczone mikrostylolitami, tkwiące w dolosparytowej masie.

W próbce z głęb. 645,5 m ok. 30% płytki zajmuje flotston z reliktami mszywiołów, ramienionogów i innej fauny, częściowo impregnowany getytem. Spoiwo flotstonu jest złożone z dolomitu. Niektóre oczka są wypełnione grubokrystalicznym kalcysparem allotriotopowym.

W próbce z głęb. 641,0 m występują relikty gąbek, liliowców i ramienionogów scementowane dolomitem. Dostrzeżono tu mikrostylolity utworzone przed dolomityzacją.

Zróżnicowanie strukturalno-teksturalne skał dolomikrytowych zestawiono w tabeli 13.

Analiza petrograficzna i mikrofacjalna utworów jury górnej z otworu wiertniczego Wojszyce IG 4

W profilu otworu wiertniczego Wojszyce IG 4 utwory jury górnej, o miąższości 875,5 m, reprezentują stratygraficznie piętra od tytonu do oksfordu włącznie. Utworów formacji pałuckiej (tytonu–kimerydu górnego) z głęb. 102,0–295,0 m nie opróbowano. Analizę petrograficzno-mikrofacjalną skał wykonano dla 25 próbek w interwale głębokości 300,0–980,5 m, począwszy od formacji wapienno-marglisto-muszlowej kimerydu dolnego (96,5 m) do piętra oksfordu, który reprezentują formacje: oolitowa (208,5 m), wapienno-marglista (50,0 m) i wapieni gąbkowych (327,5 m). Wśród mikrofacji wyróżniono: mikrytową oraz mikrytową warstwowaną pakstonem intrabiomikrytowym, biomikrytową, intrabioklastyczną, peloidową, onkooobiomikrytową oraz biolitytową i dolosparytową.

Skały mikrofacji mikrytowej (madston) stwierdzono w próbkach z głęb. 304,1; 343,2 oraz 468,2 m. Próbki z głęb. 304,1 i 343,3 m reprezentują wapienie margliste jasnoszare, miejscami smugowane, szare, masywne, twarde, o przełamie zadziorowym, z pojedynczymi drobnymi bio- i intraklastami. Zawierają 74–85,5% $CaCO_3$. Próbkę z głęb. 468,2 m buduje wapień masywny, biały, o przełamie zadziorowo-muszlowym, z pustkami po wyługowanych drobnych ślimakach. Wapień zawiera 98,0% $CaCO_3$. Próbki z głęb. 304,1 i 343,2 m reprezentują madstony bogate w strzępki substancji organicznej i kuleczki bakteryjne pirytu, występują tu pojedyncze ziarna kwarcu o średnicy 0,005–0,03 mm oraz bioklasty (małżoraczki, *Stomiosphaera* sp., problematyki), a także do 5% dolosparu o średnicy 0,01–0,2 mm. W próbce z głęb. 343,2 m stwierdzono kanały bioturbacyjne wypełnione mikrytem. W próbce z głęb. 468,2 m występują grube laminy mikrytowe zawierające 2–5% bioklastów (szkarłupni, małżoraczków i problematyków). W próbce znajduje się lamina pakstonu intrabiomikrytowego, złożonego w 60% z intraklastów madstonów o średnicy 0,1–1,2 mm, w 15% z bioklastów (otwornic, glonów, szkarłupni i bliżej nieoznaczonych fragmentów) oraz w 25% z cementu mikrytowego. Zaznacza się w niej cienka szczelina kompakcyjna zabliźniona kalcysparmikrytem.

Skały mikrofacji biomikrytowej (z grupy pakstonu) stwierdzono w próbkach z głęb.: 937,3; 971,9; 975,0 i 976,2 m, natomiast z grupy rudstonu – w próbkach z głęb. 956,2; 968,1 i 970,9 m. Próbkę z głęb. 937,3 m pobrano z próbek okruchowych z interwału głęb. 922,0–951,0 m. Jest to pakston spikulowy. Próbki z pozostałych wymienionych głębokości zawierają gąbki krzemionkowe, w różnym stopniu skalcytyzowane. W próbkach z głęb. 968,1 i 970,9 m gąbki są ułożone wstęgowo pomiędzy falistymi przerostami ilastymi. W próbkach z głęb. 971,9 i 975,0 m stwierdzono ponadto duże człony liliowców. Utwory te zawierają 48,0–97,7% $CaCO_3$ i do 5% dolomitu.

Utwory mikrofacji biomikrytowej przeważnie odznaczają się teksturami równoległymi, rzadziej są skośnie laminowane frakcjonalnie. Zawierają one 50–80% bioklastów, wśród których przeważają spikule i mumie gąbek; podrzędnie występują: ramienionogi, otwornice, małże i szkarłupnie. W próbce z głęb. 971,9 m stwierdzono ponadto Tubiphytes i mszywioły, a z głęb. 976,2 m – fragment belemita wypełniony sferolityczno-włóknistym chalcedonem. Mszywioły oraz skorupy ramienionogów przeważnie występują we frakcji psefitowej. Są one często w różnym stopniu wypełnione sferolityczno-włóknistym chalcedonem i mikroagregatowym kwarcem. Obok bioklastów procesowi sylifikacji podlegał również cement mikrytowy, który zachował się jedynie w formie reliktów w tle chalcedonowo-kwarcowym. Spikule gąbek najczęściej są wypełnione chalcedonem. W mikroagregatowym kwarcu krzemieni są widoczne relikty spikul gąbek w postaci sferolityczno-włókniste-

Tabela 13

Zróżnicowanie strukturalno-teksturalne dolomitów wapnistych i wapieni dolomitowych z otworu wiertniczego Wojszyce IG 1a

Structural and textural diversity of the lime dolomites and dolomitic limestones from the Wojszyce IG 1a borehole

Głębokość pobrania próbki [m]	Tekstura	Udział [%]	Średnica kryształów [mm]	Przewaga kryształów [mm]	Udział dolomitu [%]	Średnica kryształów dolomitu [mm]	Przewaga średnicy [mm]
546,8	równoległa porowata	20	0,10–0,60	0,30	80	0,03–0,25	0,15
550,0	porowata	30	0,10–0,45	0,20	70	0,03–0,18	0,12
552,5	porowata	20	0,09–0,45	0,15	80	0,03–0,15	0,10
557,7	równoległa	60	0,15–1,20	0,3–0,5	40	0,03–0,15	0,10
561,4	kawernista	60	0,15–0,50	0,3–0,4	40	0,06–0,25	0,15
568,2	równoległa kawernista z reliktami szczelin	50	0,15–3,50	0,60–0,75	50	0,06–0,20	0,12
571,7	silnie porowata z reliktami fauny	40	0,15–0,80	0,3–0,6	60	0,06–0,30	0,18
575,3	oczkowa	10	0,15–0,80	0,3–0,6	90	0,06–0,60	0,30
575,9	oczkowa	30	0,20–0,75	0,50	70	0,06–0,30	0,20
584,1	oczkowa z reliktami szczelin tektonicznych	30	0,20–0,90	0,45–0,60	70	0,06–0,45	0,20
587,4	porowata oczkowa z reliktami wapieni ooidowych	30	0,15–0,90	0,50	70	0,06–0,40	0,20
592,7	porowata oczkowa z reliktami fauny	60	0,15–0,75	0,50	40	0,03–0,30	0,18
601,3	kawernista z reliktami gąbek	20	0,15–0,50	0,30	80	0,03–0,25	0,10
605,4	kawernista oczkowa zbrekcjowana	30	0,15–0,75	0,30	70	0,06–0,18	0,15
608,7	kawernista oczkowa	75	0,15–0,40	0,30	25	0,06–0,18	0,12
621,4	kawernista oczkowa	25	0,20–0,75	0,40	75	0,06–0,25	0,15
636,2	równoległa kawernista z reliktami flotstonów, z fragmentami gąbek i ramienionogów, częściowo zsylifikowanych, z mikrostylolitami	30	0,20–0,70	0,30	70	0,04–0,25	0,15
641,0	kawernista z reliktami flotstonów, z fragmentami ramienionogów, liliowców i mikrostylolitów	30	0,15–0,90	0,40	70	0,06–0,20	0,15
645,5	kawernista oczkowa z reliktami flotstonu zawierającego fragmenty gąbek, ramienionogów i liliowców impregnowanych getytem	40	0,30–0,90	0,40	30	0,08–0,30	0,20

go chalcedonu. W próbce z głęb. 970,9 m stwierdzono obok lub wewnątrz chalcedonu gniazda z dolosparem o średnicy 0,02–0,12 mm. Część dolosparu jest skorodowana przez chalcedon, część zaś jest idiotopowa, romboedryczna.

Skały mikrofacji intrabiomikrytowej stwierdzono w próbkach z głęb. 952,5; 955,4; 960,7; 961,7; 965,7 i 966,7 m. Utwory z głęb. 952,5–965,7 m reprezentują flotston intramikrytowy, zwięzły, twardy, barwy brudnobiałej miejscami rdzawej, ze skalcytyzowanymi fragmentami gąbek oraz z falistymi powierzchniami rozmyć podkreślonymi powłokami iłów. Zawierają one 77,5–97,0% $CaCO_3$. Próbka pobrana z głęb. 966,7 m jest rudstonem z nierównomiernie skalcytyzowanymi gąbkami ułożonymi wstęgowo oraz z przerostami materiału ilastego.

Tekstura w tych wapieniach jest równoległa. Kształty intraklastów są najczęściej dyskoidalne i elipsoidalne, podobnie jak towarzyszące im bioklasty. Intraklasty są reprezentowane przez wapienie mikrytowe i mikrytowo-spikulowe grupy wakstonów i pakstonów, w których spikule wypełnione są kalcysparem. Udział intraklastów o średnicy 0,15–15,0 mm (z przewagą frakcji 1,5–6,0 i 0,4–0,6 mm) wynosi 30–60%. Udział bioklastów waha się w granicach 10–35%. Przeważają

wśród nich: mumie i spikule gąbek, ramienionogi, małżoraczki, otwornice, szkarłupnie i lokalnie małże. Cement jest mikrytowy, miejscami marglisty. Jego udział wynosi 25–40%. W próbkach z głęb. 965,7 i 966,7 m stwierdzono drobne impregnacje pirytem i gniazda dolosparu, zaś w próbce z głęb. 961,7 m – szczeliny zabliźnione kalcysparem. W większości próbek cement wraz z allochemami jest impregnowany sferolitycznym chalcedonem i agregatowym kwarcem.

Skały mikrofacji peloidowej (fig. 29A) zbadano w próbkach z głęb. 580,1 i 637,2 m. Próbkę z głęb. 580,1 m pobrano z formacji oolitowej. Jest to wapień twardy, biały, masywny, z pojedynczymi drobnymi, przekrystalizowanymi bioklastami, pocięty stylolitami. Wapienie z tego odcinka profilu zawierają 95–99% $CaCO_3$.

Próbka z głębokości 637,2 m pochodzi z formacji wapienno-marglistej. Jest to wapień marglisty, jasnoszary, twardy, zwięzły, smugowany, przechodzący w ciemniejszy margiel. W części wapienia marglistego zawiera 78,0% $CaCO_3$, zaś w marglu 68,0% $CaCO_3$. Obok 60–80% peloidów o średnicy 0,04–0,20 mm (z przewagą frakcji 0,08 mm) występuje tu do 5% bioklastów (otwornice, małżoraczki, szkarłupnie i problematyki). Między peloidami zaznaczają się kontakty wklęsło-wypukłe, powstałe jako efekt procesów wciskowych. W próbce z głęb. 580,1 m cement jest kalcysparytowy, zaś z głęb. 637,2 m mikrytowy, marglisty. Wokół peloidów występują otoczki pirytowo-organiczne.

Skały mikrofacji onkoidowo-ooidowo-bioklastyczno-mikrytowej zbadano w próbkach z głęb. 417,5; 527,1 i 749,7 m. Wapienie te zawierają 91,6–99,0% $CaCO_3$. Próbkę z głęb. 417,5 m buduje wapień twardy, masywny, zwięzły, biały z drobnymi, przekrystalizowanymi bioklastami, ooidami, intraklastami, miejscami z pionowymi szczelinami. Jest to flotston bioonkooomikrytowy złożony w 25% z bioklastów o średnicy 0,06–9,00 mm (ślimaków, serpul, małży, szkarłupni, otwornic, spikul gąbek, mszywiołów i ramienionogów), w 20% z onkoidów o średnicy 0,4–2,5 mm (fig. 30D–F), w 15% z ooidów o średnicy 0,2–2,1 mm oraz w 40% z cementu mikrytowego.

