

## ŚRODOWISKA SEDYMENTACJI I PALINOFACJE KREDY DOLNEJ W OTWORACH WIERTNICZYCH CIECHOCINEK IG 3, MSZCZONÓW IG 1 I KORABIEWICE PIG 1

### LOWER CRETACEOUS SEDIMENTARY ENVIRONMENTS AND PALYNOFACIES IN THE CIECHOCINEK IG 3, MSZCZONÓW IG 1 AND KORABIEWICE PIG 1 BOREHOLES

KRZYSZTOF LESZCZYŃSKI<sup>1</sup>, MARTA WAKSMUNDZKA<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Na podstawie badań litologicznych, profilowań sedymentologicznych oraz analiz palinologicznych rozpoznano środowiska sedymentacji i palinofacje kredy dolnej w otworach wiertniczych Ciechocinek IG 3, Mszczonów IG 1 i Korabiewice PIG 1. Wykonano dokładną analizę spektrum palinologicznego – stosunku zawartości planktonu do całości palinomorf, ilości fitoklastów w całkowitym kerogenie oraz zawartości materii organicznej. W celu scharakteryzowania palinofacji w analizowanych otworach przeprowadzono korelacje danych palinologicznych z wynikami profilowań sedymentologicznych oraz z obserwacjami litofacjalnymi i paleogeograficznymi. Wyniki badań pozwoliły na ogólne rozpoznanie środowisk sedymentacji i palinofacji w strefie depozycji węglanowo-silikoklastycznej oraz w strefie aktywnej poduszki solnej. Na podstawie zebranego materiału, w nawiązaniu do określonego w badaniach palinofacjalnych spektrum palinologicznego, w profilu kredy dolnej wydzielono następujące środowiska morskie: odbrzeża, przybrzeża dolnego–środkowego, płytkiej zatoki morskiej, laguny i płytkiego szelfu węglanowo-silikoklastycznego. W przypadku braku jednoznacznych cech diagnostycznych środowisko sedymentacji określono jako ogólnie morskie.

**Słowa kluczowe:** palinomorfy, palinofacje, profilowanie sedymentologiczne, środowiska sedymentacji, kreda dolna, niecka płocka.

**Abstract.** Based on lithological and sedimentological logging and palynological analysis, sedimentary environments and palynofacies were identified in the Lower Cretaceous of the Ciechocinek IG 3, Mszczonów IG 1 and Korabiewice PIG 1 boreholes. A thorough analysis of the palynological spectrum was performed, determining the ratio between the amount of palynomorphs and the total of plankton, the amount of phytoclasts in the total kerogen, and the content of organic matter. Palynological data were correlated with sedimentological, lithofacies and paleogeographical data. The research resulted in a general recognition of sedimentary environments and palynofacies in the carbonate-clastic deposition zone and in a zone of an active salt pillow. The following sedimentary environments were identified in the Lower Cretaceous sediments, based on the analysed material and with regard to the palynological spectrum: offshore, lower–middle shoreface, embayment, lagoon and shallow carbonate-siliciclastic shelf. In case of the absence of diagnostic features for exact determination of sedimentary environments, the environments were defined as generally marine.

**Key words:** palynomorphs, palynofacies, sedimentological logging, sedimentary environments, Lower Cretaceous, Płock Trough.

---

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa;  
e-mail: krzysztof.leszczynski@pgi.gov.pl, marta.waksmundzka@pgi.gov.pl

## WSTĘP

Analiza spektrum palinologicznego (spory, ziarna pyłku, glony, zdrewniałe szczątki, czarnobrazowy STOM), umożliwiająca określenie środowiska sedymentacji z ogólnym wyróżnieniem palinofacji, jest ściśle związana z badaniami litologicznymi i z informacjami uzyskanymi z profilowań sedymentologicznych rdzeni wiertniczych. Badania nad spektrum palinologicznym i palinofacjami pokazały, że analizy te mogą być wykorzystane w integracji z badaniami sedymentologicznymi (Tyson, 1993; Batten, 1996; Pieńkowski, Waksmundzka, 2009) na przykład do:

- określenia wielkości i kierunku dostawy materiału terygenicznego;
- określenia przemieszczania deponowanego materiału (od strony ładu lub od strony otwartego morza);
- sprecyzowania charakterystyki środowisk depozycyjnych pod kątem procesów osadotwórczych, odległości linii brzegowej, zasolenia, natlenienia, produktywności, stabilności słupa wody (stratyfikacja, mieszanie), itd.

Korelacja podziałów palinostratygraficznych kredy dolnej w Polsce i w rejonach sąsiednich, zgodnie z wcześniej-

szymi badaniami (Leszczyński, Waksmundzka, 2008), wskazuje na zależność występowania pyłków i spor od środowiska sedymentacji.

Zaprezentowane w artykule badania są kontynuacją rozpoznania środowisk sedymentacyjnych i palinofacji kredy dolnej w otworach wiertniczych z centralnej części Niżu Polskiego. Przeprowadzono badania litologiczne i profilowania sedymentologiczne rdzeni z otworów wiertniczych Ciechocinek IG 3, Mszczonów IG 1 i Korabiewice PIG 1 (fig. 1, 2) oraz analizy spektrum palinologicznego z ponad dwudziestu próbek skał.

Ze względu na trudności w pozyskaniu dobrego materiału rdzeniowego z kredy dolnej otrzymanie kompletnych danych jest obecnie niezwykle trudne. W związku z tym przedstawione badania i ich wyniki nie wyczerpują w całości problemu i wymagają dalszych uzupełnień. Nierzadko identyfikacja struktur sedymentacyjnych i interpretacje środowisk stwarzają wiele problemów i nasuwają istotne wątpliwości.

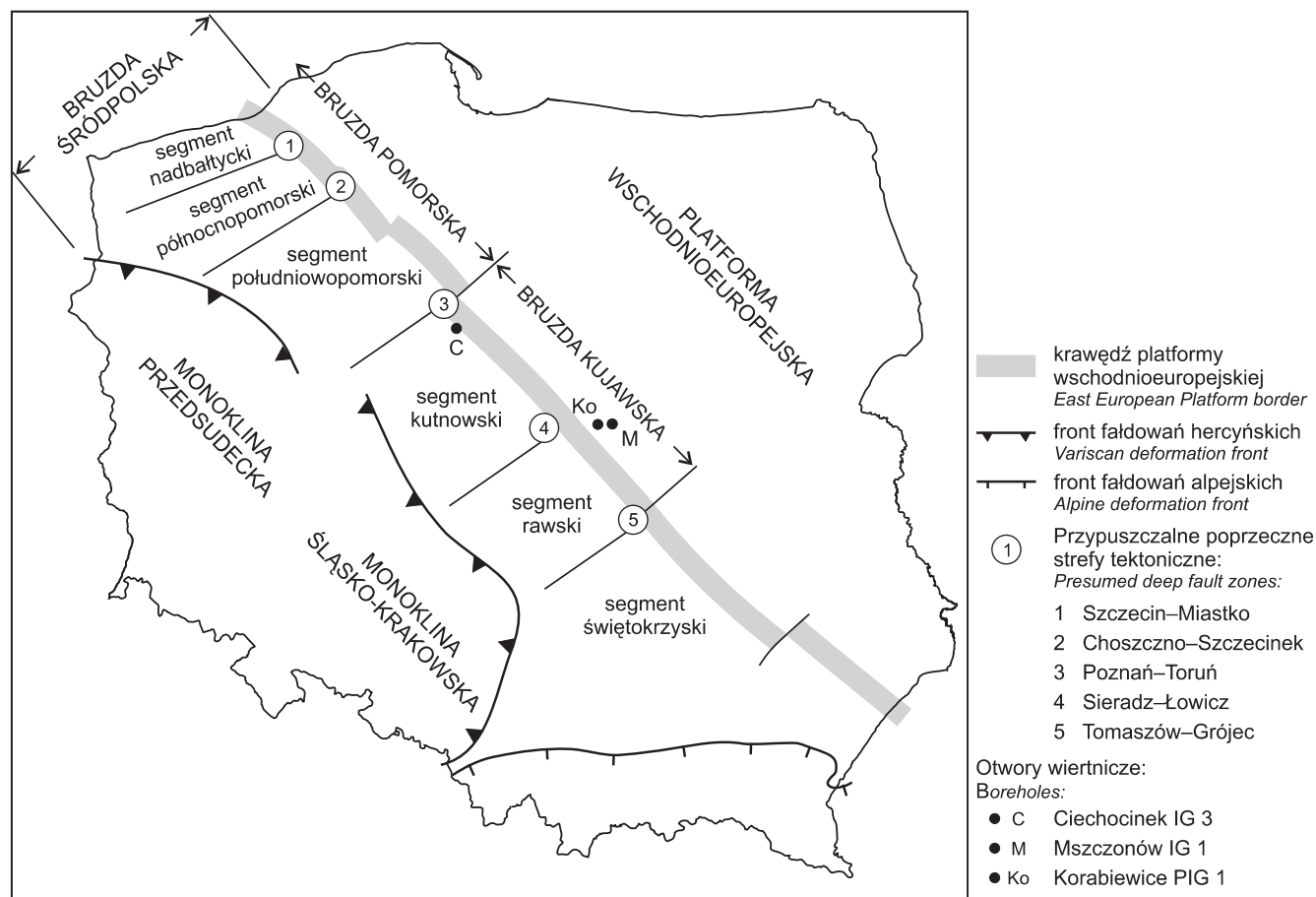
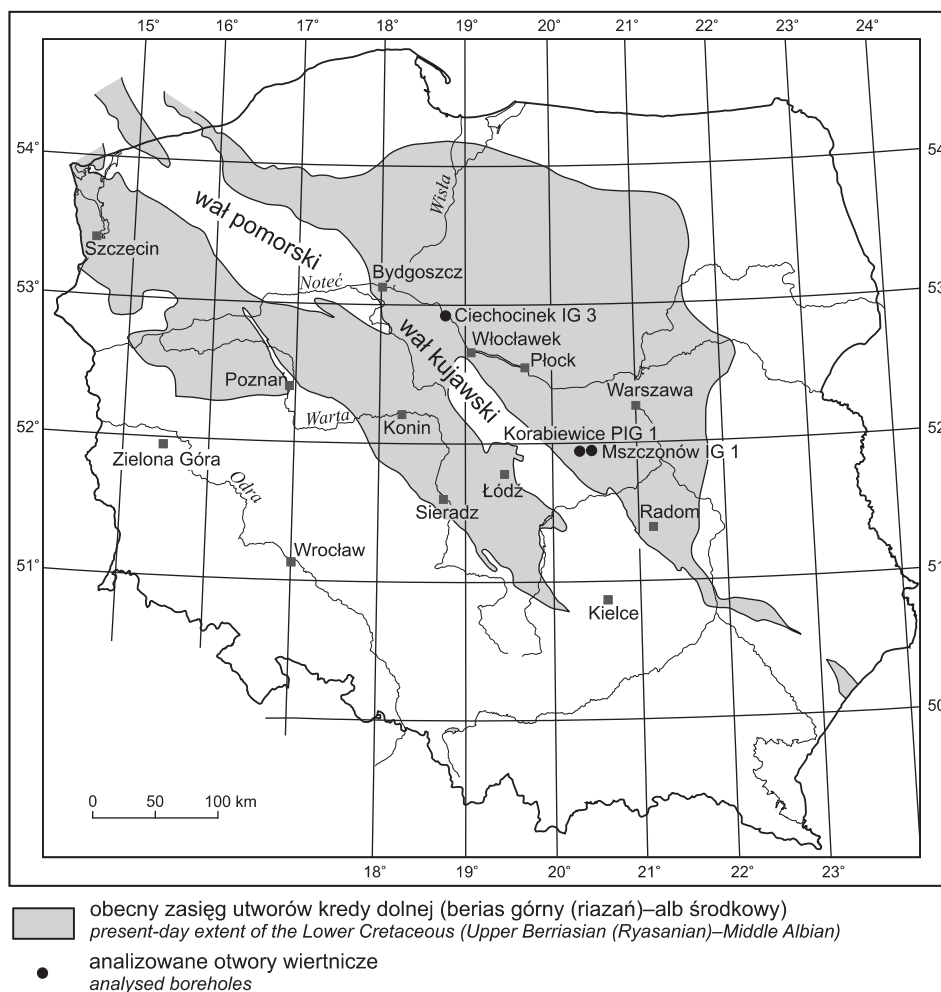


