

Z Zakładu Geografii Fizycznej Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS
Kierownik: prof. dr habil. Adam Malicki

Józef WOJTANOWICZ

Wydm y Niziny Sandomierskiej w świetle badań granulometrycznych

Гранулометрические исследования дюн Сандомирской низменности

Les dunes du Bassin de Sandomierz à la lumière de l'examen granulométrique

WSTĘP

Badania granulometryczne są powszechnie uznanym cennym kryterium pomocniczym, stosowanym przy rozstrzygnięciu niektórych problemów geologicznych i geomorfologicznych. Wydaje się jednak, że nie wykorzystuje się w dostatecznym stopniu pełnych możliwości interpretacyjnych, jakie tkwią w tych badaniach. Dzieje się tak na skutek ciągle jeszcze niewystarczającej liczby analiz (braki ilościowe), a także braku jednolitych, racjonalnych i możliwie prostych metod badawczych (braki jakościowe).

Niedostatek badań granulometrycznych jest widoczny również w badaniach wydm śródlądowych w Polsce. Nie podjęto zagadnień, które zostały postawione w r. 1958 przez B. Krygowskiego w jedynej, jak dotąd, próbie syntezy granulometrycznej wydm całej Polski (15).

Jeśli chodzi o wydmy Niziny Sandomierskiej, to nie doczekały się one jeszcze szerszej charakterystyki granulometrycznej. Niewiele można przytoczyć opracowań, w których znajdujemy analizy, odnoszące się najczęściej do pojedynczych wydm. I tak, charakterystykę dwu wydm, nad Rabą i nad Dunajcem, dali M. K o l a s a, K. C h m u r a i W. S m o r a g i e w i c z (1956), kilku analiz piasków wydmowych z okolicy Biłgoraja dokonał R. R a c i n o w s k i (1959), a dwie próbki (ze Stanów i z Sokołowa) przeanalizował także B. K r y g o w s k i (1958). Wydmę w Bojanowie analizował J. B u t r y m i J. C e g ł a (1964). Kilka uwag

o uziarnieniu wydm północnej części Niziny Sandomierskiej przytoczył S. Witek (1969). W ostatnim czasie ukazała się charakterystyka geomorfologiczna, a także granulometryczna wydm międzyrzecza Sanu i Łęgu (J. Wojtanowicz, 1968). Pewne dane odnośnie wydm Niziny Sandomierskiej zawarte są również w pracy dotyczącej porównania piasków wydmowych Polski południowo-wschodniej i Węgier (H. Maruszczak, J. Wojtanowicz, 1967).

Niniejsza charakterystyka granulometryczna dotyczy wydm środkowej i wschodniej części Niziny Sandomierskiej — obszaru położonego w dorzeczu Sanu, o powierzchni wynoszącej około 7500 km² (ryc. 1).



Ryc. 1. Szkic sytuacyjny. Trójkątami oznaczono główne stanowiska pobierania prób; 1 — próby z analizami uziarnienia i obróbki, 2 — próby (1—10 — jak w tab. 8) z analizą minerałów ciężkich

Croquis de situation. Les triangles indiquent les emplacements principaux de prélèvement d'échantillons; 1 — échantillons avec analyses de la granulométrie et du façonnement, 2 — échantillons (1 à 10, cf. tab. 8) avec analyse des minéraux lourds

Nizina Sandomierska, która ma bardzo wyraźne granice morfologiczne w postaci krawędzi, wznosi się od wysokości 140 m n.p.m. w części północnej nad Wisłą do 276 m n.p.m. w części południowo-wschodniej. Powierzchnia jej jest względnie urozmaicona, o dość znacznych deniwelacjach i dużym zróżnicowaniu morfogenetycznym.

Głównymi elementami rzeźby są: szerokie doliny rzeczne, denudacyjne guzy międzydolinne, równina proluwialna na przedpołu Roztocza oraz pradolina (rynna) podkarpacka.

Największe doliny tworzą Wisła i San (na przykład szerokość doliny Wisły dochodzi do 25 km). W morfologii dolin wyróżniają się dwa główne poziomy terasowe: poziom holocenijskiego dna, pozbawiony wydm, i poziom rozległej plejstocenijskiej terasy nadzalewowej o wysokości 5—20 m (150—190 m n.p.m.) i szerokości od kilku do kilkunastu kilometrów. U podnóża płaskowyżów terasa plejstocenijska przechodzi stopniowo w równiny proluwialne. Osady wynoszone z płaskowyżów przez rzeki oraz osady deluwialne nakładają się na terasę plejstocenijską. Tworzy się charakterystyczna jakby równia pochyła. Taki bardzo dobrze wykształcony poziom występuje na przedpołu Płaskowyżu Kolbuszowskiego i ciągnie się pasem dochodzącym do 10 km szerokości. Największą jednak równiną tego typu, zalegającą na przedpołu Wyżyny Lubelskiej i Roztocza, jest Równina Biłgorajska. Jej pierwotne wykształcenie wiąże się z odpływem wód do Dniestru w fazie maksymalnej zlodowacenia środkowopolskiego. Późniejsza — głównie w zlodowaceniu bałtyckim — akumulacja z kierunku roztockiego ostatecznie uformowała dzisiejsze oblicze Równiny Biłgorajskiej. Równina ta, o długości ok. 100 km i szerokości 10—30 km, w części przyległej do krawędzi Roztocza ma wysokość 250—220 m, a w części zewnętrznej 200—150 m n.p.m. Równina opada zarówno w kierunku SW, jak i NW.

Płaskowyże (Kolbuszowski i Tarnogrodzki) wznoszą się od 175 (200) do 250 m n.p.m. (kulminacja 276 m n.p.m.). Deniwelacje w obrębie płaskowyżów osiągają wartości 40—80 m. Płaskowyże rozcięte są dolinami rzecznyymi, dopływami Wisły i Sanu, oraz gęstą siecią dolin denudacyjnych. Największe powierzchnie zajmują jednak stoki. Bardzo typowe są również denudacyjne zrównania wierzchowinowe, występujące w kilku poziomach na wysokościach 200—250 m n.p.m.

Rozważania nad rozwojem rzeźby Niziny Sandomierskiej, w których uwypuklono procesy sedymentacji osadów — ich charakter, genezę, wiek i kierunki transportu — pozwoliły na zobrazowanie i udokumentowanie wysuwanej już wcześniej tezy o poligenicznym charakterze utworów pokrywowych, będących materiałem źródłowym dla wydm. Osady te przeszły przez wiele cykli obróbki: glacialny, fluwioglacialny, kilkakrot-

nie peryglacjalny, rzeczny i eoliczny. W składzie mineralno-petrograficznym utworów pokrywowych zawarty jest materiał karpacki, skandynawski i wyżynny (Wyżyna Małopolska, Wyżyna Lubelska, Roztocze). W utworach pokrywowych dominują piaski; ich zwarte pokrywy budują rozległe powierzchnie równin terasowych w dolinach rzek i równin proluwialnych na przedpolu wyżyn i płaskowyżów. Piaski te, szczególnie rzeczne, są bardzo dobrze obrobione i wysortowane. Trzeba tu zaznaczyć, że doliny rzeczne spełniały w czwartorzędzie rolę najbardziej dynamicznego środowiska geomorfologicznego. Powtarzające się cyklicznie procesy akumulacji i erozji wykazywały duże wahanie pod względem ilościowym i jakościowym.

Piaski występujące również powszechnie w obrębie płaskowyżów nie tworzą tam ani zwartej, ani jednolitej genetycznie pokrywy. Są to piaski głównie akumulacji lodowcowej i fluwioglacjalnej, choć nie brak również piasków akumulacji rzecznej. Te ostatnie podzielić można na dwie grupy: piaski występujące najczęściej wspólnie ze żwirami, osadzone przez staroczwartorzędowe rzeki karpackie (preplejstocieńskie i eoplejstocieńskie), oraz piaski neoplejstocieńskiej autochtonicznej akumulacji w dolinach małych rzek płynących wewnątrz płaskowyżów. Dużą rolę odgrywają piaszczyste pokrywy stokowe. Wypełniają one często kilkunastometrową serią stare doliny erozyjne i denudacyjne. Na obszarze płaskowyżów oprócz piasków, które zajmują największe powierzchnie, występują gliny morenowe — zwykle spiaszczone, mułki piaszczysto-pylaste, różnej genezy utwory lessopodobne oraz ily krakowieckie, których wschodnie spotkać można w różnych sytuacjach morfologicznych (na wierzchołkach, zboczach i w korytach rzek). Osady występujące na płaskowyżach są wieku eoplejstocieńskiego, bowiem od czasu zlodowacenia krakowskiego nie było dostawy materiału z zewnątrz. Miała natomiast miejsce intensywna erozja i denudacja oraz wynoszenie osadów poza obręb płaskowyżów.

Wykształcenie litologiczno-granulometryczne osadów źródłowych dla wydm jest ściśle związane z warunkami rozwoju rzeźby. Warunki geomorfologiczne, a mianowicie istnienie od trzeciorzędu formy kotliny ściśle związanej z Karpatami i charakteryzującej się w okresie czwartorzędu dużą dynamiką procesów, a także warunki paleogeograficzne plejstocenu są tymi czynnikami, które najbardziej zaważyły na litogenezie osadów. Warunkami tymi Nizina Sandomierska różni się od innych obszarów wydmowych Polski, a szczególnie od obszarów będących w zasięgu najmłodszego zlodowacenia. Różna jest na tych obszarach także rola czynnika eolicznego. Na Nizinie Sandomierskiej jest ona największa. Czas efektywnego działania procesów eolicznych jest tu dłuższy niż w Polsce północnej. Nizina Sandomierska zarówno w okresie zlodowa-

czenia środkowopolskiego, jak i bałtyckiego znajdowała się w strefie peryglacjalnej.

Wydmy występują na obszarze wszystkich głównych jednostek geomorfologicznych Niziny. Występują więc w dolinach rzek — tu wyłącznie w poziomie terasy plejstoceńskiej, a także na płaskowyżach i na równinach proluwialnych. Wszystkie główne jednostki geomorfologiczne są jednocześnie prowincjami wydmowymi. Najlepsze dla rozwoju wydm warunki istniały na terasach plejstoceńskich i na równinach proluwialnych, gdzie miększe pokrywy luźnych piasków tworzą zwarte, rozległe i płaskie powierzchnie. Tam właśnie występują największe skupiska wydm.

UWAGI METODYCZNE

Niniejsze badania granulometryczne objęły analizę składu mechanicznego (uziarnienia) oraz analizę obróbki. Przebadano około 250 próbek piasku wydm i piasku podłoża. Dla nielicznych próbek wydmowych określony został również skład mineralny.

Uziarnienie. Analizę uziarnienia wykonano metodą sitową. Przesiewano próbę o wadze 200 g; czas przesiewania był stały i wynosił 40 min. (zgodnie z zaleceniem W. S t a n k o w s k i e g o, 1961). Na podstawie składu mechanicznego obliczono kilka podstawowych wskaźników, które uzupełniająco charakteryzują stosunki uziarnienia, oraz, co jest bardzo ważne, pozwalają je zobrazować jedną liczbą.

Wyliczono więc następujące wskaźniki:

- a) średnią średnicę ziarn — medianę (Md)
- b) współczynnik wysortowania (The coefficient of sorting)

$$So = \sqrt{Q_3/Q_1}, \text{ wg P. D. T r a s k a (1932)}$$

- c) wskaźnik rozsiewu (The coefficient dispersion)

$$D = Q_3 - Q_1$$

Obróbka. Klasyczne metody badania obróbki ziarn skalnych to metody wizualne (metoda mikroskopowa, lupy binokularnej, powiększalnika fotograficznego i inne). Pozwalają one określić kształt ziarn, obtoczenie, charakter ich powierzchni (wrostki, dzioby), stopień oszlifowania, barwę. Pozwalają także na dokonywanie pewnych pomiarów, wyliczanie różnych parametrów geometrycznych, na przykład: elongacji, sferyczności, spłaszczenia, wskaźników obtoczenia, zaokrąglenia itp. Niestety, metody te, poza czasochłonnością, obarczone są błędem subiektywizmu. Druga grupa metod to metody mechaniczne, znajdujące się dopiero w stadium rozwoju. Zasada ich opiera się na technicznym zróżni-

cowaniu właściwości fizycznych, jakie stwierdza się między ziarnami bardziej i mniej obtoczonymi. Metody te, oprócz tego, że eliminują subiektywizm, mają duże możliwości skrócenia czasu trwania analizy.

Po doświadczeniach z metodą wizualną (J. Wojtanowicz, 1968; H. Maruszczak, J. Wojtanowicz, 1967) zdecydowano się zastosować w niniejszym opracowaniu metodę graniformometrii mechanicznej B. Krygowskiego. Propozycję tej metody ogłosił B. Krygowski już w r. 1937, a ostatnią wersję w r. 1964 w pracy: „Graniformometria mechaniczna — teoria i zastosowanie”. Metoda ta, jak wiadomo, polega na zastosowaniu równi pochyłej, na której ziarna okrągłe staczają się przy małym jej nachyleniu, a ziarna graniaste dopiero przy większym.

Otrzymane tą metodą rezultaty charakteryzują — zgodnie z wywodami B. Krygowskiego — wartość kompleksową obróbki, na którą składają się: obtoczenie, sferyczność, gładkość powierzchni (stopień porysowania, zagłębienia wciskowe), zmatowienie i inne cechy. Na marginesie powyższego warto by postulować przeprowadzenie badań metodycznych nad wpływem poszczególnych cech ziarna, na przykład zmatowienia, na ostateczny wynik. Czy nie może zachodzić taka sytuacja, że ziarna dobrze obtoczone, ale matowe dadzą taki sam lub podobny wskaźnik jak ziarna słabo obtoczone, ale szkliste? Ewentualne istnienie tego typu zakłóceń utrudniałoby w poważnym stopniu przede wszystkim porównywanie utworów różnych środowisk sedymentacyjnych.

Badania wykonano na ziarnach kwarcu dla frakcji 0,8—1 mm, na graniformometrze M-4 znajdującym się w Laboratorium Zakładu Geografii Fizycznej UMCS w Lublinie. Graniformometr M-4 posiada pewne poprawki korekcyjne względem M-1, które dotyczą wyłącznie wskaźnika obróbki W_o . Poprawkę dla frakcji 0,8—1 mm oblicza się ze wzoru:

$$Y = 1,2x - 321 + 50,7$$

gdzie „Y” oznacza szukaną (skorygowaną) wartość W_o , a „x” — wartość W_o otrzymaną z graniformometru M-4. Poprawki te obniżają wskaźnik W_o o wartość około 150—200.

Analizę i opracowanie wyników wykonano zgodnie z opisem B. Krygowskiego (1964). Wyliczono następujące parametry charakteryzujące obróbkę:

a) wskaźnik obróbki W_o według B. Krygowskiego:

$$W_o = 2400 - \frac{\sum (nk) 100}{N}$$

gdzie N — liczebność analizowanej próby, n — liczebność w klasach kątowych, k — kąt średni przedziału kąтового (co 2°). Im większa liczba wskaźnika, tym wyższy stopień obróbki;

- b) wskaźnik niejednorodności materiału Nm według B. Krygowskiego:

$$Nm = Q_3 - Q_1$$

Jest to więc różnica kwartyli odczytanych na krzywej kumulacyjnej obróbki. Wskaźnik ten rośnie wraz ze wzrostem niejednorodności pod względem stopnia obróbki;

c) średni kąt staczania ziarna (mediana) Ce. Jest to kąt nachylenia równi pochyłej graniformometru, pod którym stacza się średnio obtoczone w danej próbce ziarno. Wskaźnik Ce odczytuje się z krzywej kumulacyjnej obróbki — kąt dla 50% wartości krzywej;

d) wskaźnik obróbki O_E . Jest on stosowany przy metodach wizualnych. Forma matematyczna jest uproszczonym (przez R. Racinowskiego i J. Rzechowskiego, 1959) wzorem Eiseele i ma postać następującą:

$$O_E = \frac{\alpha + \frac{1}{2}\beta}{\frac{1}{2}\beta + \gamma}$$

gdzie α — procentowa zawartość ziarn typu młodocianego (16—24°),

β — procentowa zawartość ziarn typu pośredniego (8—16°),

γ — procentowa zawartość ziarn typu starczego, z dobrą obróbką (0—8°). Wskaźnik O_E operuje trzema głównymi typami obróbki i ma znaczenie orientacyjne, rozpoznawcze. Im mniejsza liczba wskaźnika, tym wyższy stopień obróbki.