W interwale głęb. 524,0–530,0 m występują wapienie ooidowe drobno- i średnioziarniste, gęsto upakowane, twarde, zwięzłe, brudnobiałe, reprezentowane przez próbkę z głęb. 527,1 m. Trafiają się w nich pojedyncze liliowce, druzy kalcytowe oraz szwy stylolitowe. Omawiana próbka jest bimodalnym greinstonem ooidowo-intraklastowo-bioklastycznym. Złożona jest w 40% z ooidów powierzchniowych o średnicy 0,20–1,35 mm (z przewagą frakcji 0,3 i 1,0 mm), 25% z intraklastów wapieni ooidowo-mikrytowych, 10% z bioklastów (małży, szkarłupni, otwornic, ramienionogów i ślimaków) oraz w 25% z cementu kalcysparowego. W osadzie zaznaczyły się liczne międzyziarnowe kontakty wklęsło-wypukłe.

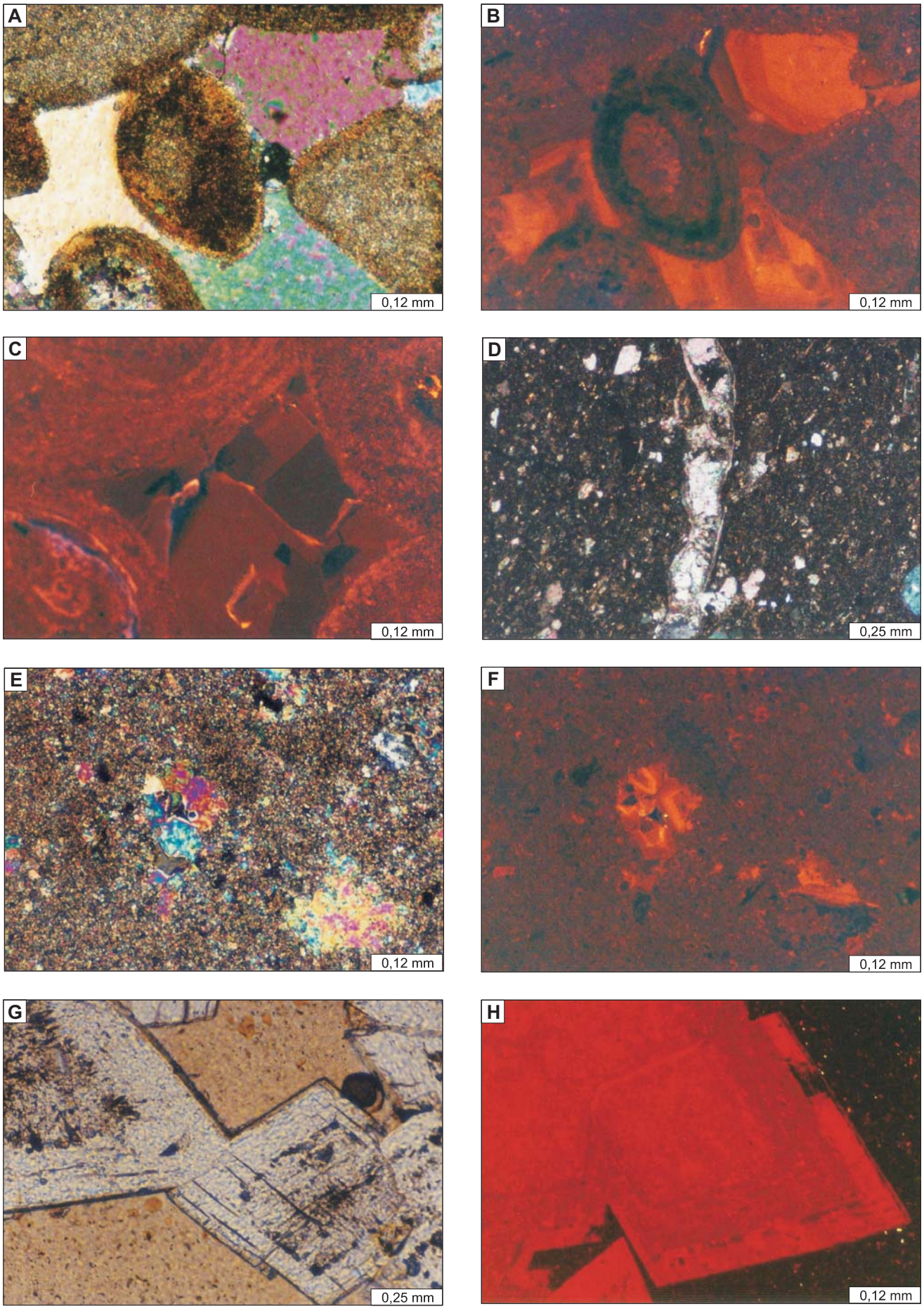
W interwale głęb. 746,0–752,0 m reprezentowanym przez próbkę z głęb. 749,7 m występuje wapień o barwie białej, silnie porowaty, kruchy, miejscami nieco zsylifikowany. Wśród składników wyróżniono makroskopowo fragmenty gąbek i ramienionogów. Wapienie zawierają 81,0–85,0% $CaCO_3$. W próbce występuje flotston onkopelbiosparmikrytowy, złożony w 40% z onkoidów o średnicy 0,6–9,0 mm, w 20% z peloidów o średnicy 0,08–0,40 mm, w 10% z bioklastów: spikul, mumii gąbek i otwornic oraz w 30% z cementu kalcytowego sparmikrytowego. W wapieniu występują mikrostylolity wzbogacone w substancję organiczną.

Skały mikrofacji biolitytu glonowego – matę glonową – stwierdzono w próbce z głęb. 694,1 m, w kompleksie wapieni gąbkowo-koralowcowych opisanych jako osad zwięzły, mi-

→

Fig. 30. A. Greinston ooidowo-intraklastyczny z blokowym cementem kalcysparowym; ooidy z wrostkami tlenków żelaza; międzyziarnowe kontakty wklęsło-wypukłe; cement kalcytowy o składzie chemicznym (EDS) $Ca_{0,98}Mg_{0,01}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}CO_3$; otwór wiert. Wojszyce IG l głęb. 137,5 m, nikole skrzyżowane. **B.** Greinston z fig. 30A; obraz w CL; ooidy asymetryczne scementowane kalcysparem o budowie pasowej ze świeceniem w barwach: jasno-, ciemnopomarańczowej i brunatnoczerwonej. **C.** Greinston ooidowy ze stykowo upakowanymi ooidami; obraz w CL; cement interstycjalny kalcysparowy, blokowy, o brunatnoczerwonej barwie CL; greinston z fig. 30A. **D.** W powłokach onkoidu bioklast mszywioła i inne allochemy; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 417,5 m; nikole skrzyżowane; skład chemiczny (EDS) kalcytu mszywioła $Ca_{0,96}Mg_{0,03}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}CO_3$. **E.** Wapień onkoidowy ze zdeformowanymi plastycznie onkoidami; w interstycjach neogeniczny cement kalcysparowy; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 417,5 m; nikole skrzyżowane; skład chemiczny (EDS) kalcytu z korteksu $Ca_{0,98}Mg_{0,01}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}CO_3$. **F.** Wapień onkoidowy z fig. 30E w obrazie CL; w interstycjach kalcyspar o budowie pasowej o luminescencji pomarańczowej, czerwonobrązowej i z partiami nie wykazującymi świecenia (domieszki Fe^{+2}). **G.** Dolospar z druzy, z mikrytowymi wrostkami rozmieszczonymi romboedrycznie wewnątrz kryształów; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 546,8 m; bez analizatora; skład chemiczny (EDS) dolosparu $Ca_{1,18}Mg_{0,82}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$. **H.** Idiotopowy, romboedryczny kryształ dolosparu z druzy o budowie pasowej; obraz w CL; luminescencja w kolorach czerwonym i czerwonobrunatnym; otwór wiert. Wojszyce IG la, głęb. 587,4 m; dolospar o składzie chemicznym (EDS) $Ca_{1,16}Mg_{0,84}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$

A. Oolite-intraclastic grainstone with calcisparite blocky cemen; ooids with iron oxide inclusions. Intergranular concave-convex contacts; chemical composition (EDS) of calcite cement is $Ca_{0,98}Mg_{0,01}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}CO_3$; Wojszyce IG 1 borehole, depth 137.5 m; crossed nicols. **B.** Grainstone from Fig. 30A. CL image. Asymmetric ooids cemented by calcisparite cement with zoned texture and light orange, dark orange and brown-red luminescence. **C.** Oolite grainstone with densely packed ooids; CL image; interstitial blocky calcisparite cement with brown-red luminescence; grainstone from Fig. 30A. **D.** Fragment of bryozoan branch and other allochems in the oncoid cortex; chemical composition (EDS) of bryozoan calcite is $Ca_{0,96}Mg_{0,03}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}CO_3$; Wojszyce IG 4 borehole, depth 417.5 m; crossed nicols. **E.** Oncolitic limestone with oncoids plastically deformed; chemical composition (EDS) of cortex calcite is $Ca_{0,98}Mg_{0,01}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}CO_3$; Wojszyce IG 4 borehole, depth 417.5 m, crossed nicols. **F.** Oncolitic limestone from Fig. 30E; CL image; in interstices, calcisparite cement with zoned texture and orange or brown-red luminescence, locally without luminescence (Fe^{+2} admixtures). **G.** Dolosparite from druse with micritic inclusions placed rhombohedrally inside crystals; chemical composition (EDS) of dolosparite is $Ca_{1,18}Mg_{0,82}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$; Wojszyce IG 4 borehole, depth 546.8 m, without analyser. **H.** Idiotopic rhombohedral crystal of dolosparite from druse with zoned texture; CL image; red and red-brown luminescence; chemical composition (EDS) of dolosparite is $Ca_{1,16}Mg_{0,84}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$; Wojszyce IG 1a borehole, depth 587.4 m


A
0,12 mm
B
0,12 mm
C
0,12 mm
D
0,25 mm
E
0,12 mm
F
0,12 mm
G
0,25 mm
H
0,12 mm

kroporowaty, częściowo zsylifikowany, miejscami pocięty mikrostylolitami. W płytce cienkiej jest to skała laminowana, rudston z oczkowym sparmikrytem, pojedynczymi bioklastami małżów, otwornic i problematyków.

W opisywanym profilu jury górnej z otworu wiertniczego Wojszyce IG 4, występują też skały mikrofacji dolosparytowej. W serii utworów gąbkowych, w interwale głęb. 802,0–922,0 m, stwierdzono duże odcinki rdzeni silnie zdolomityzowane, często kawerniste, z pustymi negatywami po faunie i geodami dolosparowymi. Miejscami towarzyszy im okruszczowanie pirytem. W serii tej zbadano próbki z głęb. 804,8; 875,2 i 920,8 m (tab. 12, 14). W płytkach cienkich są to dolomity mozaikowe, drobno- i średniokrystaliczne, o teksturze bezładnej, lub porowatej. Niekiedy w mozaikowym dolosparze występują relikty fauny mszywiołów z osobnikami bez wrostków mikrytowych, otoczone dolosparem bogatym we wrostki mikrytowe, będące reliktami pierwotnego cementu mikrytowego lub znamionami procesu dedolomityzacji. Średnica osobników dolosparu wynosi 0,06–0,4 mm, z przewagą 0,2–0,3 mm. Przeważnie są one idiotopowe lub hipidiotopowe, rzadziej allotriotopowe, zaś w druzach idiotopowe. W próbce z głęb. 804,8 m, w porach międzykrystalicznych, stwierdzono substancję organiczną. W obrazie CL tej próbki obserwuje się relikty gałązek mszywioła z mezoporami, wyróżniające się niejednorodną, granulowaną budową, z wrostkami świecącymi na pomarańczowo z żółtymi centkami. Z analiz chemicznych EDS wynika, że udział dolomitu w ściance i wypełnieniu mezopor mszywioła jest podobny, ale różnią się one udziałem wolnego $CaCO_3$ (odpowiednio 13,28 i 14,68%) oraz wartościami stopnia dolomityczności dd = 777 i 727 (tab. 16; obliczony wg wzoru podanego przez Radlicza, 1967).