Fig. 1. Lokalizacja otworów wiertniczych na tle bruzdy śródpolskiej (podział bruzdy wg Dadlez, 1994)

Location of the boreholes within the Mid-Polish Trough (Mid-Polish Trough division after Dadlez, 1994)



**Fig. 2.** Lokalizacja otworów wiertniczych na tle obecnego zasięgu utworów kredy dolnej (berias górny (riazań)–alb środkowy)

Location of the boreholes and the present-day extent of the Lower Cretaceous (Upper Berriasian (Ryasanian)–Middle Albian)

## WCZEŚNIEJSZE BADANIA

Nowoczesne profilowania sedymentologiczne w badaniach skał kredy dolnej Niziny Polskiej nie były dotychczas stosowane na szerszą skalę. Do nielicznych prac należy przede wszystkim szczegółowe opracowanie profili wiertniczych neokomu rejonu Mogilna i Koła (J. Dadlez, R. Dadlez, 1987). Analizę materiału palinologicznego wykonano jedynie w celach palinostratygraficznych. Badania palinofacjalne prowadzono dla jury dolnej początkowo na podstawie schematu Tysona (Tyson, 1993; Pieńkowski, Waksmundzka, 2002; Pieńkowski, 2004), następnie (Pieńkowski, Waksmundzka, 2009; Pieńkowski i in., 2012) opierały się na zmodyfikowanej i wzbogaconej metodyce, na podstawie

której dowiedziono, że dane palinologiczne w korelacji z danymi sedymentologicznymi umożliwiają dokładniejszą analizę środowiska sedymentacji i pokazują jego wpływ na spektra palinologiczne (np. inwersje palinofacjalne). Identyfikacji palinofacji w profilach triasu dokonała Fijałkowska (1994).

Prace nad palinofacjami kredy dolnej rozpoczęto na szerszą skalę stosunkowo niedawno (Leszczyński, Waksmundzka, 2008). Otrzymane wyniki badań potwierdziły konieczność prowadzenia dalszych analiz i interpretacji w kolejnych otworach wiertniczych położonych w różnych strefach basenu.

## METODY I ZAKRES BADAŃ

Zakres badań obejmował:

- wytypowanie otworów wiertniczych do analiz na podstawie istniejących danych wiertniczych, litofacjalnych i paleogeograficznych;
- profilowania litologiczne i sedymentologiczne odpowiednich odcinków rdzeniowych i interpretacje środowisk sedymentacyjnych z wykorzystaniem podstawowych standardowych metod profilowania sedymentologicznego rdzeni wiertniczych;
- pobranie próbek do analiz palinologicznej i palinofacjalnej;
- macerację materiału palinologicznego i przygotowanie preparatów;
- analizę ilościową spor i dwuworkowych ziaren pyłków;
- dokładną analizę spektrum palinologicznego – zawartość planktonu (do całości palinomorfa), zawartość fitoklastów w całkowitym kerogenie i zawartość materii organicznej;

- korelacje danych palinologicznych z danymi sedymentologicznymi, litofacjalnymi i paleogeograficznymi.

Przedmiotem badań był materiał palinologiczny pochodzący z obszaru położonego na północny wschód od osi basenu sedymentacyjnego wczesnej kredy, w szczególności z niecki płockiej. Na tej podstawie do badań wybrano następujące otwory wiertnicze: Ciechocinek IG 3, Mszczonów IG 1 i Korabiewice PIG 1 (fig. 1, 2). Otwór wiertniczy Ciechocinek IG 3 znajduje się blisko osiowej strefy basenu sedymentacyjnego, w rejonie dużej i aktywnej poduszki solnej Ciechocinka (na północ od niej), w pobliżu obszaru o maksymalnej subsydenacji we wczesnej kredzie. Otwory wiertnicze Mszczonów IG 1 i Korabiewice PIG 1 znajdują się w południowej części niecki płockiej, w strefie, w której formacja białobrzaska jest reprezentowana głównie przez facje węglanowo-silikoklastyczne.

## BADANIA PALINOLOGICZNE I PALINOFACJALNE ORAZ PROFILOWANIA LITOLOGICZNE I SEDYMENTOLOGICZNE

Analizę palinofacji z profili kredy dolnej otworów wiertniczych Ciechocinek IG 3, Mszczonów IG 1 i Korabiewice PIG 1, wspartą profilowaniami sedymentologicznymi, wykonano na podstawie obserwacji w badanym spektrum palinologicznym następujących elementów:

- palinomorfa, reprezentowanych przez wszystkie kwasoodporne, organiczno-ścienne mikroskamieniałości znalezione w palinologicznym preparacie;
- stosunku ilości spor do ziaren pyłków;
- USTOM (*unstructured organic matter*) – amorficznego wyglądu bezpostaciowej materii organicznej powstałej pod wpływem przeobrażenia bakteryjnego, chemicznego lub innego;
- STOM (*structured organic matter*) – strukturalnej (postaciowej) materii organicznej pochodzenia roślinnego do której należą wszystkie rodzaje resztek drewna, kutikula i inne szczątki detrytyczne (wykluczając palinomorfy) mające cechy „cellularne” lub zoologiczne, większość pochodzi od roślin (tworzy tzw. fitoklast).

W analizowanych profilach z kredy dolnej dominuje środowisko sedymentacji silikoklastycznej z materiałem terygenicznym, głównymi czynnikami kształtującymi depozycję były prądy morskie i falowanie (Gradziński i in., 1986). W południowej części niecki płockiej (otwory wiertnicze Mszczonów IG 1, Korabiewice PIG 1) występują także facje węglanowo-klastyczne. W pracy podano aktualną chronostratygrafię i litostratygrafię (Marek, 1997a; Wagner, 2008). Na podstawie tych obserwacji podjęto próbę sprecyzowania środowisk sedymentacji osadów i systemów depozycyjnych (Galloway, Hobday, 1996). Opierając się na typach

środowiskowo-palinofacjalnych wyróżnionych przez Pieńkowskiego i Waksmundzką (2009), zidentyfikowano następujące środowiska sedymentacji: (1) odrzeża, (2) przybrzeża dolnego-środkowego, (3) płytkiej zatoki morskiej, (4) laguny, (5) płytkiego szelfu węglanowo-silikoklastycznego. W przypadku braku jednoznacznych cech diagnostycznych środowisko sedymentacji określono jako ogólnie morskie.

