

MIKROFACJE I DIAGENEZA UTWORÓW DOLOMITU GŁÓWNEGO (Ca₂) W REJONIE BARIERY MI DZYCHODU (PÓŁWYSEP GROTOWA, POLSKA ZACHODNIA)

MICROFACIES AND DIAGENESIS OF THE MAIN DOLOMITE (Ca₂) STRATA IN THE MI DZYCHÓD BARRIER AREA (GROTÓW PENINSULA, WESTERN POLAND)

ZBIGNIEW MIKOŁAJEWSKI¹, MIROSLAW SIOWAKIEWICZ²

Abstrakt. Utwory dolomitu głównego stwierdzone w rejonie Mi dzychodu stanowi fragment dolomitowej bariery oolitowej obejmującej zachodnią część półwyspu Grotowa. Profile z otworów wiertniczych Mi dzychód-4, Mi dzychód-5 i Mi dzychód-6 składają się z bogatego spektrum odmian mikrofacjalnych, wskazujących na deponowanie w zróżnicowanych subrodowiskach szeroko pojętej strefy bariery w glaukowej. Przeobrażenia diagenetyczne oraz rozwój przestrzeni porowej zachodziły wielostopniowo i związane były zarówno z etapem depozycyjno-diagenetycznym (eodiagenеза), jak również z etapem pogrzebani (mezodiagenеза). Niektóre z nich przyczyniły się do obniżenia potencjału zbiornikowego (kompakcja, cementacja, neomorfizm), inne w znacznym stopniu go poprawiły (rozpuszczanie, szczelinowatość). Najbardziej niekorzystnie na zabudowę przestrzeni porowej wpłynęła cementacja dolomitowa i anhydrytowa. Takie halit, minerały ilaste oraz impregnacja bitumiczna przyczyniły się do jej ograniczenia. Neomorfizm doprowadził niekiedy do całkowitego zatarcia pierwotnych cech strukturalno-teksturalnych skały. Rozpuszczanie i szczelinowatość w znacznym stopniu polepszyły właściwości zbiornikowe (porowatość, przepuszczalność). W wyniku rozpuszczenia niestabilnych bioklastów oraz jader ziarn glaukowych doszło do powstania porowatości moldycznej.

Słowa kluczowe: dolomit główny, mikrofacje, diagenеза, właściwości zbiornikowe, Polska zachodnia.

Abstract. The Main Dolomite rocks found in the Mi dzychód area are associated with a fragment of a dolostone oolite barrier comprising the western part of the Grotów Peninsula. The sections from the Mi dzychód-4, Mi dzychód-5 and Mi dzychód-6 wells contain diverse microfacies types characteristic of deposition in differentiated subenvironments within the carbonate barrier zone. Diagenetic transformations and development of pore space occurred as multistage processes. They were associated with both the diagenetic-depositional zones (eodiagenesis) and the burial stage (mesodiagenesis). Some of them lowered the reservoir potential (compaction, cementation, neomorphism), whereas others significantly improved it (dissolution, fracturing). Dolomite and anhydrite cementation, halite, clay minerals and bitumen impregnation reduced the pore space filtration properties. In some places neomorphism affected primary structural-textural features of the rocks. Dissolution and fracturing significantly improved reservoir properties (porosity, permeability). Dissolution of unstable bioclasts and cores of carbonate grains resulted in formation of moldic porosity.

Key words: Main Dolomite, microfacies, diagenesis, reservoir properties, Western Poland.

¹ Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo SA w Warszawie, Oddział w Zielonej Górze, Dział Poszukiwania Złóż, Plac Staszica 9, 64-920 Piła; zbigniew.mikolajewski@pgnig.pl

² Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; mslo@pgi.gov.pl

WST P

Dokonane w ostatnich latach odkrycia złó w głównodolomitu spowodowały, że strefa występowania utworów cechsztyńskiego dolomitu głównego (Górski, Trela, 1997; Mamczur i in., 1997; Czekański i in., 2002; Sikorski, 2002, 2006; Wolnowski, 2002, 2006; Dyjaczowski i in., 2006) stała się najintensywniej eksplorowanym obszarem poszukiwawczym w Polsce. Dotyczy to głównie strefy pogranicza monokliny przedsudeckiej i niecki szczecińskiej, gdzie w utworach dolomitu głównego (Ca₂) odkryto największe złó ropy naftowej i gazu ziemnego (Barnówko–Mostno–Buszewo, Dzeduszyce, Grotów, Lubiatów, Lubiszyn, Mi dzychód, Ró a sko, Stanowice, Zielin).