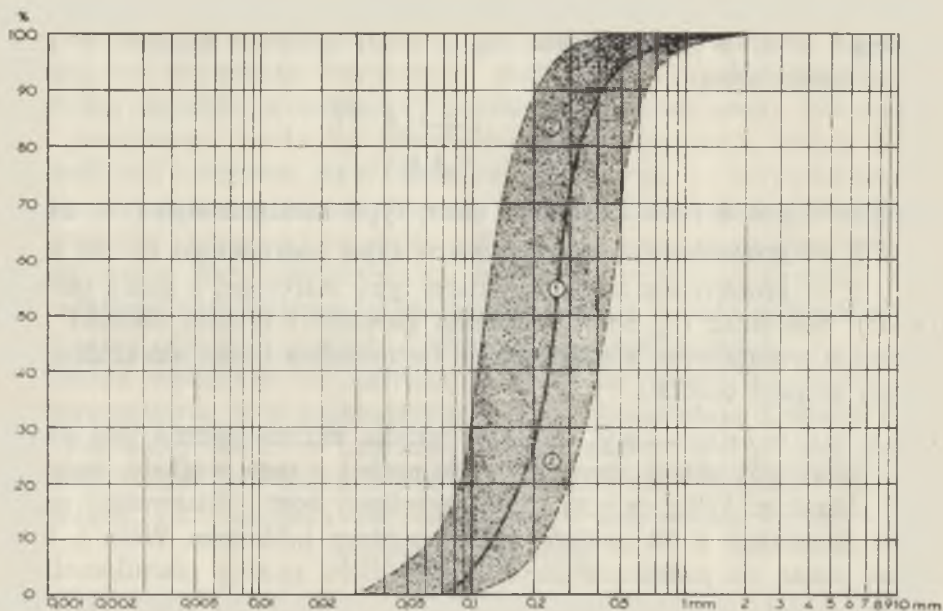
Skład mineralny. Charakterystyka mineralogiczna jest niepełna — badaniami objęto niewielką ilość prób i z tego względu może ona mieć charakter tylko orientacyjny. Określony został mianowicie ogólny skład mineralny z 30 próbek jednej wydmy („Stalowa Wola”), którą można uznać, na podstawie innych wskaźników analizy granulometrycznej, za wydmy „średnią” dla całej Niziny. Wykonano analizę minerałów ciężkich dla 10 próbek pobranych z różnych obszarów Niziny Sandomierskiej.

Minerały ciężkie wydzielono w bromoformie o ciężarze właściwym 2,9 z frakcji 0,10—0,25 mm, z prób o wadze 3,0 g każda. Z grupy minerałów nieprzeźroczystych wydzielono przy pomocy magnesu frakcję magnetyczną, w której jeszcze — za pomocą rysy — wydzielono magnetyt i chromit.¹

¹ Analizy mineralogiczne wykonał doc. dr habil. J. Trembaczowski z Zakładu Geografii Fizycznej UMCS w Lublinie, któremu przy tej okazji składam serdeczne podziękowanie.

ZRÓŻNICOWANIE REGIONALNE UZIARNIENIA I OBRÓBKI WYDM
NIZINY SANDOMIERSKIEJ

Podstawową masę ziarnistą w wydmach Niziny Sandomierskiej tworzą dwie frakcje: piasek średnioziarnisty (0,25—0,5 mm), którego zawartość (średnia) wynosi 46,1%, oraz piasek drobnoziarnisty (0,10—0,25 mm) o zawartości 42,0%. Łącznie w przedziale 0,1—0,5 mm mieści się 88,1% ziarn piasku wydmowego. Na frakcję pylastą (poniżej 0,10 mm) przypada 6,2%, a na frakcję gruboziarnistą (powyżej 0,5 mm) 5,7%. Jak wynika jednak z tab. 1, istnieją znaczne, a w skrajnych przypadkach bardzo duże wahania w procentowych zawartościach poszczególnych frakcji (ryc. 2).



Ryc. 2. Krzywe kumulacyjne wydm Niziny Sandomierskiej; 1—średnia krzywa kumulacyjna, 2—pole zmienności krzywych kumulacyjnych
Courbes d'accumulation des dunes du Bassin de Sandomierz; 1—courbe moyenne d'accumulation, 2—champ de variabilité des courbes d'accumulation

Średnia średnica ziarn (M_d) mieści się we frakcji średnioziarnistej i wynosi 0,266 mm, a waha się w przedziale 0,166—0,407 mm. Frakcja zaś podstawowa (według R. Więckiego, 1961), obliczona ze średniej krzywej kumulacyjnej, wynosi 0,113—0,477 mm, gdy na przykład dla wydm okolicy Warszawy wskaźnik ten ma wartość 0,175—0,363 mm (R. Więcki, 1961). Jeśli chodzi o wielkość ziarna, to

należy stwierdzić bardzo duże podobieństwo przede wszystkim z wydmy Wyżyny Lubelskiej (J. Morawski, 1965). Ten sam rząd wielkości mają wydmy doliny środkowej Wisły (J. Stochlak, 1965) i Pustyni Błędowskiej (Z. Alexandrowiczowa, 1962). Grubsze jeszcze ziarno wydają się mieć wydmy Płaskowyżu Jędrzejowskiego (J. Brzozowski, 1962), natomiast wyraźnie drobniejsze zawierają wydmy Polski środkowej i północnej (J. Macher, 1963; W. Stankowski, 1963). Potwierdza się więc teza o generalnym drobnieniu piasku wydmowego w Polsce z S na N (B. Krygowski, 1958).

Wysortowanie wydym Niziny Sandomierskiej, według klasyfikacji H. Feuchtbauera, jest dobre ($So=1,522$). Pod tym względem badane wydmy są znów bardzo zbliżone do wydym Wyżyny Lubelskiej (J. Morawski, 1965) oraz do wydym doliny środkowej Wisły (J. Stochlak, 1965). Wysortowanie wydym Niziny Sandomierskiej jest jednak mniejsze niż wydym Pustyni Błędowskiej, gdzie średnia wartość So wynosi 1,20 (Z. Alexandrowiczowa, 1962), a także słabsze niż na przykład na Węgrzech (Z. Borsy, 1964; H. Maruszcza, J. Wojtanowicz, 1967) i, jak się wydaje, słabsze niż w Czechosłowacji (J. Sekyra, 1961).

Pod względem stopnia obróbki (tab. 2) wydmy Niziny Sandomierskiej przedstawiają — według stosowanej przez B. Krygowskiego (1964) nomenklatury — typ pośredni, dojrzały. Świadczy o tym zarówno wartość $Wo=922$, jak również największy udział ziarn w klasie $\beta=40,2\%$. Jeśli uwzględnimy jeszcze zawartość klasy $\gamma(=23,6\%)$, a więc ziarno o sylwetce starczej, bardzo dobrze obtoczonych, to okaże się, że 63,8% ziarn charakteryzuje się dość znacznie zaawansowanym stopniem obróbki, z czego 39,8% ma obróbkę bardzo dobrą lub dobrą. Zwraca także uwagę wysoka wartość wskaźnika niejednorodności obróbki $Nm=9,4\%$ (3,2—14,4%). Jest to wartość znacznie wyższa niż w wydymach Węgier, gdzie wynosi ona średnio ($Nm=$) 2,5 (H. Maruszcza, J. Wojtanowicz, 1967), wyższa niż w wydymach Polesia — $Nm=6,2$ (B. Krygowski, 1964) i Torunia — $Nm=6,1—7,0$ (L. Krygowska, B. Krygowski, 1968), natomiast nieco mniejsza niż w piasku wydmy spod Kalisza — $Nm=10,6$ (B. Krygowski, 1964).

Przedstawiona wyżej ogólna charakterystyka uziarnienia i obróbki tworzywa wydym Niziny Sandomierskiej opiera się na wartościach średnich. Istnieją jednak, o czym wzmiankowano, znaczne odchylenia od tych średnich — i to zarówno w obrębie poszczególnych wydym (w profilu pionowym i poziomym), jak i pomiędzy wydmy. Te ostatnie mają aspekt regionalny, uwarunkowany czynnikami natury bardziej ogólnej. Na badanym obszarze Niziny Sandomierskiej możemy mówić o pewnym różnicowaniu przestrzennym tworzywa wydmowego, które związane

Tab. 1. Średnie i skrajne wartości uziarnienia wydm Niziny Sandomierskiej
 Valeurs granulométriques moyennes et extrêmes des dunes du Bassin de Sandomierz

		Skład mechaniczny w % wagowych										
		Średnica frakcji w mm										
		0,08	0,08—0,10	0,10—0,25	0,25—0,50	0,50—0,80	0,80—1,00	1,00—2,00	2,00	Md	So	D
Wartości średnie	1,4	4,8	42,0	46,1	4,5	1,0	0,2	0,0	0,266	1,522	0,216	
Wartości skrajne	0,0— —11,0	0,2— —37,1	11,2— —82,4	3,5— —69,9	0,1— —23,6	0,0— —6,0	0,0— —2,1	(—) —0,2	0,166— —0,407	1,293— —1,915	0,91— —0,330	

Tab. 2. Średnie i skrajne wartości obróbki ziarn kwarcu frakcji 0,8—1 mm w wydmach Niziny Sandomierskiej
 Valeurs moyennes et extrêmes du façonnement des grains de quartz de fraction 0,8—1 mm dans les dunes du Bassin de Sandomierz

		Udział w % ilościowych w klasach kątowych											
		Główne typy obróbki											
		γ Dobra obróbka 0—8°		β Typ pośredni, 8—16°		α Bez obróbki 16—24°		Ce Typ młodociany		W₀ Nm		Oₑ	
		γ₁	γ₂	β₁	β₂	α₁	α₂	γ	β	α	γ	β	α
Wartości średnie	5,3	18,3	16,2	24,0	27,2	9,0	13,8	922	9,4	23,6	40,2	36,2
Wartości skrajne	0,8— —14,4	6,0— —27,7	6,9— —27,6	8,7— —66,3	0,5— —48,1	(—) —34,2	10,3— —17,4	495— —1236	3,2— —14,4	6,6— —39,3	22,1— —82,1	0,5— —65,8

jest z głównymi jednostkami geomorfologicznymi. Wyróżnić należy przede wszystkim południowo-wschodnią część Niziny, tzw. Płaskowyż Lubaczowski, a więc obszary w dorzeczu Lubaczówki i Szkła. Wydmy tego obszaru charakteryzują się wysokim udziałem frakcji pylastej, dochodzącej do 30 i więcej procent (maksymalnie 39%). Z frakcji piaszczystych przeważa zdecydowanie frakcja piasku drobnoziarnistego (0,10—0,25 mm), której udział dochodzi do 60—70% ogólnego składu. To decyduje o tym, że średnia wielkość ziarna (M_d) jest niska — najczęściej poniżej 0,200 mm, znacznie niższa niż w innych prowincjach wydmowych Niziny (tab. 3, A). Są to również piaski znacznie gorzej obrobione ($W_o = 495—950$), z przewagą ziarn typu młodocianego (typ α). Bardzo znamienne jest niski udział wskaźnika niejednorodności obróbki (N_m), którego wartość 3,2—5,9 odbiega znacznie od średniej dla całej Niziny. Jest to wynik pośredni pomiędzy wydmami węgierskimi i Polski południowo-wschodniej (H. Maruszcak, J. Wojtanowicz, 1967). We wskaźniku tym może w najbardziej syntetycznej formie odzwierciedlać się przyczyny odrębności omawianego obszaru. Niska wartość wskaźnika N_m mówi bowiem o jednorodnym środowisku, małej ruchliwości ziarna, jednorodnych warunkach geomorfologicznych i klimatycznych. Gdy uświadomimy sobie jeszcze, że wskaźnik N_m na obszarze Płaskowyżu Lubaczowskiego wynika z jednorodnego, młodocianego typu histogramu obróbki, to musimy stwierdzić, że tworzywo wydmowe SE części Niziny Sandomierskiej nie przeszło tak silnego oddziaływania różnych sił niszczących jak inne jej obszary, szczególnie część północna. Wynika to z ogólnych praw rozwoju rzeźby Niziny, a być może także z różnic klimatycznych.

Warto także zwrócić uwagę na czynnik, który ewentualnie może być częściowo odpowiedzialny za niektóre osobliwości tworzywa wydm południowo-wschodniej części Niziny Sandomierskiej. Chodzi tu o dynamikę wiatrów. Obecny układ stosunków anemometrycznych Niziny jest taki, że w kierunku południowo-wschodnim zaznacza się pewien spadek średniej rocznej prędkości wiatru. Jeśli w północnej części Niziny Sandomierskiej, koło Niska, średnia roczna prędkość wiatru wynosi 3,5 m/sek., to na linii Sieniawa — Lubaczów równa jest 3,0 m/sek., a na południe od tej linii — poniżej 3,0 m/sek. Z większymi prędkościami idzie w parze większa zmienność natężenia wiatrów w północnej części Niziny. Jeśli ten układ był obowiązujący również w okresie wydmotwórczym — a przez analogię z innymi elementami fizyczno-geograficznymi należy przyjąć takie założenie — to zróżnicowanie prędkości w czasie i przestrzeni mogło mieć wpływ na wielkość ziarn i ich stopień wysortowania.

Pewne podobieństwo do wydm Płaskowyżu Lubaczowskiego wykazują pod względem tworzywa wydmy znajdujące się w widłach Sanu

Tab. 3. Uziarnienie i obróbka wydm Płaskowyżu Tarnogrodzkiego
Granulométrie et façonnement des dunes du Plateau de Tarnogród

Uziarnienie		Obróbka										
Nr	pon. 0,1 mm	0,1—0,5 mm	Md	So	D	Ce	Wo	Nm	γ	β	α	O _z
A. Południowo-wschodnia część Płaskowyżu												
1.	13,3	35,9	0,168	1,324	0,091	17,4	495	5,3	6,8	28,6	65,8	3,83
2.	4,0	95,7	0,189	1,293	0,095	13,8	950	3,2	13,0	76,0	11,0	0,96
3.	25,2	67,7	0,201	1,879	0,253	16,0	650	4,3	10,4	29,5	60,1	2,97
4.	3,6	95,0	0,198	1,371	0,125	16,0	740	5,9	13,7	35,2	51,1	2,13
B. Część środkowa i zachodnia Płaskowyżu												
5.	3,3	96,7	0,228	1,545	0,222	12,9	1070	6,5	22,5	64,4	13,1	0,83
6.	2,2	92,2	0,292	1,473	0,220	12,5	972	12,0	32,8	28,1	39,1	1,13
7.	3,1	92,4	0,286	1,487	0,319	11,7	1107	9,8	33,7	41,0	25,3	0,85
8.	2,5	94,8	0,231	1,492	0,199	13,8	990	12,0	32,4	27,8	39,8	1,16
9.	4,0	86,3	0,330	1,480	0,132	13,7	998	8,3	23,9	46,4	29,7	1,12
10.	7,4	85,8	0,356	1,373	0,218	12,1	962	9,4	22,7	40,8	26,5	1,09

Objaśnienia: 1 — Kobylnica Wołoska (nad rzeką Szkio), 2 — Wielkie Oczy, 3 — Bachory (zespół wydmy nad Lubaczówką), 4 — Wyłewa (na SE od Sieniawy), 5 — Tarnogród, 6 — Harasiuki, 7 — Kusze, 8 — Derylaki, 9 — Kustrawa, 10 — Krzeszów.

Tab. 4. Uziarnienie i obróbka wydym w widłach Sanu i Wisłoka (Rynna Podkarpacka)
Granulométrie et façonnement des dunes dans les fourches du San et du Wislok (Fosse Subkarpatique)

Uziarnienie												
Nr	pon. 0,1 mm	0,1—0,5 mm	Md	So	D	Ce	Wc	Nm	Obróbka			
									γ	β	α	
1.	6,4	91,0	0,248	1,527	0,217	17,4	671	8,0	12,5	27,5	60,0	2,81
2.	4,2	94,5	0,283	1,475	0,214	15,4	1005	5,5	13,6	44,5	41,9	1,80
3.	12,5	85,6	0,208	1,545	0,190	15,5	820	6,4	12,3	46,8	40,9	1,80
4.	3,5	94,0	0,203	1,405	0,142	14,7	875	4,2	15,0	54,0	31,0	1,38

Objaśnienia: 1, 2 — Wólka Malkowa, 3, 4 — Gniewczyzna Tryniecka.

Tab. 5. Uziarnienie i obróbka wydym na terasie plejstocenkiej doliny Sanu
Granulométrie et façonnement des dunes dans la vallée pléistocénique du San

Uziarnienie												
Nr	pon. 0,1 mm	0,1—0,5 mm	Md	So	D	Ce	Wo	Nm	Obróbka			
									γ	β	α	
1.	2,8	92,3	0,268	1,450	0,217	14,2	1002	6,5	20,1	59,8	20,1	1,03
2.	3,6	85,4	0,313	1,485	0,236	12,5	1089	9,9	31,9	36,2	31,9	1,00
3.	4,8	88,0	0,315	1,480	0,228	13,1	1067	7,2	24,7	60,3	15,0	0,82
4.	7,0	70,0	0,370	1,540	0,287	12,4	1194	6,9	31,1	68,4	0,5	0,53
5.	2,8	90,6	0,247	1,520	0,220	10,6	1170	9,5	39,3	38,0	22,7	0,71
6.	2,2	96,4	0,269	1,430	0,208	14,1	970	6,4	18,1	55,6	26,3	1,18
7.	1,7	76,9	0,354	1,480	0,262	12,0	1153	8,2	30,6	56,3	12,1	0,69
8.	3,1	80,4	0,329	1,470	0,241	10,5	1221	7,4	33,7	53,0	13,3	0,66
9.	4,3	77,1	0,317	1,510	0,262	13,8	1035	7,4	23,8	56,1	20,1	0,93
10.	3,2	85,7	0,304	1,470	0,234	11,3	1125	9,3	33,1	42,7	24,2	0,83

Objaśnienia: 1 — Leżajsk, 2 — Rudnik n. Sanem, 3 — Ulanów, 4 — Wolina, 5 — Moskate, 6—10 — kompleks wydymowy na międzyrzeczu Sanu i Łęgu (na SW od Niska).

i Wisłoka, w okolicy Tryńczy, a więc w obrębie Rynny Podkarpackiej. Wydmy tego terenu (tab. 4) charakteryzują się piaskiem drobnoziarnistym (średnia mediana wynosi 0,246 mm) i zwiększoną zawartością frakcji pylastej (3,5—12,5%). Wyszortowanie piasku jest większe od średniej dla Niziny, ale gorsze od wydym Płaskowyżu Lubaczowskiego. Również pośrednie miejsce zajmują omawiane wydmy pod względem obróbki. Wartość na przykład wskaźnika obróbki (W_o) waha się w granicach 671—1005, a wskaźnika niejednorodności obróbki (N_m) — 4,2—8,0. Jeśli chodzi o ziarno pod względem stopnia obróbki, to nad typem młodocianym (typ α) przeważa nieznacznie typ dojrzały (typ β). Udział ziarn typu starczego, bardzo dobrej i dobrej obróbki (typ γ), jest niewielki i wynosi kilkanaście procent (12—15%).