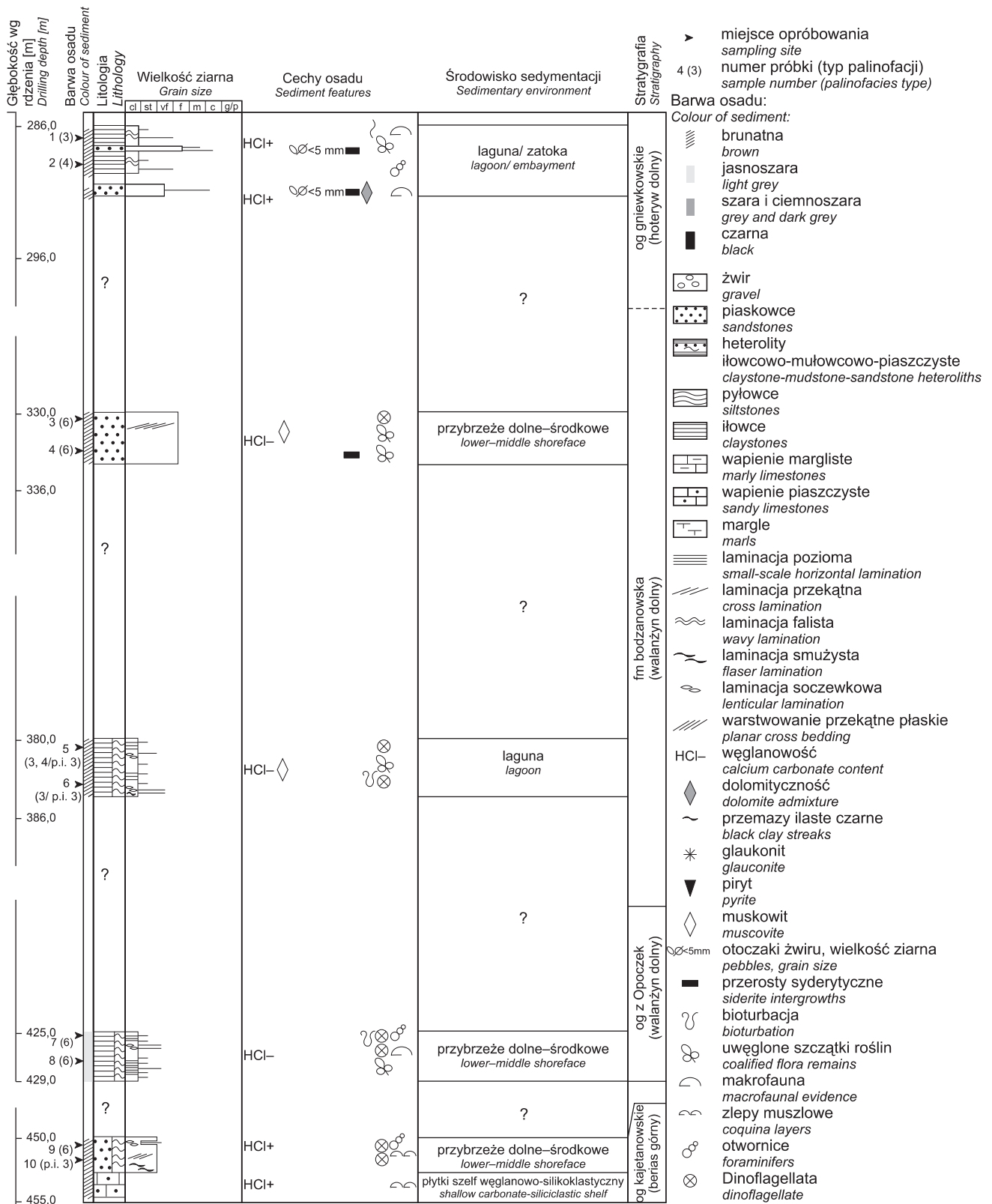
Metodykę interpretacji oparto w znacznej mierze na tej, która została zastosowana w badaniach skał kredy dolnej prowadzonych przez Dadlez i Dadleza (1987) oraz w pracach Pieńkowskiego (1983, 1997, 2004), Pieńkowskiego i Waksmundzkiej (2009) dla jury dolnej i Leszczyńskiego i Waksmundzkiej (2008) dla kredy dolnej.

## WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań podano w poszczególnych otworach i interwałach rdzeniowych oraz w kolejnych próbkach skalnych (od dołu do góry profilu). Dla interwałów rdzeniowych sporządzono profile sedymentologiczne wyróżniające litologię, średnią wielkość ziarna, zidentyfikowane struktur sedymentacyjne, barwy osadów i inne istotne cechy zaobserwowane w skale (fig. 3–5).

### OTWÓR WIERTNICZY CIECHOCINEK IG 3 (FIG. 3)

**Próbki numer 9 i 10** (marsz rdzeniowy 450,0–455,0 m) – berias górny, ogniwo kajetanowskie. Najniższą część profilowanego odcinka sukcesji kredy dolnej reprezentują wapienie



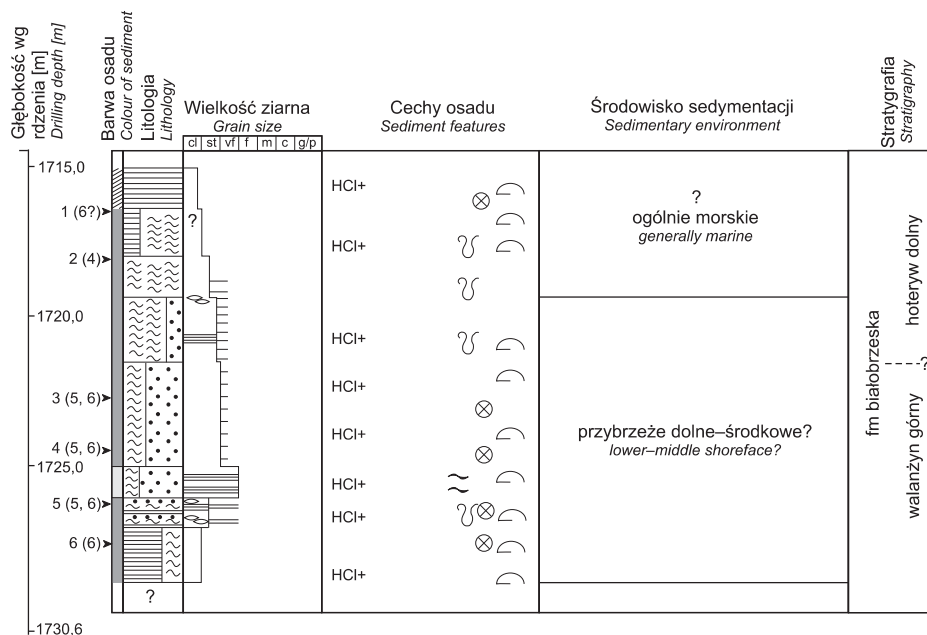


Fig. 4. Profil sedymentologiczny otworu wiertniczego Mszczonów IG 1

Objaśnienia na figurze 3

Sedimentological log of the Mszczonów IG 1 borehole

For explanations see Figure 3

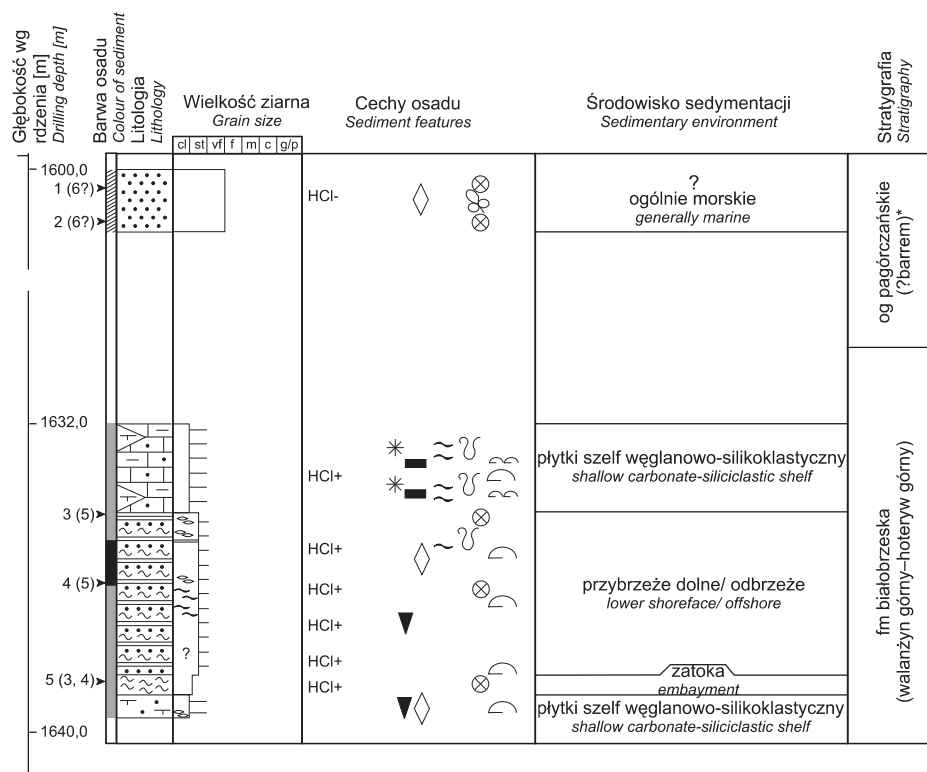


Fig. 5. Profil sedymentologiczny otworu wiertniczego Korabiewice FIG 1

\*Apt-alb (formacja mogileńska) wg Dziadzio i in. (2004); pozostałe objaśnienia na figurze 3

Sedimentological log of the Korabiewice FIG 1 borehole

\*Aptian-Albian (Mogilno Formation) after Dziadzio *et al.* (2004); for other explanations see Figure 3



piaszczyste deponowane na płytkim szelfie węglanowoklastycznym (*carbonate-siliciclastic shelf*). Są to skały twarde, szare i szarobrazowe ze szczątkami małżów i otwornicami.

Na wapieniach leżą bardzo drobnoziarniste piaskowce, przechodzące miejscami w mułowce. Zawierają faunę małżową i zlepy muszlowe (fig. 6A). Obserwuje się warstwowanie i laminacje smużyste, faliste i przekątne płaskie.

W spektrum palinologicznym (próbka nr 10, głęb. 451,1 m) dominują małe, czarne i jasnobrazowoczarne, bezstrukturalne i przezroczyste fragmenty materii organicznej. Nielicznie występują miospory, otwornice, Dinoflagellata i tetrazy. Zmienne strukturalnie, liczne i zróżnicowane spektrum z wyraźną korozją składników może sugerować obszar oddziaływania czynników dynamicznych w środowisku morskim (prądów morskich) w strefie położonej w pobliżu ujścia rzeki (prodelta?). Cechy sedymentologiczne i spektrum palinologiczne sugerują przybrzeże dolne-środkowe, ale raczej wykluczają środowisko o wysokiej energii falowania. Należy podkreślić, że obecność tetrad na ogół sugeruje bliskość linii brzegowej lub nawet środowisko lądowe. Może również łączyć się z tzw. inwersją palinofacjalną typu 3 (por. Pieńkowski, Waksmundzka, 2009), która polega na wynoszeniu materiału lądowego w głąb morza przez sztormowe prądy rozrywające (*rip currents*).

Wyżej w profilu (próbka nr 9, głęb. 450,4 m) spektrum jest również zróżnicowane. Występują pojedyncze, luźno rozmieszczone strukturalne i bezstrukturalne elementy materii organicznej, miospory są nieliczne. Nie stwierdzono obecności Dinoflagellata. Spektrum wskazuje na strefę przybrzeża otwartego zbiornika morskiego przy obecności falowania i prądów. W tym odcinku profilu można przypuszczać, że nastąpiło przejście trendu regresywnego w transgresywny. Przypuszczalnie są to utwory środowiska przybrzeża dolnego-środkowego na pograniczu z odrzeżem (palinofacie typu 6 – Pieńkowski, Waksmundzka, 2009).