Tabela 14

Wyniki badań składu chemicznego EDS w przeliczeniu na minerały z otworów wiertniczych Wojszyce IG 1, IG 1a i IG 4

Results of the chemical composition studies (EDS) in calculation to minerals from Wojszyce IG 1, IG 1a and IG 4 boreholes

Nazwa próbki	Głębokość [m]	Analizowany materiał	Wzór chemiczny	Skład mineralogiczny		Stopień dolomityczności (dd)	Inne
				$CaMg(CO_3)_2$ [%]	$CaCO_3$ wolne [%]		
Otwór wiertniczy Wojszyce IG 1							
A	137,5	cement greinston	$Ca_{0,98}Mg_{0,01}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	0,07	99,38	15	$FeCO_3$ 0,01
Otwór wiertniczy Wojszyce IG 1a							
B	546,8	tło dolosparytowe	$Ca_{1,17}Mg_{0,83}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	89,98	9,89	832	
C	546,8	dolosparyt druz	$Ca_{1,18}Mg_{0,82}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	84,31	13,49	772	
D	571,7	dolosparyt	$Ca_{1,16}Mg_{0,84}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	85,27	11,58	800	
E	571,7	dolosparyt druz	$Ca_{1,10}Mg_{0,90}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	90,58	5,98	891	
F	587,4	dolosparyt	$Ca_{1,16}Mg_{0,84}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	90,58	7,50	867	
G	645,5	brzeg kryształu	$Ca_{1,16}Mg_{0,84}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	83,17	12,73	780	$FeCO_3$ 1,77
H	645,5	centrum kryształu	$Ca_{1,40}Mg_{0,60}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	71,59	25,61	603	
Otwór wiertniczy Wojszyce IG 4							
I	417,5	korteks onkoidu	$Ca_{0,98}Mg_{0,01}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	2,20	97,03	12	
J	417,5	mszywioł w onkoidzie	$Ca_{0,96}Mg_{0,03}Mn_{<0,01}Fe_{0,01}(CO_3)_2$	5,58	94,42	32	
K	804,8	ścianki mszywiołu	$Ca_{1,20}Mg_{0,80}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	85,36	13,28	777	
L	804,8	wypełnienie mezopor	$Ca_{1,25}Mg_{0,72}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	85,32	14,68	727	
M	920,8	dolosparyt	$Ca_{1,12}Mg_{0,88}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	91,91	6,71	881	
N	966,7	gniazda dolosparytu we flotstonie	$Ca_{1,27}Mg_{0,73}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$	78,41	20,50	666	Fe_2S 1,09

Środowisko depozycji

Skały mikrofacji mikrytowej (madstony i wakstony) stwierdzono w kilku próbkach z profili Wojszyce IG 1 i IG 4. Złożone są one w 95–99% z mikrytu i zawierają maksymalnie do 5% z bioklastów (spikul gąbek, małży, otwornic, małżoraczków, szkarłupni, glonów oraz pojedynczych ziaren pyłu kwarcowego i łuseczek muskowitu). Podobną charakterystykę wapieni mikrytowych przedstawia Peszat (1991). Według tego autora wymienione cechy świadczą o warunkach depozycji niekorzystnych dla świata organicznego. Sugeruje on abiotyczną genezę tych wapieni.

Do określenia mechanizmu depozycji i charakteru środowiska Peszat (1991), na podstawie prac Folka i Warda (1957) oraz Friedmana (1962), wykorzystał wartości M_z – średniej średnicy ziaren i ich wysortowanie określone wartością s_I standardowego odchylenia. Najintensywniejsze wytrącanie węglanów odbywa się w zbiornikach zabarierowych, w środowisku wód zastoiskowych lub o minimalnej dynamice, o dużej ewaporacji i różnicy temperatur oraz rozwoju sinic. Sinice spełniają tu rolę sorbenta $CaCO_3$, szybko wiążącego drobiny osadu. Wynikiem tego wczesnego procesu cementacji są peloidy. Skały mikrofacji peloidowej poza mikrytem i peloidami zawierają 5–10% bioklastów (otwornic, małżoraczków, szkarłupni, małżów, ślimaków, spikul, mumi gąbek i plech zielenic *Acicularia* sp.), a niekiedy do 30% intraklastów o średnicy 0,9–6,0 mm. Słabe wysortowanie materiału allochemowego oraz skład bioklastów wskazują na sztormową sedymentację w strefie zabarierowej.

W strefach za- i przybarierowych o bujnym rozwoju sinic, przy umiarkowanej turbulencji, wszelkie allochemy są pokrywane powłokami nitek sinic, które wychwytują z dna muł wapienny oraz allochemy i drobny materiał terygeniczny, tworząc onkoidy. Dla onkoidów Gór Świętokrzyskich Kutek i Radwański (1965,1967) wysunęli tezę o ich genezie w strefie subpływowej, zabarierowej, na głęb. 1,5–2,5 m. Określili je jako motki sinicowe. Radlicz (1972) dopatruje się zbliżonej genezy onkoidów do toczeńców przy wydatnym współudziale sinic wychwytujących materiał z dna.

Skały mikrofacji ooidowych w profilach otworów wiertniczych rejonu Wojszyc są dość często spotykane; wyznaczają one formację oolitową. Wapienie ooidowe są bimodalne, dobrze wysortowane, frakcjonalnie laminowane, drobno-, średnio- i gruboziarniste, o budowie współśrodkowo-promienistej (fig. 30A–C, 29E). Miejscami towarzyszą im bioklasty i intraklasty wapieni mikrytowych frakcji żwirowej (fig. 30A, B). Często w jądrze ooidów występują bioklasty (szkarłupni, otwornic, małżów, ślimaków, koralowców i glonów). W zależności od kształtu jądra przyjmują one różne kształty: kuliste, elipsoidalne lub dyskoidalne. Ooidy o dobrym wysortowaniu Usdowski (1962) i Peszat (1964) określają jako autochtoniczne, zaś źle wysortowane jako allogeniczne. Osady te utworzyły się w strefie pływowej, kipieli morskiej i plaży, w wodach o intensywnej ewaporacji. Według klasyfikacji Folka (1962, 1968) należą one do utworów ponaddojrzałych (*supermature*), utworzonych w środowisku bardzo wysokoenergetycznym. Dzięki pływom na plaży oolitowej dochodzi do zmarszczkowej, frakcjonalnej laminacji.

W próbce z głęb. 163,8 m (profil Wojszyce IG 1) ooidy są bimodalne, o frakcji drobnoziarnistej i gruboziarnistej, wymieszane bezładnie. Stosując klasyfikację Folka (1962, 1968), należy przypuszczać, że geneza osadu jest mieszana, tzn. część materiału ziarnowego została przyniesiona z innego środowiska przez wiatr, prawdopodobnie z plaży do strefy głębszej, subpływowej. Tego rodzaju osad Folk (1962, 1968) określił jako wynik inwersji strukturalnej (*textural inversion*).

Mikrofacja greinstonów oointrabiosparytowych złożonych z 40% ooidów powierzchniowych, 25% intraklastów oomikrytowych i madstonów oraz 10% bioklastów (małżów, szkarłupni, otwornic, ramienionogów i ślimaków) występuje w próbce z głęb. 527,1 m w profilu Wojszyce IG 4. Allochemy są bezładnie rozmieszczone, lecz zaznacza się wyraźna przewaga frakcji 0,3 i 1,0 mm. Utwór ten reprezentuje grupę inwersji strukturalnej (Folk, 1962, 1968) powstały w warunkach sedymentacji sztormowej w strefie barierowej, subpływowej.

Mikrofacje bioklastyczne i biointraklastyczne są typu pakstonów, flotstonów i rudstonów gąbkowych, z mumiami i spikulami, czasem ze szczątkami ramienionogów, liliowców, mszywiołów i problematyków. Miejscami wykazują tekstury laminarne wskazujące na działanie prądów zawiesinowych lub są obecne rudyty mumii ułożone kierunkowo pod wpływem działania prądów dennych.

Utwory te utworzyły się w strefie morza otwartego powyżej podstawy falowania, a więc w strefie zasięgu działania fal sztomowych, na co wskazuje obecność flotstonów i rudstonów zawierających mumie gąbkowe oraz stopień zniszczenia struktur gąbkowych. Mikrofacje intraklastyczne i intrabioklastyczne należą głównie do grup flotstonów i pakstonów. Wśród intraklastów występują madstony wapieni i wakstony spikulowe, a więc osady erodowane w obrębie zbiornika morskiego. Bioklasty są głównie złożone ze spikul i mumii gąbek, podrzędnie ze szczątków ramienionogów, małży, szkarłupni i otwornic.

Procesy diagenetyczne

Kompakcja polega na zagęszczeniu składników w osadzie i jest zależna od typu litofacji i grupy mikrofacji. W litofacjach utworów węglanowych efekty działania kompakcji zależą od wielkości i gęstości upakowania allochemów oraz udziału mikrytu. Na kompakcję w madstonach ma wpływ szybkość wzrostu i tempa osiadania nanokryształów węglanowych w zawiesinie, a także ilość i wielkość allochemów, a więc bioklastów, intraklastów, peloidów, ooidów, onkoidów i większych fragmentów struktur organicznych. Z badań w mikroskopie elektronowym (Peszat, 1991) wynika, że w madstonach nano- i mikrokryształy kalcytu wykształcone w kombinacjach romboedrów bywają równoziarniste i nierównoziarniste. Ich formy najczęściej są idiotopowe. W utworach zawierających nanokryształy nierównoziarniste, gęstość ich upakowania jest większa niż w przypadku nanokryształów

równoziarnistych. Dlatego porowatość tych pierwszych jest mniejsza niż drugich. Kompakcja mechaniczna osadów rozpoczęła się od momentu osadzenia osadu na dnie. Jej rozwój i nasilenie procesu zachodziło w miarę wzrastającego pogrzebania. W etapie wczesnej diagenezy postępowało odwodnianie osadu powodujące gęstsze upakowanie ziaren węglanowych. Istotną rolę odgrywała różna twardość, kształt i wielkość allochemów. Wzajemne zbliżenie ziaren mikrytu i allochemów powodowało zwiększenie ilości kontaktów (prostych i wklęsło-wypukłych) sprzyjających deformacjom i pękaniu allochemów. Wzajemny napór ziaren na siebie pod ciśnieniem oraz działanie roztworów powodowały rozpuszczanie składników na kontaktach, rozpoczynając kompakcję chemiczną. W tych przypadkach pospolite były procesy wciskowe, odkształcenia allochemów, zaznaczające się zarówno w częściach zewnętrznych, jak i wewnątrz (fig. 30A–F) (Radlicz, 1999 – tabl. XIX, fig. 4; tabl. XX, fig. 1). Procesy kompakcji zachodziły pod grubszym nadkładem osadów. Jej dalszy rozwój wiązał się z procesami halokinezy i tektoniki. Procesy miały miejsce w trakcie mezo- i telodiagenezy. Do mezodiagenetycznych i telodiagenetycznych przejawów kompakcji należą stylolity i mikrostylolity (Radlicz, 1966, 1972).

Cementacja osadów jest procesem diagenetycznym, zachodzącym w nich od ich luźnej postaci do pełnej lityfikacji. Na granicy kontaktów ziaren, pod wpływem ciśnienia i działających roztworów, dochodzi do zmiany kształtu ziaren oraz w miejscu ich kontaktów do ich rozpuszczania i cementacji (fig. 30A–F). Wyróżnia się cementację chemogeniczną: (1) autochtoniczną, w której roztwory pochodzą z rozpuszczonego materiału ziarnowego osadu; (2) allochtoniczną, w której następuje doprowadzenie roztworów z innych skał oraz (3) mieszaną. Rozpoznanie ich jest możliwe na podstawie składu chemicznego mikroelementów oraz w obrazie w CL (fig. 30A–F, tab. 14).

Wśród cementów sparowych wyróżnia się cementy: błonkowe, inkrustacyjne, ostrzowe, blokowe i interstycjalne.

