

ELŻBIETA MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO¹, RÓŻA KRZYWOBŁOCKA-LAUROW²

TYPY URZEŻBIENIA POWIERZCHNI ZIARN KWARCO- WYCH PIASKÓW PUSZCZY KAMPINOSKIEJ W OPARCIU O ANALIZĘ W PRZEŚWIETLENIOWYM I ANALIZUJĄCYM MIKROSKOPIE ELEKTRONOWYM

(Tabl. I—VIII i 1 fig.)

The Microrelief of Quartz Grain Surface from Fluvial and Dune Sands

(Pl. I—VIII and 1 Fig.)

Treść: Celem pracy było ustalenie stopnia zmienności urzeźbienia powierzchni ziarn kwarcowych piasków wydmych i poniżej leżących piasków rzecznych Puszczy Kampinoskiej. Analizę przeprowadzono we frakcji 0,4—0,5 mm, w oparciu o badania w prześwietleniowym i analizującym mikroskopie elektronowym. Wyróżniono charakterystyczne formy rzeźby jednej i drugiej grupy osadów.

W piaskach rzecznych przeważają formy „wielkoskalowe” przetrwałe z poprzednich faz transportu i nałożone na nie pojedyncze formy eoliczne. Te ostatnie wskazują na eolizację stropowych partii osadów rzecznych schyłku ostatniego zlodowacenia.

W piaskach wydmych przeważa drobna „ospa eoliczna” składająca się z szeregu jamek i zagłębień.

WSTĘP

Głównym celem pracy było określenie stopnia zmienności urzeźbienia powierzchni ziarn kwarcowych w osadach wyjściowych dla wydmy (piaski rzeczne schyłku plejstocenu) i w wydmach, na przykładzie Puszczy Kampinoskiej. Obserwacje były zebrane w oparciu o prześwietleniowy i analizujący mikroskop elektronowy.

Pod uwagę wzięto próbki z dwóch wydmy i z poniżej leżących piasków rzecznych z rejonu Puszczy Kampinoskiej (fig. 1)³. Wybrano ten teren jako obszar o przypuszczalnie jednym z najdłuższych na terenie Polski

¹ Instytut Geografii UW, 00-385 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30.

² Instytut Techniki Budowlanej, 00-611, Warszawa, ul. Filtrowa 1.

³ Próbki udostępniła dr Urszula Urbaniak-Biernacka, za co Jej autorki serdecznie dziękują.

(generalnie rzecz biorąc) okresie wydmotwórczym schyłku ostatniego zlodowacenia. Zarówno rejony wydmowe południowej Polski jak i Polski północnej miały najprawdopodobniej krótsze okresy wydmotwórcze lub o mniej intensywne procesy. Na południu Polski decydującą była szybsza ekspansja roślinności, na północy dłużej trwająca pokrywa lodowa (Mycielska-Dowgiałło, 1963; Sep p ā l ā, 1969). Ponadto układ strefy wydmowej Puszczy Kampinoskiej w obrębie Kotliny Warszawskiej, w strefie bezpośrednio sąsiadującej z maksymalnym zasięgiem ostatniego zlodowacenia, wydaje się nieść ze sobą ogromne korzyści dla badań porównawczych powierzchniowych form rzeźby ziarn kwarcowych, podobnych rejonów wydmowych w obrębie naszego kraju czy krajów sąsiednich.

Rejon wydmowy Puszczy Kampinoskiej jest podzielony na dwie strefy oddzielone od siebie i od erozyjnego tarasu błońskiego (na południu) dwoma pasmami podmokłych i zatorfionych obniżen (fig. 1). Jest on podścielony osadami rzecznyymi. Nawiązują one, jak sugeruje Biernacki (1971), do dwóch powierzchni tarasowych: młodszego tarasu bródnowskiego i starszego tarasu skurczyńskiego.

Osady te były akumulowane przez rzeki o charakterze peryglacjalnym okresie między glacyfazą poprzedzającą najstarszy dryas a Böllingiem. W przeważającej większości pochodzą one z przeróbki osadów — fluwioglacjalnych i glacialnych. Od okresu starszego dryasu po holocen akumulacja rzeczna zachodziła już na poziomie niższym (tarasie pra-skim), którego południową granicę stanowił północny pas wydmowy Puszczy Kampinoskiej. Nie wkraczała więc już w obręb strefy wydmowej.

W oparciu o badania palynologiczne Boró w k o - D ł u ż a k o w e j (1961) osadów organicznych pobranych z obniżen śródwydmowych, Kobendzina (1961) sądzi, że całość procesów wydmotwórczych na terenie Puszczy Kampinoskiej mieści się w obrębie schyłku plejstocenu. Okresami najsilniejszej działalności eolicznej były zimne wahnięcia klimatyczne schyłku ostatniego glacyału, gdy tymczasem ciepłe okresy Böllingu i Allerödu pociągały za sobą wzrost temperatury, zwiększenie opadów, podniesienie poziomu wód na Wiśle i częściowe zalanie terenu oraz w następstwie przerwanie procesów eolicznych.

Ostatnio dość powszechnie uznaje się w Polsce obecność młodszych faz wydmowych w młodszym dryasie i na początku holocenu (Chmielewska, Chmielewski, 1960; Wojtanowicz, 1969; Rotnicki, 1970). Sądzić więc można, że również i Puszcza Kampinowska była objęta tą fazą wydmotwórczą, choć może o znacznie mniejszym zasięgu i sile niż fazy poprzednie.

Z przytoczonych danych wynika wyraźnie, że zarówno akumulacja rzecznych osadów, podścielających wydmy, jak i samo powstanie form wydmowych zachodziło głównie w okresie schyłku ostatniego zlodowacenia. W warunkach klimatu peryglacjalnego, który był panujący w tym

okresie, procesy eoliczne wspomagane były niewątpliwie silnym wietrze-
niem mrozowym. Musiało mieć to duże znaczenie w przekształcaniu po-
wierzchni ziarn kwarcowych piasków rzecznych w piaski eoliczne.

LOKALIZACJA PRÓBEK I ICH KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA

W badaniach wzięto pod uwagę próbki z dwóch wydmy i piasków rzecznych poniżej leżących: z Wędziszewa (w południowo-wschodniej części północnego pasa wydmy) i z Pociechy (w południowo-wschodniej części południowego pasa wydmy) (fig. 1).

Ogólną charakterystykę osadu wydmy i rzecznej Puszczy Kampinoskiej znaleźć można w pracy Urbania k - Biernackiej (1972) na str. 732: „Materiał wydmy i podłoża, makroskopowo, często nie wykazuje różnic. Można je stwierdzić laboratoryjnie — piasek wydmy jest w porównaniu z materiałem wyjściowym lepiej wysortowany, wzbogacony w kwarc i na ogół lepiej obtoczony i bardziej zmatowiony. W Puszczy Kampinoskiej w licznych odsłonięciach stwierdzono wyraźną różnicę w zabarwieniu piasku; piasek podłoża jest biały, wydmy jasnożółty”.

Pod względem granulometrycznym zarówno badane osady rzeczne, jak i nadległe wydmy należy zaliczyć do piasków drobnoziarnistych. Wspomniany skład mechaniczny osadów warunkował dobór frakcji; analizowano ziarna kwarcowe o średnicy 0,4—0,5 mm.

W dotychczasowych pracach brano na ogół pod uwagę ziarna frakcji grubszych, np.: Soutendam (1967) badał ziarna frakcji 0,5—1 mm, Krinsley i Takahashi (1962) — 0,5—2 mm. Niemniej jednak szeregi autorów podkreśla, że badając ziarna różnych frakcji nie stwierdza się zasadniczych różnic w typie urzeźbienia występującego na ich powierzchniach, jedynie zagęszczenie form jest mniejsze, im drobniejsza jest frakcja (Krinsley i Funnell, 1965; Stieglitz, 1969). Wyjątek stanowią formy wietrzeńca chemicznego, których zagęszczenie rośnie w kierunku frakcji drobniejszej, osiągając maksimum w piaskach pylistych i mułkach.

Z wydmy pod Wędziszewem pobrano trzy próbki:

1. z warstwowanych piasków rzecznych, z poziomu 1 metra poniżej spągowej granicy wydmy,
2. z piasków wydmy, z poziomu 1 metra powyżej spągowej granicy wydmy,
3. z piasków wydmy, z poziomu 5 metrów powyżej poprzedniej próbki i 2 metry poniżej powierzchni zewnętrznej formy wydmy.

Z wydmy pod Pociechą pobrano dwie próbki:

1. z warstwowanych piasków rzecznych, z poziomu 1 metra poniżej spągowej granicy wydmy,
2. z piasków wydmy, z poziomu 1 metra powyżej spągowej granicy wydmy.

