



WYKSZTAŁCENIE, STRATYGRAFIA I ŚRODOWISKA DEPOZYCJI UTWORÓW POGRANICZA BADENU I SARMATU Z SW OTOCZENIA GÓR ŚWIĘTOKRZYSKICH – PROFILE OTWORÓW BADAWCZYCH BUSKO (MŁYNY) PIG-1 I KAZIMIERZA WIELKA (DONOSY) PIG-1

CHARACTERISTICS, STRATIGRAPHY AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS OF THE BADENIAN–SARMATIAN TRANSITION DEPOSITS FROM THE SW MARGIN OF THE HOLY CROSS MOUNTAINS – THE PROFILES OF THE BUSKO (MŁYNY) PIG-1 AND KAZIMIERZA WIELKA (DONOSY) PIG-1 BOREHOLES

GRZEGORZ CZAPOWSKI¹, ANDRZEJ GAŚIEWICZ¹

Abstrakt. Badania sedymentologiczne i petrograficzne rdzeni z dwóch badawczych otworów wiertniczych, wykonanych przez Państwowy Instytut Geologiczny w latach 2009–2010 w północnej części zapadliska przedkarpackiego, powiązane z wynikami analiz paleontologicznych, geochemiczno-petrograficznych, izotopowych, mineralogicznych i paleomagnetycznych, pozwoliły przedstawić charakterystykę wykształcenia, warunków i historii depozycji przewierconych utworów z pogranicza badenu i sarmatu. Badeńsko-sarmacki kompleks osadów klastycznych jest litologicznie monotony i głównie złożony z mułowców, ilowców i margli. Przejście między utworami badenu a sarmatu jest sedymentacyjnie ciągłe, bez widocznej zmiany litologicznej. Profile tych utworów reprezentują odpowiednio strefę bliższą brzegowi basenu sedymentacyjnego (profil otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1²) i otwarty zbiornik morski (profil otworu wiertniczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1). Zarejestrowano, przy braku zmian w charakterze osadów, wyraźne zmiany geochemiczne w środowisku depozycji znacznie później w profilu otworu wiertniczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 (w profilu otworu Busko (Młyny) PIG-1 nieco wcześniej) niż zmiany zespołów mikrofaunistycznych (otwornice). Pojawienie się nowych zespołów faunistycznych (małży i nanoplanktonu), wiązanych z zalewem sarmackim, nastąpiło ogólnie wcześniej niż obserwowana zmiana geochemiczna osadów. Zmiana ta miała miejsce w warunkach otwartego głębokiego zbiornika morskiego ze spokojną depozycją z zawiesiny, przed epizodami aktywnej działalności prądów zawieszinowych. W obu profilach geologicznych dwie wkładki tufitowe są regionalnymi poziomami korelacyjnymi. Wyżej położona wkładka występuje ponad stwierdzoną w profilu otworu Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 zmianą polarności magnetycznej z normalnej (C5AAn) na odwróconą (C5Ar.3r), której wiek określono na 12,8 ± 0,1 Ma.

Słowa kluczowe: granica baden–sarmat, miocen, zapadlisko przedkarpackie, Polska.

Abstract. Results of sedimentological and petrological studies of drill cores from two boreholes drilled in the northern part of the Carpathian Foredeep by the Polish Geological Institute in 2009–2010, accompanied by the complex palaeontological, geochemical-petrographic, isotopic, mineralogical and palaeomagnetic analyses have enabled to characterize the development and depositional history of the Upper Neogene deposits. The Upper Neogene series consists of monotonous clastics (mainly siltstones, claystones and marls) of Upper Badenian and Lower Sarmatian age. The Badenian–Sarmatian transition is a continuous succession without any lithological expression. The well sections represent the more nearshore (Busko (Młyny) PIG-1) and the more offshore (Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1) zones of the Neogene marine basin of the Carpathian Foredeep. A distinct geochemistry change is recorded later in the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 section than in the Busko (Młyny) PIG-1 section, there it took place a little bit earlier than the noticed change in the foraminiferal assemblages from the Badenian to the Sarmatian type. Anyway, the new fauna (bivalves and nannoplankton), associated with the Sarmatian transgression, occurred in the sections earlier than the general geochemical transformation of the basin. All observed faunal and geochemical changes took place in a deep-marine environment, with a calm deposition from suspension, before the episodes of turbidite activity. Two of numerous tuffite interbeds have been regionally correlated and the upper one is located above the registered normal (C5AAn) to reversed (C5Ar.3r) polarity change (Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1), dated at 12.8 ± 0.1 Ma.

Key words: Badenian–Sarmatian boundary, Miocene, Carpathian Foredeep, Poland.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: grzegorz.czapowski@pig.gov.pl, andrzej.gasiewicz@pgi.gov.pl.

² Nazwy otworów wiertniczych podano zgodnie z dokumentacją.

WSTĘP

W młodszym miocenie (od karpatu po sarmat) zapadlisko przedkarpackie na terenie Polski stanowiło część rozległego i zróżnicowanego morfologicznie wewnątrzkontynentalnego morza Paratetydy Środkowej, którego zasięg i zasiedlające zespoły faunistyczne zmieniały się w poszczególnych piętrach miocenu zależnie od ruchów tektonicznych, tworzących lub zamykających połączenia z Oceanem Tetydy i morzem Paratetydy Wschodniej (np. Studencka i in., 1998). Na omawianym obszarze zmiany facjalne i faunistyczne ewoluującego zbiornika morskiego są czytelne w licznych profilach otworów poszukiwawczych i strukturalnych, stąd też jego znaczenie jako kluczowego miejsca do określania granic i korelacji regionalnych wydziałów stratygraficznych, np. w obrębie badenu i sarmatu pomiędzy Paratetydą Środkową a Wschodnią (np. Piwocki i in., 1996; Jasionowski, 1997; Studencka i in., 1998; Oszczytko, 2006; Kováč i in., 2007).

Stratygrafia nadkładu mioceńskiej serii ewaporatowej na obszarze zapadliska przedkarpackiego (północna część zbiornika Paratetydy Środkowej) jest oparta na zmianach faunistycznych. Z powodu silnego endemizmu makro- i mikrofauny oraz stopniowego zubożenia faunistycznego w górnym miocenie korelacje regionalne są bardzo zgrubne i odniesione do powszechnie występującego w zapadlisku poziomu ewaporatowego jako bazy porównawczej. W efekcie czego stratygrafia tej części północnej Paratetydy jest w głównej mierze oparta na rozwoju paleogeograficznym poszczególnych regionów, z których każdy ma różne podziały stratygraficzne. Utrudnia to nie tylko wykonanie korelacji z bardzo dobrze rozpoznany i wydatowanym basenem śródziemnomorskim, lecz także nastrocza duże trudności korelacyjne utworów północnej części Paratetydy. Kluczowe dla korelacji regionalnych na obszarze zapadliska przedkarpackiego Polski staje się wyznaczenie granicy pomiędzy lokalnymi piętrami miocenu – badenem a sarma-

tem, co dałoby podstawę do pewniejszych korelacji nie tylko w zapadlisku przedkarpackim, lecz także poza nim, zwłaszcza z obszarem medyterańskim, znacznie lepiej datowanym.

Głównym celem projektu było rozpoznanie zmian litofacyjnych, sedimentologicznych, paleontologicznych, petrograficznych, geochemicznych i izotopowych w nadkładzie mioceńskiej serii ewaporatowej północnej części zapadliska przedkarpackiego w monotonnej litologicznie i miększej serii klastycznej, obejmującej baden górny i sarmat. Granica stratygraficzna badenu i sarmatu jest niejednoznaczna i nie zawsze rejestrowana w zapisie skalnym, najczęściej z powodu zaniku fauny diagnostycznej.

Szczególnie istotnym problemem było ustalenie kryteriów wyróżniania granicy dwóch pięter miocenu – badenu i sarmatu, w dość homogenicznych utworach formacji z Machowa, określanych również terminem ily krakowieckie.

Badania nad wykształceniem i stratygrafią tych utworów prowadzono w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym (PIG-PIB) od lat 80. ubiegłego wieku, wykorzystując dostępny materiał rdzeniowy z czterech otworów odwierconych w widłach Wisły i Sanu na terenie występowania złóż siarki rodzimej. Wykonano wówczas kompleksowe badania paleontologiczne, geochemiczne i sedimentologiczne na materiale rdzeniowym z dwóch otworów wiertniczych – Jamnica S-119 (położonym w okolicach Tarnobrzega) i Buda Stalowska P-7 (położonym w bardziej centralnej części tego regionu, na południowy zachód od Niska) oraz badania sedimentologiczne na materiale rdzeniowym z dwóch otworów wiertniczych – P-10 i P-12, położonych na południe od Niska (Gąsiewicz, 1989; Czapowski, 1994, 1995; Czapowski, Gąsiewicz, 1994, 1997; Gaździcka, 1994; Gedl, 1999; Król, Jeleńska, 1999; Paruch-Kuleczycka, 1999, 2000; Sadowska, 1999; Gąsiewicz i in., 2004; Gąsiewicz, Czapowski, 2005c).

CEL I PRZEDMIOT BADAŃ

Wykonanie nowych otworów wiertniczych na terenie północnej części zapadliska przedkarpackiego okazało się konieczne, ponieważ nie zachowały się rdzenie z licznych, odwierconych w ubiegłym wieku otworów, przebijających nadkład mioceńskiej serii ewaporatowej w tym regionie.

W realizowanym przez PIG-PIB w latach 2004–2011 programie badań pt. „Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski” zawarto w punkcie XIII tzw. Problem 12 pt. „Charakterystyka stratygraficzno-genetyczna utworów miocenu gipsonośnego z obszaru Niecki Nidy”. Badania w ramach tego problemu zaprojektowano tak, aby kompleksowo udokumentować zmiany paleośrodowiskowe, które miały miejsce na granicy baden–sarmat.

W ramach ww. programu zaplanowano wykonanie dwóch otworów wiertniczych, zlokalizowanych w północ-

nej części zapadliska przedkarpackiego – Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1. Pełnordzeniowane wiercenia miały zapewnić maksymalnie kompletny litologiczny materiał badawczy do zaprojektowanych kompleksowych badań geologicznych (stratygraficznych, litologiczno-petrograficznych, geochemicznych, sedimentologicznych, paleomagnetycznych i faunistycznych). Lokalizacja tych otworów (fig. 1) była uwarunkowana sytuacją paleogeograficzną. Biorąc pod uwagę ogólnie małą zmienność wykształcenia litologicznego nadkładu serii ewaporatowej, zróżnicowane położenie paleogeograficzne dawało szansę na uzyskanie w miarę pełnego inwentarza cech tych osadów, w tym zapisu bio-, lito-, chemo- i magnetostratygraficznego. Dlatego też otwór Busko (Młyny) PIG-1 usytuowano na zrubie podłoża, a otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 w paleozoocie morza mioceńskiego. Oba otwory wykonano

w latach 2009–2010 zgodnie z zatwierdzonymi projektami robót geologicznych (Gąsiewicz, Czapowski, 2005a, b). Tak jak oczekiwano w pierwszym otworze udokumentowano głównie facje względnie płytsze, bardziej skondensowane i bardziej wapienne, natomiast w drugim – nieco grubszy kompleks względnie bardziej monottonnych i bardziej pelitycznych utworów, które odpowiadają warunkom relatywnie głębszego morza.

W realizacji zadania posłużono się wieloma analizami, a w szczególności badaniami sedymentologicznymi, geochemicznymi (chemicznymi i izotopowymi), petrograficznymi i paleomagnatycznymi. Przeprowadzono analizy makro- i mikrofauny oraz nanoplanktonu, wykonano badania paleomagnetyczne oraz badania petrograficzne nielicznych lepiej zachowanych warstewek tufitów. Badania te pozwoliły scharakteryzować kompleks utworów nadewaporatowych, zawęzić przedział odpowiadający pozycji granicy baden–sarmat, powiązać stratygraficznie kompleksy litologiczne w obu otworach wiertniczych oraz uzupełnić obraz wykształcenia, stratygrafii i ewolucji neogeńskich utworów nadgipsowych w słabiej rozpoznanej południowo-zachodniej części skłonu masywu małopolskiego.

Wyniki tych badań dostarczyły istotnych danych do rozwiązania następujących problemów badawczych:

- rozstrzygnięcia spornych problemów stratygraficznych w nadkładzie serii ewaporatowej u schyłku środkowego miocenu w południowym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich,
- dostarczenia brakujących danych korelacyjnych poszczególnych wydzieleni stratygraficznych dla tej części profilu litologicznego miocenu w północnym obrzeżeniu zapadliska przedkarpackiego,
- rozpoznania wykształcenia litofacjalnego utworów nadkładu serii ewaporatowej (siarczany i wapień siarkonośne) w północnym obrzeżeniu zapadliska przedkarpackiego,

– wyjaśnienia przebiegu ewolucji tej części zbiornika mioceniowego w fazie poewaporatowej.

Otwór badawczy **Busko (Młyny) PIG-1** odwiercono w okresie od 26 listopada do 3 grudnia 2009 r. (Czapowski, Gąsiewicz, 2011a). Wykonawcą robót był Zespół Robót Wiertniczych nr 1 z przedsiębiorstwa Geofizyka Toruń Sp. z o.o., kierownikiem wiercenia był Dariusz Podolak, nadzór geologiczny sprawowali pracownicy PIG-PIB – Andrzej Gąsiewicz i Grzegorz Czapowski. Wiercenie prowadzono za pomocą urządzenia samojezdnego typu URB-2,5A, systemem obrotowym, bez zarurowania, przy użyciu płuczki ilowej i jako narzędzia – podwójnej rdzeniówki typu M o średnicy 132 mm od stropu do spągu otworu. Prowadzono pełne rdzeniowanie profilu (co było warunkiem realizacji zadania geologicznego), poza sporadycznymi odcinkami (zawodnione piaski), z których uzyskano fragmentaryczny rdzeń (patrz [apendyks 1](#)). Po osiągnięciu zaplanowanej głębokości, tj. 200 m, otwór wiertniczy zlikwidowano 3 grudnia 2009 r. przy użyciu pasty ilowo-cementowej.

Otwór badawczy **Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1** odwiercono w okresie od 6 do 11 maja 2010 r. (Czapowski, Gąsiewicz, 2011b). Wykonawca robót, urządzenie wiertnicze, sposób wykonania odwiertu i nadzór geologiczny były takie same jak w przypadku otworu Busko (Młyny) PIG-1. Po nawierceniu górnej części serii gipsowej (celu wiercenia) zakończono otwór wiertniczy na głębokości 191 m. Otwór zlikwidowano w dniach od 11 do 12 maja 2010 r. przy użyciu pasty ilowo-cementowej.

Podobnie jak w przypadku otworu Busko (Młyny) PIG-1, zgodnie z projektem robót geologicznych, podczas realizacji wiercenia nie prowadzono specjalnych badań hydrogeologicznych (jedynie obserwacje zawodnienia skał na pozyskanym materiale rdzeniowym), geofizycznych czy surowcowych.

Pozyskany materiał rdzeniowy, po umieszczeniu w odpowiednio oznakowanych skrzynkach, został przewieziony

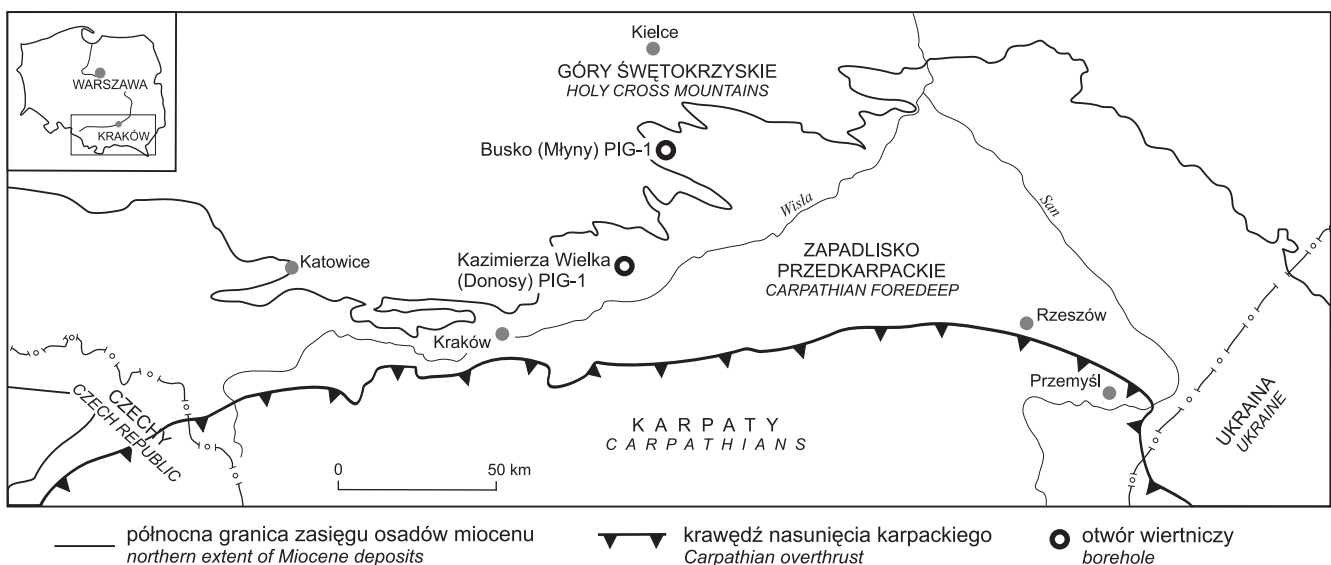


Fig. 1. Lokalizacja badanych otworów wiertniczych w północnej części zapadliska przedkarpackiego (wg Paruch-Kulczyckiej, 2015)

Location of studied boreholes in the northern part of the Carpathian Foredeep (after Paruch-Kulczycka, 2015)

przez wykonawcę do Archiwum Rdzeni Wiertniczych i Próbek Geologicznych Narodowego Archiwum Geologicznego PIG-PIB w Kielnikach k. Częstochowy. Tam szczegółowo go opisano i opróbowano do badań specjalistycznych (sedymentologicznych, stratygraficznych, petrologicznych i geochemicznych oraz paleomagnetycznych). Badania te prowadzono w PIG-PIB, w Muzeum Ziemi Polskiej Akademii Nauk w Warszawie oraz w Paleomagnetic Laboratory Fort Hoofddijk Uniwersytetu w Utrechcie.

RODZAJE I METODY PRZEPROWADZONYCH PRAC I BADAŃ

Na pozyskanym materiale rdzeniowym przeprowadzono obserwacje zmian litologii, struktury i tekstury skał (wraz z dokumentacją fotograficzną), odnotowując wszelkie formy deformacji osadów. Informacje te posłużyły w przygotowaniu szczegółowych opisów profili z obu otworów wiertniczych (apendyksy 1 i 2). Z rdzeni pobrano próbki do następujących badań specjalistycznych: petrologicznych, geochemicznych, biostratygraficznych i paleomagnetycznych.

Po wstępnej analizie stratygraficznej i wynikach analiz pilotażowych, niektóre badania (np. geochemiczne) wykonano dodatkowo w węższych przedziałach głębokościowych. Próbki do analiz chemicznych i izotopowych pobierano co ok. 0,8–1,2 m, po czym ucierano je do frakcji proszkowej. W tak przygotowanych próbkach analizowano osobno zawartość pierwiastków głównych i śladowych metodą XRF (aparat Phillips PW 2400) w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB. Z tych samych próbek wykonano analizy składu izotopowego węgla i tlenu w fazie kalcytowej. Badania izotopowe wykonano w laboratorium GeoZentrum Nordbayern w Uniwersytecie Erlangen-Norymberga w Niemczech.

Poza badaniami sedymentologicznymi i petrologicznymi, będącymi przedmiotem artykułu, w niniejszym tomie

Wyniki kompleksowych badań pozyskanego z obu otworów badawczych materiału rdzeniowego przedstawiono i zinterpretowano w raporcie wynikowym z realizowanego programu badawczego (Gąsiewicz i in., 2011) i w raporcie z projektu badań statutowych PIG-PIB (Gąsiewicz, Czapowski, 2012) oraz zaprezentowano jako wstępne wyniki na konferencjach międzynarodowych (Czapowski i in., 2012; de Leeuw i in., 2013).

przedstawiono wyniki innych przeprowadzonych badań specjalistycznych, tj. analizy:

- paleontologiczne – oznaczenie zespołów faunistycznych: małży (Studencka, 2015), otwornic (Paruch-Kulczycka, 2015) i nanoplanktonu wapiennego (Gaździcka, 2015) oraz określenie na ich podstawie wieku osadów,
- paleomagnetyczne – ustalenie wieku bezwzględnego badanych utworów (Sant i in., 2015),
- petrologiczno-geochemiczne wkładki tufitowych – ustalenie ich przydatności jako izochronicznych poziomów korelacyjnych (Bukowski, 2015),
- mineralogiczne analizy składu minerałów ciężkich – ustalenie obszarów alimentacyjnych (Kramarska, 2015),
- geochemiczne i izotopowe – określenie rodzaju i chronologii zmian warunków środowiskowych w zbiorniku sedymentacyjnym na pograniczu badenu i sarmatu (Gąsiewicz, 2015).

Ponadto na pozyskanym materiale rdzeniowym z serii gipsowej i utworów podścielających z otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 wykonano badania mikropaleontologiczne i sedymentologiczne, określające warunki i środowisko ich powstania (D. Peryt, T.M. Peryt, 2015).

Syntetyczne wyniki tych badań, z powołaniem na konkretnych autorów, przedstawiono w dalszej części tej pracy.

CHARAKTERYSTYKA GEOGRAFICZNA I GEOLOGICZNA TERENU BADAŃ

Charakterystykę geograficzną i geologiczną terenu badań przedstawiono osobno dla rejonów, w których wykonano omawiane otwory badawcze.

Otwór badawczy Busko (Młyny) PIG-1 zlokalizowano na północ od miejscowości Młyny i na zachód od drogi łączącej tę miejscowość z szosą Chmielnik–Busko-Zdrój (Czapowski, Gąsiewicz, 2011a). Administracyjnie jest to teren gminy Busko-Zdrój powiatu buskiego, obecnie województwo świętokrzyskie. Jego położenie w świetle danych odczytanych z mapy topograficznej wyznaczają następujące współrzędne geograficzne i topograficzne: szerokość geograficzna – 50°33'12"N i długość geograficzna – 20°44'13"E, natomiast rzędna terenu wynosi 238 m n.p.m.

Precyzyjnej lokalizacji tego otworu dokonano przy pomocy urządzenia GPSMAP 60CSX na podstawie wartości uśrednionej z 60 pomiarów (z dokładnością pomiaru ±2,9 m) i jego współrzędne są następujące: szerokość geograficzna – 50°33'20,8"N i długość geograficzna – 20°44'04,9"E, natomiast rzędna terenu wynosi 239 m n.p.m. Otwór zlokalizowano na gruncie ornym, ok. 4 m na północ od drogi polnej biegnącej od obrzeża wsi Młyny w kierunku szosy Chmielnik–Busko-Zdrój.

Otwór badawczy jest położony w południowo-wschodniej części arkusza Pińczów (884) *Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000* (SMGP). Obszar, na którym odwiercono ten otwór przynależy geograficznie do wschodniej krawędzi tzw. Płaskowyżu Szanieckiego, który od zacho-

du ogranicza zapadlisko połanieckie (Łyczewska, 1975; Rutkowski, 1976). Powierzchnia terenu jest płaska, słabo zalesiona, pocięta siecią potoków, prowadzących wody w kierunku zapadliska połanieckiego oraz obniżen, niekiedy o założeniach krasowo-tektonicznych (w płytkim podłożu płaskowyżu występują podatne na kras skały gipsowe).

Na obszarze badań utwory młodszego neogenu (piętra baden i sarmat), w skład których wchodzi przewiercony kompleks nadewaporatowy, wypełniają rozległą wczesnobadeńską depresję erozyjną w podłożu jurajsko-kredowym, nazwaną zatoką korytnicką. Jest to jedna z największych zatok morza badeńskiego, rozwiniętych na południowym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich (Radwański, 1969). Północno-wschodni brzeg tej depresji budują utwory jurajskie wyniesione jako antyklina Zbrzy, natomiast południowo-zachodni skraj – utwory jurajskie i kredowe, wypiętrzone obecnie w formie wału (antykliny) Wójczańsko-Pińczowskiego (Łyczewska, 1975; Pawłowski, 1965; Krysiak, 2000). Podatne na erozję piaskowce, margle i gezy kredowe tworzą obniżenia podłoża kenozoiku, natomiast wapienie i opoki z krzemieniami oraz jurajskie wapienie rafowe i i pelityczne – elewacje, na których rozwinęły się badeńskie utwory węglanowe (tzw. wapienie litotamniowe – por. Studencki, 1979, 1988, 1999; Romanek, 1982; Senkowicz, 1995).

Na zróżnicowanym morfologicznie podłożu mezozoicznym spoczywają płasko kilkunastometrowej miąższości wczesnobadeńskie (neogen) osady piaszczysto-margliste, tzw. warstwy baranowskie i podlitotamniowe wg nomenklatury Pawłowskiego (1965) i Pawłowskiego i in. (1985), przechodzące ku górze i w kierunku bardziej wapiennych wyniesień podłoża w osady krasnorostowe o charakterze rafowym lub detrytusu rafowego o miąższości ok. 20 m (Pawłowski, 1965; Studencki, 1988 – tzw. warstwy/wapienie litotamniowe). Lokalnie w spągu wymienionego zespołu osadów występują piaski węgliste z wkładkami lignitów. Opisane wyżej utwory, datowane na wczesny baden, są wydzielane jako kompleks podewaporatowy (Jasionowski, 1997). Jego miąższość w kierunku zapadliska połanieckiego rośnie do 60 m (Gąsiewicz, 1994). Seria gipsów z wkładkami margli, o miąższości 10–50 m, tworzy kompleks ewaporatowy (tzw. seria chemiczna – Pawłowski, 1965; Pawłowski i in., 1985; Kubica 1992), który odsłania się na powierzchni w pasie od Borkowa do Stawian (np. Kwiatkowski, 1972; Kasprzyk, 1993; Bąbel, 2004, 2007), natomiast na wschodzie jest przykryty przez górnobadeńskie i sarmackie osady kompleksu nadewaporatowego (utwory formacji z Machowa – Jasionowski, 1997). Miąższość tego ostatniego kompleksu jest największa w osi zatoki korytnickiej, gdzie sięga ok. 200 m we wschodniej części arkusza Pińczów SMGP i rośnie w kierunku zapadliska połanieckiego. Tworzą go głównie utwory marglisto-ilaste, z wkładkami piasków i piaskowców, lokalnie tufitów i bentonitów (Alexandrowicz, Parachoniak, 1956; Głogoczowski, 1957; Fijałkowska, Fijałkowski, 1966), w najniższej części z licznymi muszlami przegrzebków, tzw. warstwy pektenowe wg Pawłowskiego (1965) albo pektenowo-spirialisowe wg Pawłowskiego i in. (1985). Wyższa część profilu tych

utworów jest określana mianem ilów krakowieckich (Senkowicz, 1955) albo wg Pawłowskiego i in. (1985) w niższej partii – warstwami syndesmiowymi, natomiast w wyższej – warstwami bez skamieniałości. Osady te odsłaniają się na powierzchni w obniżeniach terenu od Gołuchowa po Śladków i Chmielnik. Utwory pelityczne są przykryte serią klastyczną, opisywaną jako tzw. sarmat detrytyczny (Pawłowski, 1965; Rutkowski, 1969, 1976; Czapowski, 1984; Czapowski, Studencka, 1990; Dudziak, Łaptaś, 1991; Czepiec, 1996, 1999; Brzozowska, 2004). Odpowiada ona tzw. formacji z Chmielnika (Piwocki i in., 1996), o miąższości do 20 m, zbudowanej z piasków, piaskowców, zlepieńców, żwirów i wapieni organodetrytycznych z wkładkami margli i ilów. Utwory te odsłaniają się na powierzchni w formie dość zwartej pokrywy w rejonie Sędziejowice–Śladków–Szaniec.

Utwory neogenu są przykryte przez plejstoceny gliny zwałowe, piaski i żwiry fluwioglacjalne, lessy oraz w rozcięciach dolinnych przez piaski tarasów akumulacyjnych. Holocen reprezentują piaski wydmowe, natomiast w dolinach cieków występują osady rzeczne i torfy.

Otwór badawczy Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1

zlokalizowano w miejscowości Donosy, przy polnej drodze biegnącej od Donosów do Odonowa, na odcinku, gdzie przecina ona łuk toru dawnej kolei wąskotorowej (Czapowski, Gąsiewicz, 2011b). Administracyjnie jest to teren gminy Kazimierza Wielka powiatu kazimierskiego, obecnie województwo świętokrzyskie. Jego położenie w świetle danych odczytanych z mapy topograficznej wyznaczają następujące współrzędne geograficzne i topograficzne: szerokość geograficzna – 50°15'15"N i długość geograficzna – 20°29'05"E, natomiast rzędna terenu wynosi 218 m n.p.m. Otwór ten precyzyjnie zlokalizowano przy pomocy urządzenia GPSMAP 60CSX na podstawie wartości uśrednionej z 50 pomiarów (z dokładnością pomiaru ±2,8 m) i jego współrzędne są następujące: szerokość geograficzna – 50°15'9,2"N i długość geograficzna – 20°28'49"E, natomiast rzędna terenu wynosi 223 m n.p.m. Otwór jest zlokalizowany na gruncie ornym, 8,6 m na północ od drogi polnej biegnącej od obrzeża wsi Donosy w kierunku miejscowości Odonów, tuż przy starym nasypie nieczynnej kolejki wąskotorowej.

Teren, na którym odwiercono ten otwór, jest położony we wschodniej części obszaru objętego arkuszem Kazimierza Wielka (948) *Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000* (Walczowski, 1982), w południowo-wschodniej części niecki działoszyckiej, otwierającej się ku południowemu wschodowi w stronę zapadliska przedkarpackiego i ograniczonej od północnego wschodu zrębem Nidy, natomiast od południowego zachodu – zrębem Słomnik (Krysiak, 2000). Utwory młodszego neogenu (piętra baden i sarmat), w tym także planowany do przebadania kompleks nadewaporatowy, wypełniają rozległą depresję niecki działoszyckiej, a ich podłoże stanowią głównie podatne na erozję margle kredy górnej, odsłaniające się lokalnie w zachodniej części obszaru objętego arkuszem mapy geologicznej.

Na podłożu kredowym spoczywają płasko dolnobadeńskie (neogen) osady iłowcowe (iłowce i iłolupki, lokalnie piaski) o miąższości 5–10 m, odpowiadające tzw. warstwom baranowskim wg Pawłowskiego (1965), a wydzielone jako tzw. warstwy podgipsowe (Walczowski, 1982, 1984). Wyżej spoczywa seria gipsów, margli i iłów, która tworzy kompleks ewaporatowy o miąższości 10–40 m. Odślania się on na powierzchni lokalnie w zachodniej i północnej części obszaru. Utwory te ku wschodowi są przykryte przez górnobadeński i sarmacki kompleks nadewaporatowy (utwory formacji z Machowa – Jasionowski, 1997). Miąższość tego ostatniego kompleksu jest największa w osi niecki działoszyckiej, gdzie osiąga ok. 170–180 m we wschodniej części arkusza Kazimierza Wielka SMGP i rośnie w kierunku zapadliska przedkarpacciego. Kompleks budują głównie utwory marglisto-ilaste, z kilkumetrowymi wkładkami drobnoziarnistych piasków, w najniższej części występują piaski i margle z nagromadzeniami muszli przegrzebków, miąższości 10–20 m, tzw. warstwy pektenowe wg Pawłowskiego (1965) i Pawłowskiego i in. (1985), a wyróżnione przez Walczow-

skiego (1982, 1984) jako tzw. poziom nadgipsowy. Wyższa część kompleksu jest określana mianem iłów krakowieckich (*op. cit.*).