Frekwencja palinomorf:

Pr. nr 10 – spory: 12, 13, 14; ziarna pyłku: 10, 7, 12.

Pr. nr 9 – spory: 5, 4, 2; ziarna pyłku: 4, 1, 2.

**Próbki numer 7 i 8** (marsz rdzeniowy 425,0–429,0 m) – walanżyn dolny, ogniwo z Opoczek. Odcinek ten reprezentują szaropopielate ilowce/mułowce i pyłowce z udziałem materiału piaszczystego. Licznie występuje spirytyzowana sieczka roślinna. Nielicznie występują bioturbacja osadu, detrytus fauny oraz otwornice. Obserwuje się warstwowanie poziome i prawdopodobnie soczewkowe.

Spektrum palinologiczne w próbce nr 8 (głęb. 427,1 m) jest wyraźne, bardzo liczne i zróżnicowane. Występuje duża ilość spor i nieco mniejsza ilość ziaren pyłków. Obserwuje się skorodowane Dinoflagellata, liczne fragmenty jasnej i przezroczystej strukturalnej oraz bezstrukturalnej materii organicznej. Morfologia spor i jasna barwa sugeruje utlenienie. Silna korozja miospor i przewaga spor dodatkowo może sugerować silniejsze czynniki dynamiczne w basenie sedymentacyjnym.

W próbce nr 7 (głęb. 425,2 m) spektrum jest również bogate i zróżnicowane. Występuje duża ilość spor i mniejsza ilość ziaren pyłków. Pojedyncze, skorodowane Dinoflagellata

oraz podobieństwo do spektrum z próbki nr 8 sugerują kontynuację wyżej scharakteryzowanego środowiska.

Cechy sedymentologiczne i spektrum palinologiczne pozwalają przypuszczać, że skały te reprezentują środowisko przybrzeża dolnego-środkowego na pograniczu z odrzeżem, z udziałem falowania/prądów morskich (palinofacie typu 6 – Pieńkowski, Waksmundzka, 2009).

Frekwencja palinomorf:

Pr. nr 8 – spory: 85, 46, 34; ziarna pyłku: 27, 13, 15.

Pr. nr 7 – spory: 92, 62, 65; ziarna pyłku: 16, 20, 33.

**Próbki numer 5 i 6** (marsz rdzeniowy 380,0–386,0 m) – walanżyn dolny, formacja bodzanowska. W tym odcinku występują ciemnoszarobrazowe ilowce/mułowce i pyłowce o pokroju łupkowym. Obserwuje się warstwowanie równoległe poziome i soczewkowe. W partii spagowej pojawia się także warstwowanie smużyste brązowym piaskowcem drobnoziarnistym. Nieliczne są bioturbacja i uwęglony detrytus roślinny (fitoklasty).

Spektrum palinologiczne charakteryzuje się wysoką frekwencją miospor z przewagą spor (średnio 170), jest dużo ziaren pyłków. Elementy strukturalnej i bezstrukturalnej materii organicznej są niewielkich rozmiarów i zmiennej barwy, od przezroczystej poprzez żółtą do czarnej. Materiał jest silnie utleniony. Występują pojedyncze, skorodowane Dinoflagellata. Spektrum palinologiczne jest gęste ze względu na dużą ilość bezstrukturalnej materii organicznej i fitoklastów (fig. 7A–D) ze składnikami o zmiennej barwie. Tak wyjątkowo gęste i zróżnicowane spektrum palinologiczne w obu próbkach (głęb. 380,3 i 383,2 m) może sugerować środowisko zatok z przejściem do lagun (palinofacie typu 3 – Pieńkowski, Waksmundzka, 2009). Potwierdzają to cechy sedymentologiczne i ogólne ramy basenu sedymentacyjnego. Pojedyncze, skorodowane Dinoflagellata przy dużej ilości spor i głównie przezroczystym STOM pozwalają interpretować również ten odcinek profilu jako inwersję palinofacjalną typu 3, związaną z procesami sztormowymi (Pieńkowski, Waksmundzka, 2009).

Frekwencja palinomorf:

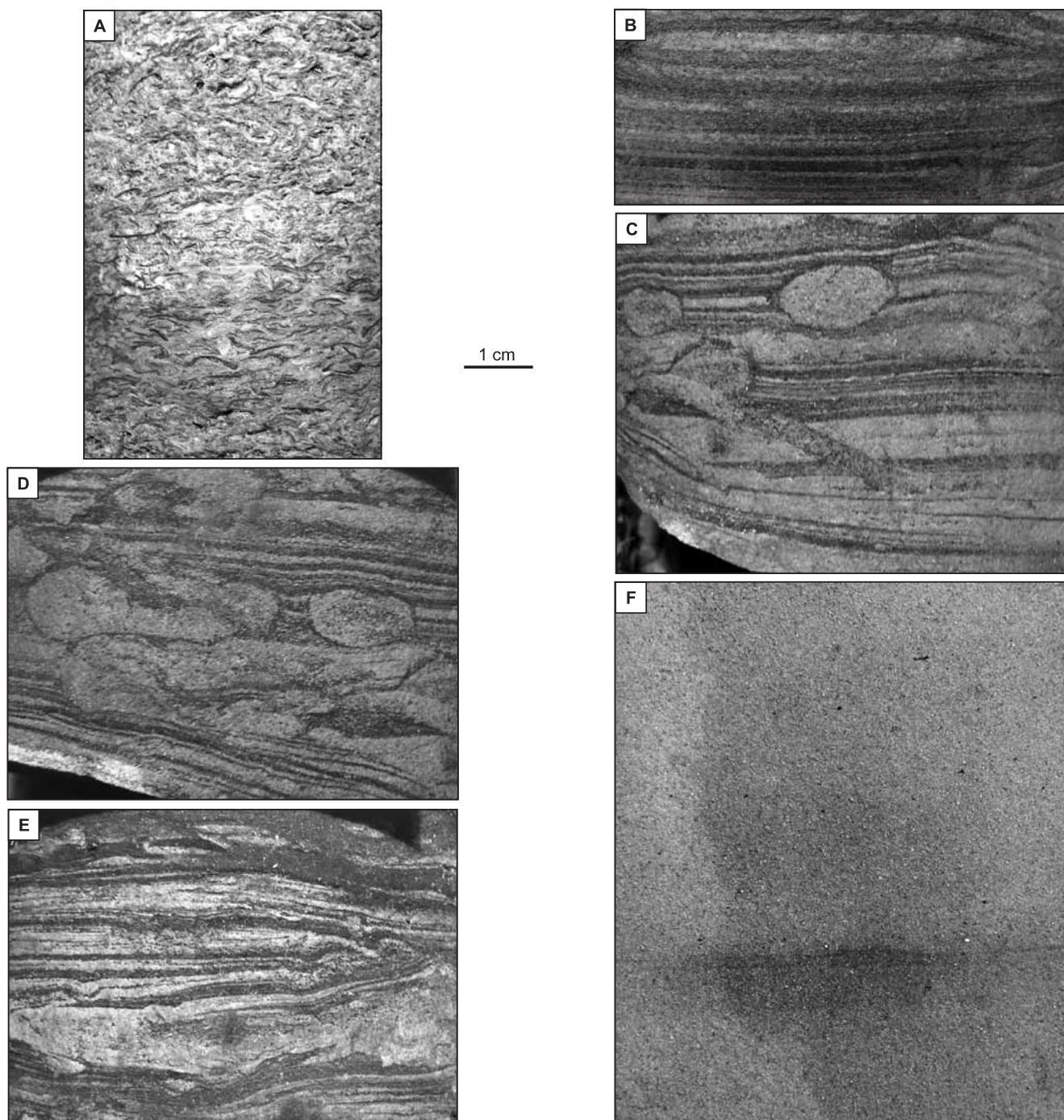
Pr. nr 6 – spory: 266, 179, 108; ziarna pyłku: 72, 79, 140.

Pr. nr 5 – spory: 300, 229, 254; ziarna pyłku: 124, 127, 66.

**Próbki numer 3 i 4** (marsz rdzeniowy 330,0–336,0 m) – walanżyn dolny, formacja bodzanowska. W tym odcinku profilu występują piaskowce kwarcowe drobnoziarniste brązowoszare ze śladami laminacji przekątnej. Sporadycznie występuje detrytus roślinny. W spagowej części występuje 0,3 m warstwa piasku kwarcowego węglistego z przerostami syderytów i przepelnionego sieczką roślinną.

Spektrum palinologiczne próbek numer 3 i 4 (głęb. 330,2 i 332,9 m) jest bardzo nieliczne. Elementy są na ogół przezroczyste i luźno ułożone. Niską frekwencję wykazują bezbarwne fragmenty strukturalnej materii organicznej, natomiast bardzo małe fragmenty czarnej bezstrukturalnej materii organicznej występują liczniej. Miospory są nieliczne, pojawiają się pojedyncze Dinoflagellata.

