

MIKRORZEŹBA POWIERZCHNI ZIAREN KWARCOWYCH FRAKCJI PIASZCZYSTEJ OSADÓW PREGLACJALNYCH SERII KOZIENICKIEJ JAKO WSKAŹNIK WARUNKÓW TRANSPORTU I DEPOZYCJI W POŁUDNIOWEJ CZĘŚCI NIZINY MAZOWIECKIEJ

MICROMORPHOLOGY OF SAND QUARTZ GRAINS FROM THE PREGLACIAL KOZIENICE SERIES AS AN INDICATOR OF TRANSPORTATION AND DEPOSITION PROCESSES IN THE SOUTHERN MAZOVIAN LOWLAND

BARBARA WORONKO¹, ŁUKASZ BUJAK²

Abstrakt. W celu określenia charakteru osadów źródłowych, warunków transportu i depozycji osadów preglacjalnych akumulowanych na Nizinie Mazowieckiej, przeanalizowano je pod kątem mikromorfologii powierzchni ziaren kwarcowych frakcji piaszczystej (0,8–1,0 mm) analizowanej w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM). Badaniom poddano osady ze stanowisk Stanisławice, Brzóza, Januszno i Mościska. Uzyskane wyniki pokazują, że niezależnie od położenia i wykształcenia facjalnego reprezentują one wyłącznie środowisko wysokoenergetyczne wodne. Najbardziej charakterystyczną cechą osadów preglacjalnych jest bardzo słaby, jednakowy dla wszystkich ziaren, stopień ich obtoczenia. Dominującym procesem kształtującym powierzchnię badanych ziaren było trawienie chemiczne postępujące w czasie ich transportu w środowisku wodnym. Efektem tego procesu jest powstanie błyszczącej, gładkiej powierzchni określanej jako *dulled surface*. Abrazja mechaniczna miała jedynie drugorzędne znaczenie w modelowaniu ich powierzchni. Najbardziej prawdopodobne jest, że dla utworów preglacjalnych źródłowe mogły być zwietrzeliny osadów o cechach wręcz identycznych do nich. Ich transport najprawdopodobniej odbywał się na stosunkowo krótką odległość.

Słowa kluczowe: mikromorfologia ziaren kwarcu, SEM, preglacja, Nizina Mazowiecka.

Abstract. Surface micromorphology of quartz sand grains (0.8–1.0 mm) of preglacial sediments from the Mazovian Lowland (Poland) was analysed under scanning electron microscopy (SEM) in order to determine characteristic features of source material, and conditions of transport and deposition of the sediments. Samples were taken from the Stanisławice, Brzóza, Januszno and Mościska sites. Research results show that all the analysed grains represent a high-energy aqueous environment, irrespective of location and facies setting. The most characteristic features of the preglacial sediments is a very poor grain rounding, equal in all cases. Chemical etching progressing during transportation of the sediments was a dominant process shaping the micromorphology of the grains. This process led to development of a shiny, smooth grain surface called „dulled surface”. Mechanical abrasion played only a secondary role. Most probably, the preglacial deposits sourced from weathered sediments which had apparently identical features as the analysed sediments. They were transported most probably over a very short distance.

Key words: quartz grain micromorphology, SEM, preglacial period, Mazovian Lowland.

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa; e-mail: bworonko@uw.edu.pl

² Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii, pl. Politechniki 1, 00-661 Warszawa; e-mail: lbujak@poczta.onet.pl

WSTĘP

Preglacja, jako okres korelowany z najstarszym plejstocenem (Lewiński, 1928a, b; Rühle, 1955; Mojski, Rühle, 1965; Różycki, 1967; Stuchlik, 1973, 1975, 1978; Baraniecka, 1975a, 1991; Morawski, Stuchlik, 1987; Lindner, 1992; Lindner, Wojtanowicz, 1997; Lindner i in., 2004; Ber i in., 2007) mimo wszechstronnych badań, jakim poddane były osady go tworzące, w dalszym ciągu budzi duże zainteresowanie badaczy. Powszechnie uważa się, że w tym czasie na obszarze Niziny Środkowopolskich, na pliocenich pstrych łożach akumulowane były osady mułkowe i piaszczysto-żwirowe, przykryte następnie osadami związanymi z działalnością łożolodów skandynawskich (Lewiński, 1928a, b). Buduje je wyłącznie materiał lokalny nie zawierający okruchów skał skandynawskich (Lewiński, 1928a, b; Kosmowska-Ceranowicz, 1966; Bujak, 2007a, b). Najprawdopodobniej osady te transportowane były przez rzeki z południa Polski (Karpaty, Wyżyny Południowopolskie,

Góry Świętokrzyskie, masyw ukraińsko-wołyński) i akumulowane w postaci wielkich stożków na powierzchni wysychającego jeziorzyska, istniejącego w pliocenie na obszarze Niziny Mazowieckiej (Różycki, 1972). Jednakże pomimo kilkudziesięcioletnich, wnikliwych badań i rozległej wiedzy na temat tych osadów, wciąż istnieje wiele niewiadomych dotyczących ich źródła, warunków transportu i akumulacji.

W celu odpowiedzi na nurtujące badaczy pytania, osady preglacjalne przeanalizowano pod kątem mikromorfologii powierzchni ziaren kwarcowych frakcji piaszczystej analizowanej w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM). Analiza ta jest cennym źródłem informacji o pochodzeniu osadów, warunkach transportu i akumulacji oraz wszelkich procesach postsedymentacyjnych, jakim podlegał osad (Krinsley, Smalley, 1972; Krinsley, Doornkamp, 1973; Margolis, Krinsley, 1974; Mycielska-Dowgiało, 1988; Williams, Thomas, 1989; Woronko, 2001; Mahaney, 2002).

POŁOŻENIE TERENU BADAŃ

Osady preglacjalne objęte badaniami odsłaniają się w południowej części Niziny Mazowieckiej, w czterech stanowiskach: Brzóza (Makowska, 1969), Januszno i Stanisławice (Żarski, 1996) oraz Mościska (Szalewicz, 1988) (fig. 1). Reprezentują one osady określane przez Mojskiego (1964) jako seria kozienicka i są korelowane z serią Łękawicy wydzieloną przez Sarmacką i Krysowską-Iwaszkiewicz (1974) oraz Sarnacką (1978).

Stanowiska Brzóza, Januszno i Stanisławice zlokalizowane są na Równinie Kozienickiej. Odsłonięcie Brzóza znajduje

się na łagodnie opadającym zboczu doliny rzeki Radomka, pomiędzy miejscowościami Brzóza i Wólka Brzózka. Stanowisko Januszno koło Pionek, usytuowane jest w zboczu tarasu nadzalewowego w dolinie rzeki Zagożdżonki. Natomiast Stanisławice, położone są na północny zachód od Kozienic, na łagodnie nachylonym stoku opadającym ku dolinie Wisły. Czwarte stanowisko, Mościska, zlokalizowane jest około 60 km na północ od pozostałych uwzględnionych w badaniach, na Równinie Łowicko-Błońskiej, na południe od Grodziska Mazowieckiego (fig. 1).

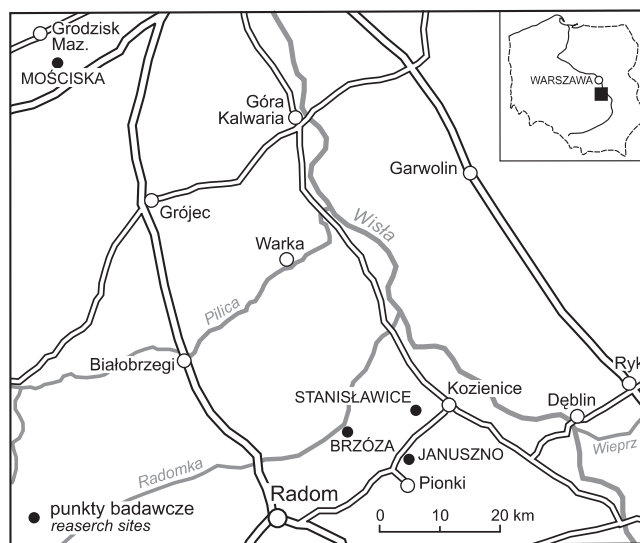


Fig. 1. Lokalizacja stanowisk badawczych

Location of the study sites

METODY BADAŃ

Do badań mikromorfologii powierzchni ziaren kwarcowych frakcji 0,8–1,0 mm wytypowano 8 próbek osadów preglacjalnych, po 3 ze stanowisk Stanisławice i Brzoza oraz po jednej z Janusznia i Mościsk. Reprezentują one osady różniące się uziarnieniem i wykształceniem strukturalnym. Każdorazowo analizie w SEM poddano po 20 losowo wybranych ziaren kwarcu z próbek, dla których uprzednio wykonano analizę Cailleux (1942) zmodyfikowaną przez Goździka (1980) oraz Mycielską-Dowgiało i Woronko (1998), a także analizę obtoczenia powierzchni ziaren na graniformametrze spychaczowym Krygowskiego (1964). Analiza w SEM polegała na identyfikacji mikrostruktur obecnych na

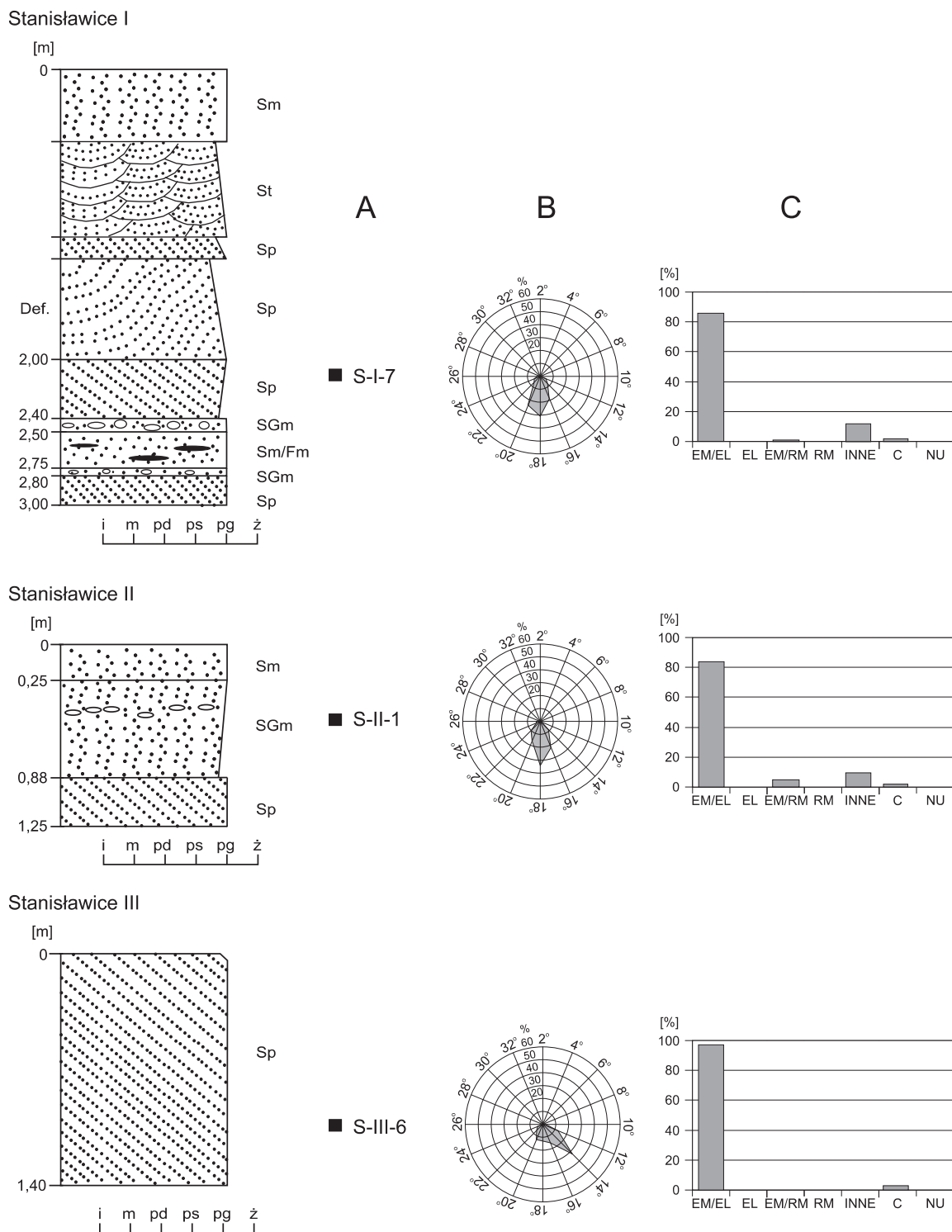
widocznej powierzchni ziarna kwarcu według klasyfikacji zaproponowanej przez Mahaney (2002), uwzględniającej zarówno stopień urzeźbienia powierzchni, obtoczenie krawędzi, jak również mikrostruktury będące efektem trawienia chemicznego oraz abrazyj mechanicznej. Przed przystąpieniem do analizy próbki zostały wytrawione w 10% HCl, po czym kilkakrotnie przemyte w wodzie destylowanej i wysuszone na wolnym powietrzu. Wszystkie analizy wykonano w Pracowni Mikroskopii Skaningowej i Mikroanalizy na Wydziale Geologii UW przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego JSM-6380LA firmy JEOL 3.