Najlepszą obróbką charakteryzują się wydmy występujące na terasie plejstocenińskiej w dolinie Sanu, na odcinku od Leżajska do ujścia (tab. 5). Wskaźnik W_o przekracza zwykle wartość 1000, a waha się zwykle w granicach 950—1221. Wysoki jest również wskaźnik niejednorodności obróbki (N_m), który waha się w granicach 6,4—11,5. Dominują zdecydowanie ziarna typu pośredniego, dojrzałego (typ β), a ziarna typu starczego (typ γ) przeważają w wartościach średnich nad ziarnami typu młodocianego (typ α). Wydmy doliny Sanu posiadają również najgrubsze ziarno. Przeważa frakcja ziarna średnioziarnistego; wartość mediany (M_d) zamyka się w przedziale 0,268—0,370 mm (średnio powyżej 0,300 mm), a udział frakcji pylastej wynosi 0,5—9,2% (średnio około 3%). Wydmy te cechuje znacznie większy udział frakcji piasku gruboziarnistego (zawartość od kilku do kilkunastu procent) niż frakcji pylastej. Warto jeszcze zwrócić uwagę na względnie wysoki stopień wysortowania ($S_o=1,341-1,540$). Cechą charakterystyczną wydym tego regionu jest stałość (w sensie niewielkich wahań) wszystkich parametrów granulometrycznych. Jest to wynik jednorodności środowiska geograficznego i dowód braku większego zróżnicowania natężenia procesów eolicznych.

Podobnie jak wydmy terasy plejstocenińskiej doliny Sanu wysokimi wskaźnikami uziarnienia i obróbki charakteryzują się wydmy Równiny Biłgorajskiej (tab. 6). Ziarno wydym jest jednak nieco drobniejsze, szczególnie w zewnętrznej, peryferycznej części Równiny Biłgorajskiej, gdzie także stwierdza się trochę mniejszą obróbkę niż w dolinie Sanu. Środkowa część Równiny Biłgorajskiej posiada względnie wysoki stopień obróbki ($W_o=1021-1115$).

Wydmy Płaskowyżu Kolbuszowskiego (tab. 7) oraz środkowej i zachodniej części Płaskowyżu Tarnogrodzkiego (tab. 3) wykazują mniejszą obróbkę ziarn niż wydmy w dolinie Sanu. Wskaźnik obróbki (W_o) waha się w szerokim przedziale 610—1130, ale średnia jego wartość schodzi znacznie poniżej 1000. Znaczną rozpiętość wykazuje również wskaź-

Tab. 6. Uziarnienie i obróbka wydym Równiny Biłgorajskiej
Granulométrie et façonnement des dunes de la Plaine de Biłgoraj

Uziarnienie										Obróbka				
Nr	pon. 0,1 mm	0,1—0,5 mm	Md	So	D	Ce	Wo	Nm	γ	β	α	O _E		
A. Część południowa Równiny Biłgorajskiej														
1.	0,6	91,5	0,312	1,389	0,204	13,1	1015	10,4	30,3	33,2	36,0	1,11		
2.	0,7	80,8	0,338	1,441	0,253	14,2	785	14,4	28,5	26,1	45,4	1,41		
B. Część środkowa Równiny Biłgorajskiej														
3.	4,4	93,2	0,247	1,460	0,214	14,1	1021	8,8	26,4	42,1	31,5	1,11		
4.	1,1	94,7	0,292	1,440	0,216	14,2	1049	8,6	27,8	49,0	23,2	0,90		
5.	0,8	86,0	0,316	1,450	0,237	12,4	1110	9,6	32,5	40,4	27,1	0,90		
6.	5,3	87,6	0,279	1,500	0,244	12,3	1021	10,9	30,1	34,2	35,7	1,12		
C. Południowo-zachodnia (zewnątrzna) część — okolice bagna Imielty Ług														
7.	6,9	85,2	0,253	1,544	0,227	12,8	966	9,7	28,5	36,1	35,4	1,21		
8.	0,7	94,8	0,296	1,451	0,214	13,0	1075	7,8	26,2	54,2	19,6	0,87		
9.	3,6	94,6	0,222	1,492	0,192	15,0	844	10,3	24,3	32,0	43,7	1,56		
10.	0,9	95,1	0,263	1,471	0,208	15,3	910	11,1	23,6	34,6	46,8	1,57		

Objaśnienia: 1, 2 — Ruda Różaniecka, 3 — Tereszpol Zaorenda, 4 — Hedwiżyn, 5 — Korytków Duży, 6 — Majdan Grom., 7 — Chabudówka, 8 — Imielty Ług (wał wydymowy otaczający bagno od zachodu), 9 — Imielty Ług (wydyma otaczająca bagno od wschodu), średnia z 4 próbek, 10 — Karczma, średnia z 4 próbek.

Tab. 7. Uziarnienie i obróbka wydm płaskowyzu Kolbuszowskiego
Granulométrie et façonnement des dunes du Plateau de Kolbuszowa

Nr	Uziarnienie										Obróbka				
	pon. 0,1 mm	0,1—0,5 mm	Md	So	D	Ce	Wo	Nm	γ	β	α	Og			
1.	10,2	87,1	0,206	1,540	0,230	15,5	844	7,6	17,0	37,1	45,9	1,81			
2.	3,7	93,0	0,223	1,450	0,116	13,4	977	5,6	17,3	62,7	20,0	1,05			
3.	1,8	91,6	0,239	1,440	0,220	14,4	892	9,7	18,4	41,4	40,2	1,56			
4.	2,9	91,1	0,297	1,450	0,220	14,1	962	5,7	17,3	63,4	19,4	1,04			
5.	2,8	89,0	0,244	1,460	0,226	14,5	915	7,5	20,1	46,2	33,7	1,31			
6.	7,6	83,6	0,300	1,521	0,239	15,0	902	8,6	19,7	39,7	40,6	1,50			
7.	0,8	71,4	0,370	1,570	0,330	13,8	990	9,0	24,6	38,5	36,9	1,28			
8.	1,7	94,2	0,289	1,454	0,214	15,9	610	8,3	16,3	34,0	49,7	2,00			
9.	2,5	94,3	0,228	1,496	0,199	14,2	643	4,3	17,3	61,1	21,5	1,09			
10.	3,3	92,6	0,241	1,450	0,216	14,2	949	8,9	24,3	40,0	35,7	1,26			

Objaśnienia: 1 — Ranilów, 2 — Osia Góra (na W od Ranilowa), 3 — Zembrza, 4 — Przewrotne, 5 — Hucisko, 6 — Majdan, 7 — Huta Komorowska, 8 — Górnio (sanatorium), 9 — Górnio (wieś), 10 — Krzywdy

nik niejednorodności obróbki (Nm)=4,3–12,0. Przeważa, podobnie jak w dolinie Sanu, typ ziarn pośrednich (typ β). W układzie pozostałych ziarn zachodzi jednak dość istotna różnica: ziarna typu młodocianego (typ α) biorą górę (choć różnica nie jest wielka) nad ziarnami dobrej obróbki (typ γ). Wydmny płaskowyżów mają ziarno drobniejsze od wydm doliny Sanu, przy czym parametry uziarnienia wykazują znów wielkie wahania. Mediana waha się w granicach 0,206–0,370. Nad frakcją piasku średnioziarnistego (0,25–0,50 mm) przeważa frakcja piasku drobnoziarnistego (0,10–0,25 mm). Nie stwierdza się natomiast widocznych różnic pomiędzy wydmami doliny Sanu a wydmami płaskowyżów w zakresie udziału frakcji pylastej i wskaźnika wysortowania.

Kilkakrotnie podkreślane znaczne zróżnicowanie tworzywa wydm płaskowyżów znajduje uzasadnienie w zróżnicowaniu genetycznym i litologicznym piasków pokrywowych w obrębie wysoczyzn Niziny Sandomierskiej.

Dobre zilustrowanie różnic i wzajemnego stosunku poszczególnych regionów wydmowych i całej Niziny pod względem obróbki oddają diagramy: trójkątny *O s a n n a* i prostokątny *K r y g o w s k i e g o*. W diagramie trójkątnym (ryc. 3) przedstawiono procentowe udziały głównych typów obróbki ziarn (γ , β , α). Pola obróbki mają kształt wydłużony i równoległy do osi „ β ”. Położenie tych pól w trójkącie wskazuje ogólnie na przewagę ziarn typu pośredniego (typ β). Największe zróżnicowanie stwierdza się w zawartości ziarn pośrednich (β) i młodocianych (α), natomiast stosunkowo mniejsze w zawartości ziarn dobrej obróbki (γ). Największe zróżnicowanie obróbki występuje w obrębie Płaskowyżu Tarnogrodzkiego, traktowanego łącznie z Płaskowyżem Lubaczowskim. To samo stwierdzenie jest aktualne i dla diagramu prostokątnego, który obrazuje udział wskaźników Nm i Wo (ryc. 4). Charakterystyczna jest też bardzo duża rozpiętość wskaźników niejednorodności obróbki (Nm), gdyż większa część punktów zawarta jest w przedziale 6–12. Jednocześnie wysokie wskaźniki Nm wykazuje Równina Biłgorajska, a także zdecydowana większość punktów w dolinie Sanu.

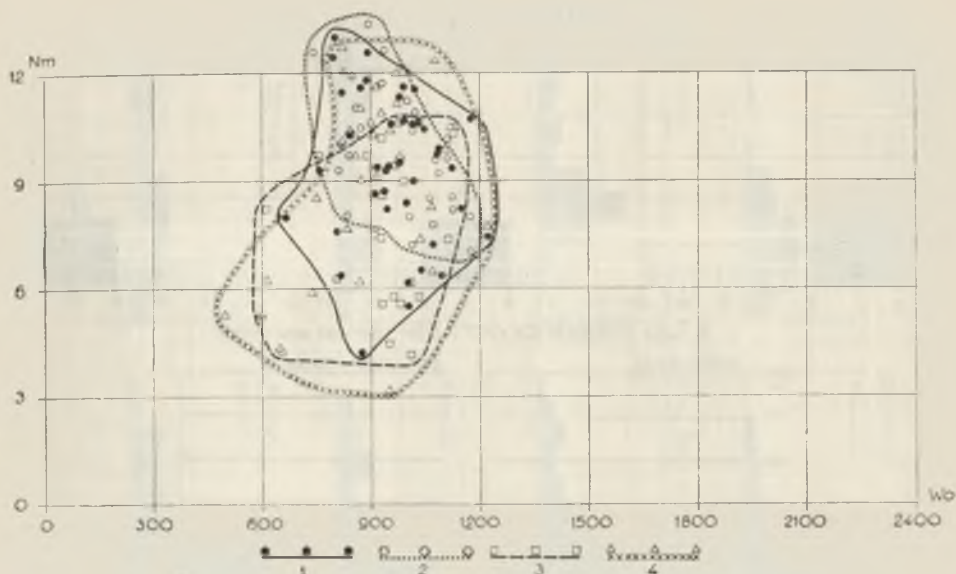
Dodatkowych danych do charakterystyki obróbki wydm dostarcza analiza histogramów obróbki. W celu bardziej szczegółowej i ściślejszej interpretacji autor dokonał podziału histogramów obróbki na 5 głównych typów genetycznych, należących do dwu grup (ryc. 5). Jest to podział opracowany niezależnie i różniący się (przez przyjęcie innych nieco kryteriów) od tego, który podają L. Krygowska i B. Krygowski (1968). Przedstawiony podział miał mieć według intencji autora charakter ogólny, natomiast ilościowe (procentowe) kryteria przydziału do poszczególnych typów przystosowane są do wydm Niziny Sandomierskiej. Są to następujące kryteria:



Ryc. 3. Obróbka ziarn kwarcu frakcji 0,8—1 mm piasków wydmywanych Niziny Sandomierskiej w diagramie trójkątnym; trójkąt A—podział na pola obróbki α , β , γ , ($\alpha\beta\gamma$) według B. Krygowskiego (1964), 1—wydmy doliny Sanu, 2—wydmy Równiny Biłgorajskiej, 3—wydmy Płaskowyżu Kolbuszowskiego, 4—wydmy Płaskowyżu Tarnogrodzkiego

Façonnement des grains de quartz de fraction 0,8—1 mm dans les sables dunaires du Bassin de Sandomierz, en diagramme triangulaire; triangle A—division en champs de façonnement α , β , γ , ($\alpha\beta\gamma$) d'après B. Krygowski (1964), 1—dunes de la vallée du San, 2—dunes de la Plaine de Biłgoraj, 3—dunes du Plateau de Kolbuszowa, 4—dunes du Plateau de Tarnogród

A. Typ jednorodny: W jednym przedziale kątowym ponad 25%, a łącznie z dwoma sąsiednimi przedziałami co najmniej 50% ziarn. Histogram zaliczamy do tego z trzech głównych podtypów (I, II, III), w którym występuje kulminacja.

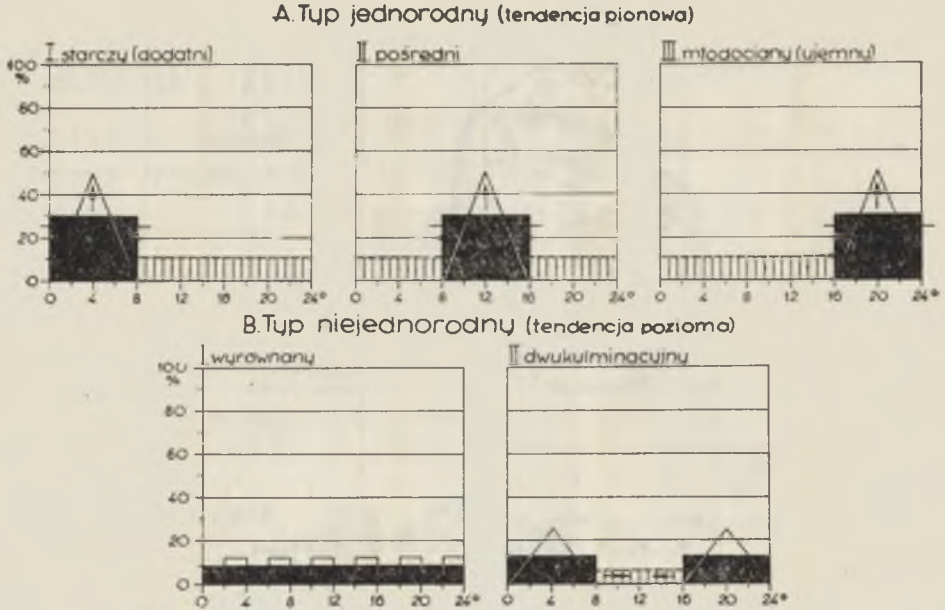


Ryc. 4. Diagram obróbki ziarn kwarcu frakcji 0,8–1 mm piasków wydmych Niziny Sandomierskiej w układzie prostokątnym wskaźników Wo i Nm. Konstrukcja diagramu według metody B. Krygowskiego (1964); 1—wydmy doliny Sanu, 2—wydmy Równiny Biłgorajskiej, 3—wydmy Płaskowyżu Kolbuszowskiego, 4—wydmy Płaskowyżu Tarnogrodzkiego

Diagramme du façonnement des grains de quartz, fraction 0,8–1 mm, des sables dunaires du Bassin de Sandomierz, disposition rectangulaire des indices Wo et Nm. Construction du diagramme d'après la méthode de B. Krygowski (1964); 1—dunes de la vallée du San, 2—dunes de la Plaine de Biłgoraj, 3—dunes du Plateau de Kolbuszowa, 4—dunes du Plateau de Tarnogród

B. Typ niejednorodny: I. Wyrównany. Nie więcej niż 15% ziarn w jednej klasie, histogram bez wyraźnej kulminacji; II. Dwukulminacyjny (lub wielokulminacyjny). 15–25% w jednej klasie i wyraźnie zaznaczona druga (lub dalsze) kulminacja.

Najbardziej charakterystycznym typem histogramu obróbki w wydmych Niziny Sandomierskiej jest typ B II — niejednorodny dwukulminacyjny, którego udział wynosi 65,3%. Pozostałe reprezentowane typy: B I, A II i A III mają mniej więcej równe, kilkunastoprocentowe udziały. Brak jedynie typu A I (ryc. 6). Zdecydowana przewaga typów niejednorodnych o tendencji poziomej świadczy o poligenetycznym charakterze piasków wydmych. Momentem bardzo istotnym jest istnienie w każdym typie histogramu, a również w typie A III, mniejszej lub większej kulminacji w przedziale ziarn dobrej obróbki (typ γ). Ten wzrost udziału ziarn „ γ ” jestem skłonny przypisać właśnie procesom eolicznym.