W badanych utworach onkoidy są rozmieszczone kontaktowo i zawierają głównie cement interstycjalny (fig. 30D–F). Tworzyły się więc w warunkach większego wypłukiwania mułu z dna. W próbce z głęb. 417,5 m (Wojszyce IG 4) w obrazach mikroskopowych i w CL widać wyraźne zróżnicowanie materiału oraz składu chemicznego korteksu onkoidów i bioklastów znajdujących się w laminach (tab. 14I, J). W bioklaście mszywioła jest większy udział drobiny Mg wynoszący 0,03, w korteksie zaś tylko 0,01. W obrazie CL (Radlicz, 1999;fig. 30E) zaznacza się wyraźne zróżnicowanie budowy korteksu i różnorodność jego składu. W interstycjach międzyonkoidowych występuje cement kalcysparowy pochodzący z korozji onkoidów, a więc autochtoniczny. Świecenie korteksu w obrazie CL w kolorze zgniłozielonkawym wskazuje, że $CaCO_3$ pierwotnie był aragonitem.

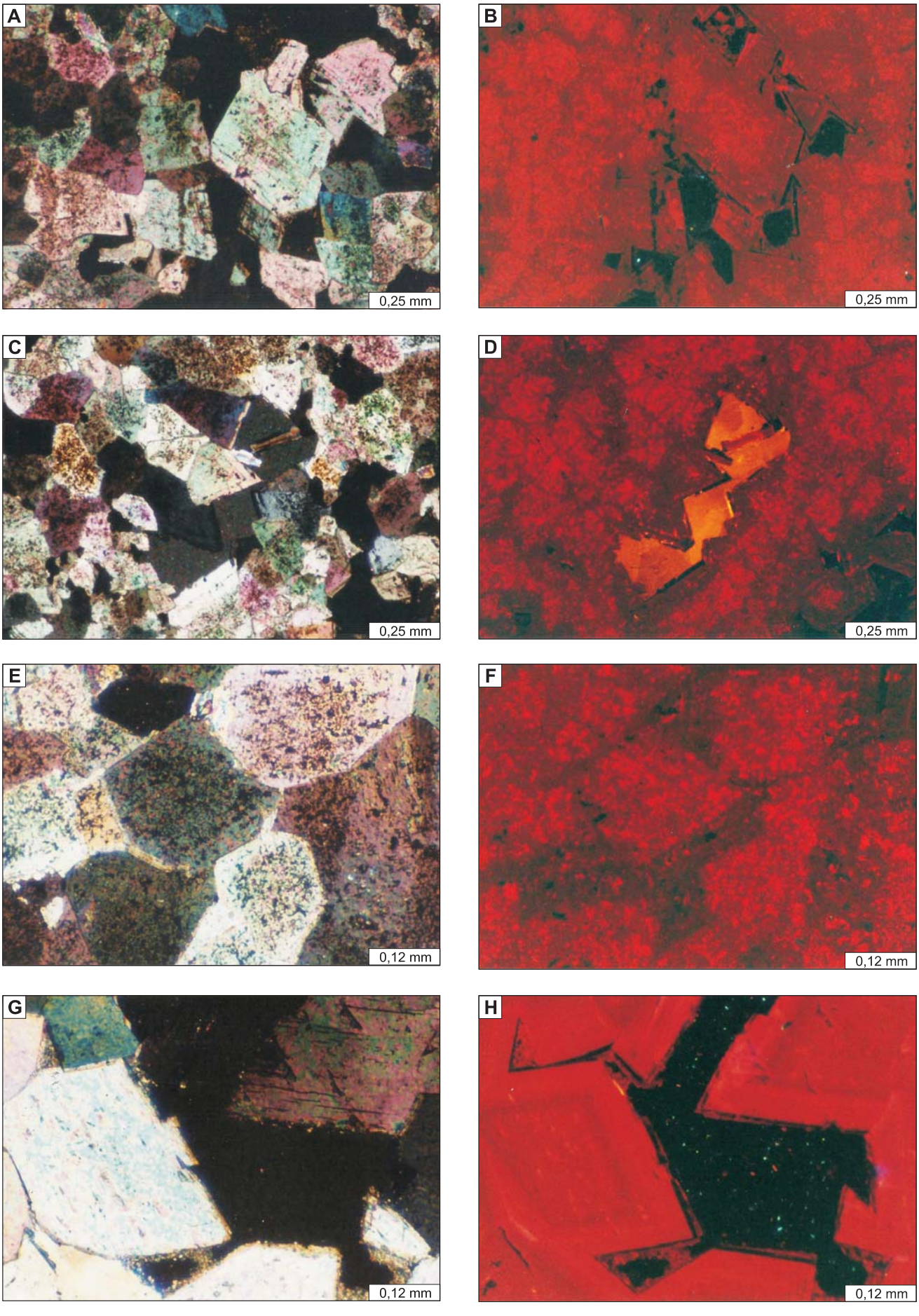
Zastępowanie. Wśród procesów zastępowania na uwagę zasługują: dolomityzacja, dedolomityzacja, kalcytyzacja, sylifikacja i pirytyzacja.

W rejonie otworów wiertniczych Wojszyce IG 1/1a i IG 4 na Kujawach, ze względu na serię zdolomityzowaną o dużej miąższości (ok. 120 m), w utworach oksfordu środkowego i górnego nie da się wyznaczyć poziomów dolomitycznych (Radlicz, 1967, 1972). Na wszystkie utwory nałożyły się wielokrotne procesy dolomityzacji i dedolomityzacji, kalcytyzacji i sylifikacji. Skały dolosparytowe oksfordu z otworów Wojszyce IG 1, IG 1a i IG 4 są przeważnie nierównoziarniste, mozaikowe, oczkowe lub kawerniste. Według Weyla (1960) dolomityzacja mułu wapiennego oraz osadów na wpół zdia-

→

Fig. 31. A. Druzowy dolospar wypełniający por; wewnątrz kryształów występują liczne wrostki; hipidiotopowe kryształy tworzą mozaikową masę dolosparową; otwór wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 571,7 m; nikole skrzyżowane; osobniki idiotopowe druz o składzie chemicznym (EDS) $Ca_{1,10}Mg_{0,90}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$, zaś hipidiotopowe: $Ca_{1,16}Mg_{0,84}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$. **B.** Dolospar z fig. 31A w obrazie CL; słabo widoczna budowa pasowa; centra romboedrów wykazują barwę jasnoczerwoną CL, brzeżne partie – czerwonobrunatną. **C.** Mozaika idio- i hipidiotopowych kryształów dolosparu bogatych we wrostki; brzeżne partie idiotopowych osobników bez wrostków; otwór wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 571,7 m; nikole skrzyżowane. **D.** Dolospar z fig. 31 w obrazie w CL; w dolosparze o luminescencji w barwach czerwonych i czerwonobrunatnych występują nieregularne skupienia pomarańczowego kalcytu; skład chemicznym (EDS) dolosparu $Ca_{1,16}Mg_{0,84}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$. **E.** Mozaika kryształów dolosparu bogatych we wrostki skupiające się głównie w centralnych partiach; brzeżne strefy kryształów są prawie wolne od wrostków; otwór wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 587,4 m; nikole skrzyżowane. **F.** Mozaika kryształów dolosparu z fig. 31E w obrazie CL; wyraźnie zaznacza się rozmieszczenie wrostków o luminescencji pomarańczowej w czerwonym i czerwonobrunatnym dolosparze; skład chemicznym (EDS) brzeżnych części kryształów $Ca_{1,12}Mg_{0,88}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$. **G.** Druza dolosparowa w skale dolomitowej z kryształami idiotopowymi; otwór wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 621, 4 m; nikole skrzyżowane. **H.** Druza z fig. 31G w obrazie CL; kryształy dolosparu o budowie pasowej w barwach czerwownych, z zewnętrzną laminą niewykazującą luminescencji (domieszka $FeCO_3$); wewnątrz kryształów wrostki o świeceniu pomarańczowym (?dedolomityzacja)

A. Dolosparite from druse; abundant inclusions inside crystals; hipidiotopic crystals form the mosaic dolosparite mass; chemical composition (EDS) of idiotopic individuals is $Ca_{1,10}Mg_{0,90}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$, of hidiotopic individuals is $Ca_{1,16}Mg_{0,84}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$; Wojszyce IG 1a borehole, depth 571.7 m. **B.** Dolosparite from Fig. 31A in CL image; poorly visible zoned texture; central part of rhombohedrons show light red luminescence, marginal parts – red-brown. **C.** Mosaic of idio- and hipidiotopic crystals of dolosparite rich in inclusions; marginal parts of idiotopic crystals without inclusions; Wojszyce IG 1a borehole, depth 571.7 m; crossed nicols. **D.** Dolosparite from Fig. 31C in CL image; irregular clusters of orange calcite are visible in dolosparite crystals with red and red-brown luminescence; chemical composition (EDS) of dolosparite is $Ca_{1,16}Mg_{0,84}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$. **E.** A mosaic of dolosparite crystals rich in inclusions mainly in central parts; marginal parts of crystals almost without inclusions; Wojszyce IG 1a borehole, depth 587.4 m; crossed nicols. **F.** A mosaic of dolosparite crystals from Fig. 31E in CL image; clearly visible inclusions of orange luminescence in dolosparite of red and red-brown luminescence; chemical composition (EDS) of marginal parts of crystals is $Ca_{1,12}Mg_{0,88}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$. **G.** Dolosparitic druse with idiotopic crystals in dolomitic rock; Wojszyce IG 1a borehole, depth 621.4 m; crossed nicols. **H.** Druse from Fig. 31G in CL image; dolosparite crystals with zoned texture and red luminescence, with external lamina without luminescence (admixture of $FeCO_3$); inclusions with orange luminescence inside crystals (?dedolomitization)


A
0,25 mm
B
0,25 mm
C
0,25 mm
D
0,25 mm
E
0,12 mm
F
0,12 mm
G
0,12 mm
H
0,12 mm

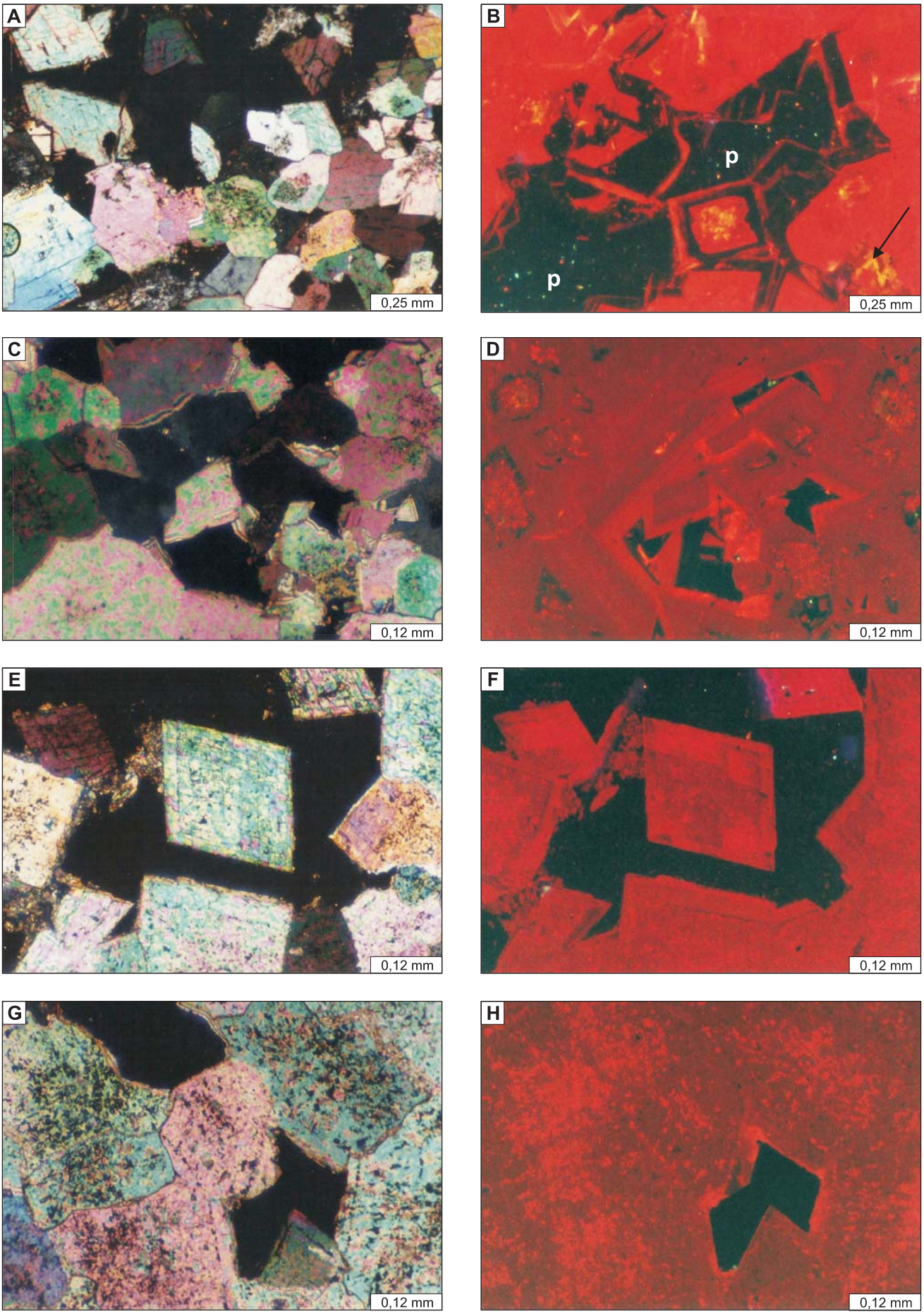

A
0,25 mm
B
p
p
0,25 mm
C
0,12 mm
D
0,12 mm
E
0,12 mm
F
0,12 mm
G
0,12 mm
H
0,12 mm

