

POLSKA
AKADEMIA
NAUK

PL ISSN 0012-5032

INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

JERZY GRZYBOWSKI

ROZWÓJ WYDM
W POŁUDNIOWO – WSCHODNIEJ
CZĘŚCI KOTLINY BIEBRZAŃSKIEJ



ROK 1981

ZESZYT 4

WROCŁAW • WARSZAWA • KRAKÓW • GDAŃSK • ŁÓDŹ
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

WYKAZ ZESZYTÓW
PRZEGLĄDU ZAGRANICZNEJ LITERATURY GEOGRAFICZNEJ
za ostatnie lata

1975

- 1-2 Przestrzenna dyfuzja innowacji, s. 202, zł 48,—
- 3-4 Matematyczne modelowanie środowiska, s. 131, zł 48,—

1976

- 1 Modele w geografii fizycznej, s. 151, zł 24,—
- 2 Modele dyfuzji i łańcuchy Markowa w analizie przestrzennej, s. 124, zł 24,—
- 3-4 Metody matematyczne w badaniach struktury przestrzennej rolnictwa, s. 151, zł 48,—

1977

- 1 Zdjęcia i obrazy satelitarne w badaniach środowiska geograficznego, s. 147, zł 24,—
- 2 Przestrzenne modele symulacyjne, s. 153, zł 24,—
- 3 Integracja systemu planowania oraz rozwój miast w Europie Zachodniej, s. 128, zł 24,—
- 4 Badanie i zbieranie map. Przegląd historyczny, s. 78, zł 24,—

1978

- 1 Ekologia krajobrazu, s. 123, zł 24,—
- 2 Geografia zahamowań ekonomicznych, s. 95, zł 24,—
- 3-4 Teoria biegunów wzrostu, s. 254, zł 48

1979

- 1 Metodyka nauczania geografii, s. 165, zł 24,—
- 2 Metody sformalizowane w badaniach geokompleksów, s. 107, zł 24,—
- 3 Wybrane podstawy filozoficzne geografii współczesnej, s. 177, zł 24,—
- 4 Geografia jako nauka, s. 144, zł 24,—

1980

- 1 Wybrane problemy geografii miast, s. 135, zł 24,—
- 2 Teledetekcja środowiska geograficznego, s. 203, zł 24,—
- 3 Klęski żywiołowe a rozwój gospodarczy krajów Trzeciego Świata, s. 135, zł 24,—
- 4 Metody ilościowe i modele w geografii transportu, s. 153, zł 24,—

1981

- 1 Współczesne kierunki metodologiczne w geografii Trzeciego Świata, s. 169, zł 24,—
- 2-3 Geografia społeczna (w druku)
- 4 Międzynarodowy Kongres Geograficzny w Tokio — 1980 (w druku)

**ROZWÓJ WYDM
W POŁUDNIOWO-WSCHODNIEJ CZĘŚCI
KOTLINY BIEBRZAŃSKIEJ**

**WPLYW WARUNKÓW NATURALNYCH
I GOSPODARCZEJ DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA**

POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

JERZY GRZYBOWSKI

DEVELOPMENT OF DUNES
IN THE SOUTH-EASTERN PART
OF THE BIEBRZA BASIN

THE INFLUENCE OF NATURAL CONDITIONS
AND MAN'S ECONOMIC ACTIVITIES



YEAR 1981

FASC. 4

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK · ŁÓDŹ
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

<http://rcin.org.pl>

POLSKA
AKADEMIA
NAUK

INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

JERZY GRZYBOWSKI

ROZWÓJ WYDM W POŁUDNIOWO-WSCHODNIEJ CZĘŚCI KOTLINY BIEBRZAŃSKIEJ

WPLYW WARUNKÓW NATURALNYCH
I GOSPODARCZEJ DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA



ROK 1981

ZESZYT 4

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK · ŁÓDŹ
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny: Jerzy Grzeszczak

Sekretarz Redakcji: Zuzanna Siemek

Członkowie Redakcji: Maria Ciechocińska, Kazimierz Klimek, Wanda Spryszyńska, Władysława Stola, Andrzej Żeromski

Adres Redakcji:

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
Polskiej Akademii Nauk
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa

Redaktor Wydawnictwa: Hanna Jurek

Redaktor techniczny: Maciej Szłapka

Printed in Poland

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo. Wrocław 1981,
Nakład: 370 egz. Objętość: ark. wyd. 6,90, ark. druk. 6,25, ark.
A₁ — 8. Papier druk sat. IV kl., 70 g, 70 × 100. Oddano do skła-
dania 19 III 1981. Podpisano do druku 4 IX 1981. Druk ukończono
we wrześniu 1981. Wrocławska Drukarnia Naukowa. Zam. 143/81
S-9. Sena zł 24.—

SPIS TREŚCI

Przedmowa	7
Wstęp ,	9
Zarys problematyki	9
Cel pracy	11
Położenie terenu badań i wybór obiektów	12
Metody badań	12
Rzeźba i budowa wewnętrzna badanych wydm	14
Analiza morfologiczna całego pola wydmowego	14
Analiza morfologiczna i morfometryczna wybranych obiektów	15
Stratygrafia i wstępne określenie wieku wydm	20
Struktura	35
Wpływ warunków naturalnych na rozwój wydm	38
Kierunki wiatrów wydmotwórczych	38
Analiza dynamiki transportu eolicznego	40
Zagadnienie prędkości wiatrów wydmotwórczych	65
Geneza piasków budujących wydmy i ich podłoże	66
Ogólna charakterystyka współczesnej aktywności eolicznej	67
Wpływ gospodarczej działalności człowieka na rozwój wydm	71
Współczesna działalność gospodarcza człowieka a rozwój zjawisk eolicznych i przekształcanie form wydmowych	71
Rozwój osadnictwa w świetle analizy artefaktów i dokumentacji historycznej	74
Okresy aktywności eolicznej i fazy rozwoju wydm	76
Wnioski	84
Literatura	88
Development of dunes in the south-eastern part of the Biebrza Basin (summary)	93
Формирование дюн юго-восточной части Котловины Бебжи (резюме)	96

PRZEDMOWA

Zawarta w niniejszym zeszycie „Dokumentacji Geograficznej” rozprawa dr. Jerzego Grzybowskiego dotyczy jedyne go zwartego zespołu wydm śródlądowych w Polsce północno-wschodniej, który w przeciwieństwie do wielu innych pól wydmowych znanych z terytorium Polski, jak dotąd, nie był przedmiotem szczegółowych badań. Oznacza to, że rozprawa w zakresie problematyki wydmowej wypełnia lukę poznawczą w sensie regionalnym. Jednakże nie to stanowi jej podstawowy walor i osiągnięcie badawcze.

Za główny cel autor uznał prześledzenie rozwoju wydm z próbą wyraźnego rozdzielenia fazy wywołanej warunkami przyrodniczymi od fazy spowodowanej działalnością gospodarczą człowieka. W postępowaniu badawczym zastosował tzw. podejście wertykalne, polegające na szczegółowej analizie celowo przygotowanych przekrojów geologicznych przez wydmy umożliwiające wgląd w ich strukturę i stratygrafię. Posługując się zebrany m przez siebie bogatym materiałem dokumentacyjnym oraz wnikliwym studium obszernej literatury krajowej i zagranicznej, odnoszącej się do zjawisk eolicznych, dr Grzybowski przedstawił bardzo dobrze uzasadnioną koncepcję rozwoju wydm południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej i porównał ją z poglądami na rozwój wydm śródlądowych najgruntowniej zbadanych przede wszystkim w Polsce środkowej i na Nizinie Wielkopolskiej.