Wymienione cechy sugerują zbiornik typowo morski (palinofacie typu 6 – Pieńkowski, Waksmundzka, 2009), strefę znacznie oddaloną od lądu. Sugerowanym środowi-



**Fig. 6. Fotografie struktur sedimentacyjnych**

**A** – wapień piaszczysto muszlowcowy (zawierający zlepy muszlowe), otwór wiertniczy Ciechocinek IG 3, głęb. 450,0 +3,6 m; **B** – heterolity iłowcowo-mułowcowo-piaszczyste z laminacją poziomą oraz soczewkową, otwór wiertniczy Mszczonów IG 1, głęb. 1715,0 +11,3 m; **C** – heterolity piaszczysto-mułowcowe z laminacją poziomą i silną bioturbacją osadu i skamieniałościami śladowymi fodinichnia (*?Astrosoma* isp., *?Planolites* isp., *?Rhizocorallium* isp.), otwór wiertniczy Mszczonów IG 1, głęb. 1715,0 +11,15 m; **D** – heterolity piaszczysto-mułowcowe z laminacją poziomą i silną bioturbacją osadu z *?Astrosoma* isp., otwór wiertniczy Mszczonów IG 1, głęb. 1715,0 +11,05 m; **E** – heterolity iłowcowo-mułowcowo-piaszczyste z laminacją poziomą zaburzoną bioturbacją, otwór wiertniczy Korabiewice PIG 1, głęb. 1632,0 +3,2 m; **F** – piaskowiec kwarcowy drobno- i bardzo drobnoziarnisty bez wyraźnych struktur sedimentacyjnych, widoczna pojedyncza lamina materiału ilastego, otwór wiertniczy Korabiewice PIG 1, głęb. 1600,0 +1,3 m

Photographs of sedimentary structures

**A** – sandy coquina limestone, Ciechocinek IG 3 borehole, depth 450.0 +3.6 m; **B** – claystone-mudstone-sandstone heterolith with horizontal and lenticular lamination, Mszczonów IG 1 borehole, depth 1715.0 +11.3 m; **C** – sandstone-mudstone heterolith with horizontal lamination and strong bioturbation of fodinichnia trace fossils (*?Astrosoma* isp., *?Planolites* isp., *?Rhizocorallium* isp.), Mszczonów IG 1 borehole, depth 1715.0 +11.15 m; **D** – sandstone-mudstone heterolith with horizontal lamination and strong bioturbation (*?Astrosoma* isp.), Mszczonów IG 1 borehole, depth 1715.0 +11.05 m; **E** – claystone-mudstone-sandstone heterolith with horizontal lamination disturbed by bioturbation, Korabiewice PIG 1 borehole, depth 1632.0 +3.2 m; **F** – fine- and very fine-grained quartz sandstone with no clear sedimentary structures, a single clayey laminae is visible, Korabiewice PIG 1 borehole, depth 1600.0 +1.3 m



skiem sedymentacji tych utworów jest przybrzeże dolne-środkowe (ewentualnie odrbrzeże?), jednak zbyt mały asortyment cech sedymentologicznych nie pozwala na jednoznaczna interpretację. Wyraźną różnicę pomiędzy spektrami próbek 5/6 i 3/4 ilustruje figura 7A–G.

Frekwencja palinomorf:

Pr. nr 3 – spory: 6, 7; ziarna pyłku: 8, 3.

Pr. nr 4 – palinomorf brak

**Próbki numer 1 i 2** (marsz rdzeniowy 286,0–290,0 m) – hoteryw dolny, ogniwo gniewkowskie. W profilu odcinek ten reprezentują szare iłowce/ mułowce i pyłowce z niewielkim udziałem materiału piaszczystego o różnej wielkości ziaren, z licznym spirytyzowanym detrytusem roślin. Występują także przerosty sydereytyczne ze żwirkiem kwarcowym.

W materiale palinologicznym (fig. 7H) próbki nr 2 (głęb. 288,1 m) stwierdzono obecność miospor. Spektrum jest zróżnicowane, są liczne fragmenty strukturalnej i bezstrukturalnej materii organicznej o znacznej wielkości.

W próbce nr 1 (głęb. 286,7 m) spektrum jest bardzo zróżnicowane (fig. 7I). Liczne są miospory z przewagą spor oraz zmiennej wielkości fragmenty strukturalnej i bezstrukturalnej materii organicznej. Bezstrukturalna materia organiczna jest zmienna w barwie. Taki materiał palinologiczny w obu badanych próbkach może sugerować istnienie zatok morskich z przejściem do lagun (palinofacje typu 3 i 4 – Pieńkowski, Waksmundzka, 2009).

Frekwencja palinomorf:

Pr. nr 2 – spory: 63, 63, 76; ziarna pyłku: 14, 16, 11.

Pr. nr 1 – spory: 158, 81, 101; ziarna pyłku: 78, 53, 46.

#### OTWÓR WIERTNICZY MSZCZONÓW IG 1 (FIG. 4)

Marsz rdzeniowy 1715,0–1730,6 m – walanżyn górny-hoteryw dolny, formacja białobrzaska. Granica między walanżnym a hoterywem wg pomiarów geofizycznych znajduje się na głębokości 1720,5 m.

**Próbka numer 6** (głęb. 1727,6 m). Najniższą część profilowanego odcinka sukcesji kredy dolnej reprezentują iłowce i mułowce, lekko wapniste, ciemnoszare z detrytusem drobnych małżów. Nie występują wyraźne struktury sedymentacyjne.

Spektrum palinologiczne jest gęste i zróżnicowane. Występują pojedyncze, skorodowane Dinoflagellata i małe fragmenty bezstrukturalnej materii organicznej. Obserwuje się zdecydowaną przewagę strukturalnych elementów typu tkanki i ziarna pyłku, skorodowanych morfologicznie korozją chemiczną (silne utlenienie) – palinofacja typu 6 (Pieńkowski, Waksmundzka, 2009). Interpretowanym środowiskiem sedymentacji jest prawdopodobnie przybrzeże dolne-środkowe, niewykluczone, że mamy tu do czynienia także z maksimum transgresji.

Frekwencja palinomorf:

Pr. nr 6 – spory: 33, 30, 36; ziarna pyłku: 11, 8, 0.

**Próbka numer 5** (głęb. 1726,2 m). Ponad iłowcami i mułowcami występują heterolity iłowcowo-mułowcowo-piaszczyste z detrytusem małżów, bioturbacją i laminacją poziomą oraz soczewkową (fig. 6B).

Spektrum palinologiczne jest podobne do spektrum palinologicznego próbki nr 6, występuje duża zmienność składników. Znaczna korozja poszczególnych elementów sugeruje zbiornik morski oddalony nieco od lądu. Interpretowanym środowiskiem depozycji tych osadów jest przybrzeże dolne-środkowe (palinofacja typu 5 i 6 – Pieńkowski, Waksmundzka, 2009). Występujące heterolity z laminacją soczewkową mogą odzwierciedlać silne sztormy.

Frekwencja palinomorf:

Pr. nr 5 – spory: 24, 38, 43; ziarna pyłku: 22, 41, 18.

Podobne środowisko sedymentacji jest sugerowane także dla wyżej leżących utworów. W niższej części są one reprezentowane przez bardzo drobno- i drobnoziarniste piaszczyste mułowcowe, wapniste, szare i jasnoszare, przeważnie przez heterolity piaszczysto-mułowcowe. Miejscami występują pozioma laminacja ciemnoszarą substancją ilastą, detrytus muszli małżów oraz silna bioturbacja osadu. Zidentyfikowano ślady żerowania organizmów (np. Bann i in., 2004) (fodinichnia: ?*Asterosoma* isp., ?*Planolites* isp., ?*Rhizocorallium* isp. – fig. 6C, D), wskazujące na korzystne warunki życiowe w osadzie (odpowiednie natlenienie i dostępność składników odżywczych).

Wyżej (**próbki numer 3 i 4**) piaszczyste są wyraźnie mułowcowe. Nie widać wyraźnych struktur sedymentacyjnych, nie stwierdza się też bioturbacji. Miejscami występuje liczny detrytus skorup małżów.

Spektrum palinologiczne próbki nr 4 (głęb. 1724,5 m) jest zróżnicowane i składa się z niewielkich fragmentów bezstrukturalnej materii organicznej, mniej licznych bezbarwnych elementów materii organicznej i nieco większych fragmentów tkanek i śladów drewna. Występują pojedyncze, skorodowane Dinoflagellata, spory, ziarna pyłku i pojedyncze fragmenty otwornic. Zmienność składników, obecność otwornic (obok spor i skorodowanych Dinoflagellata), duża ilość przezroczystych fragmentów strukturalnej materii organicznej i nieprzezroczystych fragmentów drewna mogą sugerować znaczną energię środowiska.

W próbce nr 3 (głęb. 1722,8 m) spektrum jest mniej zróżnicowane. Występują małe i zmienne pod względem kształtu fragmenty bezbarwnej do ciemniejszej, żółtopomarańczowej i brązowej strukturalnej materii organicznej oraz fragmenty czarnej bezstrukturalnej materii organicznej (palinofacje typu 5 i 6 – Pieńkowski, Waksmundzka, 2009).