Fig. 32. A. Mozaika idio- i hipidiotopowych kryształów dolosparu bogatych we wrostki rozmieszczone w nich centralnie lub asymetrycznie; Idiotopowe kryształy są związane z druzami, hipidiotopowe z masą podstawową mozaiki; otwór wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 645,5 m; nikole skrzyżowane; Skład chemiczny dolosparu druz (EDS) $Ca_{1,16}Mg_{0,84}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$. **B.** Mozaika idio- i hipidiotopowych kryształów dolosparu; obraz w CL; W dolosparze o luminescencji czerwonej występują strefy bez świecenia wzbogacone w $FeCO_3$ oraz nieliczne wrostki $CaCO_3$ (strzałka) o żółtej CL, pory (p); otwór wiert. Wojszyce IG 1a, głęb. 645,5 m. **C.** Dolomit nierównokrystaliczny miejscami z centkowanymi wrostkami w dolosparze hipidio- i allotriotopowym; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 804,8 m; nikole skrzyżowane. **D.** Dolomit nierównokrystaliczny z fig. 32C w obrazie CL; druza dolosparowa o pasowej budowie kryształów; centkowane skupienia o zróżnicowanym świeceniu: czerwonym, pomarańczowym i brunatnoczerwonym – prawdopodobnie wypełnienia mezoporów i zoeciów mszywiołów lub koralowców; skład chemiczny (EDS) ścianek mszywiołów $Ca_{1,28}Mg_{0,72}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$, wypełnień mezoporów $Ca_{1,32}Mg_{0,68}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$. **E.** Druza dolosparowa w skale dolomitowej z idiotopowymi, romboedrycznymi kryształami dolomitu z licznymi wrostkami; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 920,8 m; nikole skrzyżowane. **F.** Druza z fig. 32E w obrazie CL; kryształy dolosparu o budowie pasowej, o świeceniu pomarańczowoczerwonym i brunatnoczerwonym; skład chemiczny (EDS) dolosparu $Ca_{1,12}Mg_{0,88}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$. **G.** Mozaika idio- i hipidiotopowych kryształów dolosparu; otwór wiert. Wojszyce IG 4, głęb. 920,8 m; nikole skrzyżowane. **H.** Dolospar z fig. 32G w obrazie CL; wokół pustki kryształy dolosparu zubożone we wrostki; w dolosparze odległym od pustki występuje wzbogacenie w ?mikryt świecący na pomarańczowo; skład chemiczny (EDS) dolosparu $Ca_{1,12}Mg_{0,88}Mn_{<0,01}Fe_{<0,01}(CO_3)_2$

A. A mosaic of idio- and hipidiotopic crystals of dolosparite rich in inclusions placed centrally or asymmetrically in crystals; idiotopic crystals are associated with druses; hipidiotopic ones – with basic groundmass of the mosaic; chemical composition (EDS) of dolosparite is $Ca_{1.16}Mg_{0.84}Mn_{<0.01}Fe_{<0.01}(CO_3)_2$; Wojszyce IG 1a borehole, depth 645.5 m; crossed nicols. **B.** A mosaic of idio- and hipidiotopic crystals of dolosparite; CL image; zones without luminescence enriched in $FeCO_3$ and few inclusions of $CaCO_3$ (arrow) with yellow luminescence are visible in dolosparite with red luminescence; pores (p); Wojszyce IG 1a borehole, depth 645.5 m. **C.** Inequicrystalline dolomite with speckled inclusions in hipidio- and allotriotopic dolosparite; Wojszyce IG 4 borehole, depth 804.8 m, crossed nicols. **D.** Inequicrystalline dolomite from Fig. 32C in CL image; dolosparite druse with zoned texture; speckled inclusions with diverse luminescence: red, orange and brown-red – probably infilling of bryozoans or anthozoans mesopores or zoecium; chemical composition (EDS) of bryozoan walls is $Ca_{1.28}Mg_{0.72}Mn_{<0.01}Fe_{<0.01}(CO_3)_2$, of mesopore fillings is $Ca_{1.32}Mg_{0.68}Mn_{<0.01}Fe_{<0.01}(CO_3)_2$. **E.** Dolosparite from druse in dolomite rock with idiotopic rhombohedric dolomite crystals with abundant inclusions; Wojszyce IG 4 borehole, depth 920.8 m; crossed nicols. **F.** Druse from Fig. 32E in CL image; dolosparite crystals with zoned texture and orange-red or brown-red luminescence; chemical composition (EDS) of dolosparite $Ca_{1,12}Mg_{0,88}Mn_{<0.01}Fe_{<0.01}(CO_3)_2$. **G.** A mosaic of idio- and hipidiotopic crystals of dolosparite; Wojszyce IG 4 borehole, depth 920.8 m; crossed nicols. **H.** Dolosparite from Fig. 32G in CL image; around the void, dolosparite crystals impoverished in ?micrite with orange luminescence; chemical composition (EDS) of dolosparite $Ca_{1.12}Mg_{0.88}Mn_{<0.01}Fe_{<0.01}(CO_3)_2$

←

genezowanych prowadzi do zmniejszenia objętości osadów o 13%. Stąd pospolite są tekstury kawerniste. Osobniki dolosparu z kawern są idiotopowe, znacznie większe niż w masie dolosparowej podstawowej (fig. 29A–F, 30G, H, 31C, D, F–H, 32A–D, G, H). Obrazy CL dolosparów z kawern wykazują ich niejednorodność pasową. Zewnętrzny pas, bez wrostków, jest bardziej jednorodny, zaś centra dolosparów są bogate we wrostki (fig. 30G, 31A–H, 32A, B, E, F). Dolospary świecące w kolorze czerwonym zawierają wrostki kalcytu świecącego na pomarańczowo i żółtopomarańczowo. W obrazie CL próbki z profilu Wojszyce IG 4 z głęb. 804,8 m (fig. 32D) stwierdzono relikty mszywioła z mezoporami bogatymi we wrostki kalcytu świecącego pomarańczowo. W obrębie szkieletu mszywioła występuje kawerna z dolokalcysparem o budowie pasowej. Prawdopodobnie wrostki te powstały w wyniku procesu dedolomityzacji.

Drugim procesem jest sylifikacja. Część bioklastów, w tym głównie spikule i mumie gąbek, oraz częściowo cement, ulegały impregnacji sferolityczno-włóknistym chalcedonem i mikroagregatowym kwarcem. Niekiedy występują one w towarzystwie gniazdowych skupień dolosparu.

W osadach niezsylifowanych, bez czertów i krzemieni, cement jest kalcymikrytowy lub marglisty. W częściach zsylifikowanych i zdolomityzowanych cement występuje reliktowo. Stosunek występującego dolosparu i sferolityczno-włóknistego chalcedonu oraz mikroagregatowego kwarcu jest zmienny. Miejscami dolospar koroduje lub zastępuje chalcedon, miejscami odwrotnie. Obraz ten potwierdza hipotezę, że procesy dolomityzacji i sylifikacji odbywały się wielokrotnie w cyklu rozwoju dolomityzacji przerywanej sylifikacją. Tak szeroki i nierównomierny rozwój dolomityzacji przeważnie zacierającej pierwotny charakter mikrofacji mógł być spowodowany środkowo- i górnooksfordzkim dopływem solanki w wyniku ruchów halokinetycznych (Radlicz, 1967,1972). Obecność w nich czertów i krzemieni wskazują, że należą one do uławiconych osadów biodetrytycznych, międzybiohermalnych, kępowych barier gąbkowych.

Michniak (1979, 1980) określił czerty jako twory epigenetyczne względem czasu powstania osadów, w których tkwią, i syngenetyczne, ze względu na krzemionkę z gąbek tkwiących w osadzie. Barwa krzemieni i czertów zależy od zawartego w nich pigmentu: substancji organicznej i pirytu, związków żelaza trójwartościowego, manganu i innych związków (Kwiatkowski, 1992). Na podstawie obserwacji mikroskopowych płytek cienkich z osadów dolnego i środkowego oksfordu rejonu Wojszyc, można wysnuć hipotezę, że roztwory krzemionkowe krążące w osadach w formie zoli lub żeli impregnowały je i wytrącały się, tworząc czerty.

Ostatnim dostrzeżonym procesem jest kalcytyzacja (fig. 31D), widoczna w wypełnieniach kawern. Obserwacje mikroskopowe potwierdzają wyniki ilościowego składu chemicznego EDS przeliczonego na skład mineralny i wartości dd (Radlicz, 1967, 1972; tab. 14). Na przykładzie analiz z brzegu i centrum jednego kryształu (tab. 14G, H) można zobaczyć różnice w zawartości dolomitu, udziale wolnego kalcytu oraz wartości dd. Podobnie obraz analiz składu mineralnego (tab. 14K, L) wykazuje wyraźne różnice między składem mineralnym ścian i mezoporów mszywioła. Obserwacje i wnioski dotyczące stosunku między dolomityzacją i sylifikacją są zgodne z tezami zamieszczonymi w pracy autora (Radlicz, 1972).

Jacek KASIŃSKI

WYNIKI BADAŃ LITOLOGICZNYCH I STRATYGRAFICZNYCH UTWORÓW PALEOGENU I NEOGENU

PALEOGEN

Paleocen. Utwory paleocenu na omawianym obszarze występują jedynie bardzo lokalnie: w nadkładzie pobliskiego wysadu solnego Łanięta utwory paleocenu są reprezentowane przez serię węglistą, zaliczaną do formacji odrzańskiej W stropie utworów tej formacji występuje tam cienki pokład węgla brunatnego z licznymi wkładkami ilastymi i piaszczystymi o miąższości 1,7 m, który pod względem litostratygraficznym odpowiada VII odrzańskiemu pokładowi węgla brunatnego (Ciuk, 1993).

Eocen. Po okresie regresji morskiej związanej z brakiem sedymentacji, obejmującej wczesny eocen, rozwój transgresji późnoeoceńskiej doprowadził na przełomie lutetu i bartonu do bardziej powszechnego rozwoju na omawianym obszarze utworów formacji jerzmanowickiej, wykształconych w strefie litoralnej oraz w środowiskach pływowych. Na południowo-zachodnim skłonie wału śródpolskiego są to szarozielone piaski kwarcowe z glaukonitem, często wapniste (Piwocki, 2004). W utworach tych występuje zespół otwornic ciepłolubnych z numulitami (Cimaszewski, 1964; Olempska, 1973; Odrzywolska-Bieńkowa, Pożaryska, 1984). Poprzez obszar obecnego Bałtyku, a częściowo poprzez płycizny archipelagu rozwiniętego na terenie wyniesień wału śródpolskiego, odbywała się ograniczona wymiana ciepło- i zimnolubnych zespołów otwornicowych, przy czym te ostatnie migrowały z południowego wschodu. Wskazuje to na połączenie oceanów Arktycznego i Atlantyckiego poprzez baseny Niżu Polskiego i Prypeci (Pożaryska, Odrzywolska-Bieńkowa, 1977). Utwory formacji jerzmanowickiej spoczywają niezgodnie na utworach starszego podłoża, głównie kredy.

Pod koniec eocenu na omawianym obszarze zaznaczyła się krótkotrwała ingresja morska o charakterze pulsacyjnym, a po ustąpieniu morza na obszarach lądowych nastąpił rozwój procesów erozyjnych, które doprowadziły miejscami do zniszczenia stosunkowo cienkich osadów eoceńskich.