Zasadnicze *novum* zawarte w rozprawie stanowi periodyzacja tzw. okresu antropogenicznego rozwoju wydm, na który składają się trzy fazy aktywności eolicznej. Pierwsza z nich przypada na okres subborealny (ok. 4000—1600 lat p.n.e.), a pozostałe dwie na czasy historyczne (ok. 1200—1600 n.e. i od ok. 1800 r. do współczesności). Fazy te zostały bardzo przekonująco skorelowane z fazami rozwoju osadnictwa i gospodarki. Uzupełniają je cenne wyniki obserwacji nad wpływem dzisiejszego stanu gospodarowania środowiskiem na działalność procesów eolicznych. Dlatego sędzę, że rozprawa dr. Grzybowskiego pogłębia naszą znajomość problematyki rozwoju wydm śródlądowych na terenie Polski.

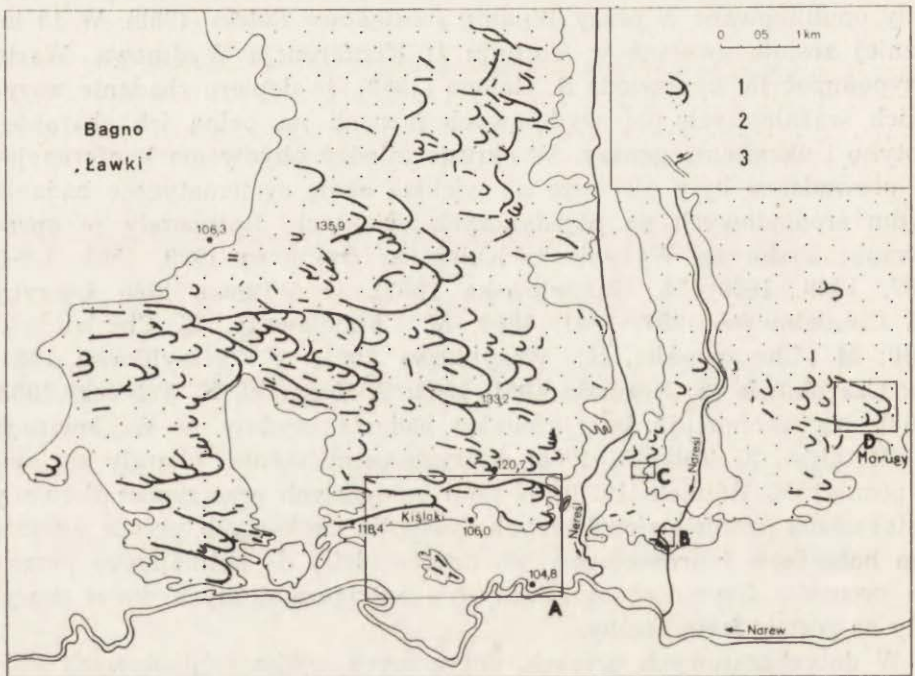
WSTĘP

ZARYS PROBLEMATYKI

Wydmy śródlądowe Polski były od dawna przedmiotem zainteresowań geomorfologów. Liczne prace w tym zakresie prowadzone były w Polsce jeszcze na przełomie XIX i XX w. oraz w okresie międzywojennym (por. bibliografia zestawiona przez J. Kobendzinę i U. Urbaniak w pracy *Procesy i formy wydmowe w Polsce*, 1969). W 1954 r. odbyła się I Ogólnopolska Konferencja Wydmowa, której wyniki zostały opublikowane w pracy *Wydmu śródlądowe Polski* (1958). W 13 lat później została zwołana w Toruniu II Konferencja Wydmowa. Warto przypomnieć tu wypowiedź R. Galona (1969), że dopiero zbadanie wszystkich ważniejszych pól wydmowych pozwoli na pełną ich charakterystykę i określenie genezy. W okresie między obydwoma konferencjami prowadzone były pierwsze na większą skalę systematyczne badania wydm śródlądowych na pojedynczych obiektach. Rozpoczęły je opracowania wydm na Wyżynie Łódzkiej (A. Dylikowa 1958, 1961, 1964, 1967, 1968, 1969; M. Chmielewska 1967), w Witowie koło Łęczycy (M. Chmielewska 1957, 1961, 1963; M. Chmielewska, W. Chmielewski 1960; M. Chmielewska, K. Wasylikiowa 1961; K. Wasylikiowa 1964) i w Czarnkowie (S. Kozarski 1961, 1962; S. Kozarski, K. Tobolski 1963, 1968). Na ukończeniu były również badania wydm w Węglewicach (K. Rotnicki, K. Tobolski 1969), których pełne wyniki ukazały się nieco później (K. Rotnicki 1970). W toku powyższych prac zapoczątkowany został udział przedstawicieli innych dyscyplin naukowych, przede wszystkim botaników i archeologów, co doprowadziło do pełniejszego poznania procesów fizyczno-geograficznych i antropogenicznych, które wpłynęły na rozwój form rzeźby.

W dotychczasowych pracach, dotyczących wydm śródlądowych Polski, powszechnie wyróżniano dwa okresy wydmotwórcze. Pierwszy z nich przypada na schyłek plejstocenu i jest uwarunkowany przede wszystkim subarktycznymi warunkami klimatycznymi. Uwarunkowania procesów eolicznych w drugim okresie wydmotwórczym — w holocenie — mają bardziej złożony charakter. W początkowej fazie badań aktywność eoliczną w okresie subborealnym wiązano z klimatem bardziej suchym

i chłodnym w porównaniu z okresem atlantyckim (R. Galon 1958). Dopiero późniejsze badania wykazały, że holoceniską aktywność eoliczną wiązać należy nie z wahaniem klimatu, a z rozwojem gospodarczej działalności człowieka, przede wszystkim z wypalaniem lasów w trakcie przygotowywania nowych obszarów pod uprawę. Prace te powodowały niszczenie pokrywy roślinnej i glebowej i odsłaniały piaski wydymowe podatne na deflację (J. R. Kobenzowie 1958, A. Dylikowa 1968, K. Tobolski 1966; S. Kozarski, K. Tobolski 1968; S. Kozarski, B. Nowaczyk, K. Rotnicki, K. Tobolski 1969; B. Nowaczyk 1975, K. Krajewski 1977). Główną rolę w niszczeniu pokrywy roślinnej i glebowej przypisywano najczęściej pożarom lasu, zarówno naturalnym jak i spowodowanym przez człowieka. Te ostatnie wiązano z przygotowywaniem ziemi pod uprawę przez ludność rolniczą od neolitu, zwłaszcza na obrzeżeniach większych kompleksów wydymowych (J. R. Kobenzowie 1958; J. Wojtanowicz 1968; Z. Borsy 1971; L. Starkel 1976). W toku dotychczasowych badań stwierdzono też, że w różnych częściach Polski tzw. „antropogeniczny” okres wydymotwórczy przypada na różne fazy holocenu.



Ryc. 1. Położenie stanowisk badawczych

1 — wydmy, 2 — terasa pradolinna, 3 — rzeki; stanowiska badawcze: A — obszar w pobliżu wsi Kiślaki, B — stanowisko Nareśl, C — stanowisko Rokitnik, D — stanowisko Morusy

Localization of investigated sites

1 — dunes, 2 — pradolinna terrace, 3 — rivers; investigated sites: A — area near Kiślaki village, B — site Nareśl, C — site Rokitnik, D — site Morusy

Stwierdzono bowiem, że poziomy młodych gleb kopalnych są różnowiekowe (Z. Prusinkiewicz 1969). W toku dotychczasowych badań nie udało się jednak w obrębie „antropogenicznego” okresu wydmotwórczego wyróżnić krótszych odcinków czasowych — faz wydmotwórczych. Do sprecyzowania pozostało też określenie prawidłowości rządzących rozwojem zjawisk i procesów eolicznych w okresie wzmożonej ingerencji człowieka w środowisko geograficzne.