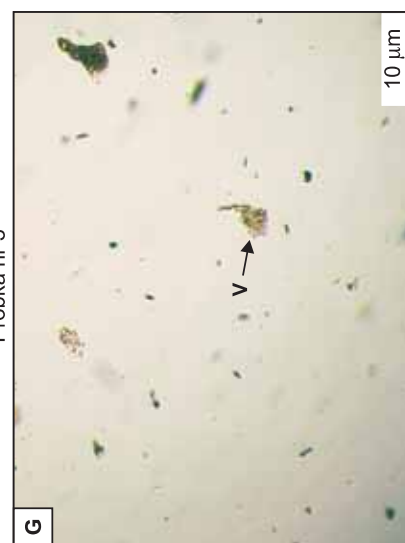
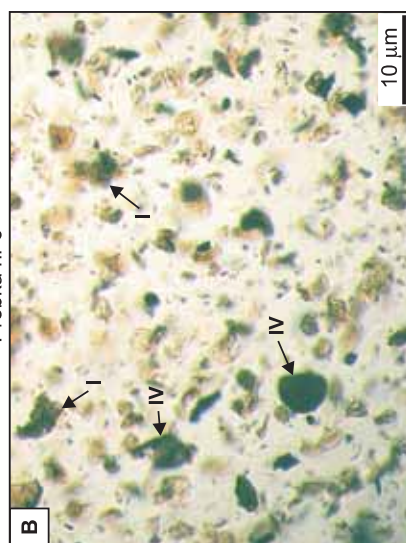
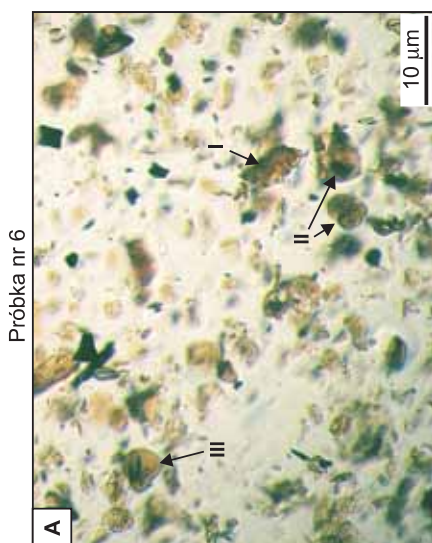
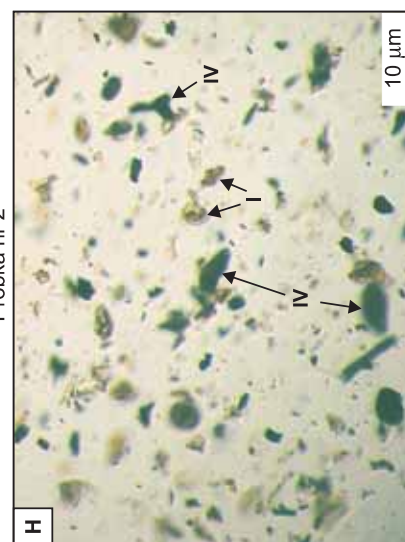
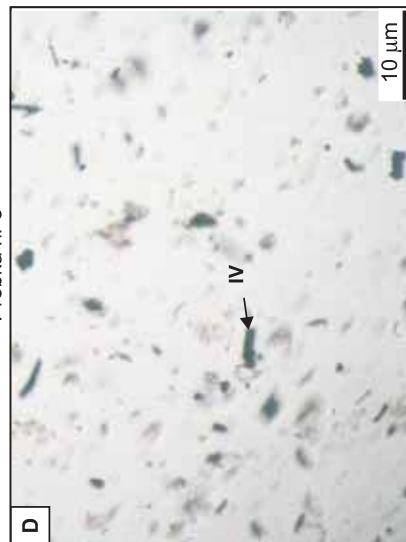
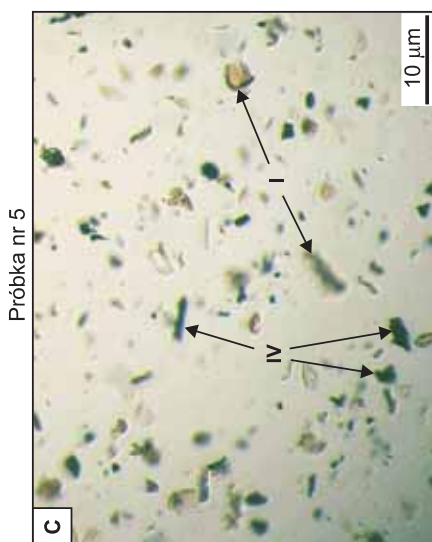
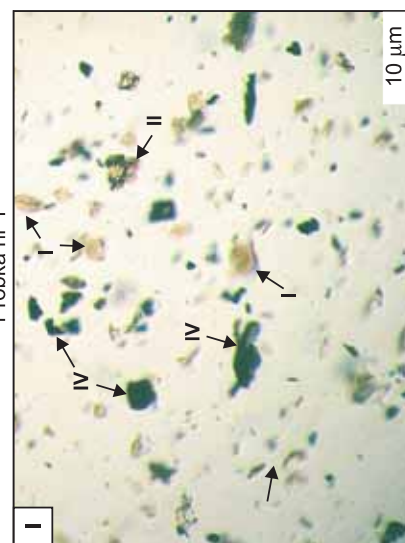
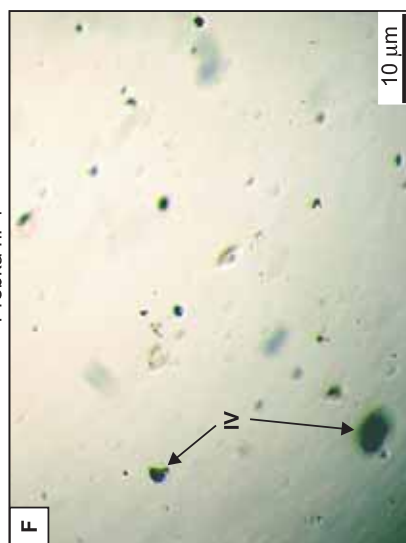
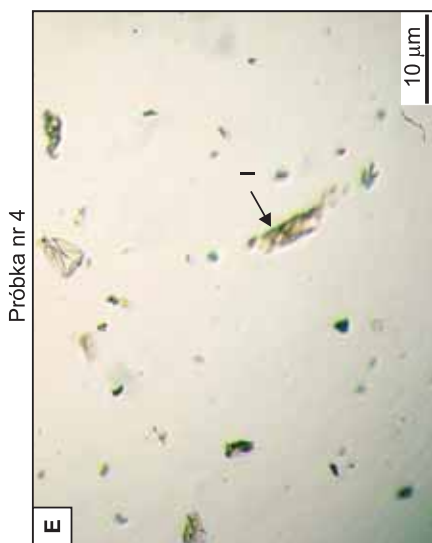
Frekwencja palinomorf:

Pr. nr 4 – spory: 8, 16; ziarna pyłku: 6, 8.

Pr. nr 3 – spory: 10, 8, 13; ziarna pyłku: 9, 11, 8.

Leżące wyżej ciemnoszare i szare wapniste mułowce wykazują w spągowej partii zapiaszczenie zanikające ku górze w profilu. Detrytus fauny oraz bioturbacja osadu występują licznie. Miejscami jest widoczna laminacja pozioma, a w stropowej części – warstwowanie soczewkowe (silne sztormy?). Prawdopodobne środowisko sedymentacji tych utworów to odrbrzeże.

**Próbki numer 1 i 2.** Utwory najwyższej części analizowanego interwału rdzeniowego to mułowce, ku stropowi coraz bardziej ilaste, w stropie iłowce. Nie stwierdza się tu wyraźnych struktur sedymentacyjnych, natomiast obserwuje



**Fig. 7. Przykłady palinofacji kredy dolnej z otworu wiertniczego Ciechocinek IG 3**

**A** – próbka nr 6, głęb. 383,2 m, palinofacja typu 3, zatoka/ laguna; **B** – próbka nr 6, głęb. 383,2 m, palinofacja typu 3, zatoka/ laguna; **C** – próbka nr 5, głęb. 380,3 m, palinofacja typu 4, zatoka/ laguna; **D** – próbka nr 5, głęb. 380,3 m, palinofacja typu 4, zatoka/ laguna; **E** – próbka nr 4, głęb. 332,9 m, palinofacja typu 6, przybrzeże dolne–środkowe (?odbrzeże); **F** – próbka nr 4, głęb. 332,9 m, palinofacja typu 6, przybrzeże dolne–środkowe (?odbrzeże); **G** – próbka nr 3, głęb. 330,2 m, palinofacja typu 6, przybrzeże dolne–środkowe (?odbrzeże); **H** – próbka nr 2, głęb. 288,1 m, palinofacja typu 4, zatoka/ laguna; **I** – próbka nr 1, głęb. 286,7 m, palinofacja typu 3, zatoka/ laguna; **I** – fragment STOM, **II** – ziarno pyłku, **III** – miospora, **IV** – fragment USTOM, **V** – fragment Dinoflagellata

#### Examples of palynofacies in the Lower Cretaceous of the Ciechocinek IG 3 borehole

**A** – sample No 6, depth 383.2 m, palynofacies type 3, embayment/ lagoon; **B** – sample No 6, depth 383.2 m, palynofacies type 3, embayment/ lagoon; **C** – sample No 5, depth 380.3 m, palynofacies type 4, embayment/ lagoon; **D** – sample No 5, depth 380.3 m, palynofacies type 4, embayment/ lagoon; **E** – sample No 4, depth 332.9 m, palynofacies type 6, lower–middle shoreface (?offshore); **F** – sample No 4, depth 332.9 m, palynofacies type 6, lower–middle shoreface (?offshore); **G** – sample No 3, depth 330.2 m, palynofacies type 6, lower–middle shoreface (?offshore); **H** – sample No 2, depth 288.1 m, palynofacies type 4, embayment/ lagoon; **I** – sample No 1, depth 286.7 m, palynofacies type 3, embayment/ lagoon; **I** – STOM fragment, **II** – pollen grain, **III** – miospore, **IV** – USTOM fragment, **V** – dinoflagellate fragment



się niezmiennie wapnistość skał. Występuje detrytus muszli małżów, ale bioturbacja osadu jest słabsza.

Spektrum palinologiczne próbki nr 2 (głęb. 1718,1 m) jest zróżnicowane. Liczne są skorodowane małe fragmenty bezstrukturalnej i strukturalnej materii organicznej barwy od białej do ciemnej i skorodowane otwornice. Ze względu na przewagę spor można sugerować środowisko przybrzeża bliższego lądu, ewentualnie środowisko ?zatoki (palinofacja typu 4 – Pieńkowski, Waksmundzka, 2009).

W próbce nr 1 (głęb. 1716,5 m) spektrum jest bardziej zróżnicowane. Liczne są małe fragmenty strukturalnej i bezstrukturalnej materii organicznej, co sugeruje płytkie przybrzeże bliższego lądu. Dodatkowo obecność małych Dinoflagellata, charakterystycznych dla głębszych basenów, i większych strukturalnych elementów spektrum (tkanki, większe fragmenty bezstrukturalnej materii organicznej) sugerują możliwość wystąpienia etapu transgresywnego.

Osady te były deponowane niewątpliwie w zbiorniku morskim, jednak dokładniejsze sprecyzowanie ich środowiska sedymentacji jest trudne ze względu na brak jednoznacznych wskaźników oraz materiał rdzeniowy jest już w znacznym stopniu zniszczony (przemieszane drobne okruchy).

Frekwencja palinomorf:

Pr. nr 2 – spory: 28, 19, 26; ziarna pyłku: 9, 5, 13.

Pr. nr 1 – spory: 18, 17, 28; ziarna pyłku: 8, 10, 8.

#### OTWÓR WIERTNICZY KORABIEWICE PIG 1 (FIG. 5)

**Próbki numer 3, 4 i 5** (marsz rdzeniowy 1632,0–1642,0 m) – walanżyn górny–hoteryw górny, formacja białobrzaska. Najniższą część profilowanego odcinka sukcesji kredy dolnej reprezentują margle ilasto-piaszczyste, ciemnoszare z muskowitem i sporadycznymi skupieniami pirytu. Liczna jest źle zachowana fauna małżów. W spągowej części prawdopodobnie występują ślady warstwowania soczewkowego. Osady te były deponowane na płytkim szelfie węglanowo-silikoklastycznym.