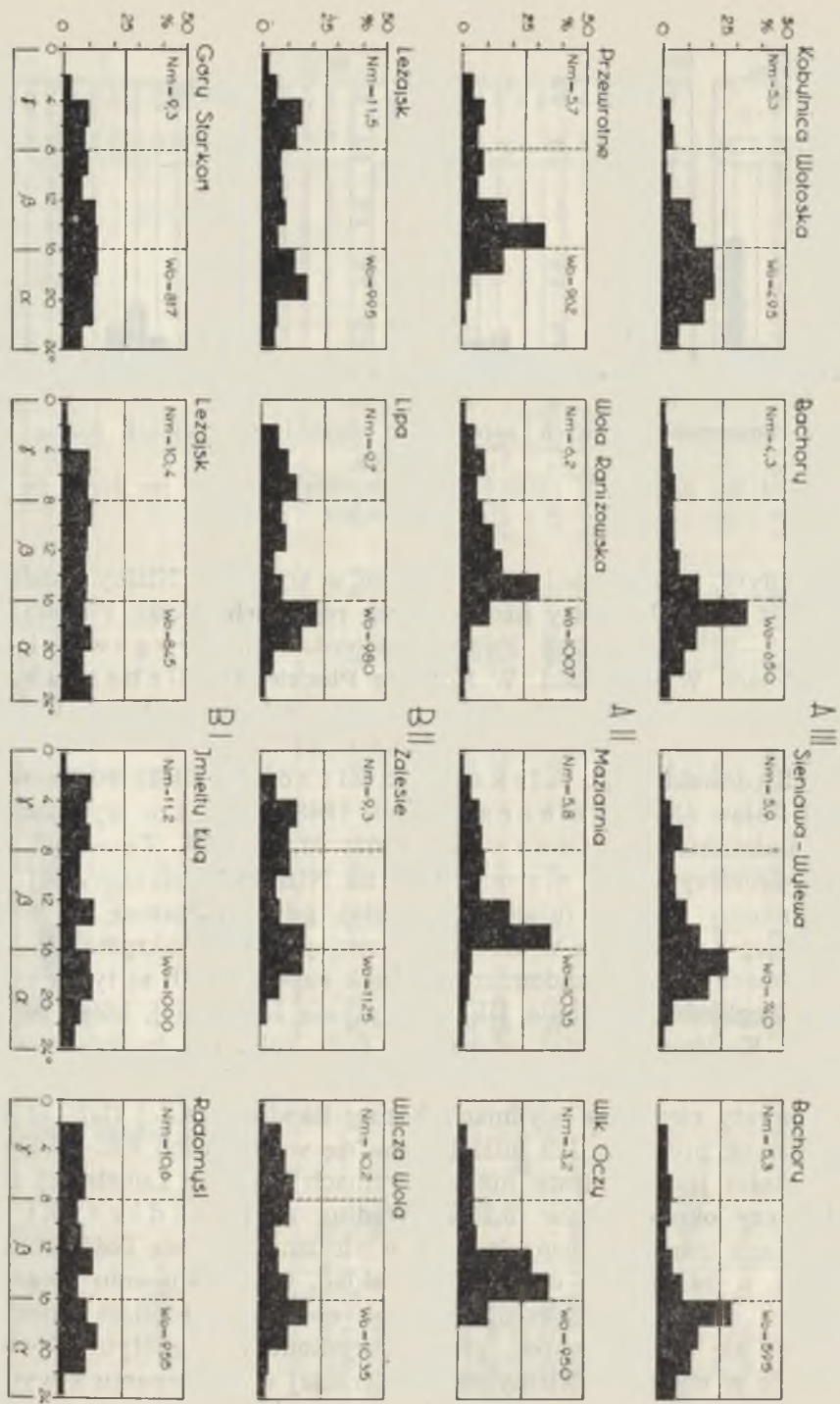
Ryc. 5. Typy genetyczne histogramów obróbki (opracował J. Wojtanowicz, 1968). Czarne prostokąty oznaczają schematycznie dominację przedziałów kątowych, znamienne dla danego typu obróbki. Strzałki wskazują na główny, charakterystyczny kierunek rozwoju histogramu

Types génétiques des histogrammes de façonnement (élaborés par J. Wojtanowicz, 1968). Les rectangles noirs indiquent schématiquement la prédomination des angles de chute des grains de sable, caractéristique pour le type de façonnement donné. Les flèches indiquent la direction principale, caractéristique de l'évolution de l'histogramme: A. Type homogène (tendance verticale): I. senile (positif), II. intermédiaire, III. juvénile (negatif); B. Type hétérogène (tendance horizontale): I. aplani, II. à deux culminations

W typach histogramów obróbki przejawia się także zróżnicowanie regionalne tworzywa wydmowego. Otóż wydmy południowo-wschodniej części Niziny Sandomierskiej (Płaskowyż Lubaczowski) charakteryzuje typ jednorodny młodociany (A III), Płaskowyż Kolbuszowski i zachodnią część Płaskowyżu Tarnogrodzkiego — typ jednorodny pośredni (A II), zaś Równinę Biłgorajską i dolinę Sanu — typy niejednorodne (B II i B I).

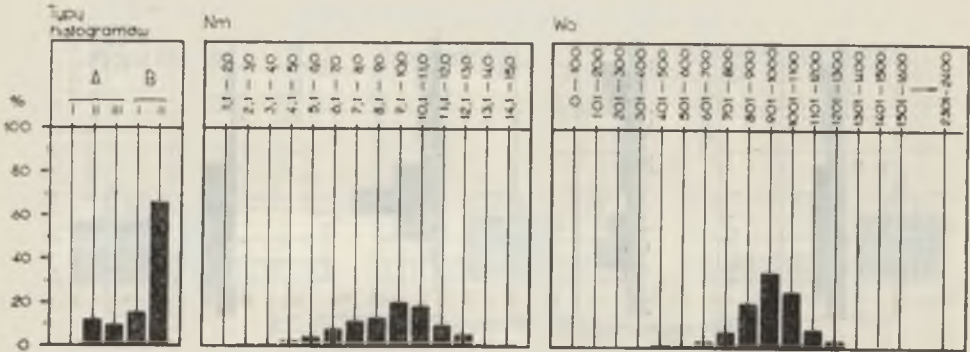
SKŁAD MINERALNY PIASKÓW WYDMOWYCH

Dominujące znaczenie w składzie mineralnym wydm Niziny Sandomierskiej ma kwarc. Jego udział we frakcji 0,5—0,8 mm jest bardzo wysoki i wynosi 95—98%. Oprócz kwarcu występują okruchy skał, ska-



Ryc. 6. Typy histogramów obróbki w wydmach Niziny Sandomierskiej; A III — typ jednorodny młodociany, A II — typ jednorodny pośredni, B II — typ niejednorodny dwukulminacyjny, B I — typ niejednorodny wyrównany

Types d'histogrammes du façonnement dans les dunes du Bassin de Sandomierz; A III — type homogène juvénile, A II — type homogène intermédiaire, B II — type hétérogène à deux culminations, B I — type hétérogène aplani



Ryc. 7. Zmienność głównych parametrów obróbki w wydmach Niziny Sandomierskiej

Variabilité des principaux paramètres de façonnement dans les dunes du Bassin de Sandomierz

lenie, lidyty, krzemienie. Udział kwarcu w wydmach Niziny Sandomierskiej jest na ogół wyższy niż w innych regionach Polski. Podobnie wysoką (95—99%) zawartość kwarcu stwierdził B. Krygowski (1961) w wydmach Wielkopolski. W Kotlinie Płockiej (U. Urbaniaak, 1966) udział kwarcu wynosi 68,1—90,5% (średnia 80,7), w okolicach Warszawy (S. Małkowski, 1917) 93,4% (Konstancin) i 89,5% (Sadowne), na Pustyni Błędowskiej (Z. Alexandrowiczowa, 1962) 90,0% w okolicach Puław (J. Trembaczowski, 1948) 95,0% a w wydmach Wyżyny Lubelskiej (J. Morawski, 1965) 93,0—97,6%. Zauważyć należy także mniejszy udział skaleni, które na Nizinie Sandomierskiej stanowią znikomy procent (ułamki procenta), gdy tymczasem na Wyżynie Lubelskiej 2,4—7,0%, a w Kotlinie Płockiej 10,6% (maksymalnie 19,5%). W wydmach Niziny Sandomierskiej brak zupełnie (lub są tylko znikome ilości) węglanów, podobnie jak na Wyżynie Lubelskiej, które na przykład w Kotlinie Płockiej odgrywają dużą rolę, ich średnia zawartość wynosi tam 5,1% (maksymalna zaś 14,5%).

Minerały ciężkie w wydmach Niziny Sandomierskiej (tab. 8) stanowią ułamek procentu. Ich udział waha się w granicach 0,03—0,22% i są to wartości jeszcze niższe niż w wydmach Wyżyny Lubelskiej (0,08—0,53%) czy okolic Puław (0,28%). Według A. D. Sidorenki (1956) w piaskach transportowanych przez wiatr zmniejsza się ilość minerałów ciężkich, a jeśli chodzi o jakościowy skład, to zmniejszeniu ulegają zawartości: amfibolu, piroksenu, skaleni, epidotu, natomiast stosunkowo zwiększa się udział kwarcu, granatu, cyrkonu i magnetytu. Stwierdziłszy, że w wydmach Niziny Sandomierskiej w porównaniu z wydmami Wyżyny Lubelskiej jest mniejsza ilość minerałów ciężkich, więcej kwar-

Tab. 8. Skład mineralny piasków wydmy Niziny Sandomierskiej — frakcja 0,10—0,25 mm (analiza: J. Trembaczowski)

Composition minérale des sables dunaires du Bassin de Sandomierz — fraction 0,10—0,25 mm (analyse de J. Trembaczowski)

Nr	Położenie	Głębokość próbki w m	Zawartość frakcji ciężkiej w % wagowych	Skład mineralny w % ilościowych ($\Sigma=100\%$)														
				Minerały nieprzezroczyste														
				w tym:														
				ogółem	magnetyt	chromit	cyrkon	rutyl	turmalin	granat	staurolit	epidot	amfibole	pyrokscen	apatyt	anataz - brukit	bloty	nieoznaczone
1.	Tryńcza — widły Wisłoka i Sanu	1,8	0,14	30,8	2,7	0,9	9,0	0,9	5,1	62,0	3,9	6,4	2,1	0,9	5,8	0,4	0,9	2,6
2.	Kiżów k. Niska.	0,9	0,22	25,0	1,8	1,1	14,4	1,0	5,6	53,0	6,7	7,4	1,0	—	7,0	—	0,7	3,2
3.	Stale — widły Wisły i Sanu	1,5	0,10	32,8	1,3	—	7,8	1,0	7,8	51,0	5,9	9,8	4,0	1,0	6,8	—	—	4,9
4.	Radomyśl — D.S.	3,0	0,03	30,0	5,0	—	3,6	—	7,1	50,2	14,3	3,6	—	—	7,1	—	7,1	7,1
5.	Kobyłe Góry — D.S./R.B.	1,0	0,30	38,0	3,7	5,5	7,9	—	3,0	61,2	4,0	8,9	4,0	1,0	6,0	—	1,0	3,0
6.	Ruda Różaniecka — R.B.	1,8	0,12	27,9	0,9	0,4	7,7	0,6	3,0	66,6	3,0	6,0	2,4	0,6	7,1	0,6	—	2,4
7.	Górno — P.K.	1,2	0,22	45,2	1,1	1,5	5,4	1,4	11,5	66,0	3,4	2,0	3,4	1,4	1,4	—	1,4	2,7
8.	Majdan — P.K.	1,5	0,11	31,3	0,8	—	2,5	—	2,5	69,0	2,5	6,2	3,7	—	6,2	—	3,7	3,7
9.	Wylewa k. Sienia- wy — P.T.	0,8	0,09	29,0	1,0	1,0	3,7	—	5,6	71,2	2,8	3,7	2,8	—	7,4	—	1,4	1,4
10.	Wielkie Oczy — P.T.	0,8	0,07	21,2	2,6	0,6	8,1	—	4,9	69,2	2,4	5,7	1,6	—	4,9	—	0,8	2,4

Objaśnienia: D.S. — terasa plejstocenska doliny Sanu, R.B. — Równina Bilgorajska, P.K. — Piaskowy Kolbuszowski, P.T. — Piaskowy Tarnogrodzki.

cu i mniej skaleni. Wynikałoby z tego, że wydmy Niziny Sandomierskiej mają piasek bardziej dojrzały eolicznie niż wydmy Wyżyny Lubelskiej.

W składzie jakościowym minerałów ciężkich głównymi składnikami są: granat, cyrkon, turmalin, staurolit, a także epidot i apatyt oraz minerały nieprzeźroczyste. Granat zdecydowanie góruje nad pozostałymi minerałami. W minimalnych ilościach i sporadycznie występują rutyl, pirokseny i biotyt. Najwięcej granatu znaleźć można w południowo-wschodniej części Niziny, a najmniej w dolinie Sanu, gdzie z kolei występuje najwięcej cyrkonu. W porównaniu z Wyżyną Lubelską (J. Morawski, 1965) na Nizinie jest mniej rutylu, a więcej apatyty. Wyciąganie jakichś bardziej ogólnych wniosków z tego typu porównań byłoby jednak niewskazane ze względu na nieznaczne różnice w ogóle oraz ewentualne różnice techniki oznaczania minerałów.

W stosunku do innych utworów czwartorzędowych Niziny Sandomierskiej piaski wydmowe wykazują bardziej wyselekcjonowany i jednorodny skład. Wzrasta przede wszystkim udział granatu, zmniejszeniu ulega grupa minerałów mało odpornych na wietrzenie i transport, a szczególnie amfibolu, piroksenu i biotyty. W innych utworach czwartorzędowych przeważa również granat, ale często ustępuje on miejsca cyrkonowi, jak na przykład w glinie morenowej okolic Biłgoraja i w utworach pyłowych okolic Leżajska. W glinach morenowych znaczną rolę, oprócz granatu i cyrkonu, odgrywają amfibol i biotyt — minerały słabo odporne na wietrzenie i transport. W innych utworach (piaskach i żwirach oraz w utworach pylastych) poza cyrkonem i granatem znaczną rolę odgrywają turmalin, staurolit, rutyl, minerały grup bardzo odpornych i odpornych. W utworach podłoża czwartorzędowego procentowa zawartość frakcji minerałów ciężkich jest znacznie wyższa niż w wydmach. Na przykład w piaskach terasowych SE części Niziny średni udział frakcji ciężkiej wynosi 0,81%, a w utworach pyłowych — 0,50% (J. Butrym, 1968; B. Dobrzański, A. Malicki, 1949; R. Gwóźdź, R. Racinowski, 1968; R. Racinowski, 1969).

Nie zawsze w składzie frakcji ciężkiej piasków wydmowych przeważają minerały odporne. W klimacie półpustynnym Kotliny Wielkich Jezior w Zachodniej Mongolii stwierdzono w barchanach zdecydowaną przewagę amfibolu, epidotu i piroksenu — a więc minerałów najmniej odpornych. Te trzy minerały zajmują w sumie 78% całej frakcji ciężkiej. Cyrkon (1,3%) i granat (1,0%) odgrywają minimalną rolę. Minerały ciężkie zajmują średnio 2,2% składu mineralnego barchanów (J. Trembaczowski, 1968). Minimalny jest natomiast udział frakcji ciężkiej w wydmach północno-zachodniej Sahary. Na przykład w Wielkim Ergu Zachodnim udział tej frakcji wynosi 0,01—0,19%, a więc jeszcze mniej

niż w wydmach Niziny Sandomierskiej. W składzie minerałów dominują w Wielkim Ergu Zachodnim turmalin (8—53%), cyrkon (7—49%), epidot (8—36%) i piroksen (2—32%). Oprócz nich stałymi składnikami są jeszcze granat (1—6%) i rutyl (1—4%). Inne minerały występują tylko sporadycznie i w niewielkim procencie (H. Alimen, J. Chavaillon, S. Duplaix, 1964).

ZALEŻNOŚCI W TWORZYWIE POMIĘDZY WYDMAMI I PODŁOŻEM

Wydmy Niziny Sandomierskiej — jak zresztą wydmy śródlądowe w ogóle — powstały w wyniku krótkiego transportu eolicznego, na drodze o długości od kilkuset metrów do paru kilometrów. Wydmy związane są zwykle z zasięgiem jednego, ograniczonego przestrzennie płata piaszczystego. Płat taki najczęściej jest jednorodny genetycznie, ale występują także poligenetyczne obszary alimentacyjne, co ma miejsce na granicy różnych jednostek geomorfologicznych. W strefie krawędzi może dojść do znacznych różnic w przestrzennym wykształceniu piasków, tworzących pozornie jednolitą pokrywę. Poza tym wydmy mogą wykraczać poza obręb płata piaszczystego i wchodzić na inne osady, na przykład na mułki, ily, gliny morenowe, torfy, starsze aluwia rzeczne itp. Powyższe przykłady wskazują na to, że istnieją pewne trudności w dokładnym ustaleniu materiału źródłowego dla wydym, tym bardziej, że te ostatnie powstają głównie w wyniku deflacji powierzchniowej. Na niektóre z trudności zwracali już poprzednio uwagę H. Maruszczak i J. Wojtanowicz (1967). Trudności owe nie przekreślają jednak w pełni realnej możliwości (szczególnie przy rozległych, jednolitych pokrywach piaszczystych) ustalenia zależności pomiędzy materiałem podłoża, źródłowym dla wydym, a samymi wydmami. Wyniki takiej próby przedstawiono w tabelach 9 i 10 oraz na rycinach 8, 9 i 10. W badaniach tych chodziło głównie o uchwycenie kierunków zmian w uziarnieniu i obróbce, jakie zachodzą pod wpływem transportu eolicznego.