CEL PRACY

Badania prowadzono na słabo poznanym polu wydmowym w południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej (ryc. 1). W dotychczasowych opracowaniach tego terenu zjawiska eoliczne nie były przedmiotem systematycznych badań, a informacje na ich temat znajdujemy jedynie przy okazji omawiania innych zagadnień (E. Falkowski 1971, 1973; H. Banaszuk 1974; S. Żurek 1975). Celem badań było poznanie wpływu zarówno warunków naturalnych, jak i gospodarczej działalności człowieka na rozwój wydm z próbą wydzielenia faz aktywności eolicznej, szczególnie w antropogenicznym okresie wydmotwórczym. Celem pracy było więc nie tylko wypełnienie luki regionalnej, ale także próba wydzielenia w porządku chronologicznym etapów holocenińskiej aktywności eolicznej, co w dotychczasowej literaturze nie było podejmowane. Dokonano również próby określenia prawidłowości rządzących rozwojem zjawisk eolicznych w okresie, gdy wydmy i pola eolicznych piasków pokrywowych stawały się atrakcyjnym terenem osadniczym.

Osiągnięcie tak sformułowanego celu badań było możliwe przez:

- 1) Poznanie morfologii i budowy wewnętrznej (rozumianej jako obraz rzeźby, rzeźby kopalnej, stratygrafii i struktury osadów) stanowisk dających możliwie pełny zapis rozwoju wydm.
- 2) Próbę rekonstrukcji dynamiki transportu eolicznego.
- 3) Rozpoznanie poziomów kulturowych licznych stanowisk archeologicznych i zbadanie wpływu działalności człowieka na rozwój wydm w przeszłości.
- 4) Poznanie wpływu współczesnej działalności człowieka na rozwój wydm oraz ustalenie zakresu transponowania stwierdzonych prawidłowości na zjawiska i procesy w przeszłości.

Praca została wykonana w Zakładzie Geomorfologii Instytutu Geografii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu pod kierunkiem Prof. dr. hab. Stefana Kozarskiego, któremu składam serdeczne podziękowanie za opiekę nad całością pracy. Pani Prof. dr. hab. Annie Dylikowej i Panu Doc. dr. hab. Wojciechowi Stankowskiemu dziękuję za krytyczną analizę tekstu.

Opracowanie przedstawione w niniejszym zeszycie Dokumentacji Geograficznej zawiera skrócone rozważania nad warunkami rozwoju

wydm. Pełna ich analiza znajduje się w maszynopisie rozprawy (J. Grzybowski, 1978 b, *Wpływ warunków naturalnych i gospodarczej działalności człowieka na rozwój wydm w południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej*.)

POŁOŻENIE TERENU BADAŃ I WYBÓR OBIEKTÓW

Wydmny w Kotlinie Biebrzańskiej nie występują w postaci jednego pola, lecz — jak to podkreślił S. Żurek (1975) — grupują się w sześciu kompleksach. Pole wydmowe analizowane w niniejszej pracy stanowi w obrębie tych wydzieleni obszar najbardziej wysunięty na południowy wschód. Jest on położony bezpośrednio na wschód od zbiegu dwóch pradolin: Biebrzy oraz Supraśli — Narwi i oddziela Kotlinę Tykocińską od Basenu Biebrzy Dolnej.

Szczególnie interesujący zapis rozwoju zdarzeń zawierał zespół obiektów w pobliżu wsi Kiślaki (ryc. 2). Zebrany tu materiał umożliwił prześledzenie wpływu warunków naturalnych i gospodarczej działalności człowieka zarówno w przeszłości, jak i współcześnie. Stanowiska te opracowano w postaci przekrojów noszących w dalszej części pracy nazwy Kiślaki I i Kiślaki II.

Jako drugi obiekt o nazwie Nareśl (ryc. 3) wybrano miejsce kontaktu utworów terasy zalewowej, pradolinnej i pokrywających te ostatnie eolicznych piasków pokrywowych. Drewno znalezione na kontakcie utworów rzecznych i eolicznych datowano metodą radiowęglową.

Trzeci obiekt stanowiła niewielka wydma Rokitnik (ryc. 3), a czwarty wydma w pobliżu wsi Morusy (ryc. 3). Na stanowiskach tych piaski eoliczne zazębiały się z utworami organogenicznymi, a na obiekcie Rokitnik znaleziono również artefakty.

METODY BADAŃ

Badania prowadzono w latach 1974—1978. Podstawą do poznania rzeźby całego pola wydmowego była analiza map hipsometrycznych w skali 1:10 000 i 1:25 000. Analiza rzeźby wydm wybranych do badań szczegółowych zmierzała do pełnego poznania ich morfometrii, przede wszystkim na podstawie bezpośrednich pomiarów w terenie długości, szerokości przy podstawie, wysokości względnej, kątów nachyleń zboczy itd.

Analiza budowy wewnętrznej objęła badania:

- 1) stratygrafii osadów z datowaniem utworów organogenicznych i artefaktów,
- 2) struktury osadów,
- 3) uziarnienia i obróbki piasków eolicznych i piasków podłoża wydm.

Poznanie budowy wewnętrznej wydmy było możliwe dzięki naturalnym odsłonięciom o łącznej długości około 70 m, 7 wkopom do głębokości 3—3,2 m, około 65 wkopom o głębokości 1,0—2,2 m, około 70 sondom do głębokości maksymalnej 4,5 m oraz 5 wierceniom do głębokości maksymalnej 9,2 m. Te ostatnie wykonano w ramach współpracy z dr. T. Churskim z Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach. Wykorzystano również kilkadziesiąt wkopów — ziemianek okresowo wykopywanych do głębokości 1,5—2,5 m przez miejscową ludność w celu dołowania kartofli na zimę.

W celu ustalenia chronologii zdarzeń wykonane były datowania wieku drewna oraz artefaktów. Drewno znalezione w odsłonięciu Nareśl, dzięki uprzejmości dr. O. Heikkinena z Instytutu Geografii Uniwersytetu w Helsinkach, zostało poddane analizie metodą radiowęglową w Laboratorium C-14 tamtejszego Uniwersytetu. Ekspertyzę utworów powodziowych wykonali dr S. Żurek i dr J. Oświt z Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach. Ponadto dr J. Oświt wykonał ekspertyzę makroszczątków organicznych znalezionych w wierceniu w Kiślakach na głębokości 4—7 m poniżej powierzchni terenu. Określenia składu gatunkowego części znalezisk drewna w glebach kopalnych wykonała doc. dr hab. M. Reymanówna z Instytutu Botaniki PAN w Krakowie. Analiza artefaktów wykonana była przez specjalistów od poszczególnych kultur archeologicznych. I tak, znalezisko paleolityczne zostało określone przez doc. dr. hab. R. Schilda z Instytutu Historii Kultury Materialnej w Warszawie, krzemienne znaleziska mezolityczne i neolityczne przez dr. E. Kempisty z Państwowego Muzeum Archeologicznego w Warszawie i doc. dr. hab. H. Więckowską z IHKM w Warszawie. Ceramika neolityczna została określona przez doc. dr. hab. J. Kowalczyka (IHKM) oraz dr. E. Kempisty, natomiast ceramika średniowieczna przez doc. dr. hab. K. Musianowicz (Państwowe Muzeum Archeologiczne w Warszawie).

Analiza wpływu gospodarczej działalności człowieka na rozwój wydmy prowadzona była na podstawie kryteriów geograficznych i historycznych. Podstawą analizy było kartowanie współczesnych typów gospodarczej działalności człowieka i ich intensywności. W nawiązaniu do znalezisk archeologicznych, zarówno powierzchniowych jak i powiązanych z glebami kopalnymi, próbowano korelować najmłodsze poziomy piasków eolicznych z procesami antropogenicznymi.

RZEŻBA I BUDOWA WEWNĘTRZNA BADANYCH WYDM

ANALIZA MORFOLOGICZNA CAŁEGO POLA WYDMOWEGO

Niemal wszystkie formy będące przejawem akumulacyjnej działalności wiatru występują na powierzchni nazwanej przez H. Banaszuka (1974) piaszczystym poziomem akumulacyjnym.

Autor niniejszego opracowania umownie nazywać będzie cały ten poziom terasą pradolinną, zdając sobie sprawę z uproszczeń.

Wydmę występującą w postaci zwartego pola charakterystyczne są dla zachodniej części analizowanego obszaru zajmującego fragment wspomnianej terasy pradolinnej w trójkącie pomiędzy terasą zalewową Biebrzy (Bagno Ławki), terasą zalewową Narwi oraz doliną rzeki Nareśli (ryc. 1). Na wschód od doliny Nareśli utwory eoliczne mają najczęściej charakter piasków pokrywowych, wśród których występują wyraźnie wykształcone wydmy nie przekraczające jednak na ogół wysokości 3 m.