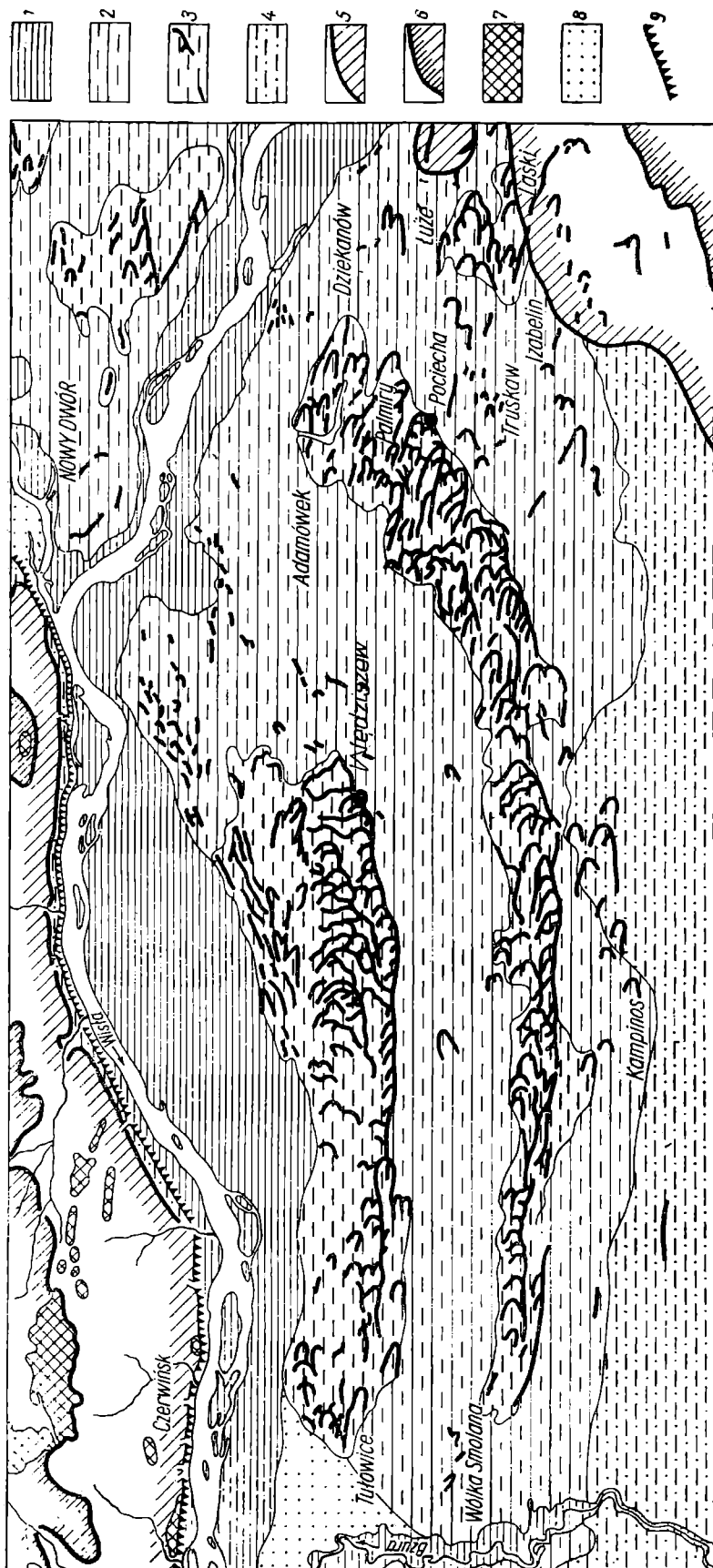


Fig. 1. Szkic geomorfologiczny Puszczy Kampinoskiej według J. Nowak i I. Smierzchalskiej (1972) z zaznaczeniem dwóch punktów skąd pobrano próbki. 1 — taras za-
lewowy; 2 — taras nadzalewowy; 3 — taras wydmy; 4 — taras erozyjny; 5 —
brzeg obniżonej wysoczyzny lodowcowej; 6 — brzeg wysoczyzny lodowcowej; 7 —
moreny czołowe; 8 — stożek napływowy; 9 — krawędzie; 10 — miejsce pobrania prób
Fig. 1. Geomorphologic map of the Puszcza Kampinoska Forest (from Nowak and
Smierzchalska, 1972). 1 — flood plain; 2 and 3 — terraces; 4 — erosional terrace;
5 — border of lowered glacial upland; 6 — border of glacial upland; 7 — frontal
moraines; 8 — fluvial cone; 9 — scarps; 10 — sampling points

METODYKA BADAŃ

Obserwacje w mikroskopie elektronowym typu prześwietleniowego powierzchniowych tekstur ziarn piasku wykonano na preparatach w postaci bezpośrednich replik platynowo-węglowych. Tok postępowania przy wykonywaniu preparatów do badań był następujący:

1. Wybór pod mikroskopem polaryzacyjnym ziarn kwarcu o kształcie charakterystycznym dla danej frakcji, najmniej zanieczyszczonych na powierzchni. Próbkę były uprzednio oczyszczone przez kąpiel w gorącym roztworze wodnym HCL, a wybrane z nich początkowo poddawano oczyszczeniu w dyspergatorze ultradźwiękowym (zgodnie z zaleceniami metodycznymi Krinsleya i Takahashiego, 1964), w celu pozbycia się zanieczyszczeń minerałami ilastymi⁴. Po wstępnych obserwacjach stwierdzono jednak, że gorąca kąpiel w roztworze HCL zupełnie wystarcza do całkowitego oczyszczenia powierzchni ziarn kwarcu. Z tego względu w dalszym przygotowaniu próbek do badań nie korzystano z dyspergatora. Do wykonania replik wybrano po 10 ziarn kwarcowych z każdej próbki. 2. Repliki platynowo-węgłowe wykonano zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami, napyłając ziarna piasku przy stałym obrocie stolika w napyłarce w celu równomiernego pokrycia repliki. Usunięcie ziarn piasku z repliki wykonano przez wytrawienie preparatów w 40% roztworze HF, a następnie w 18% roztworze HCL i wypłukanie otrzymanych replik bezpośrednich kilkakrotnie w wodzie destylowanej.

Z każdej próbki wykonano po 5 replik. Obserwacje prowadzono w elektronowym mikroskopie prześwietleniowym typu UEMW-100 przy powiększeniach od $5000\times$ do $35\,000\times$.

Przy interpretacji i ewentualnym uogólnieniu uzyskanych wyników badań należy uwzględnić fakt, że wielkość obserwowanych powierzchni dla każdej badanej próbki wynosiła maksimum 10—15 mm². W związku z powyższym badania nasze mają charakter wrywkowy, a nie statystyczny.

Badania w elektronowym mikroskopie analizującym (skanningowym typu Stereoscan II Cambridge) wykonano na preparatach uprzednio napyłonych węglem, a następnie złotem⁵. Ziarna do analizy, podobnie jak przy przygotowaniu preparatów do obserwacji w elektronowym mikroskopie prześwietleniowym, były analizowane w mikroskopie polaryzacyjnym celem wyboru ziarn charakterystycznych dla danej frakcji. Średnio, na stoliku preparatowym umieszczano około 15 do 20 ziarn piasku przez przyklejenie ich specjalnym klejem. Dodatkowo przy brzegach stolika naniesiono specjalną emulsję, która umożliwia szybkie odprowadzenie ła-

⁴ Próbkę zostały oczyszczone w dyspergatorze w Instytucie Geol. dzięki uprzejmości dr A. Maliszewskiej, której autorki serdecznie dziękują.

⁵ Autorki wyrażają głęboką wdzięczność za wykonanie fotografii w SEM doc. dr inż. J. Jelonkowi wraz z zespołem z Instytutu Technologii Elektronowej.

dunku elektrycznego, gromadzącego się w trakcie badań na obserwowanych ziarnach kwarcu. Było to konieczne, gdyż powoduje on zakłócenia w obserwacji obrazu. Po umocowaniu ziarn piasku na stolikach preparatowych napyłono je warstwą węgla o grubości około 700 Å, a następnie złota o zbliżonej grubości. Napylenie prowadzono przy stałym obrocie stolika preparatowego celem równomiernego pokrycia całej powierzchni ziarn kwarcu.

Przygotowane w powyższy sposób preparaty obserwowano przy powiększeniach 20; 50; 100; 500; 1000; 2000, a w niektórych przypadkach 5000 i 10 000 \times . Szczegółowym obserwacjom poddawano średnio po 8—10 ziarn, dokonując rejestracji fotograficznej charakterystycznych powierzchni.

WYRÓŻNIONE FORMY RZEŻBY POWIERZCHNI ZIARN KWARCOWYCH I ICH INTERPRETACJA

1. Wędziszew, warstwowane piaski rzeczne, z poziomu 1 metra poniżej spągowej granicy wydmy (tabl. I fig. 1, tabl. II fig. 1—6)

W obrębie analizowanych replik ziarn kwarcowych badanej próbki w prześwietleniowym mikroskopie elektronowym przeważającą rzeźbę tworzą „wielkoskalowe” formy przypominające wyróżnione przez K r i n s l e y a i D o n a h u e (1968) tekstury glacialne lub inaczej, charakterystyczne dla środowisk o wysokiej energii transportu, gdzie występuje znaczne zróżnicowanie wielkości przenoszonych cząstek (B r o w n, 1973).

Wydzielić tu można muszlowe przełamy (tabl. II fig. 1, 2) tworzące niekiedy zakrzywione kosićce stopnie (tabl. II fig. 1) oraz równoległe prążki. Te ostatnie mają różną genezę. Znaczna ich większość to formy uderzeniowe, które są związane z muszlowymi przełamami. Są one najbliższe dachówkowatym teksturom, wyróżnionym przez K r i n s l e y a i D o n a h u e (1968). Występują prawie na wszystkich przedstawionych zdjęciach (tabl. II fig. 1—3). Pewną ich część zaliczyć można do form powstałych poprzez rysowanie jednych ziarn przez drugie (tabl. II fig. 4).

W obrębie wszystkich tych typów tekstur formami na nie nałożonymi są mniejsze i większe pojedyncze zagłębienia i jamki. Ze stosunku tych zagłębień do form równoległego prążkowania, które jest zniszczone w ich zasięgu, można odczytać kolejność działających na ziarno procesów. Najpierw powstały formy „glacialne”, a następnie wytworzyły się w nich większe lub mniejsze zagłębienia czy jamki.

Zagłębienia te (do 1—3 μm średnicy) są na ogół koliste, lecz o silnie postrzępionych krawędziach (tabl. II fig. 4). Są to formy dość płytkie, o stosunkowo płaskim dnie. Niekiedy drobne jamki tworząc zagęszczenie

w jednym fragmencie powierzchni formują większe zagłębienie (tabl. II fig. 1).

Dla całych fragmentów ziarn charakterystyczna jest chropowata powierzchnia. Zauważa się jednak zawsze nadległość tego typu rzeźby w stosunku do form „glacjalnych”, które w tym osadzie zdają się przeważać.

Dalszych uzupełniających danych dostarczyły obserwacje ziarn w elektronowym mikroskopie analizującym. Wyróżniono dwa główne ich typy: ziarna o powierzchniach wygładzonych i zniszczonych.

Ogólne obtoczenie ziarn jest znaczne (tab. I fig. 1), mieszczące się przeważnie w drugiej i trzeciej klasie obtoczenia według klasyfikacji Davida (Mycielska-Dowgiałło, 1963). Na zdjęciach pokazujących fragmenty ziarn widać dawną gładką powierzchnię wypieraną przez chropowatą i zniszczoną (tabl. II fig. 5). Geneza tej ostatniej jest niejasna. Czy są to ślady wietrzenia mechanicznego, które niewątpliwie oddziaływało na osad w warunkach klimatu peryglacjalnego, czy też ślady trawienia chemicznego powierzchni w środowisku wodnym, jest sprawą trudną do ustalenia. Na działalność procesów chemicznych zdaje się wskazywać obecność wzerek o regularnych zarysach i płytkowym, zestopniowanym dnie (tabl. II fig. 6). Podobne formy zostały opisane w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych przez Schneidera (1970), a ze środowiska naturalnego przez Soutendam (1967).

Z drugiej zaś strony zaobserwowane w elektronowym mikroskopie przyświeceniowym formy jamek i zagłębień robią wrażenie powstałych poprzez uderzenia jednych ziarn o drugie. Czy jest możliwe, aby tworzyły się w procesie fluwialnym? Krinsley i jego współautorzy wielokrotnie podkreślają, że nie zauważa się powierzchniowych tekstur charakterystycznych dla środowiska rzeczno (Krinsley, Funnell, 1965; Krinsley, Donahue, 1968). Również Kuenen (1960), w oparciu o badania doświadczalne, doszedł do wniosku, że abrazja mechaniczna w wodzie jest bardzo słaba.

Wyróżnione formy jamek i zagłębień (tabl. II fig. 4) są najbliższe teksturom opisanym przez Lucchiego i Casa (1970), powstałym przez działanie procesów wietrzenia fizyko-chemicznego przy współudziale mechanicznej abrazji eolicznej. Nie można wykluczyć, że piasek rzeczny z Wędziszewa, zanim został ostatecznie osadzony w rzece, przechodził okresową obróbkę eoliczną. Jest ona znana ze współczesnych rzek o warokczowym charakterze odpływu, gdzie na rozległych powierzchniach łach śródkorytowych osady podlegają okresowym procesom eolicznym (Williams, Rust, 1969). W wypadku ziarn badanych te ostatnie mogły być wspomagane wietrzeniem mechanicznym ułatwiającym eksfoliację fragmentów powierzchni ziarn. Tym być może tłumaczy należy powstanie kulistych zagłębień o płaskim dnie o postrzępionych krawędziach (tabl. II fig. 4).

O znacznej eolizacji tarasowych piasków rzecznych schyłku ostatniego zlodowacenia z terenów środkowej Polski wspomina również Rotnicki (1970).