Osady kompleksu nadewaporatowego odsłaniają się na powierzchni na zboczach rozcięć dolinnych głównie w północnej, południowej i zachodniej części obszaru objętego arkuszem mapy geologicznej. Deniwelacje stropu utworów neogenu maleją od 120 m w części północno-zachodniej obszaru objętego arkuszem mapy geologicznej do 40 m w części południowo-wschodniej, co jest wynikiem ruchów późnopliocenijskich o różnej regionalnej skali przemieszczeń (Walczowski, 1984).

Na omawianym obszarze utwory neogenu są przykryte głównie przez plejstocenijskie lessy zlodowacenia północnopolskiego o miąższości 10–30 m, natomiast w rozcięciach dolinnych odsłaniają się holocenijskie lessy humusowe, mady, piaski i żwiry deluwialne oraz namuły torfiaste o miąższości od jednego do kilku metrów. Sporadycznie natomiast, koło Koczanowa, występują na powierzchni pliocenijskie piaski i żwiry o miąższości do 20 m (tzw. seria witowska).

WYKSZTAŁCENIE I LITOSTRATYGRAFIA UTWORÓW BADENU I SARMATU W PROFILACH BADANYCH OTWORÓW WIERTNICZYCH

PROFILE GEOLOGICZNE OTWORÓW BADAWCZYCH

Profil geologiczny otworu badawczego **Busko (Młyny) PIG-1** wraz z opisem typów wyróżnionych skał, obserwacjami obecności szczątków organicznych oraz struktur depozycyjnych i postdepozycyjnych, a także z wydzieleniami lito- i chronostratygraficznymi obowiązującymi dla utworów neogenu morskiego na obszarze zapadliska przedkarpacciego (Czapowski, 2004) przedstawiono na [figurze 2](#) i w [apendyksie 1](#). Skrócony profil lito- i chronostratygraficzny przedstawiono poniżej.

Głębokość [m]	Litostratygrafia
0,00–0,30	CZWARTORZĘD (HOLOCEN) warstwa gleby
0,30–34,00	NEOGEN, SARMAT DOLNY, FORMACJA Z CHMIELNIKA utwory piaszczysto-żwirowe z wkładkami ilastymi
34,00–156,50	NEOGEN, SARMAT DOLNY–BADEN GÓRNY, FORMACJA Z MACHOWA przemienne występują utwory ilaste i mułkowo-piaszczyste
156,50–188,00	NEOGEN, BADEN GÓRNY, FORMACJA Z KRZYŻANOWIC utwory siarczanowe (gipsy) z wkładkami węglanowymi i ilastymi
188,00–200,00	NEOGEN, BADEN DOLNY, FORMACJA SKAWIŃSKA utwory ilaste, podrzędnie margliste

Obserwacje stopnia zawodnienia pozyskanego materiału rdzeniowego wskazują, że zwierciadło wód swobodnych nawiercono w obrębie serii piaszczystej na głębokości 2,6 m, a osady w różnym stopniu zawodnione obserwuje się do głębokości 20 m. Poniżej tej głębokości nie zaobserwowano zawodnienia utworów neogenijskich.

Dokładny profil geologiczny otworu badawczego **Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1** przedstawiono na [figurze 3](#) oraz w [apendyksie 2](#). Skrócony profil lito- i chronostratygraficzny przedstawiono poniżej.

Głębokość [m]	Litostratygrafia
0,00–27,30	CZWARTORZĘD (HOLOCEN) w stropie warstwa gleby, niżej gliny i gliny zwałowe oraz mułki, w spągu występuje warstwa żwirów o grubości 10 cm z otoczkami skał magmowych
27,30–188,74	NEOGEN, SARMAT DOLNY–BADEN GÓRNY, FORMACJA Z MACHOWA przemienne występują wapniste utwory ilaste i mułkowo-piaszczyste oraz wkładki piasków drobno- do średnioziarnistych, kwarcowych, niekiedy z drobnym żwirkiem
188,74–191,00	NEOGEN, BADEN GÓRNY, FORMACJA Z KRZYŻANOWIC utwory siarczanowe (gipsy i brekcje gipsowe) z wkładkami węglanowymi i ilastymi

Zwierciadło wód swobodnych nawiercono w serii mułkowo-gliniastej na głębokości ok. 15 m i do głębokości ok. 22 m obserwowano wstępowanie osadów w różnym stopniu zawodnionych. Poniżej tej głębokości nie stwierdzono w otworze zawodnienia materiału rdzeniowego.

WYKSZTAŁCENIE LITOFACJALNE, STRUKTURY SEDYMENTACYJNE I ŚRODOWISKO DEPOZYCJI UTWORÓW BADEŃSKO-SARMACKICH

Informacje o wykształceniu i środowisku powstawania utworów miocenu w obu omawianych otworach wiertniczych są oparte (wobec niedostatecznych środków finansowych przeznaczonych na szczegółowe badania sedymentologiczne i petrologiczne) na obserwacjach makroskopowych, poczynionych na profilowanym materiale rdzeniowym. Charakterystykę tych utworów przedstawiono w niniejszej pracy przypisując je regionalnym wydzieleniom litostratygraficznym (Jasionowski, 1997; Czapowski, 2004), w porządku od najmłodszych do najstarszych. Uogólnione profile litofacjalne i zinterpretowane środowiska sedymentacji (oznaczone odpowiednimi symbolami) utworów badeńsko-sarmackich przedstawiono na [figurach 2 i 3](#), natomiast główne typy litologiczne osadów i zaobserwowane struktury i tekstury – na [figurach 4 i 5](#).

Formacja z Chmielnika

Utwory formacji z Chmielnika przewiercono tylko w otworze wiertniczym **Busko (Młyny) PIG-1** ([fig. 2, apendyks 1](#)). Budują ją serie beżowych i białych piasków wapiennych od grubo- do drobnoziarnistych, czasem mułkowatych, złożonych z ziaren od średnio do dobrze wysortowanych, kwarcowych i wapiennych. W przypadku tych ostatnich większość litoklastów to obtoczony detryt litotamionowy i fragmenty muszli mięczaków oraz otwornic. Piaski gruboziarniste zawierają często obfity żwir fragmentów kolonii kalcyfikujących krasnorostów, piaskowców kwarcowych, wapieni, krzemieni i fragmenty muszli mięczaków mioceńskich (małże i ślimaki). Piaski i żwiry wapienne często są scementowane kalcytem, tworząc piaskowce o spoiwie wapnistym ze żwirkiem ([fig. 4A](#)) oraz wkładki wapieni. Tekstura tych skał jest bezładna, a czasem jest widoczna gradacja ziaren oraz warstwowania poziome i skośne, w spągu warstwowań skośnych często występuje koncentracja drob-

Objaśnienia do figur 2, 3, 6

Explanations to Figures 2, 3, 6

Litologia *Lithology*

	gleba <i>soil</i>
	glina zwalowa <i>glacial till</i>
	glina <i>till</i>
	piasek <i>sand</i>
	piasek zailony i mułkowy/ mułek piaszczysty <i>clayey and silty sand/ sandy silt</i>
	piasek z ilkiem/ mułkiem i żwirkiem <i>sand with clay/ silt and gravel</i>
	piasek ze żwirem <i>sand with gravel</i>
	żwirek <i>gravel</i>
	rytmit piasku i mułku/ iłu <i>sand and silt/ clay rhythmite</i>
	mułek/ mułowiec <i>silt/ siltstone</i>
	iło-mułek/ mułowiec oraz rytmit iłu i mułku <i>clay-silt/ siltstone and clay + silt rhythmite</i>
	ił/ iłowiec <i>clay/ claystone</i>
	gips <i>gypsum</i>
	gips zailony <i>clayey gypsum</i>
	gips zwięzły <i>hard gypsum</i>
	gips zwięzły zailony <i>clayey hard gypsum</i>
	wapień <i>limestone</i>
	margiel <i>marl</i>
	tufit <i>tuffite</i>

Środowiska depozycji *Sedimentary environments*

D+Br	delta + bariera <i>deltaic + barrier</i>
Pr	przesmyk (utwory korytowe) <i>inlet (channel deposits)</i>
DDPr	dystalna partia delty/ delta przyujściowa przesmyku <i>distal delta/ inlet mouth bar</i>
L	laguna <i>lagoon</i>
POB	plytki otwarty basen morski <i>shallow open marine basin</i>
GOB	głęboki otwarty basen morski <i>deep open marine basin</i>
TR	osad prądu zawieszinowego (turbidyty) <i>density current deposit (turbidite)</i>
BS	salinarny basen siarczanowy <i>salinary sulphate basin</i>

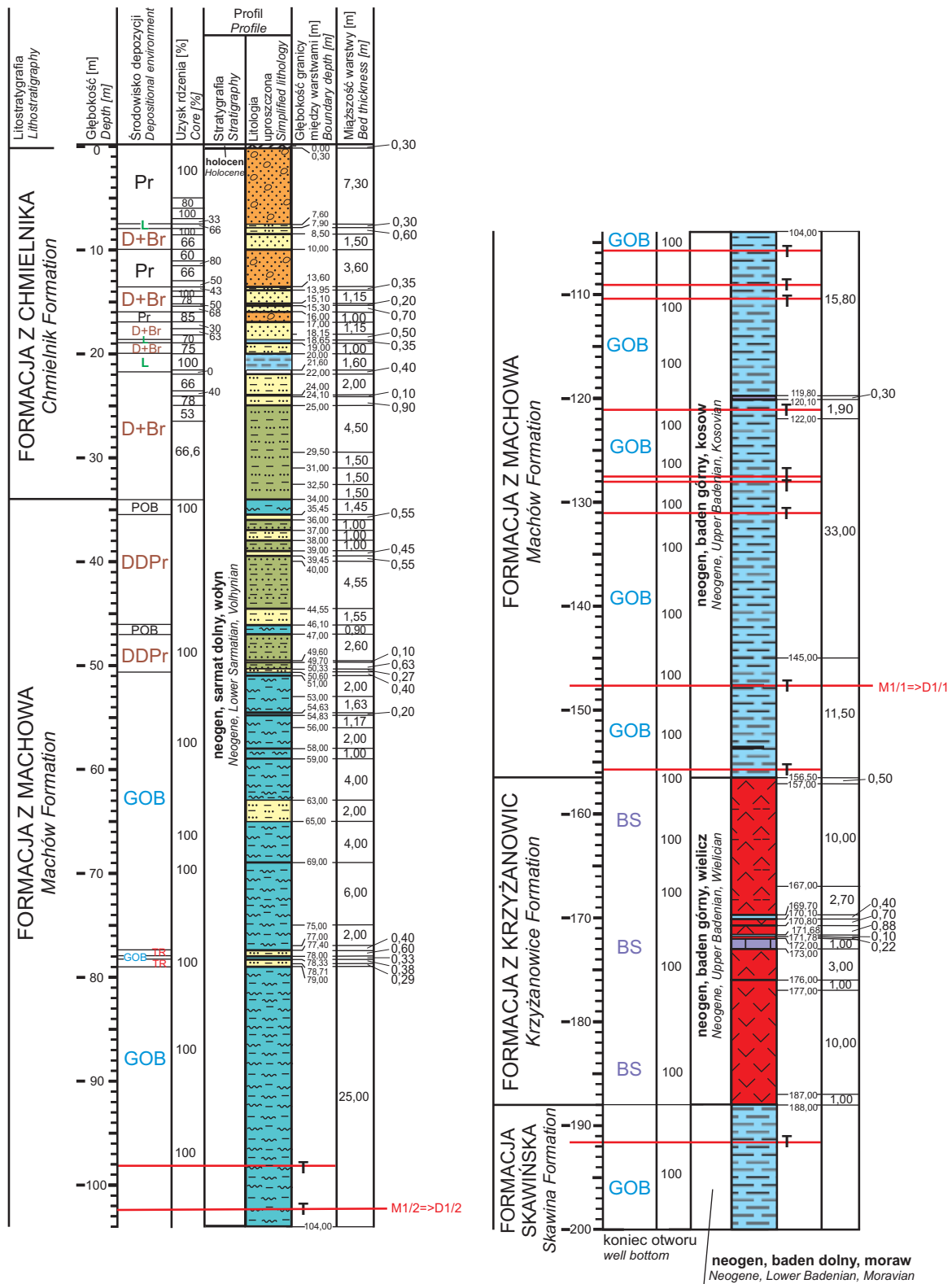


Fig. 2. Wykształcenie i środowiska depozycji utworów neogenu w profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1

Objaśnienia do figury na stronie 15

Characteristics and depositional environments of Neogene deposits from the Busko (Młyny) PIG-1 borehole

For the explanations to Figure see page 15

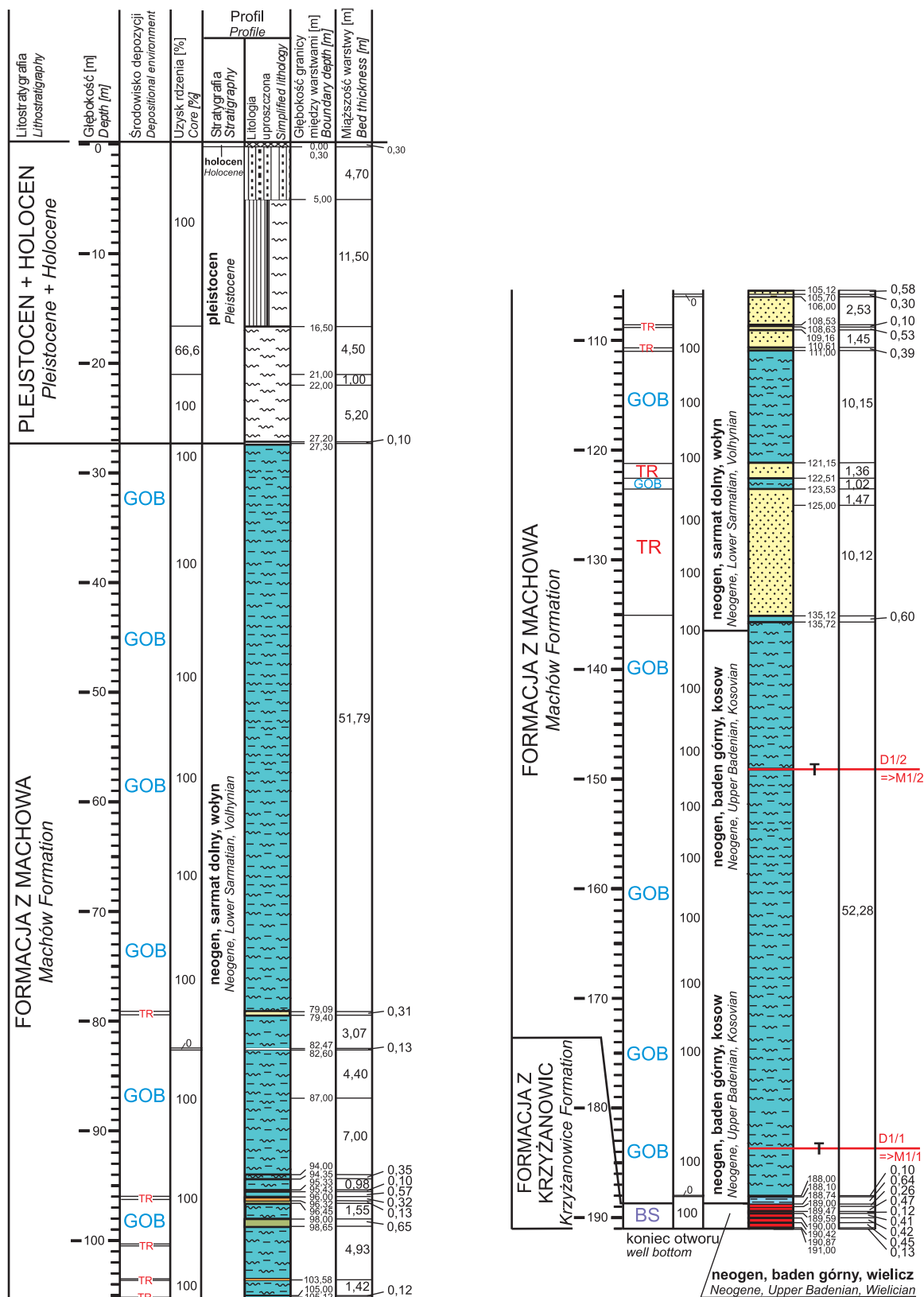


Fig. 3. Wyształcenie i środowiska depozycji utworów neogenu w profilu otworu wiertniczego Kazimierza Wielkiego (Donosy) PIG-1

Objaśnienia do figury na stronie 15

Characteristics and depositional environments of Neogene deposits from the Kazimierz Wielki (Donosy) PIG-1 borehole

For the explanations to Figure see page 15

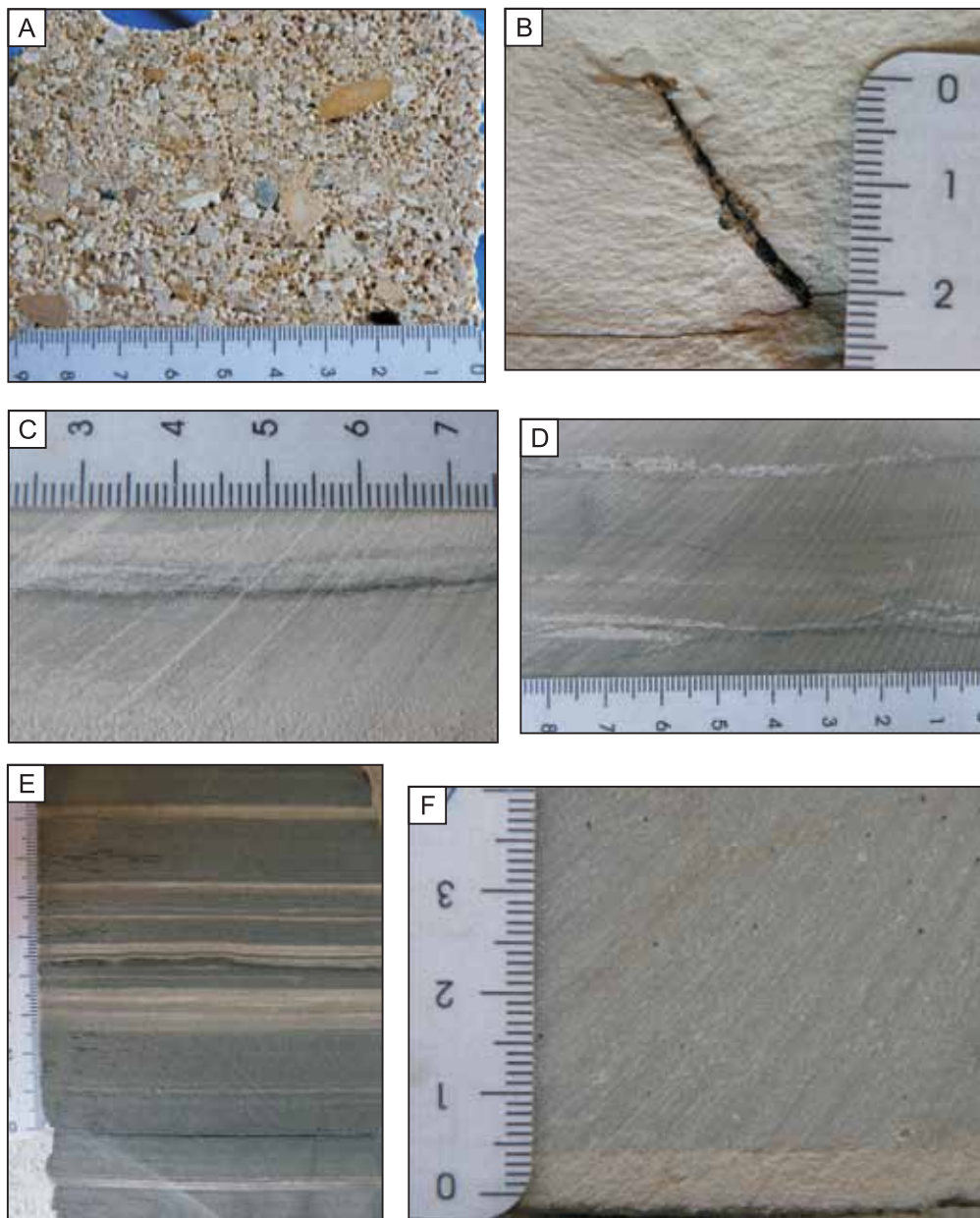


Fig. 4. Litologia, struktury i tekstury utworów badenu i sarmatu w badanych otworach wiertniczych

A. Gruboziarnisty piaskowiec krasnorostowy o spoiwie wapienistym ze żwirkiem złożonym z piaskowców kwarcowych (żółte, brunatne i szare), krzemieni (czarne) i wapieni (białe). Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 4,8 m, formacja z Chmielnika. **B.** Piaski drobnoziarniste kwarcowe, mulkowate, z uwęglonymi fragmentami flory. Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 29,5 m, formacja z Chmielnika. **C.** Iłomulek ze smugami piasku (biały) drobnoziarnistego (utrwalone zmarszczki), granica drobnego rozmycia podkreślona skupieniami uwęglonego detrytusu roślinnego (czarne). Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 46,7 m, formacja z Machowa. **D.** Rytmityt iłu i mulku piaszczystego z soczewkami piasku (biały) drobnoziarnistego (utrwalone zmarszczki), granice zespołów zmarszczek i drobnych rozmyć podkreślone skupieniami uwęglonego detrytusu roślinnego (czarne). Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 89,4 m, formacja z Machowa. **E.** Iłowiec z gęstą poziomą laminacją (rytmityt) mulkiem (jasnobeżowy). Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 153,4 m, formacja z Machowa. **F.** Iłomulek z drobnym żwirkiem (szare plamy) i detrytem uwęglonej flory (czarne punkty), w spągu warstewka piasku drobnoziarnistego. Otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, głęb. 105,07 m, formacja z Machowa

Lithology, structures and textures of Badenian–Sarmatian deposits from the studied boreholes

A. Coralline algae coarse-grained sandstone with carbonate matrix and gravels of quartz sandstones (yellow, brownish and grey), cherts (black) and limestones (white). Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 4.8 m, Chmielnik Formation. **B.** Fine-grained, silty quartz sands with coalified flora debris. Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 29.5 m, Chmielnik Formation. **C.** Clayey silt with streaks of fine sand (white, buried ripples), fine scour marked with concentrations of coalified flora debris (black). Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 46.7 m, Machów Formation. **D.** Clay-sandy silt rhythmite with fine-grained sand lenses (white, buried ripples), ripple boundaries and fine scours marked with concentrations of coalified flora debris (black). Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 89.4 m, Machów Formation. **E.** Claystone horizontally laminated (rhythmite) with silt (light beige). Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 153.4 m, Machów Formation. **F.** Clayey silt with fine gravel (grey spots) and coalified flora debris (black), a fine-grained sand lamina is visible at the bottom. Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, depth 105.07 m, Machów Formation

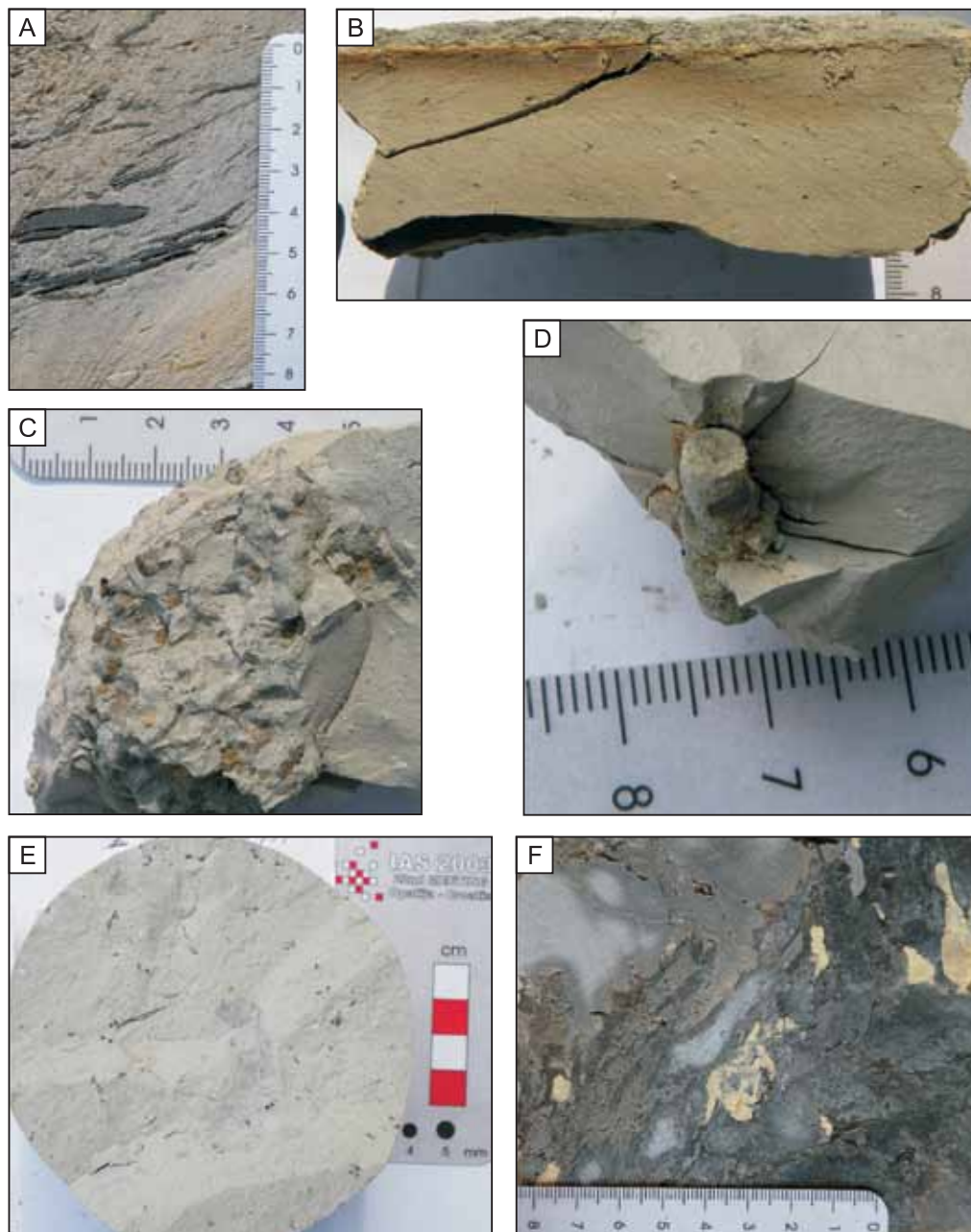


Fig. 5. Litologia, struktury i tekstury utworów badenu i sarmatu w badanych otworach wiertniczych

A. Piasek drobnoziarnisty, warstwowany żłobiście, z klastami szarego iłu. Otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, głęb. 106,00 m, formacja z Machowa. **B.** Warstewka tufitu (brunatna) w iłowcu bezteksturalnym (beżowy). Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 121,03 m, formacja z Machowa. **C.** Iłowiec bezteksturalny, miejscami gruzłowy, ze skupieniami związków żelaza (żółty piryt). Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 121,77 m, formacja z Machowa. **D.** Iłowiec smugowany i gruzłowy z kanałem żerowiskowym (w centrum), wypełnionym mulkiem, z mineralizacją związkami żelaza (rdzawe) na ściankach. Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 125,10 m, formacja z Machowa. **E.** Iłowiec bezteksturalny z bioturbacjami (ciemne punkty i smugi) i fragmentami muszli małży (białe). Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 136,25 m, formacja z Machowa. **F.** Gips gruzłowy (beżowy) z fragmentami selenitów (szare) i skupieniami osiarkowanych węglanów (żółte). Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 187,40 m, formacja z Krzyżanowic

Lithology, structures and textures of Badenian–Sarmatian deposits from the studied boreholes

A. Fine sand with trough cross-bedding and grey clay clasts. Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, depth 106.00 m, Machów Formation. **B.** Fine tuffite layer (brownish) within structureless claystone (beige). Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 121.03 m, Machów Formation. **C.** Structureless claystone, locally nodular, with aggregates of iron compounds (yellow pyrite). Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 121.77 m, Machów Formation. **D.** Laminated and nodular claystone with a Fodinichnia tube (in the centre) filled by silt with iron compounds (rusty) on its walls. Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 125.10 m, Machów Formation. **E.** Structureless claystone with bioturbation (dark spots and streaks) and bivalve shell fragments (white). Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 136.25 m, Machów Formation. **F.** Nodular gypsum (beige) with selenite fragments (grey) and carbonate patches with native sulphur (yellow). Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 187.40 m, Krzyżanowice Formation

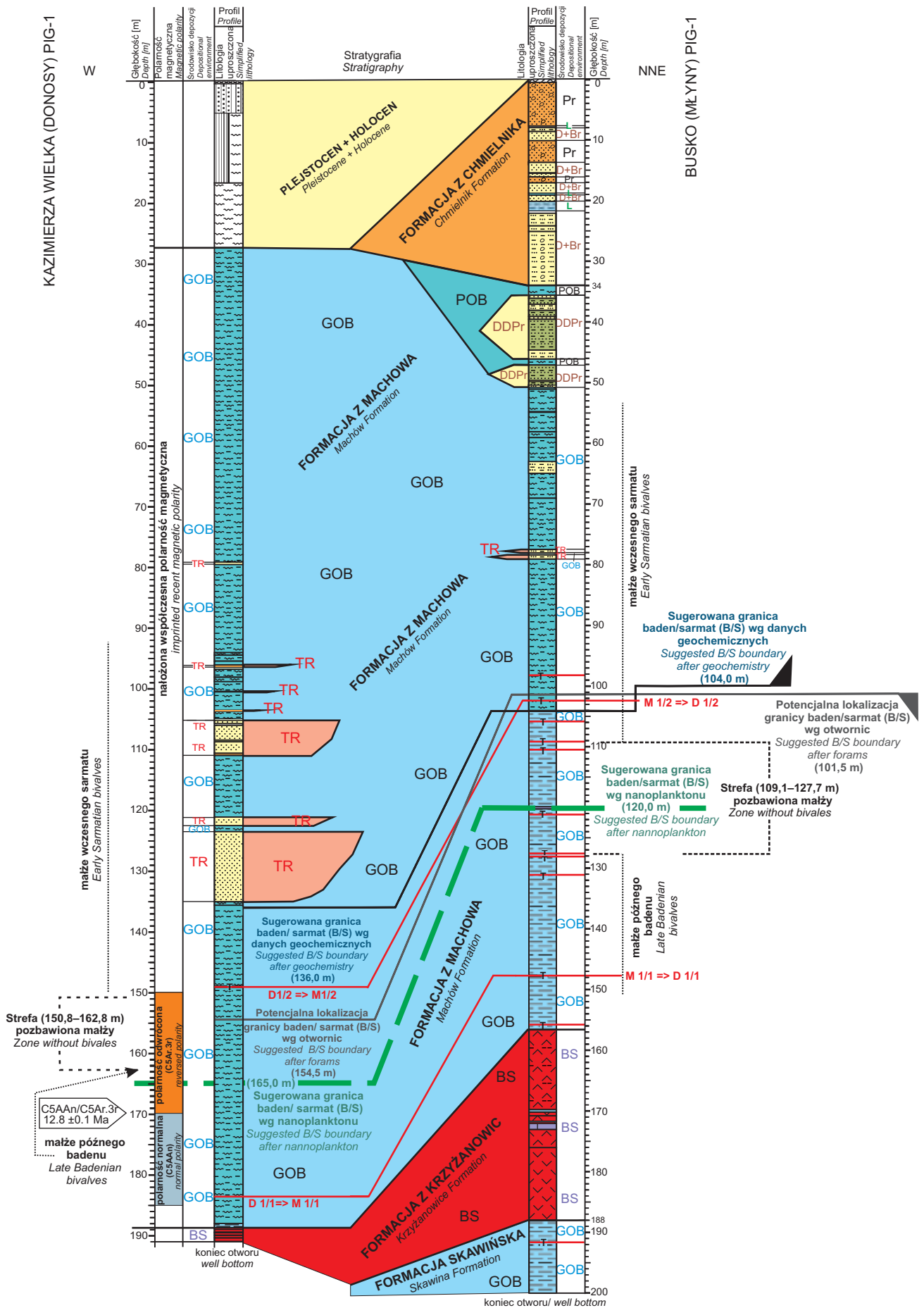


Fig. 6. Pozycja granicy baden–sarmat w świetle wyników badań litostratygraficznych, biostratygraficznych, paleomagnetycznych i geochemiczno-petrologicznych (tufity) oraz środowiska depozycji w utworach młodszego miocenu z otworów wiertniczych Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 i Busko (Młyny) PIG-1

D 1, D 2, M 1, M 2 – korelowane warstwy tufitu; pozostałe objaśnienia do figury na stronie 15

Position of the Badenian–Sarmatian boundary based on biostratigraphic, palaeomagnetic, geochemical and petrographic (tuffite) data, and interpreted depositional environments in the Middle Miocene succession of the Busko (Młyny) PIG-1 and the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 boreholes

D 1, D 2, M 1, M 2 – correlated tuffite layers; for the other explanations to Figure see page 15



nego żwirku. Piaski drobnoziarniste są często mułkowane, wapniste i zwykle bezteksturalne, niekiedy jest widoczna w nich słaba laminacja równoległa, często zawierają fragmenty uwęglonej flory (fig. 4B).