Na obszarze objętym badaniami najczęściej występują formy przejściowe między typem parabolicznym i wałowym podłużnym. Nie tworzą one na ogół form odosobnionych, ale często łączą się w takie zespoły, w których od jednego, przeważnie północnego, wydłużonego ramienia, odchodzą w kierunku południowym krótkie łukowate ramiona, dzięki czemu całość przypomina grzędę (por. ryc. 1). Ten typ form rzeźby eolicznej obserwowany był wielokrotnie w innych częściach Polski (J. Kobendzina 1962, J. Wojtanowicz 1971, B. Nowaczyk 1976 a, K. Krajewski 1977 i in.).

Na obszarze objętym badaniami stwierdzono również występowanie wydm wałowych podłużnych, wydm parabolicznych, a także nieregularnych pagórków wydmowych o wysokości maksymalnie 3—5 m. Ich długości mierzone wzdłuż osi są rzędu kilkudziesięciu metrów, nachylenia zboczy proksymalnych 5—10°, a dystalnych 10—20°. Są to więc formy spłaszczone, jednakże dość wyraźnie zaznaczające się w rzeźbie terenu, co umożliwia zaliczenie ich do wydm, a nie do eolicznych piasków pokrywowych. Występują one na obrzeżeniu omawianego pola wydmowego.

Dla większości form wydmych charakterystyczna jest asymetria zboczy północnych i południowych zaznaczająca się na odcinkach wałowych usytuowanych równoleżnikowo. Asymetria ta jest szczególnie wyraźna w południowej części terenu w pobliżu dna doliny Narwi. Kąt nachylenia zboczy południowych mieści się tu w przedziale 15° — 20° , podczas gdy nachylenia zboczy północnych osiągają 28 — 35° , lokalnie przekraczając nawet 40° .

Cechą charakterystyczną większości wydym jest suchość mis deflacyjnych. Jedyne w południowej części analizowanego terenu kilka mis deflacyjnych jest podmokłych, co wiąże się z bezpośrednim sąsiedztwem terasy zalewowej. Wydmy są porośnięte lasem lub roślinnością murawową.

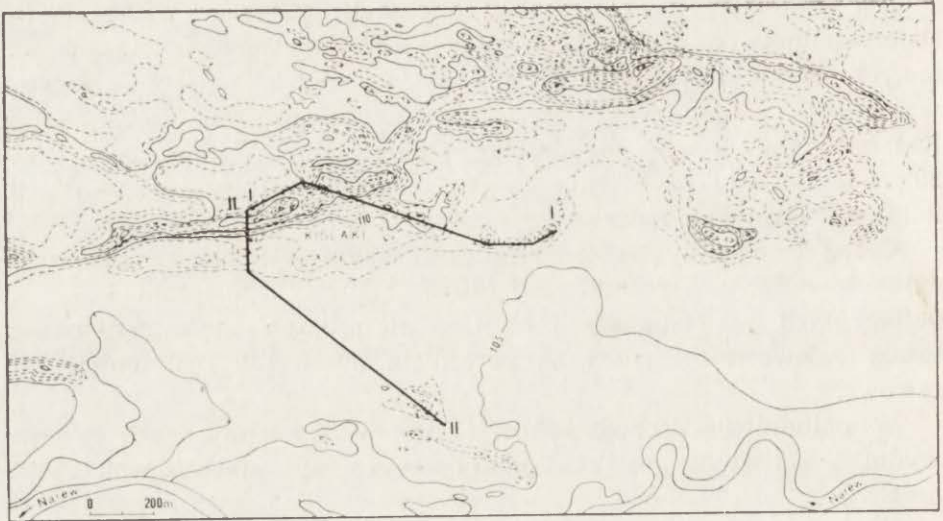
W południowo-wschodniej części terenu występuje zwarty zespół wydym i eolicznych piasków pokrywowych nie umocnionych roślinnością.

Wydmy występują w różnych sytuacjach morfologicznych. Najwięcej, bo aż 96% form ma suche niecki deflacyjne i nie posiada żadnego kontaktu z utworami organicznymi. Jedyne 4% form ma niecki deflacyjne wypełnione utworami organicznymi. Kilka wydym położonych w północnej części terenu nasunęło się na obszar wysoczyzny polodowcowej, kilka innych położonych jest w obrębie terasy zalewowej i pograżonych w utworach organogenicznych. Są to jednak wydmy położone na ostańcach erozyjnych terasy pradolinnej. Nie stwierdzono nigdzie wydym położonych bezpośrednio na holocenijskich powierzchniach akumulacyjnych, mimo że o takich sytuacjach morfologicznych pisali E. Falkowski (1971, 1972) i H. Banaszuk (1974).

ANALIZA MORFOLOGICZNA I MORFOMETRYCZNA WYBRANYCH OBIEKTÓW

PRZEKRÓJ KIŚLAKI I

Przekrój Kiślaki I (ryc. 2) położony jest około 4 km na północny zachód od Tykocina i obejmuje dwa typy wydym. W północno-zachodniej części przecina on południowe ramię silnie przekształconej wydmy parabolicznej. Czoło wydmy słabo zaznacza się w terenie tak, że praktycznie wyróżnić można dwa wały równoległe do siebie. Ramię północne, słabo zachowane, ma około 700 m długości. Ramię południowe ma około 1100 m długości. Jego szerokość w pobliżu czoła wydmy wynosi około 150 m i zmniejsza się stopniowo w kierunku SSW. Linia grzbietowa ma kierunek WSW—ENE. Ramię południowe składa się z siedmiu wyraźnych pagórków, jak gdyby dosuniętych do siebie i two-



— I 1 - - - - II 2

Ryc. 2. Lokalizacja przekrojów w pobliżu wsi Kiślaki

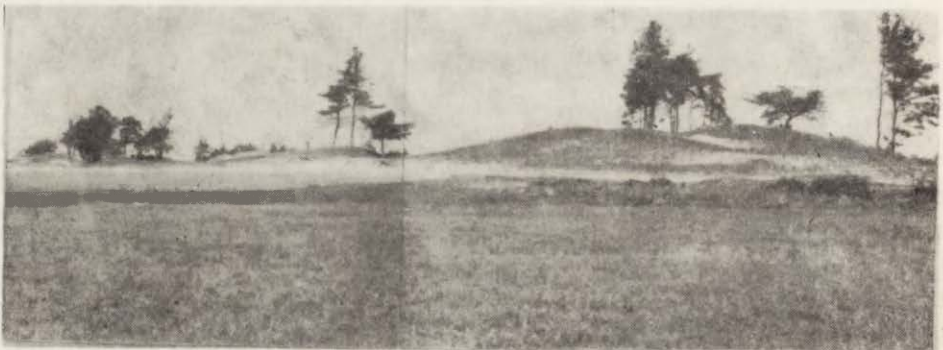
1 — przekrój Kiślaki I, 2 — przekrój Kiślaki II

Localization of sections near Kiślaki village

1 — section Kiślaki I, 2 — section Kiślaki II

rzących dzięki temu jedną formę. Różnice wysokości między kulminacjami pagórków wynoszą 3—6 m. Maksymalna wysokość względna wydmy wynosi 12,5 m. Czoło paraboli jest silnie rozwiane i obniżone.

Linia przekroju przecina wydmy w miejscu pozbawionym roślinności i podlegającym stałej deflacji. Nachylenie zbocza północnego wynosi średnio około 32° i podlega pewnym wahaniom w ciągu roku, osią-



Fot. 1. Nieregularne pagórki eoliczne w południowo-wschodniej części przekroju Kiślaki I

Irregular dune hillocks in the south-eastern part of the section Kiślaki I

gając niekiedy 40° i więcej. Zbocze południowe nachylone jest pod kątem około $10\text{--}12^\circ$. Kulminację wydmy tworzy rozległe spłaszczenie, na którego powierzchni wędrują okresowo wydemki inicjalne do 1 m wysokości.