WYNIKI BADAŃ

Ze stanowiska Stanisławice z trzech profili (S-I, S-II i S-III) do szczegółowych badań w SEM wytypowano 3 próbki: S-I-7 (gł. 2,1 m), S-II-1 (gł. 0,5 m) i S-III-6 (gł. 1,0 m) (fig. 2). Reprezentują one osady wykształcone w formie piasków warstwowanych przekątnie płaskie (Sp) – S-I-7 (gł. 2,1 m) i S-III-6 (gł. 1,0 m) oraz masywnych piasków ze żwirami (SGm) – S-II-1 (gł. 0,5 m). Według analizy Cailleux (1942) z późniejszymi modyfikacjami ponad 85% ziaren frakcji 0,8–1,0 mm reprezentuje środowisko wysokoenergetyczne plażowe (EM/EL). Resztę stanowią ziarna typu INNE, będące efektem intensywnego wietrzenia, zarówno chemicznego, jak i mechanicznego, zachodzącego in situ oraz ziarna pęknięte (C). Te ostatnie praktycznie w 100% są efektem niszczenia ziaren typu EM/EL. Wszystkie ziarna są bardzo słabo obtoczone, co potwierdzają wyniki analizy obtoczenia ziaren kwarcu na graniformametrze spychaczowym Krygowskiego (1964) (fig. 2). Wyniki analizy mikromorfologii powierzchni ziaren kwarcowych frakcji 0,8–1,0 mm w SEM pokazują, że są to ziarna słabo lub średnio urzeźbione (*low lub medium relief*), co oznacza, że mikrodniwielacje na ich powierzchni są niewielkie (fig. 3, 4A). Powierzchnię ziaren urozmaicają mikrozagłębienia o kształcie podłużnym (*elongate*) lub owalnym-nieregularnym (*smoothed-over depression*). Ponadto wszystkie analizowane ziarna (100%) mają zaokrąglone krawędzie (*edge rounding*). W próbkach tych nie zanotowano ziaren o ostrych, kanciastych narożach, z wyjątkiem 10% ziaren w próbce S-I-7 (fig. 3). Wszystkie analizowane ziarna (100%) mają gładkie, wypolerowane powierzchnie, określane jako *dulled surface* (fig. 4B). Ten typ mikrorzeźby widoczny jest na wypukłych fragmentach ziaren. Natomiast w mikrozagłębieniach powierzchnia jest chropowata, nieregularna oraz bardziej urozmaicona określana jako *dissolution surface* (fig. 4B, C). Tam też obserwuje się obecność oskorupienia bezpostaciową krzemionką, jednakże efekty tego procesu są niewielkie. Na opisywanych ziarnach w mikrozagłębieniach zanotowano cały inwentarz wklęsłych mikroform

punktowych (*solution pits*) i liniowych (*solution crevasses*), przybierających najróżniejsze kształty i wielkości, a będących efektem trawienia chemicznego (fig. 4D). Mikrostruktury abrazyjne (np. *conchoidal fractures*, *fracture face*, *arc-shaped steps* czy też *crescentic gouges*) pojawiają się rzadko (obserwowane są na mniej niż 15% ziaren), a częstotliwość ich występowania na poszczególnych ziarnach jest niewielka. Zazwyczaj są one związane z ziarnami pękniętymi (C) uwzględnionymi w analizie. Wyjątek stanowią V-kształtne nacięcia (*V-shaped percussion cracks*) (fot. 4E), notowane na większości analizowanych ziaren (od 50% w próbce S-II-1, przez 85% w S-III-6, aż po 95% w S-I-7) (fig. 3), na najbardziej wypukłych fragmentach powierzchni. Ich ilość ogranicza się jednak do pojedynczych nacięć. Najbardziej ubogo przedstawia się inwentarz mikroform abrazyjnych w próbce nr S-II-1 (fig. 3). Na powierzchniach analizowanych ziaren nie stwierdzono efektów obróbki w środowisku eolicznym. Na ziarnach z próbek S-III-6 i S-I-7 zanotowano ponadto obecność mikrostruktur typu *breakage blocks* (fig. 3, 4F).

Z osadów preglacjalnych z miejscowości Brzoza (profil B-II) pobrano trzy próbki B-II-7 (gł. 1,7 m), B-II-18 (gł. 3,0 m) i B-II-29 (gł. 5,8 m) (fig. 5). Próbki B-II-7 i B-II-18 reprezentują bardzo źle wysortowane piaski różnoziarniste, o warstwowaniu przekątnym niskokątowym (Sl), natomiast próbka B-II-29 piaski warstwowane horyzontalnie (Sh) (fig. 5). Wyniki analizy Cailleux (1942) z późniejszymi modyfikacjami pokazują, że podobnie, jak w przypadku stanowiska Stanisławice, ziarna kwarcu w ponad 90% reprezentują środowisko wysokoenergetyczne wodne (EM/EL). Są one bardzo słabo obtoczone, co potwierdza również analiza na graniformametrze spychaczowym Krygowskiego (1964). Pozostałe typy ziaren są reprezentowane symbolicznie, jedynie przez ziarna typu INNE i pęknięte (C) (fig. 5). Analiza mikromorfologii powierzchni ziaren kwarcu w SEM pokazała, że najczęściej charakteryzuje je średni stopień urzeźbienia powierzchni – *medium relief* (50% ziaren w próbce B-II-7,



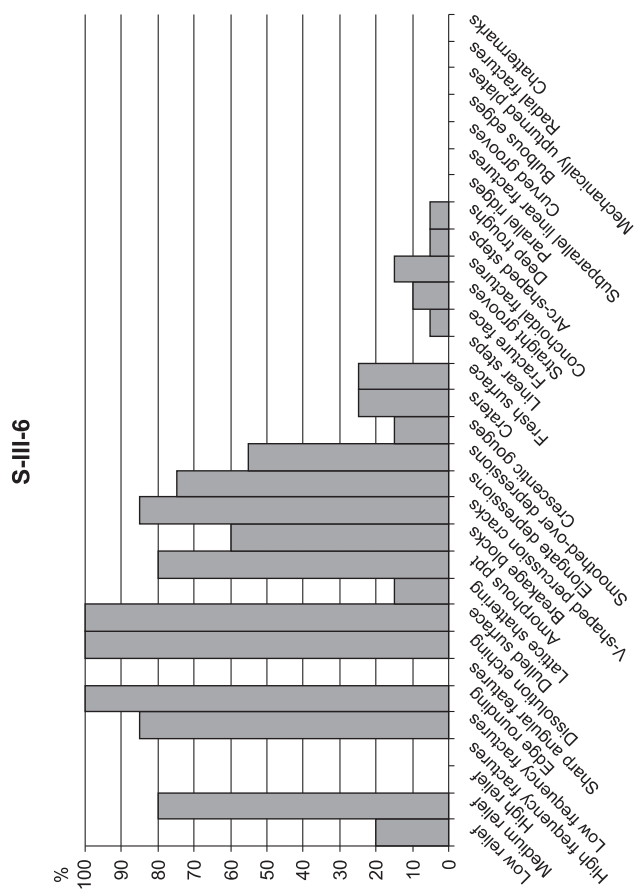
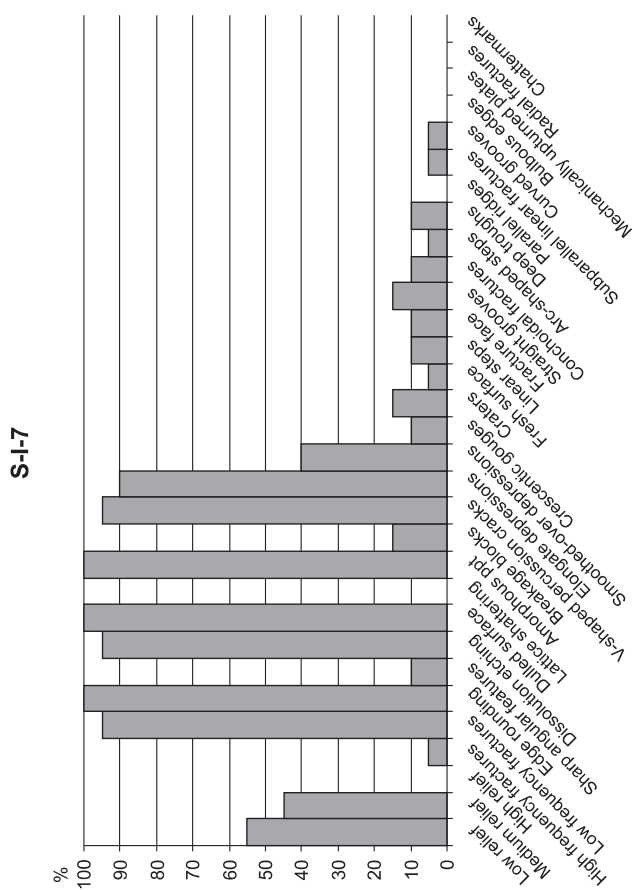
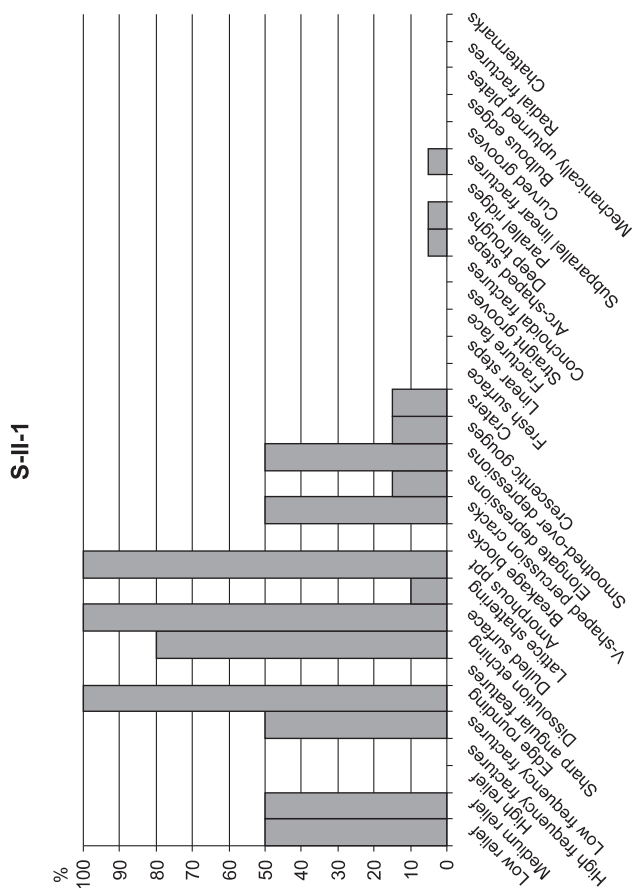


Fig. 3. Mikrostruktury na powierzchni ziaren kwarcowych frakcji piaszczystej 0,8–1,0 mm ze stanowiska Stanisławice analizowane w SEM

Surface microstructures on quartz sand grains (0.5–0.8 mm) detected in SEM – the Stanisławice site