Celem opracowania była mikrofacjalna i diagenetyczna charakterystyka osadów dolomitu głównego (Ca₂), stanowiącego drugi poziom w gławnowy w gławnowo-ewapora-

towej sekwencji cechsztynu. Analizowane utwory pochodzą z trzech otworów wiertniczych usytuowanych w zachodniej części półwyspu Grotowa (fig. 1): Mi dzychód-4, Mi dzychód-5 i Mi dzychód-6. Pod względem środowiska depozycji wszystkie reprezentują stref dolomitowej bariery oolitowej, oddzielającej strefę równi platformowej od zatoki Noteci.

Utwory dolomitu głównego z obszaru półwyspu Grotowa oraz jego podnóże były przedmiotem wielu opracowań wykonanych dla potrzeb przemysłu naftowego (mat. arch. PGNiG SA; Wagner, Kotarba, 2004) oraz kilku publikacji (m.in. Zdanowski, 2003, 2004; Mikołajewski, Wróbel, 2005; Jaworowski, Mikołajewski, 2007). Szczegółowe zagadnienia mikrofacjalne były częścią kompleksowego opracowania dotyczącego algowych skał macierzystych (Mikołajewski, 2004).

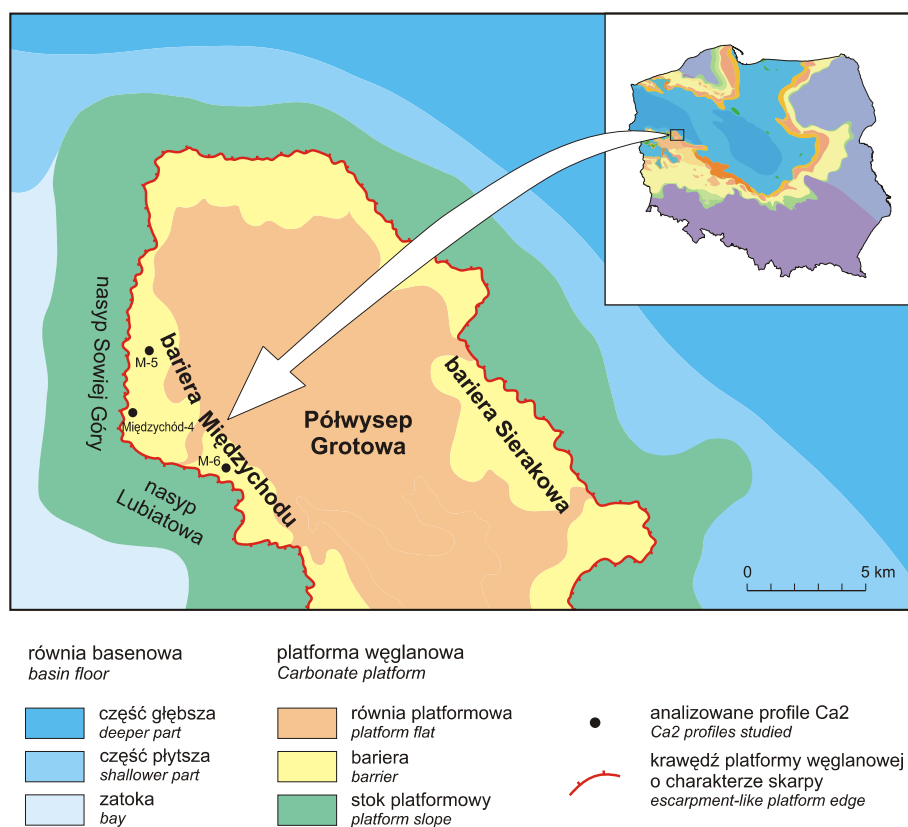


Fig. 1. Lokalizacja półwyspu Grotowa oraz bariery Mi dychodu (Wagner, 2004, częściowo zmodyfikowane) na tle mapy paleogeograficznej dolomitu głównego (Wagner i in., 2000)