Stwierdzono istnienie ścisłego związku między niezwydmionymi piaskami bezpośredniego przedpoła (podłoża) wydym a samymi wydmami. Różnice są stosunkowo niewielkie — większe w uziarnieniu, mniejsze w obróbce, a wszystkie podstawowe wskaźniki znajdują się w tych samych klasach wielkości. Piasek wydmy jest lepiej wysortowany niż piasek podłoża. Wskaźniki uziarnienia (So, D, Md) wykazują jednakową różnicę między porównywanymi utworami, równą 9%. Największa różnica występuje w udziale frakcji pylastej, której w piaskach podłoża jest 13,4% całego składu granularnego, a w wydmach tylko 4,2%. Piasek wydym ma lepszą obróbkę i jednocześnie większy wskaźnik

Tab. 9. Zależność wydym od podłoża. Stosunki uziarnienia (średnic z 14 par próbek)
Dépendance des dunes de leur plancher. Régime granulométrique (moyennes de 14 paires d'échantillons)

Pochodzenie piasku	Skład mechaniczny w %% wagowych													
	Średnica frakcji w mm													
	pon. 0,08	0,08—0,10	0,10—0,25	0,25—0,50	0,50—0,80	0,80—1,00	1,00—2,00	pow. 2,00	Md	So	D			
Piasek bezpośrodkowego przedpoła (podłoża) niezwydmiony . . .	7,9	5,5	37,8	41,6	5,2	1,5	0,3	0,2	0,251	1,642	0,236			
Piasek wydymowy	2,1	2,1	39,4	49,9	5,2	1,1	0,2	0,0	0,280	1,472	0,214			

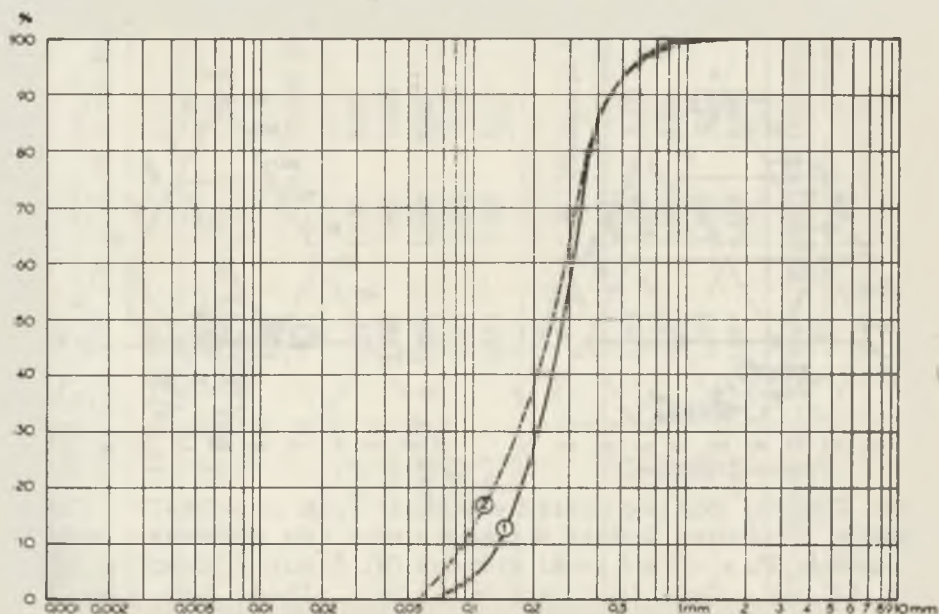
Tab. 10. Zależność wydym od podłoża. Obróbka ziarn kwarcu frakcji 0,8—1 mm (średnie z 14 par próbek)
Dépendance des dunes de leur plancher. Façonnement des grains de quartz de fraction 0,8—1 mm (moyennes de 14 paires d'échantillons)

Pochodzenie piasku	Udział w %% ilościowych w klasach kątowych										Główne typy obróbki		
	γ Dobra obróbka 0-8° Typ starczy		β Typ pośredni, 8-16° dojrzaly		α Bez obróbki 16-24° Typ młodociany		Ce	Wo	Nm	O _E			
	γ ₂ 0-4°	γ ₁ 4-8°	β ₂ 8-12°	β ₁ 12-16°	α ₂ 16-20°	α ₁ 20-24°				γ	β	α	
Piasek bezpośrodkowego przedpoła (podłoża), niezwydmiony	6,2	15,7	14,8	27,4	26,5	9,4	14,1	904	8,4	21,9	42,2	35,9	1,48
Piasek wydymowy	6,5	16,1	16,3	22,0	30,1	9,0	14,1	942	9,0	22,6	38,3	39,1	1,42

niejednorodności obróbki (Nm). Obliczone różnice procentowe w wartościach poszczególnych głównych wskaźników obróbki (W_0 , Nm, γ) wykazują znow liczbę stałą i prawie identyczną jak w uziarnieniu — wynosi ona 9,3—9,6%.

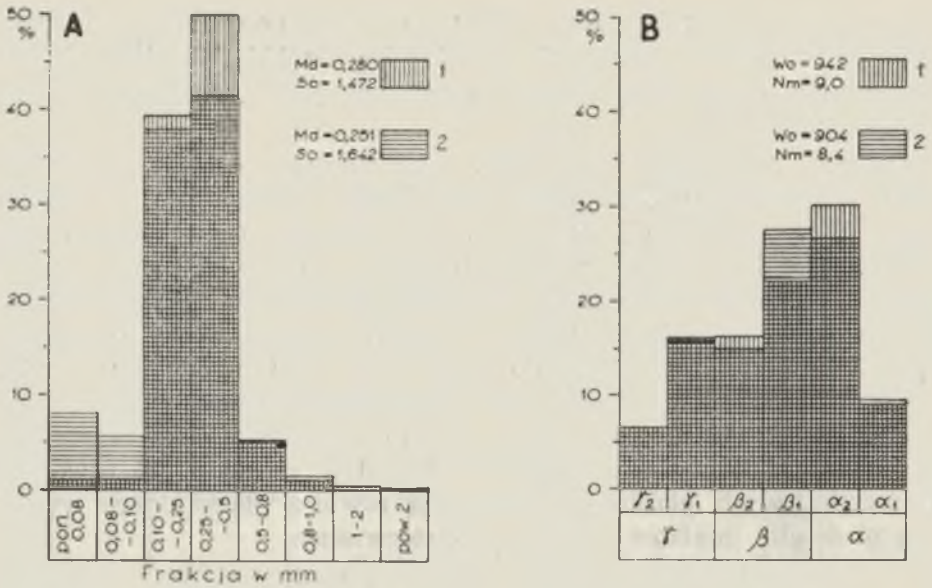
Dobrym przykładem zależności, jaka istnieje pomiędzy piaskiem wydym a piaskami podłoża mogą być wydmy występujące w widłach Sanu i Bukowej (tab. 11). Zbadany obszar obejmuje prawoboczną terasę plejstoceniową doliny Sanu (na odcinku Błonie — Olszowiec Ugory) i przylegające do terasy od wschodu peryferie Płaskowyżu Tarnogrodzkiego (na wschodzie do linii Studzieniec — Knieja). Łącznie tworzy to pas szerokości 4—5 km, równoległy do biegu Sanu na tym odcinku, a więc o kierunku SE—NW. Ponad płaską, piaszczystą terasą plejstoceniową o wysokości 7—10 m (157—160 m n.p.m.) wznoszą się lekko falista powierzchnia płaskowyżu o wysokości 165—185 m n.p.m. W utworach powierzchniowych płaskowyżu dominują również piaski, które występują obok glin, mułków i żwirów plejstoceniowych.

Wydmy badanego obszaru należą do wydym małych i średnich, o wysokości kilku metrów (maksymalna wysokość 12 m w wydmie koło

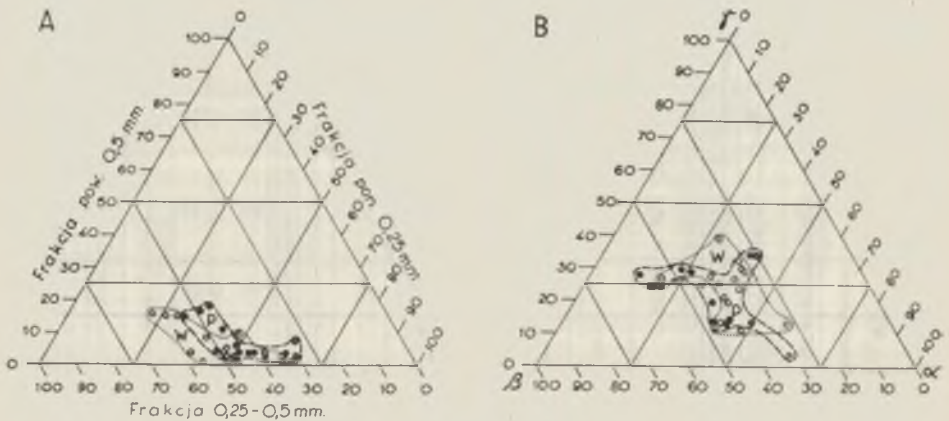


Ryc. 8. Krzywe kumulacyjne piasków wydym i piasków podłoża; 1 — wydmy, 2 — podłożo

Courbes d'accumulation des sables de dunes et des sables du plancher; 1 — dunes, 2 — plancher



Ryc. 9. Histogramy uziarnienia (A) i obróbki (B) charakteryzujące zależność piasków wydmy od piasków podłoża; 1 — wydmy, 2 — podłoża
 Histogrammes de granulométrie et de façonement caractéristiques pour la dépendance des sables dunaires des sables du plancher; 1 — dunes, 2 — plancher



Ryc. 10. Diagramy trójkątne obrazujące zależność wydmy od podłoża; A — diagram uziarnienia, B — diagram obróbki. Kropkami (zasięg linią przerywaną) oznaczono piaski podłoża (P), a kółkami piaski wydmy (W). Znaczenie litologiczne frakcji: poniżej 0,25 mm — piaski drobnoziarniste i pylaste, 0,25—0,5 mm — piaski średnioziarniste, powyżej 0,5 mm — piaski gruboziarniste

Diagrammes triangulaires représentant la dépendance des dunes de leur plancher; A — diagramme granulométrique, B — diagramme de façonement. Les points (étendue marquée par ligne pointillée) marquent les sables du plancher (P), les cercles indiquent les sables dunaires (W). Division lithologique des fractions: moins de 0,25 mm — sables fins et poussières, 0,25—0,5 mm — sables moyens, plus de 0,5 mm — sables grossiers

Tab. II. Charakterystyka uziarnienia i obróbki w wydmach terasy plejstocenijskiej doliny Sanu oraz północno-zachodniej części Płaskowyżu Tarnogrodzkiego

Caractéristique de la granulométrie et du façonnement dans les dunes de la terrasse pléistocénique de la vallée du San (secteur Błonie—Olszowice Ugory) et de la partie Nord-Ouest du Plateau de Tarnogród

Nr	Uziarnienie										Obróbka				
	pon. 0,1 mm	0,1—0,5 mm	Md	So	D	Ce	Wo	Nm	γ	β	α	OE			
A. Terasa plejstocenijska															
1.	1,8	91,1	0,330	1,440	0,220	11,7	1118	8,6	31,7	49,6	18,7	0,77			
2.	0,5	96,5	0,329	1,341	0,186	11,4	1208	6,7	20,4	67,2	2,4	0,56			
3.	1,0	94,2	0,288	1,419	0,204	10,6	1175	10,7	38,8	32,9	28,4	0,81			
4.	0,9	88,7	0,312	1,450	0,228	14,3	932	9,7	25,4	36,4	38,2	1,29			
5.	10,5	88,7	0,232	1,559	0,213	15,1	820	11,5	23,7	29,7	46,6	1,60			
B. Płaskowyż Tarnogrodzki															
6.	2,8	86,7	0,329	1,424	0,221	10,8	1130	10,5	36,7	34,5	28,8	1,05			
7.	1,5	85,1	0,319	1,462	0,234	12,6	923	12,0	32,8	36,6	30,6	1,13			
8.	1,7	93,8	0,289	1,568	0,217	13,3	950	9,4	24,3	37,3	38,4	1,33			
9.	2,3	90,9	0,291	1,482	0,224	14,2	980	0,5	27,4	39,4	33,5	1,14			

Objaśnienia: 1 — Błonie, 2 — Kłyżów — Zagóra, 3 — Olszowiec, 4 — Kaczywół, 5 — Ugory — Pysznicza — terasa plejstocenijska doliny Bukowej, 6 — Mordownia, 7 — Słomiane — wydma paraboliczna (średnia z 3 próbek), 8 — Studzieniec, 9 — Targowisko (na S od wsi).

wsi Słomiane). Występują pojedynczo, tworząc wały wydmowe lub wydmy paraboliczne. Obserwuje się przypadki przechodzenia wydmy z terasy na płaskowyż. Analiza morfologiczna wydm prowadzi do wniosku o zachodnich wiatrach wydmotwórczych, o podobnych na całym obszarze warunkach aerodynamicznych procesu eolicznego oraz o jednakowym wieku wydm. W tej sytuacji należałoby się spodziewać, że tworzywo wydm wschodniej części badanego, wąskiego przecięż, pasa terenu powinno być bardziej zaawansowane eolicznie. Tak jednak nie jest. Najlepszą obróbkę (Wo), największą jej jednorodność (Nm) i najlepsze wysortowanie (So) wykazują piaski wydm części zachodniej, a więc terasy plejstocenijskiej (tab. 11). Przyczyna tych odwróconych niejako stosunków leży w zróżnicowaniu litogenetycznym osadów źródłowych wydm w obu różnych jednostkach geomorfologicznych, różniących się ogólnymi warunkami rozwoju rzeźby.

W związku z powyższym należy stwierdzić, że zasada wysuwana przez różnych autorów (m. in. przez W. Stankowskiego, 1963, i E. D. McKee, 1966), według której wraz z kierunkiem wiania wiatru następuje drobnienie piasku wydmowego oraz wzrost jego wysortowania i obróbki, może sprawdzić się tylko w jednym „zamkniętym” polu wydmowym, mającym wspólny i jednorodny obszar alimentacyjny.

ZAGADNIENIE TZW. SERII BEZSTRUKTURALNEJ W WYDMACH

Najbardziej charakterystycznym typem warstwowania wydm Niziny Sandomierskiej jest warstwowanie równoległe, prawie horyzontalne (połogie), faliste (fot. 6). Nachylenia warstw wynoszą od kilku ($3-5^\circ$) do kilku ($3-5^\circ$) do kilkunastu stopni ($11-12^\circ$). Bardzo rzadko spotyka się warstwowanie równoległe ukośne; nachylenia warstw — $22-28^\circ$. Wydmy strefy pustyń charakteryzuje inny typ warstwowania — warstwowanie krzyżowe, wykazujące znacznie wyższe nachylenia warstw. Przeważają nachylenia $30-33^\circ$ (L. N. Botwinkina, 1965).

Zachowane w strukturze wydm Niziny Sandomierskiej stoki proksymalne (warstwy o małym nachyleniu) świadczą na korzyść niewielkiego raczej ruchu wydm — odwrotnie niż można by przypuszczać na podstawie wywodów E. D. McKee (1966)², w każdym razie mniejszego

² E. D. McKee (1966), badając strukturę wydm w Parku Narodowym White Sands w południowej części stanu Nowy Meksyk, stwierdził niewielkie nachylenia warstw w wydmach parabolicznych, szczególnie małe w górnej partii wydm i na stoku proksymalnym, co według niego świadczy przede wszystkim o znacznym ruchu postępowym (w przód) wydm.

niż na pustyniach³. Przyczyna tego może tkwić zarówno w dynamice wiatrów wydmotwórczych, mniejszej niż na pustyniach, jak i w ogólnych warunkach paleogeograficznych.

W obrębie warstw mających grubość 2—10 cm występują bardzo cienkie laminy, o grubości rzędu kilku milimetrów i części milimetra. Są one faliste i często nieciągłe. Piasek lamin wykazuje rytmiczne zróżnicowanie frakcjonalne. Różna też jest spoistość poszczególnych lamin. Fakty te powodują, że na wyschniętych ścianach odkrywek wydmowych tworzą się korazyjne gzymsy piaszczyste. Pomiedzy warstwami mogą występować smugi żelaziste o grubości 0,5—2 cm.

W stropowej partii piasków warstwowanych istnieje pewne zaburzenie regularnego dotąd warstwowania. Zwracają uwagę zaburzenia o kierunku pionowym, prostopadłe do przebiegu warstw, sięgające do głębokości 2—2,5 m. Są to struktury pokorzeniowe, w osi których zachowane są jeszcze niekiedy szczątki korzeni drzew. Mogą one powodować zarówno odkształcenia warstw (fot. 3), jak również smugi i plamy białego piasku, w których lokalnie zanika warstwowanie (fot. 3, 4, 5).

W stropie wydm występuje seria bezstrukturalna (fot. 5, 7). Jej miąższość dochodzić może do 2,5 m, ale rzadko przekracza 2 m. Najczęściej są to pokrywy o miąższości 1—1,5 m. W spągu piaski bezstrukturalne przechodzą bez wyraźnej granicy w piaski warstwowane. Warstwa bezstrukturalna występuje nie we wszystkich wydmach. Największą jej miąższość stwierdzono na kulminacjach, a zmniejszenie miąższości lub nawet wyklinowywanie — na stokach wydm. Warstwa bezstrukturalna związana jest ściśle ze współczesnymi i kopalnymi glebami typu bielicowego. Gleby występują w stropie odpowiadających im serii bezstrukturalnych. Jeśli chodzi o gleby kopalne, to najczęściej jest to jeden horyzont, występujący na głębokości do 2,5 m, przykryty szarym niewarstwowanym piaskiem współczesnej akumulacji eolicznej. Na podstawie pewnych cech przewodnich bielicowych gleb kopalnych (np. obecność wśród nich węgielków drzewnych) i przez analizę porównawczą można przypuszczać, że powstały one w holocenie przed okresem subborealnym, a więc najprawdopodobniej są to w większości gleby wieku borealno-atlantyckiego. Podobne datowanie gleb kopalnych przyjmują: S. Kozarski, K. Tobolski (1963, 1968) oraz W. Stankowski i F. Szafrański (1963). Na okres borealny przypada powstanie naj-

³ Tytułem przykładu można podać, że szybkość przemieszczenia się barchanów w strefie pustynnej ocenia się średnio na 3 m/rok. Spotyka się jednakże przypadki ruchu barchanów z szybkością do 30 m/dobę, a średnia roczna szybkość przesuwania się barchanów w klimacie skrajnie suchym, na przykład na NW wybrzeżu afrykańskim, może dochodzić do 30 m (L. N. Botwinkina, 1962, i inni).