Utwory grubookruchowe są przedzielone trzema warstwami iłów piaszczystych i mułkowatych, wapnistych, bezteksturalnych i laminowanych poziomo piaskiem drobnoziarnistym i mułkiem, zawierających kopalną faunę małży i rurki serpul. Niektóre kompleksy bardziej ilaste mają cechy rytmu. Są one zbudowane z milimetrowej do centymetrowej grubości warstewek piasku drobnoziarnistego o warstwowaniu zmarszczkowym i lamin ilu lub mułku.

Sukcesję facjalną utworów formacji z Chmielnika przedstawiono na figurach 2 i 6. Rozkład facjalny tej formacji wskazuje głównie na środowisko przybrzeżne, lagunowo-barierowe, z systemami przesmyków przecinających bariery i z rozwojem delt przyujściowych u wylotu przesmyków. Wkładki pelityczne reprezentują utwory lagunowe, serie grubookruchowe, ze żwirkiem, warstwowane skośnie – osady przesmyków, natomiast piaski średnio- i drobnoziarniste, bezteksturalne lub warstwowane poziomo i zmarszczkowo – utwory bariery i deltowe.

W otworze wiertniczym **Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1** nie stwierdzono występowania utworów formacji z Chmielnika, opisanych powyżej w otworze Busko (Młyny) PIG-1. Brak ten może wynikać z ich nieosadzenia się w tym rejonie lub z ich późniejszego usunięcia przez erozję. Na erozję wskazuje gruba seria osadów plejstoceno-holoceno, praktycznie nieobecna w profilu otworu Busko (Młyny) PIG-1.

Formacja z Machowa

Utwory tej formacji, która stanowi główną część nadkładu utworów ewaporatowych, przewiercono w obu otworach badawczych.

Utwory formacji z Machowa w otworze badawczym **Busko (Młyny) PIG-1** (fig. 2; apendyks 1) składają się głównie z szarych, zielonkawych i niebieskawych iłów i ilowców wapnistych, w przeważającej części bezteksturalnych, czasem laminowanych poziomo milimetrowej do centymetrowej grubości warstewkami i smugami kwarcowego piasku drobnoziarnistego i mułku, które wykazują sporadycznie warstwowanie zmarszczkowe (fig. 4C i D). Nagromadzenia uwęglonego detrytus roślinnego podkreślają epizody spowolnienia akumulacji materiału klastycznego. Znaczną

część profilu tej formacji w otworze Busko (Młyny) PIG-1 tworzą rytmy, zbudowane z milimetrowej do centymetrowej grubości warstewek piasku kwarcowego drobnoziarnistego lub mułku oraz ilu (fig. 4E).

W obrębie iłów i ilowców, niekiedy o strukturze gruzłowej podkreślonej skupieniami siarczków żelaza, tj. pirytu (fig. 5C), występują laminy i warstewki tufitów (fig. 5B). W ilowcach spotyka się ślady po organizmach penetrujących w osadzie w postaci nerek, niekiedy o ściankach podkreślonych skupieniami pirytu (fig. 5D). Miejscami całe partie osadów są bezteksturalne na skutek silnego zbioturbowania (fig. 5E). W omawianych osadach dość powszechne są muskowitz, rzadziej biotyt, czasem nagromadzony w postaci lamin, drobny detryt roślinny i szczątki muszli mięczaków, głównie małży. Tworzą one w dolnej części profilu poziomy z masowymi nagromadzeniami organodetrytycznymi. Cechy strukturalne i teksturalne tych utworów odpowiadają środowisku głębokiego otwartego basenu morskiego (fig. 2).

W górnej części profilu formacji z Machowa w otworze Busko (Młyny) PIG-1 (fig. 2) występuje ponad trzydziestometrowej grubości zespół rytmów piaszczysto-ilastych i piasków drobnoziarnistych, mułkowych, wykazujących warstwowanie poziome i zmarszczkowe. Na podstawie cech facjalnych uznano je (analogicznie do osadów formacji z Chmielnika) za osady dystalnych obszarów delty i delt przyujściowych przesmyków, natomiast oddzielający je w stropie od formacji z Chmielnika pakiet ilasto-mułkowy za utwory płytkiego otwartego basenu morskiego.

W środkowej części profilu formacji z Machowa (fig. 2) stwierdzono dwie warstwy piasków drobnoziarnistych, mułkowatych, warstwowanych skośnie i zmarszczkowo, bogatych w uwęglony detryt roślinny i fragmenty muszli mięczaków. Zinterpretowano je jako osad basenowych prądów zawieszinowych (turbidytów), niosących po stoku materiał okruchowy ze strefy brzegowej w głąb zbiornika na skutek różnych przyczyn, np. sztormów czy w wyniku wstrząsów sejsmicznych.

Sukcesję facjalną utworów w obrębie formacji z Machowa przedstawiono na figurach 2 i 6. Sukcesja ta wskazuje, że niższa część profilu utworzyła się w warunkach głębokiego otwartego basenu morskiego, o spokojnej depozycji osadu pelitycznego z zawiesiny, z okresami, w których panowały warunki beztlenowe w partii przydennej (obecność pirytu). Spokojną depozycję przerywały epizody szybkiej akumulacji z prądów gęstościowych (turbidyty). Później nastąpiło

spłylenie i górna część profilu powstała w środowisku przybrzeżnym barierowym, z rozwojem dystalnych partii delt rzecznych i delt przyujściowych u wylotu przesmyków.

W otworze wiertniczym **Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1** profil neogenu wydaje się być w części stropowej formacji z Machowa niekompletny, pozbawiony najmłodszej części osadów (formacja z Chmielnika), kończących depozycję w zbiorniku mioceńskim.

Występujące bezpośrednio pod serią plejstoceno-holocenoformacji z Machowa (fig. 3; apendyks 2) budują (podobnie jak w profilu otworu Busko (Młyny) PIG-1) głównie szare, zielonkawe i niebieskawe iły i iłowce wapniste, laminowane i smugowane poziomo i faliście mułkiem, lokalnie wyraźnie tektonicznie nachylone. Laminacja, czasem rytmiczna, jest często podkreślona skupieniami uwęglonego detrytus roślinnego. Obok utworów laminowanych występują, szczególnie w dolnej części profilu, strefy bezteksturalne, a także cienkie warstewki tufitów. Skupienia pirytu, drobnego uwęglonego detrytu roślinnego i szczątków muszli mięczaków, głównie małży, pojawiają się w profilu strefowo i są przedzielone utworami makroskopowo pozbawionymi organodetrytu. Ponadto w utworach tych dość powszechny jest muskowit, czasem nagromadzony w postaci lamin, natomiast sporadycznie pojawiają się drobne bioturbacje. W spągu profilu tej formacji zaobserwowano drobne łuski ryb. Warstewki i soczewki mułkowe górnej części profilu formacji z Machowa w omawianym otworze wiertniczym wykazują warstwowania zmarszczkowe (odpowiadające utrwalonym zmarszczkom) i skośne. Powyższe cechy tych utworów wskazują na środowisko głębokiego otwartego basenu morskiego (fig. 3).

W środkowej części profilu formacji z Machowa występują dwie stosunkowo grube (11 m i 23 m miąższości) serie piasków kwarcowych średnio- i drobnoziarnistych (fig. 3). Piaski te są bezteksturalne lub warstwowane skośnie i złobiste, mułkowate, średnio i źle wysortowane, zawierają drobny żwirzek kanciastego mlecznego kwarcu oraz klasty beżowych iłów (fig. 5A). Osadom piaszczystym towarzyszą iłomułki z rozproszonym drobnym żwirkiem kwarcowym i detrytem uwęglonej flory (fig. 4F). Omówione utwory zinterpretowano jako osad basenowych prądów zawieszinowych (turbidytyw) (fig. 3), wywołanych gwałtownymi zdarzeniami środowiskowymi i niosących po stoku basenu materiał okrucowy ze strefy brzegowej w głąb zbiornika.

Sukcesję facjalną utworów w obrębie formacji z Machowa w otworze Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 przedstawiono na figurach 3 i 6. Interpretacja sedimentologiczna tej sukcesji wskazuje na powstanie utworów formacji z Machowa w środowisku generalnie głębokiego basenu morskiego, o spokojnej depozycji osadu pelitycznego z zawiesziny, z okresowo i miejscowo (?) występującymi warunkami zubożenia w tlen w partii przydennej, na co wskazuje obecność pirytu. Spokojną depozycję przerywały epizody szybkiej akumulacji z prądów gęstościowych (turbidyty). Należy podkreślić, że podobne przewarstwienia piaszczyste, opisywane w profilu formacji z Machowa

w obszarze tarnobrzesko-rzeszowskim, Karnkowski (1978, 1989) interpretował jako utwory wylotów koryt rozprowadzających na przedpolu wielkiej delty, rozbudowywanej od strony orogenu karpackiego. Utwory te były zapewne dystalnym akumulatem prądów gęstościowych, wykorzystujących wspomniane koryta jako drogi transportu materiału okrucowego.

Formacja z Krzyżanowic

W otworze **Busko (Młyny) PIG-1** pod osadami formacji z Machowa występuje w ciągłości sedimentacyjnej kompleks utworów siarczanowych o grubości prawie 32 m, reprezentujący formację z Krzyżanowic (fig. 2; apendyks 1).

Tę formację budują w górnej części gipsy zwięzłe (zbliżone twardością do anhydrytu) i gipsy bezteksturalne oraz laminowane, z soczewkami gipsorudytyw i gipsoarenitów. Ewaporaty te są miejscami pocięte uskokami synsedymen-tacyjnymi, noszą ślady rozmycia i redepozycji klastycznego materiału gipsowego. Ten gruby i niejednorodny kompleks (ok. 20 m) gipsów jest interpretowany jako gipsy klastyczne. Poniżej występuje kompleks gipsów szablasytych (ok. 1,5 m miąższości) przykrywający ok. 2,5 m miąższości gipsy zwięzłe i gipsy laminowane poziomo i faliście (gipsy stromatolitowe), przedzielone warstwami gipsów selenitowych (tzw. gipsy trawiaste). Spągową część (ok. 1 m miąższości) profilu formacji stanowią gipsy o strukturze gruzłowej i gipsy selenitowe (fig. 5F) o tle ilasto-siarczanowym, które odpowiadają gipsom wielokryształicznym częściowo zmienionym diagenetycznie. Udział gipsów selenitowych wzrasta ku spągowi kompleksu ewaporatowego. Wśród siarczanów występują cienkie wkładki szarych i czarnych iłów, laminowanych poziomo, ze skupieniami siarczanów. Pojawiają się też drobne skupienia siarki, a w całym profilu formacji częste są ślady zaburzeń postsedymen-tacyjnych (szczeliny, spękania, uskoki). Utwory siarczanowe są pozbawione szczątków fauny i flory i reprezentują osady salinarnego basenu siarczanowego (fig. 3), w stropie płytszego (laminity siarczanowe i redepozyty), w dolnej części głębszego (seria selenitowa) basenu ewaporatowego. Utwory ewaporatowe w tym otworze wiertniczym są omówione szczegółowo w osobnej pracy w tym tomie (D. Peryt, T.M. Peryt, 2015).

W otworze badawczym **Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1** pod osadami formacji z Machowa występuje z granicą erozyjną nawiercony na odcinku 2,3 m kompleks utworów siarczanowych, reprezentujący formację z Krzyżanowic (fig. 3; apendyks 2).

Seria ewaporatowa składa się tu z gipsów i gipsów zwięzłych o strukturze gruzłowej i teksturze brekcji gipsowej, złożonej z klastów, tkwiących w ilastym matriksie. Partie brekcji przedzielają warstwy ciemnoszarego iłu ze skupieniami siarczanów oraz gipsu poziomo i faliście laminowanego. Utwory te są pozbawione makroskopowych szczątków fauny i flory i reprezentują osady salinarnego basenu siarczanowego (fig. 3).

Formacja skawińska³

Poniżej utworów formacji z Krzyżanowic nawiercono w otworze badawczym **Busko (Młyny) PIG-1** dwunastometrowej grubości serię osadów, przypisanych formacji skawińskiej (fig. 2; [apendyks 1](#)) na podstawie wykształcenia typowego dla tej formacji, zdefiniowanej w głębszej części zapadliska przedkarpackiego (Czapowski, 2004). Formacja z Pińczowa wyróżniana przez Studecką (2015) oraz D. Peryt i T.M. Peryta (2015) stanowi północny, brzegowy (facje wapienno-piaszczyste) odpowiednik formacji skawińskiej. Omówione utwory to beżowe i szare ily i iłowce wapniste, bezteksturalne i smugowane, niekiedy zbioturbowane, z warstewką tufitu o grubości 6 cm. Ta seria klastyczna zawiera drobny węglony detryt roślinny i szczątki muszli mięczaków oraz skupienia siarczków żelaza (piryt). Utwory te zinterpretowano jako reprezentujące fację głębokiego otwartego basenu morskiego (fig. 2). Szczegółową analizę ich wykształcenia, mikrofaunę i warunki powstania omówili D. Peryt i T.M. Peryt (2015).

W otworze badawczym **Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1** utworów formacji skawińskiej nie nawiercono – otwór zakończono po nawierceniu osadów formacji z Krzyżanowic.

CECHY PETROGRAFICZNE UTWORÓW BADENU I SARMATU

Z wybranych próbek rdzeni z utworów nadewaporatycznych w otworach wiertniczych Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, wykonano po kilkanaście płytek cienkich do obserwacji w mikroskopie optycznym. Podobnie, po kilkanaście próbek z wybranych litofacji z każdego otworu poddano obserwacjom w mikroskopie skaningowym (SEM). Prace te miały na celu scharakteryzowanie mikrofacjalne i petrologiczne badanych utworów. Wyniki tych prac przedstawiono na [figurach 7–10](#).

Badaniami petrologicznymi w otworze **Busko (Młyny) PIG-1** objęto utwory facji wapiennych formacji z Chmielnika (tzw. sarmat detrytyczny), występujących w najwyższej części profilu oraz mięszszą serię klastyczną formacji z Machowa (fig. 7).

Utwory wapienne [formacji z Chmielnika](#) to głównie silnie porowate, lokalnie drobnokawerniste wapienie detrytyczne, w których różnej frakcji ziarna wapienne są scementowane kalcytem (fig. 7A–C). Różnej wielkości, przeważnie grube (do kilku centymetrów) ziarna wapienne są niejednorodne i zróżnicowane pod względem składu ziarnowego. Większe ziarna są często obtoczonymi fragmentami wapieni organodetrytycznych o złożonym składzie ziarnowym lub fragmentami różnych skamieniałości (np. małże, mszywioly, serpuły, krasnorosty). Powszechną cechą tych ziaren jest zmienny stopień obtoczenia i różnie rozwinięta, przeważ-

nie niecałkowita cementacja przestrzeni porowej (fig. 7C). Cementy kalcytowe są niejednorodne i wykazują zmienną morfologię typową dla środowisk płytkiej przybrzeżnej sedymentacji wapiennej. Są one złożone z dwóch głównych faz. Pierwsza faza cementów wykazuje budowę laminarną i ma ogólnie jasne barwy katodolumiencencyjne. Druga (późniejsza) faza jest złożona z subfazy pozbawionej luminescencji oraz subfazy wykazującej luminescencję przytłumioną, kryształy cementów są generalnie ciemne i o niskim, zatartym świeceniu (fig. 7B).

Utwory [formacji z Machowa](#) to głównie szare i ciemnoszare bardzo drobnokrystaliczne mułowce i iłowce margliste, zawierające zmienną ilość węgla wapnia. W zależności od udziału głównych składników mineralnych (minerały ilaste, ziarna detrytyczne, węglany) różnią się zwężnością, twardością i porowatością. Utwory te są zazwyczaj laminowane, a laminacja i kolor tych skał odzwierciedlają zmienne proporcje głównie materiału ilastego i piaszczystego (fig. 7D). Laminacja jest zwykle płaska, równoległa, a niekiedy wykazuje zaburzenia spowodowane bioturbacjami (fig. 7E) albo działalnością prądową (fig. 7F). Bioturbacje w osadach tej formacji są częstsze w dolnej części i nierzadko nadają tym utworom teksturę makroskopowo plamistą, a niejednorodności są widoczne jako jaśniejsze i ciemniejsze plamy (odpowiednio mniej lub bardziej ilasto-mikrytowe). Litofacje o bezładnym, nieuporządkowanym rozmieszczeniu różnych ziaren są ogólnie rzadkie.

W litofacjach bardziej marglistych tej formacji często nie występują struktury laminacyjne, a tekstura bywa jednolita, co wynika z bardzo drobnokrystalicznego, pelitycznego tła tych utworów. Tła skalne badanych litofacji stanowią głównie drobnofuszkowate, o wysokich barwach interferencyjnych, minerały ilaste, głównie montomoryllonit, rzadziej illit. Mają one wielkość zwykle poniżej 10 μm i są rozmieszczone regularnie, tj. równomiernie lub tworzą smugi i laminy. W laminach i smugach są ułożone równoległe. Minerale te i ich dominacja nadaje badanym utworom typową strukturę pelityczno-aleurytową (fig. 8D).

Pospolite w utworach tej formacji są różnej miąższości, zwykle bardzo cienkie, laminy piaszczyste, złożone głównie z ziaren bardzo drobnego (o wielkości do 0,2–0,3 mm) kwarcu, przezroczystego, dobrze wysortowanego i obtoczonego (fig. 8E), ale nierzadko również o ostrokrawędzistych kształtach (fig. 7D). Wyraźnie mniej licznie, choć pospolicie występują również kanciaste ziarna skaleni (fig. 8E). W laminach kwarcowych ziarna są bezładnie rozmieszczone i nie wykazują gradacji wielkości. W utworach bardziej marglistych dość powszechnie, aczkolwiek w niewielkich ilościach, występuje kwarc w postaci ziaren rozproszonych, bezładnie rozmieszczonych w tle ilastym.

W utworach klastycznych formacji z Machowa kalcyt występuje w postaci nieregularnie rozproszonych kryształów lub bardzo drobnych skupień, a lokalnie pojawia się licz-

³ Nazwę „formacja skawińska” przyjęto za „Tabelą stratygraficzną Polski. Polska Pozakarpacka” (PIG, 2008), choć Czapowski (2004) w opracowaniu zbiorczym podaje nazwę „formacja ze Skawiny”.

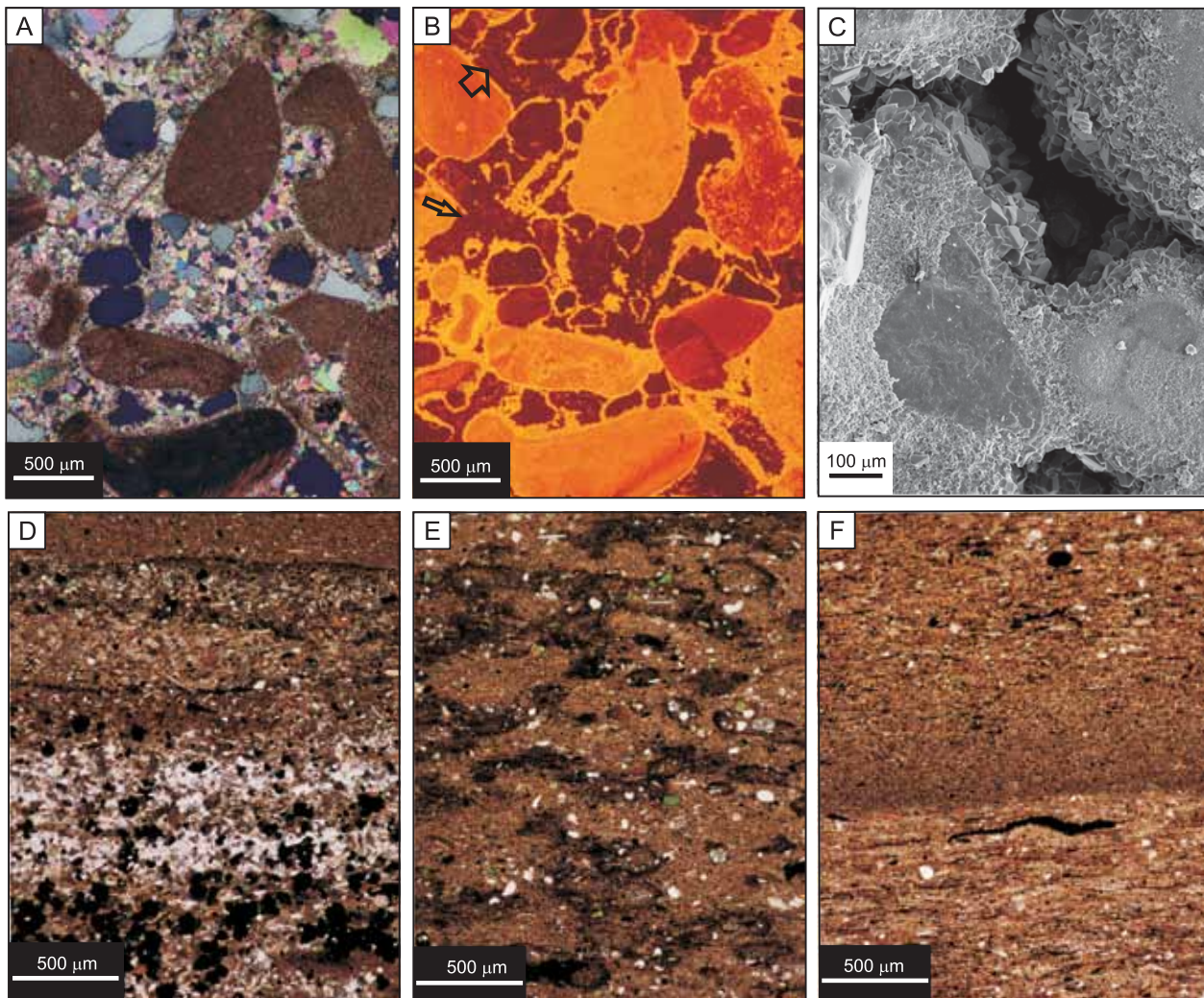


Fig. 7. Struktury i tekstury sedimentacyjne (mikrofotografie)

A. Obwódkiowy cement spartytowy o wzroście kryształów kalcytu w stronę próżni. Płytko cienka, światło spolaryzowane. Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 6,00 m, formacja z Chmielnika. **B.** Fig. 7A w świetle katodoluminescencyjnym. Widoczne są dwie fazy cementacji – jasna luminescencyjna oraz druga złożona z faz bez luminescencji o ciemnych kryształach (cienka strzałka) i o luminescencji przytłumionej, ze słabo widocznymi kryształami (gruba strzałka). Płytko cienka. **C.** Klasty wapienne niecałkowicie scementowane kalcytem. Widoczne duże próżnie skalne, częściowo zajęte wzrastającymi dośrodkowo kryształami kalcytu. Obraz SEM. Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 5,00 m, formacja z Chmielnika. **D.** Laminy piaszczyste złożone z ziaren kwarcu dobrze wysortowanego (jasna lamina słabo czytelna w środkowej części fotografii) i ciemne, cienkie laminy ilaste (górna część fotografii). W dolnej części widoczne liczne bardzo drobne pojedyncze i większe (agregacyjne) skupienia pirytu występującego smużycie. W laminach pojedyncze ziarna glaukonitu (zielone). Płytko cienka. Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 90,30 m, formacja z Machowa. **E.** Zbioturbowany margiel z licznymi ziarnami glaukonitu (zielone). Płytko cienka. Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 144,70 m, formacja z Machowa. **F.** Rozmycie prądowe na granicy lamin ilowcowych z widoczną gradacją materiału ilastego w dolnej części fotografii. Widoczne są obfite wydłużone, krótkie i brunatne smugi ilasto-organiczne. Pojedyncze jasne ziarna bardzo drobnego kwarcu są rozsiiane bezładnie w tle. Płytko cienka. Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 154,70 m, formacja z Machowa

Sedimentary structures and textures (micrographs)

A. Isopachous cement with centripetal calcite crystals. Thin section, crossed nicols. Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 6.0 m, Chmielnik Formation. **B.** The same image in cathodoluminescence. Note two phases of calcite cementation: the first – bright luminescent, and the second – non-luminescent (dark crystalline crystals – thin arrow), or dull-luminescent with weakly outlined calcite crystals (thick arrow). Thin section. **C.** Calcareous clasts incompletely cemented by calcite. Note large vugs partly occluded by centripetal calcite crystals. SEM image, Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 5.00 m, Chmielnik Formation. **D.** Sandy laminae consisting of well-sorted quartz grains (light lamina in the centre) and fine clay laminae (dark, upper part) with single glauconite grains. Single, very fine grains and larger aggregates of pyrite forming streaks are visible in the lower part. Single glauconite grains (green) occur within clay laminae. Thin section. Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 90.30 m, Machów Formation. **E.** Bioturbated marl with numerous glauconite grains (green). Thin section. Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 144.70 m, Machów Formation. **F.** Current scour at the contact of claystone laminae with visible grading of clay material in the lower part. Numerous elongated and short streaks of clay-organic matter (brownish) and single dispersed grains (light) of very fine quartz. Thin section. Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 154.70 m, Machów Formation

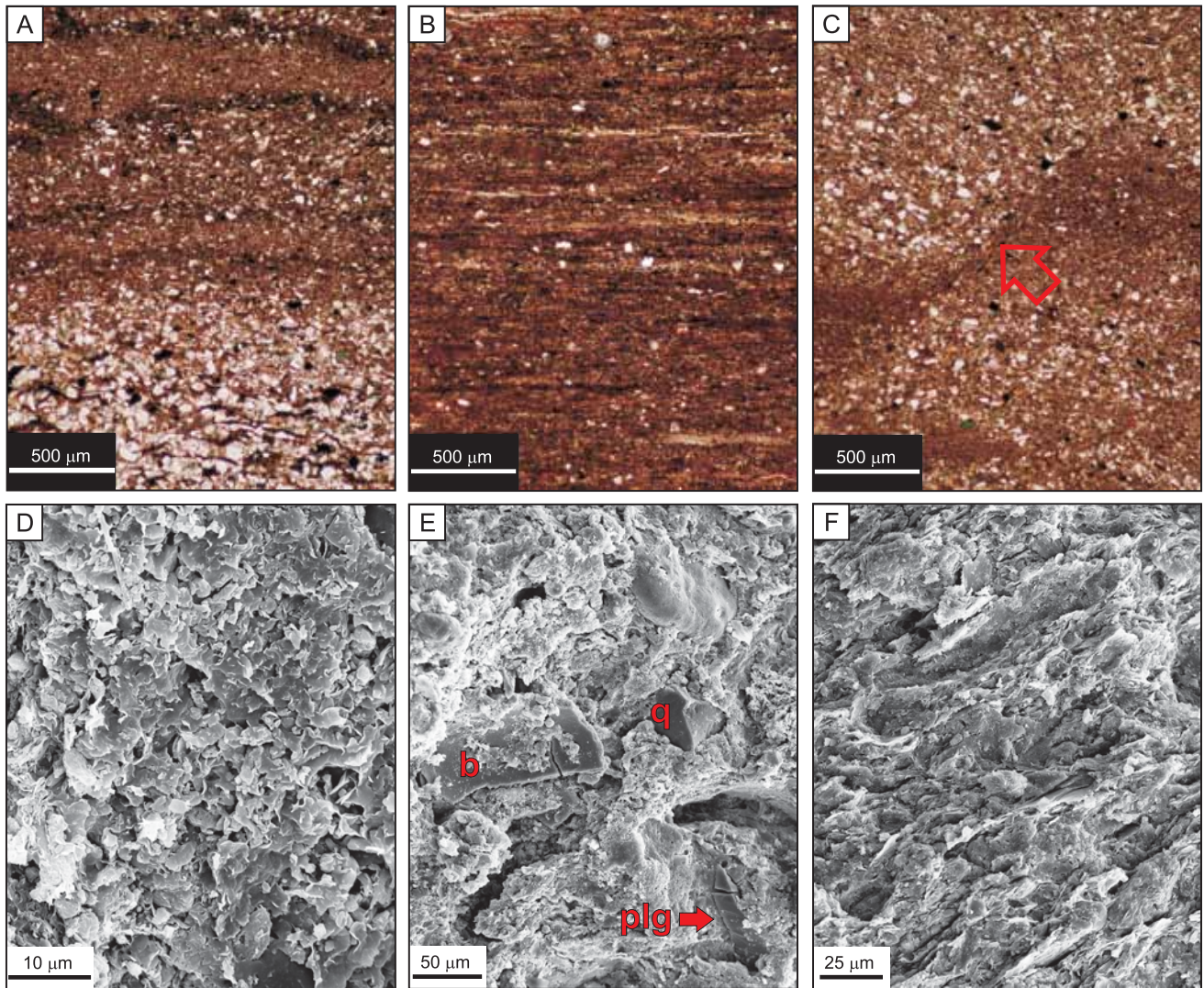


Fig. 8. Struktury i tekstury sedimentacyjne w ilowcach (mikrofotografie)