Locality of the Grotów Peninsula and the Mi dychód Barrier (Wagner, 2004, partly modified) versus paleogeographical map of the Main Dolomite (Wagner *et al.*, 2000)

METODY BADA

Dla scharakteryzowania utworów dolomitu głównego (Ca₂) pod kątem wydzielenia mikrofacjalnych oraz przeobrażeń diagenetycznych skały poddano szczegółowym obserwacjom w mikroskopie polaryzacyjnym. Dla lepszego zo-

brazowania przestrzeni porowej tych utworów odłupki skalne badano także w mikroskopie elektronowym (SEM) z mikroskondami energetycznymi (EDS).

WYNIKI BADA

Profile dolomitu głównego w rejonie Mi dzychodu (fig. 1, 2) związane są z fragmentem przykrawędziowej bariery oolitowej obejmującej zachodnią część półwyspu Grotowa.

Transgresja dolomitu głównego natrafiła tutaj na niezbyt urozmaiconą morfologicznie powierzchnię, która jednak w znacznym stopniu determinowała wykształcenie utworów w górnym cyklu PZ2 (Stassfurt). Zróżnicowanie mikrofacjalne dolomitu głównego jest efektem różnic batymetrycznych (mat. arch. PGNiG SA; Jaworowski, 2004; Mikołajewski, 2004; Jaworowski, Mikołajewski, 2007). Przyczyniły się one do zmiany reżimów sedymentacyjnych oraz do powstania w obrębie bariery stref bardziej i mniej energetycznych. Strefy bardziej energetyczne były związane z lokalnymi kulminacjami, na których rozwijały się płycizny oolitowe, a strefy mniej energetyczne powstawały głównie w obniżeniach wewnętrznych oraz na stokach bariery (Jaworowski, Mikołajewski, 2007).

Obserwacje mikroskopowe pozwoliły na wydzielenie szerokiego spektrum odmian mikrofacjalnych. Wyróżniono m.in. dolomitowe wakstony peloidowe i peloidowo-bioklastyczne, pakstony i greinstony onkoidowo-ooidowe, pizoidowe, intraklastowe i intraklastowo-bioklastyczne, flotstony i rudstony intraklastowe oraz bandstony (głównie maty mikrobialne). Bardzo często występuje biostabilizacja mikrobialna. Otwory wiertnicze zlokalizowane w niewielkiej odległości od siebie cechują się nieco innymi cechami oraz wykształceniem, będącym odzwierciedleniem zróżnicowania środowisk depozycji związanych z czasowym i przestrzennym rozwojem platformy w górnym i przykrawędziowej bariery oolitowej (stok zewnętrzny, stok wewnętrzny, płycizny oolitowe, obniżenia wewnętrzne).

Przeprowadzone analizy petrograficzne pozwoliły stwierdzić, że przemiany diagenetyczne i związane z nimi rozwój przestrzeni porowej zachodziły wieloetapowo. Związane one były zarówno z etapem depozycyjno-diagenetycznym, jak również z etapem pogrzebienia. Jednym z najważniejszych procesów diagenetycznych była kompaktacja (mechaniczna – fig. 3a, chemiczna – fig. 3b), zaznaczająca się szczególnie mocno w poziomach o małym natężeniu wczesnodiagenetycznej cementacji. Cementacja (zarówno wczesna, jak i późnodiagenetyczna) doprowadziła miejscami do całkowitego wypełnienia przestrzeni międzyziarnowej. Szczególnie siarczan (fig. 3c) oraz węgla wpływają na jej zabudowę. Oprócz nich na pogorszenie właściwości zbiornikowych