2. Pocięcha, warstwowane piaski rzeczne z poziomu 1 metra poniżej spągowej granicy wydmy (tabl. I fig. 2, tabl. III fig. 1—4, tabl. IV fig. 1—3)

Przy porównaniu piasków rzecznych z Pocięchy i piasków rzecznych z Wędziszewa w oparciu o badania w prześwietleniowym mikroskopie elektronowym widać pewną różnicę w rodzaju i stopniu zachowania występujących form rzeźby powierzchni ziarn kwarcowych tych dwóch osadów. Analizowane ziarna piasków z Pocięchy mają na ogół silniej zniszczoną powierzchnię (tabl. III fig. 1—4).

Z przetrwałych form glacialnych zanotowano tu obecność równoległego prążkowania (tabl. III fig. 1), koliście zagiętych stopni (tabl. III fig. 2) i muszlowych przełamów (tabl. III fig. 3). Wszystkie te formy są silnie zatarte kolejnymi teksturami, które się na nie nałożyły. Wyróżnić tu należy formy V-kształtnych przełamów (tabl. III fig. 3, 4), które wydają się wcześniejszą generacją rzeźby od kolistych jamek, lecz późniejszą od form glacialnych (tabl. III fig. 3). Stosunek do tych ostatnich jest szczególnie dobrze widoczny w obrębie największej V-kształtnej formy (tabl. 4 fig. 4).

Geneza V-kształtnych tekstur nie jest jasna. Być może są to formy powstałe w czasie eolicznego transportu poprzez wzajemne uderzenia ziarn o siebie (zgodnie z genetyczną klasyfikacją Lucchiego i Casa 1970). Jednak nie można również wykluczyć, że są one świadectwem trawienia chemicznego w środowisku wodnym. W stosunku do piasków Wędziszewa form tych spotyka się tu więcej.

Geneza kolistych jamek i zagłębień została już wyżej wyjaśniona.

Obserwacje ziarn kwarcowych w elektronowym mikroskopie analizującym wykazały stosunkowo słabe ich obtoczenie (głównie pierwszej i drugiej klasy) według klasyfikacji Davida (Mycielska-Dowgiało, 1963) (tabl. I fig. 2) oraz rzeźbę powierzchni o bardzo wyraźnych „wielkoskalowych” formach. Przy większych powiększeniach widoczne jest, podobnie jak w Wędziszewie, narastanie zniszczonego, chropowatego obszaru kosztem wygładzonych fragmentów powierzchni ziarn (tabl. IV fig. 1, 2).

Z drugiej zaś strony notuje się również ziarna o stosunkowo mało zniszczonych teksturach „wielkoskalowych” (tabl. IV fig. 3).

Można więc wyróżnić w osadzie ziarna o różnym stopniu zaawansowania procesów niszczących powierzchnię ziarn. Sądząc po zachowanych formach, były to, podobnie jak w przypadku Wędziszewa, procesy eoliczne współdziałające z wietrzeniem mechanicznym i chemicznym zachodzącym okresowo na łachach śródkorytowych. Niszczyły one ziarno

o wielkoskalowych formach i wygładzonych powierzchniach charakterystycznych dla środowiska fluwioglacjalnego (K o z a r s k i, 1972), które przypuszczalnie było głównym źródłem osadu przerabianego i akumulowanego następnie w Wiśle peryglacjalnej schyłku ostatniego zlodowacenia.

3. Wędziszew, piaski wydmowe, z poziomu 1 metra powyżej spągowej granicy wydmy (tabl. I fig. 3, tabl. V fig. 1—4, tabl. VI fig. 1—3).

Krinsley i jego współautorzy (Krinsley i Funnell, 1965; Krinsley i Donahue, 1968; Krinsley i Margolis, 1969) wyróżniają trzy typy charakterystycznych form eolicznych: a) meandrujące grzbiety, b) wachlarzowate formy tworzące zestopniowane łuki i c) płaskie powierzchnie pokryte dołkami i wżerkami. Te ostatnie Krinsley i Margolis (1969) łączą z abrazją mechaniczną wywołaną przez bardzo drobne ziarna, jak również z procesami chemicznego wytrawiania powierzchni. W obrębie gorących pustyn autorzy ci zauważyli proces wypierania przez wspomniane drobne formy tekstur wielkoskalowych.

Podobną sytuację widać również na przykładzie obserwowanych w prześwietleniowym mikroskopie elektronowym, piasków wydmowych Puszczy Kampinoskiej. Większe formy rzeźby są zacierane przez drobne jamki, których zagęszczenie jest tak znaczne, że niekiedy tworzą jednolicie zniszczoną powierzchnię.

Dużymi formami są tu długie, strome krawędzie, o lekko łukowatym kształcie będące granicami wydłużonych przełamów (tab. V fig. 1) lub przełamy muszlowe czy V-kształtne o silnie postrzępionych krawędziach (tab. V fig. 2, 3) albo przeciwnie o zatartych kształtach przez sieć drobnych jamek i wgłębień.

Wszystkie te wielkoskalowe formy (rzędu kilku czy kilkunastu mikrometrów długości czy średnicy) są wypierane przez drobne jamki. Widoczne jest to szczególnie wyraźnie we wspomnianych strefach krawędziowych (tabl. V fig. 2, 3).

Z obserwacji form rzeźby wielkoskalowych i drobnych i ich wzajemnego stosunku do siebie wydaje się, że są to formy, generalnie rzecz biorąc równoczesne. Obserwuje się wydłużone przełamy, których forma jest młodsza od jamek, z drugiej strony szereg wielkoskalowych tekstur ma krawędzie częściowo zniszczone przez nałożoną na nie rzeźbę ospowata.

O mechanicznej genezie abrazji powodującej powstanie rozległych powierzchni gęsto urozmaiconych jamkami i dołkami zdaje się świadczyć fakt atakowania przez nie szczególnie powierzchni wypukłych (tabl. V fig. 4). W pasach sąsiadujących bezpośrednio z krawędziami, będącymi jakby w ich cieniu, są one mniej wyraźne lub nieobecne.

Obecność tekstur typu ospy potwierdza hipotezę Krinsleya i Margolisa (1969) o występowaniu ich w rejonach, gdzie w osadzie poddawanych procesom eolicznym jest duża procentowa zawartość frakcji drob-

nych. Jak już wspomniano, osady rzeczne podścielające wydmy Puszczy Kampinoskiej i będące dla nich materiałem wyjściowym, charakteryzuje przewaga frakcji drobnej w osadzie.

Zebrane obserwacje zostały uzupełnione badaniami w analizującym mikroskopie elektronowym. Ogólne obtoczenie ziarn nieco wzrosło w stosunku do niżej leżących piasków rzecznych (tabl. I fig. 3). Przeważająca jest tu grupa o trzeciej klasie obtoczenia według klasyfikacji Davida (Mycielska-Dowgiałło, 1963). Największe przestrzenie powierzchni ziarn są objęte drobną i nieregularną siecią rowków i jamek (tabl. VI fig. 1, 2). Rzeźba ta jest zbliżona do form opisywanych przez Lucchiego i Casa (1970) z pustyń Sahary Libijskiej i Arabii Saudyjskiej jako charakterystycznych dla piasków eolicznych. Jak wspomniano wyżej autorzy ci przypisują powstanie „ospowatej” powierzchni procesom wietrzenia fizyko-chemicznego przy współdziałaniu mechanicznej abrazji eolicznej.

Oprócz przeważającej drobnoskalowej rzeźby rozpoznano większe trójkątne zagłębienia o stosunkowo gładkich powierzchniach bocznych przełamów (tabl. VI fig. 3). Fakt ten zdaje się wskazywać na eoliczną genezę drobnopromiennej rzeźby, która rozwija się głównie na eksponowanych powierzchniach.

4. Wędziszew, piaski wydmore, z poziomu 5 metrów powyżej poprzedniej próbki i 2 metry poniżej powierzchni zewnętrznej formy wydmorej (tabl. I fig. 4, tabl. VII fig. 1—6).

Przeważającymi formami rzeźby ziarn są zanotowane w mikroskopie prześwietleniowym drobne wżerki pokrywające jednolicie całą, dość wyrównaną powierzchnię (tabl. VII fig. 1—3). Nie zauważa się tu większych form teksturalnych tak charakterystycznych dla piasków wydmorej niższej serii.

Jedynie nieco większymi formami są zagłębienia o średnicy 1—3 μm , przypominające podobne formy rozpoznane na powierzchniach ziarn niżej leżących piasków eolicznych i rzecznych. Przypuszczalnie powstanie ich łączyć można, podobnie jak i tam, z eksfoliacją fragmentów powierzchni ziarn naruszonej przez procesy wietrzenia fizyko-chemicznego przy współdziałaniu mechanicznej abrazji eolicznej.

Wszelkie wypukłe formy są sterasowane pasami zagęszczeń tekstur jamistych, które układając się na różnych poziomach powodują powolną niwelację wypukłości (tab. VII fig. 4).

Ogólnie obtoczenie ziarn piasku jest podobnej wielkości jak w niższym poziomie analizowanych poprzednio piasków wydmorej (tabl. I fig. 4). Przeważa trzecia klasa obtoczenia według klasyfikacji Davida (Mycielska-Dowgiałło, 1963).

Również obserwacje powierzchni ziarn kwarcowych w analizującym mikroskopie elektronowym wykazały duże podobieństwa z niżej leżącymi piaskami eolicznymi. Podobnie jak i tamte charakteryzuje je wystę-

powanie sieci drobnych rowków i jamek i mała ilość dużych form (tabl. VII fig. 5). Na fragmentach powierzchni zanotowano tworzenie się rozległych, płtykich wżerek o postrzępionych krawędziach (tabl. VII fig. 6). Ich powstanie należy łączyć z eksfoliacją wierzchnich warstewek ziarna pod wpływem wietrzenia mechanicznego wspomaganego przez procesy eoliczne. Formy te są zbliżone do opisywanych przez Lucchiego i Casa (1970), z tą różnicą, że tam autorzy prezentowali ziarna z etapowo rozwijającym się procesem eksfoliacji zachodzącym wzdłuż poligonalnej sieci spękań, tu natomiast zapisany został końcowy etap eksfoliacji po wykruszeniu się już fragmentu ziarna. Krawędzie wżerki są silnie postrzępione.

5. Pociecha, piaski wydymowe, z poziomu 1 metra powyżej spągowej granicy wydmy (tabl. I fig. 5, tabl. VIII fig. 1—6).

Próbka ta została pobrana z piasków wydymowych, z podobnego poziomu jak próbka druga z Wędziszewa. O ile porównamy ze sobą formy teksturalne występujące na powierzchniach ziarn kwarcowych tych dwóch osadów, wyróżnione na podstawie badań w prześwietleniowym mikroskopie elektronowym, to znów, podobnie jak przy piaskach rzecznych, nasuwa się wniosek o większym stopniu eolizacji piasków z Pocięchy. Formy wielkoskalowych przełamów, o stromych kanciastych krawędziach, tak charakterystyczne dla piasków wydymowych Wędziszewa są tu rzadkością. Powszechnie całe powierzchnie pokryte są ospą eoliczną (tabl. VIII fig. 1). Zarys muszlowych przełamów pod siecią drobnych i większych jamek jest na ogół silnie zatarty (tabl. VIII fig. 2). Krawędzie tych przełamów są mało czytelne, jedynie zauważa się różnicę w zagęszczeniu występujących form ospy eolicznej na powierzchniach wklęsłych, w obrębie przełamu i powierzchniach wypukłych, które go otaczają. Na pierwszych jest ich mniejsza ilość, na drugim więcej.