A. Laminacja piaszczysto-ilasto-marglista. Lamina piaszczysta jest złożona z ziaren kwarcu dobrze wysortowanego, laminy ilaste są bardzo cienkie i ciemne, a margliste nieco grubsze, bardziej homogeniczne z rozszanymi bardzo drobnymi kryształami kalcytu. Pojedyncze zielone ziarna glaukonitu i drobne kuleczki pirytu. Płytko cienka. Otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, głęb. 40,70 m, formacja z Machowa. **B.** Równoległa, płaska laminacja ilasto-organiczna w ilowcu. U góry fotografii widoczne pojedyncze skorupki otwornic oraz pojedyncze bardzo drobne ziarna kwarcu i pirytu rozsiane w tle skalnym. Płytko cienka. Otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, głęb. 182,50 m, formacja z Machowa. **C.** Mikrouskok (strzałka) w ilowcu piaszczystym. Płytko cienka. Otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, głęb. 113,70 m, formacja z Machowa. **D.** Iłowiec o strukturze pelityczno-aleurytowej i bezładnej teksturze. Obraz SEM. Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 31,50 m, formacja z Chmielnika. **E.** Ziarna detrytyczne kwarcu (q), skaleni (plg) i bioklast (b) bezładnie rozsiane w tle ilastym. Obraz SEM. Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 57,30 m, formacja z Machowa. **F.** Iłowiec o strukturze kierunkowej, spowodowanej ogólnie równoległym ułożeniem wydłużonych blaszek minerałów ilastych. Obraz SEM. Otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, głęb. 116,60 m, formacja z Machowa

Sedimentary structures and textures in claystones (micrographs)

A. Sandy-clay-marly lamination. Sandy lamina consists of well-sorted quartz grains, clay laminae are very thin and dark, and the marly ones are more homogenous with dispersed very fine calcite crystals. Single glauconite grains (green) and fine pyrite balls are visible. Thin section. Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, depth 40.70 m, Machów Formation. **B.** Parallel flat lamination with clay-organic matter within a claystone. Single foraminifera tests, dispersed very fine quartz and pyrite grains visible in the upper part. Thin section. Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, depth 182.50 m, Machów Formation. **C.** Microfault (arrow) within sandy claystone. Thin section, Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, depth 113.70 m, Machów Formation. **D.** Structureless pelitic-aleuritic claystone. SEM image. Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 31.50 m, Chmielnik Formation. **E.** Detrital grains of quartz (q), and feldspar (plg), and a bioclast (b), dispersed in clay matrix. SEM image. Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 57.30 m, Machów Formation. **F.** Claystone with directional structure of parallel alignment of elongated plates of clay minerals. SEM image. Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, depth 116.60 m, Machów Formation

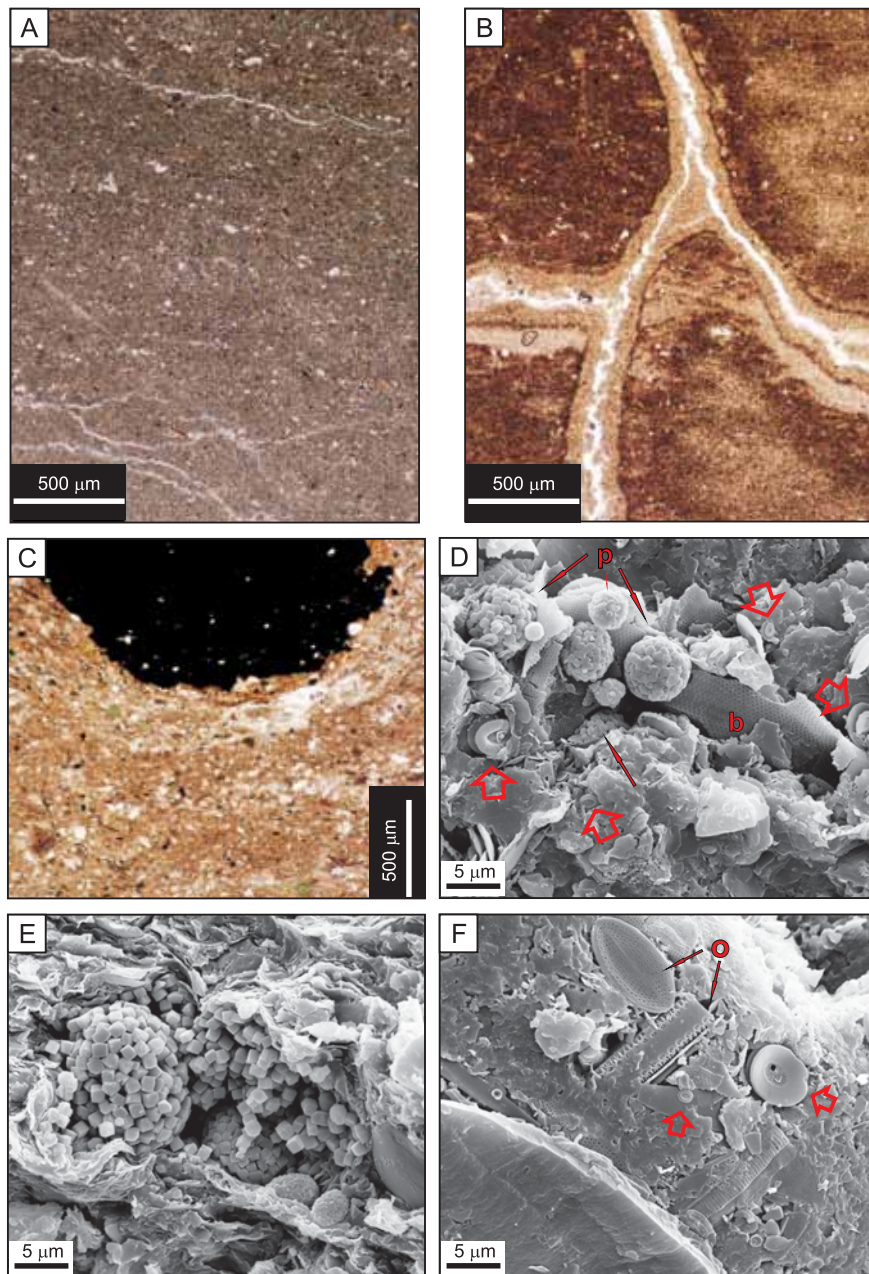


Fig. 9. Minerale i mikroskamieniałości (mikrofotografie)

A. Margiel o jednolitej teksturze z pojedynczymi drobnymi kuleczkami pirytu. Płytko cienka. Otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, głęb. 188,50 m, formacja z Machowa. **B.** Siatka spękań wypełniona jednolitą masą mikrytową. Płytko cienka. Otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, głęb. 167,60 m, formacja z Machowa. **C.** Fragment kongrecji pirytowej (czarna) i ugięte poniżej smugi/laminy bioklastyczne z domieszką ziaren bardzo drobnego kwarcu; częste ziarna glaukonitu (zielone). Płytko cienka. Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 61,80 m, formacja z Machowa. **D.** Piryt framboidalny (p) w środkowej części fotografii. W otoczeniu pirytu są widoczne większy bioklast (b) i liczne miseczkowate formy nannoplanktonu (grube strzałki). Obraz SEM. Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 104,80 m, formacja z Machowa. **E.** Różnej wielkości ziarna pirytu framboidalnego złożone z bardzo drobnych euhedralnych kryształików siarczku (środkowa część fotografii). Obraz SEM. Otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, głęb. 178,50 m, formacja z Machowa. **F.** Różne formy okrzemek (o) w centralnej części fotografii oraz owalna forma nannoplanktonowa (strzałki). Obraz SEM. Otwór Busko (Młyny) PIG-1, głęb. 104,80 m, formacja z Machowa

Minerals and microfossils (micrographs)

A. Structureless marl with single fine pyrite balls. Thin section. Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, depth 188.50 m, Machów Formation. **B.** Fractures infilled with homogenous micrite. Thin section, Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, depth 167.60 m, Machów Formation. **C.** Fragment of a pyrite concretion/nodule (black) underlain by bent bioclastic laminae with admixture of very fine quartz grains; frequent glauconite grains (green) are visible. Thin section. Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 61.80 m, Machów Formation. **D.** Framboidal pyrite (p) in the centre of the photo, associated with a bioclast (b) surrounded by numerous bowl-shaped nannoplankton forms (thick arrows). SEM image. Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 104.80 m, Machów Formation. **E.** Framboidal pyrite grains of various size, composed of very fine euhedral sulphide crystals (in the centre). SEM image. Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, depth 178.50 m, Machów Formation. **F.** Various forms of diatoms (o) in the centre of the photo, and an oval nannoplankton species (arrows). SEM image. Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 104.80 m, Machów Formation

niej, tworząc smugi lub mało wyraźne laminy o mieszanym składzie mineralogicznym na skutek obecności domieszki minerałów ilastych. Kalcyt jest stałym składnikiem mineralnym utworów marglistych. Kryształy kalcytu są nieregularne, bardzo drobne i zwykle rozproszone w tle skalnym. Ich wielkość dochodzi do 0,20 mm, a przeważnie są one porównywalne wielkością z minerałami ilastymi, których wielkość wynosi na ogół poniżej 0,05 mm, co odpowiada wielkości mikrytu. Zawartość kalcytu w profilu pionowym jest wyraźnie zmienna, ale głównie liczniej występuje on w utworach z dolnej części profilu formacji.

Pospolitym składnikiem omawianej formacji jest piryt, występuje on jako mniejsze (fig. 7D) i większe agregaty konkrecyjne (fig. 9C). Powszechne jest występowanie pirytu, a często prawie wyłącznie, w postaci bardzo drobnych (poniżej 0,1 mm) kuleczkowatych form o morfologii framboidalnej (fig. 9D). Dość częste są również pojedyncze i drobne konkrekcje lub większe agregaty konkrekcji pirytowych o wielkości do paru centymetrów (fig. 9C). Występowanie pirytu w postaci mniej lub bardziej wyraźnych laminy i smug jest zwykle zgodne z ogólną stratyfikacją tych utworów klastycznych (fig. 7D).

Pospolitym składnikiem badanych utworów jest również mikrofauna. W płytkach cienkich i w próbkach, badanych w mikroskopie skaningowym, są widoczne dobrze zachowane skorupki otwornic, bioklasty małży, małżoraczki i okrzemki (fig. 9F). Rzadziej natomiast obserwuje się fragmenty muszli i skorup silnie pokruszonych do postaci nierozpoznawalnego biodetrytu o wielkości do 0,3–0,4 mm. Ziarna te wykazują zmienny stopień obtoczenia. Pospolitym składnikiem organogenicznym w omawianym otworze są okrzemki oraz świetnie zachowany i bogaty taksonomicznie nanoplankton (fig. 9F). Większe i lepiej zachowane bioklasty (skorupki mikrofauny) są niekiedy wypełnione krystalicznym kalcytem, rzadziej pirytem.

Oprócz kwarcu spotyka się dość powszechnie, choć w bardzo małych ilościach, również minerały nieprzezroczyste. Oprócz częstego pirytu, nierzadko występuje glaukonit o wielkości poniżej 0,15 mm (fig. 7D, E; fig. 9C). Ziarna minerałów nieprzezroczystych są nieregularnie rozproszone w tle ilastym lub tworzą drobne, pojedyncze skupienia, a miejscami mało wyraźne drobne smugi. Dość częstym składnikiem są ziarna ostrokrawędzistych skaleni (głównie plagioklazów z charakterystycznymi zbliżnieniami) o wielkościach podobnych do kwarcu, choć ogólnie nieco mniejszych. Ziarna skaleni często są częściowo lub silnie zwietrzałe. Spotykane są również listewki łyszczyków ułożonych zgodnie z miejscową stratyfikacją.

W dolnej części serii klastycznej formacji z Machowa niekiedy występują drobne i większe szczeliny, całkowicie wypełnione kalcytem krystalicznym. W tej części profilu spotyka się też sporadycznie drobne, owalne ziarna celestynu/barytu o wachlarzowatej strukturze i wielkości do ok. 0,3 mm.

W profilu utworów neogenu w otworze **Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1**, ze względu na wykształcenie i głębokość końcową wiercenia, badaniom petrologicznym poddano jedynie utwory formacji z Machowa (fig. 8).

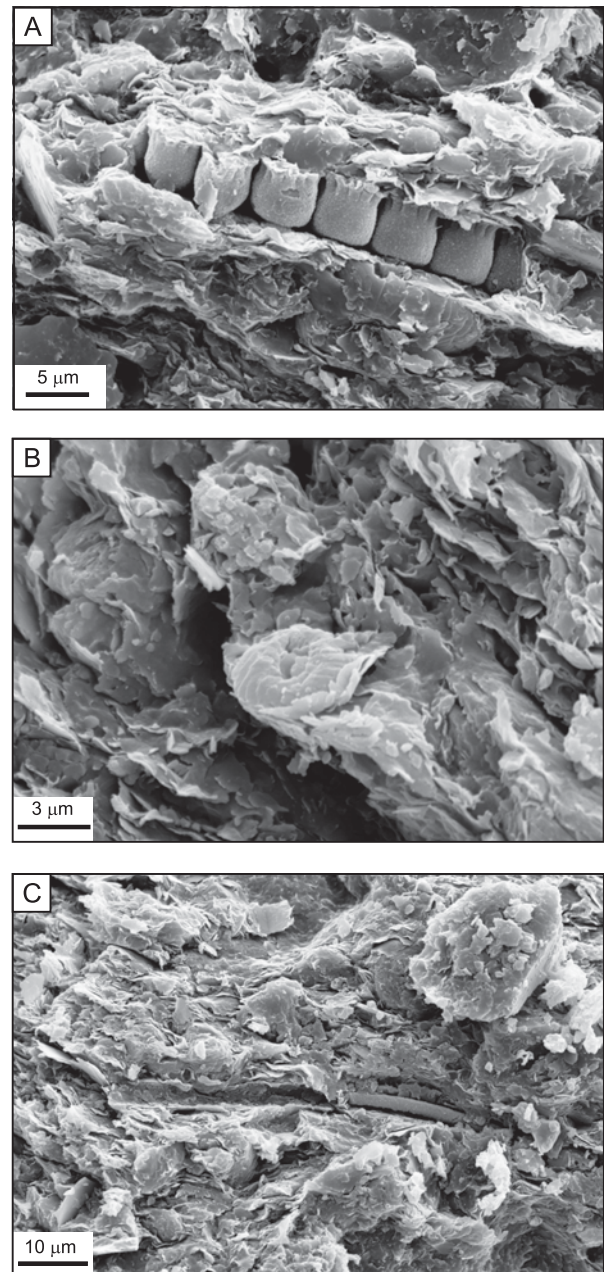


Fig. 10. Mikroskamieniałości

A. Okrzemki w tle ilastym. Obraz SEM. Otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, głęb. 178,50 m, formacja z Machowa. **B.** Pojedyncza mikroskamieniałość nanoplanktonowa (centralna część fotografii) w porowatym tle ilastym. Obraz SEM. Otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, głęb. 116,60 m, formacja z Machowa. **C.** Ślad i zachowana częściowo rurka organizmu penetrującego w osadzie (środkowa część fotografii) oraz owalne ziarno detrytyczne w górnym prawym rogu fotografii. Obraz SEM. Otwór Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, głęb. 178,50 m, formacja z Machowa

Microfossils

A. Diatoms in the clay background. SEM image. Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, depth 178.50 m, Machów Formation. **B.** Single nannoplankton fossil (in the centre) in the porous clay background. SEM image. Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, depth 116.60 m, Machów Formation. **C.** A trace and fragment of a tube of burrowing organism (in the centre); an oval detrital grain (upper right corner). SEM image. Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, depth 178.50 m, Machów Formation

Utwory tej formacji są złożone z szarych i ciemnoszarych drobnokrystalicznych mułowców, iłowców i margli. Zawierają one zmienną ilość węglańca wapnia i odznaczają się różnym stopniem zwięzłości, twardości i porowatości. Facje klastyczne cechują się wyraźną laminacją, która wraz z kolorem skał odzwierciedla zmienne proporcje materiału ilastego, węglanowego i piaszczystego (fig. 8A). Laminacja zwykle jest płaska, równoległa, a niekiedy zaburzona bioturbacjami. Laminy mają zmienną grubość (fig. 8A).

W litofacjach bardziej ilastych i marglistych omawianej formacji osadowej zwykle brakuje struktur laminacyjnych, a tekstura bywa jednolita, bardzo drobnokrystaliczna, o frakcji pelitycznej (fig. 9A). Niekiedy są spotykane zaburzenia sedimentacji spowodowane mikrouskokami synsedymacyjnymi (fig. 8C). Miejscami są widoczne szczeliny wypełnione masą mikrytową (fig. 9B).

Tło skalne badanych litofacji stanowią głównie drobnoluseczkowate minerały ilaste, o wysokich barwach interferencyjnych, głównie montomoryllonit i illit. Mają one wielkość zwykle poniżej 10 μm i są rozmieszczone regularnie, tj. równomiernie lub tworzą smugi i laminy. W laminach i smugach minerały te są ułożone równolegle. Dominacja tych minerałów nadaje badanym utworom typową strukturę pelityczno-aleurytową (fig. 8B). Tekstura tych utworów nierzadko jest kierunkowa, pozioma (fig. 8F).

W smugach i przewarstwieniach piaszczystych występujących w iłowcach i mułowcach są pospolite zmiennej miąższości (zwykle bardzo cienkie) laminy piaszczyste, złożone głównie z ziaren bardzo drobnego (do 0,2–0,3 mm), przezroczystego, dobrze wysortowanego i obtoczonego kwarcu, ale nierzadko mającego również kształty ostrokrawędziste (fig. 8A). Kwarc występuje dość powszechnie w postaci ziaren rozproszonych, bezładnie rozmieszczonych we wszystkich litofacjach, a rzadziej (jako pojedyncze i bardzo drobne ziarna) w iłowcach.

Kalcyt jest na ogół rozproszony nieregularnie, czasem tylko tworzy cienkie smugi lub mało wyraźne laminy (fig. 8A), które mają przeważnie mieszany skład mineralogiczny na skutek domieszki minerałów ilastych. Ponadto częstą domieszką jest w nich drobny i bardzo nieliczny materiał bioklastyczny (głównie otwornice). Kryształy kalcytu

są nieregularne i bardzo drobne, o wielkości do 0,25 mm, a w większości odpowiadają wielkością minerałom ilastym (przeważnie poniżej 0,05 mm) i zwykle są silnie rozproszone w tle skalnym w postaci mikrytu. Zawartość kalcytu zmienia się znacznie w profilu pionowym i ogólnie jest względnie większa w dolnej części profilu.

Pospolitym składnikiem jest piryty, występuje on najczęściej jako bardzo drobne, zwykle o wielkości poniżej 0,1 mm, kuleczki framboidalne (fig. 9E) widoczne w płytkach cienkich pod dużym powiększeniem i w mikroskopie skaningowym. Dość częste są również pojedyncze konkrekcje lub agregaty konkrekcji pirytowych o wielkości do paru centymetrów (fig. 8A, B; 9A), nagromadzone w drobnych i równoległych do stratyfikacji smugach.

Mikrofauna spotykana w profilu otworu Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 jest wyraźnie mniej liczna niż w opisywanym wcześniej otworze Busko (Młyny) PIG-1. Widoczne są rzadkie skorupki otwornic, bioklasty małży, małżoraczki, pojedyncze okrzemki (fig. 10A) i rzadki nanoplankton (fig. 10B). Większe i lepiej zachowane bioklasty (głównie skorupki mikrofauny) są niekiedy wypełnione krystalicznym kalcytem. Miejscami są widoczne ślady penetracji osadów przez drobne robaki (fig. 10C).

Oprócz kwarcu spotyka się w bardzo małych ilościach również minerały nieprzezroczyste, głównie piryty, ale także nierzadko glaukonit (wielkości poniżej 0,15 mm). Ziarna minerałów nieprzezroczystych są nieregularnie rozproszone lub tworzą drobne, pojedyncze skupienia, a zwykle wchodzi w skład smug detrytycznych (klastycznych). W tle skalnym są niekiedy widoczne ziarna ostrokrawędzistych skaleni (głównie plagioklazów, zwykle z charakterystycznymi zbliżnieniami) o średnich wielkościach nieco mniejszych od kwarcu. Skaleni wykazują zmienny stopień zwiertzenia. Względnie często są spotykane również listewki łuszczaków ułożonych zgodnie z miejscową stratyfikacją.

W dolnej części serii klastycznej obserwuje się niekiedy częste spęknięcia oraz szczeliny całkowicie wypełnione mikrytem (fig. 9B). W tej części profilu spotyka się też sporadycznie drobne, owalne ziarna celestynu lub barytu o wachlarzowej strukturze i wielkości do ok. 0,3 mm.

INTERPRETACJA I ROZWÓJ ŚRODOWISK DEPOZYCJI UTWORÓW MIOCENU W BADANYCH OTWORACH WIERTNICZYCH

Na podstawie cech litofacyjnych, struktur i tekstur sedimentacyjnych oraz obserwacji mikrofacjalnych i petrologicznych dokonano interpretacji środowisk sedimentacji utworów neogenu w profilach obu otworów wiertniczych (fig. 2, 3 i 6). Ponadto zaobserwowane sukcesje środowisk sedimentacyjnych pozwalają na zarysowanie ogólnego rozwoju sedimentacji w rejonach brzeżnej strefy basenu zapadliska przedkarpackiego.

Następstwo środowisk depozycji utworów neogenu w świetle badań sedimentologicznych i petrologicznych

w profilu otworu wiertniczego **Busko (Młyny) PIG-1**, położonego bliżej hipotetycznego brzegu zbiornika środkowomiocenińskiego, przedstawiono na figurach 2 i 6.

Najniższa część profilu (osady formacji skawińskiej) utworzyła się w warunkach głębokiego otwartego basenu morskiego, który stopniowo uległ spłyceniu, przeradzając się w salinarny basen siarczanowy (Bąbel, 1999, 2004), początkowo głębszy, następnie dość płytki (utwory formacji z Krzyżanowic). Brak śladów erozji stropu serii gipsowej i szybko wzrastająca domieszka materiału ilastego wskazują

na ciągłość sedymentacji w tym rejonie. Po etapie depozycji ewaporatowej nowy zalew morski zahamował depozycję gipsów, natomiast basen uległ stosunkowo szybkiemu pogłębieniu (wspomniany brak śladów erozji siarczanów i pojawienie się facji ilastej z dobrze zachowanymi delikatnymi muszlami przegrzebków, preferującymi środowisko spokojnych wód otwartego morza – Studencka, 2015). W stosunkowo głębokim (częste masowe występowanie i dobry stan zachowania skorupki małży *Abra* (*Syndosmya*) *alba* (Wood) i *Abra* (*S.*) *reflexa* (Eichwald), zasiedlających współcześnie ilaste dna mórz na głębokości 60–70 m – Gąsiewicz i in., 2011) zbiorniku morskim o normalnym zasoleniu nastąpił rozwój spokojnej zawieszinowej sedymentacji (osady formacji z Machowa), przerywanej epizodami dynamicznej depozycji z prądów gęstościowych (turbidyty). Przy dnie zbiornika okresowo mogły panować warunki anoksyczne, potwierdzone koncentracjami pirytu i zaniemianowaniem tolerancyjnej fauny małżowej (fig. 2). U schyłku depozycji utworów formacji z Machowa pojawiły się, na skutek możliwego spłylenia i rosnących dostaw materiału klastycznego ze strefy brzegowej, osady piaszczyste o cechach dystalnej strefy delt rzecznych i delt przyujściowych przesmyków, formujących się na zewnątrz pasa barier. Obecność dominującej w nich bentonicznej fauny otwornicowej (Paruch-Kulczycka, 2015) oraz częste masowe nagromadzenia skorupki małży rodzaju *Ervilia* i pojedyncze skorupki rodzajów *Obsoletiforma* i *Plicatiforma* wskazują również na płytsze i bardziej dynamiczne środowisko (Gąsiewicz i in., 2011).

W omawianym profilu, w końcowym etapie rozwoju basenu nastąpiło wyraźne spłylenie zbiornika wskutek przesunięcia się ku południowi strefy brzegowej od strony wału małopolskiego, z sedymentacją klastyczną w warunkach wysokodynamicznych (utwory formacji z Chmielnika). Se-

dymentacja tych utworów zachodziła w środowisku lagunowo-barierowym, z systemami przesmyków przecinających bariery i z rozwojem delt przyujściowych u wylotu przesmyków. Na wysokodynamiczne, płytkowodne (głębokość do 35 m) warunki wskazują też wymagania ekologiczne przedstawicieli rodzaju *Ervilia* (Gąsiewicz i in., 2011).

Podobną sukcesję środowisk sedymentacji ukazuje profil utworów neogenu w otworze **Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1** (fig. 3 i 6), położonym dalej od brzegu zbiornika środkowego miocenu w zapadlisku przedkarpackim. Najniższa część profilu (utwory formacji z Krzyżanowic) powstała w warunkach salinarnego basenu siarczanowego, który został następnie wypełniony przez nowy zalew morski, przynoszący pogłębienie basenu i rozwój spokojnej zawieszinowej sedymentacji (osady formacji z Machowa) w zbiorniku morskim o normalnym zasoleniu, przerywany w górnej części profilu epizodami dynamicznej depozycji z prądów gęstościowych (turbidyty).

W tym profilu miocenu charakter przejścia między utworami formacji z Krzyżanowic a formacji z Machowa jest niejasny. Na podstawie zapisu sedymentologicznego tego przejścia trudno jest rozstrzygnąć, czy zalew był poprzedzony erozją, na co zdaje się wskazywać widoczna nierówna granica kontaktu obu formacji i redepozycja części ewaporatów (obserwowane w profilu brekcje gipsowe). Obecność klastów gipsowych może być świadectwem silnego spłylenia zbiornika ewaporatowego w tym rejonie i przeróbką *in situ* materiału osadowego.

Jak wspomniano wcześniej, profil utworów neogenu w otworze wiertniczym Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 wydaje się niekompletny w stropie i w odróżnieniu od profilu otworu Busko (Młyny) PIG-1 brak jest w nim osadów zamykających depozycję w zbiorniku morskim – odpowiednika formacji z Chmielnika.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Odwiercone do głębokości 200,00 m – Busko (Młyny) PIG-1 i 191,00 m – Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, oba otwory badawcze dostarczyły, dzięki pełnemu rdzeniu, materiału porównawczego do badań wykształcenia i stratygrafii utworów ewaporatowych i nadewaporatowych morskiego neogenu w najbardziej ku północnemu-zachodowi położonej części morskiego zbiornika miocenu w zapadlisku przedkarpackim.

Badane profile miocenu, choć podobne litofacjalnie, różnią się tworzącymi je formacjami skalnymi. Utwory budujące profil otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1, położonego bliżej strefy brzegowej zbiornika środkowego miocenu, cechują się stosunkowo pełniejszym rozwojem. Przypisano je do czterech głównych jednostek litostratygraficznych górnego neogenu, wyróżnianych w tej części zapadliska. Od stropu profilu są to (fig. 2, 6):

- formacja z Chmielnika (głęb. 0,30–34,00 m), datowana na sarmat dolny i reprezentowana przez utwory piaszczysto-żwirowe z wkładkami ilastymi;

- formacja z Machowa (głęb. 34,00–156,50 m), obejmująca sarmat dolny–baden górny, zbudowana z przemienne występujących utworów ilastych i mułkowo-piaszczystych;
- formacja z Krzyżanowic (głęb. 156,50–188,00 m), zwykle datowana na baden górny, wykształcona jako utwory siarczanowe (gipsy) z wkładkami węglanowymi i ilastymi;
- formacja skawińska (jej górna część, nawiercona na głęb. 188,00–200,00 m), datowana na baden dolny i reprezentowana przez utwory ilasto-margliste; osady te zawierają obfity, zróżnicowany taksonomicznie i dobrze zachowany nanoplankton wapienny (Gąsiewicz i in., 2011; Gaździcka, 2015), reprezentujący poziom nanoplanktonowy NN5 *Sphenolithus heteromorphus*, który obejmuje piętra lang i serrawal dolny i jest datowany na niższą część miocenu środkowego (baden dolny); zidentyfikowano tu też otwornicowy poziom *Orbulina suturalis* wskazujący na wczesny baden (podpiętro moraw – Paruch-Kulczycka, 2015).

Z kolei utwory przewiercone w otworze wiertniczym Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, położonym dalej od brzegu zbiornika miocenijskiego w zapadlisku przedkarpacim, przypisano jedynie dwóm wcześniej wymienionym jednostkom litostratygraficznym (fig. 3, 6):

- formacji z Machowa (głęb. 27,30–188,74 m), zbudowanej tu z przemiennie występujących wapienistych utworów ilastych i mułkowo-piaszczystych oraz wkładek piasków drobno- do średnioziarnistych, kwarcowych, niekiedy z drobnym żwirkiem;
- formacji z Krzyżanowic (głęb. 188,74–191,00 m, w której zakończono otwór), wykształconej jako utwory siarczanowe (gipsy i brekcje gipsowe) z wkładkami węglanowymi i ilastymi.

Profil utworów neogenu w tym otworze wydaje się być niekompletny w stropie – pozbawiony osadów typu formacji z Chmielnika (obecnych w profilu Busko (Młyny) PIG-1), zamykających depozycję w zbiorniku morskim.

Badania sedymentologiczne pozwoliły określić następstwo środowisk depozycji przewierconych utworów neogenu w badanych profilach miocenu.

Najniższa część (formacja skawińska) profilu otworu Busko (Młyny) PIG-1 (fig. 2, 6) powstała w warunkach głębokiego otwartego basenu morskiego (D. Peryt, T.M. Peryt, 2015), który stopniowo uległ spłyceniu, przeradzając się w salinarny basen siarczanowy (formacja z Krzyżanowic), początkowo głębszy, następnie dość płytki. Basen ten uległ stosunkowo szybkiemu pogłębieniu (nowy zalew morski, brak śladów znaczącej erozji serii gipsowej) i nastąpił rozwój spokojnej zawiesinowej sedymentacji (formacja z Machowa) w stosunkowo głębokim zbiorniku morskim o normalnym zasoleniu, przerywany w wyższej części profilu epizodami dynamicznej depozycji z prądów gęstościowych (turbidyty). W utworach formacji z Machowa na głębokości 98,0–105,8 m stwierdzono masowe występowanie morskich okrzemek, które być może są efektem rozwoju transgresji morza dolnosarmackiego, natomiast na głębokości 150,5 m zaobserwowano obfity redeponowany nanoplankton, pochodzący z utworów paleogenu z obszaru Karpat, rejestrujący zapewne maksimum transgresji morza wyższego badenu (Gąsiewicz i in., 2011).

Nie można wykluczyć jednak, że zwiększona redepozycja podłoża paleogeńskiego była efektem postępujących zmian klimatycznych. U schyłku depozycji tych utworów pojawiły się – wskutek możliwego spłycenia i rosnących dostaw materiału klastycznego ze strefy brzegowej – osady piaszczyste dystalnych partii delt rzecznych i delt przyujściowych przesmyków w strefie barierowej. W końcowym rozwoju omawianego profilu nastąpiło wyraźne spłycenie zbiornika wskutek przesunięcia się ku południowi strefy brzegowej i dotychczasową spokojną depozycję zastąpiła wysokodynamiczna sedymentacja osadów klastycznych (formacja z Chmielnika) w warunkach środowiska lagunowo-barierowego, z systemami przesmyków przecinających bariery i z rozwojem delt przyujściowych u wylotu przesmyków.

Najniższą część profilu otworu Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 (fig. 3, 6) budują gipsy laminowane (formacja

z Krzyżanowic) powstałe w warunkach salinarnego basenu siarczanowego. Basen ten został następnie wypełniony przez nowy zalew morski, związany z pogłębieniem basenu i rozwojem spokojnej zawiesinowej sedymentacji (formacja z Machowa) w stosunkowo głębokim zbiorniku morskim. Ten typ sedymentacji był przerywany (jak w profilu Busko (Młyny) PIG-1) epizodami dynamicznej depozycji z prądów gęstościowych (turbidyty). Taki charakter depozycji utrzymywał się do końca zachowanego w tym otworze profilu miocenu.