wpłynęła obecność halitu, minerałów ilastych oraz silna impregnacja bitumiczna (fig. 3d). Poza kompaktację i cementację ważną rolę w modelowaniu przestrzeni porowej odegrały neomorfizm, rozpuszczanie oraz powstawanie szczelin. Neomorfizm doprowadził niekiedy do całkowitego zatarcia pierwotnych cech strukturalno-teksturalnych skały i przyczynił się do pogorszenia właściwości zbiornikowych. Rozpuszczanie i szczelinowatość w znacznym stopniu poprawiły te właściwości. Szczególnie podatne na rozpuszczanie były niestabilne bioklasty oraz jedra intraklastów i ziarn obłeczonych, które w pewnych poziomach doprowadziły do powstania porowatości moldyczej (fig. 3e). Już na etapie depozycji, w zależności od facji, doszło do zróżnicowania utworów dolomitu głównego na osady cechujące się dobrymi bądź gorszymi właściwościami zbiornikowymi. Późniejsze procesy diagenetyczne doprowadziły do znacznej ich modyfikacji. Niektóre z tych procesów spowodowały ich pogorszenie (kompaktacja, cementacja, neomorfizm), inne natomiast w znacznym stopniu je poprawiły (rozpuszczanie ziarn i bioklastów oraz szczelinowatość). Rozwój szczelinowatości doprowadził do znacznej poprawy przepuszczalności w utworach cechujących się niewielką porowatością. Szczeliny były także drogami migracji roztworów, które na etapie pogrzebienia prowadziły do korodowania i rozpuszczania pewnych poziomów, przyczyniając się do powstawania porowatości wtórnej. Były także potencjalnymi drogami migracji węglodorów.

Najgorszymi właściwościami zbiornikowymi cechują się na ogół bandstony (fig. 3f), wakstony peloidowo-bioklastyczne (wyszczelnienie profilu Mi dzychód-6) oraz impregnowane stałymi bituminami utwory ziarniste (niższe partie profili Mi dzychód-4 i Mi dzychód-5 – fig. 2). Porowatość nie przekracza w nich na ogół 10%, a w większości próbek cechuje się przepuszczalnością poniżej 0,001 mdcy (z wyjątkiem próbek z rozwiniętą mikroszczelinowatością). Ponadto tak słaba przepuszczalność przy zmiennej porowatości ma związek z procentowo najwyższym udziałem mat mikrobialnych obserwowanych w otworze Mi dzychód-6. Najlepszymi właściwościami zbiornikowymi cechują się słabo scementowane, dobrze wysortowane utwory ziarniste, w których doszło do powstania porowatości moldyczej (porowatość przekracza w nich miejscami 25% – fig. 4). Utwory tego typu stwierdzono przede wszystkim w wyższej części profilu dolomitu głównego w otworze wiertniczym Mi dzychód-4.