W obrębie wypukłych fragmentów powierzchni zaobserwowano jakby piętrowość występowania form jamistych, o której już pisano poprzednio (tabl. VIII fig. 3). Jamki i wgłębienia układają się tu w równoległych pasach na coraz wyższych poziomach wokół wyniosłości. Stopniowy rozwój eolicznej ospy powoduje cofanie się krawędzi stopni tworząc linie kręte, o łamanym zarysie i prawie równoległym do siebie przebiegu. Przypominają nieco formy wyróżnione przez Krinsleya i Cavallero (1970) dla eolicznych piasków peryglacjalnych z Long Island.

Wśród drobnej ospy eolicznej widoczne są również większe zagłębienia (do 1—3 μm średnicy), znane z poprzednio analizowanych osadów, które autorki łączą, podobnie jak poprzednie, z eksfoliacją powstałą na skutek działania procesów eolicznych wspomaganymi procesami mrozowymi. Na te ostatnie zdają się również wskazywać liczne spękania i szczelinki obecne na powierzchniach ziarn, wzdłuż których rozwijają się większe formy jamek i zagłębień (tabl. VIII fig. 4):

Piaski badane są na ogół dobrze obtoczone (tabl. I fig. 5), podobnie jak z analogicznego poziomu w wydmiu w Wędziszewie. Najszerzej jest reprezentowana trzecia klasa obtoczenia według klasyfikacji Davida (Mycielska-Dowgiałło, 1963). Powierzchnia ziarn, w oparciu o obserwacje w analizującym mikroskopie elektronowym jest urozmaicona szeregiem drobnych jamek i rowków (tabl. VIII fig. 5, 6), które są podobne do opisanych już form z piasków eolicznych z Wędziszewa.

PODSUMOWANIE

Badania przeprowadzone nad rzeźbą powierzchni ziarn kwarcowych piasków rzecznych i wydmych Puszczy Kampinoskiej wykazały, że aby otrzymać możliwie pełny jej obraz, należy stosować podwójną analizę: w prześwietleniowym i analizującym mikroskopie elektronowym.

Ogromną zaletą analizującego mikroskopu elektronowego jest możliwość przejrzenia stosunkowo dużej ilości ziarn i wybranie do dalszej analizy przy większych powiększeniach ziarn najbardziej typowych. Również bardzo korzystne jest otrzymanie, przy użyciu tego typu mikroskopu, obrazu o dużej plastyczności oraz nie zaburzonego, w najmniejszym nawet stopniu, preparatyką przygotowawczą. Z drugiej jednak strony obserwacja szczegółów powierzchni ziarn w prześwietleniowym mikroskopie elektronowym jest lepsza ze względu na możliwość uzyskania większych powiększeń i lepszą zdolność rozdzielczą.

Na podstawie obserwacji rzeźby powierzchni piasków rzecznych i eolicznych Puszczy Kampinoskiej można wyciągnąć następujące wnioski co do procesów, które ją wytworzyły:

1) W piaskach rzecznych przeważają formy rzeźby przetrwałe z poprzednich faz transportu, o znacznej dynamice środowiska transportującego, w którym brały udział cząstki o dużym zróżnicowaniu pod względem wielkości. Było to najprawdopodobniej środowisko glacialne. Znaczne wygładzenie form wskazuje, że ziarna te uczestniczyły również w transporcie fluwioglacialnym.

2) Stropowe osady rzeczne ostatniego zlodowacenia podlegały procesom eolicznym, zanim ostatecznie zostały osadzone w rzece. Zdaje się to wskazywać na znacznie dłuższy przedział czasowy okresu wydmytówczego w czasie schyłku ostatniego glacjału, niż to wynika z datowania samych form wydmych.

3) Typ form pochodzenia eolicznego rozpoznany w piaskach rzecznych i wydmych wskazuje, że procesy eoliczne wspomagane były przez wietrzenie mechaniczne i chemiczne, które łącznie prowadziły do stopniowego wypierania błyszczących i gładkościennych form przetrwałych ze środowiska fluwioglacialnego przez chropowatą i zniszczoną powierzchnię.

4) W miarę czasu i postępującego procesu wietrzenia powierzchni i eolizacji osadu zostają zacierane wszelkie formy wielkoskalowe, a prze-

ważającym typem rzeźby jest wspomniana zniszczona powierzchnia ziarn, składająca się z drobnych i większych jamek i zagłębień.

5) Na przykładzie osadów rzecznych i wydmowych Puszczy Kampinoskiej widać, że analiza w mikroskopach elektronowych typu rzeźby powierzchni ziarn może być wskaźnikiem wyróżniającym te dwa różne genetycznie osady. Należy tu podkreślić, że makroskopowo osady te są prawie identycznie.

Instytut Geografii Uniwersytetu Warszawskiego
Instytut Techniki Budowlanej

WYKAZ LITERATURY

REFERENCES

- Biernacki Z. (1971), Typy sedymentacyjne a inżyniersko-geologiczne jednostki przestrzenne aluwiów Wisły w rejonie Warszawy (Sedimentation types and the technical-geological special units of the Vistula aluvia in Warsaw region). *Doctoral Thesis Geol. Inst. of the Warsaw University*.
- Borówk o -Dłużak owa Z. (1961), Historia flory Puszczy Kampinoskiej w późnym glacie i holocenie (Sum.: The history of the flora on the Kampinos Forest during the Late Glacial and Holocene periods). *Prz. geogr.* 33, 3, p. 365—382.
- Brown J. E. (1973), Depositional histories of sand grains from surface textures. *Nature*, 242, no. 5397, p. 396—398.
- Chmielewska M., Chmielewski W. (1960), Stratigraphie et chronologie de la dune de Witów, distr. Łęczyca. *Biul. Perygl.* nr 8, p. 133—141.
- Kobendzina J. (1961), Próba datowania wydm Puszczy Kampinoskiej (Sum.: Attempt to date dunes in the Kampinos Primeval Forest). *Prz. geogr.* 33, z. 3, p. 383—399.
- Kozarski S. (1972), Mikroskopia elektronowa w badaniu morfologicznych cech powierzchni kwarcowych ziarn piasku wybranych środowisk sedymentacyjnych (Sum.: Electron microscopy in the study of quartz sand grains surface textures of selected sedimentary environments). *Stud. Geogr. fiz. Pozn. Tow. Przyj. Nauk.* 13, z 1, p. 179—189.
- Krinsley D., Takahashi T. (1962), Applications of electron microscopy to geology. *Trans. N. Y. Acad. Sc.* (2), 25, p. 3—22.
- Krinsley D., Takahashi T. (1964), A technique for the study of surface textures of sand grains with electron microscopy. *J. Sedim. Petrol.* 34, p. 423—426.
- Krinsley D., Funnell B. (1965), Environmental history of sand grains from the Lower and Middle Pleistocene of Norfolk, England, *Quart. J. Geol. Soc. London*, 121, p. 435—461.
- Krinsley D., Donahue J. (1968), Environmental interpretation of sand grain surface textures by electron microscopy. *Geol. Soc. Am. Bull.* 79, p. 743—748.
- Krinsley D., Margolis S. (1969), A study of quartz sand grain surface textures with scanning electron microscope. *Trans. N. Y. Acad. Sc.* (2), 31, p. 457—477.
- Krinsley D., Cavallero L. (1970), Scanning electron microscopic examination of periglacial eolian sand from Long Island, N. Y. *J. Sed. Petrol.* 40, no. 4, p. 1345—1350.
- Kuenen Ph. H. (1960), Experimental abrasion 4. Eolian action. *J. Geol.* 68. Chicago, p. 427—449.

- Lucchi F. R., Casa G. D. (1970), Surface textures of desert quartz grains. A new attempt to explain the origin of desert frosting. *Giornale di Geologia* s. 2, 36 (1968) 2, Bologna, p. 751—776.
- Mycielska-Dowgiałło E. (1963), Pomiary stopnia obtoczenia ziarn piasku i zastosowanie ich do badań geomorfologicznych (Sum.: Measurements of rounding of grain and the use made of them in geomorphological studies). *Prz. geogr.* 35, z. 1, p. 65—76.
- Mycielska-Dowgiałło E., Krzywobłocka-Laurow R. (in the press), Cechy morfologiczne powierzchni ziarn kwarcowych piasku w badaniach za pomocą mikroskopii elektronowej (Surface textures of quartz sand grains in electron microscope). *Postępy Nauk Geol.*
- Rotnicki K (1970), Główne problemy wydmy śródlądowych w Polsce w świetle badań wydmy w Węglewicach (Sum.: Main problems of inland dunes in Poland on investigations of the dune at Węglewice). *Pr. Komis. Geogr.-Geol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk Poznań* 11, z. 2, 146 p.
- Schneider H. E. (1970), Problems of quartz grain morphoscopy. *Sedimentology* 14, p. 325—335.
- Seppälä M. (1969), On the grain size and roundness of wind-blown sands in Finland as compared with some Central European samples. *Bull. Geol. Soc. Finland* 41, p. 165—181.
- Soutendam C. J. A. (1967), Some methods to study surface textures of sand grains. *Sedimentology* 8, p. 281—290.
- Stieglitz R. D. (1969), Surface textures of Quartz and Heavy-Mineral grains from Fresh-Water Environments: An Application of Scanning Electron Microscopy. *Geol. Society Am. Bull.* 80, p. 2091—2094.
- Urbaniak-Biernacka U. (1972), Obserwacje hydrogeologiczne w wydmach Puszczy Kampinoskiej (Sum.: The hydrogeological observations made in the dunes of the Kampinos Forest). *Prz. geogr.* 44, z. 4, p. 731—743.
- Williams P. F., Rust B. R. (1969), The sedimentology of a braided river. *J. Sed. Petrol.* 39, p. 649—679.
- Wojtanowicz J. (1969), Typy genetyczne wydmy Niziny Sandomierskiej (Res.: Types génétiques de dunes dans le Bassin de Sandomierz). *Ann. U.M.C.-S.* 24, z. 1, Lublin. p. 1—45.

SUMMARY

Abstract: In the morphology of fluvial sand grains, there prevail large scale textures. They are most probably inherited from previous phase of ice transport, and only slightly modified by running water. Eolian sand grains are characterized by irregularly disseminated pits and furrows.

Samples of quartz grains for study have been obtained from two dunes and the fluvial sands below, situated in the region of the Puszcza Kampinoska Forest in the neighbourhood of Warsaw. They were used for estimating the influence of environmental factors on the character of quartz grain surface.

Both the accumulation of the fluvial deposits underlying dunes and the actual formation of the dunes took place mainly in the late Würm glaciation. In the conditions of the periglacial climate which prevailed

then, the eolian processes were certainly reinforced by the strong frost weathering.

Grains of 0.4—05 fraction were used for observation. The transmission electron microscope UEMW-100 and the scanning electron microscope Stereoscan II Cambridge were used.

1. Locality: Wędziszew. Stratified fluvial sands from the level of 1 m below the dune bottom (Pl. I, fig. 2; Pl. II, fig. 1—6).