Skład ziarnowy wkładek piaszczystych formacji z Machowa w tym otworze wiertniczym, które zinterpretowano jako efekt prądów gęstościowych (fig. 3), wskazuje na ich niską dojrzałość i po krótkim transporcie szybkie osadzenie materiału głównie z zawiesiny frakcjonalnej, w warunkach umiarkowanej lub dużej turbulencji (Kramarska, 2015). Z kolei skład zespołów przezroczystych minerałów ciężkich sugeruje, że przypuszczalnym ich źródłem były niszczone utwory fliszu karpacciego (*op. cit.*).

Niejednoznaczny w interpretacji jest tu charakter przejścia od ewaporatów (formacja z Krzyżanowic) do ilastych utworów formacji z Machowa. Trudno bowiem rozstrzygnąć czy zalew górno-badeński poprzedzony był tu erozją (nierówna granica kontaktu obu formacji) czy redepozycją *in situ* części ewaporatów (brekcje gipsowe w profilu) w wyniku spłycenia basenu ewaporatowego.

Cechą charakterystyczną obu profili z miocenu jest obecność strefy pozbawionej wystąpień fauny małżowej (Gąsiewicz i in., 2011). Strefa ta występuje na głębokości 109,1–127,7 m (w jej obrębie lokuje się granica baden–sarmat wyznaczona na podstawie nanoplanktonu, natomiast powyżej – granica wyznaczona na podstawie otwornic) w profilu Busko (Młyny) PIG-1 i na głębokości 150,8–162,8 m (w tej strefie jest ulokowana granica baden–sarmat wyznaczona na podstawie otwornic, natomiast tuż poniżej – granica określona na podstawie nanoplanktonu) w profilu Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 (fig. 6). Geneza tej „luki małżowej”, w której jest lokowana granica baden–sarmat oparta na faunie małży (Studencka, 2015), jest niejasna i wymaga dalszych badań szczegółowych.

W świetle wyników szczegółowych badań stratygraficznych granicę baden–sarmat stwierdzono na różnych głębokościach, w zależności od użytej metody. W profilu otworu Busko (Młyny) PIG-1 granicę tą stwierdzono (fig. 6) na podstawie:

- zespołów otwornic na głębokości 101,5 m, pomiędzy trzema poziomami późnego badenu (podpiętro kosow): *Neobulimina longa*, *Velapertina indigena* i *Hanzawaia crassiseptata* a wczesnosarmackim (podpiętro wołyn) poziomem *Anomalinoides dividens* (Paruch-Kulczycka, 2015);
- zespołów nanoplanktonu wapiennego na głębokości ok. 120,0 m (Gaździcka, 2015); głębokość ta rozgranicza dolną część formacji z Machowa, zawierającą zespoły poziomu NN6 (górnny serrawal) i wyższą część formacji, w której występują słabo zróżnicowane pod względem taksonomicznym zespoły nanoplanktonu z gatunkami o długim zasięgu stratygraficznym i ra-

czej sarmackim charakterze (*op. cit.*);

- danych geochemicznych (rozkładu zawartości i relacji wzajemnych składników chemicznych głównych i śladowych oraz rozkładu wartości izotopowych tlenu i węgla) na głębokości 104,0 m (Gąsiewicz, 2015).

W profilu otworu Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 granicę tę stwierdzono (fig. 6) na podstawie:

- zespołów otwornic na głębokości 154,5 m (przedział zmian występuje na głębokości 148,3–162,5 m) (Gąsiewicz i in., 2011; Paruch-Kulczycka, 2015);
- zespołów nanoplanktonu wapiennego na głębokości ok. 165,0 m (Gaździcka, 2015);
- danych geochemicznych (rozkładu zawartości i relacji wzajemnych składników chemicznych głównych i śladowych oraz rozkładu wartości izotopowych tlenu i węgla) na głębokości 136,0 m (Gąsiewicz, 2015).

Oprócz widocznych różnic w lokowaniu granicy baden–sarmat na podstawie otwornic i nanoplanktonu, zwraca uwagę rozbieżność między granicami bio- i chemostratygraficznymi w obu profilach otworów wiertniczych. Przy braku zmian w charakterze osadów formacji z Machowa wyraźne zmiany geochemiczne w profilu Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 zarejestrowano znacznie później niż zmiany zespołów mikrofaunistycznych (otwornice) i nanoplanktonu, natomiast w profilu Busko (Młyny) PIG-1 – nieco wcześniej (fig. 6). Z kolei pojawienie się nowych zespołów faunistycznych (sarmackich małży i nanoplanktonu) nastąpiło w obu profilach ogólnie wcześniej niż zarejestrowana zmiana w składzie geochemicznym utworów przejściowych między oboma piętrami miocenu. Wszystkie te zmiany miały miejsce w warunkach otwartego głębokiego zbiornika morskiego, ze spokojną depozycją z zawiesiny, przed epizodami aktywnej działalności prądów zawieszinowych.

Badania rozmieszczenia i składu wkładek tufitowych w profilach obu otworów badawczych (Bukowski, 2015) pozwoliły wyróżnić dwie korelujące się wkładki tufitowe (oznaczone jako M1/2 = D1/2 i M1/1 = D1/1) (fig. 2, 3 i 6). Mniej więcej w połowie odległości pomiędzy nimi, na głębokości ok. 170 m, w profilu otworu Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 zarejestrowano przejście od normalnej do odwróconej polarności. Zmiana ta jest wstępnie korelowana z sukcesją chron C5AAn–C5Ar.3r globalnej skali paleomagnetycznej (Sant i in., 2015).

Badania podatności magnetycznej w profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 nie wykazały wyraźnych zmian w polarności osadów, co uniemożliwiło wiarygodną interpretację kierunków paleomagnetycznych (Sant i in., 2015).

Ogólny obraz magnetostratygraficzny dla profilu Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 (Sant i in., 2015) w dolnej części jest zdominowany przez normalną i odwróconą polarność (głęb. 150–200 m), natomiast w górnej partii (głęb. 30–150 m) cechuje go nałożona współczesna normalna polarność magnetyczna (fig. 6). W nawiązaniu do aktualnych datowań wieku bezwzględne, które przyjmują wartość rzędu 13,4 Ma dla stropu bałeńskich soli w południowej części zapadliska przedkarpackiego (de Leeuw i in., 2010)

i ok. 13,1 Ma dla stropu gipsów (Śliwiński i in., 2012), można stwierdzić, że wspomniany punkt zmiany polarności od normalnej do odwróconej (chrony C5AAn i C5Ar.3r), datowany na $12,8 \pm 0,1$ Ma, lokuje się w przedziale czasowym odpowiadającym górnemu badenowi (de Leeuw i in., 2010).

Po przeanalizowaniu wyników przeprowadzonych badań materiału rdzeniowego obu otworów badawczych nasuwają się następujące wnioski:

1. Przewiercona w obu profilach otworów sukcesja osadów, przypisywana przejściu od badenu do sarmatu (formacja z Machowa), powstała głównie w otwartym, dość głębokim morskim basenie o normalnym zasoleniu, zdominowanym przez sedymentację pelitycznego materiału z zawiesiny (fig. 6). Objawy spłylenia i bardziej dynamicznych warunków zaznaczyły się w stropie tej formacji jedynie w położonym bliżej brzegu zbiornika profilu otworu badawczego Busko (Młyny) PIG-1 (fig. 2, 6) i charakteryzują też przewiercone tu, datowane na dolny sarmat, utwory okruchowe (formacja z Chmielnika). Z kolei przypisywane górnemu badenowi siarczany formacji z Krzyżanowic, podścielające osady formacji z Machowa, powstały w płytkim basenie siarczanowym (fig. 6), natomiast nawiercone poniżej w profilu otworu Busko (Młyny) PIG-1 i datowane na dolny baden ilasto-margliste utwory formacji skawińskiej (fig. 2, 6) uformowały się w podobnym do górnobadeńskiego otwartym zbiorniku morskim o głębokości 50–70 m (D. Peryt, T.M. Peryt, 2015).

2. Brak związku między zmianami zespołów makrofauny (małże) i planktonu wapiennego a zmianami geochemicznymi osadów sugeruje brak ścisłej zależności między chemizmem zbiornika a wymogami życiowymi mikrofauny w tej części basenu. W bardziej otwartych partiach basenu morskiego (profil Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1) nowe zespoły faunistyczne (sarmackie) pojawiły się wcześniej niż nastąpiła zmiana cech geochemicznych osadów. W strefie bliższej brzegowi (profil Busko (Młyny) PIG-1) fauna otwornicowa typu sarmackiego pojawiła się natomiast tuż po zmianie cech geochemicznych środowiska.

3. Zmianie cech geochemicznych środowiska, związanej z przejściem od badenu do sarmatu, nie towarzyszyły zmiany w charakterze depozycji osadów w obu badanych rejonach (fig. 6). W obu profilach obserwowana zmiana, podobnie jak zmiany charakteru zespołów faunistycznych, nastąpiła w facji otwartego głębokiego zbiornika morskiego, przed epizodami aktywnej działalności prądów zawieszinowych.

4. Wyniki badań paleomagnetycznych i korelacja warstw tufitowych wskazują na wiek górnobadeński ($12,8 \pm 0,1$ Ma) utworów występujących poniżej strefy przyjmowanej na podstawie danych mikrofaunistycznych i nanoplanktonowych za miejsce lokalizacji granicy baden–sarmat (fig. 6). Młodsza, wyżej położona korelująca się w obu profilach wkładka tufitowa pojawia się w profilu otworu badawczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 ponad granicą wyznaczoną przez otwornice, a poniżej granicy geochemicznej, natomiast w profilu otworu Busko (Młyny) PIG-1 pozycja tej wkładki jest odwrotna (fig. 6).

Podziękowania. Autorzy dziękują wszystkim badaczom, którzy pracowali na zaprezentowanym materiale rdzeniowym, za zaangażowanie w przygotowaniu licznych publikacji, wnoszących nowe dane o stratygrafii, wykształceniu i genezie utworów pogranicza badenu i sarmatu w zapadlisku przedkarpaccim. Autorzy dziękują także recenzentom za cenne uwagi, a p. Ewelinie Leśniak za poprawki redakcyjne.

Opracowanie wykonano na zamówienie ministra środowiska za środki finansowe wypłacone przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (projekt nr 21.9100.0501.02-05.0) oraz ze środków statutowych PIG-PIB (projekty o nr. 6.94.0005.00.0 i 61.2901.0502.00.0).

LITERATURA

- ALEXANDROWICZ S.W., PARACHONIAK W., 1956 — Tufity mioceńskie w okolicach Pińczowa nad Nidą. *Acta Geol. Pol.*, **6**: 301–325.
- BABEL M., 1999 — Facies and depositional environments of the Nida Gypsum deposits (Middle Miocene, Carpathian Foredeep, southern Poland). *Geol. Quart.*, **43**, 4: 405–428.
- BABEL M., 2004 — Badenian evaporite basin of the northern Carpathian Foredeep as a drawdown salina basin. *Acta Geol. Pol.*, **54**: 219–249.
- BABEL M., 2007 — Depositional environments of a salina-type evaporite basin recorded in the Badenian gypsum facies in the northern Carpathian Foredeep. *Geol. Soc. Sp. Publ., London*, **285**: 107–142.
- BRZozowska J., 2004 — Przebieg sedymentacji osadów „sarmatu detrytycznego” na obszarze pomiędzy Stawianami a Sędziejowicami. *Prz. Geol.*, **52**, 1: 55–60.
- BUKOWSKI K., 2015 — Mioceńskie poziomy tufitowe z otworów wiertniczych Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 79–94.
- CZAPOWSKI G., 1984 — Osady barierowe w górnym miocenie południowego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, **32**, 4: 185–194.
- CZAPOWSKI G., 1994 — Sedimentation of Middle Miocene marine complex from the area near Tarnobrzeg (north-central part of the Carpathian Foredeep). *Geol. Quart.*, **38**, 3: 577–592.
- CZAPOWSKI G., 1995 — Depositional history of post-evaporitic Middle Miocene complex from the north-central part of the Carpathian Foredeep (S Poland). *Romanian Journal of Stratigraphy*, **76**, 7, 2: 121–122.
- CZAPOWSKI G., 2004 — Otoczenie Gór Świętokrzyskich. *W: Budowa Geologiczna Polski. T. 1. Stratygrafia, cz. 3a. Kenozoik: paleogen i neogen (red. T.M. Peryt, M. Piwocki): 239–245. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- CZAPOWSKI G., GAŚIEWICZ A., 1994 — Preface. *Geol. Quart.*, **38**, 3: 337–340.
- CZAPOWSKI G., GAŚIEWICZ A., 1997 — Analiza wykształcenia utworów pod- i nadewaporatowych miocenu w północnej brzeżnej części zapadliska przedkarpacciego celem określenia uwarunkowań występowania epigenetycznych złóż siarki rodzimej. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.*
- CZAPOWSKI G., GAŚIEWICZ A., 2011a — Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Busko (Młyny) PIG-1, wykonanego dla potrzeb zadania pt. Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski, finansowanego przez Ministerstwo Środowiska ze środków NFOŚiGW. Problem nr 12 pt. Opracowanie charakterystyki stratygraficzno-genetycznej miocenu gipsonośnego z obszaru Niecki Nidy. Temat nr 21.9100.0501.02-05.0. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB [2567/2011], Warszawa.*
- CZAPOWSKI G., GAŚIEWICZ A., 2011b — Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, wykonanego dla potrzeb zadania pt. Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski, finansowanego przez Ministerstwo Środowiska ze środków NFOŚiGW. Problem nr 12 pt. Opracowanie charakterystyki stratygraficzno-genetycznej miocenu gipsonośnego z obszaru Niecki Nidy. Temat nr 21.9100.0501.02-05.0. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB [2228/2011], Warszawa.*
- CZAPOWSKI G., STUDENCKA B., 1990 — Studium sedymentologiczno-paleontologiczne osadów barierowych dolnego sarmatu w rejonie Chmielnika (południowe obrzeżenie Gór Świętokrzyskich). *Prz. Geol.*, **38**, 3: 117–127.
- CZAPOWSKI G., GAŚIEWICZ A., BUKOWSKI K., CHANG L., De LEEUW A., GAŻDZICKA E., KRIJGSMAN W., PARUCH-KULCZYCKA J., KARIN SANT K., STUDENCKA B., 2012 — Multidisciplinary study of Badenian/Sarmatian (Early Serravallian) boundary position in the Eastern Carpathian Foredeep (Poland): Preliminary report. *W: Abstracts Volume of RCMNS Interim colloquium, “Paratethys-Mediterranean Interactions: Environmental Crises during the Neogene”, Bucharest, 27–3.09.2012: 37–38.*
- CZEPIEC I., 1996 — Biostratygrafia i warunki depozycji osadów północnej strefy brzeżnej sarmatu Polski. *Geologia*, **22**: 309–338.
- CZEPIEC I., 1997 — Mikrofauna otwornicowa sarmatu zapadliska przedkarpacciego. *Geol. AGH*, **23**, 3: 258–305.
- CZEPIEC I., 1999 — Biostratigraphy and paleoenvironment of the Sarmatian northern marginal zone of Poland, **387**: 96–98.
- DUDZIAK J., ŁAPTAŚ A., 1991 — Stratigraphic position of Miocene Carbonate-Siliciclastic Deposits near Chmielnik (Świętokrzyskie Mountains Area, Central Poland) based on Calcareous Nannofossils. *Bull. Pol. Acad. Sci.*, **39**: 55–66.
- FIJAŁKOWSKA E., FIJAŁKOWSKI J., 1966 — Bentonity w utworach miocenu południowego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Biul. Inst. Geol.*, **194**: 95–129.
- GAŻDZICKA E., 1994 — Nannoplankton stratigraphy of the Miocene deposits in Tarnobrzeg area (northeastern part of the Carpathian Foredeep). *Geol. Quart.*, **38**, 3: 553–570.
- GAŻDZICKA E., 2015 — Nanoplankton wapienny i okrzemki środkowego miocenu w rejonie Buska i Kazimierzy Wielkiej (północna część zapadliska przedkarpacciego) *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**, 153–178.
- GAŚIEWICZ A., 1989 — Wyniki prac poszukiwawczych złóż siarki rodzimej w rejonie Alfredówka–Gwoździec. *Prz. Geol.*, **37**, 4: 207–209.
- GAŚIEWICZ A., 1994 — Gypsum-ghost limestones and selenitic gypsum relation of the Osiek-Baranów Sandomierski sulphur deposit. *Geol. Quart.*, **38**, 3: 449–472.

- GAŚIEWICZ A., 2015 — Cechy geochemiczne utworów pogranicza badenu i sarmatu w otworach wiertniczych Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 z północnego obrzeżenia zapadliska przedkarpackiego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 61–78.
- GAŚIEWICZ A., CZAPOWSKI G., 2005a — Projekt prac geologicznych na wykonanie otworu badawczego Busko (Młyny) PIG-1 (gmina Chmielnik, powiat kielecki) dla potrzeb zadania pt. Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- GAŚIEWICZ A., CZAPOWSKI G., 2005b — Projekt prac geologicznych na wykonanie otworu badawczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 (gmina Kazimierza Wielka, powiat kazimierski) dla potrzeb zadania pt. Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB [3161/2010], Warszawa.
- GAŚIEWICZ A., CZAPOWSKI G., 2005c — Geochemical and sedimentological aspects of the Badenian-Sarmatian transition in the marine Middle Miocene succession of the Polish Carpathian Foredeep. *W: Abstracts of 12th RCMNS Congress*. Vienna, 6–11.09.2005 r.: 79–80.
- GAŚIEWICZ A., CZAPOWSKI G., 2012 — Korelacja chemostratygraficzna utworów nadkładu badeńskiej serii ewaporatowej w brzeźnej części zapadliska przedkarpackiego. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- GAŚIEWICZ A., CZAPOWSKI G., PARUCH-KULCZYCKA J., 2004 — Granica baden-sarmat w zapisie geochemicznym osadów w północnej części zapadliska przedkarpackiego – implikacje stratygraficzne. *Prz. Geol.*, **52**, 5: 413–420.
- GAŚIEWICZ A., CZAPOWSKI G., BUKOWSKI K., de LEEUW A., GAŹDZICKA E., KRIJGSMAN W., PARUCH-KULCZYCKA J., STUDENCKA B., 2011 — Problem 12 pt. Opracowanie charakterystyki stratygraficzno-genetycznej miocenu gipsonośnego z obszaru Niecki Nidy. Temat: Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski, nr 21.9100.0501.02-05.0. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- GEDL P., 1999 — Palaeoenvironmental and sedimentological interpretations of the palynofacial analysis of the Miocene deposits from the Jamnica S-119 borehole (Carpathian Foredeep, Poland). *Geol. Quart.*, **43**, 4: 479–492.
- GŁOGOCZOWSKI J., 1957 — Niektóre własności bentonitów i ilów bentonitowych z Chmielnika. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **27**: 195–220.
- JASIONOWSKI M., 1997 — Zarys litostratygrafii osadów mioceńskich wschodniej części zapadliska przedkarpackiego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **375**: 43–60.
- KARNKOWSKI P., 1978 — Pradelta w miocenie przedgórz Karpat. *Prz. Geol.*, **26**, 11: 625–629.
- KARNKOWSKI P., 1989 — Utwory deltowe przedgórz Karpat. *Prz. Geol.*, **37**, 1: 28–32.
- KASPRZYK A., 1993 — Lithofacies and sedimentation of the Badenian (Middle Miocene) gypsum in the north part of the Carpathian Foredeep, southern Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.* **63**: 33–84.
- KOVÁČ M., ANDREYEVA-GRIGOROVICH A., BAJRAKTAREVIĆ Z., BRZOBOHATÝ R., FILIPESCU S., FODOR L., HARZHAUSER M., OSZCZYPKO N., NAGYMAROS A., PAVELIĆ D., RÖGL E., SAFTIĆ B., SLIVAL, STUDENCKA B., 2007 — Badenian evolution of the Central Paratethys Sea: palaeogeography, climate and eustatic sea level changes. *Geol. Carpath.*, **58**: 479–606.
- KRAMARSKA R., 2015 — Minerale ciężkie w profilu utworów miocenu w otworze wiertniczym Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 (północny skraj zapadliska przedkarpackiego) *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 53–60.
- KRÓL E., JELEŃSKA M., 1999 — The local magnetostratigraphic scale for the supra- evaporitic Miocene deposits in the northern part of Carpathian Foredeep and its stratigraphic implications (drill-core Jamnica S-119). *Geol. Quart.*, **43**, 4: 509–518.
- KRYSIK Z., 2000 — Tectonic evolution of the Carpathian Foredeep and its influence on Miocene sedimentation. *Geol. Quart.*, **44**, 2: 137–156.
- KUBICA B., 1992 — Rozwój litofacjalny osadów chemicznych badenu w północnej części zapadliska przedkarpackiego. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **133**: 1–64.
- KWIATKOWSKI S., 1972 — Sedymentacja gipsów mioceńskich południowej Polski. *Pr. Muz. Ziemi*, **19**: 3–93.
- de LEEUW A., BUKOWSKI K., KRIJGSMAN W., KUIPER K.F., 2010 — Age of the Badenian salinity crisis; impact of Miocene climate variability on the circum-Mediterranean region. *Geology*, **38**: 715–718.
- de LEEUW A., BUKOWSKI K., KRIJGSMAN W., KUIPER K. F., MANDIĆ O., STOICA M., CZAPOWSKI G., GAŚIEWICZ A., 2013 — Chronologic constraints on high-resolution record of the sedimentary and biotic response to the Badenian salinity crisis of the Central Paratethys. *W: Book of Abstracts of the 14th RCMNS Congress*. Istanbul, Turkey, 8–12.09.2013 r.: 70. Istanbul Technical University.
- LYCZEWSKA J., 1975 — Zarys budowy geologicznej pasma wólczo-pińczowskiego. *Biul. Inst. Geol.*, **283**: 151–188.
- OSZCZYPKO N., 2006 — Powstanie i rozwój polskiej części zapadliska przedkarpackiego. *Prz. Geol.*, **55**, 5: 396–403.
- PARUCH-KULCZYCKA J., 1999 — Genus *Silicoplacentina* (Class Amoebea) from the Miocene Machów Formation (Krakowiec Clays) of the northern Carpathian Foredeep. *Geol. Quart.*, **43**, 4: 499–508.
- PARUCH-KULCZYCKA J., 2000 — Zespół otwornic najmłodszej serii ilów krakowieckich z rejonu Tarnobrzega. *W: XVII Konf. Paleont.* Kraków, 21–23.09.2000: 55–56.
- PARUCH-KULCZYCKA J., 2015 — Biostratygrafia osadów miocenu z otworów wiertniczych Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 na podstawie otwornic (północna część zapadliska przedkarpackiego) *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 115–132.
- PAWŁOWSKI S., 1965 — Zarys budowy geologicznej okolic Chmielnika-Tarnobrzega. *Przewodnik 38. Zjazdu Pol. Tow. Geol.*: 8–20.
- PAWŁOWSKI S., PAWŁOWSKA K., KUBICA B., 1985 — Budowa geologiczna tarnobrzęskiego złoża siarki rodzimej. *Pr. Inst. Geol.*, **114**: 1–109.
- PERYT D., PERYT T.M., 2015 — Zmiany środowiskowe poprzedzające sedymentację gipsów badeńskich i na początku ich depozycji w rejonie Rzeki Wschodniej (północna część zbiornika przedkarpackiego) *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 133–152.
- PIWOCKI M., OLSZEWSKA B., CZAPOWSKI G., 1996 — Korelacja litostratygraficzna neogenu Polski z krajami sąsiednimi. *W: Budowa Geologiczna Polski*. T. III, cz. 3a. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych. Kenozoik, trzeciorzęd, neogen (red. L. Malinowska, M. Piwocki): 517–529. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- RADWAŃSKI A., 1969 — Transgresja dolnego tortonu na południowych stokach Gór Świętokrzyskich (strefa zatok i ich przedpola). *Acta Geol. Pol.*, **19**: 1–160.

- ROMANEK A., 1982 — Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Chmielnik (885). Wyd. Geol., Warszawa.
- RUTKOWSKI J., 1969 — Uwagi o sedymentacji detrytycznych osadów sarmatu na obrzezeniu Gór Świętokrzyskich. *Kwart. Geol.*, **13**, 1: 177–184.
- RUTKOWSKI J., 1976 — Detrytyczne osady sarmatu na południowym obrzezeniu Gór Świętokrzyskich. *Pr. Geol. Komis. Nauk Geol. PAN*, **100**: 1–71.
- SADOWSKA A., 1999 — Sarmatian palynoflora from Jamnica near Tarnobrzeg (Carpathian Foredeep) – environmental and climatic implications. *Geol. Quart.*, **43**, 4: 493–498.
- SANT K., de LEEUW A., CHANG L., CZAPOWSKI G., GAŠIEWICZ A., WOUT KRIJGSMAN W., 2015 — Paleomagnetic analyses on Badenian–Sarmatian drill cores from the North Carpathian Foredeep (Middle Miocene, Poland). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 179–192.
- SENKOWICZ E., 1955 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Pińczów (884). Inst. Geol., Warszawa.
- STUDENCKA B., 2015 — Małże z osadów środkowego miocenu zapadliska przedkarpackiego: otwory wiertnicze Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 – stratygrafia i taksonomia *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 95–114.
- STUDENCKA B., GONTSHAROVA I. A., POPOV S. V., 1998 — The bivalve fauna as basis for reconstruction of the Middle Miocene history of the Paratethys. *Acta Geol. Pol.*, **48**: 285–324.
- STUDENCKI W., 1979 — Sedimentation of algal limestones from Busko-Spa environs (Middle Miocene, Central Poland). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Paleoevol.*, **27**: 155–165.
- STUDENCKI W., 1988 — Facies and Sedimentary Environment of the Pińczów Limestones (Middle Miocene; Holy Cross Mountains, Central Poland). *Facies*, **18**: 1–26.
- STUDENCKI W., 1999 — Red-algal limestones in the Middle Miocene of the Carpathian Foredeep in Poland: facies variability and paleoclimatic implications. *Geol. Quart.*, **43**, 4: 395–404.
- ŚLIWIŃSKI M., BĄBEL M., NEJBERT K., OLSZEWSKA-NEJBERT D., GAŠIEWICZ A., SCHREIBER B.C., BENOWITZ J.A., LAYER P., 2012 — Badenian–Sarmatian chronostratigraphy in the Polish Carpathian Foredeep. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Paleoevol.*, **326–328**: 12–29.
- WALCZOWSKI A., 1982 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Kazimierza Wielka (948). Wyd. Geol., Warszawa.
- WALCZOWSKI A., 1984 — Objąsnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, ark. Kazimierza Wielka (948) 1:50 000. Wyd. Geol., Warszawa.

SUMMARY

Two exploratory boreholes – Busko (Młyny) PIG-1 (total depth 200 m) and Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 (total depth 191 m), located in the northern margin of the Middle Miocene marine basin in the Carpathian Foredeep (CF) of southern Poland (Fig. 1), proved the complete core material of the Middle Miocene succession (the Serravalian to the Lower Tortonian; the Upper Badenian to the Lower Sarmatian after the Miocene Paratethys division). These series have been widely investigated by complex stratigraphic, petrological, geochemical, palaeomagnetic and sedimentological research. The studies focused on the most precise location of the Badenian/Sarmatian boundary within the almost homogenous transitional deposits.

The succession consists of various lithostratigraphic units of the CF Middle Miocene succession (Figs 2, 3). Core specimens and slabs are presented in Figs 4 and 5 and petrographic results of the investigated formations are presented in Figs 7–10. The following depositional formations have been investigated in details:

- Chmielnik Formation (Busko (Młyny) PIG-1 borehole only, depth 0.30–34.00 m), composed of sandy and gravelly deposits (Figs 4A, B; 7A–C) with clay interbeds, dated for the Lower Sarmatian (Volhynian local substage) (Fig. 2; appendix 1);
- Machów Formation (depth 34.00–156.50 m in the Busko (Młyny) PIG-1 borehole (Fig. 2; appendix 1) and 27.30–188.74 m in the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole (Fig. 3; appendix 2), dated for the Upper Badenian (Kosovian local substage) to the Lower Sarmatian (Volhynian local substage). This formation consists of repeated marly pelites (structureless or la-

minated clays, silts to claystones – Figs 4E, F; 5B, C; 8 C–E; 9B; locally bioturbated – Figs 5D, E; 7E; 10C) and sandy claystones (Fig. 8C) and siltstones (with fine preserved ripples and current scours – Figs 4C, D; 7F), with common pyrite crystals and aggregates (Figs 5C, D; 8A; 9A, C–E), diatoms (Figs 9F; 10A, B) and single glauconite grains (Figs 7D; 8A, B). These deposits are interbedded in the upper part with immature fine-medium quartz sands, structureless or trough-bedded (Fig. 5A), locally with fine gravels;

- Krzyżanowice Formation (depth 156.50–188.00 m in the Busko (Młyny) PIG-1 borehole (Fig. 2; appendix 1) and 188.74–191.00 m in the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole (Fig. 3; appendix 2) of the Upper Badenian (Wielician local substage) age, developed as sulphates (gypsum, gypsum breccia – Fig. 5F) with carbonate and clay interbeds;
- top of the Skawina Formation (drilled only in the Busko (Młyny) PIG-1 borehole, depth 188.00–200.00 m) of the Lower Badenian (Moravian local substage), composed of marly-clay deposits (Fig. 2; appendix 1).

As it is interpreted from the study results, the succession of sedimentary environments in both the Middle Miocene sections started in a deep open-marine basin during with the Skawina Formation deposition found in the Busko (Młyny) PIG-1 borehole (Figs 2; 6) and was succeeded by a basin shallowing and restriction that resulted in sulphate accumulation (Krzyżanowice Formation in both boreholes – Figs 2; 3; 6). The Upper Badenian marine transgression accompanied by a basin deepening (no evident erosion is observed at the top of sulphates in the Busko (Młyny) PIG-1 section)

left the pelites of the lower part of the Machów Formation. They were deposited in a deep open-marine basin with a dominant clastic accumulation from suspension. In the upper part of the formation such calm deposition was interrupted by events of sandy turbidites transporting clastics probably from the uplifted Carpathians (Kramarska, 2015). The top of the Machów Formation in the Busko (Młyn) PIG-1 borehole (Figs 2; 6), more proximal to the Miocene basin shore, evidenced more shallow and dynamic conditions represented by clastic interbeds of distal delta and inlet delta deposits. Such shallowing and energy increase due to most probably a coastline progression to the south resulted in coarse-clastic accumulation of inlet deltas and channels (Lower Sarmatian Chmielnik Formation) in the lagoon-barrier environment.

In the lower part of the Machów Formation of both sections there is a ca. 20 m thick zone lacking of bivalve fauna (Fig. 6). This bivalve gap requires further detailed studies.

Position of the Badenian/Sarmatian boundary (B/S boundary) locates at different depths within the Machów Formation in both the sections depending on the method used (Fig. 6). According to the applied method, the boundary occurs at the following depths:

- foraminiferal assemblages (Paruch-Kulczycka, 2015) – 101.5 m in the Busko (Młyn) PIG-1 borehole and at 154.5 m in the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole. It separates three Late Badenian (Kosovian substage) foraminiferal zones: *Neobulimina longa*, *Velapertina indigena* and *Hanzawaia crassiseptata* and the Early Sarmatian (Vohlynian substage) one – *Anomalinoidea dividens*;
- calcareous nannoplankton assemblages (Gaździcka, 2015) – ca. 120.0 m in the Busko (Młyn) PIG-1 borehole and 165.0 m in the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole;
- geochemical isotopic data (Gaśiewicz, 2015) – 104.0 m in the Busko (Młyn) PIG-1 borehole and 136.0 m in the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole.