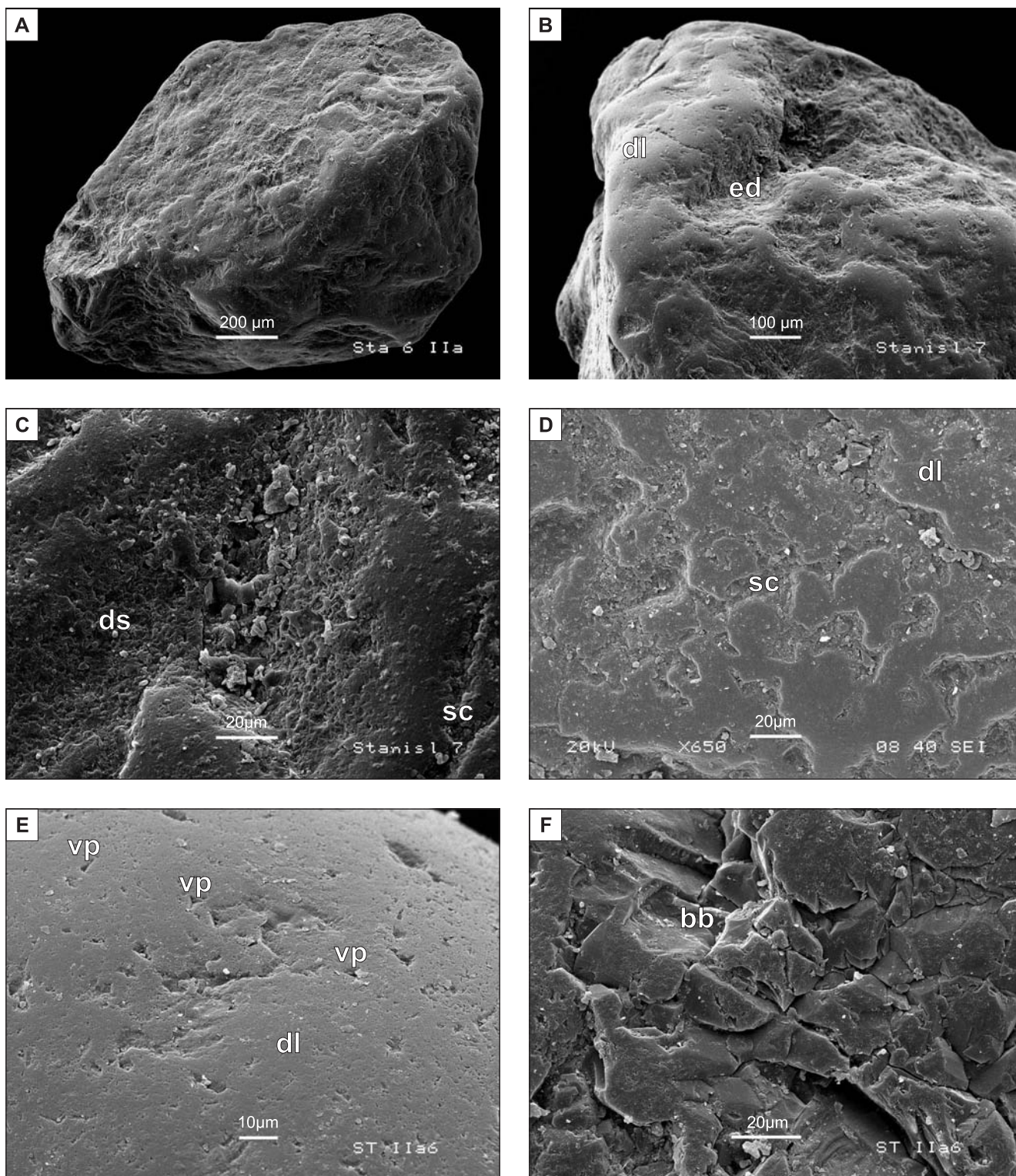


Fig. 4. Mikrostruktury na powierzchni ziaren kwarcu ze stanowiska Stanisławice

A – ogólny widok ziarna kwarcu o niewielkim stopniu urzeźbienia powierzchni; **B** – fragment powierzchni ziarna kwarcu o obtoczonych krawędziach z gładką wyrównaną powierzchnią typu *dulled surface* (dl) i wydłużonym mikrozagłębieniem (ed); **C** – fragment mikrozagłębienia na powierzchni ziarna kwarcu, w którym występuje mikrorzeźba typu *dissolution surface* (ds), urozmaicony *solution crevasses* (sc); **D** – fragment powierzchni ziarna kwarcu typu *dulled surface* (dl) urozmaicony *solution crevasses* (sc); **E** – *dulled surface* (dl) z V-kształtnymi nacięciami (vp); **F** – mikrostruktura typu *breakage blocks* (bb)

Surface microstructures on quartz grains in the Stanisławice site

A – the low relief quartz grain; **B** – surface of a quartz grain with rounded edges, dulled surface (dl) and elongated depression (ed); **C** – fragment of the quartz grain surface with dissolution surface (ds) in microdepression, diversified by solution crevasses (sc); **D** – fragment of the quartz grain surface with dulled surface diversified by solution crevasses (sc); **E** – dulled surface (dl) with V-percussion cracks (vp); **F** – breakage blocks microstructure (bb)

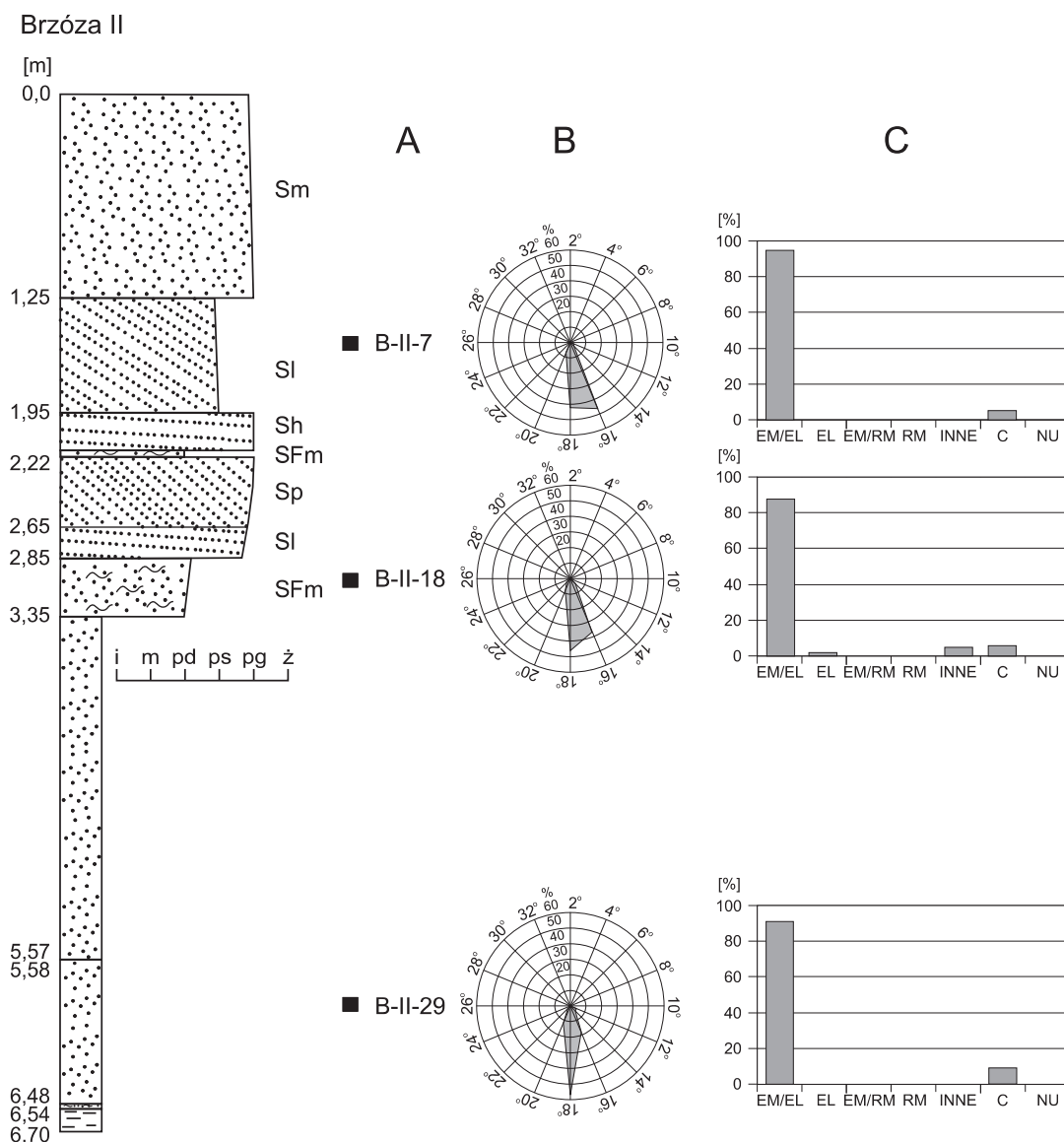


Fig. 5. Profil sedimentologiczny osadów ze stanowiska Brzóza

A – miejsce poboru próbek do analizy w SEM; B – wyniki stopnia obtoczenia powierzchni ziaren kwarcu frakcji 0,8–1,0 mm na graniformetrze spychaczowym Krygowskiego (1964); C – analiza obtoczenia i zmatowienia ziaren kwarcu według Cailleux (1942) zmodyfikowana przez Goździka (1980) oraz Mycielską-Dowgiałło i Woronko (1998)

Sedimentological section of the Brzóza site

A – SEM analysis sampling site; B – results of rounding analyses of sand-size quartz grains (0.8–1.0 mm) made in the Krygowski graniformetr; C – analysis of rounding and frosting of quartz sand grains according to Cailleux (1942) with the modification of Goździk (1980) and Mycielska-Dowgiałło and Woronko (1998)

70% w B-II-29 i aż 90% w B-II-18) (fig. 6). Oznacza to, że powierzchnię urozmaicają liczne stosunkowo duże mikrozagłębienia (20–30 μm), jak i rozdzielające je mikrowyniosłości (fig. 7A). Te pierwsze przyjmują kształt zarówno wydłużony (*elongate depressions*), jak też bardziej owalny i nieregularny (*smoothed-over depressions*). Należy podkreślić, że wszystkie wypukłe fragmenty ziaren są zaokrąglone (*edge rounding*), mają gładką, wypolerowaną i błyszczącą powierzchnię (*dulled surface*), którą urozmaicają mikroformy punktowe (*solution pits*) i linijne (*solution crevasses*) (fig. 7B). W mikrozagłębieniach stwierdzono obecność

mikrostruktur typu *lattice shattering* (fig. 6). Ponadto na ziarnach z tego stanowiska zaobserwowano, chociaż stosunkowo rzadko, struktury typu *oriented each pits*. Na szczególną uwagę zasługują mikrostruktury typu *chattermarks* (fig. 7C), gdyż występują one jedynie na ziarnach z tego stanowiska (fig. 6). W stosunku do ziaren ze stanowiska Stanisławice, ziarna z Brzózy charakteryzuje znacznie bogatszy inwentarz mikroform abrazyjnych (fig. 6), występujących ponadto z większą częstotliwością. Na powierzchni ziaren w próbkach B-II-7 i B-II-18 pojawiają się również mikrostruktury typu *breakage blocks* (fig. 6, 7D).