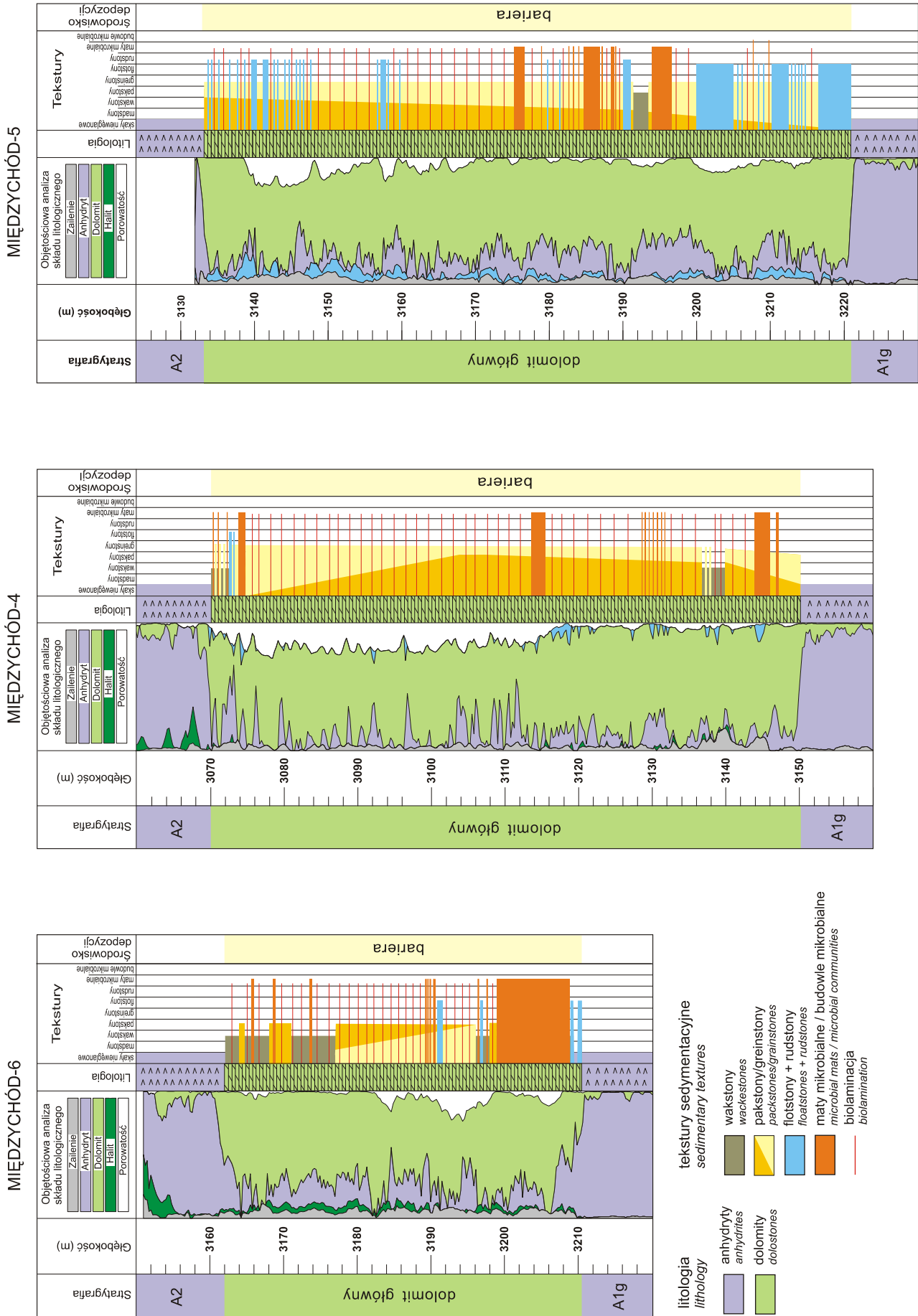


Fig. 2. Profile dolomitu głównego z obszaru bariery Mi dzychodu (Mikołajewski, 2004)
The Main Dolomite profiles from the Mi dzychód Barrier area (Mikołajewski, 2004)