W południowo-wschodniej części przekroju występuje kilka nieregularnych pagórków wydmych (fot. 1) rozmieszczonych w kształcie łuku łagodnie wygiętego w kierunku południowym, co sugerowałoby, że mogła to być pierwotnie wydma paraboliczna lub jej fragment. Zbocza wszystkich pagórków, tworzących omawiany zespół, są asymetryczne; południowe i południowo-wschodnie mają nachylenie $10\text{--}15^\circ$, północne i północno-wschodnie $15\text{--}20^\circ$, a północno-zachodnie do około 30° . Dwa pagórki położone na przeciwległych krańcach omawianego zespołu są najlepiej wykształcone. Ich wysokości względne dochodzą do 5 m, podczas gdy wydmy położone pomiędzy nimi nie przekraczają wysokości 3 m. Pomimo to wyraźnie zaznaczają się na powierzchni terasy nadzalewowej, co pozwala na zaliczenie ich do wydmy inicjalnych, a nie do eolicznych piasków pokrywowych. W odległości około 400 m na północ i północny zachód rozciągają się dalsze zespoły wydmy.

PRZEKRÓJ KIŚLAKI II

Przekrój Kiślaki II przecina ramię tej samej przekształconej wydmy parabolicznej, co przekrój Kiślaki I, tylko nieco bardziej na SSW (ryc. 2). Występują tu jednak dość istotne różnice morfologiczne w porównaniu z fragmentem wydmy omówionym na linii przekroju Kiślaki I.

Zbocze południowe ma nachylenie $18\text{--}22^\circ$, natomiast zbocze północne ma charakter bardziej złożony. W pobliżu wierzchołka, pozbawionego tu charakterystycznego spłaszczenia, ma ono nachylenie zbliżone do nachyleń zbocza południowego ($16\text{--}20^\circ$), natomiast w dolnej części, mniej więcej od połowy wysokości, kąt nachylenia waha się w przedziale $4\text{--}10^\circ$. Zbocze to jest blisko trzykrotnie dłuższe od zbocza południowego.

Wydma na linii przekroju osiąga wysokość 117 m npm, tj. 10 m ponad poziom terasy pradolinnej.

W odległości około 400 m na południowy zachód od omawianej wydmy znajduje się zwydmiona wyspa terasy nadzalewowej, otoczona obecnie całkowicie utworami terasy zalewowej. Formy eoliczne są tu zniszczone przez eksploatację piasków i idącą w ślad za nią deflacją, stąd też trudna jest ich charakterystyka geomorfologiczna. Zachował się jedynie fragment stoku dystalnego o nachyleniu $18\text{--}22^\circ$, pochyłony w kierunku SE. Na podstawie analizy zachowanych szczątków wydmy można wnioskować, iż była to pierwotnie forma paraboliczna o osi

morfologicznej NW—SE. Stanowisko to zostało uwzględnione z uwagi na znalezienie w jego obrębie zabytków archeologicznych istotnych w określaniu wieku zdarzeń na omawianym obszarze.

STANOWISKO NAREŚL

Jak już wspomniano wcześniej, na wschód od zwartego pola wydmowego, które reprezentują stanowiska położone w pobliżu wsi Kiślaki, rozpościera się pole eolicznych piasków pokrywowych.

W literaturze przyjmuje się za pola eolicznych piasków pokrywowych powierzchnie piaszczyste z deniwelacjami nieprzekraczającymi na ogół 3 m, sporadycznie tylko dochodzącymi do 6—7 m (B. Nowaczyk 1976b). Określenie takie ujmuje cechy morfologiczne, nie uwzględnia jednak genezy.

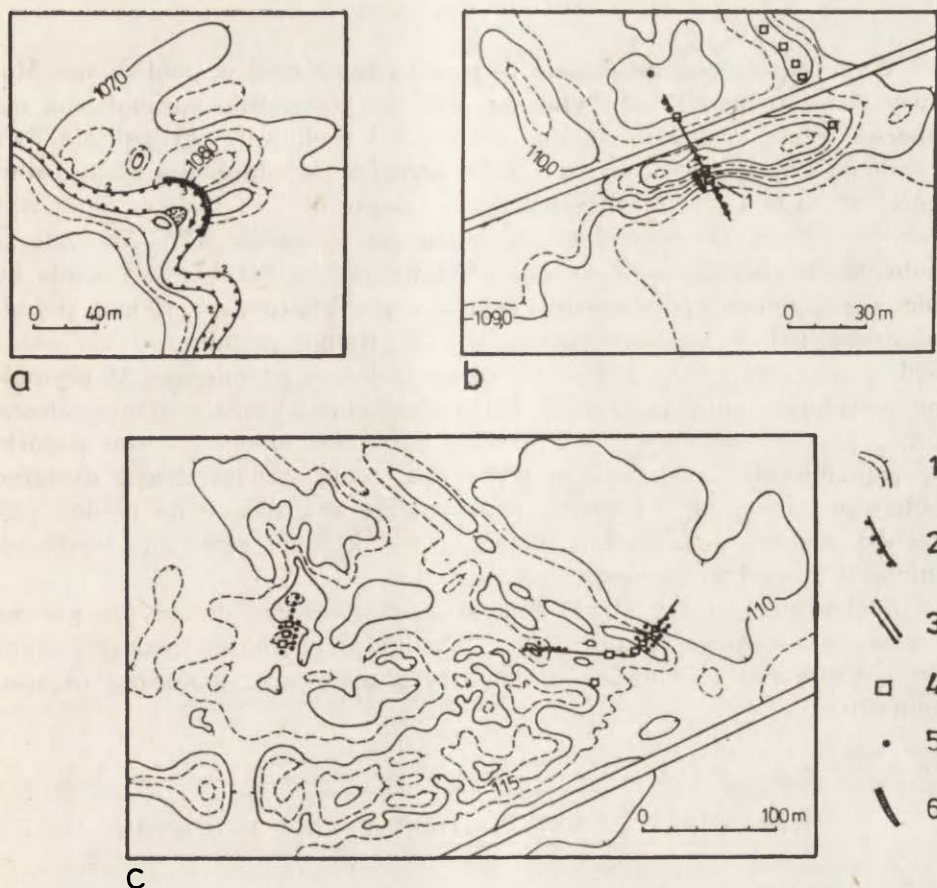
Na podstawie obserwacji eolicznych piasków pokrywowych w dolinie Narwi, wyróżniono:

a) Pokrywy powstałe na skutek miejscowej akumulacji o niewielkim zasięgu, odpowiadające stosowanym przez B. Nowaczyka (1976b) kryteriom. Ich pozostałości mają bardzo często charakter ostańców deflacyjnych.

b) Pokrywy powstałe bądź w wyniku, rozwiania wydm do poziomu podsiąku kapilarnego, bądź też utrzymujące się po nawianiu dzięki takiemu podsiąkowi. Tworzą wtedy niemal płaską równinę. Miąższość piasków nie przekracza kilkudziesięciu centymetrów, co jest zgodne z maksymalnym potencjałem kapilarnym dla piasków o średnicach 0,1—0,25 mm, wynoszącym 42,8 cm (A. A. Rode 1965).

c) Pokrywy powstałe w wyniku nawiania piasków z innych obszarów na wcześniej istniejące formy wydmowe. Piaski pokrywowe powtarzają wtedy starszą rzeźbę. W trakcie nawiewania przykryły one glebę, która stała się poziomem kopalnym.