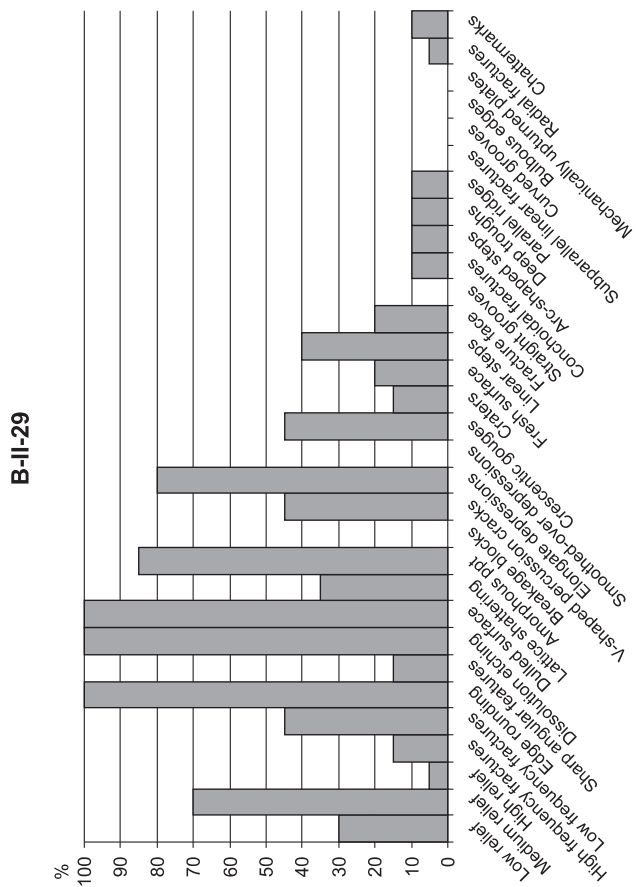
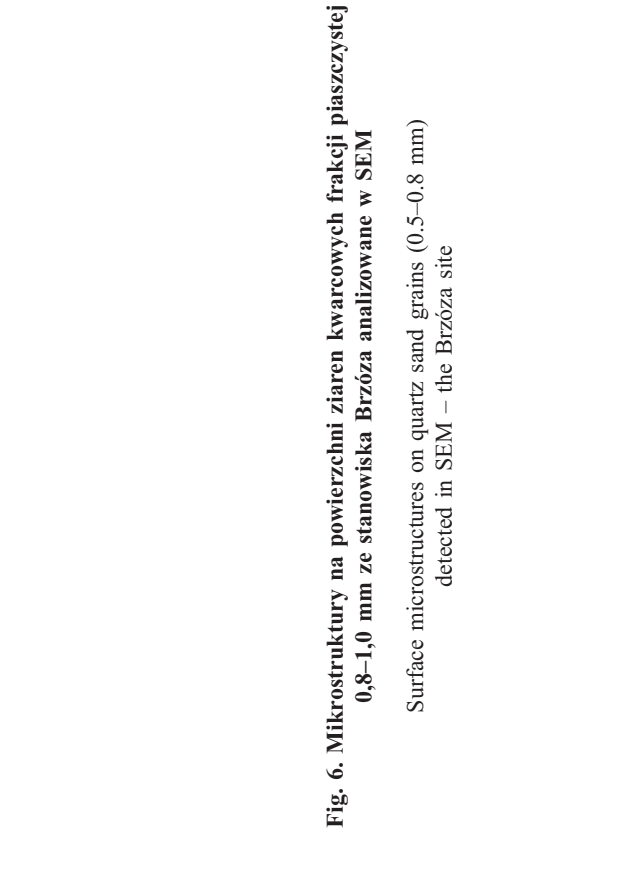
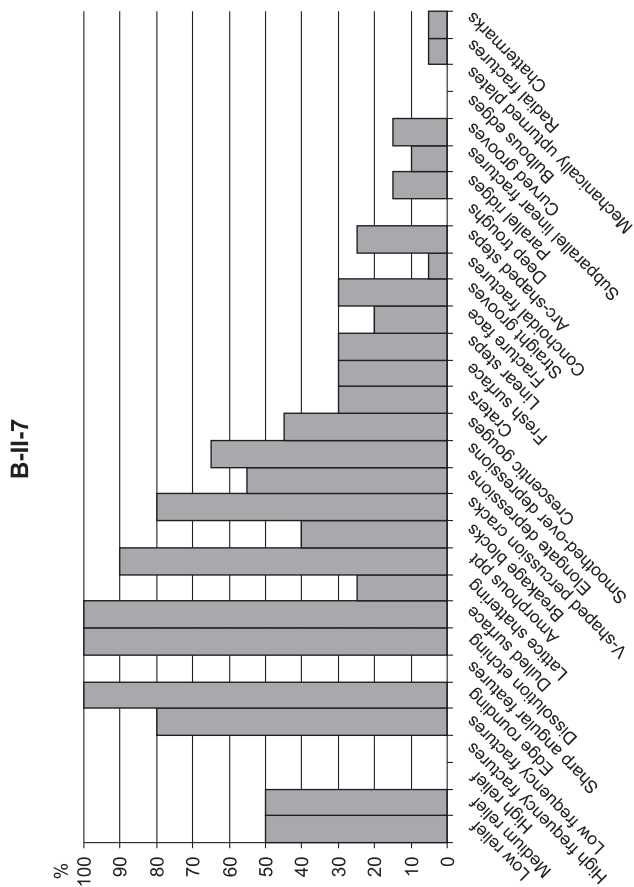
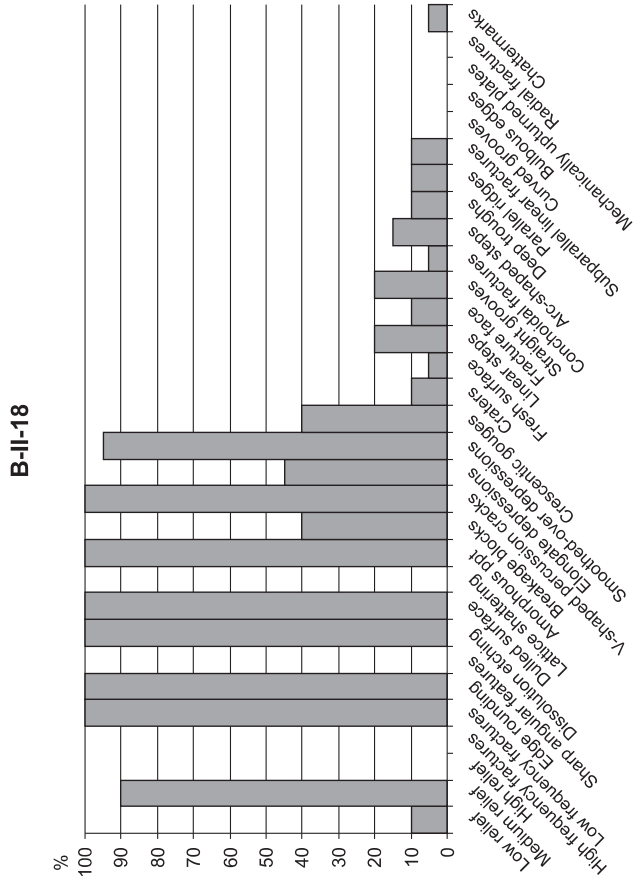


Fig. 6. Mikrostruktury na powierzchni ziaren kwarcowych frakcji piaszczystej 0,8–1,0 mm ze stanowiska Brzoza analizowane w SEM

Surface microstructures on quartz sand grains (0.5–0.8 mm) detected in SEM – the Brzoza site

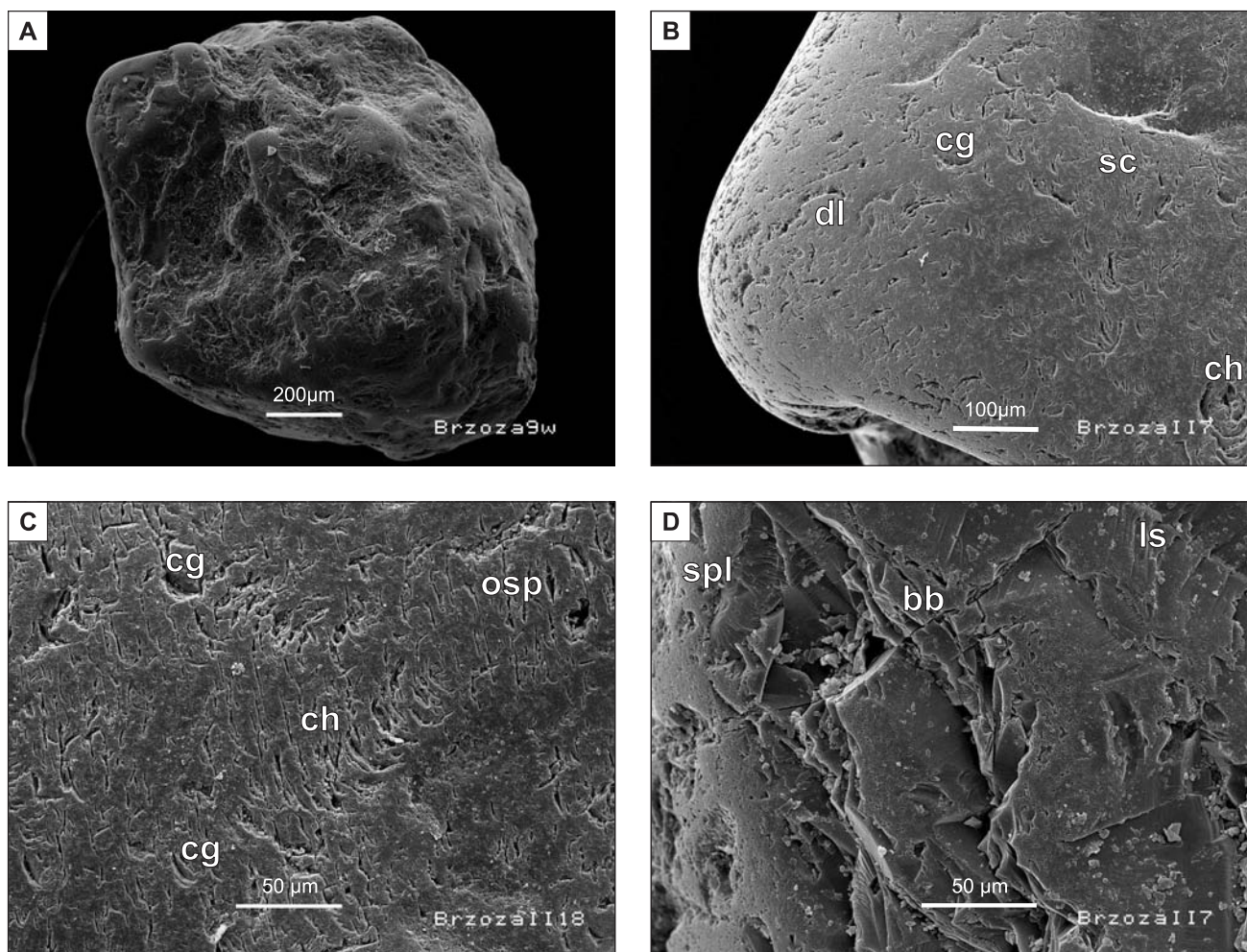


Fig. 7. Mikrostruktury na powierzchni ziaren kwarcu ze stanowiska Brzóza

A – ogólny widok ziarna; **B** – fragment ziarna o zaokrąglonych krawędziach, powierzchni typu *dulled surface* (dl), urozmaiconej *solution crevasses* (sc), *crescentic gouges* (cg) i *chattermarks* (ch); **C** – gładka powierzchnia typu *dulled surface*, urozmaicona mikrostrukturami typu *chattermarks* (ch), *oriented solution pits* (osp) i nacięciami typu *crescentic gouges* (cg); **D** – mikrostruktura typu *breakage blocks* (bb); widoczne *subparallel linear fractures* (spl) i *linear steps* (ls)

Surface microstructures on quartz grains in the Brzóza site

A – general view of a quartz grain; **B** – dulled surface of a quartz grain (dl) with rounded edges, diversified by solution crevasses (sc); **C** – smooth dulled surface (dl) diversified by microstructures of chattermarks type (ch), oriented solution pits (osp) and crescentic gouges (cg); **D** – breakage blocks microstructure (bb); with subparallel linear fractures (spl) and linear steps (ls)

Próbki ze stanowisk Januszno (J-II-11, gł. 1,36 m) i Mościska (M-4, gł. 0,95 m) reprezentują odpowiednio piaski masywne (Sm) (fig. 8) i warstwowane horyzontalnie (Sh) (fig. 9). Podobnie, jak we wcześniej opisanych stanowiskach, w tych również dominują słabo obtoczone ziarna kwarcu, których powierzchnia była kształtowana w środowisku wysokoenergetycznym wodnym (EM/EL). Na graniformametrze spychaczowym Krygowskiego (1964) staczają się one przy nachyleniu płytki 16–18° (fig. 8, 9). W stanowisku Januszno, na powierzchni wszystkich ziaren analizowanych w SEM dominują mikrostruktury związane z trawieniem chemicznym (fig. 10B, C, 11). Szczególnie duże powierzchnie zajmują *dulled* i *dissolution surface*. Mikroformy abrazyjne są reprezentowane na niewielkiej

liczbie ziaren, jednakże cechuje je duża różnorodność (fig. 11). Najpospolitszą z nich są V-kształtne nacięcia (*V-shaped percussion cracks*), widoczne na 94% badanych ziaren (fig. 11).

Wśród ziaren z osadów w Mościskach dominują te o średnim stopniu urozmaicenia mikrorzeźby (fig. 12). Wszystkie badane ziarna mają zaokrąglone krawędzie i naroża (fig. 13A). Podobnie, jak w przypadku innych uwzględnionych w badaniach stanowiskach ich powierzchnia ma charakter *dulled surface*, a w mikrozagłębieniach *dissolution surface* (fig. 12, 13B, C). Mikrostruktury abrazyjne są reprezentowane przez przełamy muszlowe (*conchoidal fractures*), *fractures face*, *deep troughs*, *parallel ridges* oraz *radial fractures* (fig. 12).