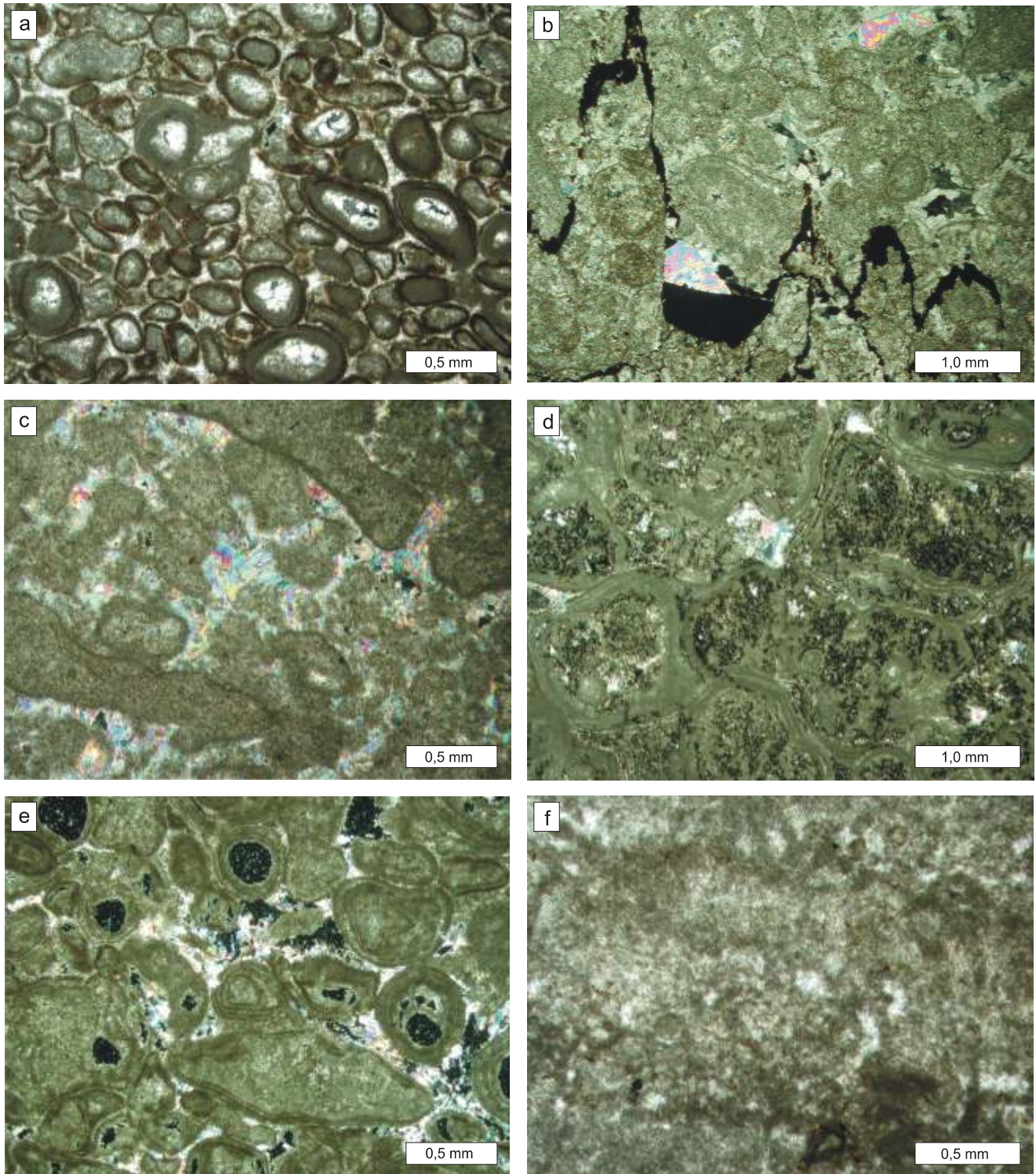


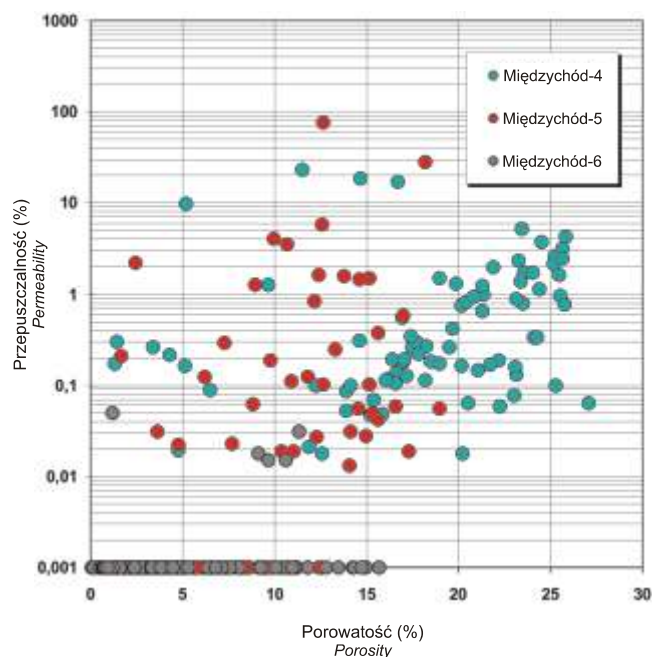
Fig. 3. a. Upakowany szkielet ziarnowy w dolomitowym greinstonie ooidowym (Mi dzychód-6, gł b. 3189,40 m),
b. Stylolit z bituminami (Mi dzychód-5, gł b. 3152,40 m),
c. Szczelna zabudowa przestrzeni mi dzyziarnowej przez cement anhydrytowy (Mi dzychód-5, gł b. 3205,40 m),
d. Impregnacja bitumiczna wewn trz ziarn w glanowych (Mi dzychód-5, gł b. 3187,80 m),
e. Porowato moldyczna (Mi dzychód-4, gł b. 3092,60 m),
f. Dolomitowy bandston pozbawiony wła ciwo ci kolektorskich (Mi dzychód-5, gł b. 3181,40 m).