Do szczegółowej analizy piasków pokrywowych wybrano miejsce, gdzie koryto rzeki Nareśli rozcina pagórek odsłaniając rzeźbę kopalną (ryc. 3). Jest to obszar zazębienia się osadów eolicznych oraz osadów terasy zalewowej i pradolinnej Narwi. Na powierzchni terasy pradolinnej zaznaczają się dwa niewielkie podłużne pagórki eoliczne o długości po około 80 m każdy. Są one niemal równoległe do siebie. Ich maksymalna wysokość względna nie przekracza 1,5 m ponad powierzchnią terasy. Osie morfologiczne mają kierunek SE—NW. Jest to obszar intensywnych współczesnych procesów erozyjnych, które zostaną omówione w dalszej części pracy. W tym miejscu należy podkreślić, że naturalne koryto rzeki o nazwie Nereśl znajduje się około 2 km na zachód. Natomiast w latach pięćdziesiątych bieżącego stulecia przekopane zostało, w związku z pracami melioracyjnymi, nowe koryto o prostym przebiegu nazwane „Nareśl”. Rzeka przerzuciła jednak w dolnym biegu swoje koryto silnie erodując powierzchnię terasy i zataczając szerokie półkole. Omawiane stanowisko położone jest na odcinku tego właśnie nowego, naturalnego koryta. Podkreślenie tego faktu jest istotne z uwagi na brak wpływu aluwii tej rzeki na starszą rzeźbę eoliczną, zachodzi jedynie erozyjne jej odsłanianie.



Ryc. 3. Hipsometria stanowisk

a — Nareśl, b — Rokitnik, c — Morusy; 1 — poziomice, 2 — krawędzie z podaną wysokością w m, 3 — drogi, 4 — wkopy, 5 — wiercenia do głębokości maks. 4,5 m, 6 — naturalne odstonięcia

Hypsometry of sites

a — Nareśl, b — Rokitnik, c — Morusy; 1 — contour line, 2 — margin of terrace with the height in m, 3 — cart-road, 4 — excavations, 5 — borings max. 4,5 m deep, 6 — natural excavation

STANOWISKO ROKITNIK

W obrębie analizowanego pola eolicznych piasków pokrywowych, w odległości 1,2 km na północ od stanowiska Nareśl, występuje niewielka wydma paraboliczna obecnie dość silnie zniszczona antropicznie (ryc. 3), o kierunku osi NW—SE. Niezniszczona jest czołowa część wydmy. Szerokość czoła wynosi 30 m przy podstawie, długość odcinka czołowego około 60 m. Stok dystalny nachylony jest na SE pod kątem 22—24° i zapada w kierunku torfowiska. Stok proksymalny o nachyleniu 12° opada w kierunku suchej niecki deflacyjnej. Wydma ma maksymalnie 3 m wysokości.

Wydma położona na terasie nadzalewowej Narwi w pobliżu wsi Morusy, 3,5 km na NE od Tykocina (ryc. 3), pierwotnie paraboliczna ma obecnie czoło rozwiane aż do podstawy i zachowane są jedynie dwa ramiona. Ramię północne ma kształt wyraźnego jednolitego wału o długości około 600 m, szerokości przy podstawie 60 m i maksymalnej wysokości 7,5 m. Oś morfologiczna wału ma kierunek NW—SE. Zbocze północno-wschodnie tego wału, nachylone pod kątem 20—25°, opada ku niecce wypełnionej utworami organicznymi, natomiast zbocze południowo-zachodnie ma nachylenie 10—12°. Ramię południowe ma około 500 m długości i 100—150 m szerokości zależnie od miejsca. Maksymalna wysokość ramienia wynosi 10 m. Jest ono wyraźnie przekształcone przez procesy późniejsze niż główna faza akumulacji. Liczne pagórki w jego obrębie osiągają 5 m wysokości, mają strome zbocza dystalne północno-wschodnie i łagodne, proksymalne skierowane na południowy zachód. Na ich powierzchni widoczna jest kolejna generacja wydymek inicjalnych do 1 m wysokości.

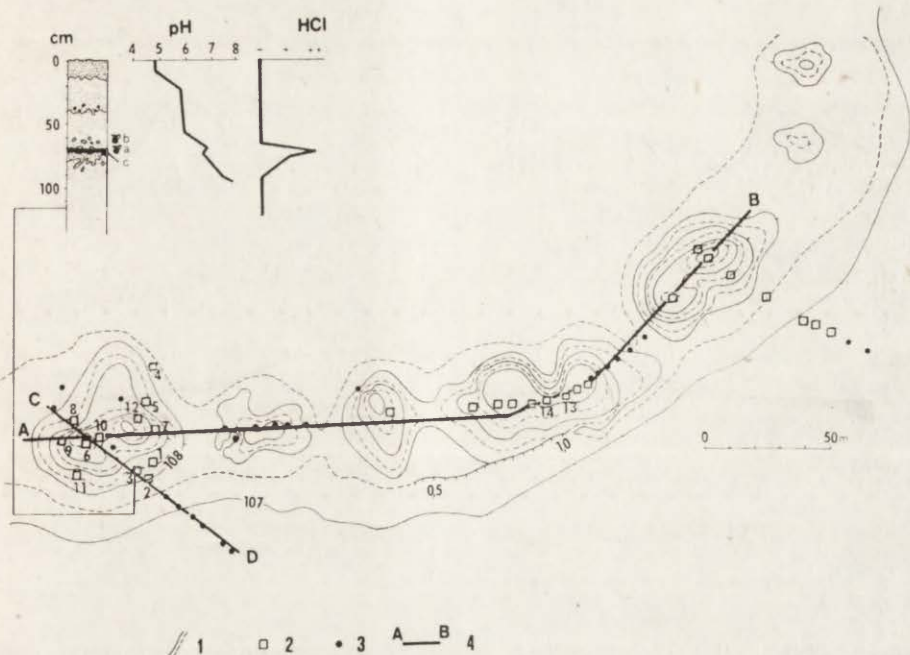
Zachowana między obydwoma ramionami niecka deflacyjna nie ma typowego owalnego kształtu, lecz przyjmuje charakter rozległej wanny wypełnionej lokalnie, w najgłębszych miejscach, utworami organogenicznymi.

STRATYGRAFIA I WSTĘPNE OKREŚLENIE WIEKU WYDM

PRZEKRÓJ KISLAKI I

Największe znaczenie dla analizy stratygraficznej osadów eolicznych na przekroju Kislaki I mają nieregularne pagórki wydmowe w południowo-wschodniej jego części. Wspólne dla tych pagórków jest występowanie budujących je osadów na drobnoziarnistych piaskach rzecznych oraz ich stopniowe przejście w utwory eoliczne na ogół bez śladów gleby kopalnej. Na powierzchni pagórków stwierdzono występowanie artefaktów mezolitycznych i neolitycznych.

W wydmie najbardziej wysuniętej na zachód w obrębie omawianych pagórków (ryc. 4; 5) wykonano wiele wykopów. Stwierdzono występowanie trzech serii piasków eolicznych rozdzielonych glebami kopalnymi. Najstarsze, zalegające bezpośrednio na piaskach rzecznych, mają miąższość maksymalnie 2,5 m i tworzą kopalnię pagórek przykryty glebą kopalną. Charakterystyczne jest występowanie poziomu glebowego, który przechodzi w piaski leżące powyżej i poniżej systemem zacieków, paluszków i zatok (pseudomorfoz organogenicznych według U. Urbaniak-Biernackiej 1973). Piasek pod glebą tworzy tzw.