In the grain surface relief, there dominate large-scale textures, which resemble the textures — described by Krinsley and Donahue (1968) — either of glacial origin, or else characteristic of high energy transport environments, where there occurs a considerable differentiation of the size of the particles in motion (Brown, 1973). Pits and hollows of various sizes are superimposed on the mentioned textures (Pl. II, fig. 1—4). They are usually circular, with prominent deckle edges.

In the pictures, presenting fragments of the grains as seen in the scanning electron microscope, there can be noticed a smooth ancient surface being pushed back by a rugged and damaged one (Pl. II, fig. 6). The origin of the latter is dubious. It is difficult to find out whether the destruction could have due to the mechanical weathering, which must have effected the sediment in the conditions of periglacial climate, or perhaps to the chemical of the surface in water environment. What seems to point to chemical processes is the presence of pits with regular contours and a graded bottom (Pl. II, fig. 6). Similar formations were reproduced in laboratory conditions by Schneider (1970) and found in the natural environment by Soutendam (1967).

On the other hand, the forms of the pits and hollows observed in the scanning electron microscope seem to have been shaped by grain collision, and the textures described by Lucchi and Casa (1970) are their closest approximation. One cannot exclude the possibility that the fluvial sand from Wędziszew had been affected by eolian processes before it was finally deposited in the river. There is a strong likelihood that the eolian processes were reinforced by mechanical weathering, which made the exfoliation on the grain surface possible. Perhaps this is how one can explain the development of the globose pits with flat bottoms and deckle edges (Pl. II, fig. 4).

Rotnicki (1970) also mentions the strong eolian reworking of the fluvial sands, deposited during the Würm glaciation in the Middle Poland.

2. Locality: Pociecha. Stratified fluvial sands (Pl. I, fig. 2; Pl. III, fig. 1—4; Pl. IV, fig. 1—3).

The surface of the Pociecha sand grains is more damaged than that of the Wędziszew grains. The glacial textures here have been erased by subsequent textures, superimposed on them. The origin of the V-shaped textures, noticeable on some grains, seems uncertain. Maybe they origi-

nate from the grain collision during eolian transport (according to the genetic classification by L u c c h i and C a s a, 1970). One cannot, however, exclude the possibility that they are a result of the chemical etching of the surface in water environment. The forms of the circular pits and hollows are most probably eolian in origin. The scanning electron microscope observation of the quartz grains has revealed the existence of some large-scale textures of relief, reminiscent of those differentiated in Wędziszew (Pl. IV, fig. 1-3).

3. Locality: Wędziszew dune sands from the level of 1 m above the dune bottom (Pl. I, fig. 3; Pl. V, fig. 1—4; Pl. VI, fig. 1—3). In the morphology of the surface of the Wędziszew dune sand grains there can be observed some large-scale textures (long, scarped, arc-shaped edges), and some small pits, which are spaced so densely as to often make up a uniformly damaged surface. The large-scale textures are pushed back by small-scale ones, which can be best observed in edge zones (Pl. V, Fig. 1, 2). The fact that pits appear mainly in convex zones seems to point to eolian abrasion as a prominent factor in the composition of their formation.

Also, the scanning electron microscope observation has proved that burrows and irregularly displaced pits constitute the greatest part of the relief (Pl. VI, Fig. 1, 2). They are reminiscent of those described by L u c c h i and C a s a (1970), coarse pitting associated with larger depressions.

4. Locality: Wędziszew. Dune sands from the level of 5 m above the afore-sand sample and 2 m below the dune upper surface (Pl. I, Fig. 4; Pl. VII, Fig. 1—6).

The small pits, penetratively covering the whole of the fairly well smoothed surface (Pl. VII, Fig. 1—3), which have been observed under the transmission electron microscope constitute the most prominent form of the surface relief. One fails to observe here the bigger textural forms, so characteristic of the dune sands from beneath.

The scanning electron microscope observation of the quartz grain surface has brought out great similarities to the underlying eolian sands. For both of them, nets of little furrows and pits are characteristic.

5. Locality: Pociecha. Dune sands of the level of 1 m above the dune bottom (Pl. I, Fig. 5; Pl. VIII, Fig. 1—6).

The transmission electron microscope observation has proved the existence of eolian pitting, which prevails here. Throughout minor eolian pitting, there can be observed also some bigger depressions, which the authors tend to associate with the exfoliation due to eolian processes reinforced by frost action. What points to the existence of the latter is also numerous joints and fissures on the grain surface, along which bigger forms of pits and hollows develop (Pl. VIII, Fig. 4).

The grain surface, as observed under the scanning electron microscope, proves to be varied thanks to many small pits and furrows (Pl.

VIII, Fig. 5, 6), which are reminiscent of the previously described eolian sands from Wędziszew.

The research into the grain surface relief of the fluvial and dune sands from the Warsaw region proves that to obtain the fullest picture possible one has to apply a twofold analysis: by means of both the scanning and transmission electron microscopes.

On the basis of the investigation thus carried out, one can draw the following conclusions:

1. In the morphology of fluvial sand grains, there prevail relic textures from previous phases of transport, most probably in the glacial environment. The considerable smoothness of the surface proves that the grains must have also taken part in the fluvioglacial transport.

2. The fluvial sands of the last glaciation had undergone some eolian processes before they were finally deposited in the river. The phenomenon points to a much longer time interval of dune forming processes during the late Würm glaciation that one might expect, judging by the dating of the dune forms alone.

The type of eolian forms occurring on the surfaces of fluvial and dune sand grains indicates that eolian processes were reinforced by mechanical and chemical weatherings, both of which lead to a gradual pushing back of the glassy and smooth — walled forms in favour of those with rugged and damaged surfaces.

4. As time goes on and eolian processes continue, all the large-scale textures become erased and the damaged surface—consisting of pits and furrows of different sizes—becomes the prevailing type of surface relief.

5. Taking into consideration the instance of the investigated fluvial and dune deposits, one can see that the electron microscope analysis of the grain surface relief may be a way to indicate the differentiation of the two deposits, different in origin. It is necessary to emphasize that the deposits are almost identical in macroscopic scale.

OBJAŚNIENIA TABLIC
EXPLANATION OF PLATES

Tablica — Plate I

Ziarna piasków charakterystyczne dla badanych osadów
Characteristic sand grains

Fig. 1. Ziarno kwarcu o powierzchniach wygładzonych z piasków rzecznych z Wędziszewa. SEM

Fig. 1. Quartz grain with smoothy surface, fluvial sands, Wędziszew. SEM

Fig. 2. Ziarno kwarcu o słabym obtoczeniu oraz wyraźnych „wielkoskalowych” formach z piasków rzecznych z Pocięchy. SEM

Fig. 2. Large scale textures on feebly rounded quartz grain, fluvial sand, Pocięcha. SEM

- Fig. 3. Ziarno o dobrym obtoczeniu i jednolicie zniszczonej powierzchni z piasków eolicznych z Wędziszewa (ze spągu wydmy). SEM
- Fig. 3. Damaged surface of a well rounded quartz grain, eolian sand, bottom part of a dune, Wędziszew. SEM
- Fig. 4. Dobrze obtoczone ziarno kwarcowe piasku o matowych, silnie zniszczonych powierzchniach z piasków eolicznych z Wędziszewa (z poziomu 2 m poniżej stropu wydmy). SEM
- Fig. 4. Strongly damaged, mat surface of a well rounded quartz grain, eolian sands (2 m below the dune upper surface), Wędziszew. SEM
- Fig. 5. Dobrze obtoczone ziarna kwarcowe o matowej, zniszczonej powierzchni z piasków eolicznych z Pociechy. SEM
- Fig. 5. Damaged surface of a well rounded quartz grain, eolian sand, Pociecha, SEM

Tablica — Plate II

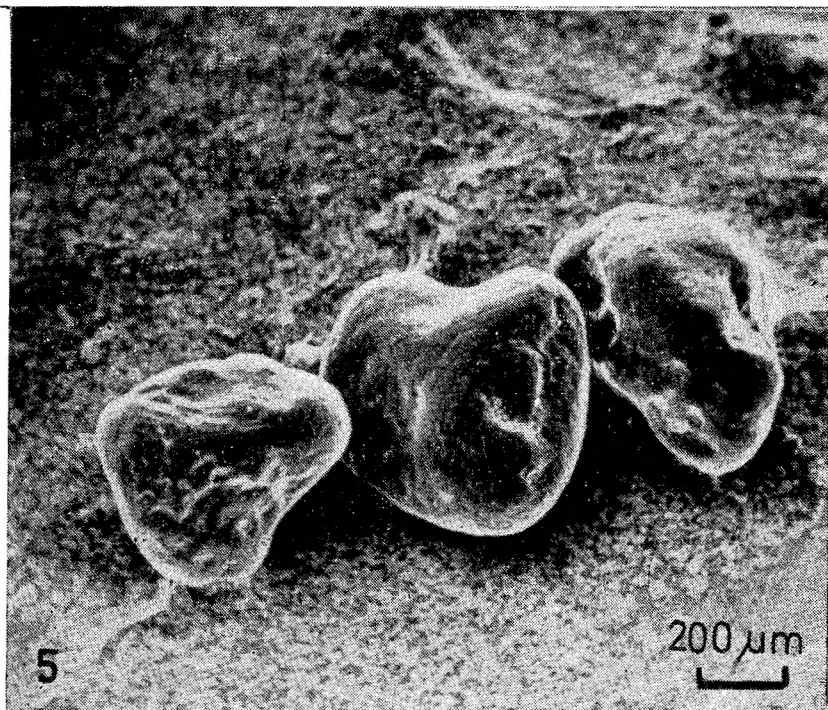
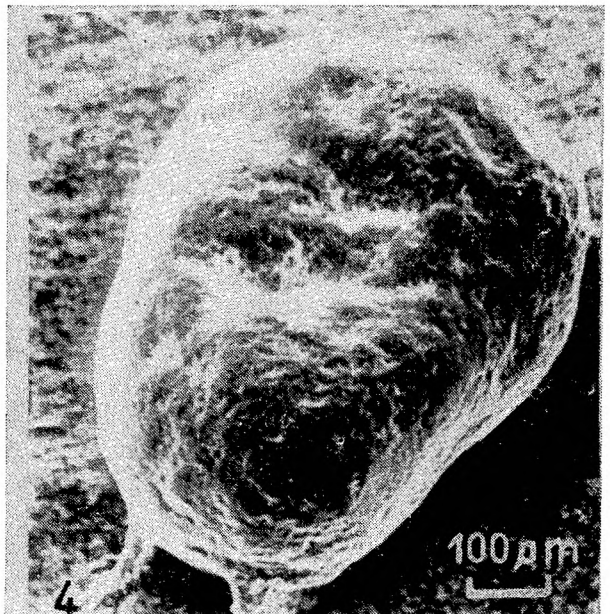
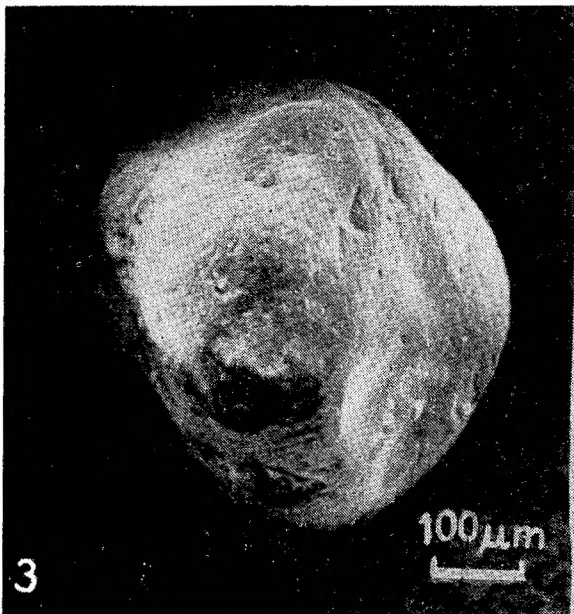
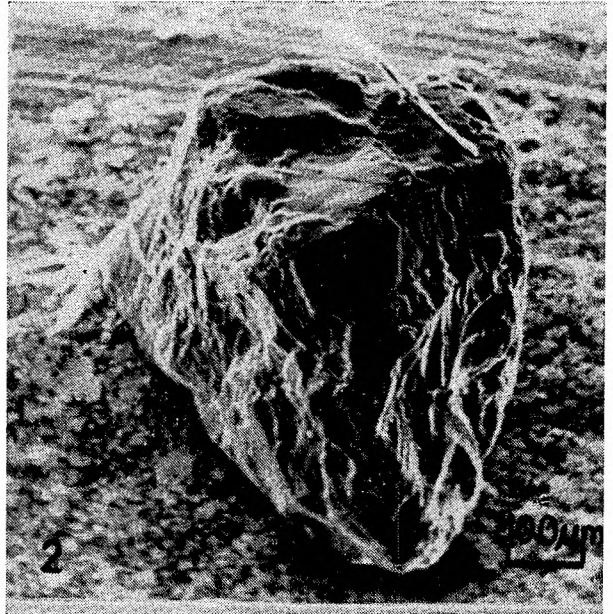
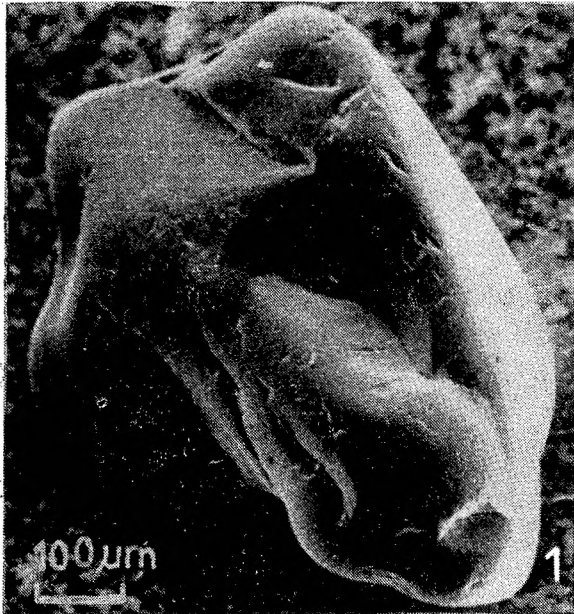
Wędziszew, piaski rzeczne
Wędziszew, fluvial sand