- a. Packed dolomite ooid grainstone framework (Mi dzychód-6 borehole, depth 3189.40 m),
b. Stylolite with bitumen (Mi dzychód-5 borehole, depth 3152.40 m),
c. Intergranular porosity infilled with anhydrite cement (Mi dzychód-5 borehole, depth 3205.40 m),
d. Bituminous impregnation inside carbonate grains (Mi dzychód-5 borehole, depth 3187.80 m),
e. Moldic porosity (Mi dzychód-4 borehole, depth 3092.60 m),
f. Dolomite boundstone with no reservoir features (Mi dzychód-5 borehole, depth 3181.40 m).

Fig. 4. Zależność przepuszczalności od porowatości w utworach dolomitów głównego zlokalizowanych w obrębie bariery Międzychód

Permeability versus porosity plot from the Main Dolomite rocks in the Międzychód Barrier area

Wysoka porowatość nie zawsze koreluje się z dobrą przepuszczalnością. Próby porowate (rzędu 15–25%) okazują się miejscami słabo przepuszczalne, natomiast próbkami cechującymi się mniejszymi porowatymi (rzędu 0–15%) odpowiada znacznie większa przepuszczalność (fig. 4). Taki brak korelacji można tłumaczyć mikroporowym wykształceniem przestrzeni porowej, z drugiej natomiast strony – występowaniem mikroszczelinowatości, która podobnie jak szczelinowatość została potwierdzona w pewnych partiach badanych profili dolomitów głównych.



PODSUMOWANIE

Obserwacje mikroskopowe pozwoliły na wydzielenie szerokiego spektrum odmian mikrofacjalnych, wśród których wyróżniono dolomitowe wakstony peloidowe i peloidowo-bioklastyczne, pakstony i greinstony onkoidowo-oidowe, pizoidowe, intraklastowe i intraklastowo-bioklastyczne, bandstony (maty mikrobialne, stromatolity) oraz flotstony i rudstony intraklastowe.

Przeobrażenia diagenetyczne i związane z nimi rozwój przestrzeni porowej zachodziły na etapie eodiagenety (wczesna cementacja dolomitowa i anhydrytowa, rozpuszczanie), jak również mezodiagenety (późne cementy: dolomit, anhydryt, halit, minerały ilaste; impregnacja bitumicz-

na, kompaktacja mechaniczna i chemiczna, zeszcelinowanie, rozpuszczanie). Procesy działające na etapie mezodiagenety doprowadziły niekiedy do zatarcia pierwotnych struktur sedimentacyjnych (greinstony o strukturach zatartych – Wright, 1992), pogarszając właściwości zbiornikowe i filtracyjne utworów dolomitów głównych. Jednocześnie nie na tym etapie powstały szczeliny, które polepszyły te właściwości, stając się drogami migracji w głowodorów.

Znaczny potencjał zbiornikowy tych utworów oraz korzystne uwarunkowania geologiczne-geologiczne doprowadziły do tego, że utwory te stały się miejscem akumulacji gazu ziemnego (mat. arch. PGNiG SA).