Oligocen. Kolejna transgresja postępująca od zachodu w najniższym rupelu rozwijała się w kilku fazach. Zespół mikrofauny zimnolubnej (Burchardt, 1978; Odrzywolska-Bieńkowa, Pożaryska, 1978) świadczy o połączeniu omawianego obszaru z basenem Europy Zachodniej i wskazuje na oddzielenie od basenów ukraińskiego i białoruskiego strefą płycizn i wysp. Ciąg progradujących transgresywnych systemów depozycyjnych rozpoczynają utwory formacji mosińskiej dolnej. W spągu formacji występuje często transgresywna warstewka żwirku kwarcowego. Utwory formacji mosińskiej dolnej są reprezentowane przez szarozielone piaski kwarcowo-glaukonitowe z igłami gąbek, w spągu ze żwirkiem kwarcowym i konkrecjami fosforytowymi. Systemy depozycyjne wysokiego poziomu morza (*highstands*) są reprezentowane przez piaski kwarcowo-glaukonitowe wyższej części formacji mosińskiej dolnej.

Ponad utworami formacji mosińskiej dolnej występują brakiczne utwory formacji czempińskiej, wykształcone w postaci szarobrązowych piasków mułkowatych, mułków i iłów z przewarstwieniami piasków. Utwory te są często laminowane i zawierają liczne struktury bioturbacyjne. Pojawiający się w dolnej części sekwencji cienki i nieciągły pokład węgla brunatnego (V pokład czempiński) świadczy o rozwijającej się lokalnie sedymentacji w środowisku bagiennym (proksymalne partie lagun, bagna nadbrzeżne). Na obszarach uprzywilejowanych – o stałej, powolnej subsydencji (nadkład wysadów solnych Lubień, Łanięta i Rogóźno) – pokład ten osiąga znaczne miąższości, sięgające kilkudziesięciu metrów (Kasiński, Saternus, 2010). Niewielki epizod transgresywny, kończący sedymentację paleogenu w centralnej Polsce, miał miejsce po osadzeniu się utworów formacji czempińskiej. W jego wyniku powstały osady formacji mosińskiej górnej: drobnoziarniste i mułkowate piaski kwarcowe z glaukonitem, w spągu ze żwirem kwarcowym, w części stropowej przechodzące w szare i szarozielone mułowce piaszczyste z glaukonitem.

Regresję morską na Niżu Polskim wyznacza poziom piasków kwarcowych z glaukonitem, które powstały na pograniczu rupelu i szatu lub w dolnym szacie. Przez pozostałą część szatu na omawianym obszarze panowały warunki lądowe.

NEOGEN

Miocen. Najstarsze utwory miocenu, zaliczane do formacji rawickiej (vierland i dolny hemmor), powstały w środowisku lądowym, na obszarze równi aluwialnej, gdzie w warunkach skrajnie niskoenergetycznych osadzały się utwory bardzo drobnodetrytyczne. W starorzeczach powstawały torfy i namuły organiczne.

Leżące wyżej utwory formacji ścinawskiej, należące do hemmoru górnego i reinbeku dolnego, powstały w warunkach kontynentalnych na rozległej równinie aluwialnej, na której rozwijały się przybrzeżne bagna i torfowiska węglotwórcze (Piwocki i in., 2004). Zapisem sedymentacyjnym meandrujących traktów fluwialnych są występujące w osadzie soczewy piasków ze żwirem. Spektrum pyłkowe osadów świadczy o ociepleniu klimatu: w wilgotnym klimacie ciepło-umiarkowanym dominowały lasy bagienne i torfowiska zaroślowe, a wyżej położone tereny były zajęte przez mezofilne lasy liściaste ze znacznym udziałem roślin wiecznie zielonych (Piwocki, Ziembińska-Tworzydło, 1995; Ważyńska, red., 1998).

Charakterystycznymi utworami formacji ścinawskiej znanymi z omawianego obszaru są piaski kwarcowe drobnoziarniste i pylaste, szarobrunatne i szare, ze znaczną domieszką muskowitu oraz szarobrunatne piaski pylaste z cienkimi przeławiceniami piasku gruboziarnistego i drobnego żwiru kwarcowego oraz z okruchami ksylitów. Wśród utworów piaszczystych występują przeławicenia laminowanych mułków zawęglonych z detrytusem roślinnym, o barwie brunatnej lub czarnej, miejscami silnie węglistych, przechodzących w węgle brunatne atrytowe, często piaszczyste II pokładu łużyckiego. Ten pokład także osiąga kilkudziesięciometrową miąższość w nadkładzie pobliskich wysadów solnych (Kasiński i in., 2009). Utwory te mają genezę aluwialną i występują zwykle w kilku prostych cyklach sedymentacyjnych.

W późnym reinbeku w północnej części omawianego obszaru utworzyły się osady formacji pawłowickiej, które powstawały na obszarze równi aluwialnej i są wykształcone w postaci drobnoziarnistych szarych piasków łyszczykowo-kwarcowych, podrzędnie z wkładkami mułków. W południowej części omawianego obszaru utwory te przechodzą obocznie w utwory formacji adamowskiej z wkładkami iłów i mułków węglistych. W piaskach powszechne są warstwowania skośnie wielkoskalowe (nasypy prądowe) oraz warstwowania skośne płaskie i żłobiste. Według wyników prowadzonych badań sedymentologicznych (Osijuk, 1979), nachylenie warstwowań skośnych wskazuje na transport materiału klastycznego wleczonego przez słabe prądy trakcyjne w kierunku południowym. Obserwowane są także przeławicenia węgli i iłów węglistych (ekwiwalent IIA lubińskiego pokładu węgla brunatnego), będące zapewne utworami starorzeczy. Na obszarach lądowych w klimacie typu sawannowego, ciepłym i wilgotnym z epizodami aridnymi, rozwijała się fauna kręgowców (Głazek i in., 1972; Głazek, Szynkiewicz, 1987; Kowalski, 1990).

W profilach otworów wiertniczych z rejonu Wojszyc brak utworów reinbeku górnego, reprezentujących górną część formacji krajeńskiej i dolną część formacji poznańskiej, które zapewne na tym obszarze nie osadziły się.

W langenfeldzie na omawianym obszarze ponownie dominowała sedymentacja w środowisku równi aluwialnej; w nieco chłodniejszym, lecz nadal wilgotnym klimacie, w środowisku o bardzo niskiej energii osadzały się szaroniebieskie mułki i iły, z silnie zżelifikowanym detrytusem roślinnym, należące do formacji poznańskiej. W lokalnych zabagnieniach powstawały osady fitogeniczne, z których następnie utworzyły się wkładki węgla brunatnego, stanowiące ekwiwalent IA pokładu oczkowickiego. Wyżej położone tereny były nadal porastane przez las mezofilny.

W najwyższej części miocenu i w pliocenie na omawianym obszarze panowały warunki lądowe zdominowane przez procesy erozji i denudacji.

PROFIL PALEOGENU I NEOGENU W OTWORACH WIERTNICZYCH WOJSZYCE IG 1/1a, IG 3 i IG 4

W otworach wiertniczych rejonu Wojszyc występuje jedynie fragment profilu paleogenu o miąższości kilku metrów oraz kilkudziesięciometrowy kompleks utworów neogenu.

Przewiercone utwory paleogeńskie i neogeńskie nie były rdzeniowane, a podstawę korelacji stratygraficznej stanowiły próbki okruchowe i wyniki pomiarów geofizyki otworowej. Na tej podstawie w profilu utworów paleogeńskich i neogeńskich w otworach wiertniczych okolic Wojszyc można wyróżnić trzy kompleksy litologiczne:

- drobnoziarniste piaski glaukonitowo-kwarcowe ze smugami substancji węglistej, należące do formacji czempińskiej (oligocen dolny), występujące w trzech otworach na głębokościach: 102,0–103,5 m (IG 1a), 52,0–57,5 m (IG 3) i 99,0–102,0 m (IG 4) i osiągające niewielką miąższość od 1,5 do 5,5 m;
- drobnoziarniste piaski łyszczykowo-kwarcowe formacji adamowskiej (miocen środkowy), które stwierdzono we wszystkich omawianych otworach wiertniczych na głęb. 65,0–85,0 m (IG 1), 75,5–102,0 m (IG 1a), 26,0–52,0 m (IG 3) oraz 65,0–99,0 m (IG 4); osiągają one miąższość 20,0–34,0 m;
- iły i mułki formacji poznańskiej (miocen środkowy i górny), występujące tylko w otworach wiertniczych Wojszyce IG 1 (głęb. 60,0–65,0 m), Wojszyce IG 1a (głęb. 63,5–75,5 m) i Wojszyce IG 4 (głęb. 46,5–65,0 m) oraz osiągające miąższość 5,0–18,5 m.

Anna FELDMAN-OLSZEWSKA

WYNIKI BADAŃ LITOLOGICZNYCH UTWORÓW CZWARTORZĘDU

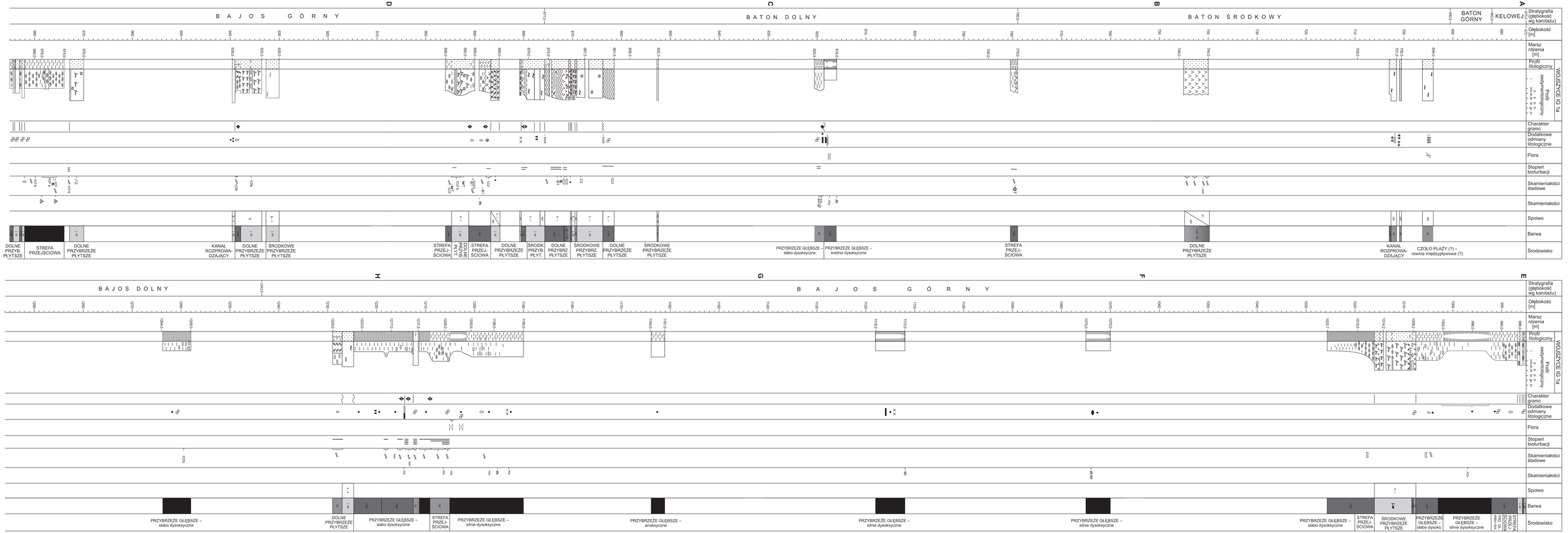
Osady czwartorzędu w profilach otworów Wojszyce IG 1/1a, IG 3 i IG 4 przewiercono bezrdzeniowo. Ich miąższość w poszczególnych profilach wynosi: 60,0 m (IG 1), 63,5 m (IG 1a), 26,0 m (IG 3) i 46,5 m (IG 4). Utwory te są wykształcone w postaci jednego lub dwóch poziomów piasków oraz glin zwałowych.