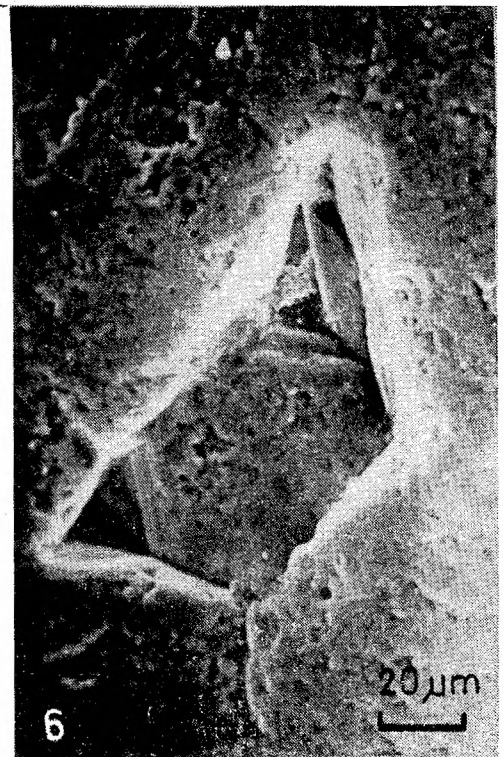
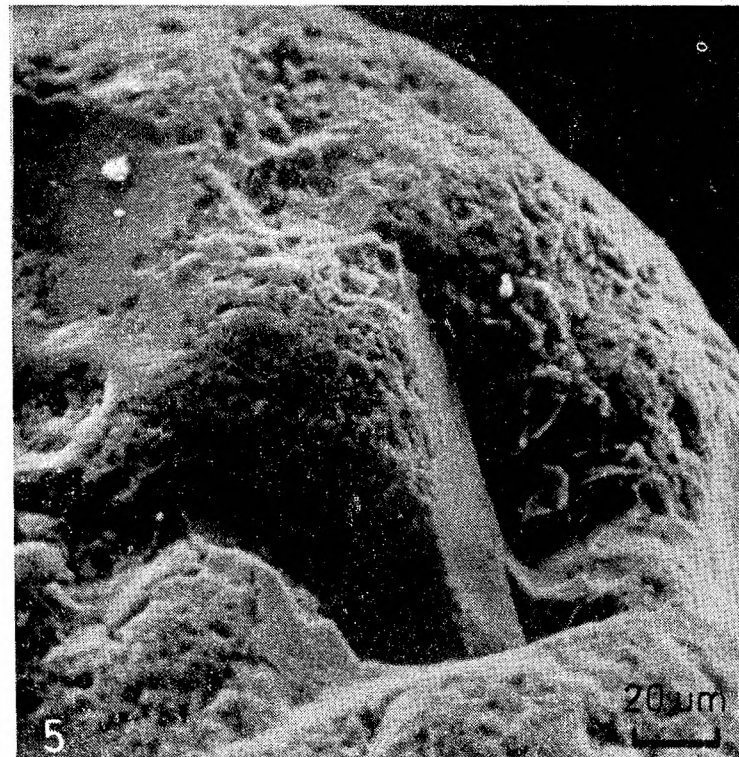
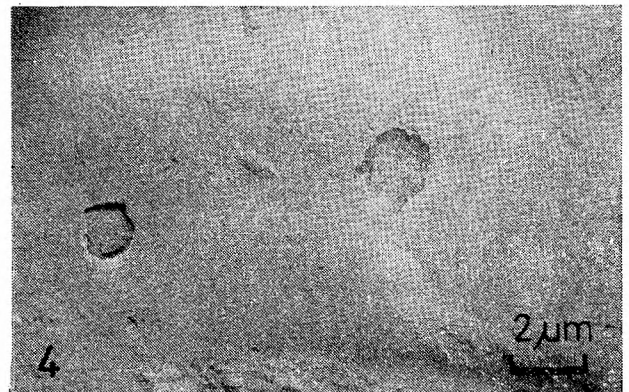
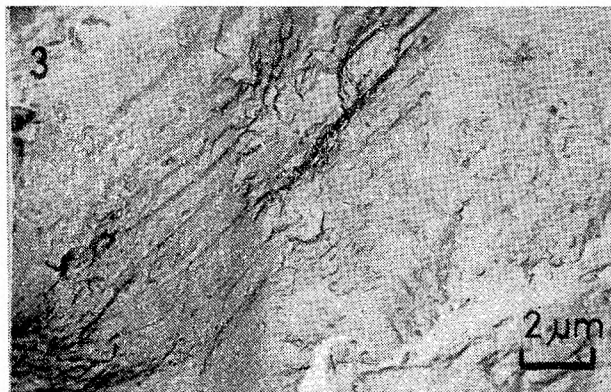
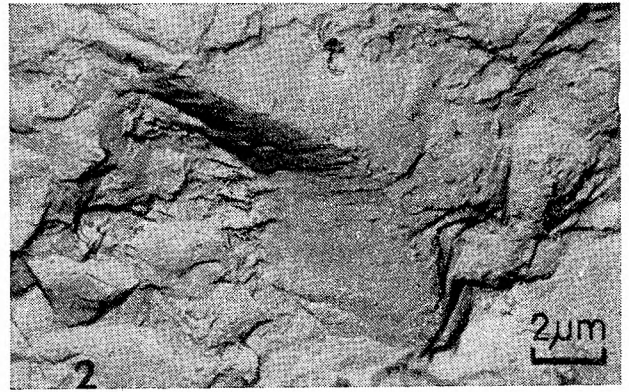
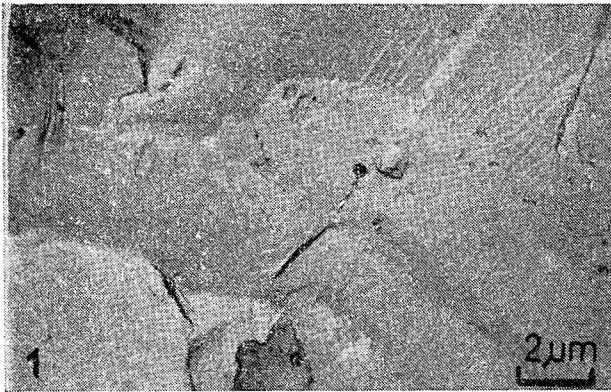
- Fig. 1. Muszlowe przełamy tworzące zakrzywione koliście stopnie. Na wyrównanych powierzchniach przełamu widoczne drobne jamki, których zagęszczenie tworzy większą formę zagłębienia. TEM
- Fig. 1. Conchoidal breakage forming arc-shaped steps. On the smooth surface small pits are visible. TEM
- Fig. 2. Silnie urzeźbiona powierzchnia większymi i mniejszymi muszlowymi przełamami. Z większymi z nich związana jest obecność równoległego prążkowania. TEM
- Fig. 2. Conchoidal breakages, some of them display parallel striation. TEM
- Fig. 3. Duże formy muszlowych przełamów urozmaiconych równoległym prążkowaniem, sąsiadujące z rozżartą, chropowatą powierzchnią. TEM
- Fig. 3. Large conchoidal breakage displaying parallel striation. Nearby rugged and damaged surface. TEM
- Fig. 4. Dwa duże zagłębienia o postrzępionych krawędziach i stosunkowo płaskim dnie. Na wygładzonych, wielkoskalnych formach wcześniejszych widać ślady równoległego prążkowania. TEM
- Fig. 4. Two big hollows with flat bottom and deckle edges. On the ancient large scale textures remnants of parallel striation are visible. TEM
- Fig. 5. Na fragmencie ziarna widać dawną jego wygładzoną powierzchnię wypieraną przez chropowatą i zniszczoną. Widoczne są również wielkoskalowe formy przełamów. SEM
- Fig. 5. Ancient smooth surface being pushed back by a rugged and damaged one. Large scale joints are visible. SEM
- Fig. 6. Rozległa wżerka o regularnych zarysach i płytkim, zastopniowanym dnie, świadcząca o procesach trawienia chemicznego działającego na powierzchnię ziarna. SEM
- Fig. 6. Large pit with shallow graded bottom due to chemical etching. SEM