Powyżej (próbka nr 5, głęb. 1638,7 m) występuje warstwa ciemnoszarego mułowca marglistego, bez wyraźnych struktur sedymentacyjnych.

Spektrum palinologiczne jest bardzo zróżnicowane, są liczne większe fragmenty strukturalnej i bezstrukturalnej materii organicznej, czarne elementy bezstrukturalnej mate-

rii organicznej oraz elementy strukturalnej materii organicznej zmienne pod względem barwy, od jasnobrązowej do czarnej. Występują też pojedyncze, skorodowane Dinoflagellata i wyściółki skorupki otwornic. Materiał ten, występujący w bezstrukturalnych mułowcach, może sugerować strefę zatoki morskiej (palinofacje 3 i 4 – Pieńkowski, Waksmundzka, 2009).

Frekwencja palinomorf:

Pr. nr 5 – spory: 12, 16; ziarna pyłku: 9, 6.

Wyżej leżące utwory (próbki nr 3 i 4) są reprezentowane przez ciemnoszare do czarnych (partie ilaste) heterolity ilowcowo-mułowcowo-piaszczyste (fig. 6E). Widoczne są nieliczne skorupki małżów. Obserwuje się laminację smużystą i warstwowania soczewkowe.

Spektrum palinologiczne próbki nr 4 (głęb. 1636,1 m) jest rzadsze, w składzie zawiera, podobnie jak w poprzedniej próbce, głównie małe, niekiedy większe fragmenty strukturalnej i bezstrukturalnej materii organicznej. Występują także fragmenty bezbarwnej materii organicznej oraz Dinoflagellata. Otwornice są na ogół pokruszone mechanicznie.

Spektrum palinologiczne próbki nr 3 (głęb. 1634,6 m) jest średnio zróżnicowane, raczej luźne. Składa się głównie z bardzo niewielkich czarnych elementów bezstrukturalnej i strukturalnej materii organicznej oraz z małych zmiennych barwą, od bezbarwnych do ciemnobrązowych, elementów strukturalnej materii organicznej. Miospory i ziarna pyłku są nieliczne, Dinoflagellata występują pojedynczo i są mocniej skorodowane niż miospory. Wyraźnie są widoczne silnie utlenione *Staplinisporites caminus* i *Foveosporites pseudoalveolatus*.

Na podstawie analiz próbek numer 3 i 4 przypuszcza się, że zbiornik był bardziej oddalony od lądu, jednak w zasięgu sztormowej podstawy falowania, o znacznej turbulencji. Interpretowane środowisko sedymentacji tych skał to przybrzeże dolne, prawdopodobnie strefa bliska odbrzeżu (palinofacja typu 5 – Pieńkowski, Waksmundzka, 2009).

Frekwencja palinomorf:

Pr. nr 4 – spory: 28, 17; ziarna pyłku: 22, 12.

Pr. nr 3 – spory: 6, 9, 12; ziarna pyłku: 4, 14, 0.

Ponad heterolitami występują wapienie marglisto-piaszczyste i magle piaszczyste z glaukonitem, szare i ciemnoszare, twarde. Obserwuje się smugowanie ciemniejszą substancją ilastą. Występują skorupki małżów i czasem zlepy



muszlowcowo-sydereityczne. Stwierdza się też bioturbację osadu. Osady te były deponowane w strefie płytkiego szelfu węglanowo-silikoklastycznego.

**Próbki numer 1 i 2** (marsz rdzeniowy 1600,0–1606,0 m) – ?barrem, ogniwo pagórczańskie (wg Dziadzio i in., 2004, utwory te są wieku apt–alb). Z interwału pobrano 1,7 m rdzenia, częściowo rozsypliwego, w którym występują słabo zwięzłe, bezwapienne piaskowce kwarcowe drobno- i bardzo drobnoziarniste o spoiwie ilastym. Barwa jest jasnoszara z odcieniem brązowym. Widoczne są nieliczne fragmenty uwęglonego drewna. W badanym fragmencie rdzenia nie obserwuje się wyraźnych struktur sedymentacyjnych (fig. 6F).

Spektrum palinologiczne próbek nr 2 (głęb. 1601,4 m) zawiera głównie małe, czarne, luźno rozmieszczone elementy bezstrukturalnej materii organicznej (niekiedy elementy większe) oraz pojedyncze, małe fragmenty strukturalnej materii organicznej. Występują też śladowe ilości fragmentów Dinoflagellata.

Pod względem palinologicznym próbkę nr 1 (głęb. 1600,5 m) charakteryzuje bardzo mała ilość materiału po maceracji – wykonano 1 preparat. Obserwuje się małe, czarne, luźno rozmieszczone elementy bezstrukturalnej materii organicznej, niekiedy małe, skorodowane elementy strukturalnej materii organicznej oraz fragmenty skorodowanych morfologicznie Dinoflagellata. Obserwacje te potwierdzają interpretację, że osady były deponowane w środowisku zbiornika morskiego, być może bliskiego odbrzeżu. Precyzyjna interpretacja środowiska sedymentacji, poza stwierdzeniem morskiego charakteru osadów, na podstawie uzyskanych informacji jest niemożliwa. Najbardziej odpowiada morskiej palinofacji typu 6 (Pieńkowski, Waksmundzka, 2009).

Frekwencja palinomorf:

Pr. 2 – spory: 4, 3, 3; ziarna pyłku: 4, 3, 2.

Pr. 1 – spory: 8; ziarna pyłku: 15.

## PODSUMOWANIE BADAŃ

W spektrum palinologicznym z otworu wiertniczego Ciechocinek IG 3 (formacje rogoźniańska, bodzanowska i włocławska) stwierdzono wyjątkowo wysoką frekwencję spor i ziaren pyłku, w znacznej mierze skorodowanych. Ogólnie w spektrum zliczono 2245 okazów spor (67% spektrum) i 1046 okazów ziaren pyłku (33%). W Polsce dotychczas nigdzie w skałach kredy dolnej nie odnotowano tak dużych ilości okazów. Spektrum jest ponadto bardzo zmienne taksonomicznie i obok okazów typowo dolnokredowych oznaczono także redeponowane taksony starsze – jurajskie, występują również Dinoflagellata. Sytuacja paleogeograficzna strefy, w której zlokalizowano otwór Ciechocinek IG 3, jest specyficzna ze względu na występowanie na tym obszarze rozległej i okresowo aktywnej poduszki solnej Ciechocinka (Dadlez, 1998). Nałożenie się aktywności soli cechsztyńskich, aktywności tektonicznej w strefie skłonu platformy wschodnioeuropejskiej i zmian względnego poziomu morza mogło powodować znaczne zmiany w paleogeografii tego rejonu w czasie, a więc zmiany linii brzegowej. Okresowo wznosząca się strefa poduszki solnej mogła być przyczyną powstawania barier (płycizny, mierzeje, wyspy) odcinających przybrzeżne laguny od strefy osiowej zbiornika morskiego lub powodować powstawanie zatok morskich. W okresach transgresyjnych (wysokiego względnego poziomu morza) i podczas braku aktywności poduszki solnej mogły panować warunki typowo morskie z prądami morskimi i falowaniem.

Badania stratygraficzne i paleogeograficzne wskazują, że paleostruktury solne we wczesnej kredzie formowały się przede wszystkim na pograniczu wczesnego i późnego beriasu, w późnym walanżynie, na przełomie walanżynu i hoterywu, w barremie i we wczesnym albie (Marek, 1988, 1997b). Skutkowało to zmiennymi środowiskami sedymentacji. Materiał palinologiczny dostarczany z pobliskiego łądu mieszał się

z materiałem typowo morskim, a okresowo także z materiałem redeponowanym pochodzącym z rozmywania starszych, jurajskich skał.

Obszar Korabiewic i Mszczonowa (formacje białobrzaska i mogileńska) znajduje się po północno-wschodniej stronie osi basenu wczesnej kredy. Obok facji silikoklastycznych występują tu facje węglanowo-silikoklastyczne deponowane na płytkim szelfie (Korabiewice PIG 1 – formacja białobrzaska). Udział facji węglanowych mógł być spowodowany wpływem cieplejszych prądów morskich od strony basenu Tetydy (Marek, 1997b). Materiał palinologiczny z utworów silikoklastycznych na ogół odpowiada wyżej energetycznemu środowisku z okresami spokojniejszej sedymentacji. Materiał ten jest często przemieszany, ale luźniej rozmieszczony niż w typowym przypadku dla fazy transgresywnej, co może świadczyć o silnym falowaniu w płytkim basenie przybrzeża.

Ze względu na małą dostępność i często słabą jakość materiału rdzeniowego z kredy dolnej analizowane dane są fragmentaryczne. Jednakże fragmentaryczność i wrywkowość danych zarazem ukazuje duże zróżnicowanie spektrum palinologicznych i ich dużą zmienność, dowodząc wartości tych badań do interpretacji paleośrodowiska. Uwzględniając zmienność spektrum palinologicznych, należy mieć też na uwadze wiek skał. Zmienność zaznacza się zarówno w planie przestrzennym, jak i czasowym. Na tym samym obszarze w różnym czasie mogą pojawiać się różne środowiska sedymentacji z odmienną charakterystyką palinologiczną i palinofacjalną. Niewątpliwie jednak badania środowisk sedymentacyjnych i palinofacji w utworach kredy dolnej pozwalają pokazać możliwości dalszych interpretacji i ukierunkować przyszłe badania, podobnie jak w przypadku utworów jury dolnej (Pieńkowski, 2004; Pieńkowski, Waksmundzka, 2009).



## WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonych badań dokonano ogólnego rozpoznania środowisk sedymentacji i palinofacji w profilu pionowym kredy dolnej (w odniesieniu do litostratygrafii), przestrzennym w strefie marginalnej basenu z udziałem depozycji węglanowo-klastycznej oraz w strefie aktywnej poduszki solnej.

Wyniki badań ukazały znaczne zróżnicowanie spektrum palinologicznego zarówno w profilu pionowym poszczególnych otworów, jak i pomiędzy poszczególnymi obszarami badań (od bardzo nielicznego i mało urozmaiconego po bardzo gęste, a nawet niezwykle obfite – otwór wiertniczy Cieclocinek IG 3 i urozmaicone).