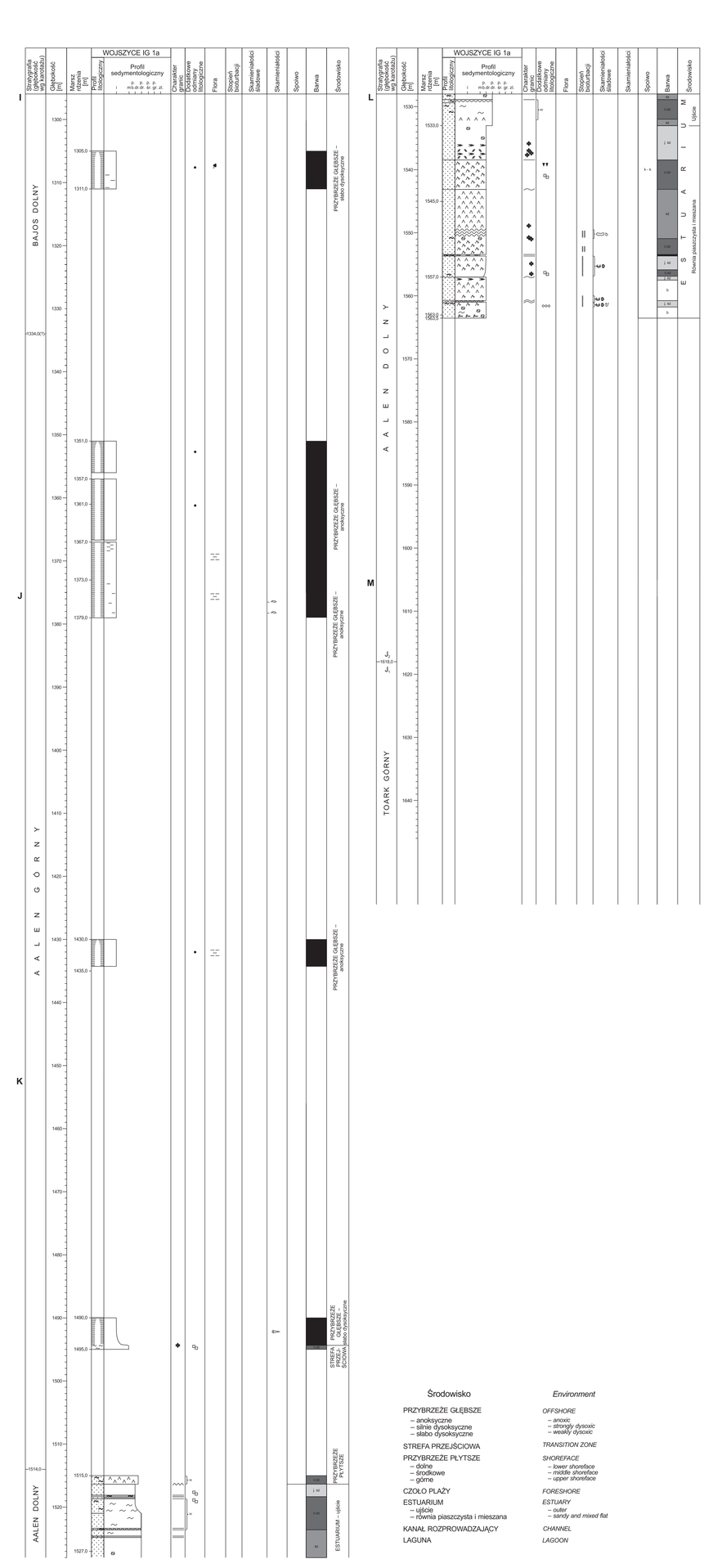
W dolnym odcinku profilu Wojszyce IG 1 stwierdzono 25,0 m piasków drobnoziarnistych z wkładkami gliny zwałowej. Ku górze przechodzą one w 30,0 m kompleks piasków drobnoziarnistych z detrytusem uwęglonej flory.

W profilu Wojszyce IG 1a występują 3 poziomy piasków różnoziarnistych z wkładkami żwiru, rozdzielone dwoma 5,0 m grubości poziomami gliny zwałowej, szarej.

W profilu Wojszyce IG 3 stwierdzono w dolnym odcinku poziom gliny zwałowej o miąższości 10,0 m, a powyżej niego 16,0 m piasków kwarcowych drobno- i średnioziarnistych.

W profilu Wojszyce IG 4 występują dwa poziomy gliny zwałowej rozdzielone poziomem piasków różnoziarnistych. Podobny poziom piasków stwierdzono w najwyższej części profilu.


WOJSZYCE IG 1a
A
B
C
D
E
F
G
H
BATON GÓRNY
KELOWEJ
BATON ŚRODKOWY
BATON DOLNY
BAJOS GÓRNY
BAJOS DOLNY
Stratygrafia (głębokość wg karotażu)
Głębokość [m]
Marsz rdzenia [m]
Profil litologiczny
Profil sedymentologiczny
Charakter granic
Dodatkowe odmiany litologiczne
Flora
Stopień bioturbacji
Skamieniałości śladowe
Skamieniałości
Spoiwo
Barwa
Środowisko
DOLNE PRZYB. PŁYTSZE
STREFA PRZEJŚCIOWA
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTSZE
KANAŁ ROZPROWADZAJĄCY
ŚRODKOWE PRZYBRZEŻE PŁYTSZE
STREFA PRZEJ-ŚCIOWA
DOLNE PRZYBRZ. PŁYTSZE
ŚRODK. PRZYB. PŁYT.
ŚRODKOWE PRZYBRZ. PŁYTSZE
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE – słabo dysoksyczne
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE – średnio dysoksyczne
CZOŁO PLAŻY (?) – równia międzypływowa (?)
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE – anoksyczne
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE – silnie dysoksyczne
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE – słabo dysok.
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE – silnie dysoksyczne
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTSZE
STREFA PRZEJ-ŚCIOWA
ŚRODKOWE PRZYBRZEŻE PŁYTSZE
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE – słabo dysok.
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE – silnie dysoksyczne
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTSZE
STREFA PRZEJ-ŚCIOWA
KANAŁ ROZPROWADZAJĄCY
CZOŁO PLAŻY (?) – równia międzypływowa (?)



Środowisko

	Environment
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE – anoksyczne – słabo dysoksyczne	*OFFSHORE* *– anoxic* *– weakly dysoxic*
STREFA PRZEJŚCIOWA	*TRANSITION ZONE*
PRZYBRZEŻE PŁYTSZE – dolne – górne	*SHOREFACE* *– lower shoreface* *– upper shoreface*
CZOŁO PLAŻY	*FORESHORE*
ESTUARIUM – ujście – równia piaszczysta i mieszana	*ESTUARY* *– outer* *– sandy and mixed flat*
KANAŁ ROZPROWADZAJĄCY	*CHANNEL*
LAGUNA	*LAGOON*

Litologia *Lithology*

- zlepieńce *conglomerate*
- piaskowce *sandstone*
- piaskowce mułowcowe *argillaceous sandstone*
- mułowce piaszczyste *sandy mudstone*
- heterolit *heterolith*
- mułowce *mudstone*
- mułowce iłowcowe *clayey mudstone and muddy claystone*
- i iłowce mułowcowe
- iłowce *claystone*
- łupki *shale*
- wapienie *limestone*
- margle *marl*
- warstwa bulasta *nodular bed*

Charakter granic *Boundary characteristic*

- granica ostra *sharp boundary*
- powierzchnia erozyjna *erosional surface*
- przejście stopniowe *gradual boundary*
- granica ostra skośna *sharp oblique boundary*

Flora *Flora*

- uweglone fragmenty roślin *carbonaceous flora*
- uweglona sieczka roślinna *carbonaceous flora detritus*
- spirytyzowana sieczka roślinna *pyritized flora detritus*

Profil sedymentologiczny *Sedimentological profile*

- brak struktur *lack of structures*
- smugi ilaste *clay drapes*
- wkładki mułowcowe *mudstone intercalations*
- warstwowanie smużyste *flaser bedding*
- warstwowanie smużyste-faliste *flaser-wavy bedding*
- warstwowanie faliste *wavy bedding*
- laminacja falista *wavy lamination*
- warstwowanie soczewkowe (soczewki nielaminowane) *lenticular bedding (lenses without lamination)*
- warstwowanie soczewkowe (soczewki laminowane) *lenticular bedding (lenses with lamination)*
- laminacja soczewkowa *lenticular lamination*
- warstwowanie poziome *parallel bedding*
- laminacja pozioma *parallel lamination*
- warstwowanie przekątne dużej skali (stały kąt nachylenia) *cross bedding (constant angle)*
- warstwowanie przekątne niskokątne *HCS bedding*
- warstwowanie przekątne niskokątne – wkładki *HCS bedding – intercalations*
- warstwowanie przekątne dużej skali (zmienny kąt nachylenia) *cross bedding (variable angle)*
- warstwowanie zmarszczkowe *ripple bedding*
- tempestyty dystalne *distal tempestites*

Stopień bioturbacji *Bioturbation degree*

- brak *lack*
- słaby *weak*
- średni *middle*
- silny *strong*
- całkowicie zbioturbowany *completly bioturbated*

Barwa osadu *Colour*

- cz – czarna *black*
- c.sz – ciemnoszara *dark grey*
- j.sz – jasnoszara *light grey*
- b – biała *white*
- sz.ziel – szarozielona *grey-green*
- sz.brąz – szarobrązowa *grey-brown*
- brąz – brązowa *brown*

Dodatkowe elementy litologiczne *Additional lithology*

- muskowit *muscovite*
- muskowit skupiony w laminach ilastych *muscovite in clay drapes*
- klasty ilaste *clay clasts*
- konkrecje syderytowe *siderite concretions*
- wkładki syderytowe *siderite intercalations*
- kuliste konkrecje margliste-syderytyczne *marly-siderite round concretions*
- muszlowce *coquina*
- otoczaki bardzo liczne *numerous pebbles*
- pojedyncze otoczaki rozproszone w skale *rare dispersed pebbles*
- pogrzący *load cast*
- szamocyt *chamosite*
- ooidy żelaziste *ferruginous ooids*
- glaukonit *glauconite*
- rozproszony pył węglisty *dispersed coal dust*

Spoiwo *Cement*

- k-k – krzemionkowe-kontaktowe *siliceous, contact*
- k-i – krzemionkowo-ilaste *siliceously-clayey*
- k-wap – krzemionkowo-wapniste *siliceously-calcareous*
- k-dol – kwarcytyczno-dolomityczne *quarzite-dolomitic*
- i – ilaste *clayey*
- wap – wapniste *calcareous*
- dol – dolomityczne *dolomitic*
- wap-dol – wapnisto-dolomityczne *calcareous-dolomitic*
- dol-syd – dolomityczno-syderytowe *dolomitic-siderite*

Skamieniałości śladowe *Trace fossils*

- *Asterosoma* isp.
- *Bergaueria* isp.
- *Chondrites* isp.
- *Diplocraterion* isp.
- *Gyrochorte* isp.
- *Ophiomorpha* isp.
- *Palaeophycus* isp.
- *Planolites beverleyensis* (Billings)
- *Planolites* isp.
- *Rosselia* isp.
- *Skolithos* isp.
- *Teichichnus* isp.
- *Schaubcylidrichnus* sp.
- *Thalassinoides* isp.
- *Spongeliomorpha* isp.
- pionowe nieoznaczalne jamki *vertical indeterminate burrows*

Fauna *Fauna*

- amonity *ammonites*
- małże *bivalvia*
- małże *Bositra buchni* Roemer *bivalvia Bositra buchni* Roemer
- belemnity *belemnites*
- otwornice *foraminifera*
- trochity liliowców *crinoids trochites*
- małżoraczki *ostracoda*

Fig. 20. Profil sedymentologiczny utworów środkowej jury w otworze Wojszyce IG 1a

Sedimentological profile of the Middle Jurassic deposits in the Wojszyce IG 1a borehole

WOJSZYCE IG 3

WOJSZYCE IG 3
Stratygrafia (głębokość w/g kierdziału)
Głębokość [m]
Miąższość [m]
Profil litologiczny
Profil sedymentologiczny
Charakter granic
Dodatkowe cechy litologiczne
Facje
Stopień bioturbacji
Skamieniałości śladowe
Skamieniałości
Spoiwo
Barwa
Środowisko
BAJOS GÓRNY
BATON DOLNY
BATON ŚRODKOWY
BATON GÓRNY
KELOWEJ
SZELF WĘGLANOWO-SIARCZYSTY
PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
LAGUNA
KANAŁ PRZYPŁYWOWO-WODZĄCY
RÓWNIA PIASZCZ
KANAŁY ROZPROWADZAJĄCE
CZOŁO PLAŻY (STREFA PRZEJŚCIOWA) RÓWNIA PIASZCZYSTA)
GÓRNE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
ŚRÓDKOWE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
STREFA PRZEJŚCIOWA
KANAŁ PRZYPŁYWOWO-WODZĄCY
ŚRÓDKOWE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
KANAŁ PRZYPŁYWOWO-WODZĄCY
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
STREFA PRZEJŚCIOWA
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE - silnie dysk.
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE - słabo dysk.
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE - silnie dysk.
STREFA PRZEJŚCIOWA
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
ŚRÓDKOWE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
STREFA PRZEJŚCIOWA
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
ŚRÓDKOWE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
STREFA PRZEJŚCIOWA