Ryc. 4. Stratygrafia osadów wydmywanych w obrębie nieregularnych pagórków w południowo-wschodniej części przekroju Kiślaki I

1 — hipsometria, 2 — wkopy, 3 — wiercenia do głębokości maks. 4,5 m, 4 — linie przekrojów (por. ryc. 5). Artefakty w profilu 3: a — ceramika neolityczna, b — ceramika kultury trzcienieckiej, c — warstewka gliny pochodzenia antropogenicznego w glebie kopalnej

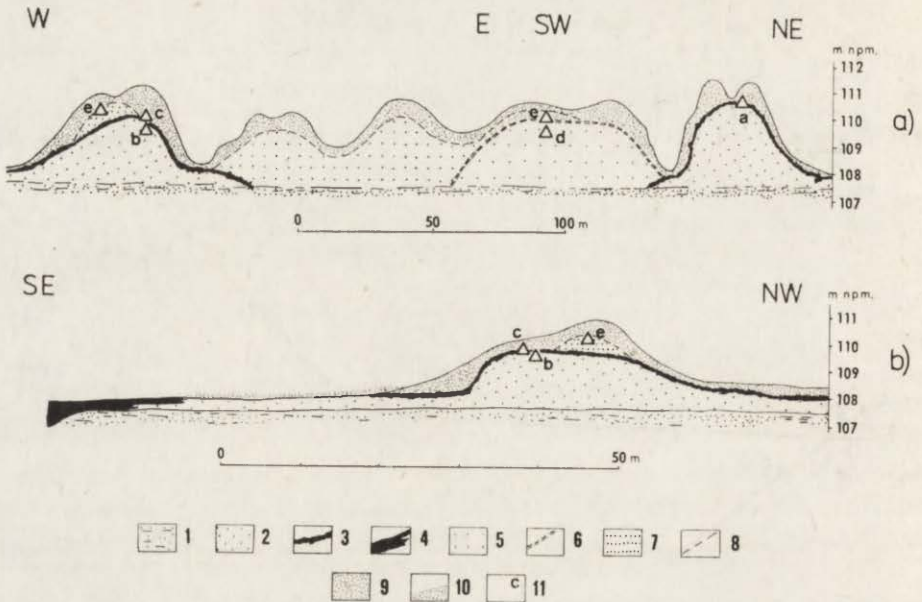
Irregular dune hillocks in the south-eastern part of section Kiślaki I

1 — hypsometry, 2 — excavations, 3 — borings 4.5 m deep, 4 — section lines (see Fig. 5). Artefacts in the profile 3: a — ceramics from Neolith, b — ceramics of the Trzcieniecka culture, c — thin dusty clay bed in the fossil soil

serię bezstrukturalną miąższości 1,3 m, powszechnie znaną z literatury (K. Rotnicki 1970, N. Nowaczyk 1976a i in.).

We wkopie 3 (ryc. 4) charakter przewodni ma warstewka gliny pylastej o miąższości 2 cm, leżąca na szarym poziomie wspomnianej gleby kopalnej. Glinę tę stwierdzono jedynie w tym wkopie, została ona niewątpliwie przyniesiona przez człowieka. Bezpośrednio powyżej znaleziono szczątki ceramiki prawdopodobnie neolitycznej. Około 10 cm ponad warstewką gliny występują wymieszane szczątki ceramiki kultury trzcienieckiej (młodsza epoka brązu XVII—XVIII w. p.n.e.), oraz współczesnej (XVIII—XX w.). Powyżej stwierdzono laminowane piaski eoliczne i z nich wykształcony jest współczesny ranker. Artefakty występują więc w stropowych częściach gleby kopalnej, nie mają jednak związku z zalegającymi powyżej najmłodszymi piaskami eolicznymi.

Wiek artefaktów wskazuje, że gleba powstała wcześniej niż w pierwszej połowie okresu subborealnego. Jest to więc gleba staroholocen-



Ryc. 5. Stratygrafia nieregularnych pagórków w południowo-wschodniej części przekroju Kiślaki I

a — wzdłuż przekroju A—B na rys. 4, b) — wzdłuż przekroju C—D na rys. 4. Stratygrafia; starszy dryas, Allerød(?): 1 — piaski terasy pradolinnej; młodszy dryas, okres preborealny(?); 2 — piaski eoliczne; okresy borealny, atlantycki, subborealny, 3 — gleba kopalna; okres subatlantycki: 4 — utwory organiczne terasy zalewowej; okres subatlantycki od ok. 4000 lat p.n.e. do ok. 1700 lat p.n.e.: 5 — piaski eoliczne; ok. XVII w. p.n.e. — XII w. n.e.: 6 — gleba kopalna; XII—XVI w.: 7 — piaski eoliczne; XVII—XIX w.: 8 — gleba kopalna; XX w.: — 9 piaski eoliczne, 10 — piaski eoliczne nawiewane współcześnie; artefakty: a — znaleźiska krzemienne z mezolitu i neolitu, b — ceramika neolityczna, c — ceramika kultury trzcienieckiej, d — ceramika z XIII—XIV w., e — ceramika z XVIII—XX w. w glebie kopalnej

Stratigraphy of irregular dune hillocks in the south-eastern part of the section
Kiślaki I

a — along the section A—B as on the Fig. 4, b — along the section C—D as on the Fig. 4. Stratigraphy: Older Dryas, Allerød: 1 — sands of pradolina terrace; Younger Dryas, Preboreal(?): 2 — eolian sands; Boreal, Atlantic and Subboreal: 3 — fossil soil; Subatlantic: 4 — organogenic mood mud of the flood plain; Subatlantic 4000 BC—1700 BC: 5 — eolian sands; 17th century BC — 12th century: 6 — fossil soil; 12—16th century: 7 — eolian sands; 17—19th century: 8 — fossil soil; 20th century: 9 — eolian sands, 10 — eolian sands recently deflated; artefacts: a — flint tools from Mezolith and Neolith, b — ceramic from Trzcieniecka culture Neolith, c — ceramic from Trzcieniecka culture, d — ceramic from 13—14th century, e — ceramic from 18—20th century in fossil soil

ska. Wstępnie wolno przyjąć, że najstarszy udokumentowany okres aktywności eolicznej przypadł na omawianym pagórku na młodszy dryas.

We wszystkich wkopach oraz sondach stwierdzono poziom tej samej gleby kopalnej, co pozwala na prześledzenie kształtu pagórka całkowicie pogrzebanego pod utworami młodszymi. Pagórek został utrwalony w inicjalnym stadium paraboli. Ramiona boczne były łagodnie wygięte w kierunku NW. Jednakże powierzchnia całej formy nie prze-

Fot. 2. Wkop w wydmie w obrębie nieregularnych pagórków (wkop 6 na ryc. 4)
 a — gleba kopalna staroholocenińska, b — piaski eoliczne akumulowane prawdopodobnie między XIII a XVI w. c — gleba kopalna z artefaktami z XVIII—XX w., d — najmłodsze piaski eoliczne

The excavation in dune within irregular hillocks (excav. 6 on Fig. 4)

a — fossil soil from older Holocene, b — eolian sands accumulated probably between 13th and 16th century, c — fossil soil with artefacts from 18—20th century, d — the youngest eolian sands



kraczała 400 m². Stok proksymalny nachylony był w kierunku NW pod kątem około 10—12°, a dystalny w kierunku SE pod kątem około 18—20°.

Glebę kopalną, wstępnie określoną jako staroholoceniską, przykrywają we wkopach 6, 8, 9, 10 i 11 (ryc. 4) piaski eoliczne o zachowanej laminacji. Tworzą one pagórek o powierzchni kilkadziesiątu m² i maksymalnej wysokości 1 m. Piaski te pokrywa słabo wykształcona gleba kopalna (ranker). Zawiera ona artefakty z XVIII—XX w. (fot. 2), co oznacza, że piaski akumulowane były wcześniej. Na podstawie materiału z wkopów obserwujemy więc nadbudowanie późnoglacialnej rzeźby eolicznej niewielkim pagórkiem powstałym między XVIII w. p.n.e., a ok. XVIII—XX w. n.e. Nie jest to jednak ostatni zapis aktywności eolicznej. Zarówno kopalną wydnię powstałą najprawdopodobniej w młodszym dryasie, jak i inicjalny pagórek eoliczny usypany u schył-

ku okresu subborealnego lub w subatlantyku, pokrywają najmłodsze piaski eoliczne miąższości 40—100 cm i z nich wykształcony jest współczesny ranker. Próba dokładniejszego określenia wieku akumulacji eolicznej zostanie podjęta w dalszej części pracy.

Warto tu zwrócić uwagę na występowanie w piaskach eolicznych, młodszych od najstarszej gleby kopalnej, drobnych węgielków drzewnych rozproszonych równomiernie w całej serii eolicznej. W najstarszych piaskach eolicznych węgielków tych brak. Zjawisko to występuje powszechnie na całym obszarze objętym opracowaniem. Obserwacja ta posłużyła jako pomocnicze kryterium przy interpretacji wieku niektórych serii.