Na podstawie analizowanego materiału i w nawiązaniu do rozpoznanego w próbkach spektrum palinologicznego w profilu kredy dolnej wyróżniono następujące środowiska: odbrzeża, przybrzeża dolnego-środkowego, płytkiej zatoki morskiej, laguny oraz płytkiego szelfu węglanowo-klastycznego. W przypadku braku cech diagnostycznych do dokładnego zdefiniowania środowiska sedymentacji określono je jako ogólnie morskie. Na podstawie systematyki palinofacjalnej wg Pieńkowskiego i Waksmundzkiej (2009) zdefiniowano zależności pomiędzy środowiskiem sedymentacji a charakterystyką palinofacjalną spektrum palinologicznego.

Zaobserwowane prawidłowości i znaczna przydatność badań palinofacjalnych do określenia środowisk sedymentacyjnych i procesów zachodzących w basenach z depozycją silikoklastyków zachęcają do dalszych badań tego typu w kredzie dolnej. Proponuje się w przyszłości kontynuację rozpoznania palinofacji zarówno w strefie depozycji węglanowo-silikoklastycznej południowej części niecki płockiej i obszaru położonego dalej na południowy wschód, jak i prowadzenie badań w północno-zachodniej Polsce (niecka szczecińska, strefa tektoniczna Człopy–Szamotuł, północno-zachodnia część niecki mogileńskiej). Dalszych badań wymagają przede wszystkim utwory formacji mogileńskiej i rogoźniańskiej, a także przypuszczalne utwory środowisk bagiennie-jeziornych formacji bodzanowskiej w północno-zachodniej Polsce.

**Podziękowania.** Autorzy pragną wyrazić podziękowania prof. Grzegorzowi Pieńkowskiemu zarówno za konsultacje w zakresie sedymentologii i systematyki palinofacjalnej, jak i za wnikliwą recenzję pracy oraz dr Annie Feldman-Olszewskiej za uwagi dotyczące skamieniałości śladowych. Specjalne podziękowania kierujemy do mgr Izy Matejko za wykonanie maceracji próbek skalnych.

## LITERATURA

- BANN K., FIELDING C.R., MacEACHERN J.A., TYE S.C., 2004 — Differentiation of estuarine and offshore marine deposits using integrated ichnology and sedimentology: Permian Pebbly Beach Formation, Sydney Basin, Australia. *W: The application of ichnology to palaeoenvironmental and stratigraphic analysis* (red. D. McIlroy). *Geol. Soc. Spec. Publ., London.*, **228**: 179–210.
- BATTEN D.J., 1996 — Palynofacies. *W: Palynology: principles and applications* (red. J. Jansonius i in.). *Am. Ass. Strat. Palynol.*, **3**: 1000–1065.
- DADLEZ R., 1994 — Strike-slip movements in the Polish Lowlands. *Kwart. Geol.*, **38**, 2: 307–318
- DADLEZ R. (red.), 1998 — Mapa tektoniczna kompleksu cech-szytyńsko-mezozoicznego na Niżu Polskim, skala 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DADLEZ J., DADLEZ R., 1987 — Facje neokomu między Mogilnem a Kołem. *Kwart. Geol.*, **31**, 4: 695–724.
- DZIADZIO P.S., GAŹDZICKA E., PLOCH E., SMOLEŃ J., 2004 — Biostratigraphy and sequence stratigraphy of the Lower Cretaceous in central and SE Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, **74**: 125–196.
- FIJAŁKOWSKA A., 1994 — Palynostratigraphy of the Lower and Middle Buntsandstein in northwestern part of the Holy Cross Mts. *Geol. Quart.*, **38**, 1: 59–96.
- GALLOWAY W.E., HOBDAK D.K., 1996 — Terrigenous clastic depositional systems. Springer-Verlag, Berlin.
- GRADZIŃSKI R., KOSTECKA A., RADOMSKI A., UNRUG R., 1986 — Zarys sedymentologii. Wyd. Geol., Warszawa.
- LESZCZYŃSKI K., WAKSMUNDZKA M., 2008 — Środowiska sedymentacji i palinofacie kredy dolnej w kilku otworach wiertniczych centralnej Polski. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **432**: 99–122.
- MAREK S., 1988 — Paleomiąższości, litofacje i paleotektonika epikontynentalnej kredy dolnej w Polsce. *Kwart. Geol.*, **32**, 1: 157–174.
- MAREK S., 1997a — Kreda dolna (berias–alb górny). Formalne i nieformalne jednostki litostrygraficzne. *W: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce* (red. S. Marek, M. Pajchłowa). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **153**: 351–360.
- MAREK S., 1997b — Kreda dolna (berias–alb górny). Sedymentacja, paleogeografia i paleotektonika. *W: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce* (red. S. Marek, M. Pajchłowa). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **153**: 362–366.
- PIEŃKOWSKI G., 1983 — Środowiska sedymentacyjne dolnego liasu północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, **31**, 4: 223–231.
- PIEŃKOWSKI G., 1997 — Sedymentologia i stratygrafia sekwencyjna na podstawie wybranych profilów. *W: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce* (red. S. Marek, M. Pajchłowa). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **153**: 217–235.
- PIEŃKOWSKI G., 2004 — The epicontinental Lower Jurassic of Poland. *Pol. Geol. Inst. Sp. Papers*, **12**.
- PIEŃKOWSKI G., NIEDŹWIEDZKI G., WAKSMUNDZKA M., 2012 — Sedimentological, palynological and geochemical studies of the terrestrial Triassic–Jurassic boundary in northwestern Poland. *Geol. Magazine*, **149**: 308–332.

- PIEŃKOWSKI G., WAKSMUNDZKA M., 2002 — Spektra palinologiczne środowisk sedymentacyjnych jury dolnej w Polsce. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- PIEŃKOWSKI G., WAKSMUNDZKA M., 2009 — Palynofacies in Lower Jurassic epicontinental deposits of Poland: tool to interpret sedimentary environments. *Episodes*, **32**: 21–32.
- TYSON R.V., 1993 — Palynofacies analysis. *W: Applied micropalaeontology* (red. D.J. Jenkins): 153–191. Kluwer, Dordrecht.
- WAGNER R. (red.), 2008 — Tabela Stratygraficzna Polski. Polska Pozakarpacka. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

## SUMMARY

Based on lithological and sedimentological logging and palynological analysis, sedimentary environments and corresponding palynofacies were identified in the Lower Cretaceous of the Ciechocinek IG 3, Mszczonów IG 1 and Korabiewice PIG 1 boreholes (Figs 1, 2). A thorough analysis of the palynological spectrum was performed, determining the ratio between the amount of palynomorphs and the total of plankton, the amount of phytoclasts in the total kerogen, and the content of organic matter. Palynofacies were studied according to a template proposed by Pieńkowski and Waksmundzka (2009). Palynological data were correlated with sedimentological, lithofacies and paleogeographical data. The research resulted in a general recognition of sedimentary environments and palynofacies in the carbonate-clastic deposition zone and in the zone of an active salt pillow.

The most interesting area is the Ciechocinek region. Palynological spectrum of the Ciechocinek IG 3 borehole (Rogoźno Formation, Bodzanowo Formation and Włocławek Formation) shows an extremely high frequency of spores and pollen grains, mostly corroded. The total frequency is 2245 spore specimens (67% of the whole spectrum) and 1046 pollen grain specimens (33%). Such huge amounts are unusual in the Lower Cretaceous of Poland. Moreover, the spectrum is highly variable with the presence of Dinoflagellata. The following sedimentary environments were identified in the Lower Cretaceous section of Ciechocinek IG 3 (Fig. 3): shallow siliciclastic and carbonate-siliciclastic shelf (offshore – palynofacies type 6 according to Pieńkowski and Waksmundzka, 2009), lower–middle shoreface (palynofacies type 4 and 5), shallow marine embayment and lagoon (palynofacies type 3). Palynofacies inversion type 3 (Pieńkowski, Waksmundzka, 2009) associated with strong storms (rip currents) were identified in several samples from marine deposits. The palaeogeographic setting of this region is specific due to the occurrence of a vast and periodically active salt pillow of Ciechocinek. The combination of halokinetic processes of Zechstein salts, tectonic activity within the zone of East European Platform slope, and eustatic sea-level changes could result in considerable changes in the palaeogeography of the region in time, and consequently – in shoreline migration. The periodically

rising salt pillow zone could either give rise to the formation of barriers (shoals, spits or islands), separating nearshore lagoons from the axial zone of the marine basin, or result in the development of shallow-marine embayments. During the periods of eustatic sea-level rise and the lack of halokinetic activity, normal marine conditions prevailed with wave and current action. All these processes resulted in varying sedimentary environments. Palynological material was derived to those environments from nearby land and was mixed with that transported from offshore areas.

The region of Korabiewice PIG 1 and Mszczonów IG 1 (Białobrzegi Formation, Mogilno Formation) is located to the NE of the Early Cretaceous basin axis. In addition to siliciclastic facies, there are also carbonate-siliciclastic deposits in this area, which accumulated in a relatively quiescence environment of a shallow epicontinental shelf. Palynological material from the siliciclastic deposits suggests a generally higher-energy environment with intervening low-energy periods. The material is often mixed, but more loosely distributed than in the typical case of a transgressive phase, which can indicate strong wave action in a shallow nearshore environment (palynofacies inversion type 3). The following sedimentary environments were identified in the Lower Cretaceous section: Mszczonów IG 1 – lower–middle shoreface; Korabiewice PIG 1 (Fig. 5) – shallow carbonate-siliciclastic shelf, lower–middle shoreface and offshore. In case of the absence of diagnostic features for exact determination of sedimentary environments, the environments were defined as generally marine. Some of sedimentary structures identified in the analysed drill cores are illustrated in Fig. 6. The differences between the palynological spectra from embayment/ lagoonal (“dense” spectrum) and lower–middle shoreface/ ?offshore (sparse spectrum) sedimentary environments are clearly shown in Fig. 7.

Because of scarcity of high quality and continuous drill core material from Lower Cretaceous deposits, one should realize that the data on sedimentary environments are fragmentary. However, this fragmentariness reveals a considerable diversity of palynological spectra and their high vertical variability, indicating their significance for palaeoenvironmental interpretations, as was indicated earlier for Jurassic environments (Pieńkowski, Waksmundzka, 2009).