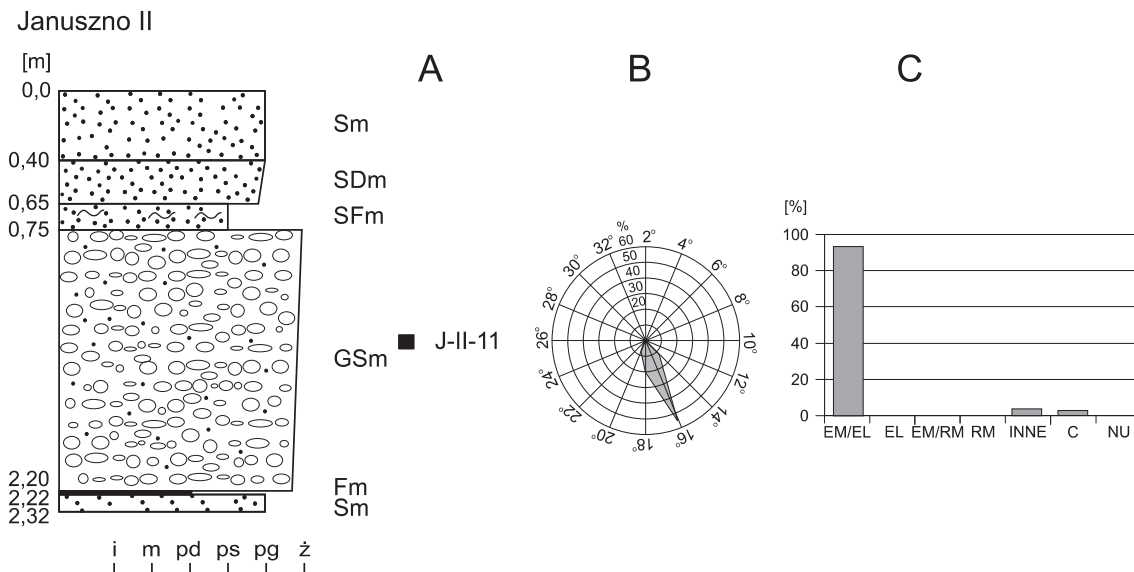


Fig. 8. Profil sedymentologiczny osadów ze stanowiska Januszno

A – miejsce poboru próbki do analizy w SEM; **B** – wyniki stopnia obtoczenia powierzchni ziaren kwarcu frakcji 0,8–1,0 mm na graniformametrze spychaczowym Krygowskiego (1964); **C** – analiza obtoczenia i zmatowienia ziaren kwarcu według Cailleux (1942) zmodyfikowana przez Goździka (1980) oraz Mycielską-Dowgiałło i Woronko (1998)

Sedimentological section of the Januszno site

A – SEM analysis sampling site; **B** – results of rounding analyses of sand-size quartz grains (0.8–1.0 mm) made in the Krygowski graniformometr (1964); **C** – analysis of rounding and frosting of quartz sand grains according to Cailleux (1942) with the modification of Goździk (1980) and Mycielska-Dowgiałło and Woronko (1998)

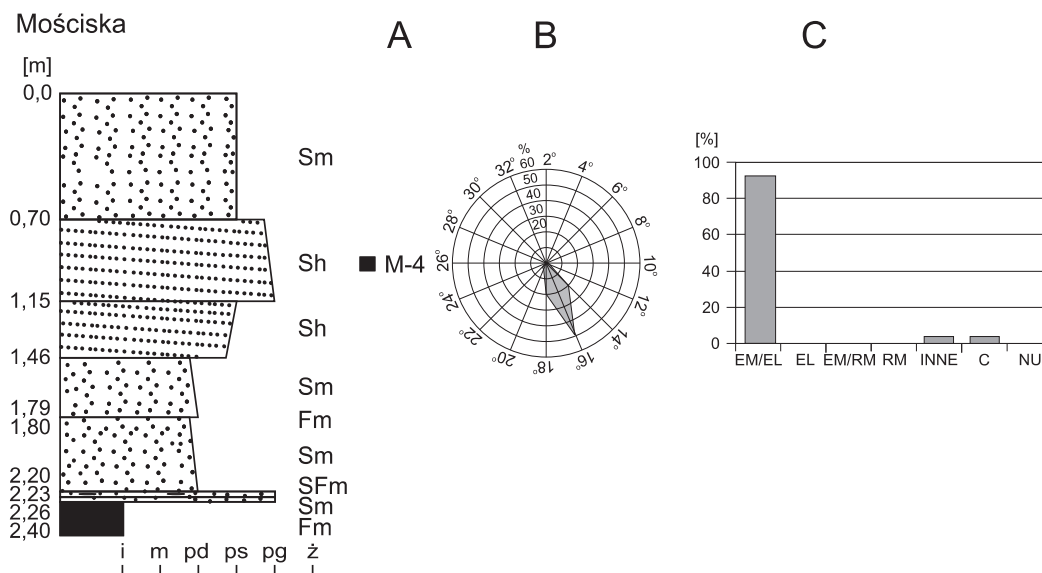


Fig. 9. Profil sedymentologiczny osadów ze stanowiska Mościska

A – miejsce poboru próbki do analizy w SEM; **B** – wyniki stopnia obtoczenia powierzchni ziaren kwarcu frakcji 0,8–1,0 mm na graniformametrze spychaczowym Krygowskiego (1964); **C** – analiza obtoczenia i zmatowienia ziaren kwarcu według Cailleux (1942) zmodyfikowana przez Goździka (1980) oraz Mycielską-Dowgiałło i Woronko (1998)

Sedimentological section of the Mościska site

A – SEM analysis sampling site; **B** – results of rounding analyses of sand-size quartz grains (0.8–1.0 mm) made in the Krygowski graniformometr (1964); **C** – analysis of rounding and frosting of quartz sand grains according to Cailleux (1942) with the modification of Goździk (1980) and Mycielska-Dowgiałło and Woronko (1998)

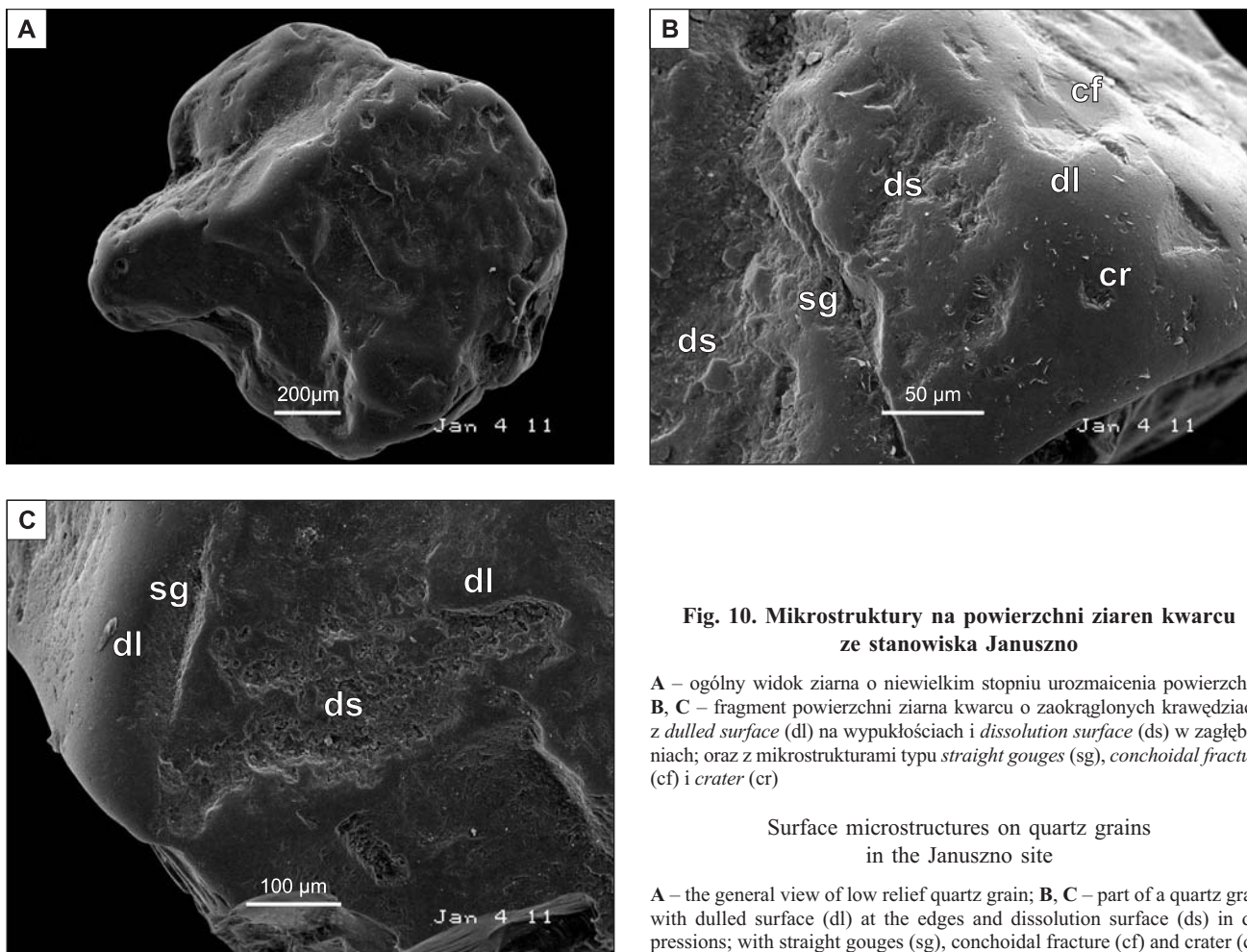


Fig. 10. Mikrostruktury na powierzchni ziaren kwarcu ze stanowiska Januszno

A – ogólny widok ziarna o niewielkim stopniu urozmaicenia powierzchni; B, C – fragment powierzchni ziarna kwarcu o zaokrąglonych krawędziach, z dulled surface (dl) na wypukłościach i dissolution surface (ds) w zagłębieniach; oraz z mikrostrukturami typu straight gouges (sg), conchoidal fracture (cf) i crater (cr)

Surface microstructures on quartz grains in the Januszno site

A – the general view of low relief quartz grain; B, C – part of a quartz grain with dulled surface (dl) at the edges and dissolution surface (ds) in depressions; with straight gouges (sg), conchoidal fracture (cf) and crater (cr)

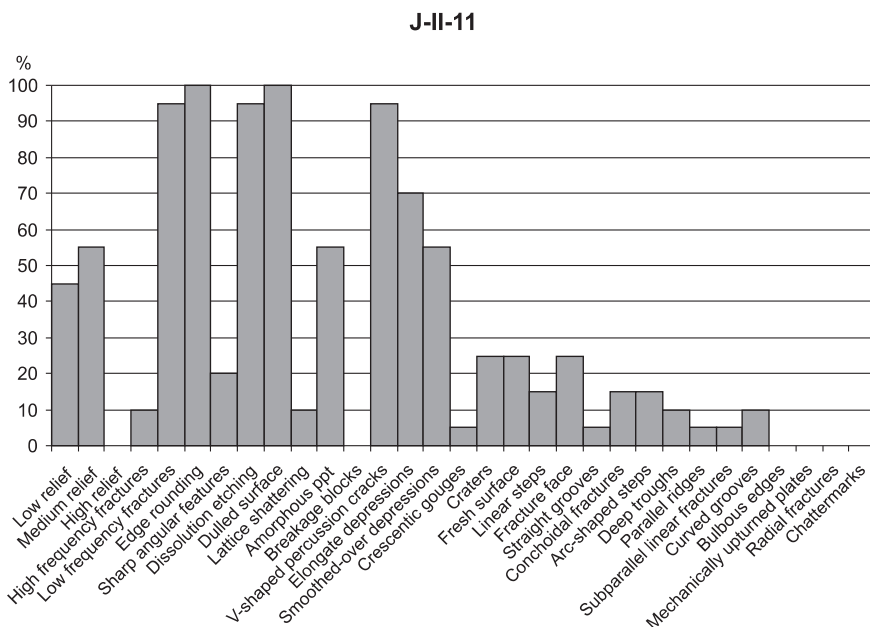


Fig. 11. Mikrostruktury na powierzchni ziaren kwarcowych frakcji piaszczystej 0,8–1,0 mm ze stanowiska Januszno analizowane w SEM

Surface microstructures on quartz sand grains (0.5–0.8 mm) detected in SEM – the Januszno site

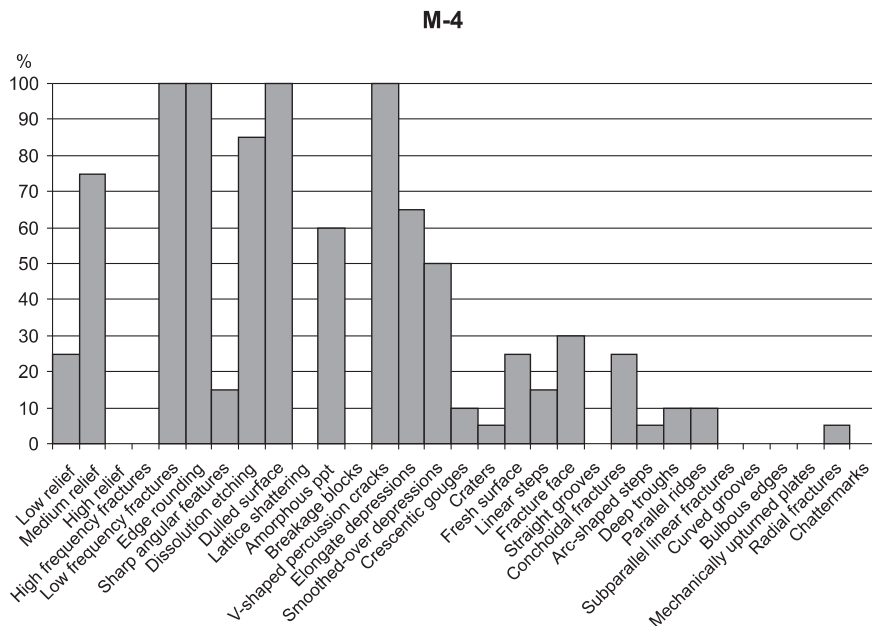


Fig. 12. Mikrostruktury na powierzchni ziaren kwarcowych frakcji piaszczystej 0,8–1,0 mm ze stanowiska Mościska analizowane w SEM

Surface microstructures on quartz sand grains (0.5–0.8 mm) detected in SEM – the Mościska site