LITERATURA

- CZEKAŃSKI E., DZIADKIEWICZ M., JANKOWSKI K., 2002 – Potencjał wydobywczy złóż ropy naftowej w dolomitach głównym. Konferencja Naukowo-Techniczna: 41–49. Piła.
- DYJACZYŃSKI K., MAMCZUR S., DZIADKIEWICZ M., 2006 – Od Rybaków do LMG – 45 lat wydobywania ropy naftowej na Niżu Polskim. Konferencja Naukowo-Techniczna: 59–76. Piła.
- GÓRSKI M., TRELA M., 1997 – Układ geometryczny i ocena właściwości zbiornikowych złóż a Barnówko–Mostno–Buszewo (BMB) – największego złóża ropy naftowej w Polsce, na podstawie zdjęć sejsmicznego 3D. *Prz. Geol.*, **45**, 7: 685–692.
- JAWOROWSKI K., 2004 – Charakterystyka sedimentologiczna osadów dolomitów głównych z głównych stref paleogeograficznych. W: *Algowe skały macierzyste dolomitów głównych i ich potencjał w głowodorowy jako podstawa dla genetycznej oceny zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego w strefie Gorzowa–Międzychód* (red. R. Wagner, M. Kotarba). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- JAWOROWSKI K., MIKOŁAJEWSKI Z., 2007 – Oil- and gas-bearing sediments of the Main Dolomite (Ca₂) in the Międzychód region: depositional model and the problem of the boundary between the second and third depositional sequences in the Polish Zechstein Basin. *Prz. Geol.*, **55**, 12/1: 1017–1024.
- MAMCZUR S., RADECKI S., WOJTKOWIAK Z., 1997 – O największym złóżu ropy naftowej w Polsce Barnówko–Mostno–Buszewo (BMB). *Prz. Geol.*, **45**, 6: 582–588.
- MATERIAŁY ARCHIWALNE PGNiG SA – Niepublikowane.
- MIKOŁAJEWSKI Z., 2004 – Mikrofacje dolomitów głównych z wytypowanych obszarów badań. W: *Algowe skały macierzyste dolomitów głównych i ich potencjał w głowodorowy jako podstawa dla genetycznej oceny zasobów ropy naftowej i gazu*

- ziemnego w strefie Gorzowa–Mi dzychodu. (red. R. Wagner, M. Kotarba). Centr. Arch. Geol. Pa stw. Inst. Geol. Warszawa.
- MIKOŁAJEWSKI Z., WRÓBEL M., 2005 – Petrografia i diageniza utworów cechszty skiiego dolomitu głównego (Ca₂) w rejonie zło a ropy naftowej Lubiatów (zachodnia Polska). *Prz. Geol.*, **53**, 4: 335–336.
- SIKORSKI B., 2002 – Rezultaty poszukiwa w utworach dolomitu głównego. Konferencja Naukowo-Techniczna: 7–14. Piła.
- SIKORSKI B., 2006 – Rezultaty prac poszukiwawczych z perspektywy 50-lecia działalno ci Poszukiwa Nafty i Gazu „NAFTA” sp. z o.o. w Pile. Konferencja Naukowo-Techniczna: 5–13. Piła.
- WAGNER 2004 – Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego (Ca₂) – Półwysep Grotowa . W: Algowe skały macierzyste dolomitu głównego i ich potencjał w głowodorowy jako podsta wa dla genetycznej oceny zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego w strefie Gorzowa–Mi dzychodu. (red. R. Wagner, M. Kotarba). Centr. Arch. Geol. Pa stw. Inst. Geol. Warszawa.
- WAGNER R., DYJACZY SKI D., PAPIERNIK B., PERYT T.M., PROTAS A., 2000 – Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego (Ca₂) 1:500 000. W: Bilans i potencjał w głowodorowy dolomitu głównego basenu permskiego Polski (red. M.J. Kotarba). Arch. WGGiO AGH, Kraków.
- WOLNOWSKI T., 2002 – Prognoza zasobno ci dolomitu głównego w basenie permskim Ni u Polskiego w wietle nowych technik poszukiwawczych. Konferencja Naukowo-Techniczna: 15–28. Piła.
- WOLNOWSKI T., 2006 – Perspektywy poszukiwa złóz ropy naftowej i gazu ziemnego na Ni u Poskim (po 50 latach poszukiwa). Konferencja Naukowo-Techniczna: 15–33. Piła.
- WRIGHT V.P., 1992 – A revised classification of limestones. *Sediment. Geol.*, **76**: 177–185.
- ZDANOWSKI P., 2003 – Lowstand systems tracts deposition of the Main Dolomite in the Gorzów Region (Polish Zechstein Basin). 22nd IAS Meeting of Sedimentology – Opatija 2003. Abstract book: 25.
- ZDANOWSKI P., 2004 – Wide restricted lagoons (salinas) of the main dolomite as a final stage deposition of carbonate lowstand systems tracts in the Gorzów Wielkopolski region. 23rd IAS Meeting of Sedimentology – Coimbra 2004. Abstract book: 291.