Tab. 12. Uziarnienie serii bezstrukturalnej w wydmach (wartości średnie z 5 wydm)
 Granulométrie de la série à structure détruite dans les dunes (valeurs moyennes de cinq dunes)

Pochodzenie piasku	Średnica frakcji w mm										Md	So	D
	pow. 0,08	0,08—0,10	0,10—0,25	0,25—0,50	0,50—0,80	0,80—1,00	1,00—2,00	2,00					
Seria bezstrukturalna (próbki z głęb. 0,5—0,6 m)	2,3	2,5	40,7	48,4	5,0	0,9	0,3	—	0,272	1,495	0,215		
Podłoże — warstwowany pia- sek wydmy (próbki z głęb. 1,0—4,0 m)	0,6	1,0	40,1	52,6	4,6	1,1	0,4	0,0	0,289	1,468	0,218		

Skład mechaniczny w % wagowych

Tab. 13. Obróbka ziarn kwarcu frakcji 0,8—1 mm z serii bezstrukturalnej wydm (wartości średnie z 5 wydm)
 Façonnement des grains de quartz de fraction 0,8—1 mm dans la série à structure détruite des dunes (valeurs moyennes
 de 5 dunes)

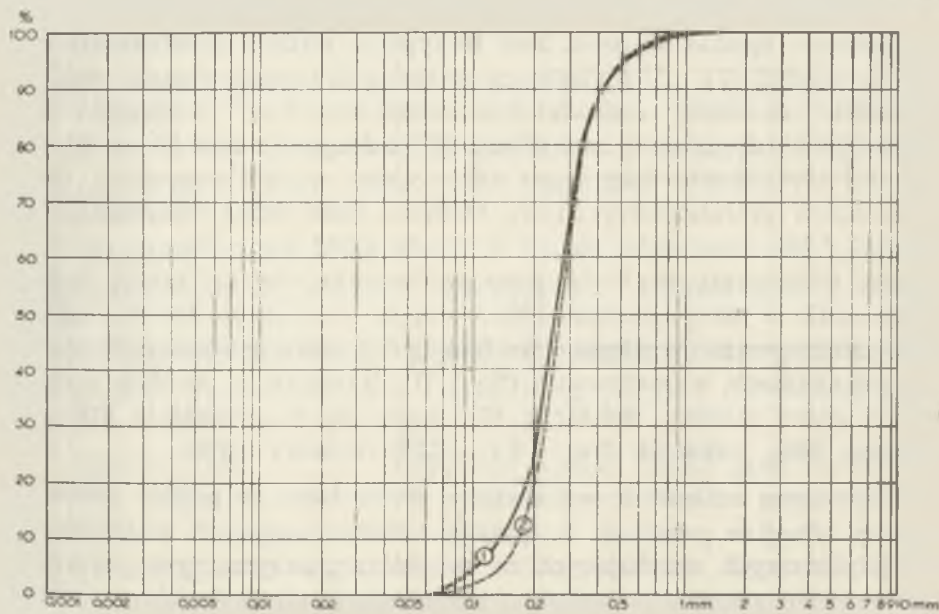
Pochodzenie piasku	Udział w % ilościowych w klasach kątowych										Główne typy obróbki		
	γ Dobra obróbka 0-8° Typ starczy	β Typ pośredni, 8-16° dojrzaly	α Bez obróbki		Ce	Wc	Nm	O _E		γ	β	α	
			16-24° Typ mło- dotiany	α ₁ 20-24°				α ₂ 16-20°					
Seria bezstrukturalna (próbki z głęb. 0,5—0,6 m)	6,6	18,3	14,9	15,2	32,3	12,1	14,7	936	10,6	24,9	30,1	45,0	1,49
Podłoże — warstwowany pia- sek wydmy (próbki z głęb. 1,0—4,0 m)	8,1	21,5	13,1	16,3	29,3	11,7	13,9	948	11,2	29,6	29,4	41,0	1,27

γ₁ 0-4° γ₂ 4-8° β₁ 8-12° β₂ 12-16° α₁ 16-20° α₂ 20-24°

starszej gleby bielcowej w wydmie śródlądowej we Francji (C. Alier, 1966).

W świetle powyższych faktów skłonny jestem uważać, że warstwy bezstrukturalne są produktem holocenijskich procesów glebotwórczych. Jest to stanowisko różniące się od reprezentowanego przez W. Stankowskiego (1963) i U. Urbaniak (1969), według których warstwy bezstrukturalne powstały w wyniku wietrzenia w warunkach peryglacjalnych.

Badania granulometryczne wykazały, że pomiędzy piaskiem serii bezstrukturalnej a „podłożem”—piaskiem warstwowanym wydmy zachodzą nieznaczne, niemniej wyraźne i bardzo charakterystyczne różnice (tab. 12, 13, ryc. 11). Na warstwę bezstrukturalną składa się piasek drobniejszy od piasku warstwowego. Największa różnica istnieje we frakcji pylastej (poniżej 0,10 mm), której w piasku warstwowanym jest 1,6%, a w warstwie bezstrukturalnej 4,8%. Piasek bezstrukturalny jest również gorzej wysortowany i gorzej obrobiony. Pod względem obróbki istnieje w warstwie bezstrukturalnej wyraźne zmniejszenie udziału typu



Ryc. 11. Krzywe kumulacyjne serii bezstrukturalnej i piasku warstwowanego w wydmach; 1—seria bezstrukturalna, 2—piasek warstwowany wydmy
 Courbes d'accumulation de la série à structure primitive détruite et des sables stratifiés dans les dunes; 1—série à structure détruite, 2—sable stratifié de la dune

ziarn z dobrą obróbką (typ γ), a zwiększenie udziału ziarn bez obróbki (typ α).

Jakkolwiek wyniki analizy granulometrycznej nie rozstrzygają same przez się o genezie warstwy bezstrukturalnej i świadczą tylko na rzecz ogólnie wietrzeniowego jej charakteru, mogą być wykorzystane dla ilościowej oceny zmian tworzywa wydmowego pod wpływem działania procesów glebotwórczych.

ZMIENNOŚĆ WSKAŹNIKÓW GRANULOMETRYCZNYCH W OBREBIE WYDM

Znajomość zmienności wskaźników granulometrycznych w obrębie wydmy, zarówno w profilu pionowym, jak i poziomym, ma duże znaczenie dla metodyki pobierania prób piasków wydmych dla celów porównawczych, jak również przy rozpatrywaniu szeregu problemów wydmych, na przykład kierunku wiatru wydmotwórczego i typów genetycznych wydmy.

Szczegółowo przebadano jedną wydmy — koło Stalowej Woli, z której pobrano łącznie 30 prób. Jest to typowa wydma paraboliczna średniej wysokości (14 m), posiadająca wyraźną asymetrię zboczy; stok proksymalny od strony zachodniej o nachyleniu $3-8^\circ$ i długości około 300 m i stok dystalny o nachyleniu 17° i długości około 50 m. W wydmy tej stwierdzono uderzająco duży zakres wahań wszystkich prawie parametrów granulometrycznych. Mediana (Md) której wartość średnia wynosi 0,245 mm, waha się od 0,191 do 0,302 mm. Jeszcze ostrzej te różnice uziarnienia wychodzą przy porównaniu udziału frakcji pylastej: średnia dla wydmy wartość 12% waha się od 2,4 do 26,1%. Podobnie duże zróżnicowanie występuje we frakcjach piasku gruboziarnistego oraz we wskaźnikach wysortowania (So i D). Również w obróbce zachodzą bardzo duże różnice: wskaźnik W_o waha się w przedziale 826—1070 (średnio 949), wskaźnik N_m — 6,7—12,2% (średnio 9,4%).

Największą zmienność wskaźników stwierdzono w profilu pionowym wydmy. Analiza przebiegu krzywych sedymentacyjnych w trzech profilach pionowych znajdujących się na stoku proksymalnym pozwala na wyciągnięcie wniosku o ciągłości i równoległości serii, charakteryzujących się jednakowymi tendencjami zmian tworzywa wydmowego. Świadczyłoby to o nieprzemieszczaniu się wydmy względnie o słabym jej ruchu. Można więc tą drogą odtworzyć kolejne etapy narastania stoku, a więc można odtworzyć — na przekroju poprzecznym wydmy — linie przebiegu kopalnych stoków. Przy bliższej, jakościowej charakterystyce wskaź-

ników można by określić warunki aerodynamiczne poszczególnych etapów wzrostu wydmy⁴.

Zebrany przy analizie wydmy „Stalowa Wola” materiał jest wystarczająco duży, aby móc wyciągnąć pewne wnioski co do sposobu pobierania próbek wydmowych i ich ilości dla badań typu przeglądowego, porównawczego. Sprawa nie jest bagatelna, jeśli uświadomimy sobie duże zróżnicowanie materiału w obrębie wydmy. Idealnym rozwiązaniem byłoby znalezienie takiego miejsca w wydmie, z którego nawet jedna próba oddawałaby dokładnie średnie uziarnienie wydmy. Przy rozpatrywaniu przekroju poprzecznego wydmy parabolicznej okazało się, że stok proksymalny i grzbiet mają wartości najbardziej zbliżone do średnich dla całej wydmy, znacznie natomiast odbiegają od tych średnich wartości dla stoku dystalnego. Stok proksymalny wykazuje jednak na swej długości zróżnicowanie granulometryczne, na przykład drobnienie materiału wzdłuż stoku, związane ze zmiennym charakterem morfodynamicznym. Dodatkową trudność w wyborze próbki zbliżonej do średniej stwarza okoliczność, że stok proksymalny jest dość silnie urzeźbiony — tworzy powierzchnię złożoną z pagórków i obniżen, mających niekiedy charakter rowów prostopadłych do biegu stoku. Te mikroformy wykazują również zróżnicowanie tworzywa.

W świetle powyższych faktów należy stwierdzić, że największą szansę pobrania próbki zbliżonej do średniej mamy na grzbiecie (wierzchołku) wydmy. Próbki zaś powinny być pobierane poniżej serii bezstrukturalnej i poniżej oddziaływania współczesnych procesów glebotwórczych, tzn. z głębokości 1,5—2 m.

Na szerszym materiale przebadano zmienność wskaźników granulometrycznych wydm w profilach równoległych i poprzecznych. Chodziło o określenie przydatności metody granulometrycznej dla wnioskowania o typach genetycznych wydm, a także dla określenia kierunku i prędkości wiatrów wydmotwórczych. Niektóre wyniki tych rozważań zostały uwzględnione we wcześniejszej pracy autora (J. W o j t a n o w i c z, 1971).

W tabelach (tab. 14, 15) zestawiono wyniki badań granulometrycznych, które wykonano dla wydm parabolicznych i wałów poprzecznych. Potraktowano oba typy wydm wspólnie ze względu na podobieństwo procesów aerodynamicznych, które w konsekwencji doprowadziły do wytworzenia asymetrii w przekroju poprzecznym wydm. Dwa różne rodzaje stoków łącznie z ogólnym kształtem wydmy najlepiej określają typ wydmy i wskazują na kierunek wiatru wydmotwórczego. We wskaź-

⁴ Pełne opracowanie tych wyników łącznie z analizą minerałów ciężkich znajdzie się w oddzielnej publikacji (wspólnie z J. T r e m b a c z o w s k i m).

Tab. 14. Uziarnienie wydym parabolicznych i wałowych poprzecznych w przekroju równoległym do kierunku wiatru (wartości średnie z 6 wydym)
 Granulométrie des dunes paraboliques et des dunes en rempart transversales dans le profil parallèle à la direction du vent (valeurs moyennes de six dunes)

Pochodzenie piasku	Skład mechaniczny w % wagowych										Md	So	D
	0,08 pow.	0,08—0,10	0,10—0,25	0,25—0,50	0,50—0,80	0,80—1,00	1,00—2,00	pow. 2,00	Średnica frakcji w mm				
Stok proksymalny	1,4	5,9	42,1	41,8	6,0	2,2	0,6	0,0	0,263	1,565	0,227		
Grzbiet	1,1	1,9	51,5	40,8	3,5	0,9	0,2	0,0	0,245	1,475	0,197		
Stok dystalny	1,7	6,8	48,0	39,4	3,6	0,8	0,1	0,0	0,230	1,527	0,200		

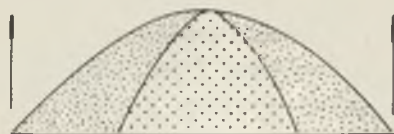
Tab. 15. Obróbka ziarn kwarcu frakcji 0,8—1 mm w wydymach parabolicznych i wałowych poprzecznych — w przekroju równoległym do kierunku wiatru (wartości średnie z 6 wydym)
 Façonnement des grains de quartz de fraction 0,8—1 mm dans les dunes paraboliques et les dunes en rempart transversales, dans le profil parallèle à la direction du vent (valeurs moyennes de six dunes)

Pochodzenie piasku	Udział w % ilościowych w klasach kątowych										Główne typy obróbki					
	α Bez obróbki, 16-24° Typ młodociany										Ce	Wo	Nm	O _E		
	γ Dobra obróbka 0-8° Typ starczy	β Typ pośredni, 8-16° dojrzaly	β Typ pośredni, 16-24°	α Bez obróbki, 16-24°	α ₁ 20-24°	γ	β	α								
Stok proksymalny	6,7	17,4	16,3	19,2	27,7	12,7	13,2	880	8,5	24,1	35,5	40,4	1,71			
Grzbiet	6,7	14,7	16,6	19,4	34,0	8,6	14,5	895	9,3	21,4	36,0	42,6	1,54			
Stok dystalny	5,9	16,1	13,4	16,1	27,5	21,0	15,1	779	9,9	22,0	29,5	48,5	1,86			

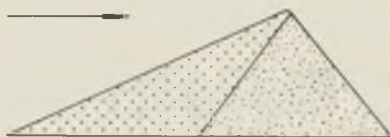
nikach uziarnienia i obróbki szukano potwierdzenia kierunku transportu oraz określenia dynamiki procesu eolicznego.

Przede wszystkim stwierdzono drobnienie materiału zgodnie z kierunkiem wiania wiatru: najgrubsze ziarno występuje więc na stoku proksymalnym ($Md=0,263$), najdrobniejsze na stoku dystalnym ($Md=0,230$). Na stoku dystalnym ma miejsce zwiększenie zawartości frakcji najdrobniejszej, poniżej 0,1 mm. Zależności te są zgodne z wynikami innych autorów, m. in. W. Stankowskiego (1963), który szczególnie badał to zagadnienie. Stok dystalny, który jest strefą akumulacji, osiadania materiału — również tego, który jest transportowany w formie zawiesiny — wykazuje niższy wskaźnik obróbki niż stok proksymalny. Różnice w obróbce pomiędzy poszczególnymi częściami wydmy są także wynikiem selekcji eolicznej.

A. Wał podłużny



B. Wydma paraboliczna, wał poprzeczny



Ryc. 12. Rozkład grubszych i drobniejszych ziarn piasku w przekroju poprzecznym wydmy

Disposition des grains de sable grossiers et des grains plus fins dans le profil transversal de la dune: A — rempart longitudinal, B — dune parabolique, rempart transversal

Inaczej przedstawia się rozkład grubszych i drobniejszych ziarn w przekroju poprzecznym wydmy wałowej podłużnej (ryc. 12). Ziarno grubsze, lepiej wysortowane i lepiej obrobione, występuje w partii centralnej, w „jądrze” wydmy, natomiast stoki wydmy mają piasek wyraźnie drobniejszy i gorzej obrobiony.

Wyniki analizy granulometrycznej potwierdzają wykazany na podstawie badań geomorfologicznych charakter stoków i kierunek transportu eolicznego, a jednocześnie kierunek wiatru wydmotwórczego. Wyniki te mogą być także wykorzystane przy określaniu genezy wydm.

WNIOSKI

1. Wydmy Niziny Sandomierskiej charakteryzują się piaskiem średnio- i drobnoziarnistym ($Md=0,266$), w którym 88,1% ziarn mieści się we frakcji 0,10—0,50 mm. Jest to piasek dobrze wysortowany ($So=1,522$)

i „dojrzały” pod względem obróbki; 63,8% ziarn wykazuje się dość znacznie zaawansowanym stopniem obróbki, z tego 39,8% ma obróbkę bardzo dobrą i dobrą. Godna podkreślenia jest wysoka wartość wskaźnika niejednorodności obróbki — $N_m = 9,4$. W składzie mineralnym dominuje kwarc (95—98%), a minerały ciężkie, których głównymi składnikami są granat, cyrkon, turmalin, staurolit, stanowią mały ułamek procentu (0,03—0,22%) ogólnego składu.