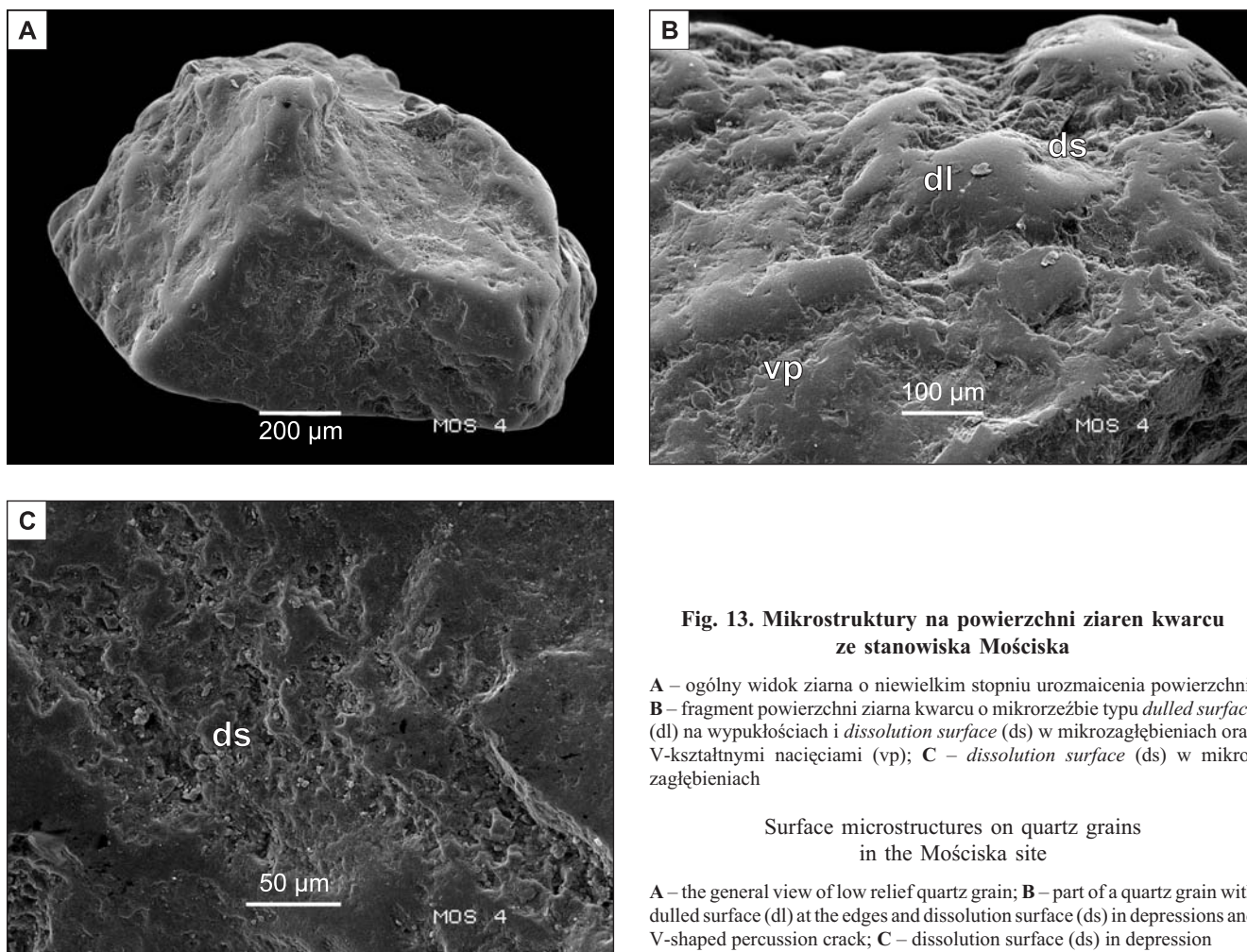


Fig. 13. Mikrostruktury na powierzchni ziaren kwarcu ze stanowiska Mościska

A – ogólny widok ziarna o niewielkim stopniu urozmaicenia powierzchni; **B** – fragment powierzchni ziarna kwarcu o mikrorzeźbie typu *dulled surface* (dl) na wypukłościach i *dissolution surface* (ds) w mikrozagłębieniach oraz V-kształtymi nacięciami (vp); **C** – *dissolution surface* (ds) w mikrozagłębieniach

Surface microstructures on quartz grains in the Mościska site

A – the general view of low relief quartz grain; **B** – part of a quartz grain with dulled surface (dl) at the edges and dissolution surface (ds) in depressions and V-shaped percussion crack; **C** – dissolution surface (ds) in depression

DYSKUSJA

Wychodząc z założenia, że osady preglacjalne budują wielkie stożki napływowe akumulowane przez rzeki spływające z południa Polski i rozlewające się w niecce istniejącej na przedpolu Gór Świętokrzyskich (Różycki, 1972), starano się odpowiedzieć na pytanie, jakie procesy kształtowały powierzchnię ziaren kwarcu tworzących osady preglacjalne, a tym samym, jakie reprezentują środowisko, jak następował ich transport oraz jak mogły teoretycznie wyglądać osady źródłowe.

Wyniki analizy mikromorfologii powierzchni ziaren kwarcowych badanych w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM), analizy Cailleux (1942) z późniejszymi modyfikacjami oraz stopnia obtoczenia powierzchni na graniformametrze spychaczowym Krygowskiego (1964) wskazują na bardzo podobny lub wręcz identyczny sposób wykształcenia osadów ze Stanisławowa, Brzóz, Januszn i Mościsk. Niezależnie od położenia i wykształcenia facjalnego reprezentują one wyłącznie jedno środowisko, określane powszechnie jako wysokoenergetyczne wodne, co w analizie Cailleux (1942) z późniejszymi modyfikacjami klasyfikuje je do grupy EM/EL. Wszystkie analizowane w SEM ziarna kwarcu mają zaokrąglone krawędzie, co świadczy, że podlegały transportowi. Jednakże droga, jaką przebyły ziarna, prawdopodobnie nie była nazbyt długa, bądź też energia środowiska transportującego była niska. Wskazuje na to bardzo słaby, jednakowy dla wszystkich ziaren, stopień ich obtoczenia, będący najbardziej charakterystyczną cechą osadów preglacjalnych. Potwierdzają to również wyniki analizy na graniformametrze spychaczowym Krygowskiego (1964). Około 90% ziaren stacza się z płytki graniformometru nachylonej pod kątem od 16 do 18°. Tak słaby stopień obtoczenia, wskazuje również na bardzo słabe obtoczenie ziaren wyjściowych, a być może również na fakt, że były one całkowicie kanciaste. Innym wyjaśnieniem tak dużej ilości ziaren źle obtoczonych może być obecność w osadach źródłowych ziaren typu INNE, których powierzchnia kształtowana była zarówno przez intensywne wietrzenie zarówno chemiczne, jak i mechaniczne (Mycielska-Dowgiałło, Woronko, 1998). Efektem długotrwałego oddziaływania na powierzchnię ziaren intensywnego wietrzenia jest powstanie zwietrzałej warstewki (Jones, Humprey, 1997). Autorzy Ci wykazali, że jeżeli ziarna takie zostaną włączone do transportu w środowisku fluwialnym, zwietrzała warstewka ulega w bardzo szybkim tempie intensywnemu niszczeniu na skutek abrazji. Po jej usunięciu odsłania się świeża powierzchnia odporna na niszczenie (Jones, Humprey, 1997). W dalszej kolejności ulega ona wypolerowaniu i wybłyszczeniu, co następuje w trakcie transportu. Jednakże jak długą drogę powinny przebyć ziarna w tym środowisku, bądź jak długi czas jest potrzebny, żeby ziarna uzyskały gładką błyszczącą powierzchnię, nie jest dokładnie sprecyzowane. Ostatnie badania eksperymentalne Łosiak i Woronko (mat. niepublikowane) symulujące transport w niskoenergetycznym środowisku fluwialnym, przy naturalnym pH, pokazują, że wystarczy

około 2000 godzin ciągłego ruchu ziaren, aby na ich powierzchni powstała mikrostruktura typu *dulled surface*. Innym efektem postępującej abrazji w środowisku fluwialnym jest produkcja dużej ilości frakcji pylastej (Jones, Humprey, 1997; Wright i in., 1998).

Badane ziarna charakteryzuje bardzo duża jednorodność pod względem charakteru mikrorzeźby ich powierzchni. Wskazuje to, iż jeden i ten sam proces modelował powierzchnię wszystkich badanych ziaren. Można założyć, że w tym przypadku, kształt ziaren najprawdopodobniej odzwierciedla w dużym stopniu kształt ziaren osadów źródłowych, natomiast mikromorfologia warunki panujące w czasie transportu. Wszystkie badane ziarna, ze wszystkich analizowanych stanowisk, charakteryzuje bardzo słabe (10–55% ziaren) lub średnie (45–90%) urzeźbienie powierzchni (*low i medium relief*) (fig. 3, 6, 11, 12). Nie stwierdzono obecności ziaren o bardzo dużym zróżnicowaniu mikrorzeźby (*high relief*), z wyjątkiem kilku z próbki B-II-29 ze stanowiska Brzóza (gł. 5,90 m). Dominującym procesem kształtującym powierzchnię wszystkich analizowanych ziaren było intensywne trawienie chemiczne. Efektem tego procesu było powstanie gładkiej, wypolerowanej i błyszczącej powierzchni określanej jako *dulled surface*. Subramanian (1975) stwierdza, że jest ona efektem jedynie trawienia chemicznego. Jednakże wyniki badań ziaren kwarcu z aluwii rzeki Nurzec (Woronko, Ostrowska, w druku), Pisi, Okrzeszy, czy też Wisły (B. Woronko, mat. niepubl.) sugerują, że prawdopodobnie powstała ona na skutek równoczesnego działania trawienia powierzchni ziaren i abrazji, do jakiej dochodzi w trakcie transportu w środowisku wody płynącej. W mikrozagłębieniach natomiast, gdzie abrazja nie ma miejsca, proces trawienia osiągnął wysoki stopień zawansowania, doprowadzając do powstania mikrostruktury określanej jako *dissolution surface*, a przez Friedman i innych (1976) nazwanej *spongy surface*. Ten typ mikrorzeźby Friedman i inni (1976) opisują na ziarnach kwarcu, które zostały scementowane węglanem wapna np. w rafach koralowych. Ponadto trawienie chemiczne doprowadziło do powstania całej gamy mikrostruktur punktowych (*solution pits*) i liniowych (*solution crevasses*) rozmieszczonych chaotycznie na powierzchni ziaren, jak również ukierunkowanych, wykorzystujących regularne defekty w sieci krystalograficznej kwarcu, określonych jako *oriented each pits* (Manker, Ponder, 1978). Te ostatnie wskazują, że proces trawienia przebiegał stosunkowo wolno, w mało agresywnym roztworze (Subramanian, 1975). Szczególnie bogata jest mikrorzeźba związana z trawieniem powierzchni ziaren kwarcu ze stanowiska Brzóza. Tylko na ziarnach z tego stanowiska stwierdzono obecność mikrostruktur typu *chattermarks* (fig. 6), nazywanych również *centipede* (Manker, Ponder, 1978). Mahaney (2002) uważa je za diagnostyczne dla mechanicznego niszczenia w środowisku glacialnym. Jednakże Bull i inni (1980) sugerują, że mogą być one efektem trawienia, które

wykorzystuje wewnętrzne „przesunięcia” w obrębie kryształów kwarcu powstałe w wyniku procesów metamorficznych. Podobnie uważają Manker i Ponder (1978), dodając, że taki sam efekt daje również wietrzenie ziaren kwarcu pochodzących ze skał magmowych.

Mikrostruktury będące wynikiem abrazji mechanicznej reprezentowane są przede wszystkim przez V-kształtne nacięcia, widoczne na powierzchni wszystkich badanych ziaren z osadów preglacjalnych (fig. 3, 6, 11, 12). Są one efektem zderzania przemieszczających się ziaren (Krinsley, Doornkamp, 1973; Subramanian, 1975) i powstają zarówno w środowisku plażowym (Krinsley, Doornkamp, 1973), jak i fluwialnym (Manickam, Barbaroux, 1987; Woronko, Ostrowska, w druku). Margolis i Kennett (1971) na podstawie liczby tego typu mikrostruktur klasyfikują środowiska wodne i ich energię, od fluwialnego z pojedynczymi nacięciami, przez niskoenergetyczne środowisko plażowe, do wysokoenergetycznego plażowego, gdzie są one powszechne. Ponadto Krinsley i inni (1964) stwierdzają, że ich liczba wzrasta wraz z dystansem, na jaki transportowane są ziarna. W przypadku analizowanych osadów preglacjalnych najczęściej występują one w formie pojedynczych nacięć. Sugerowałoby to, że energia środowiska, w tym przypadku wody, była niska. Jednakże przeczą temu wyniki analizy uziarnienia, które pokazują, że mimo iż badane osady są najczęściej gruboziarniste transportowane były wyłącznie w saltacji i zawieszynie (Bujak, 2007b). Równocześnie biorąc pod uwagę stanowiska Brzózka (najdalej na S) i Mościska (najbardziej na N) oraz zakładając, że mamy do czynienia z ciągłością transportu, nie stwierdza się wzrostu częstotliwości tego typu mikrostruktur wraz z dystansem. Taka cecha ziaren może sugerować, że ich transport odbywał się na stosunkowo małą odległość, bądź też warunki transportu były wybitnie niesprzyjające intensywnej abrazji. W tej sytuacji zarówno kształt, jak i charakter mikrostruktur występujących na powierzchni badanych ziaren, może odzwierciedlać cechy osadów źródłowych.