The most conspicuous feature of both sections is an interrelation of this boundary defined after bio- and chemostratigraphic markers. The almost homogenous, mainly pelitic deposits of the Machów Formation accumulated in constant calm conditions of a non-turbulent deeper-marine basin. Noteworthy is that the geochemical change attributed to this boundary occurred later than the drastic change in foraminiferal assemblages in the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole and earlier in the Busko (Młyn) PIG-1 (Fig. 6). New Sarmatian bivalves and calcareous nannoplankton species were noticed generally earlier than the geochemical change. It is also important to note that the events of dynamic turbidite deposition took place after all commented bio- and geochemical changes.

Two correlative tuffite layers (M1/2 = D1/2 and M1/1 = D1/1) (Figs 2, 3, 6) were detected in the Machów Formation in both the boreholes (Bukowski, 2015). The transition

from normal to reversed magnetic polarity – preliminarily correlated with the C5AA_n–C5Ar.3r chron succession of Global Palaeomagnetic Scale and dated for 12.8 ± 0.1 Ma – occurs between the tuffite layers in the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole at a depth of ca. 170 m (Sant *et al.*, 2015). The lower part (150–200 m depth interval) of the Miocene section (Fig. 6) is dominated by normal and reversed magnetic polarity, while the upper part (depth 30–150 m) is characterized by the overprint of recent polarity (*op. cit.*). The upper tuffite interbed locates there above the foram B/S boundary and below the geochemical one. In the Busko (Młyn) PIG-1 borehole the situation is reversed (Fig. 6).

The following general conclusions can be inferred from the Miocene successions recorded in both boreholes:

1. The Badenian/Sarmatian transitional depositional succession from the Machów Formation represents generally a deeper open-marine basin of normal salinity, with a dominant deposition of pelites from suspension (Fig. 6). Evidences of basin shallowing and more dynamic conditions at the top of the formation are found only in the Busko (Młyn) PIG-1 borehole (Figs 2, 6). This event is best expressed there by the cover of coarse-clastic deposits of the Lower Sarmatian (Chmielnik Formation). The underlying Middle Badenian sulphate deposits (Krzyżanowice Formation) accumulated in a shallow evaporite basin. The marly-clay series (Lower Badenian Skawina Formation) from the Busko (Młyn) PIG-1 borehole, underlying the Krzyżanowice Formation, represents a similar, open- and deep-marine facies – depth 50–70 m.

2. Lack of correlations between changes in bivalves and calcareous nannoplankton assemblages as well as between changes in microfossil assemblages and geochemical ones suggest that there was no direct relationships between the basin geochemistry, recorded in deposits and micro- and macrofaunal requirements. They also seem to suggest that the causes responsible for faunal evolution and geochemical changes were not related to each other. New faunal assemblages of the Sarmatian type occurred earlier than the geochemistry change in the bottom sediments in the more distally located Miocene series of the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole. In a more proximal location represented by the Busko (Młyn) PIG-1 borehole, the Sarmatian bivalve and foraminifer fauna developed just after the geochemical change in the palaeoenvironment.

3. All the above-concluded bio- and geochemical changes occur in almost homogenous deposits of the Machów Formation (Fig. 6) without any distinct change of the type of accumulation (pelites from suspension) and within the stable deep open-marine environment. Turbidite events took place later and are evident in the upper part of the formation.

4. Palaeomagnetic study carried out on the core from the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole evidenced the polarity change (normal to reversed, dated at 12.8 ± 0.1 Ma) placed between two correlative tuffite interbeds and below the B/S boundary based on microfauna (Fig. 6).

OPIS RDZENIA Z OTWORU WIERTNICZEGO BUSKO (MŁYNY) PIG-1

Rdzeń wiertniczy jest przechowywany w magazynie rdzeni NAG PIG-PIB w Kielnikach koło Częstochowy.

	Skrócony profil litostratygraficzny	4,30–5,00 m	piaski wapniste, beżowe, jw., silnie scementowane węglanem wapnia (0,70 m; 100%)
Głębokość [m]	Litostratygrafia		
0,00–0,30	CZWARTORZĘD (HOLOCEN)	Skrzynka nr 6 (głęb. 5,00–6,00 m)	5,00–6,00 m piaski wapniste, beżowe, jw., ze żwirem, silnie scementowane węglanem wapnia (0,8 m; 80%)
0,30–34,00	NEOGEN, SARMAT DOLNY, FORMACJA Z CHMIELNIKA	Skrzynka nr 7 (głęb. 6,00–7,00 m)	6,00–7,00 m piaski wapniste, beżowe, jw., ze żwirem, silnie scementowane węglanem wapnia (1,0 m; 100%)
34,00–156,50	NEOGEN, SARMAT DOLNY–BADEN GÓRNY, FORMACJA Z MACHOWA	Skrzynka nr 8 (głęb. 7,00–8,50 m)	7,00–7,60 m piaski wapniste, beżowe, jw., ze żwirem, silnie scementowane węglanem wapnia (0,20 m; 33%)
156,50–188,00	NEOGEN, BADEN GÓRNY, FORMACJA Z KRZYŻANOWIC	7,60–7,90 m	mułki piaszczyste, beżowo-zielonkawe, smugowanie poziome podkreślone związkami żelaza (0,20 m; 66%)
188,00–200,00	NEOGEN, BADEN DOLNY, FORMACJA SKAWIŃSKA	7,90–8,50 m	piaski beżowo-zielonkawe, z mułkiem i detrytem litotamniowym, zawodnione (0,60 m; 100%)
(koniec otworu)			
	Szczegółowy profil geologiczny (opis rdzenia – od stropu profilu otworu wiertniczego)		
Głębokość [m]	Opis litologiczno-stratygraficzny (długość rdzenia w metrach; procent uzysku rdzenia)		
Skrzynka nr 1 (głęb. 0,0–1,0 m)	CZWARTORZĘD	Skrzynka nr 9 (głęb. 8,50–10,00 m)	8,50–10,00 piaski wapniste, beżowe, średnio- i drobnoziarniste z detrytem litotamniowym, zawodnione, pojedyncze okruchy (2 × 8 cm) zielonkawego iłowca ze smugami związków żelaza (1,0 m; 66%)
0,00–0,30	gleba ciemnobrunatna z korzeniami roślin (0,30 m; 100%)	Skrzynka nr 10 (głęb. 10,00–11,50 m)	10,00–11,00 piaski wapniste, średnio- i drobnoziarniste, beżowe, zawodnione, jw. (0,60 m; 60%)
0,30–1,00	NEOGEN, SARMAT DOLNY, STROP FORMACJI Z CHMIELNIKA piaski wapniste, beżowe, średnio- i drobnoziarniste, z otoczkami o średnicy do 2–5 cm (piaskowce, wapienie) oraz okruchy kolonii litotamni o średnicy 1–1,5 cm (0,70 m; 100%)	11,00–11,50	piaski wapniste, drobnoziarniste, beżowe, zawodnione, poziomo laminowane (0,40 m; 80%)
Skrzynka nr 2 (głęb. 1,00–2,00 m)	1,00–2,00 piaski wapniste, beżowe, drobno- do gruboziarnistych, z otoczkami o średnicy do 3 cm (piaskowce, wapienie, okruchy kolonii litotamni, lidyty) (1,0 m; 100%)	Skrzynka nr 11 (głęb. 11,50–13,00 m)	11,50–11,80 piaski wapniste, drobnoziarniste, beżowe, mniej zawodnione, poziomo laminowane, skupienia związków żelaza i uwęglonej flory (0,20 m; 66%)
Skrzynka nr 3 (głęb. 2,00–3,00 m)	2,00–3,00 piaski wapniste, beżowe, drobno- do gruboziarnistych, z otoczkami o średnicy do 5 cm (piaskowce, wapienie, litotamnia jw., lidyty), zawodnione, na głębokości 2,60 m nawiercono zwierciadło wód gruntowych (swobodne) (1,0 m; 100%)	11,80–13,00	piaski wapniste, średnio- i drobnoziarniste, beżowe, mniej zawodnione, w spągu z drobnym (2–3 mm średnicy) żwirkiem (litotamnia, okruchy muszli) (0,80 m; 66%)
Skrzynka nr 4 (głęb. 3,00–4,00 m)	3,00–4,00 m piaski wapniste, beżowe, drobno- do gruboziarnistych, z otoczkami o średnicy do 5 cm (piaskowce, wapienie, litotamnia jw., lidyty), zawodnione (1,0 m; 100%)	Skrzynka nr 12 (głęb. 13,00–14,50 m)	13,00–13,60 piaski wapniste, jw., z bloczkami mułków piaszczystych laminowanych poziomo (0,30 m; 50%)
Skrzynka nr 5 (głęb. 4,00–5,00 m)	4,00–4,30 m piaski wapniste, beżowe, drobno- do gruboziarnistych, z otoczkami średnicy do 5 cm (piaskowce, wapienie, litotamnia jw., lidyty), zawodnione (0,30 m; 100%)	13,60–13,95	kwarcowe piaski mułkowate, laminowane i smugowane poziomo związkami żelaza (0,15 m; 43%)
		13,95–14,50	piaski wapniste, średnio- i drobnoziarniste, beżowe, zawodnione, z detrytem litotamniów i okruchami iło-mułowca zielonkawego (0,55 m; 100%)
		Skrzynka nr 13 (głęb. 14,50–16,00 m)	14,50–15,10 piaski wapniste, średnio- i drobnoziarniste,

- beżowe, zawodnione, z detrytem litotamniów i okruchami iło-mułowca zielonkawego (0,43 m; 78%)
- 15,10–15,30 kwarcowe piaski drobnoziarniste, mułkowate, laminowane i smugowane poziomo związkami żelaza (0,10 m; 50%)
- 15,30–16,00 piaski drobnoziarniste, szarozielonkawe, laminowane i smugowane poziomo związkami żelaza, z detrytem litotamniów, mniej zawodnione (0,47 m; 68%)
- Skrzynka nr 14** (głęb. 16,00–17,50 m)
- 16,00–17,00 piaski wapniste, grubo- i średnioziarniste, beżowe, ze (4–5 mm średnicy) żwirkiem (litotamnia, okruchy muszli), silnie zawodnione (0,85 m; 85%)
- 17,00–17,50 piaski drobno- i średnioziarniste, z detrytem litotamniów, mniej zawodnione (0,15 m; 30%)
- Skrzynka nr 15** (głęb. 17,50–19,00 m)
- 17,50–18,10 piaski wapniste, drobno- i średnioziarniste, laminowane i smugowane poziomo, mniej zawodnione (0,38 m; 63%)
- 18,10–18,15 wkładka/okruch marglu (iłowiec wapnisty silnie scementowany), laminowanego poziomo (0,05 m; 100%)
- 18,15–18,65 piaski wapniste, drobno- i średnioziarniste, fragmenty i soczewy scementowanych iłów wapnistych (margle, średnica do kilku cm) (0,35 m; 70%)
- 18,65–19,00 iły piaszczyste, beżowo-zielonkawe, laminowane poziomo, skupienia związków żelaza, występują soczewki i laminy bardziej piaszczyste, słabo zawodnione (0,12 m; 34%)
- Skrzynka nr 16** (głęb. 19,00–20,00 m)
- 19,00–20,00 piaski wapniste, drobnoziarniste, mułkowate, beżowozielonkawe, średnio zawodnione, laminowane i smugowane poziomo związkami żelaza, pojedyncze soczewy scementowanych węglanem iłowców (margle) grubości do 2 cm (0,75 m; 75%)
- Skrzynka nr 17** (głęb. 20,00–21,00 m)
- 20,00–21,00 szare iły z fauną małży i serpulami (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 18** (głęb. 21,00–22,00 m)
- 21,00–21,60 szare iły z fauną małży i serpulami jw. (0,60 m; 100%)
- 21,60–22,00 brak rdzenia
- Skrzynka nr 19** (głęb. 22,00–23,50 m)
- 22,00–23,50 szare piaski kwarcowe drobnoziarniste, mułkowate, z detrytem muszli małży, w stropie okruchy iłowców (1,0 m; 66%)
- Skrzynka nr 20** (głęb. 23,50–25,00 m)
- 23,50–24,00 szare piaski kwarcowe drobnoziarniste, mułkowate, z detrytem muszli małży, okruchy iłu/iłowców (0,2 m; 40%)
- 24,00–24,10 blok zwietrzałego beżowego wapienia (rumosz wapieni jurajskich lub kredowych?) (0,10 m; 100%)
- 24,10–25,00 szare piaski kwarcowe drobnoziarniste, mułkowate, z błoczkami (do 8 cm średnicy) zwie-
- trzałego beżowego wapienia (rumosz wapieni jurajskich lub kredowych?) (0,70 m; 78%)
- Skrzynka nr 21** (głęb. 25,00–26,50 m)
- 25,00–26,50 rytmit szarego piasku kwarcowego drobnoziarnistego (grubość warstw 1–1,5 cm), warstwowanego zmarszczkowo i szarych iłów (grubość warstw 1–2 cm), w środkowej części rdzenia – mały bloczek marglu (0,80 m; 53%)
- Skrzynka nr 22** (głęb. 26,50–28,00 m)
- 26,50–28,00 rytmit szarego piasku kwarcowego drobno- i średnioziarnistego (grubość warstw 2–4 cm, z drobnym żwirkiem) i szarych iłów (grubość warstw 1–2 cm, bezteksturalne i laminowane) z okruchami i całymi muszlami małży, w dolnej części rdzenia dominują piaski (1,0 m; 66,6%)
- Skrzynka nr 23** (głęb. 28,00–29,50 m)
- 28,00–29,50 rytmit jw. detrytus muszli małży i litotamniów (1,0 m; 66,6%)
- Skrzynka nr 24** (głęb. 29,50–31,00 m)
- 29,50–31,00 szary piasek kwarcowy drobnoziarnisty, mułkowaty, detrytus muszli małży i ślimaków, drobny żwirek otoczków szarego wapienia o średnicy 4–5 mm (1,0 m; 66,6%)
- Skrzynka nr 25** (głęb. 31,00–32,50 m)
- 31,00–32,50 szary piasek jw., bez detrytus muszli małży, ślimaków i litotamniów (1,0 m; 66,6%)
- Skrzynka nr 26** (głęb. 32,50–34,00 m)
- 32,50–34,00 szary piasek jw., w dolnej części rdzenia przewarstwienia szarego iłu grubości 1–2 cm, brak szczątków makrofauny i litotamniów (1,0 m; 66,6%)
- NEOGEN, SARMAT DOLNY–BADEN GÓRNY, STROP FORMACJI Z MACHOWA/„IŁY KRAKOWIECKIE”**
- Skrzynka nr 27** (głęb. 34,00–35,00 m)
- 34,00–35,00 szary iło-mulek ze smugami i warstewkami piasku kwarcowego drobnoziarnistego, pojedyncze odciski muszli małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 28** (głęb. 35,00–36,00 m)
- 35,00–35,45 szary iło-mulek jw. (0,45 m; 100%)
- 35,45–36,00 kwarcowy piasek drobnoziarnisty, z bardzo drobnymi okruchami muszli małży i szarego iłu (0,55 m; 100%)
- Skrzynka nr 29** (głęb. 36,00–37,00 m)
- 36,00–37,00 rytmit iło-mułka i szarego piasku kwarcowego drobnoziarnistego, w warstwach ilastych muszle małży, na głębokości 36,75 m występuje ciemna strefa wzbogacona w substancję fitogeniczną (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 30** (głęb. 37,00–38,00 m)
- 37,00–38,00 szary mulek piaszczysty, smugi i warstewki do 1,5 cm grubości iłu, rozproszone fragmenty uwęglonych roślin, liczne muszle małży, w górnej części rdzenia bardziej rytmiczne przewarstwienia obu typów skały, na głębokości 37,1 m występuje fragment gałęzi (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 31** (głęb. 38,00–39,00 m)
- 38,00–39,00 rytmit iłu i szarego piasku kwarcowego drobnoziarnistego, drobne warstwowanie zmarszcz-

- kowe w piasku, na głębokości 38,0–38,3 m występuje ciemna strefa wzbogacona w substancję fitogeniczną (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 32** (głęb. 39,00–40,00 m)
39,00–39,45 szary kwarcowy piasek drobnoziarnisty ze smugami iłu, drobne warstwowanie zmarszczkowe, rozproszony uwęglony detrytus roślinny (0,45 m; 100%)
39,45–40,00 rytmit iłu i szarego kwarcowego piasku drobnoziarnistego, warstewki grubości 1,5–3 cm, warstwowanie zmarszczkowe w piasku, na głębokości 39,85 m występują drobne skupienia pirytu o średnicy 2–3 mm (0,55 m; 100%)
- Skrzynka nr 33** (głęb. 40,00–41,00 m)
40,00–41,00 rytmit iłu i szarego piasku kwarcowego, mułkowego, warstewki grubości 0,5–1 cm, rozproszony uwęglony detrytus roślinny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 34** (głęb. 41,00–42,00 m)
41,00–42,00 rytmit iłu i szarego piasku kwarcowego, mułkowego jw., warstewki grubości 0,5–2 cm, rozproszony uwęglony detrytus roślinny, w środkowej części rdzenia warstwa piasku grubości 4–5 cm (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 35** (głęb. 42,00–43,00 m)
42,00–43,00 rytmit iłu i szarego piasku kwarcowego, mułkowego jw., warstwowanie zmarszczkowe w piasku, il jest bezteksturalny lub laminowany poziomo, rozproszony uwęglony detrytus roślinny i pojedyncze większe fragmenty gałęzi, w ile występują pojedyncze drobne muszle małży oraz ślimaków (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 36** (głęb. 43,00–44,00 m)
43,00–44,00 rytmit iłu i szarego piasku kwarcowego, mułkowego jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 37** (głęb. 44,00–45,00 m)
44,00–44,55 rytmit iłu i szarego piasku kwarcowego, mułkowego jw. (0,55 m; 100%)
44,55–45,00 szary piasek kwarcowy drobnoziarnisty, mułkowaty, sporadycznie obecny rozproszony uwęglony detrytus roślinny, brak szczątków makrofauny (0,45 m; 100%)
- Skrzynka nr 38** (głęb. 45,00–46,00 m)
45,00–46,00 szary piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, mułkowaty jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 39** (głęb. 46,00–47,00 m)
46,00–46,10 szary piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, mułkowaty jw. (0,10 m; 100%)
46,10–47,00 iło-mulek ze smugami i warstewkami szarego piasku kwarcowego, drobnoziarnistego, rozproszony uwęglony drobny detrytus roślinny (0,90 m; 100%)
- Skrzynka nr 40** (głęb. 47,00–48,00 m)
47,00–48,00 rytmit iłu szarozielonego i szarego piasku kwarcowego, drobnoziarnistego, mułkowego, warstewki grubości 0,5–1,0 cm, w piasku widoczne warstwowanie zmarszczkowe i drobne rozmycia erozyjne na granicy piasek/ił, rozproszony uwęglony drobny detrytus roślinny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 41** (głęb. 48,00–49,00 m)
48,00–49,00 rytmit iłu szarozielonego i szarego piasku kwarcowego, drobnoziarnistego, mułkowego jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 42** (głęb. 49,00–50,00 m)
49,00–49,60 rytmit iłu szarozielonego i szarego piasku kwarcowego, drobnoziarnistego, mułkowego jw. (0,60 m; 100%)
49,60–49,70 szary piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, mułkowaty jw., bezteksturalny (0,10 m; 100%)
49,70–50,00 rytmit iłu szarozielonego i szarego piasku kwarcowego, drobnoziarnistego, mułkowego jw. (0,30 m; 100%)
- Skrzynka nr 43** (głęb. 50,00–51,00 m)
50,00–50,33 rytmit iłu szarozielonego (grubość warstewek 4–5 mm) i białego mułku (grubość warstewek 2–3 mm) (0,33 m; 100%)
50,33–50,60 szary mulek piaszczysty, smugowany poziomo (0,27 m; 100%)
50,60–51,00 rytmit iłu szarozielonego i mułku jw. (0,40 m; 100%)
- Skrzynka nr 44** (głęb. 51,00–52,00 m)
51,00–52,00 szary iło-mułowiec z laminami mułku piaszczystego (grubość warstewek 2–3 mm), rozproszony uwęglony drobny detrytus roślinny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 45** (głęb. 52,00–53,00 m)
52,00–53,00 szary iło-mułowiec jw., masowo występuje rozproszony drobny muskowitz (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 46** (głęb. 53,00–54,00 m)
53,00–54,00 rytmit jw., lokalnie widoczne nagromadzenia muszli małży i ślimaków, wzdłuż lamin następuje koncentracja rozproszonego uwęglonego drobnego detrytusu roślinnego (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 47** (głęb. 54,00–55,00 m)
54,00–54,63 rytmit jw. (0,63 m; 100%)
54,63–54,83 szary mulek piaszczysty, smugowany poziomo ilem, masowo występuje rozproszony drobny muskowitz i uwęglony drobny detrytus roślinny (0,20 m; 100%)
54,83–55,00 rytmit jw. (0,17 m; 100%)
- Skrzynka nr 48** (głęb. 55,00–56,00 m)
55,00–56,00 szary iłomulek z przewarstwieniami grubości do 10 cm mułków piaszczystych, na głębokości 55,7 m występuje cienka (1 cm grubości) strefa wzbogacona w rozproszony uwęglony drobny detrytus roślinny i okruchy iłu, w iłomułku widoczna laminacja pozioma, brak szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 49** (głęb. 56,00–57,00 m)
56,00–57,00 rytmit iłu (warstewki grubości 4–10 mm) i mułku (warstewki grubości 2–4 mm), występuje rozproszony uwęglony drobny detrytus roślinny, brak szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 50** (głęb. 57,00–58,00 m)
57,00–58,00 rytmit jw., warstewki mułku grubości 2–4 mm z drobnym warstwowaniem zmarszczkowym, w ile występuje laminacja pozioma, w całym rdzeniu jest widoczny rozproszony uwęglony drobny detrytus roślinny oraz pojedyncze muszle ślimaków (1,0 m; 100%)

- Skrzynka nr 51** (głęb. 58,00–59,00 m)
58,00–59,00 mułek smugowany ilem, w dolnej części rdzenia przewaga ility, występuje rozproszony węglony drobny detrytus roślinny, brak szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 52** (głęb. 59,00–60,00 m)
59,00–60,00 rytmit ility i mułku jw., dominuje laminacja pozioma, rzadko jest widoczne drobne warstwowanie zmarszczkowe (?), w spągowej części rdzenia występują muszle małży i ślimaków, w rdzeniu widoczny rozproszony węglony drobny detrytus roślinny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 53** (głęb. 60,00–61,00 m)
60,00–61,00 rytmit ility i mułku jw., warstwy mułku grubości do 1 cm, w górnej części rdzenia występuje osad zbioturbowany, w połowie długości rdzenia widoczne większe nagromadzenie muszli małży i pojedynczych ślimaków, w rdzeniu widoczny rozproszony węglony drobny detrytus roślinny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 54** (głęb. 61,00–62,00 m)
61,00–62,00 rytmit ility i mułku jw., warstwy mułku grubości do 1 cm, w rdzeniu widoczny rozproszony węglony drobny detrytus roślinny i czasem skupienia związków żelaza (piryt) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 55** (głęb. 62,00–63,00 m)
62,00–62,40 rytmit ility i mułku jw., warstwy mułku grubości do 1 cm, widoczne pojedyncze muszle małży (0,40 m; 100%)
62,40–63,00 rytmit z dominacją ility i mułku jw., w rdzeniu widoczny rozproszony węglony drobny detrytus roślinny i czasem skupienia związków żelaza (piryt) oraz strefy zbioturbowane (0,60 m; 100%)
- Skrzynka nr 56** (głęb. 63,00–64,00 m)
63,00–64,00 głównie mułek piaszczysty z laminami ilastymi grubości 2–5 mm, laminowany poziomo, pojedyncze drobne zmarszczki (?), drobne pogrąży na kontakcie lamin ilastych i mułku, sporadycznie występuje rozproszony węglony drobny detrytus roślinny, czasem skupienia związków żelaza (piryt), w stropie rdzenia występuje nagromadzenie odcisków muszli małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 57** (głęb. 64,00–65,00 m)
64,00–65,00 głównie wapnisty mułek piaszczysty, z gęsto (co 5–6 mm) rozmieszczonymi laminami ilastymi grubości 2–5 mm, laminowany poziomo i faliście, sporadycznie występuje rozproszony węglony drobny detrytus roślinny, brak makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 58** (głęb. 65,00–66,00 m)
65,00–66,00 rytmit ility i mułku jw., w spągowej części rdzenia przewaga mułku, brak makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 59** (głęb. 66,00–67,00 m)
66,00–67,00 rytmit ility i mułku jw., lokalnie skupienia (do 1,5 cm średnicy) związków żelaza (piryt), laminy ilaste grubości 2–8 mm w odstępach 10–20 mm, sporadycznie występuje rozproszony węglony drobny detrytus roślinny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 60** (głęb. 67,00–68,00 m)
67,00–68,00 rytmit ility i mułku jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 61** (głęb. 68,00–69,00 m)
68,00–68,30 rytmit ility i mułku jw. (0,30 m; 100%)
68,30–69,00 rytmit ility i mułku z przewagą ility, sporadycznie występują laminy mułkowe, widoczne smugowanie poziome, występuje rozproszony węglony drobny detrytus roślinny i stosunkowo liczne duże muszle małży z rodzaju *Abra*, cały rdzeń silnie zlustrowany (0,70 m; 100%)
- Skrzynka nr 62** (głęb. 69,00–70,00 m)
69,00–70,00 ility-mułowiec, liczne ślady bioturbacji, widoczne słabe smugowanie poziome, w górnej i środkowej części rdzenia występuje rozproszony węglony drobny detrytus roślinny, pojedyncze muszle ślimaków w górnej części profilu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 63** (głęb. 70,00–71,00 m)
70,00–71,00 ility-mułowiec jw., widoczne słabe smugowanie poziome, nagromadzenia muszli małży z rodzaju *Abra* oraz duże fragmenty węglonej flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 64** (głęb. 71,00–72,00 m)
71,00–72,00 ility-mułowiec jw., w dolnej części rdzenia występują skupienia związków żelaza, widoczne pojedyncze muszle małży z rodzaju *Abra* (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 65** (głęb. 72,00–73,00 m)
72,00–73,00 ility-mułowiec jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 66** (głęb. 73,00–74,00 m)
73,00–74,00 ility-mułowiec jw., bardziej mułkowaty, widoczna laminacja pozioma i falista oraz duże fragmenty węglonej flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 67** (głęb. 74,00–75,00 m)
74,00–75,00 ility-mułowiec jw., pojedyncze fragmenty węglonej flory oraz muszle małży z rodzaju *Abra* (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 68** (głęb. 75,00–76,00 m)
75,00–76,00 rytmit ility i mułku, warstwy mułkowe grubości do 8 mm, widoczna laminacja pozioma i falista oraz muszle małży z rodzaju *Abra* i ślimaków (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 69** (głęb. 76,00–77,00 m)
76,00–77,00 rytmit ility i mułku jw., bardziej mułkowy, warstwy mułkowe grubości 10–15 mm, ilaste – 2–5 mm, widoczna laminacja pozioma i falista, mniej makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 70** (głęb. 77,00–78,00 m)
77,00–77,40 ility-mułowiec, widoczna laminacja pozioma i falista oraz drobne muszle małży i ślimaków (0,40 m; 100%)
77,40–77,85 ciemnoszary piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, mułkowaty, warstwowany skośnie, obecny rozproszony węglony detrytus roślinny oraz obfity detrytus i całe muszle małży i ślimaków (lokalnie o charakterze muszlowca) (0,45 m; 100%)

- 77,85–78,00 ciemnoszary piasek kwarcowy, drobnopiezisty jw., mułkowaty, laminowany łem (laminy grubości 3 mm), obecny rozproszony uwęglony detrytus roślinny (0,15 m; 100%)
- Skrzynka nr 71** (głęb. 78,00–79,00 m)
78,00–78,33 rytmity łem-mułka, widoczna laminacja pozioma i falista, drobne zmarszczki, warstewki mułkowe zbioturbowane oraz drobne pograży na kontakcie lamin ilastych i mułka, skupienia rozproszonego uwęglonego detrytusu roślinnego (0,33 m; 100%)
- 78,33–78,71 jasno- i ciemnoszary piasek kwarcowy, drobnopiezisty, mułkowaty, warstwowany skośnie i zmarszczkowo, obecny rozproszony uwęglony detrytus roślinny oraz pojedyncze fragmenty muszli makrofauny (0,38 m; 100%)
- 78,71–79,00 mułek piaszczysty, warstwowany skośnie i zmarszczkowo oraz ciemnoszary piasek kwarcowy, drobnopiezisty jw., obecny rozproszony uwęglony drobny detrytus i większe fragmenty roślinne (0,29 m; 100%)
- Skrzynka nr 72** (głęb. 79,00–80,00 m)
79,00–80,00 rytmity łem i mułka, warstwy mułkowe grubości 4–15 mm, ilaste – 2–10 mm, widoczne drobne pograży na kontakcie lamin ilastych i mułka, skupienia rozproszonego uwęglonego detrytusu i większe fragmenty roślinne oraz skupienia związków żelaza (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 73** (głęb. 80,00–81,00 m)
80,00–81,00 wapniste rytmity łem i mułka jw., widoczna laminacja pozioma i falista, sporadycznie drobne zmarszczki, w górnej części rdzenia osad bardziej piaszczysty z drobnym detrytusem makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 74** (głęb. 81,00–82,00 m)
81,00–82,00 wapniste rytmity łem i mułka jw., obecny rozproszony uwęglony detrytus roślinny, brak makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 75** (głęb. 82,00–83,00 m)
82,00–83,00 wapniste rytmity łem i mułka piaszczystego jw., obecne skupienia uwęglonego detrytusu i większe fragmenty roślinne, pojedyncze pionowe bioturbacje (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 76** (głęb. 83,00–84,00 m)
83,00–84,00 wapniste rytmity łem i mułka piaszczystego jw., widoczna laminacja pozioma i falista, drobne pograży na kontakcie lamin ilastych i mułka, obecne skupienia uwęglonego detrytusu roślinnego i pojedyncze fragmenty muszli małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 77** (głęb. 84,00–85,00 m)
84,00–85,00 wapniste rytmity łem i mułka piaszczystego jw., widoczna laminacja pozioma i drobne „kieszki” z nagromadzeniem uwęglonego detrytusu roślinnego; w środkowej części rdzenia występuje 3–4 cm grubości warstwa piasku kwarcowego, mułkowego, laminowanego poziomo, brak detrytusu roślinnego i szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 78** (głęb. 85,00–86,00 m)
85,00–86,00 wapniste rytmity łem i mułka piaszczystego jw., widoczna laminacja falista i warstwowanie zmarszczkowe, dolna część rdzenia jest bardziej piaszczysta, obecne skupienia uwęglonego drobnego detrytusu i większe fragmenty roślinne oraz skupienia związków żelaza, brak makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 79** (głęb. 86,00–87,00 m)
86,00–87,00 wapniste rytmity łem i mułka piaszczystego jw., górna część rdzenia jest bardziej piaszczysta, widoczne pojedyncze bioturbacje, brak makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 80** (głęb. 87,00–88,00 m)
87,00–88,00 wapniste rytmity łem i mułka piaszczystego jw., obecne pojedyncze skupienia uwęglonego drobnego detrytusu roślinnego i pojedyncze bioturbacje, brak makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 81** (głęb. 88,00–89,00 m)
88,00–89,00 wapniste rytmity łem i mułka piaszczystego jw., widoczna laminacja pozioma i falista, obecne pojedyncze skupienia uwęglonego drobnego detrytusu i większe fragmenty roślinne (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 82** (głęb. 89,00–90,00 m)
89,00–90,00 wapniste rytmity łem i mułka piaszczystego jw., dolna część rdzenia jest bardziej mułkowa (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 83** (głęb. 90,00–91,00 m)
90,00–91,00 wapniste rytmity łem i mułka piaszczystego jw., dolna część rdzenia jest bardziej piaszczysta, laminowana faliście i warstwowana zmarszczkowo, z pojedynczymi muszlami małży i uwęglonymi fragmentami roślin, górna część – laminowana poziomo (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 84** (głęb. 91,00–92,00 m)
91,00–92,00 wapniste rytmity łem i mułka piaszczystego jw., lokalne nagromadzenia uwęglonego drobnego detrytusu i większe fragmenty roślinne, w górnej części rdzenia występują liczne muszle małży i laminacja pozioma (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 85** (głęb. 92,00–93,00 m)
92,00–93,00 wapniste łem-mułek, laminowany poziomo, pojedyncze nagromadzenia uwęglonego drobnego detrytusu roślinnego, w dolnej części rdzenia występują pojedyncze muszle małży z rodzaju *Abra* i ślimaków (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 86** (głęb. 93,00–94,00 m)
93,00–94,00 wapniste rytmity łem i mułka jw., laminowany poziomo, pojedyncze muszle małży z rodzaju *Abra* i ślimaków (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 87** (głęb. 94,00–95,00 m)
94,00–95,00 wapniste rytmity łem i mułka jw., laminowany poziomo, pojedyncze muszle małży, lokalne nagromadzenia uwęglonych większych fragmentów roślinnych (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 88** (głęb. 95,00–96,00 m)
95,00–96,00 wapniste rytmity łem i mułka jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 89** (głęb. 96,00–97,00 m)
96,00–97,00 wapniste rytmity łem i mułka jw., w połowie rdzenia występują skupienia związków żelaza i tufit (?) (1,0 m; 100%)