Tablica — Plate III

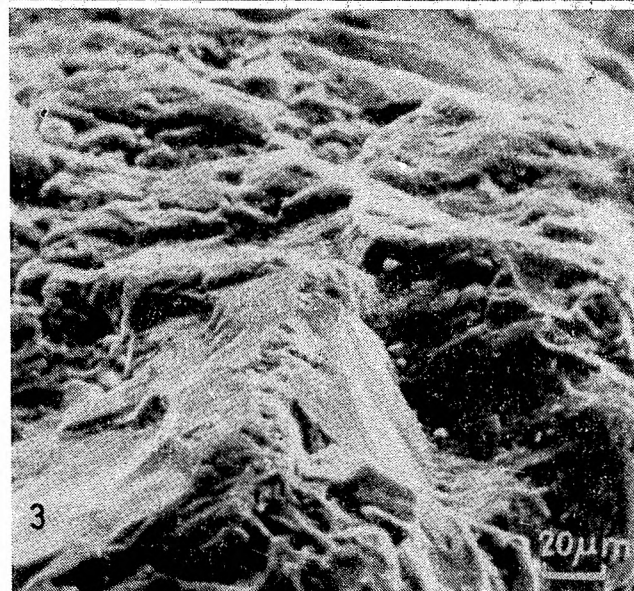
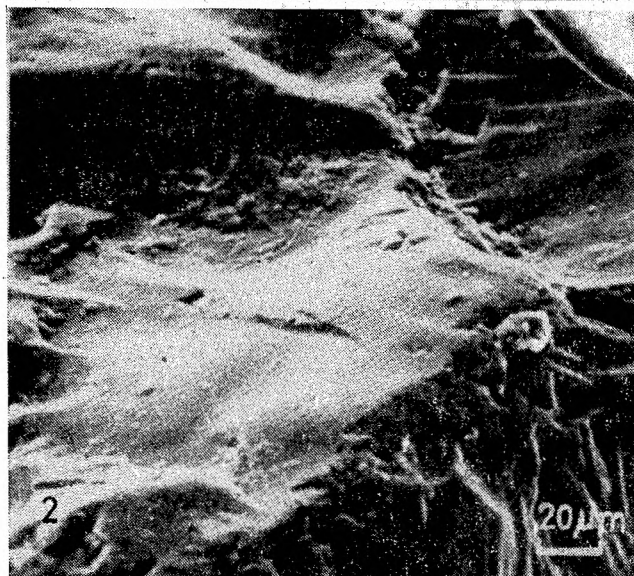
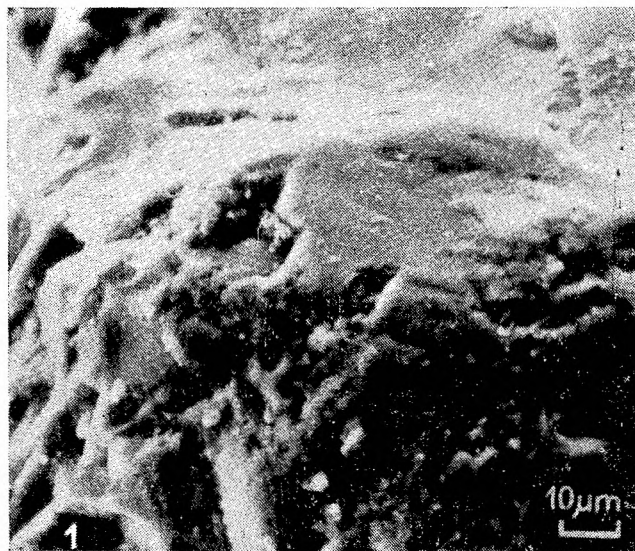
Pociecha, piaski rzeczne
Pociecha, fluvial sand

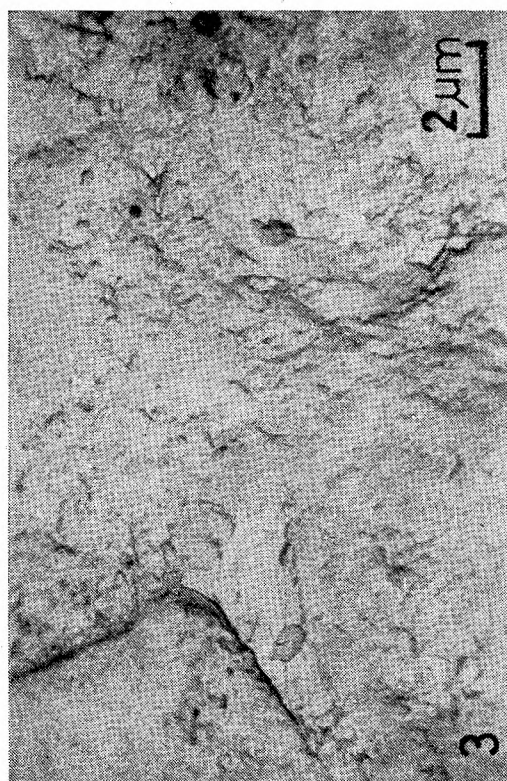
- Fig. 1. Formy prążków równoległych na wygładzonej powierzchni przełomu muszlowego. Cały obszar urozmaica obecność jamek eolicznych. TEM
- Fig. 1. Parallel striation on conchoidal breakage surfaces. Disseminated eolian pits. TEM

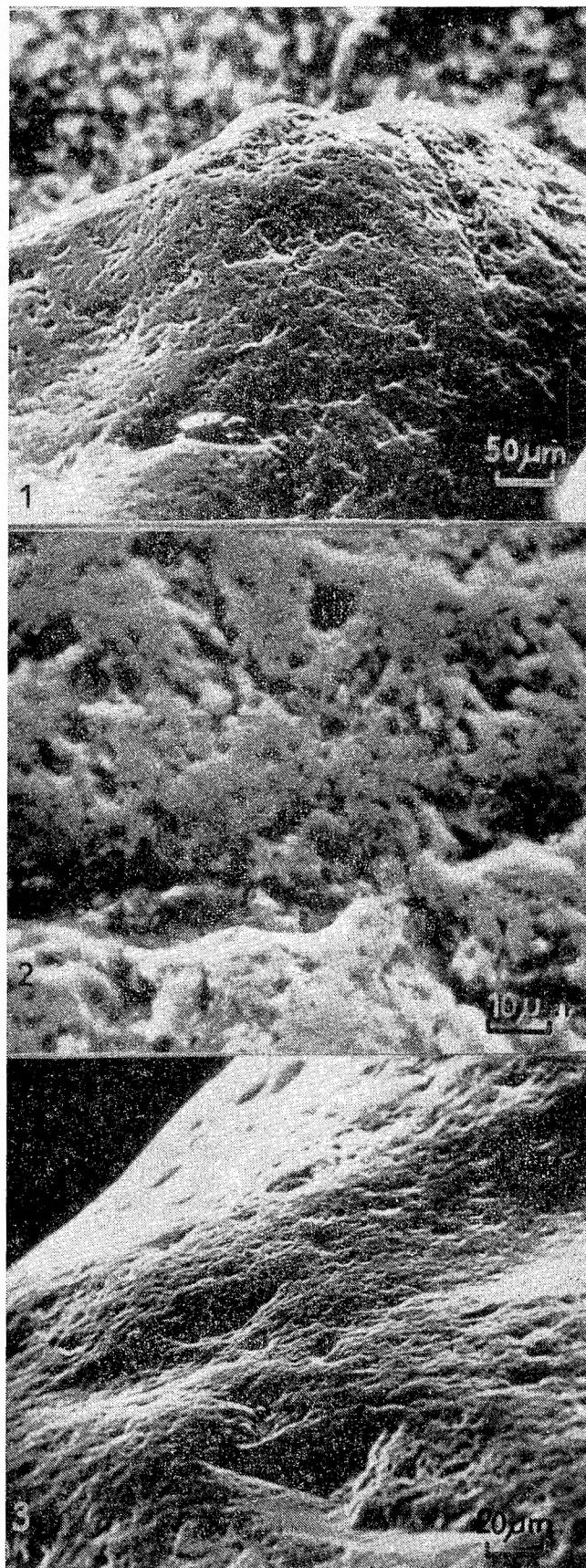


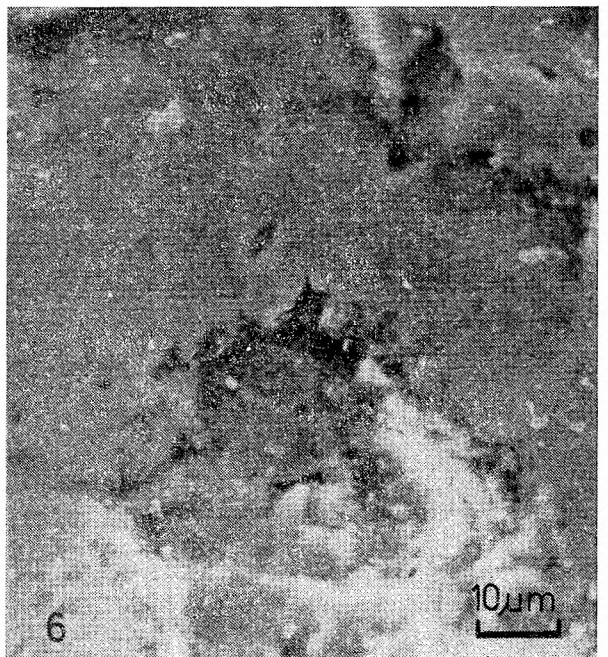
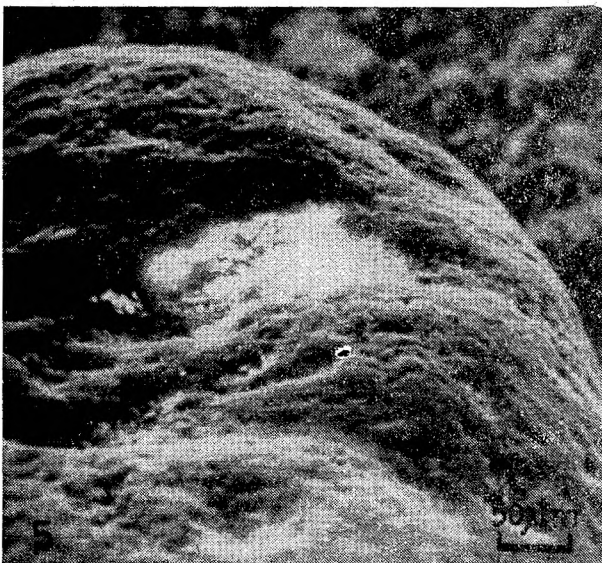
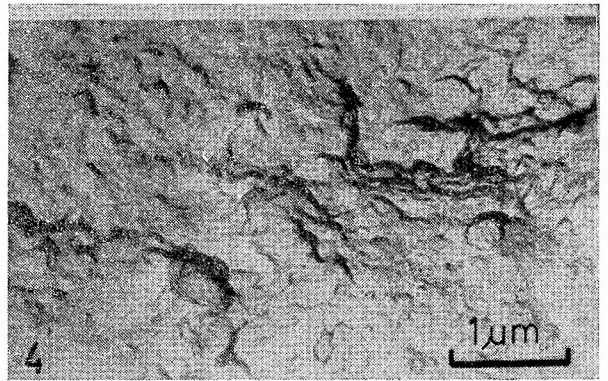
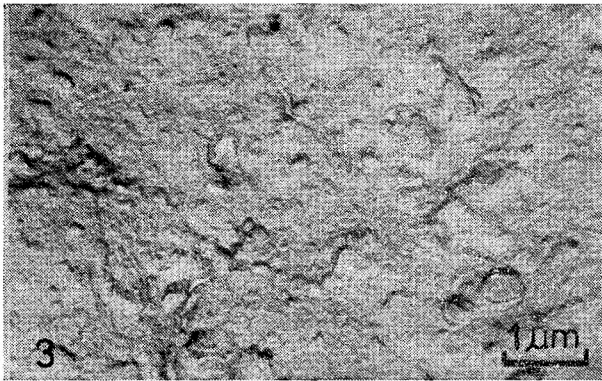
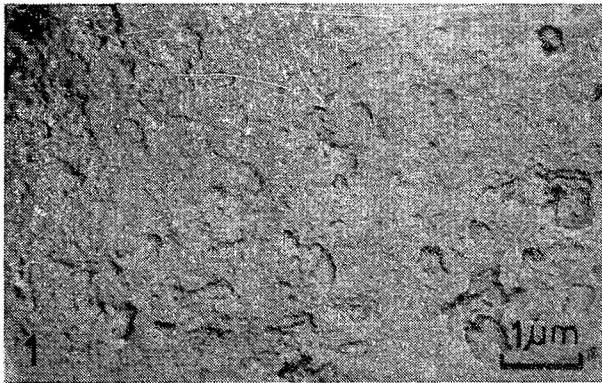