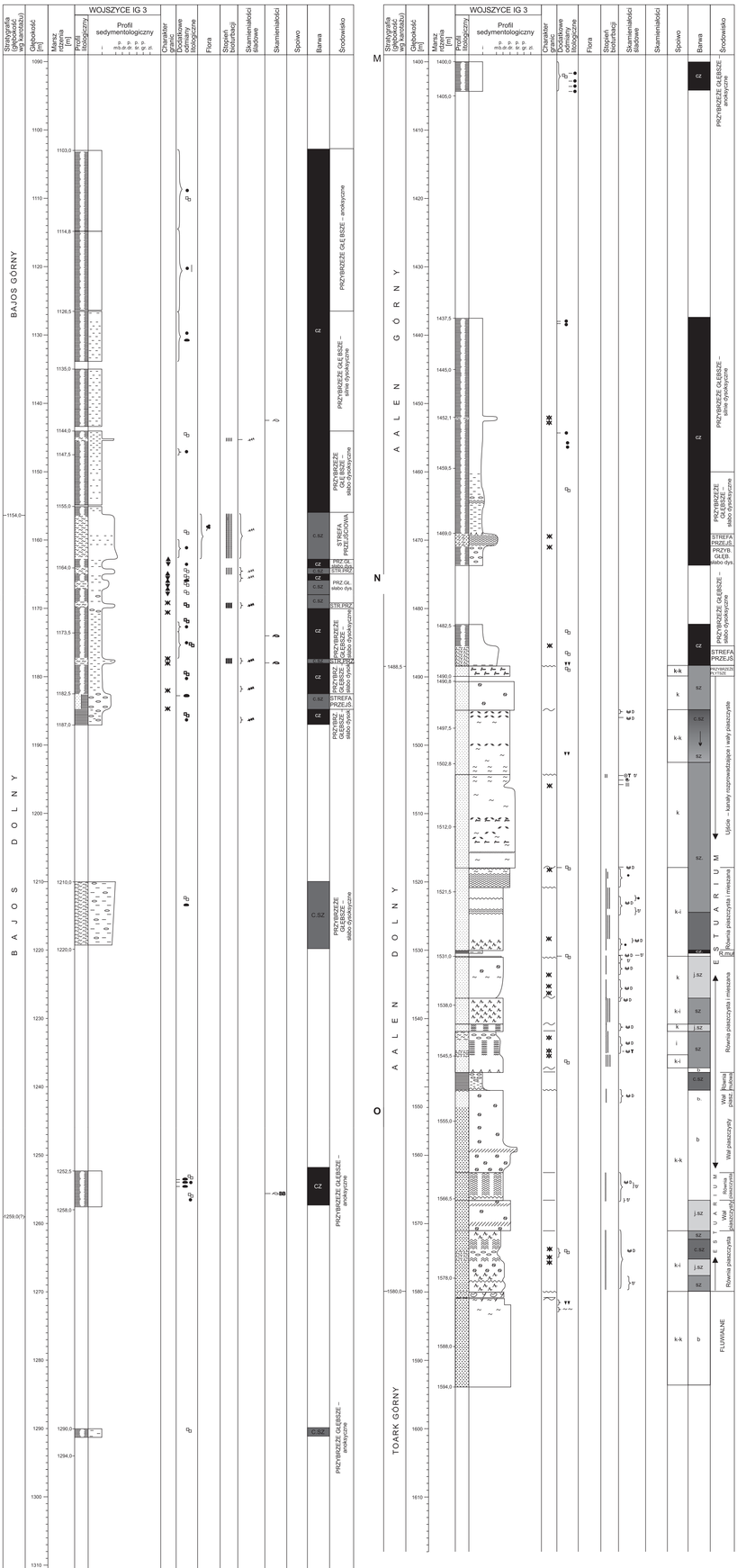
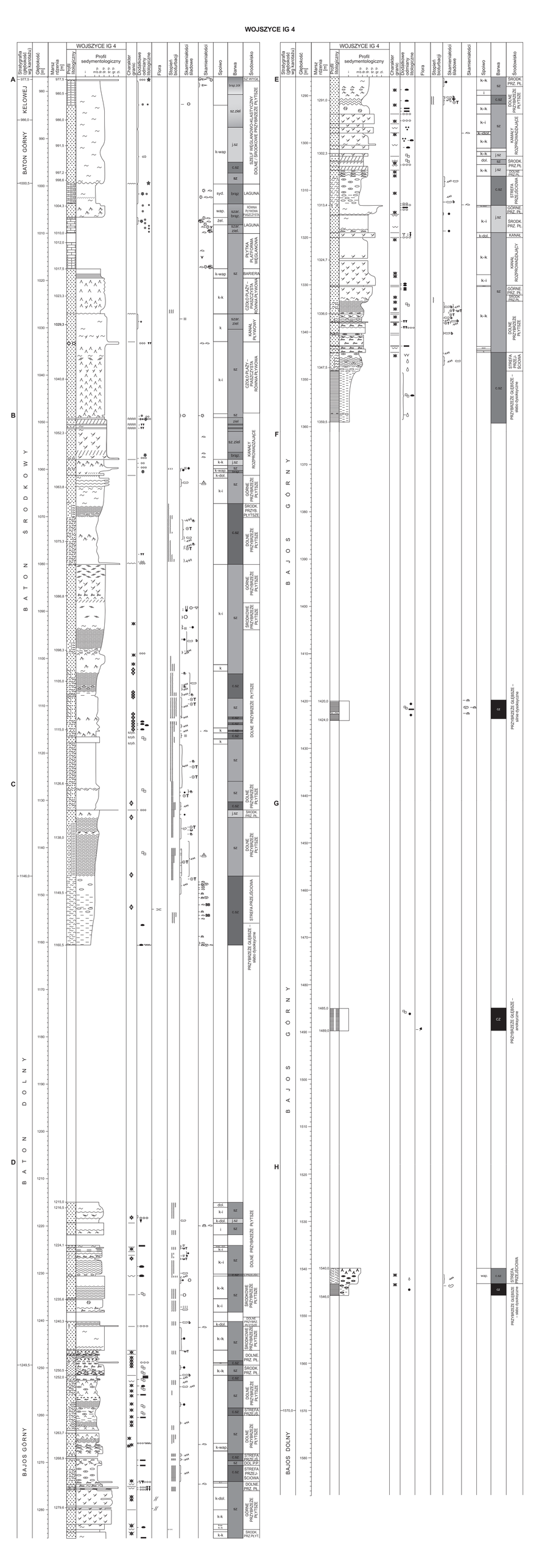


Fig. 21. Profil sedymentologiczny utworów środkowej jury w otworze Wojszyce IG 3

Objaśnienia na figurze 20

Sedimentological profile of the Middle Jurassic deposits in the Wojszyce IG 3 borehole

For explanations see Figure 20


WOJSZYCE IG 4
Profil sedymentologiczny
Stratygrafia (zonalność wg kamptońskiej)
Głębokość [m]
Miąższość [m]
Litologia
Charakter granic
Dodatkowe cechy litologiczne
Flora
Stopień bioturbacji
Skamieniałości śladowe
Skamieniałości
Sposób
Barwa
Środowisko
BATON DOLNY
BATON ŚRODKOWY
BAJOS GÓRNY
BAJOS DOLNY
KELOWEJ
SZ WYGL
SZELF WĘGLANOWO-KLASTYCZNY DOLNE I ŚRODKOWE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
LAGUNA
RÓWNIA PŁYWOWA PIASZCZYSTA
PŁYTKA PLATFORMA WĘGLANOWA
BARIERA
CZOŁO PLAŻY-PIASZCZYSTA NORMALNA PŁYWOWA
KANAŁ PŁYWOWY
KANAŁ ROZPROWADZAJĄCE
ŚRODK PRZYB PŁYTSZE
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTSZE
GÓRNE PRZYBRZEŻE PŁYTSZE
ŚRODKOWE PRZYBRZEŻE PŁYTSZE
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
STREFA PRZEJŚCIOWA
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE – strefa dyskordancji
ŚRODK PRZ PŁ
DOLNE PRZ PŁ
ŚRODK PRZ PŁYT
GÓRNE PRZ PŁ
STREFA PRZEJ ŚCIOWA
DOLNE PRZYBRZ
ŚRODK PRZ PL
STREFA PRZEJ-ŚCIOWA
KANAŁ ROZPROWADZAJĄCY
GÓRNE PRZ. PŁ.
DOLNE PRZYBRZEŻE PŁYTKIE
PRZYBRZEŻE GŁĘBSZE – strefa dyskordancji
STREFA PRZEJ-ŚCIOWA
A
B
C
D
E
F
G
H

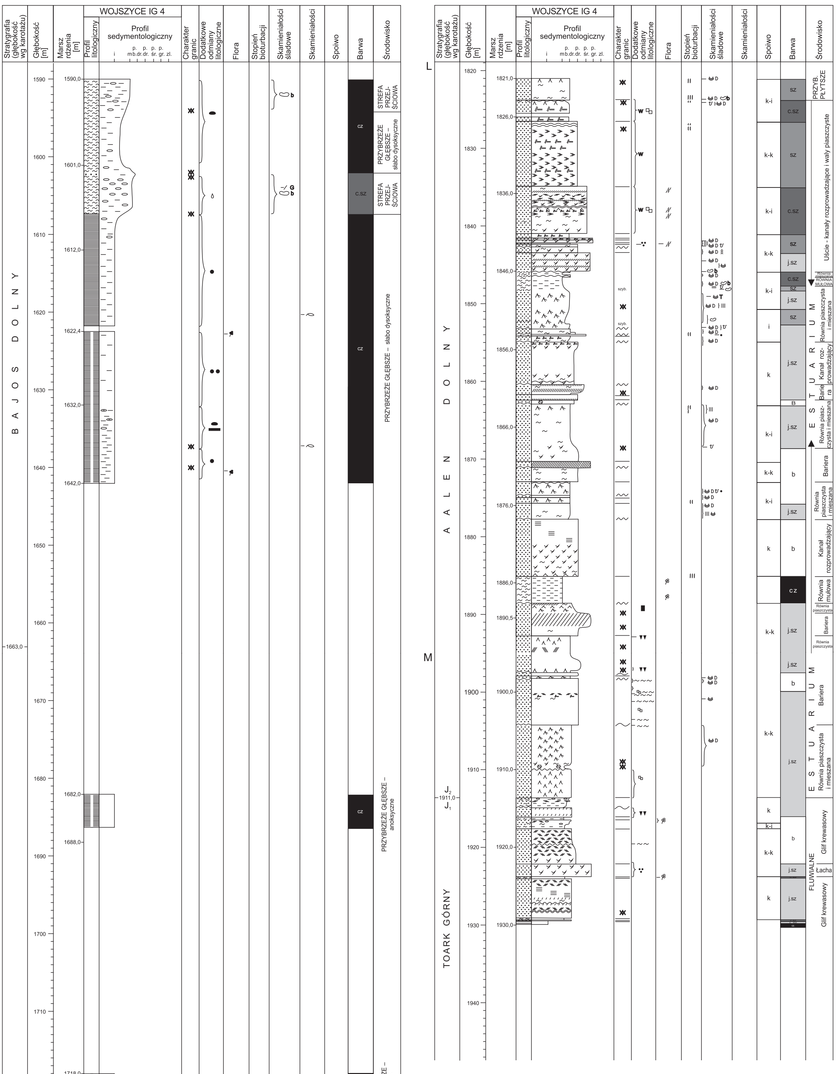


Fig. 23. Profil sedymentologiczny utworów środkowej jury w otworze Wojszyce IG 4

Objaśnienia na figurze 20

Sedimentological profile of the Middle Jurassic deposits in the Wojszyce IG 4 borehole

For explanations see Figure 20