- Skrzynka nr 90** (głęb. 97,00–98,00 m)
97,00–98,00 wapnisty rytmit iłu i mułku jw. oraz iłowca, laminowanego poziomo, występują pojedyncze muszle małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 91** (głęb. 98,00–99,00 m)
98,00–99,00 wapnisty rytmit iłu i mułku jw., laminowany poziomo (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 92** (głęb. 99,00–100,00 m)
99,00–100,00 wapnisty rytmit iłu i mułku jw., laminowany poziomo, pojedyncze muszle małży z rodzaju *Abra*, lokalne nagromadzenia uwęglonego drobnego detrytusu roślinnego, na głębokości 99,2 m występuje pojedyncza 1 cm grubości warstwa czarnego iłu ze skupieniami związków żelaza – **tufit** (?) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 93** (głęb. 100,00–101,00 m)
100,00–101,00 wapnisty rytmit iłu i mułku jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 94** (głęb. 101,00–102,00 m)
101,00–102,00 wapnisty rytmit iłu i mułku jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 95** (głęb. 102,00–103,00 m)
102,00–103,00 wapnisty rytmit iłu i mułku jw., gęsta laminacja pozioma, pojedyncze muszle małży z rodzaju *Abra* i lokalne nagromadzenia uwęglonego detrytusu roślinnego (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 96** (głęb. 103,00–104,00 m)
103,00–104,00 wapnisty rytmit iłu i mułku jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 97** (głęb. 104,00–105,00 m)
104,00–105,00 wapnisty iłowiec, laminowany poziomo, występują warstwowe nagromadzenia muszli małży z rodzaju *Abra* i lokalne nagromadzenia uwęglonego detrytusu roślinnego, w dolnej części rdzenia widoczne laminy ze skupieniami związków żelaza oraz lokalne pionowe spękania rdzenia (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 98** (głęb. 105,00–106,00 m)
105,00–106,00 wapnisty iłowiec jw., na głębokości 105,75 m występuje 5 mm grubości warstewka **tufitu**, poniżej nagromadzenia muszli małży i uwęglone widoczne fragmenty gałęzi (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 99** (głęb. 106,00–107,00 m)
106,00–107,00 wapnisty iłowiec jw., gęsta laminacja pozioma, widoczne muszle małży z rodzaju *Abra* (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 100** (głęb. 107,00–108,00 m)
107,00–108,00 wapnisty iłowiec jw., w dolnej części rdzenia widoczne skupienia związków żelaza (piryt) i uwęglonego detrytusu roślinnego (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 101** (głęb. 108,00–109,00 m)
108,00–109,00 wapnisty iłowiec jw., gęsta laminacja pozioma jaśniejszym mułkiem (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 102** (głęb. 109,00–110,00 m)
109,00–110,00 wapnisty iłowiec jw., stosunkowo mało szczątków makrofauny i lokalne nagromadzenia uwęglonego detrytusu roślinnego, na głębokości 109,05 m występuje niebieskoszary **tufit** (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 103** (głęb. 110,00–111,00 m)
110,00–111,00 wapnisty iłowiec jw., na głębokości 110,50 m występuje 1 cm grubości warstewka **tufitu** (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 104** (głęb. 111,00–112,00 m)
111,00–112,00 wapnisty iłowiec jw., gęsta laminacja pozioma, widoczne pojedyncze muszle małży z rodzaju *Abra* i nagromadzenia uwęglonego detrytusu roślinnego (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 105** (głęb. 112,00–113,00 m)
112,00–113,00 wapnisty iłowiec jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 106** (głęb. 113,00–114,00 m)
113,00–114,00 wapnisty iłowiec jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 107** (głęb. 114,00–115,00 m)
114,00–115,00 wapnisty iłowiec jw., rzadkie muszle małży i nagromadzenia uwęglonego detrytusu roślinnego, widoczne skupienia związków żelaza (piryt) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 108** (głęb. 115,00–116,00 m)
115,00–116,00 wapnisty iłowiec jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 109** (głęb. 116,00–117,00 m)
116,00–117,00 wapnisty iłowiec jw., laminowany poziomo, rzadkie wystąpienia uwęglonego detrytusu roślinnego (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 110** (głęb. 117,00–118,00 m)
117,00–118,00 wapnisty iłowiec jw., więcej widocznych fragmentów uwęglonej flory, widoczne drobne skupienia związków żelaza (piryt), łuski ryb (?) i bioturbacje (?) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 111** (głęb. 118,00–119,00 m)
118,00–119,00 wapnisty iłowiec jw., gęsto laminowany poziomo, laminy iłowe grubości 2 mm w odstępach 2–3 mm (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 112** (głęb. 119,00–120,00 m)
119,00–119,80 wapnisty iłowiec jw., widoczne pojedyncze muszle małży (0,80 m; 100%)
119,80–120,00 warstwa marglu (0,20 m; 100%)
- Skrzynka nr 113** (głęb. 120,00–121,00 m)
120,00–120,10 warstwa marglu (0,10 m; 100%)
120,10–121,00 wapnisty iłowiec jw., gęsto laminowany poziomo, widoczny rozproszony drobny uwęglony detrytus roślinny, brak szczątków makrofauny (0,90 m; 100%)
- Skrzynka nr 114** (głęb. 121,00–122,00 m)
121,00–122,00 wapnisty ił, spękany, laminowany poziomo, miejscami bezteksturalny, widoczny rozproszony drobny uwęglony detrytus roślinny i skupienia (konkrecje) związków żelaza (piryt), brak szczątków makrofauny, na głębokości 121,03 m występuje 4 mm grubości warstewka **tufitu** (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 115** (głęb. 122,00–123,00 m)
122,00–123,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, widoczne konkrecje ilasto-pirytowe o średnicy do kilku centymetrów (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 116** (głęb. 123,00–124,00 m)
123,00–124,00 wapnisty iłowiec jw., smugowany i gruzłowy, złustrowany, lokalnie widoczny drobny uwęglony detrytus roślinny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 117** (głęb. 124,00–125,00 m)
124,00–125,00 wapnisty iłowiec jw., widoczny rozproszony drobny uwęglony detrytus roślinny (1,0 m; 100%)

- Skrzynka nr 118** (głęb. 125,00–126,00 m)
125,00–126,00 wapnisty iłowiec jw., w stropie rdzenia widoczne kanały zerowiskowe ze skupieniami pirytu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 119** (głęb. 126,00–127,00 m)
126,00–127,00 wapnisty iłowiec jw., bezteksturalny i smugowany, widoczne bioturbacje ze skupieniami pirytu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 120** (głęb. 127,00–128,00 m)
127,00–128,00 wapnisty iłowiec jw., w dolnej części rdzenia widoczne pojedyncze muszle małży, na głębokości 127,5 m występuje 4 mm grubości warstewka **tufitu** (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 121** (głęb. 128,00–129,00 m)
128,00–129,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny i smugowany, widoczne pojedyncze fragmenty muszli małży, na głębokości 128,1 m występuje 4 mm grubości „kieszek” z materiałem tufitowo-pirytowym (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 122** (głęb. 129,00–130,00 m)
129,00–130,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., występuje więcej fragmentów muszli małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 123** (głęb. 130,00–131,00 m)
130,00–131,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., zlustrowany, w środkowej części rdzenia laminowany poziomo, a w spągowej – o strukturze gruzłowej, widoczne skupienia pirytu i drobne muszle małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 124** (głęb. 131,00–132,00 m)
131,00–132,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny i smugowany, jw., widoczny rozproszony drobny uwęglony detrytus roślinny, w stropowej części rdzenia występuje 5 cm grubości warstewka **tufitu** (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 125** (głęb. 132,00–133,00 m)
132,00–133,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., widoczny obfity rozproszony drobny uwęglony detrytus roślinny i drobne muszle małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 126** (głęb. 133,00–134,00 m)
133,00–134,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 127** (głęb. 134,00–135,00 m)
134,00–135,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., widoczne skupienia pirytu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 128** (głęb. 135,00–136,00 m)
135,00–136,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., widoczne pojedyncze muszle skrzydłonogów i bioturbacje (?) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 129** (głęb. 136,00–137,00 m)
136,00–137,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., widoczne pojedyncze bioturbacje (?) i muszle małży oraz drobne skupienia pirytu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 130** (głęb. 137,00–138,00 m)
137,00–138,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., widoczne pojedyncze bioturbacje (?) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 131** (głęb. 138,00–139,00 m)
138,00–139,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., rzadkie szczątki makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 132** (głęb. 139,00–140,00 m)
139,00–140,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 133** (głęb. 140,00–141,00 m)
140,00–141,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., miejscami smugowany, widoczne pojedyncze bioturbacje (?) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 134** (głęb. 141,00–142,00 m)
141,00–142,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., w spągu rdzenia widoczna pozioma laminacja i więcej muszli małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 135** (głęb. 142,00–143,00 m)
142,00–143,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., widoczne więcej dużych muszli małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 136** (głęb. 143,00–144,00 m)
143,00–144,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., widoczne liczne bioturbacje, łuski ryb i fragmenty muszli małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 137** (głęb. 144,00–145,00 m)
144,00–145,00 wapnisty iłowiec bezteksturalny, jw., w dolnej części rdzenia widoczna gęsta pozioma laminacja (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 138** (głęb. 145,00–146,00 m)
145,00–146,00 wapnisty iłowiec jw., widoczna gęsta pozioma laminacja i liczne fragmenty i całe muszle małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 139** (głęb. 146,00–147,00 m)
146,00–147,00 wapnisty iłowiec jw., widoczna gęsta pozioma laminacja, pokreślona substancją węglistą (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 140** (głęb. 147,00–148,00 m)
147,00–148,00 wapnisty iłowiec jw., widoczna gęsta pozioma laminacja, grubsze laminy w odstępach 1,5–2 cm, na głębokości 147,68 m występuje 4 cm grubości warstewka **tufitu** (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 141** (głęb. 148,00–149,00 m)
148,00–149,00 wapnisty iłowiec jw., widoczna gęsta pozioma laminacja i odciski muszli małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 142** (głęb. 149,00–150,00 m)
149,00–150,00 wapnisty iłowiec jw., widoczna gęsta pozioma laminacja, w środkowej części rdzenia widoczny gęsty kliważ (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 143** (głęb. 150,00–151,00 m)
150,00–151,00 wapnisty iłowiec jw., widoczna gęsta pozioma laminacja, lokalnie widoczne większe muszle małży i łuski ryb (?) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 144** (głęb. 151,00–152,00 m)
151,00–152,00 wapnisty iłowiec jw., widoczna gęsta pozioma laminacja, grubsze laminy mułkowe w odstępach 2–7 mm, na głębokości 151,76 m występują łuski ryb (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 145** (głęb. 152,00–153,00 m)
152,00–153,00 wapnisty iłowiec jw., widoczna gęsta pozioma laminacja, grubsze laminy mułkowe o grubości do 3 mm, widoczne drobne muszle małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 146** (głęb. 153,00–154,00 m)
153,00–154,00 wapnisty iłowiec jw., widoczna gęsta pozioma laminacja, grubsze laminy mułkowe o grubości

- 1–8 mm w odstępach 2–4 cm, widoczne łuski ryb, na głębokości 153,60 m występuje 3 cm grubości warstewka **tufitu** (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 147** (głęb. 154,00–155,00 m)
154,00–155,00 wapnisty iłowiec jw., brak szczątków muszli małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 148** (głęb. 155,00–156,00 m)
155,00–156,00 wapnisty iłowiec jw., widoczne smugowanie poziome, na głębokości 155,08 m występuje 4 cm grubości warstewka **tufitu** (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 149** (głęb. 156,00–157,00 m)
156,00–156,50 wapnisty iłowiec jw., widoczna gęsta pozioma laminacja w odstępach 1–2 mm (0,5 m; 100%)
- NEOGEN, BADEN GÓRNY, STROP FORMACJI Z KRZYŻANOWIC**
- 156,50–157,00 szary gips zwięzły (0,5 m; 100%)
- Skrzynka nr 150** (głęb. 157,00–158,00 m)
157,00–158,00 szary gips zwięzły, widoczna gęsta pozioma laminacja substancją ilastą (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 151** (głęb. 158,00–159,00 m)
158,00–159,00 szary gips zwięzły jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 152** (głęb. 159,00–160,00 m)
159,00–160,00 szary gips zwięzły jw., z dużym udziałem substancji ilastej (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 153** (głęb. 160,00–161,00 m)
160,00–161,00 szary gips zwięzły jw., w dolnej części rdzenia bezteksturalny, zaś w spągu ponownie laminowany poziomo z dużym udziałem substancji ilastej (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 154** (głęb. 161,00–162,00 m)
161,00–162,00 szary gips zwięzły jw., laminowany poziomo (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 155** (głęb. 162,00–163,00 m)
162,00–163,00 szary gips zwięzły jw., laminowany poziomo i faliście (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 156** (głęb. 163,00–164,00 m)
163,00–164,00 szary gips zwięzły jw., laminowany poziomo i faliście (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 157** (głęb. 164,00–165,00 m)
164,00–165,00 szary gips zwięzły jw., bezteksturalny i smugowany (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 158** (głęb. 165,00–166,00 m)
165,00–165,30 szary gips zwięzły, laminowany poziomo (0,30 m; 100%)
165,30–166,00 szary gips zwięzły, laminowany poziomo z „kieszzeniami” gipsorudytu (pokruszone kryształy gipsu) (0,70 m; 100%)
- Skrzynka nr 159** (głęb. 166,00–167,00 m)
166,00–167,00 szary gips zwięzły, gęsto laminowany poziomo (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 160** (głęb. 167,00–168,00 m)
167,00–168,00 szary gips zwięzły, gęsto laminowany poziomo, z soczewkami o grubości do 1 cm gipsorudytów-gipsoarenitów (przypuszczalne formy zmarszczkowe), widoczne maty algowe, liczne szczeliny, spękania oraz uskoki postsedymentacyjne (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 161** (głęb. 168,00–169,00 m)
168,00–169,00 szary gips zwięzły jw., liczne zaburzenia postsedymentacyjne (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 162** (głęb. 169,00–170,00 m)
169,00–169,25 szary gips zwięzły, laminowany poziomo i faliście (0,25 m; 100%)
169,25–169,70 szary gips zwięzły, widoczne drobne pokruszone kryształy gipsu i kryształy gipsu selenitowego (0,45 m; 100%)
169,70–170,00 szary ił, laminowany poziomo (0,30 m; 100%)
- Skrzynka nr 163** (głęb. 170,00–171,00 m)
170,00–170,10 szary ił, laminowany poziomo (0,10 m; 100%)
170,10–170,80 szary gips, zailony, z większymi kryształami gipsu selenitowego (0,70 m; 100%)
170,80–171,00 szary gips zwięzły, laminowany poziomo i faliście (0,20 m; 100%)
- Skrzynka nr 164** (głęb. 171,00–172,00 m)
171,00–171,68 szary gips zwięzły, laminowany poziomo i faliście jw., w górnej części rdzenia lokalnie widoczne drobne uskoki (0,68 m; 100%)
171,68–171,78 szary ił, laminowany poziomo skupieniami siarczanowymi (gips/gips zwięzły) (0,10 m; 100%)
171,78–172,00 szary gips zwięzły, zailony, laminowany poziomo (0,22 m; 100%)
- Skrzynka nr 165** (głęb. 172,00–173,00 m)
172,00–173,00 szary wapień z kryształami gipsu wielkości do 1 cm oraz laminami i okruchami ładu średnicy do 1 cm, na głębokości 172,4 m występują większe klasty ilaste o średnicy do 5 cm, w dolnej części rdzenia widoczne faliste zaburzenia laminacji oraz okruchy gipsu i ładu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 166** (głęb. 173,00–174,00 m)
173,00–174,00 szary gips zwięzły, laminowany poziomo, widoczne klasty ilaste o średnicy do 4–5 cm oraz warstewki ilaste grubości 3–5 mm, często porożrywane (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 167** (głęb. 174,00–175,00 m)
174,00–175,00 beżowo-szary gips zwięzły, laminowany poziomo i faliście (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 168** (głęb. 175,00–176,00 m)
175,00–176,00 beżowoszary gips zwięzły jw., z przejściem do gipsu, ku spągowi rdzenia rośnie ilość okruchowego gipsu (gipsorudyt) i stopień zburzenia laminacji, w spągu widoczne selenitowe kryształy gipsu wielkości do 4 cm oraz „kieszzenie” wypełnione gipsorudytem-gipsoarenitem (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 169** (głęb. 176,00–177,00 m)
176,00–177,00 gips laminowany poziomo, widoczne liczne pokruszone selenitowe kryształy gipsu wielkości do 5 cm (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 170** (głęb. 177,00–178,00 m)
177,00–178,00 gips jw., przemienne występują partie grubości do 20 cm z pokruszonymi selenitowymi kryształami gipsu i partie grubości do 4 cm gipsu laminowanego (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 171** (głęb. 178,00–179,00 m)
178,00–179,00 przeważa gips zbudowany z całych (wielkości do 10 cm) i pokruszonych selenitowych kryształów gipsu (1,0 m; 100%)

- Skrzynka nr 172** (głęb. 179,00–180,00 m)
179,00–179,50 przeważa gips laminowany przedzielony strefami grubości do 8 cm, zbudowanymi z całych i pokruszonych selenitowych kryształów gipsu (0,50 m; 100%)
179,50–180,00 przeważa gips zbudowany z selenitowych kryształów gipsu w matriksie ilastym i siarczanowym (0,50 m; 100%)
- Skrzynka nr 173** (głęb. 180,00–181,00 m)
180,00–181,00 gips jw., kawernisty (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 174** (głęb. 181,00–182,00 m)
181,00–182,00 gips jw., kawernisty (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 175** (głęb. 182,00–183,00 m)
182,00–183,00 gips zbudowany z przemiennie występujących partii gipsu laminowanego oraz gipsu złożonego z drobnych całych i pokruszonych selenitowych kryształów gipsu w matriksie ilasto-siarczanowym (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 176** (głęb. 183,00–184,00 m)
183,00–184,00 gips jw., w spągu występuje więcej ilitu i selenitowych kryształów gipsu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 177** (głęb. 184,00–185,00 m)
184,00–185,00 gips zbudowany z przemiennie występujących partii grubości 2–10 cm gipsu laminowanego oraz partii o grubości do 5 cm gipsu, złożonego z drobnych całych i pokruszonych selenitowych kryształów gipsu w matriksie ilasto-siarczanowym (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 178** (głęb. 185,00–186,00 m)
185,00–186,00 gips jw., w kierunku spągu rdzenia rośnie udział selenitowych kryształów gipsu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 179** (głęb. 186,00–187,00 m)
186,00–187,00 gips jw., w górnej części rdzenia występuje gips laminowany i gipsorudyty-gipsoarenit, w dolnej – przeważają pokruszone selenitowe kryształy gipsu, zaś w spągu – widoczne skupienia siarki (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 180** (głęb. 187,00–188,00 m)
187,00–188,00 gips o strukturze gruzłowej i matriksie ilastym, widoczne skupienia siarki i pojedyncze selenitowe kryształy gipsu wielkości do 10 cm (1,0 m; 100%)
- NEOGEN, BADEN DOLNY, STROP OD-
POWIEDNIKA FORMACJI SKAWIŃ-
SKIEJ**
- Skrzynka nr 181** (głęb. 188,00–189,00 m)
188,00–189,00 szary wapnisty ilit bezteksturalny, widoczne skupienia pirytu, w stropowej części rdzenia ilit ma barwę czarną (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 182** (głęb. 189,00–190,00 m)
189,00–190,00 szary wapnisty ilit bezteksturalny jw., brak szczątków makrofauny, w dolnej części rdzenia widoczny drobny detryt fitogeniczny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 183** (głęb. 190,00–191,00 m)
190,00–191,00 szary wapnisty ilit bezteksturalny i smugowany, widoczny drobny detryt fitogeniczny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 184** (głęb. 191,00–192,00 m)
191,00–192,00 szary wapnisty ilit bezteksturalny i smugowany, widoczny drobny detryt fitogeniczny, na głębokości 191,57 m występuje 6 cm grubości warstewka **tufitu** (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 185** (głęb. 192,00–193,00 m)
192,00–193,00 ilit marglisty beżowy, w górnej części rdzenia ciemnobieżowy, bezteksturalny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 186** (głęb. 193,00–194,00 m)
193,00–194,00 beżowy ilit marglisty, bezteksturalny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 187** (głęb. 194,00–195,00 m)
194,00–195,00 beżowy ilit marglisty, bezteksturalny i smugowany (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 188** (głęb. 195,00–196,00 m)
195,00–196,00 ciemnobieżowy ilit marglisty, bezteksturalny, na głębokości 195,3 m widoczne nagromadzenie muszli małży, w dolnej części rdzenia występują skupienia związków żelaza (piryt) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 189** (głęb. 196,00–197,00 m)
196,00–197,00 ciemnobieżowy ilit wapnisty, bezteksturalny, widoczne drobne muszle małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 190** (głęb. 197,00–198,00 m)
197,00–198,00 ciemnobieżowy ilit wapnisty, bezteksturalny jw., widoczne bioturbacje i skupienia pirytu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 191** (głęb. 198,00–199,00 m)
198,00–199,00 ciemnobieżowy ilit wapnisty, bezteksturalny jw., w dolnej części rdzenia widoczne muszle małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 192** (głęb. 199,00–200,00 m)
199,00–200,00 ciemnobieżowy ilit wapnisty, bezteksturalny jw., widoczne pokruszone muszle małży oraz skupienia związków żelaza (piryt) (1,0 m; 100%)
- Koniec otworu – głęb. 200,00 m.**

Apendyks 2

OPIS RDZENIA Z OTWORU WIERTNICZEGO KAZIMIERZA WIELKA (DONOSY) PIG-1

Rdzeń wiertniczy jest przechowywany w magazynie rdzeni NAG PIG-PIB w Kielnikach koło Częstochowy.

Skrócony profil litostratygraficzny		
Głębokość [m]	Litostratygrafia	
0,00–27,30	CZWARTORZĘD (PLEJSTOCEN I HOLOCEN)	Skrzynka nr 23 (głęb. 24,00–25,00 m) 24,00–25,00 szare mułki ilaste z beżowymi smugami, drobne ryzoidy (1,0 m; 100%)
27,30–188,74	NEOGEN, SARMAT DOLNY–BADEN GÓRNY, FORMACJA Z MACHOWA	Skrzynka nr 24 (głęb. 25,00–26,00 m) 25,00–26,00 szare mułki ilaste z beżowymi smugami, drobne ryzoidy i muszle ślimaków, skupienia substancji węglistej (1,0 m; 100%)
188,74–191,00	NEOGEN, BADEN GÓRNY, FORMACJA Z KRZYŻANOWIC	Skrzynka nr 25 (głęb. 26,00–27,00 m) 26,00–27,00 szare mułki ilaste z beżowymi smugami jw., w dolnej części rdzenia beżowe (1,0 m; 100%)
(koniec otworu)		Skrzynka nr 26 (głęb. 27,00–28,00 m) 27,00–27,20 mułki ilaste z beżowymi smugami jw. (0,20 m; 100%) 27,20–27,30 warstwa żwiru złożona z otoczków kwarcu, skaleni, fragmentów skał magmowych, krzemieni, średnio- i słabo obtoczonych, wielkość klastów od 2–3 mm do 2,5 cm (0,10 m; 100%)
Szczegółowy profil geologiczny (opis rdzenia – od stropu profilu otworu wiertniczego)		
Głębokość [m]	Opis litologiczno-stratygraficzny (długość rdzenia w metrach; procent uzysku rdzenia)	NEOGEN, SARMAT DOLNY–BADEN GÓRNY, STROP FORMACJI Z MACHOWA/„IŁY KRAKOWIECKIE”
	CZWARTORZĘD	
Skrzynka nr 1 (głęb. 0,00–1,00 m) 0,00–0,30	gleba ciemnobrunatna z korzeniami roślin (0,30 m; 100%)	
0,30–1,00	żółta glina zwałowa ze skupieniami węglanów wapnia (0,70 m; 100%)	27,30–28,00 stalowoszare iło-mułki wapniste, laminowane i smugowane równoległe szarym mułkiem z muskowitem (0,70 m; 100%)
Skrzynka nr 2 (głęb. 1,00–2,00 m) 1,00–2,00	żółta glina zwałowa jw., liczne ryzoidy (1 m; 100%)	Skrzynka nr 27 (głęb. 28,00–29,00 m) 28,00–29,00 stalowoszare iło-mułki jw. (1,0 m; 100%)
Skrzynka nr 3 (głęb. 2,00–3,00 m) 2,00–3,00	żółta glina zwałowa jw., pstra (plamiste zabarwienie związkami żelaza) (1 m; 100%)	Skrzynki nr 28–39 (głęb. 29,00–41,00 m) 29,00–41,00 stalowo-szare iłowce laminowane i smugowane równoległe szarym mułkiem (grubość lamin 1–7 mm) z muskowitem w odstępach 4–20 cm (12,0 m; 100%)
Skrzynka nr 4 (głęb. 3,00–4,00 m) 3,00–4,00	żółta glina zwałowa jw. (1 m; 100%)	Skrzynki nr 40–45 (głęb. 41,00–47,00 m) 41,00–47,00 szare iły wapniste, laminowane i smugowane równoległe szarym mułkiem (grubość lamin 2–3 mm) z muskowitem w odstępach 1,5–2 cm, w dolnej części rdzenia widoczne partie bezteksturalne i laminowane równoległe oraz soczewkowo mułkiem (drobne zmarszczki?) (6,0 m; 100%)
Skrzynka nr 5 (głęb. 4,00–5,00 m) 4,00–5,00	żółta glina zwałowa jw., płynne przejście do mułków w dolnej części rdzenia (1,0 m; 100%)	Skrzynki nr 46–49 (głęb. 47,00–51,00 m) 47,00–51,00 szare iły wapniste, laminowane i smugowane równoległe szarym mułkiem (grubość lamin 5–10 mm) z muskowitem w odstępach 1–2 mm, widoczne bioturbacje (?) (4,0 m; 100%)
Skrzynki nr 6–16 (głęb. 5,00–16,50 m) 5,00–16,50	pstre mułki i gliny, w dolnej części rdzenia zawodnione (11,5 m; 100%)	Skrzynki nr 50–72 (głęb. 51,00–74,00 m) 51,00–74,00 ciemnoszare iły wapniste, bardzo rytmicznie laminowane i smugowane równoległe szarym mułkiem (grubość lamin 1–3 mm) z muskowitem w odstępach 3–8 mm, lokalnie bioturbacje (?) w spągu skrzynki nr 61, widoczne sporadycznie soczewki mułku (zmarszczki?) w skrzynce nr 56; w interwałach głęb.: 65,56–65,72, 70,09–70,92 i 71,14–71,16 m widoczne warstewki piasku drobnoziarnistego, mułkowego, war-
Skrzynki nr 17–18 (głęb. 16,50–19,50 m) 16,50–19,50	zawodnione mułki jw., liczne ryzoidy (2,0 m; 66,6%)	
Skrzynka nr 19 (głęb. 19,50–21,00 m) 19,50–21,00	zawodnione mułki jw. (1,0 m; 66,6%)	
Skrzynka nr 20 (głęb. 21,00–22,00 m) 21,00–22,00	zawodnione beżowe i pstre mułki (1,0 m; 100%)	
Skrzynka nr 21 (głęb. 22,00–23,00 m) 22,00–23,00	stropowe 10 cm rdzenia to mułki jw., poniżej płynne przejście w szare mułki ilaste z beżowymi smugami (1,0 m; 100%)	
Skrzynka nr 22 (głęb. 23,00–24,00 m) 23,00–24,00	szare mułki ilaste z beżowymi smugami (1,0 m; 100%)	