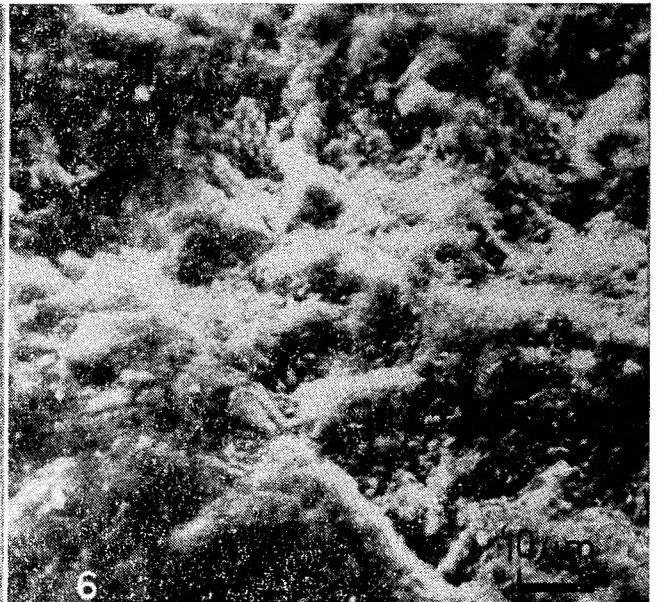
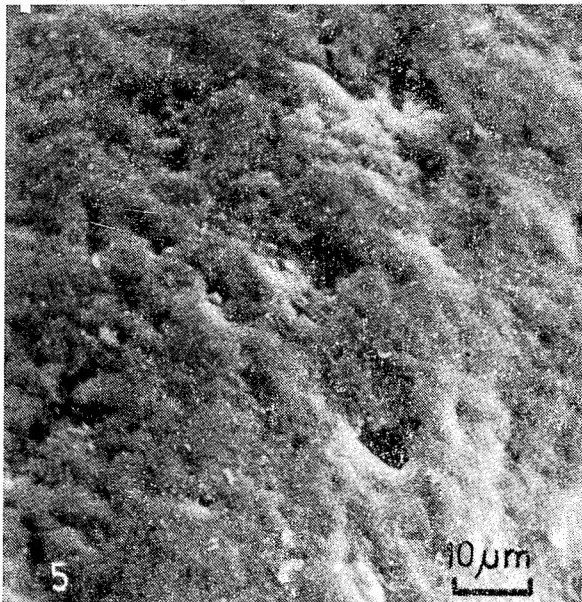
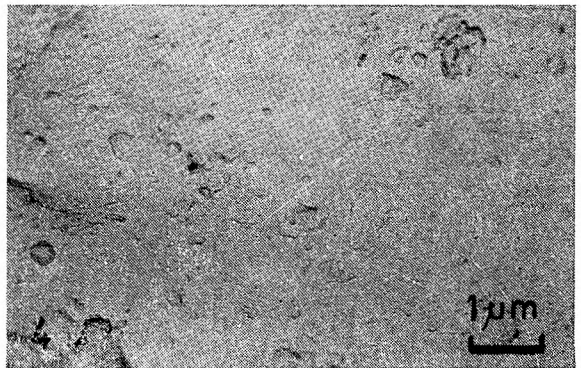












- Fig. 2. Silnie zniszczone formy kuliście zagiętych stopni. Na powierzchni widać liczne jamki eoliczne i spękania prowadzące do eksfoliacji fragmentów powierzchni ziarna. TEM
- Fig. 2. Damaged arc-shaped steps. Numerous eolian pits and joints are visible also. TEM
- Fig. 3. Wygładzone powierzchnie przełamów muszlowych z nałożonymi na nie V-kształtnymi formami i jamkami eolicznymi. TEM
- Fig. 3. Smoothed surfaces of conchoidal breakage with super imposed V-shaped textures and eolian pits. TEM
- Fig. 4. Fragment zniszczonej powierzchni z zachowanymi V-kształtnymi formami i ospą eoliczną. TEM
- Fig. 4. Damaged surface with preserved V-shaped textures and pitting. TEM

Tablica — Plate IV

Pociecha, piaski rzeczne
Pociecha, fluvial sand

- Fig. 1. Na przedstawionym fragmencie ziarna widać narastanie zniszczonego, chropowatego obszaru kosztem wygładzonych powierzchni ziarna. SEM
- Fig. 1. Smooth ancient surface being pushed back by a rugged and damaged one. SEM
- Fig. 2. Fragment ziarna o wygładzonych i błyszczących teksturach pokrywanych na krawędziach formami drobnymi wzerek. SEM
- Fig. 2. Pitted edges of smooth and glassy textures. SEM
- Fig. 3. Fragment ziarna o mało zniszczonych teksturach wielkoskalowych. SEM
- Fig. 3. Slightly damaged large scale textures. SEM

Tablica — Plate V

Wędziszew, piaski eoliczne z poziomu 1 metra od spągu wydmy
Wędziszew, eolian sand from the level of 1 m above the dune bottom

- Fig. 1. Formy wydłużonych przełamów ograniczone stromymi krawędziami. Na całej powierzchni zdjęcia widoczna powierzchnia rozżarta z licznymi jamkami i zagłębieniami o kanciastym zarysie. Jedynie pod krawędzią widoczny fragment mniej zniszczony, będący jakby w cieniu. TEM
- Fig. 1. Longitudinal fractures and numerous sharp-edged pits and hollows. TEM
- Fig. 2. Dwie duże formy uderzeniowe o silnie postrzępionych krawędziach. Znaczna część form wypukłych pokryta jest eoliczną ospą. TEM
- Fig. 2. Large impact pits with rugged edges. The elevations of surface covered by pitting. TEM
- Fig. 3. Przełam V-kształtny o ostrej, stromej krawędzi, we fragmencie zniszczonej przez drobne formy jamek. TEM
- Fig. 3. V-shaped texture with a sharp scarp partly damaged by pitting. TEM
- Fig. 4. Pojedyncze formy jamek i całe ich zespoły niszczące zbocza każdej wyniosłości. TEM
- Fig. 4. Pitting damaging the slopes of surface elevations. TEM

Tablica — Plate VI

Wędziszew, piaski eoliczne z poziomu 1 metra od spągu wydmy
Wędziszew, sand from the level of 1 m above the dune bottom

- Fig. 1. Większą część powierzchni ziarna pokrywa drobna i nieregularna sieć rowków i jamek. SEM
- Fig. 1. Surface covered by irregularly disseminated pits and furrows. SEM

- Fig. 2. Sieć rowków i jamek pokrywająca większą część powierzchni ziarna. SEM
Fig. 2. Furrows and pits covering the majority of grain surface. SEM
Fig. 3. Poza siecią drobnych rowków i jamek rozpoznano na powierzchni ziarna większe, trójkątne zagłębienia o stosunkowo gładkich powierzchniach bocznych przełamów. SEM
Fig. 3. Triangular hollows accompanying the furrows and pits. SEM

Tablica — Plate VII

Wędziszew, piaski eoliczne z poziomu 2 metry poniżej stropu wydmy
Wędziszew, eolian sand from the level of 2 m below the upper dune surface

- Fig. 1. Liczne tekstury większych i mniejszych jamek i zagłębień urozmaicające silnie wyrównaną powierzchnię. TEM
Fig. 1. Numerous pits of variable size on a flattened surface. TEM
Fig. 2. Silnie wyrównana powierzchnia z drobnymi tylko wypukłościami, które są szczególnie atakowane przez jamki eoliczne. TEM
Fig. 2. Strongly smoothed surface with minor elevation attacked by eolian pits. TEM
Fig. 3. Charakterystyczna eoliczna rzeźba powierzchni ziarn kwarcowych, wyrównana i pokryta ospą o jednolitym zagęszczeniu. TEM
Fig. 3. Characteristic eolian relief of sand grain surfaces. The surface is smooth and covered by regularly spaced pitting. TEM
Fig. 4. Starasowane zbocze wyniosłości pasami form eolicznych. TEM
Fig. 4. „Terraces” on a slope of elevation due to eolian textures. TEM
Fig. 5. Fragment powierzchni ziarna pokryty drobną siecią jamek i rowków. SEM
Fig. 5. Surface covered by small pits and furrows. SEM
Fig. 6. Rozległa płytką wżerka, o silnie postrzępionych krawędziach występująca na fragmencie stosunkowo mało zniszczonej powierzchni. SEM
Fig. 6. Large, shallow depression with rugged edges occurring on a slightly damaged surface. SEM

Tablica — Plate VIII

Pociecha, piaski eoliczne z poziomu 1 metra od spągu wydmy
Pociecha, eolian sand from the level of 1 m above the dune bottom

- Fig. 1. Liczne formy zagłębień i jamek eolicznych. Zwraca uwagę kanciasty zarys większych form zagłębień. TEM
Fig. 1. Numerous hollows and pits, larger ones are sharp-edged. TEM
Fig. 2. Silnie zatarte przełamki muszlowe. Ich zarys widoczny jest w różnym stopniu zagęszczenia drobnych eolicznych form; mniejszym w dnach przełamów, większym na jego krawędziach. TEM
Fig. 2. Damaged conchoidal breakage. TEM
Fig. 3. Starasowane zbocze wyniosłości pasami form eolicznych. TEM
Fig. 3. Eolian „terraces” on a slope. TEM
Fig. 4. Na wygładzonej powierzchni widoczne liczne spęknięcia stanowiące linie, wzdłuż których tworzą się zagłębienia i jamki. TEM
Fig. 4. Numerous joints along which hollows and pits are formed. TEM
Fig. 5. Fragment ziarna urozmaicony nieregularną siecią drobnych rowków oraz jamek o różnej głębokości i kształcie. SEM
Fig. 5. Irregularly spaced furrows and pits of various form and depth. SEM
Fig. 6. Fragment powierzchni ziarna urozmaiconej szeregiem grzbiecików i dzielących je rowków i jamek. SEM
Fig. 6. Ridges and furrows on grain surface. SEM