2. Stwierdzono dość ściśle zależność pomiędzy tworzywem bezpośredniego przedpola (podłoża) wydym a samymi wydmami. Piasek wydym jest lepiej wysortowany, wykazuje lepszą obróbkę i większy wskaźnik niejednorodności obróbki. Różnice są niewielkie, wyliczono je na 9—9,5%, cyfrę zastanawiająco stałą we wszystkich parametrach granulometrycznych. Jest to jednocześnie „wskaźnik eolizacji” materiału w ostatnim cyklu wydymotwórczym. Ta zależność tworzywa wydym od bezpośredniego podłoża znajduje odbicie w zróżnicowaniu regionalnym wydym Niziny Sandomierskiej pod względem cech granulometrycznych. Wydzielone prowincje tworzywa wydymowego pokrywają się ściśle z głównymi jednostkami geomorfologicznymi, które są równocześnie odrębnymi jednostkami sedymentologicznymi. Wielkość omawianego zróżnicowania jest uderzająco duża zważywszy zwartość i jednolitość Niziny Sandomierskiej, krainy wyznaczonej przez wyraźne granice. Najmniej wysortowany i obrobiony piasek mają wydmy południowo-wschodniej części Niziny Sandomierskiej — obszary nad rzekami Szkło i Lubaczówka (Płaskowyż Lubaczowski), a także wydmy w widłach Sanu i Wisłoka (Rynna Podkarpacka). Najlepszą obróbką charakteryzują się wydmy rozległych, płaskich równin piaszczystych: terasy plejstoceńskiej doliny Sanu i równiny proluwialnej na przedpolu Rostocza. Wydmy płaskowyżów odznaczają się znacznym zróżnicowaniem tworzywa i ogólnie gorszymi wskaźnikami wysortowania i obróbki.

Teza o ścisłej zależności tworzywa wydym od podłoża nie została postawiona po raz pierwszy. Bardzo mocno podkreślał to B. K r y g o w s k i (1958) w odniesieniu do wydym całej Polski i prawie wszyscy późniejsi autorzy zajmujący się owym zagadnieniem. Na tej podstawie można by wysnuć bardzo istotny wniosek, że zróżnicowanie tworzywa wydymowego w skali całego kraju jest odzwierciedleniem wyłącznie cech sedymentologiczno-granulometrycznych podłoża, przy braku zróżnicowania, inaczej jednolitości, natężenia działalności eolicznej w czasie okresu wydymotwórczego w Polsce u schyłku glacjału. Wniosek ten należy jednak sprawdzić przez ustalenie — podobnie jak to zrobił autor dla wydym Niziny Sandomierskiej — „wskaźnika eolizacji”.

3. Charakterystyka serii bezstrukturalnej wykazała, że procesy, które doprowadziły do zniszczenia warstwowania stropowej warstwy wydym,

zaznaczyły się również trwałymi zmianami w ziarnie piasku. Nastąpiło jego rozdrobnienie i wzrost zawartości frakcji pylastej, a także wzrost udziału ziarn bez obróbki. Zdaniem autora, cała seria bezstrukturalna jest wynikiem działania holocenów procesów glebowych.

4. Stwierdzono zgodność wniosków wynikających z badań geomorfologicznych i granulometrycznych odnośnie niektórych podstawowych problemów wydmowych, jak kierunków wiatrów wydmotwórczych i typów genetycznych wydm, co dobrze świadczy zarówno o jednej, jak i drugiej metodzie badań.

LITERATURA

1. Alexandrowiczowa Z.: Piaski i formy wydmowe Pustyni Błędowskiej (Sables et dunes du désert de Błędów). *Ochrona Przyrody*, R. 28, 1962, s. 225—263.
2. Alimen H., Chavaillon J., Duplaix S.: Minéraux lourds des sédiments quaternaires du Sahara Nord—Occidental. *Publ. du Centre de Rech. sur les Zones Arides, Centre Nat. de la Rech. Sc., sér. Géologie*, 4, Alger 1964.
3. Allier C.: Formation et evolution dune continentale en forêt de Fontainebleau. *Rev. Gemorphol. Dyn.*, 16, 1966, 3, s. 101—113.
4. Borsy Z.: Adelekok a lengyelországi futohomok kérdéshes (Contributions to the Problem of Wind-blown Sand in Poland). *Acta Geogr. Debrec.*, 1964, 10/3, s. 109—142.
5. Botwinkina L. N.: Słoiost' osadocnych porod. *Trudy Geolog. Inst. AN SSSR*, wyp. 59, Moskwa 1962.
6. Botwinkina L. N.: Metodiceskoje rukowodstvo po izuczeniju słoiosti. *Trudy Geolog. inst. AN SSSR*, wyp. 119, Moskwa 1965.
7. Brzozowski J.: Wydmy północno-zachodniej części Płaskowyżu Jędrzejowskiego (Dunes of the N.—W. Part of the Jędrzejów Upland). *Rocznik Nauk.—Dydakt. WSP w Krakowie*, z. 10; *Prace Geogr.*, Kraków 1962, s. 25—34.
8. Butrym J.: Utwory pyłowe wschodniej części Niziny Sandomierskiej (Silty Formation in the Eastern Part of the Nizina Sandomierska). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XXIII (1968), 4, Lublin 1970.
9. Butrym J., Cegła J.: Badania morfologii ziarn i struktury utworów klastycznych przy zastosowaniu profilów utrwalonych na taśmie przezroczystej (Application of Transparent Adhesive Tape in Analyses of Grain Morphology and Granulometric Analyses of Clastic Sediments). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XVII (1962), 3, Lublin 1964.
10. Dobrzański B., Malicki A.: Rzekome loessy i rzekome gleby loessowe okolic Leżajska (Pseudo-loesses and Pseudo-loess Soils in the Enviroment of Leżajsk). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. III (1948), 11, Lublin 1949.
11. Gwóźdz R., Racinowski R.: Analiza porównawcza minerałów ciężkich z drobnodziarnistych utworów czwartorzędowych i górnokredowych Wyżyny Lubelskiej (Comparative Analysis of Heavy Minerals from Quaternary and Upper Cretaceous Formations of the Lublin Upland Area). *Kwart. Geol.*, 1968, 2, s. 388—402.

12. Kolasa M., Chmura K., Smorągiewicz W.: Z badań nad piaskami wydmowymi z obszaru położonego w widłach Wisły i Dunajca (Notes on the Dune Sands in the Rivers Vistula and Dunajec). *Zeszyty Nauk AGH. Geologia*, 1, Kraków 1955, s. 155—170.
13. Kozarski S., Tobolski K.: Wiek gleby kopalnej w wydmach w Pradolinie Noteci koło Czarnkowa (Age of Fossil Soil in Dunes of the Noteć Ice Marginal Valley near Czarnków). *Badania Fizjogr. nad Polską Zach.*, XI, Poznań 1963, s. 213—229.
14. Kozarski S., Tobolski K.: Holocenijskie przeobrażenia wydm śródlądowych w Wielkopolsce w świetle badań geomorfologicznych i palynologicznych. *Holocene Transformations of Inland Dunes in Wielkopolska in the Light of Geomorphological and Palynological Investigations. Folia Quatern.*, 29, Kraków 1968, s. 127—134.
15. Krygowski B.: Niektóre dane o piaskach wydm śródlądowych na terenie Folski (Quelques données sur les sables des dunes continentales). *Wydmy śródl. Polski*, cz. I, Warszawa 1958, s. 73—86.
16. Krygowski B.: Geografia fizyczna Niziny Wielkopolskiej. Cz. I. Geomorfologia (Physical Geography of the Great Poland Lowland. Part I. Geomorphology). *Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Wydz. Mat.-Przyr., Kom. Fizjogr.*, Poznań 1961.
17. Krygowski B.: Graniformametrija mechaniczna — teoria i zastosowanie (Die Mechanische Graniformametrie — Theorie und Anwendung). *Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Prace Kom. Geogr.-Geol.*, II, z. 4, Poznań 1964.
18. Krygowska L., Krygowski B.: The Dynamics of Sedimentary Environments in the Light of Histogram Types of Grain Abrasion. *Geogr. Polon.*, 1968, 14, s. 87—92.
19. Macher J.: Różnice we współczynnikach filtracji wyznaczonych różnymi metodami na przykładzie piasków wydmowych rejonu Warszawy (Differences in the Filtration Coefficients Computed by Means of Various Methods, Exemplified on Dune Sands from the Warsaw Region). *Kwart. Geol.*, 1963, 3, s. 470—483.
20. Małkowski S.: O wydmach piaszczystych okolic Warszawy (Les dunes des environs de Varsovie). *Prace Tow. Nauk. Warsz.*, III, 23, Warszawa 1917.
21. Maruszczak H.: Probleme de l'action eolienne dans la zone periglaciaire Pléistocene a la lumiere des indices granulométriques. *Biul. Perygl.*, 14, 1964, s. 257—273.
22. Maruszczak H., Trembaczowski J.: Próba porównania wydm śródlądowych okolic Widina (Bułgaria) i Wyżyny Lubelskiej (Polska) (Attempt of Comparing Continental Dunes of the Vidin Region (Bulgaria) with Dunes of the Lublin Plateau (Poland)). *Czas. Geogr.*, XXXI, 2, 1960, s. 163—178.
23. Maruszczak H., Wojtanowicz J.: Analiza porównawcza piasków wydmowych Polski południowo-wschodniej i Węgier. *Zeszyty Nauk. Uniw. AM w Poznaniu, Geografia*, 7, Poznań 1967, s. 113—129.
24. McKee E. D.: Structures of Dunes at White Sands National Monument, New Mexico (and a Comparison with Dunes from other Selected Areas). *Sedimentology*, 7, 1966, 1, Special Issue.
25. Morawski J.: Osady piaszczyste Wyżyny Lubelskiej — studium sedymentologiczne. *Rozprawa habil., UMCS, Lublin* 1965.
26. Morawski J.: Charakterystyka cyrkonów z wydm Kotliny Chodelskiej (Eine Charakteristik der Zirkone aus Dünen des Chodelbeckens). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XX (1965), 1, Lublin 1968.

27. Morawski J.: Charakteristik des Quarzkörner aus Sandablagerungen der Lubliner Hochebene. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. XXII (1967), 7, Lublin 1969.
28. Racinowski R.: O granulometrii osadów klastycznych okolic Biłgoraja (Sur la granulométrie des dépôts clastiques des environs de Biłgoraj). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. XIII (1958), 7, Lublin 1960.
29. Racinowski R.: Sedymentacja osadów czwartorzędowych w okolicach Biłgoraja (Sedimentation of Quaternary Deposits in the Vicinity of Biłgoraj (Eastern Poland)). Biul. Inst. Geol., 220; Z badań czwart. w Polsce, 12, 1969, s. 275—288.
30. Sekyra J.: Wind-blown Sands. Prace Inst. Geol., 34; Czwartorzęd Europy Sr. i Wsch. Cz. I, Warszawa 1961, s. 29—38.
31. Sidorenko A. D.: Eołowaja diffierencyacja wieszczstwa w pustynie. Izw. AN SSSR, sier. geogr., 1956, nr 3, s. 3—22.
32. Stankowski W.: Z metodyki badań nad wydmami na przykładzie wydm Basenu Szczecińskiego (Results Hitherto Obtained in Investigation of Dunes of Szczecin Basin). Czas. Geogr., XXXII, 1, 1961, s. 57—76.
33. Stankowski W.: Rzeźba eoliczna Polski północno-zachodniej na podstawie wybranych obszarów (Eolian Relief of North-West Poland on the Ground of Chosen Regions). Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Wyd. Mat.-Przyr.; Prace Kom. Geogr.-Geol., IV, z. 1, 1963.
34. Stankowski W., Szafranski F.: Gleba kopalna w wydmie koło Nowego Tomysła (Fossil Soil in Dune near Nowy Tomyśl). Badania Fizjogr. nad Polską Zach., XII, 1963, s. 317—322.
35. Stochlak J.: Charakterystyka własności fizyczno-mechanicznych sypkich utworów czwartorzędowych przełomowego odcinka Wisły środkowej i wyżyn przyległych. Geolog. probl. zagosp. Wisły środk., Materiały Sympozjum w Kazimierzu Dolnym 27—29 IX 1965, Warszawa 1965, 1, s. 97—124.
36. Trembaczowski J.: Próba wyjaśnienia pochodzenia piasków plaży i wydm w Puławach (Origin of Beach and Dune Sands in Puławy). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. III (1948), 4, Lublin 1949.
37. Trembaczowski J.: Barchany północnego brzegu jeziora Char us nuur w Kotlinie Wielkich Jezior (Zachodnia Mongolia) (Barchane des nördlichen Seeufers von Char us nuur in Becken der Grossen Seen Westliche Mongolei). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. XXI (1966), 4, Lublin 1968.
38. Urbaniak U.: Skład mineralny piasków wydmych w Kotlinie Fłockiej (Mineral Composition of Dune Sands from the Płock Basin). Przegl. Geogr., 38, 3, 1966, s. 435—453.
39. Urbaniak U.: Les sables de couverture les cryoturbations et les fractures dans les dunes du Bassin de Płock. Biul. Perygl., 19, 1969, s. 399—422.
40. Więckowski R.: Frakcja podstawowa w piaskach pochodzenia eolicznego (Basal Fraction in the Eolian Sands). Biul. Geolog UW, I (cz. 1), Warszawa 1961, s. 148—155.
41. Witek S.: Kilka uwag o uziarnieniu i wysortowaniu piasków wydmych w Kotlinie Sandomierskiej. Przegl. Geol., 1969, 10, s. 515—519.
42. Wojtanowicz J.: Wydmy międzrzecza Sanu i Łęgu (The Dunes of the Area between the San and Łęg Rivers). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. XX (1965), 4, Lublin 1968.
43. Wojtanowicz J.: Typy genetyczne wydm Niziny Sandomierskiej (Types génétiques de dunes dans le Bassin de Sandomierz). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. XXIV (1969), 1, Lublin 1971.

OBJAŚNIENIA FOTOGRAFII

Fot. 1. Struktura wydmy. W stropie „czapa” korzeni sosny. Lipa (przekop kolejowy).

Fot. 2. Struktura wału wydmowego koło Grębowa. Warstwowanie typu „seif”, charakterystyczne ząbienie się warstw, które od czoła wydmy opadają w przeciwnych kierunkach, w stronę spadku zboczy (maksymalne nachylenia warstw 13—16°).

Fot. 3. Formy zaburzeń pokorzeniowych i smugi pokorzeniowe. Leżajsk.

Fot. 4. Smuga pokorzeniowa. Stale

Fot. 5. Struktura stropowej partii wydmy. Odsłonięta gleba kopalna, seria bezstrukturalna, smuga pokorzeniowa i współczesny system korzeniowy lasu sosnowego. Grębów.

Fot. 6. Typ warstwowania równoległego, horyzontalnego, w znacznym stopniu „zniszczonego” w stropie wydmy przez procesy glebotwórcze. Leżajsk.

Fot. 7. Seria bezstrukturalna w stropie wydmy. Lipa (sylikaty).

Fot. 8. Gleba kopalna w wydmy; pełny profil bielcowy, poziom A_1 zredukowany z węgielkami drzewnymi. Osia Góra (na W od Raniżowa).

РЕЗЮМЕ

В работе дана гранулометрическая характеристика дюн средней и восточной части Сандомирской низменности — района площадью приблизительно 7500 км², расположенного в бассейне р. Сан. Этот район автор рассматривал также в работе, посвященной генетическим типам дюн (Ю. Войтанович, 1971). Гранулометрические исследования состояли из анализа механического состава и анализа окатанности. Проанализировано около 250 проб песка дюн и основания. В некоторых дюнных пробах определили минеральный состав, а в 10-ти из них определили содержание тяжелых минералов. Окатанность зерен кварца фракции 0,8—1,0 мм определена методом механической граниформаметрии Б. Крыговского (1964).

Для дюн Сандомирской низменности характерны средне- и мелкозернистые пески ($Md=0,266$), 88,1% зерен которых приходится на фракцию 0,10—0,50 мм. Это хорошо отсортированный песок ($So=1,522$) и „зрелый” в отношении окатанности; 63,8% зерен имеет значительную степень окатанности, из этого 39,8% имеет очень хорошую и хорошую степень окатанности. Заслуживает внимания высокий показатель неоднородности $Nm=9,4$ (табл. 1,2). В минеральном составе преобладает кварц (95—98%), а тяжелые минералы, в состав которых в основном входят: циркон, турмалин, ставролит, составляют небольшой процент (0,03—0,22%) от общего состава (табл. 8).

Обнаружена довольно тесная зависимость между материалом непосредственного основания дюн и самими дюнами (табл. 9, 10). Песок

дюн отсортирован лучше; имеет более крупное зерно (медиану), лучшую окатанность и одновременно больший показатель неоднородности обработки (N_m) по сравнению с песком основания. Разницы между песками дюн и оснований небольшие, составляют 9—9,5% (число удивительно постоянное во всех гранулометрических параметрах). Это число одновременно является „показателем эолизации” материала во время последнего периода образования дюн. Зависимость материала дюн непосредственно от основания находит свое отражение в региональной дифференциации в отношении гранулометрических черт дюн Сандомирской низменности. Выделенные провинции дюнного материала точно совпадают с главными геоморфологическими единицами, которые являются одновременно обособленными седиментационными единицами. Для дюн юго-восточной части Сандомирской низменности, районы над реками Шкло и Любачувка (табл. 3), а также для дюн между реками Сан и Вислок (табл. 4) характерны наиболее слабо отсортированные и окатанные пески. Наиболее лучшая окатанность песков выступает в дюнах на обширных, плоских песчаных равнинах плейстоценовой террасы долины р. Сан (табл. 5) и пролювиальной равнины на территориях, расположенных на юг от Розточа (табл. 6). Дюны плоских возвышенностей отличаются значительной дифференциацией материала и в основном более низкими коэффициентами сортировки и окатанности (табл. 3, 7).