Inne mikrostruktury będące efektem mechanicznego oddziaływania jednego ziarna na drugie, są widoczne na niewielkim procencie ziaren i w niewielkich ilościach. Zazwyczaj są to pojedyncze struktury *crescentic gouges*, *conchoidal fractures*, *arc-shaped steps*, *parallel ridges*, czy też *subparallel linear fractures* (rys. 3, 6, 11, 12). Jednakże należy podkreślić, że związane są one w zdecydowanej większości z ziarnami pękniętymi (C) i widoczne są na świeżych powierzchniach pęknięć. W przypadku analizowanych ziaren, abrazja mechaniczna miała jedynie drugorzędne znaczenie w modelowaniu ich powierzchni.

Bardzo duża homogeniczność, pod względem obtoczenia i mikromorfologii powierzchni ziaren kwarcu badanych osadów preglacjalnych, wskazuje na bardzo jednorodny ich źródło, bez dostawy materiału różniącego się pod względem cech teksturalnych. Na jedno źródło, poza wymienionymi wyżej cechami, wskazuje również bardzo jednorodny skład mineralogiczny. We frakcji piaszczystej (0,8–1,0 mm) w 95–100% buduje je kwarc (Bujak, 2007a, b).

Osady o tak słabym stopniu obtoczenia opisywała z Wyżyny i Kotliny Sandomierskiej między innymi Mycielska-Dowgiałło (1978). Były to górnomiocenske osady morskie i preglacjalne osady fluwialne. Wyliczony dla nich wskaźnik obtoczenia W_0 wynosił poniżej 650. Dla odróżnienia morskie osady neogeńskie z lei krasowych w Mirówku i Maziarzach w obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich (Barcicki i in., 1991, 1996) oraz osady mioceńskie (Żarski, 1998) ze stanowiska Góra Puławska położonego w skarpi doliny Wisły w Małopolskim Przełomie Wisły (Bujak, 2007b) są lepiej obtoczone, niż badane osady preglacjalne. Teoretycznie tych ostatnich nie można określić jako materiał źródłowy dla osadów preglacjalnych, biorąc pod uwagę jedynie stopień obtoczenia.

Przez długi czas uważano, że do akumulacji osadów preglacjalnych mogły przyczynić się Prawiśła i Prawieprz (Mojski, 1964, 1984; Kosmowska-Ceranowicz, 1966; Sarnacka, 1978). Pierwsza z tych rzek przecinająca Wyżyny Środkowopolskie przełomem, odwadniała Karpaty i Kotlinę Sandomierską, i akumulowała swe osady w południowo-zachodniej oraz środkowej części Niziny Mazowieckiej. Druga odwadniała masyw wołyński i Wyżynę Lubelską, akumulując osady we wschodniej części zbiornika. Nowsze badania kwestionują jednak istnienie w preglacjalne przełomu przez Wyżyny Środkowopolskie (Laskowska-Wysoczańska, 1971, 1983, 1993, 1995; Mycielska-Dowgiałło, 1978) lub, że przełom taki istniał, jednakże jego dno położone było znacznie wyżej w stosunku do współczesnego – około 10–12 m (Pożaryski i in., 1994). W obu przypadkach większość wody z Karpat i Kotliny Sandomierskiej odprowadzane było na wschód do Morza Czarnego. Kolejnym faktem potwierdzającym, że do akumulacji osadów preglacjalnych nie przyczyniły się rzeki rozcinające pas wyżyn są opisywane ruchy neotektoniczne, będące echem ruchów alpejskich, które miały miejsce w najstarszym czwartorzędzie (faza małopolska, Baraniecka, 1971, 1975b, 1983, 1995). Miały one charakter ruchów wypiętrzających i doprowadziły do wydzwignięcia wału środkowopolskiego i obniżenie terenów położonych na północny wschód od niego, a więc Niziny Mazowieckiej. Przyjmuje się, że ruchy te doprowadziły do powstania deniwelacji sięgających około 100 m (Baraniecka, 1971, 1975b, 1983; Mojski, 2006). W takich warunkach rzeki, których baza erozyjna cały czas podlegała obniżeniu posiadały duży spadek, a co za tym idzie miały również większą siłę transportową, dlatego też większe ziarna mogły być transportowane w saltacji i zawieszynie.

W tej sytuacji obszarami źródłowymi materiału niesionego przez rzeki mogły być pokrywy zwietrzelinowe bogate w kwarc istniejące na obszarze Gór Świętokrzyskich i cechujące się bardzo dużą zawartością we frakcji piaszczystej świeżych ziaren kwarcowych, niszczone mechanicznie (NU), bądź ziaren typu INNE z mocno zwietrzałą powierzchnią. Wydaje się również, że najprawdopodobniej kształt ziaren odzwierciedla w dużym stopniu kształt wyjściowy, tym samym osadów źródłowych.

Interesującym jest również fakt pojawienia się na ziarnach ze stanowisk Stanisławice (S-III-6 i S-I-7) i Brzoza (B-II-7, B-II-18) mikrostruktur typu *breakage blocks*. Hoch i Woronko (2007) zanotowali obecność tego typu mikroform w warstwie czynnej zarówno kopalnej (Łódź), jak i współczesnej (Mongolia) i wiążą ich powstanie z wietrzeniem mrozowym. Możliwe, że w przypadku badanych osadów są one świadectwem funkcjonowania warstwy czynnej w tych osadach w jednym z glacjałów. Jahn (1960) analizując osady preglacjalne w środkowej Polsce stwierdza występowanie dwóch poziomów struktur, świadczących o funkcjonowaniu warunków peryglacjalnych w okresie preglacjalnym. Dodaje, że dominowało wówczas intensywne wietrzenie mechaniczne. Dowodem na to może być obecność ziaren pękniętych w badanych osadach preglacjalnych, na powierzchni, których nie obserwowano jakichkolwiek śladów późniejszej obróbki. Oznacza to, że proces pęknięcia był ostatnim modelującym powierzchnię ziaren. Ponadto zaobserwowano ziarna, z widocznymi mikroszczelinami, będącymi pierwszym krokiem do ich pęknięcia (fig. 14).

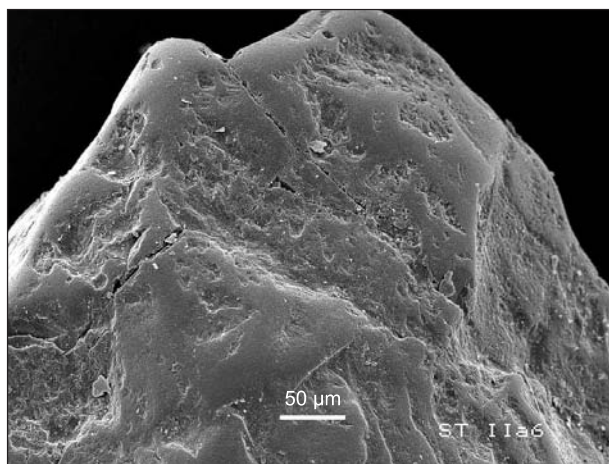


Fig. 14. Fragment powierzchni ziarna kwarcu z widocznymi liniami pęknięć

Part of a quartz grain with cracks

WNIOSKI

Uzyskane wyniki analizy obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziaren kwarcowych frakcji 0,8–1,0 mm według Cailleux (1942) zmodyfikowanej przez Goździka (1980) oraz Mycielską-Dowgiałło i Woronko (1998), analizy obtoczenia na graniformametrze spychaczowym Krygowskiego (1964) oraz mikromorfologii powierzchni ziaren kwarcu w SEM reprezentujących osady preglacjalne pokazują, że niezależnie od lokalizacji w przestrzeni i profilu oraz wykształcenia strukturalnego, wykazują daleko idące podobieństwo pod względem cech teksturalnych. Najbardziej charakterystyczną cechą badanych osadów jest skrajnie zły stopień obtoczenia ziaren kwarcu. Mimo to wszystkie

badane ziarna noszą ślady obróbki, następującej w czasie transportu w środowisku wodnym, czego dowodem jest cała gama mikrostruktur charakterystycznych zarówno dla środowiska wysokoenergetycznego plażowego, jak i fluwialnego. Dominującym procesem kształtującym powierzchnię badanych ziaren było trawienie chemiczne wspomaganie abrazją mechaniczną. Uzyskane wyniki nie upoważniają do wytypowania osadów źródłowych dla osadów preglacjalnych. Chociaż najbardziej prawdopodobnymi mogły być zwietrzliny osadów o cechach wręcz identycznych do tych budujących osady preglacjalne. Ich transport najprawdopodobniej odbywał się na stosunkowo krótką odległość.

LITERATURA

- BARANIECKA M.D., 1971 — Staroczwartorzędowe rowy tektoniczne i ich osady. *Kwart. Geol.*, **15**, 2: 358–372.
- BARANIECKA M.D., 1975a — Znaczenie profilu z Ponurzyca dla badań genezy i wieku preglacjalna Mazowsza. *Kwart. Geol.*, **19**, 3: 651–665.
- BARANIECKA M.D., 1975b — Zależności wykształcenia osadów czwartorzędowych od struktur i dynamiki podłoża w środkowej części Niżu Polskiego. *Biul. Inst. Geol.*, **288**: 5–97.
- BARANIECKA M.D., 1983 — Fazy małopolska, kujawska i mazowiecka jako fazy tektoniczne w czwartorzędzie Polski. *W: Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce*, 4: 183–194. Materiały III Krajowego Sympozjum. Ossolineum, Wrocław.
- BARANIECKA M.D., 1991 — Profil Różce na tle podstawowych profili osadów preglacjalnych na południowym Mazowszu. *Prz. Geol.*, **39**, 5–6: 254–257.
- BARANIECKA M.D., 1995 — Quaternary tectonic structures of the margin of the Kujavian Ridge, Polish Lowland. *Fol. Quatern.*, **66**: 39–49.
- BARCICKI M., CICHOSZ-KOSTECKA A., GOŹDZIK J., MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., PRÓSZYŃSKA-BORDAS H., 1991 — Wiek i geneza osadów leja krasowego w Mirówku, w świetle badań sedymentologicznych. *UAM Ser. Geogr.*, **50**: 23–33.
- BARCICKI M., CICHOSZ-KOSTECKA A., KWAPISZ B., MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., SKAWIŃSKA-WIESER K., 1996 — Rozwój leja krasowego w Maziarzach k. Iłży w trzeciorzędzie i w czwartorzędzie. *UAM Ser. Geogr.*, **57**: 25–38.
- BER A., LINDNER L., MARKS L., 2007 — Propozycja podziału stratygraficznego czwartorzędu Polski. *Prz. Geol.*, **55**, 2: 115–118.