- stwowane zmarszczkowo i skośnie, o granicach zespołów skośnych podkreślonych substancją ilastą, w rdzeniu brak szczątków makrofauny i flory (23,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 73** (głęb. 74,00–75,00 m)
74,00–75,00 beżowy iłowiec wapnisty, rytmicznie laminowany i smugowany równolegle szarym mułkiem (grubość lamin 0,5–2 mm) z muskowitem w odstępach 2–5 mm, w rdzeniu brak szczątków makrofauny i flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 74** (głęb. 75,00–76,00 m)
75,00–76,00 beżowy iłowiec wapnisty jw., rytmicznie laminowany i smugowany równolegle szarym mułkiem, w stropowych 10 cm widoczne grubsze (do 5 mm) laminy piasku kwarcowego, drobnoziarnistego, mułkowego, niżej laminy cieńsze w odstępach 1–10 mm, w rdzeniu brak szczątków makrofauny i flory, lokalnie występują bioturbacje (?) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 75** (głęb. 76,00–77,00 m)
76,00–77,00 beżowy ił wapnisty jw., rytmicznie laminowany równolegle szarym mułkiem (grubość lamin 1–8 mm) w odstępach 1–10 mm, w grubszych laminach mułkowych widoczne warstwowanie skośne, w całym rdzeniu widoczne bioturbacje, brak jest szczątków makrofauny i flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 76** (głęb. 77,00–78,00 m)
77,00–78,00 beżowy ił wapnisty jw., rytmicznie laminowany równolegle szarym mułkiem, w grubszych soczewkach mułkowych widoczne warstwowanie skośne (zmarszczki) i lokalnie drobne pogrzy, w rdzeniu brak szczątków makrofauny i flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 77** (głęb. 78,00–79,00 m)
78,00–78,45 beżowy iłowiec wapnisty jw., gęsto rytmicznie laminowany równolegle szarym mułkiem (grubość lamin 1–2 mm) z muskowitem w odstępach 1–5 mm, w rdzeniu widoczne bioturbacje, brak szczątków makrofauny i flory (0,45 m; 100%)
78,45–78,65 beżowy iłowiec wapnisty jw. rytmicznie laminowany równolegle, silnie zaburzona laminacja (0,20 m; 100%)
78,65–79,00 beżowo-szary iłowiec wapnisty jw., gęsto rytmicznie laminowany równolegle w odstępach 5–10 mm (0,35 m; 100%)
- Skrzynka nr 78** (głęb. 79,00–80,00 m)
79,00–79,09 ciemnoszary ił wapnisty jw., gęsto rytmicznie laminowany równolegle szarym mułkiem z muskowitem w odstępach 1–3 mm (0,09 m; 100%)
79,09–79,40 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, mułkowy, z muskowitem, w stropie laminowany poziomo, na granicy widoczna „kieszka” piaszczysta grubości 3 cm (0,31 m; 100%)
79,40–79,60 ciemnoszary ił wapnisty ze smugami mułku piaszczystego, silnie zaburzone smugowanie (0,20 m; 100%)
79,60–80,00 ił wapnisty jw., gęsto rytmicznie laminowany i smugowany równolegle szarym mułkiem
- z muskowitem, silnie zaburzona laminacja, w górnej części rdzenia widoczne pojedyncze fragmenty węglonej flory (0,40 m; 100%)
- Skrzynka nr 79** (głęb. 80,00–81,00 m)
80,00–80,40 „zmiksowany” (silnie zaburzony) ciemnoszary iłowiec wapnisty, gęsto rytmicznie laminowany równolegle beżowym mułkiem z muskowitem, widoczne skupienia związków żelaza oraz „kieszenie” mułku grubości 1,5 cm (0,40 m; 100%)
80,40–81,00 ciemnoszary ił wapnisty, rytmicznie laminowany i smugowany równolegle szarym mułkiem z muskowitem w odstępach 1–3 mm, w stropie silnie spękany (0,60 m; 100%)
- Skrzynka nr 80** (głęb. 81,00–82,00 m)
81,00–82,00 ciemnoszary ił wapnisty, rytmicznie laminowany i smugowany równolegle szarym mułkiem z muskowitem, miejscami zlustrowany (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 81** (głęb. 82,00–83,00 m)
82,00–82,47 ciemnoszary ił wapnisty jw., miejscami widoczne drobne (detryt) fragmenty węglonej flory (0,47 m; 100%)
82,47–82,60 brak rdzenia (0,13 m)
82,60–83,00 ciemnoszary ił wapnisty jw. (0,40 m; 100%)
- Skrzynka nr 82** (głęb. 83,00–84,00 m)
83,00–84,00 ciemnoszary ił wapnisty jw., na przemian partie bezteksturalne i laminowane równolegle, sporadycznie widoczne warstwowanie soczewkowe, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory, brak szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 83** (głęb. 84,00–85,00 m)
84,00–85,00 ciemnoszary ił wapnisty jw., rytmicznie laminowany i smugowany równolegle szarym mułkiem z muskowitem, w dolnej części rdzenia widoczne partie bezteksturalne, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory, brak szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 84** (głęb. 85,00–86,00 m)
85,00–86,00 ciemnoszary ił wapnisty, bezteksturalny, w dolnej części rdzenia widoczne partie rytmicznie laminowane równolegle szarym mułkiem z muskowitem w odstępach 1–2 mm, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory, brak jest szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 85** (głęb. 86,00–87,00 m)
86,00–87,00 ciemnoszary ił wapnisty jw., rytmicznie laminowany i smugowany równolegle ciemniejszym iłem, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory, brak jest szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 86** (głęb. 87,00–88,00 m)
87,00–88,00 beżowy iłowiec wapnisty jw., w spągowej części rdzenia rytmicznie laminowany równolegle i widoczne warstwowanie soczewkowe oraz drobne rozmycie erozyjne, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory, brak szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)

- Skrzynka nr 87** (głęb. 88,00–89,00 m)
88,00–89,00 beżowy iłowiec wapnisty jw., widoczne partie rytmicznie laminowane równoległe, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory, brak szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 88** (głęb. 89,00–90,00 m)
89,00–90,00 beżowy iłowiec wapnisty jw., miejscami spękany (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 89** (głęb. 90,00–91,00 m)
90,00–91,00 beżowy iłowiec wapnisty jw., w środkowej części rdzenia bezteksturalny, w stropie i spągu widoczne partie rytmicznie laminowane równoległe szarym mułkiem z muskowitem (laminy grubości do 4 mm), w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory oraz pojedyncze muszle małży z rodzaju *Abra* (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 90** (głęb. 91,00–92,00 m)
91,00–91,25 iło-mułowiec wapnisty bezteksturalny, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory (0,25 m; 100%)
91,25–91,70 iłowiec wapnisty bezteksturalny z pojedynczymi smugami mułku, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory (0,45 m; 100%)
91,70–92,00 iło-mułowiec wapnisty, rytmicznie laminowany równoległe, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory (0,30 m; 100%)
- Skrzynka nr 91** (głęb. 92,00–93,00 m)
92,00–93,00 iłowiec wapnisty, rytmicznie laminowany równoległe, w dolnej części rdzenia widoczne smugowanie mułkiem, sporadycznie występują szczątki makrofauny, często drobne (detryt) fragmenty węglonej flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 92** (głęb. 93,00–94,00 m)
93,00–94,00 iłowiec wapnisty, rytmicznie laminowany równoległe, w dolnej części rdzenia na odcinku 15 cm widoczne rozproszone ziarna żwirku kwarcowego, często występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory, brak jest szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 93** (głęb. 94,00–95,00 m)
94,00–94,35 mułowiec wapnisty, w dolnej części więcej iłu, widoczne laminy piaszczyste i rozproszony żwirek kwarcowy o średnicy ziaren do 4 mm (kwarc przezroczysty), w dolnej części rdzenia występuje rytmiczna równoległa laminacja, na granicy ił-muł występują skupienia związków żelaza, widoczne liczne drobne (detryt) fragmenty węglonej flory, brak jest szczątków makrofauny (0,35 m; 100%)
94,35–95,00 iłowiec wapnisty, rytmicznie laminowany równoległe mułkiem, często występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory, brak szczątków makrofauny (0,65 m; 100%)
- Skrzynka nr 94** (głęb. 95,00–96,00 m)
95,00–95,33 beżowy iłowiec wapnisty, bezteksturalny, w dolnej części rdzenia występują pojedyncze poziome smugi mułku, liczne drobne (detryt) fragmenty węglonej flory, brak jest szczątków makrofauny (0,33 m; 100%)
- 95,33–95,43 mułowiec wapnisty z laminami ilastymi z muskowitem (0,10 m; 100%)
- 95,43–96,00 beżowy iłowiec wapnisty, rytmicznie laminowany równoległe w odstępach 2–5 mm, liczne drobne (detryt) i większe fragmenty węglonej flory, brak szczątków makrofauny (0,57 m; 100%)
- Skrzynka nr 95** (głęb. 96,00–97,00 m)
96,00–96,32 przemieszane szare piaski kwarcowe ze żwirkiem kwarcowym o ziarnach średnicy 2–10 mm (częste klasty kwarcu mlecznego oraz ciemnych skał i szarego iłu) (0,32 m; 100%)
96,32–96,45 mułki ze smugami piaszczystymi, w górnej części rdzenia widoczna domieszka żwirku, występują pojedyncze muszle małży i często rozproszony węglony detryt flory (0,13 m; 100%)
96,45–97,00 beżowy iłowiec wapnisty, rytmicznie laminowany równoległe mułkiem, widoczne liczne drobne (detryt) fragmenty węglonej flory, brak jest szczątków makrofauny (0,55 m; 100%)
- Skrzynka nr 96** (głęb. 97,00–98,00 m)
97,00–98,00 beżowy iłowiec wapnisty, rytmicznie laminowany równoległe mułkiem z muskowitem w odstępach 3–10 mm, widoczne liczne drobne (detryt) fragmenty węglonej flory oraz skupienia związków żelaza, brak szczątków makrofauny, spękany (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 97** (głęb. 98,00–99,00 m)
98,00–98,65 mułowiec z piaskiem kwarcowym drobnoziarnistym, widoczne pojedyncze ziarna żwirku kwarcowego (kwarc mleczny) o średnicy do 7 mm oraz klasty iłowca o średnicy 3 mm, sporadycznie występują szczątki muszli małży (0,65 m; 100%)
98,65–99,00 z ostrą granicą (erozyjna) występuje beżowy iłowiec wapnisty, widoczne liczne drobne (detryt) fragmenty węglonej flory oraz pojedyncze szczątki muszli małży (0,35 m; 100%)
- Skrzynka nr 98** (głęb. 99,00–100,00 m)
99,00–100,00 iło-mułowiec beżowo-szary, bezteksturalny, sporadycznie smugowany, występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 99** (głęb. 100,00–101,00 m)
100,00–101,00 iłowiec beżowo-szary, ze smugami mułkowymi, w górnej części rdzenia bardziej mułkowy i bezteksturalny, w środkowej części na odcinku 10 cm pojawia się strefa mułkowego piasku kwarcowego, drobnoziarnistego, ze żwirkiem mlecznego kwarcu o średnicy ziaren do 4–5 mm i drobnymi fragmentami muszli, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 100** (głęb. 101,00–102,00 m)
101,00–102,00 iłowiec beżowo-szary, z laminami poziomymi (grubość lamin 1–10 mm) mułku piaszczystego z muskowitem w odstępach 1–5 mm, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory (1,0 m; 100%)

- Skrzynka nr 101** (głęb. 102,00–103,00 m)
102,00–103,00 iłowiec beżowo-szary, wapnisty, smugowany równolegle mułkiem, spękany, nachylenie laminacji około 20° (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 102** (głęb. 103,00–104,00 m)
103,00–103,54 iłowiec beżowy, wapnisty, laminowany i smugowany równolegle mułkiem, spękany, w rdzeniu występują rzadkie drobne (detryt) fragmenty węglonej flory (0,54 m; 100%)
103,54–103,58 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, ze żwirkiem kwarcowym o średnicy ziaren do 3 mm (kwarc mleczny), spąg nierówny, erozyjny, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory (0,04 m; 100%)
103,58–103,80 iłowiec beżowy, wapnisty, jw., kawałki węglonych gałęzi (0,22 m; 100%)
103,80–103,83 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, z muskowitem, w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory (0,03 m; 100%)
103,83–104,00 iłowiec beżowy, wapnisty, jw. (0,17 m; 100%)
- Skrzynka nr 103** (głęb. 104,00–105,00 m)
104,00–105,00 ił beżowy, wapnisty, w spągowej części rdzenia występuje słabe smugowanie oraz widoczny żwirek piaskowców o średnicy ziaren do 7 mm (ziarna obtoczone), na głębokości 5 cm od stropu widoczna 1 cm grubości warstwa piasku kwarcowego, drobnoziarnistego, ze żwirkiem o średnicy ziaren do 5 mm i fragmentami muszli małży, w rdzeniu występują większe fragmenty węglonej flory oraz pojedyncze muszle małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 104** (głęb. 105,00–106,00 m)
105,00–105,12 iło-mułek szary, z pojedynczymi ziarnami żwirku kwarcowego (średnica ziaren do 2 mm), w rdzeniu występują drobne (detryt) fragmenty węglonej flory (0,12 m; 100%)
105,12–105,70 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, średnio wysortowany, z muskowitem, bezteksturalny, w rdzeniu występują pojedyncze większe fragmenty węglonej flory (0,58 m; 100%)
105,70–106,00 brak rdzenia (0,30 m)
- Skrzynka nr 105** (głęb. 106,00–107,00 m)
106,00–107,00 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, biały i beżowy, średnio wysortowany, z muskowitem, warstwowany skośnie, w górnej połowie rdzenia widoczne smugi i laminy beżowego iłu grubości do 4 mm oraz spora ilość węglonego detrytus roślinnego, na głębokości ok. 10 cm od stropu występują duże fragmenty węglonych gałęzi i kory oraz pojedyncze zmarszczki (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 106** (głęb. 107,00–108,00 m)
107,00–108,00 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, wapnisty, biały i beżowy, średnio wysortowany, z muskowitem, w górnej części rdzenia smugowany skośnie i poziomo (warstwowanie podkreśla rozproszony detryt roślinny i ił) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 107** (głęb. 108,00–109,00 m)
108,00–108,53 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, wapnisty, jw., w dolnej części rdzenia widoczne laminy iłu (0,53 m; 100%)
108,53–108,63 ił ciemnoszary z warstewkami piasku drobnoziarnistego grubości 3–4 mm (0,10 m; 100%)
108,63–108,75 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, mułkowany, wapnisty, z wkładkami iłu ciemnoszarego grubości 4–5 mm, laminowany poziomo i skośnie (0,12 m; 100%)
108,75–109,00 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, wapnisty, biały i beżowy, średnio wysortowany, z muskowitem (0,25 m; 100%)
- Skrzynka nr 108** (głęb. 109,00–110,00 m)
109,00–109,14 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, wapnisty, z muskowitem, smugowany poziomo w dolnej części rdzenia, widoczne okrucy iłu i skupienia związków żelaza (0,14 m; 100%)
109,14–109,16 ił ciemnoszary laminowany poziomo (0,02 m; 100%)
109,16–110,00 piasek kwarcowy, drobno- i średnioziarnisty, z muskowitem, średnio wysortowany, bez żwirku (0,84 m; 100%)
- Skrzynka nr 109** (głęb. 110,00–111,00 m)
110,00–110,46 piasek kwarcowy, drobno- i średnioziarnisty, wapnisty, z muskowitem, smugowany poziomo, w dolnej części rdzenia zailony (0,46 m; 100%)
110,46–110,51 ił szary, zlustrowany, występują pojedyncze bioturbacje i odciski muszli mięczaków, widoczne skupienia związków żelaza (0,05 m; 100%)
110,51–110,61 piasek kwarcowy, drobno- i średnioziarnisty, wapnisty, z muskowitem, ze żwirkiem o średnicy ziaren do 2 mm, widoczne fragmenty muszli małży (0,10 m; 100%)
110,61–111,00 ił szary, przemieszany z piaskiem kwarcowym średnio- do gruboziarnistego, w dolnej części rdzenia widoczny żwirek z ziarnami o średnicy do 2 cm (kwarc mleczny) oraz fragmenty muszli małży (0,39 m; 100%)
- Skrzynka nr 110** (głęb. 111,00–112,00 m)
111,00–111,00 iłowiec beżowy, wapnisty, rytmicznie smugowany i laminowany poziomo mułkiem piaszczystym, spękany i zlustrowany, nachylenie laminacji do 15–20°, brak szczątek makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 111** (głęb. 112,00–113,00 m)
112,00–113,00 iłowiec beżowy, wapnisty, jw., miejscami zlustrowany (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 112** (głęb. 113,00–114,00 m)
113,00–114,00 iłowiec beżowy, wapnisty, jw., wzrasta grubość warstewek mułkowo-piaszczystych do 4–5 mm (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 113** (głęb. 114,00–115,00 m)
114,00–115,00 iłowiec beżowy, wapnisty, jw., spękany i zlustrowany (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 114** (głęb. 115,00–116,00 m)
115,00–116,00 iłowiec beżowy, wapnisty, jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 115** (głęb. 116,00–117,00 m)
116,00–117,00 iłowiec beżowy, wapnisty, jw., spękany i zlustrowany, nachylenie laminacji do 15–20° (1,0 m; 100%)

- Skrzynka nr 116** (głęb. 117,00–118,00 m)
117,00–118,00 iłowiec beżowy, wapnisty jw., spękany, nachylenie laminacji do 15° (1,0 m; 100%)
występuje 5 grubości warstwa szaropopielatego iłu z centkowymi odbarwieniami (klast?) (10,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 117** (głęb. 118,00–119,00 m)
118,00–119,00 iłowiec beżowy, wapnisty jw., rytmicznie smugowany i laminowany poziomo mułkiem piaszczystym z muskowitem (laminy grubości 1–2 mm) w odstępach 6–12 mm, zawierają one skupienia związków żelaza, w rdzeniu brak szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 118** (głęb. 119,00–120,00 m)
119,00–120,00 iłowiec beżowy, wapnisty jw., widoczne skupienia związków żelaza, fragmenty muszli małży oraz bioturbacje (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 119** (głęb. 120,00–121,00 m)
120,00–121,00 ił/iłowiec beżowy, wapnisty jw., widoczne skupienia związków żelaza, fragmenty muszli małży oraz bioturbacje, skała jest laminowana poziomo mułkiem piaszczystym z muskowitem w odstępach 1–6 mm (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 120** (głęb. 121,00–122,00 m)
121,00–121,15 iłowiec szary, wapnisty, laminowany poziomo mułkiem z muskowitem w odstępach 1–2 mm, widoczne skupienia związków żelaza (0,15 m; 100%)
121,15–122,00 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, z muskowitem, bezteksturalny (0,85 m; 100%)
- Skrzynka nr 121** (głęb. 122,00–123,00 m)
122,00–122,51 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, mułkowaty z muskowitem, bezteksturalny, brak szczątków makrofauny (0,51 m; 100%)
122,51–123,00 iłowiec szary, wapnisty, laminowany poziomo mułkiem z muskowitem w odstępach 1–2 mm, widoczne skupienia związków żelaza (0,49 m; 100%)
- Skrzynka nr 122** (głęb. 123,00–124,00 m)
123,00–123,53 rytmit iłu szarego i białego piasku kwarcowego, drobnoziarnistego, mułkowego, z muskowitem, widoczna silnie zaburzona laminacja oraz skupienia związków żelaza i drobne (detryt) fragmenty uwęglonej flory (0,53 m; 100%)
123,53–124,00 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, mułkowaty, z muskowitem, laminowany poziomo ciemnym iłem, widoczne skupienia związków żelaza, brak szczątków makrofauny (0,47 m; 100%)
- Skrzynka nr 123** (głęb. 124,00–125,00 m)
124,00–125,00 piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, mułkowaty, z muskowitem, na głębokości 8 cm i 47 cm od stropu występują 2–3 cm grubości strefy bardzo gęsto laminowane poziomo ciemną substancją węglistą, wyższa strefa jest podścielona 2 cm grubości warstwą szarego iłu (1,0 m; 100%)
- Skrzynki nr 124–133** (głęb. 125,00–135,00 m)
125,00–135,00 piasek średnioziarnisty, kwarcowy, średnio wysortowany, lokalnie widoczne drobne (detryt) fragmenty uwęglonej flory, w środkowej części rdzenia występuje domieszka żwirku o średnicy klastów 3–4 mm (kwarc mleczny, ciemne klasty), osad bezteksturalny, rzadko widoczne pojedyncze zmarszczki, na głębokości 130,4 m
- Skrzynka nr 134** (głęb. 135,00–136,00 m)
135,00–135,12 piasek średnioziarnisty, kwarcowy, średnio wysortowany, z drobnymi okruchami iłu (0,12 m; 100%)
135,12–135,72 iło-mułowiec z muskowitem, bezteksturalny, widoczne skupienia związków żelaza (piryt) i drobne (detryt) fragmenty uwęglonej flory oraz pojedyncze fragmenty muszli małży, ponadto – pojedyncze przewarstwienia iłu grubości do 1 cm (0,60 m; 100%)
135,72–136,00 ił, laminowany mułkiem, widoczne muszle małży i skupienia związków żelaza (piryt) (0,28 m; 100%)
- Skrzynka nr 135** (głęb. 136,00–137,00 m)
136,00–137,00 ił wapnisty, w górnej części rdzenia smugowany i laminowany jasnym mułkiem z muskowitem w odstępach 2–3 mm, w dolnej części rdzenia widoczne pojedyncze muszle małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 136** (głęb. 137,00–138,00 m)
137,00–138,00 ciemnoszary ił jw., laminowany w odstępach 15 mm, widoczne pojedyncze łuski ryb, skupienia związków żelaza (piryt) i skupienia ciemnej substancji węglistej (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 137** (głęb. 138,00–139,00 m)
138,00–139,00 ciemnoszary ił jw., gęsto laminowany, widoczne drobne (detryt) fragmenty uwęglonej flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 138** (głęb. 139,00–140,00 m)
139,00–140,00 ciemnoszary ił jw., gęsto laminowany, w dolnej części rdzenia widoczne drobne koncrecje żelaziste (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 139** (głęb. 140,00–141,00 m)
140,00–141,00 ciemnoszary ił jw., gęsto laminowany, brak szczątków makrofauny i flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 140** (głęb. 141,00–142,00 m)
141,00–142,00 ciemnoszary ił jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 141** (głęb. 142,00–143,00 m)
142,00–143,00 ciemnoszary ił jw., gęsto laminowany w odstępach 1–5 mm (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 142** (głęb. 143,00–144,00 m)
143,00–144,00 ciemnoszary ił jw., gęsto laminowany, widoczne skupienia związków żelaza (piryt) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 143** (głęb. 144,00–145,00 m)
144,00–145,00 ciemnoszary ił jw., gęsto laminowany, widoczne pojedyncze muszle małży i drobne (detryt) fragmenty uwęglonej flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 144** (głęb. 145,00–146,00 m)
145,00–146,00 ciemnoszary ił jw., w dolnej części rdzenia laminowany w odstępach 2–10 mm, widoczne pojedyncze muszle małży i bioturbacje (?) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 145** (głęb. 146,00–147,00 m)
146,00–147,00 ciemnoszary ił jw., laminowany w odstępach 15 mm, widoczne pojedyncze muszle małży

- i skupienia pirytu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 146** (głęb. 147,00–148,00 m)
147,00–148,00 ciemnoszary ił jw., spękany, w dolnej części rdzenia słabiej laminowany w odstępach 2–10 mm, widoczne duże skupienia pirytu (o średnicy do 1 cm) i mineralizacja żelazista wzdłuż powierzchni spękań (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 147** (głęb. 148,00–149,00 m)
148,00–149,00 ciemnoszary ił jw., spękany, widoczna mineralizacja żelazista wzdłuż powierzchni spękań, skupienia substancji węglistej oraz pojedyncze muszle małży, na głębokości 148,9 m występuje 2 mm grubości lamina **tufitu** (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 148** (głęb. 149,00–150,00 m)
149,00–150,00 ciemnoszary ił jw., na głębokości 149,09 m występuje 2 mm grubości lamina **tufitu**, brak szczątków makrofauny i flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 149** (głęb. 150,00–151,00 m)
150,00–151,00 ciemnoszary iłowiec, smugowany, w dolnej części rdzenia spękany, w spągu rdzenia występują odciski muszli małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 150** (głęb. 151,00–152,00 m)
151,00–152,00 ciemnoszary iłowiec jw., smugowany, spękany (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 151** (głęb. 152,00–153,00 m)
152,00–153,00 ciemnoszary iłowiec jw., smugowany, intensywnie zlustrowany (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 152** (głęb. 153,00–154,00 m)
153,00–154,00 ciemnoszary iłowiec jw., smugowany, w środkowej części rdzenia widoczna lamina piasku kwarcowego, gruboziarnistego (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 153** (głęb. 154,00–155,00 m)
154,00–155,00 ciemnoszary iłowiec jw., smugowany, w dolnej części rdzenia widoczne drobne uskoki i zaburzenia laminacji, na głębokości 154,3 m występuje pakiet iłowca białego grubości 1,5 cm, silnie wapnistego, gęsto laminowanego, w rdzeniu brak szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 154** (głęb. 155,00–156,00 m)
155,00–156,00 ciemnoszary iłowiec jw., laminowany (laminy grubości 1 mm) jaśniejszym piaskiem mułkowym w odstępach 2–12 mm, brak szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 155** (głęb. 156,00–157,00 m)
156,00–157,00 ciemnoszary iłowiec jw., laminowany, brak szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 156** (głęb. 157,00–158,00 m)
157,00–158,00 ciemnoszary iłowiec jw., wapnisty, w górnej części rdzenia laminowany, w dolnej – bezteksturalny, brak szczątków makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 157** (głęb. 158,00–159,00 m)
158,00–159,00 ciemnoszary iłowiec jw., gęsto laminowany, w dolnej części rdzenia widoczne pojedyncze laminy grubości do 1,5 mm piasku kwarcowego, gruboziarnistego, ponadto pojedyncza muszla małża (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 158** (głęb. 159,00–160,00 m)
159,00–160,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, spękany, bezteksturalny, w rdzeniu widoczne pojedyncze skupienia pirytu i fosforanów (?) oraz odciski muszli małży (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 159** (głęb. 160,00–161,00 m)
160,00–161,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 160** (głęb. 161,00–162,00 m)
161,00–162,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, jw., widoczne pojedyncze łuski ryb i skupienia pirytu i fosforanów (?) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 161** (głęb. 162,00–163,00 m)
162,00–163,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, jw., bezteksturalny, widoczne pojedyncze łuski ryb (?) i skupienia pirytu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 162** (głęb. 163,00–164,00 m)
163,00–164,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, silnie spękany, bezteksturalny i ze słabo czytelną laminacją, brak szczątków makrofauny i flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 163** (głęb. 164,00–165,00 m)
164,00–165,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, w dolnej części rdzenia silnie zlustrowany, bezteksturalny, widoczne pojedyncze skupienia pirytu i fosforanów (?) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 164** (głęb. 165,00–166,00 m)
165,00–166,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, w różnym stopniu zlustrowany, bezteksturalny, widoczne pojedyncze muszle małży i mineralizacja żelazista wzdłuż powierzchni spękań (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 165** (głęb. 166,00–167,00 m)
166,00–167,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 166** (głęb. 167,00–168,00 m)
167,00–168,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, silnie zlustrowany, jw., widoczne skupienia fosforanów (?), brak szczątków flory (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 167** (głęb. 168,00–169,00 m)
168,00–169,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 168** (głęb. 169,00–170,00 m)
169,00–170,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, gęsto laminowany poziomo w odstępach 2–3 mm, w rdzeniu widoczne łuski ryb (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 169** (głęb. 170,00–171,00 m)
170,00–171,00 beżowy iłowiec wapnisty, miejscami zlustrowany, laminowany i smugowany poziomo, w rdzeniu widoczne bioturbacje (?) i szczątki makrofauny (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 170** (głęb. 171,00–172,00 m)
171,00–172,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, bardzo silnie zlustrowany, laminowany i smugowany poziomo, w rdzeniu widoczne skupienia pirytu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 171** (głęb. 172,00–173,00 m)
172,00–173,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, jw., zlustrowany, laminowany i smugowany poziomo, w rdzeniu widoczne skupienia pirytu (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 172** (głęb. 173,00–174,00 m)
173,00–174,00 iłowiec wapnisty, jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 173** (głęb. 174,00–175,00 m)
174,00–175,00 iłowiec wapnisty, jw., spękany i zlustrowany,

- laminowany i smugowany poziomo w górnej części rdzenia, w rdzeniu widoczne konkracje pirytowe (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 174** (głęb. 175,00–176,00 m)
175,00–176,00 iłowiec wapnisty, jw., w rdzeniu widoczne łuski ryb (?) i drobny detryt węglonych roślin (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 175** (głęb. 176,00–177,00 m)
176,00–177,00 iłowiec wapnisty, jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 176** (głęb. 177,00–178,00 m)
177,00–178,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, jw., zlustrowany, laminowany i smugowany poziomo, w rdzeniu widoczne łuski ryb (?) (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 177** (głęb. 178,00–179,00 m)
178,00–179,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, jw., zlustrowany, laminowany i smugowany poziomo, na głębokości 177,12 m występują 2 warstewki grubości 5–8 mm silnie węglanowe (dolna warstewka to utrwalona zmarszczka), w rdzeniu widoczne łuski ryb (?) i drobny detryt węglonych roślin (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 178** (głęb. 179,00–180,00 m)
179,00–180,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, jw., laminowany i smugowany poziomo, w rdzeniu widoczne łuski ryb (?) i drobny detryt węglonych roślin (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 179** (głęb. 180,00–181,00 m)
180,00–181,00 ciemnoszary iłowiec wapnisty, jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 180** (głęb. 181,00–182,00 m)
181,00–182,00 ciemnoszary iłowiec, jw. (1,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 181** (głęb. 182,00–184,00 m)
182,00–184,00 ciemnoszary iłowiec, laminowany i smugowany poziomo i faliście jasnym mułkiem, spękany, na głębokości 183,73 m występuje warstewka **tufitu** grubości 4 mm, w rdzeniu brak szczątków makrofauny (2,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 182** (głęb. 184,00–186,00 m)
184,00–186,00 ciemnoszary iłowiec, laminowany i smugowany poziomo i faliście jasnym mułkiem, spękany, widoczne liczne pęknięcia i szczeliny synsedymantacyjne, brak szczątków makrofauny (2,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 183** (głęb. 186,00–188,00 m)
186,00–188,00 ciemnoszary iłowiec, laminowany i smugowany poziomo i faliście jasnym mułkiem, spękany, brak szczątków makrofauny (2,0 m; 100%)
- Skrzynka nr 184** (głęb. 188,00–189,00 m)
188,00–188,10 brak rdzenia (0,10 m)
188,10–188,48 czarny ił, bezteksturalny, bitumiczny, w rdzeniu widoczne łuski ryb (?) (0,38 m; 100%)
188,48–188,74 czarny ił, bezteksturalny, w rdzeniu widoczne kryształki gipsu wielkości do 2 cm, spąg iłu nierówny (0,26 m; 100%)
- NEOGEN, BADEN GÓRNY, STROP FORMACJI Z KRZYŻANOWIC**
- 188,74–189,00 ciemnoszary gips, w spągowej części o strukturze gruzłowej, miejscami smugowany iłem, w spągu kolejno występują: 3–4 mm grubości warstewka czarnego iłu oraz 5 mm grubości warstewka gipsu zwięzłego ciemnoszarego, o strukturze gruzłowej (gruzły gipsowe i klasty iłu – brekcja gipsowo-ilasta?) (0,26 m; 100%)
- Skrzynka nr 185** (głęb. 189,00–190,00 m)
189,00–189,35 brekcja gipsowa (klasty laminowanego gipsu w matriksie ilastym) (0,35 m; 100%)
189,35–189,40 ciemnoszary ił, bezteksturalny, w rdzeniu widoczne kryształki gipsu (0,05 m; 100%)
189,40–189,47 brekcja gipsowa (klasty laminowanego gipsu w matriksie ilastym) (0,07 m; 100%)
189,47–189,59 gips laminowany, w dolnej części rdzenia o strukturze gruzłowej (0,12 m; 100%)
189,59–190,00 brekcja gipsowa (klasty laminowanego gipsu w matriksie ilastym) (0,41 m; 100%)
- Skrzynka nr 186** (głęb. 190,00–191,00 m)
190,00–190,07 ciemnoszary ił, z soczewami, laminami i kryształami gipsu (0,07 m; 100%)
190,07–190,42 gips szary, laminowany iłem, silnie spękany, w rdzeniu widoczne uskoki i „kieszenie” z pokruszonym gipsem (gipsorudyt-gipsoarenit w matriksie ilastym (wielkość „kieszeni” – do 8 cm) (0,35 m; 100%)
190,42–190,62 brekcja gipsowa (klasty laminowanego gipsu w matriksie ilastym) (0,20 m; 100%)
190,62–190,87 brekcja gipsowa jw. (0,25 m; 100%)
190,87–191,00 czarny ił z kryształami i żyłkami gipsu (0,13 m; 100%)
- Koniec otworu – głęb. 191,00 m.**