Из всего этого можно заключить, что мнение разных авторов (в частности В. Станковского, 1963; Е. Д. Макки, 1966), согласно которому вместе с направлением ветра выступает мельчение дюнного песка, растет его сортировка и окатанность, может оправдаться лишь в пределах одного замкнутого дюнного поля, имеющего общий и однородный район снабжения.

Эту тесную зависимость материала дюн от основания относительно дюн всей Польши усиленно отстаивал Б. Крыговский (1958), а также все последующие авторы, которые занимались гранулометрией песков дюн в разных районах страны. На основе этого можно заключить, что дифференцирование материала дюн в масштабе всей страны является отражением исключительно седиментационно-гранулометрических черт основания, при условии отсутствия дифференциации в интенсивности эолической деятельности ветра в конце оледенения, когда начались дюнообразующие процессы.

Рассмотрен также вопрос так называемой бесструктурной серии, которая выступает в кровле дюн и может достигать 2,5 м. Чаще всего мощность этой серии равна 1,0—1,5 м. Бесструктурная серия тесно связана с почвами подзольного типа: современными и ископаемыми — голоценовыми. Характеристика бесструктурной серии показала, что про-

цессы, разрушившие слои кровли дюн, отмечались также устойчивыми изменениями в зернистости песка. Произошло его размельчение. В результате чего увеличилось участие пыльной фракции (от 1,6% до 4,8%), а также увеличилось участие неокатанных зерен — зерен типа α (табл. 12, 13). По мнению автора, вся бесструктурная серия — результат голоценовых почвообразовательных процессов. Это мнение расходится с мнением, например, В. Станковского (1963), и У. Урбаняк (1969), согласно которому бесструктурный слой образовался в процессе выветривания в перигляциальных условиях.

В структуре дюн Сандомирской низменности преобладают слои с небольшим углом наклона (от 3—5° до 11—12°), которые свидетельствуют о сохранении проксимальных склонов дюн. Гранулометрический анализ нескольких вертикальных разрезов на проксимальном склоне дюны позволил реконструировать поверхности ископаемых склонов, которые зафиксированы непрерывными и параллельными сериями с однородными тенденциями изменений материала. Указанные факты свидетельствуют о неподвижности или же о слабом движении дюн.

Исследована также изменчивость гранулометрических показателей дюн в параллельных и поперечных профилях относительно направлению ветра. Обнаружено уменьшение зерен согласно направлению ветра: самые крупные зерна отмечены на проксимальном склоне ($Md=0,263$), самые мелкие — на дистальном склоне ($Md=0,230$). На дистальном склоне выступает увеличение пылевой фракции (табл. 14, 15). Иначе размещены крупные и мелкие зерна в поперечном разрезе продольного дюнного вала (рис. 12). Лучше отсортированные, окатанные и крупные зерна выступают в центральной партии, „ядре“ дюны, а склоны состоят из мелкого и хуже окатанного песка.

Результаты гранулометрического анализа подтверждают, определенные на основе гранулометрических исследований, характер склонов, направление эолового транспорта и одновременно направление дюнообразовательного ветра. Это были ветры из западного сектора. Эти результаты можно использовать для определения генетических типов дюн (Ю. Войтанович, 1971).

ОБЪЯСНЕНИЯ РИСУНКОВ, ФОТОГРАФИЙ И ТАБЛИЦ

Рис. 1. Ситуационный эскиз. Треугольниками обозначены главные места взятия проб: 1 — пробы с анализом механического состава и окатанности, 2 — пробы (1—10 как в табл. 8) с анализом тяжелых минералов.

Рис. 2. Кумуляционные кривые дюн Сандомирской низменности: 1 — средняя кумуляционная кривая, 2 — поле изменчивости кумуляционных кривых.

Рис. 3. Окатанность зерен кварца фракции 0,8—1 мм дюнных песков Сандомирской низменности в треугольной диаграмме. Треугольник А — раздел на поля окатанности α , β , γ ($\alpha\beta\gamma$) по Б. Крыговскому (1964): 1 — дюны долины Сана,

2 — дюны Билгорайской равнины, 3 — дюны Кольбушовской возвышенности, 4 — дюны Тарноградской возвышенности.

Рис. 4. Диаграмма окатанности зерен кварца фракции 0,8—1,0 мм дюнных песков Сандомирской низменности в прямоугольной системе показателей W_0 и N_m . Конструкция диаграммы по методу Б. Крыговского (1964): 1 — дюны долины Сана, 2 — дюны Билгорайской равнины, 3 — дюны Кольбушовской возвышенности, 4 — дюны Тарноградской возвышенности.

Рис. 5. Генетические типы гистограмм окатанности (по Ю. Войтановичу, 1968). Черные прямоугольники отмечают схематически доминирование угловых пределов, свойственных для данного типа окатанности. Стрелки указывают главное характерное направление развития гистограммы. А. Однородный тип (вертикальная тенденция): I. „Старческий” (положительный), II. Средний, III. Юный (отрицательный), В. Неоднородный тип (горизонтальная тенденция): I. Выравненный, II. Двухкульминационный.

Рис. 6. Типы гистограмм окатанности в дюнах Сандомирской низменности: А III — однородный, юный тип, А II — однородный, средний тип, В II — однородный двухкульминационный тип, В I — однородный, выравненный тип.

Рис. 7. Изменчивость главных параметров окатанности зерен в дюнах Сандомирской низменности.

Рис. 8. Кумуляционные кривые песков дюн и песков основания: 1 — дюны, 2 — основание.

Рис. 9. Гистограммы грануляции и окатанности, характеризующие зависимость дюнных песков от песков основания: 1 — дюны, 2 — основание.

Рис. 10. Треугольные диаграммы, представляющие зависимость дюн от основания: А — диаграмма грануляции, В — диаграмма окатанности. Точками (пределы обозначены прерывистой линией) обозначены пески основания (Р), а кружками — пески дюн (W). Литологическое обозначение фракций: ниже 0,25 мм — мелкозернистые и пыльные пески, 0,25—0,5 мм — среднезернистые пески, выше 0,5 мм — крупнозернистые пески.

Рис. 11. Кумуляционные кривые бесструктурной серии и слоистого песка в дюнах: 1 — бесструктурная серия, 2 — слоистый песок дюны.

Рис. 12. Распределение крупных и мелких зерен песка в поперечном разрезе дюны: А — продольный вал, В — параболическая дюна, поперечный вал.

Фот. 1. Структура дюны. Система корней сосны в кровле. Деревня Липа.

Фот. 2. Структура дюнного вала около Грембова. Слоистость типа „сейф”; характерный переплет слоев, максимальный наклон слоев 13—16°.

Фот. 3. Формы следов корней, Лежайск.

Фот. 4. Полосы от корней, Стале.

Фот. 5. Структура кровли дюны. Обнажение ископаемой почвы, бесструктурная серия, полоса от корней и современная корневая система соснового леса, Грембов.

Фот. 6. Параллельный, горизонтальный тип слоистости в кровле дюны значительно разрушенный почвообразовательными процессами, Лежайск.

Фот. 7. Бесструктурная серия в кровле дюны, Деревня Липа.

Фот. 8. Полный профиль подзольной ископаемой почвы в дюне: редуцированный горизонт A_1 с древесным углем. Ося Гура (на запад от Ранижова).

Табл. 1. Средние и крайние величины зернистости дюн Сандомирской низменности.

Табл. 2. Средние и крайние величины окатанности зерен кварца фракции 0,8—1 мм в дюнах Сандомирской низменности.

Табл. 3. Грануляция и окатанность песка дюн Тарноградской возвышенности.

Табл. 4. Грануляция и окатанность песка дюн междуречья Сана и Вислока (Ринна Подкарпатска).

Табл. 5. Грануляция и окатанность песка дюн на плейстоценовой террасе долины Сана.

Табл. 6. Грануляция и окатанность песка дюн Билгорайской равнины.

Табл. 7. Грануляция и окатанность песка дюн Кольбушовской возвышенности.

Табл. 8. Минеральный состав песков дюн Сандомирской низменности, фракция: 0,10—0,25 мм (анализ Я. Трёмбачовского).

Табл. 9. Зависимость дюн от основания; механический состав (средняя 28 проб).

Табл. 10. Зависимость дюн от основания: окатанность зерен кварца фракции 0,8—1 мм (средняя 28 проб).

Табл. 11. Характеристика грануляции и окатанности песков в дюнах на плейстоценовой террасе долины Сана (на отрезке Блоне — Ольшовец Угоры) и в северо-западной части Тарноградской возвышенности.

Табл. 12. Грануляция песков бесструктурной серии в дюнах (средние величины 5 дюн).

Табл. 13. Окатанность зерен кварца фракции 0,8—1,0 мм в бесструктурной серии дюн (средние величины 5 дюн).

Табл. 14. Грануляция песков параболических дюн и поперечных валов в разрезе параллельном направлению ветра (средние величины 6 дюн).

Табл. 15. Окатанность зерен кварца фракции 0,8—1,0 мм в параболических дюнах и поперечных валах в разрезе параллельном направлению ветра (средние величины 6 дюн).

RÉSUMÉ

L'auteur élabore la caractéristique granulométrique des dunes du Bassin de Sandomierz (partie centrale et partie Est du Bassin), terrains d'une superficie de 7.500 km² environ, et situés dans le bassin du San. La précédente publication de l'auteur concernait les types génétiques des dunes du même territoire (J. W o j t a n o w i c z, 1971). L'étude présente comprend l'analyse de la composition (de la granulation) des dunes et l'analyse du façonnement des matériaux constituants. Environ 250 échantillons de sables des dunes et du plancher ont été examinés. Pour certains échantillons des dunes, la composition minérale a été déterminée, dont 10 échantillons ont été analysés sur leur contenu en minéraux lourds. Le façonnement a été déterminé pour les grains de quartz de la fraction 0,8—1 mm par le méthode de graniformamétrie mécanique de B. K r y g o w s k i (1964).

Les dunes du Bassin de Sandomierz sont caractérisées par leurs sables à calibre moyen et fin ($Md=0,266$), dans lesquels 88,1% des grains appartiennent à la fraction 0,10—0,50 mm. C'est un sable bien trié ($So=1,522$) et „mûr” quant à son façonnement, 63,8% des grains présentent un polissage assez bien avancé, (dont 39,8% à façonnement très bon ou bon). Il y a lieu de souligner le considérable indice d'hétérogénéité,

$N_m=9,4$ (tabl. 1, 2). Dans la composition minérale, le quartz est prédominant (95—98%), et les minéraux lourds, représentés surtout par le grenat, le zirconium, la tourmaline et le staurolithe, n'atteignent qu'une fraction de pourcent (0,03—0,22%) du total (tab. 8).

Une dépendance assez stricte a été constatée entre les roches du plancher des dunes et les dunes elles-mêmes (tab. 9, 10). Le sable des dunes est mieux trié, le grain est plus gros (médián), mieux façonné et il présente simultanément un indice de différenciation du façonnement (N_m) plus élevé que celui du sable du plancher. Les différences ne sont pas importantes, elles ont été calculées à 9—9,5%, chiffre pouvant étonner par sa stabilité dans tous les paramètres granulométriques. C'est en même temps l'indice d'éolisation des matériaux au cours de la dernière phase dunogène. Cette dépendance des matériaux des dunes de leur plancher direct, trouve son reflet dans la différenciation régionale des dunes du Bassin de Sandomierz, au point de vue de leurs caractères granulométriques. Les „provinces” de matériau dunogène délimitées sont strictement adéquates aux principales unités géomorphologiques; celles-ci sont à la fois des unités sédimentologiques distinctes. Les sables le moins triés et le moins façonnés se trouvent situés dans la partie Sud-Est du Bassin de Sandomierz, terrains rivetains des rivières Szkło et Lubaczówka (tab. 3), ainsi que dans les dunes des fourches du San et du Wisłok (tab. 4). Par contre, les sables le mieux façonnés sont ceux des dunes sur les vastes plaines sablonneuses, et notamment les terrasses de la vallée pléistocénique du San (tab. 5) et de la plaine proluviale sur l'avant-pays du Roztocze (tab. 6). Les dunes des plateaux se caractérisent par une différenciation considérable du matériau et par leurs indices généralement plus bas de triage et de façonnement, tab. 3, 7).

En rapport avec les observations ci-dessus, in y a lieu d'affirmer que le principe (proposé par certains auteurs, et entre autres, par W. S t a n k o w s k i, 1963; E. D. M c K e e, 1966;) selon lequel, avec l'action du vent efficace et dans sa direction, une aménusation du sable dunaire et une augmentation du triage et du façonnement se produisent,— que ce principe peut s'avérer uniquement dans un seul champ de dunes fermé et ayant un terrain d'alimentation commun et homogène.

La thèse de l'étroite dépendance du matériau des dunes de leur plancher, a été soulignée avec insistance par B. K r y g o w s k i (1958) quant aux dunes de tout le territoire de la Pologne, et par presque tous les auteurs qui se sont penchés ensuite sur les problèmes de la granulométrie des dunes dans diverses régions du pays. On pourrait donc en déduire la conclusion que la différenciation des matériaux dunaires à l'échelle du pays tout entier reflète uniquement les caractères sédi-

mentologiques et granulométriques du plancher et non pas la différenciation de l'intensité des processus éoliens au cours de la phase duno-gène en Pologne, dans le tardiglaciaire.

L'auteur s'est intéressé également à la série à structure primitive détruite et qui apparaît dans le plafond des dunes, avec une épaisseur pouvant atteindre 2,5 m; le plus fréquentes sont les couvertures d'une épaisseur de 1—1,5 m. Cette série est étroitement liée aux sols podzoliques dans les dunes se formant actuellement ainsi que dans les dunes fossiles du Holocène. L'analyse des caractères de cette série a démontré que les processus qui avaient entraîné la destruction de la stratification de la partie du plafond des dunes, ont également modifié, d'une manière durable, la granulation du sable. Le sable devint plus fin et sa teneur en fraction de poussières augmenta (de 1,6% à 4,8%). La participation des grains non façonnés — grains de type s'accrut également, (tab. 12, 13). À l'avis de l'auteur, toute la série à structure primitive détruite présente le résultat de l'action des processus pédogènes du Holocène. Cette opinion diffère de celles énoncées p.ex. par W. S t a n k o w s k i (1963) et par U. U r b a n i a k (1969); selon leur avis, la couche à structure primitive détruite aurait été produite par désagrégation dans les conditions péri-glaciaires.

Dans la structure des dunes du Bassin de Sandomierz, les couches à inclinaison peu importante prédominent, et notamment celles de 3—5° jusqu'à 11—12°. Les versants proximaux des dunes se sont donc conservés. L'analyse granulométrique effectuée sur plusieurs profils perpendiculaires sur le versant proximal de la dune, a permis de reconstruire la ligne des versants fossiles, marqués par des séries continues et parallèles, à tendances uniformes de modifications du matériau. Les deux faits cités témoignent de la stabilisation des dunes ou du moins, de leur faible mobilité.

La variabilité des indices granulométriques des dunes a été étudiée également en profils parallèles et profils transversaux à la direction du vent. On a constaté que les matériaux deviennent plus fins conformément à la direction du vent; ainsi, les grains grossiers apparaissent sur le versant proximal ($Md=0,263$), et les plus fins sur le versant distal ($Md=0,230$). La fraction de poussières est plus abondante sur le versant distal (tab. 14, 15). Cependant, la disposition des grains grosseers et des grains fins se présente autrement dans le profil transversal de la dune en rempart longitudinale (fig. 12). Les grains plus gros, mieux triés et façonnés se trouvent dans la partie centrale, dans le noyau de la dune, tandis que les versants de la dune comprennent des sables plus fins et foins façonnés.

Les résultats de l'analyse granulométrique confirment les données

des études géomorphologiques sur le caractère des versants, la direction du transport éolien et simultanément, la direction du vent efficace, dunogène. C'étaient des vents du secteur Ouest. Les résultats obtenus peuvent servir également pour la détermination des types génétiques de dunes (J. Wojtanowicz, 1971).

EXPLICATION DES TABLES

Photo 1. Structure de la dune. Dans le plafond, système racinaire d'un pin. Lipa (percement ferroviaire).

Photo 2. Structure du rempart dunaire près Grębów. Stratification de type „seif”, chevauchement caractéristique des couches qui, à partir du front de la dune, baissent en directions opposées, vers la pente des versants (inclinaison maximum des couches 13—16°).

Photo 3. Formes de perturbations dans la structure de la dune, dues au développement des racines d'arbres, et bandes-reliquats de racines. Leżajsk.

Photo 4. Bande-reliquat de racines. Stale.

Photo 5. Structure du plafond de la dune. Sont découverts: un sol fossile de série à structure détruite, une bande-reliquat de racines et le système racinaire actuel de la pineraie. Grębów.

Photo 6. Type de stratification parallèle, horizontale; destructions considérables du plafond de la dune par les processus pédogènes. Leżajsk.

Photo 7. Série à structure détruite dans le plafond de la dune. Lipa (silicates).

Photo 8. Sol fossile dans la dune; plein profil podzolique, horizon A_1 réduit avec charbons de bois. Osia Góra (à l'Est de Ranizów).

Pap. druk. sat. III kl. 80 g	Format B5 (70×100)	Stron druku: 49+8
Annales UMCS, Lublin 1971	Drukarnia Uniwersytecka w Lublinie	Zam. nr 275 z dn. 5 V 1971
Nakład 900+125 egz. B-4	Maszynopis otrzymano w maju 1971	Druk ukończ.: styczeń 1972



Fot. 1



Fot. 2



Fot. 3



Fot. 4



Fot. 5



Fot. 6



Fot. 7



Fot. 8