- BUJAK Ł., 2007a — Cechy teksturalne piaszczystych osadów preglacialnych i warunki ich sedimentacji na przykładzie stanowisk Stanisławice k/Kozienc i Niwa Babicka k/Ryk. *Prz. Geol.*, **55**, 6: 485–493.
- BUJAK Ł., 2007b — Środowisko preglacjału południowej części Niziny Mazowieckiej – zapis w cechach teksturalnych i strukturalnych osadów [Pr. doktor.]. Arch. WGiSR UW., Warszawa.
- BULL P.A., CULVER S.J., GARDNER R., 1980 — Chattermark trails as paleoenvironmental indicators. *Geology*, **8**: 318–322.
- CAILLEUX A., 1942 — Les actions éoliennes periglaciaires en Europe. *Mm. Soc. Geol. De France*, **41**.
- FRIEDMAN G.M., ALI S.A., KRINSLEY D.H., 1976 — Dissolution of quartz accompanying carbonate precipitation and cementation in reefs: example from the Red Sea. *J. Sediment. Petrol.*, **46**: 970–973.
- GOŹDZIK J., 1980 — Zastosowanie morfometrii i graniformometrii do badań osadów w kopalni węgla brunatnego Bełchatów. *Studia Regionalne*, **4**, 9: 101–114.
- HOCH M., WORONKO B., 2007 — Mikromorfologia powierzchni ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej podlegających wietrzeniu mrozowemu – wstępne wyniki badań. *W: Rekonstrukcja dynamiki procesów geomorfologicznych – formy rzeźby i osady* (red. E. Smolska, D. Giriat): 217–232. Wyd. WGiSR UW.
- JAHN A., 1960 — The oldest periglacial period in Poland. *Biul. Pe ryg.*, **9**: 159–162.
- JONES L.S., HUMPHREY N.F., 1997 — Weathering-controlled abrasion in a coarse-grained, meandering reach of the Rio Grande; implications for the rock record. *GSA Bull.*, **109**, 9: 1080–1088.
- KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., 1966 — Osady preglacialne dorzecza środkowej Wisły. *Pr. Muzeum Ziemi*, **9**: 223–296.
- KRINSLEY D.H., DOORKAMP J.C., 1973 — Atlas of quartz sand surface textures. Cambridge Univ. Press.
- KRINSLEY D.H., TAKAHASHI T., SILBERMAN M.L., NEWMAN W.S., 1964 — Transportation of sand grains along the Atlantic shore Long Island, New York: an application of electron microscopy. *Mar. Geol.*, **2**: 100–120.
- KRINSLEY D.H., SMALLLEY I.J., 1972 — Sand. *Am. Sci.*, **60**, 3: 286–291.
- KRYGOWSKI B., 1964 — Graniformometria mechaniczna – zastosowanie, teoria. *Pr. Kom. Geogr.–Geol. PTPN*, **2**, 4: 1–112.
- LASKOWSKA-WYSOCZAŃSKA W., 1971 — Stratygrafia czwartorzędu i paleogeomorfologia Niziny Sandomierskiej i przedgórze Karpat rejonu rzeszowskiego. *Stud. Geol. Pol.*, **34**: 1–109.
- LASKOWSKA-WYSOCZAŃSKA W., 1983 — Czwartorzędowe ruchy pionowe środkowej i wschodniej części Kotliny Sandomierskiej. *W: Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce*, 4: 207–221. Materiały III Krajowego Sympozjum. Ossolineum, Wrocław.
- LASKOWSKA-WYSOCZAŃSKA W., 1993 — Wpływ zjawisk neotektonicznych i glacialnych na ewolucję morfostrukturalną brzeżnej strefy Karpat i Zapadliska Przedkarpackiego. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, **63**: 119–151.
- LASKOWSKA-WYSOCZAŃSKA W., 1995 — Neotectonic and glacial control on geomorphic development of middle and eastern parts of the Sandomierz Basin and the Carpathian margin. *Fol. Quatern.*, **66**: 105–122.
- LEWIŃSKI J., 1928a — Preglacjał w dolinie Bystrzycy pod Lublinem. *Sprawozd. z posiedzeń Tow. Nauk. Warsz. Wydz. III Nauk. Matm. i Przyrod.*, **21**, 3–5: 111–118.
- LEWIŃSKI J., 1928b — Utwory preglacialne i glacialne Piotrkowa i okolic. *Sprawozd. z posiedzeń Tow. Nauk. Warsz. Wydz. III Nauk. Matm. i Przyrod.*, **21**, 1–2: 49–66.
- LINDNER L. (red.), 1992 — Czwartorzęd. Osady, metody badań, stratygrafia. Wyd. PAE, Warszawa.
- LINDNER L., GOZHIK P., MARCINIAK B., MARKS L., YELOVICHEVA Y., 2004 — Main climatic changes in the Quaternary of Poland, Belarus and Ukraine. *Geol. Quart.*, **48**, 2: 97–114.
- LINDNER L., WOJTANOWICZ J., 1997 — Glacial and interglacial units in the Pleistocene of the South-Polish Uplands. *Quatern. Stud. Poland*, **14**: 53–69.
- MAHANEY W.C., 2002 — Atlas of sand grain surface textures and applications. Oxford University Press.
- MAKOWSKA A., 1969 — Mapa geologiczna Polski w skali 1:200 000, ark. Radom (50), wyd. A. Wyd. Geol. Warszawa.
- MANICKAM S., BARBAROUX L., 1987 — Variations in the surface texture of suspended quartz grains in the Loire river: An SEM study. *Sedimentology*, **34**, 495–510.
- MANKER J.P., PONDER R.D., 1978 — Quartz grain surface features from fluvial environments of Northeastern Georgia. *J. Sediment. Petrol.*, **48**: 1227–1232.
- MARGOLIS S., KENNETT J.P., 1971 — Cenozoic, paleoglacial history of Antarctica, recorded in subarctic deep-sea cores. *Am. J. Sc.*, **271**: 1–36.
- MARGOLIS S., KRINSLEY D., 1974 — Processes of formation and environmental occurrence of microfeatures on detrital quartz grains. *Am. J. Sci.*, **274**: 449–464.
- MOJSKI J.E., 1964 — Osady najstarszego plejstocenu w dolinie Wieprza koło Krasnegostawu. *Kwart. Geol.*, **8**, 2: 326–341.
- MOJSKI J.E. (red), 1984 — Eoplejstocen. Niziny Polski i Wyżyny Środkowopolskie. *W: Budowa geologiczna Polski. T. I. Stratygrafia. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd* (red. S. Sokołowski, J.E. Mojski): 50–82. Wyd. Geol., Warszawa.
- MOJSKI J.E., 2006 — Ziemia polskie w czwartorzędzie. Zarys morfogenezy. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MOJSKI J.E., RÜHLE E., 1965 — Czwartorzęd. Atlas geologiczny Polski. Zagadnienia stratygraficzno-facialne. Z. 12. Inst. Geol., Warszawa.
- MORAWSKI W., STUCHLIK L., 1987 — Preglacjał Mirowa i Opaczy w Warszawie, *W: Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce* (red. A. Jahn, S. Dyjor): 147–163. Ossolineum, Wrocław.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., 1978 — Rozwój rzeźby fluwialnej północnej części Kotliny Sandomierskiej w świetle badań sedimentologicznych. *Rozpr. UW*, 120.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., 1988 — Cechy urzeźbienia powierzchni ziarn kwarcu z wydm różnych regionów świata. *W: Geneza osadów i gleb w świetle badań w mikroskopie elektronowym* (red. E. Mycielska-Dowgiałło): 47–53. Wyd. UW, Warszawa.
- MYCIELSKIEJ-DOWGIAŁŁO E., WORONKO B., 1998 — Analiza obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej i ich wartość interpretacyjna. *Prz. Geol.*, **46**, 12: 1275–1281.
- POŻARYSKI W., MARUSZCZAK H., LINDNER L., 1994 — Chronostratygrafia osadów plejstocenijskich i rozwój doliny Wisły środkowej ze szczególnym uwzględnieniem przełomu przez Wyżyny Południowopolskie. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **147**.
- RÓŻYCKI S.Z., 1967 — Plejstocen Polski środkowej na tle przeszłości w górnym trzeciorzędzie. Wyd. 1. PWN, Warszawa.
- RÓŻYCKI S.Z., 1972 — Plejstocen Polski środkowej na tle przeszłości w górnym trzeciorzędzie. Wyd. 2, rozszerzone. PWN, Warszawa.
- RÜHLE E., 1955 — Stratygrafia czwartorzędu Polski w świetle publikacji w latach 1945–1953. *Biul. Inst. Geol.*, **70**: 13–52.

- SARNACKA Z., 1978 — Plejstocen doliny Wisły między Magnuszewem i Górą Kalwarią. *Biul. Inst. Geol.*, **300**: 5–96.
- SARNACKA Z., KRYSOWSKA-IWASZKIEWICZ M., 1974 — Osady eoplejstocenijskie okolic Magnuszewa na południowym Mazowszu. *Biul. Inst. Geol.*, **286**: 165–188.
- STUHLIK L., 1973 — Opracowanie palinologiczne osadów starszego czwartorzędu na tle górnego trzeciorzędu z profili wiertniczych rejonu Otwocka. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- STUHLIK L., 1975 — Charakterystyka palinologiczna osadów preglacjalnych z Ponurzyca (rejon Otwocka). *Kwart. Geol.*, **19**, 3: 667–678.
- STUHLIK L., 1978 — Palinologiczna charakterystyka starszego czwartorzędu z profili wiertniczych okolic Grójca. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- SUBRAMANIAN V., 1975 — Origin of surface pits on quartz as revealed by scanning electron microscopy. *J. Sediment. Petrol.*, **45**: 530–534.
- SZALEWICZ H., 1988 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Grodzisk Mazowiecki (558). *Wyd. Geol. Warszawa*.
- WILLIAMS A.T., THOMAS M.C., 1989 — Analysis of barrier island surface sediments by scanning electron microscopy. *Mar. Geol.*, **86**, 101–118.
- WORONKO B., 2001 — Znaczenie analizy obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej w interpretacji genetycznej osadów czwartorzędowych. *W: Eolizacja osadów czwartorzędowych jako wskaźnik stratygraficzny czwartorzędu* (red. E. Mycielska-Dowgiałło): 33–38. *Pracownia Sedymentologiczna WGiSR UW, Warszawa*.
- WORONKO B., OSTROWSKA M., 2009 — Wpływ środowiska fluwialnego na charakter powierzchni ziarn kwarcowych – dyskusja. *V Seminarium „Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych”* (red. Kostrzewski A., Paluszkiwicz R.): 605–622. *Wyd. Nauk. UAM, Poznań*.
- WRIGHT J., SMITH B., WHALLEY B., 1998 — Mechanisms of loess-sized quartz silt production and their relative effectiveness: laboratory simulation. *Geomorphol.*, **23**: 15–34.
- ŻARSKIM., 1996 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Kozienice (673). *Wyd. Geol. Warszawa*.
- ŻARSKIM., 1998 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Puławy (710). *Wyd. Geol. Warszawa*.

SUMMARY

Quartz sand grains bear a characteristic set of microstructures inherited from transportation and deposition processes of a particular sedimentary environment as well as from postsedimentary processes acting on grain surfaces (Krinsley, Doornkamp, 1973; Mahaney, 2002). This explains use of scanning electron microscopy (SEM) as a tool in solving the mysteries of sediment origin. Preglacial sediments are often a subject of many confusions or controversies despite a wide range of methods involved in sedimentary research. According to the definition of Lewiński (1928a), the Preglacial period was characterized by accumulation of loams and sandy-gravel sediments directly upon Pliocene clays in the Mid-Polish Lowlands. The Preglacial sediments are overlain by those derived from the Scandinavian glaciations. Petrographic composition of the Preglacial sediments shows that they originated exclusively from local bedrocks and were transported from southern Poland (Carpathians, Polish Uplands, Holly Cross Mountains and Ukrainian-Volynian massive). They do not contain Scandinavian rocks – relevant publications can be found in the study of Bujak (2007b). The sediments were transported by rivers and deposited in great alluvial fans on a surface of a dried lake which existed in the Mazovian Lowland during the Pliocene (Różycki, 1972).

Quartz grains, 0.8–1.0 mm in diameter, analysed under SEM were taken from 4 outcrops: Brzóza, Januszno, Mościska and Stanisławice, situated in the southern Mazovian Lowland (Fig. 1). They represent sediments of the Kozienice series determined by Mojski (1964) and correlated by Mojski (1984) with the Magnuszew series (Sarmacka, Kryowska-Iwaszkiewicz, 1974). Eight samples were taken from which 20 quartz grains were selected randomly. The grains were subject to etching in 10% HCl acid, then washed

several times in demineralised water. Microstructures visible on grain surfaces were identified under SEM according to classification of Mahaney (2002).

All the grains from all these localities are characterised by very low (10–55% of grains) or medium (45–90%) relief (Figs. 3, 6, 11, 12). There are no grains with high relief, except for sample B-II-29 from Brzóza (depth 5.90 m). The dominant process shaping the grain surfaces was an intensive chemical etching. This produced a smoothed shiny surface, usually called dulled surface. Moreover, this resulted in a creation of a set of point microstructures (solution pits) and linear microstructures (solution crevasses). Grains from Brzóza also show chattermarks (Fig. 6). Such microstructures are diagnostic for mechanical destruction of grains in a glacial environment (Mahaney, 2002). However, Bull *et al.* (1980) suggest that they may come from etching which acts along internal faults within quartz crystals developed during metamorphic processes. In the case of the analysed grains, the microstructures are interpreted as inherited from chemical weathering.

Abrasion-induced microstructures are represented mostly by V-shaped incisions and are visible on all the analysed grains (Fig. 3, 6, 11, 12). They usually occur as singular incisions. They are characteristic of beach (Krinsley, Doornkamp, 1973) and fluvial (Manickam, Barbaroux, 1987) environments. Based on such microstructures, Margolis and Kennett (1971) classify water environments and their energy from fluvial with singular incisions, through a low-energy beach environment to high-energy beach environments, where such microstructures are abundant. Moreover, Krinsley *et al.* (1964) state that the amount of the microstructures increases together with the transport distance. Other microstructures resulting from mechanical interactions between

grains are visible only on few grains and in small amounts, usually as singular microforms (conchoidal fractures, arc-shaped steps, parallel ridges or subparallel linear fractures) (Fig. 3, 6, 11, 12).

Results of the research on the Preglacial sediments show that they were deposited in water environment with dominant chemical weathering. Frequency of V-shaped incisions

on surfaces of the grains suggests that either energy of the transporting environment was relatively low or the transport distance was short. Moreover, the occurrence of chattermarks on grains from Brzóza provides a premise that the sediment could be derived from, among others, weathered metamorphic rocks.