W pagórku najbardziej wysuniętym na północny wschód w obrębie omawianego zespołu stwierdzono jeden główny poziom piasków eolicznych, w których nie ma węgielków drzewnych, natomiast w stropie piasków bezpośrednio poniżej poziomu współczesnej gleby występują odłupki krzemienne z mezolitu i neolitu wymieszane z licznymi artefaktami z XVIII—XX w. Po południowej i południowo-wschodniej stronie pagórka charakterystyczne jest zachowanie przez piaski eoliczne warstwowania aż do spągu gleby. Brak więc serii bezstrukturalnej, która musiała ulec zniszczeniu przez wiatry południowe i południowo-wschodnie w ciągu ostatnich około 100 lat. Na podstawie danych ze stacji meteorologicznych w Osowcu i Tykocinie można stwierdzić, że wiatry z sektorów S i SE charakteryzuje obecnie duża częstotliwość występowania. Wymieszanie artefaktów, pochodzących z odległych okresów kulturowych i przykrycie ich wspólnym poziomem gleby współczesnej, należy więc tłumaczyć deflacją. Po wywianiu piasków artefakty przyjęły postać bruku deflacyjnego.

W pagórku położonym pomiędzy omówionymi wyżej wydrami przejście piasków rzecznych do eolicznych zaznacza się jedynie pojawieniem się w spągu tych ostatnich smug orsztynu. Występowanie ich w niższych częściach wydmy może być również reliktem gleby kopalnej staroholocenijskiej. Powyżej smug orsztynu występują węgielki drzewne rozproszone równomiernie w obrębie całej serii eolicznej.

We wkopie 13 (ryc. 4) w stropie starszych piasków eolicznych wykształcona jest gleba silnie zaburzona antropogenicznie i dlatego trudna do jednoznacznego określenia genetycznego. W jej stropie stwierdzono występowanie ceramiki z XVIII—XX w., natomiast w spągu ceramikę z XIII—XIV w. (fot. 3). Świadczyć to może o wykształceniu się tej gleby w okresie między XIII—XIV a XVIII—XX w. Powyżej tej gleby występuje około 30 cm piasków eolicznych z rozproszonymi węgielkami drzewnymi, a następnie 8 cm szarego poziomu z węgielkami, przechodzącego w leżące powyżej i poniżej piaski systemem zacieków, paluszków i zatok. Wydaje się, że jest to relikտ słabo wykształconej

Fot. 3. Wkop w pagórku eolicznym w południowo-wschodniej części przekroju Kiślaki I (wkop 13 na ryc. 4)

a — piaski eoliczne, b — gleba kopalna z artefaktami z XIII—XIV w., c — piaski eoliczne, d — gleba kopalna z artefaktami z XVIII—XX w., e — piaski eoliczne

The excavation in dune hillock in south-eastern part of section Kiślaki I (excav. 13 on Fig. 4)

a — eolian sands, b — fossil soil with artefacts from 13—14th century, c — eolian sands, d — fossil soil with artefacts from 18—20th century, e — eolian sands



gleby kopalnej zniszczonej przez zasypianie. Z najmłodszych piasków eolicznych wykształcony jest współczesny ranker.

Profil dolnych części pozostałych wkopów jest podobny, z tym że gleba przykrywająca najstarsze piaski eoliczne ma charakter destruktu, a we wkopie 14 występują resztki cegieł wymieszane z ceramiką z XVIII—XX w. Poziom kulturowy przykryty jest ciemnoszarym poziomem gleby (A₁?). Najmłodsze piaski eoliczne mają około 40 cm miąższości i z nich wykształcona jest współczesna prymitywna gleba (ranker). Reasumując, starsze piaski eoliczne w obrębie tego pagórka zostały osadzone przed XIII—XIV w., a najmłodsze być może już w wieku XIX, ale zdążyła się z nich wykształcić prymitywna gleba. Pomiędzy XIII—XIV a około XIX w. była przerwa w akumulacji piasków eolicznych.

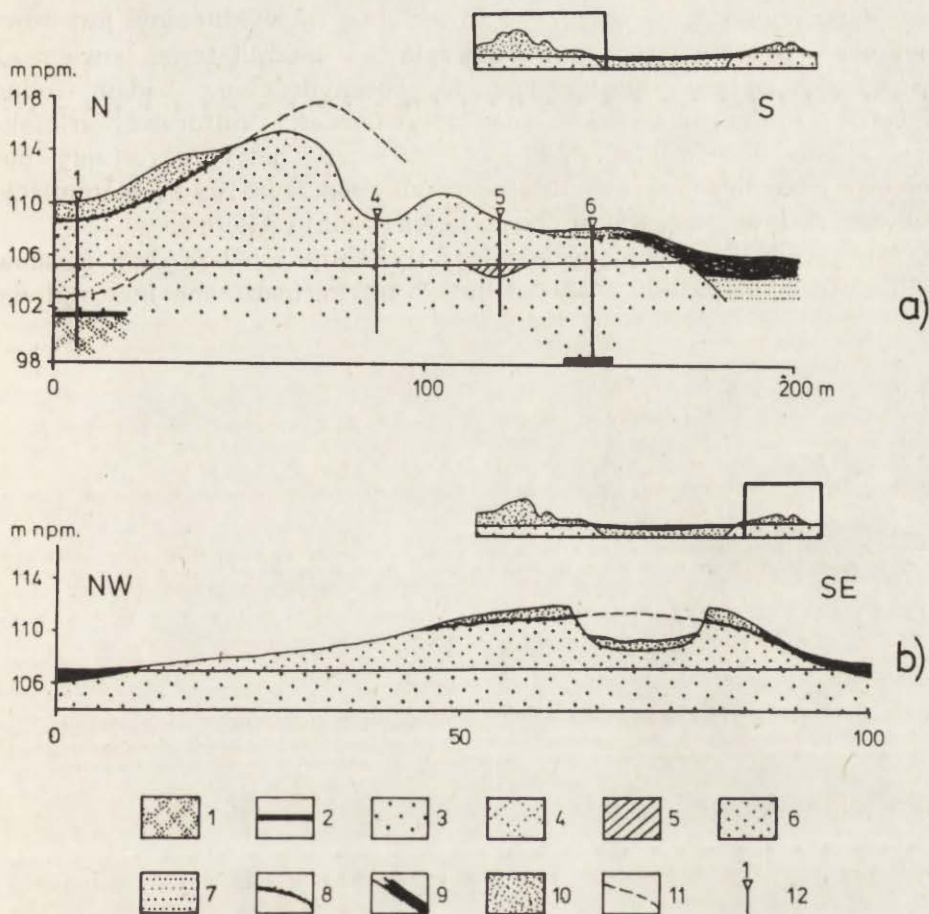
Podłoże południowego ramienia wydmy parabolicznej na odcinku objętym przekrojem Kiślaki II tworzą piaski drobnoziarniste, których płaska powierzchnia stropowa występuje na wysokości 105 m npm. (ryc. 6). W wierceniach 1 i 5 zawierają one znaczną domieszkę frakcji poniżej 0,1 mm, dochodzącą niekiedy do 45%. Piaski pylaste barwy niebieskoszarej zawierają domieszkę detrytusu roślinnego i w wierceniach 1 silnie reagują z HCl. W toku ekspertyzy wykonanej przez dr. J. Oświta z Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, rozpoznano blaszki liści drzew oraz korę *Salix* i *Alnus* (?), blaszki liściowe *Graminae Filicales* i inne rośliny zielne nie oznaczone.

W sposób fragmentaryczny prześledzono również stratyografię utworów starszych. Na podstawie głębokich wierceń stwierdzono na głębokości około 102—104 m npm. poziom piasków gruboziarnistych ze żwirami do 2 cm średnicy. Poniżej, w wierceniach 4 i 5, występowały nadal piaski drobnoziarniste, jednakże w wierceniach 1, bezpośrednio pod żwirami, na głębokości 101,0 m npm., stwierdzono serię 30-centymetrowej miąższości. Ił ten ma wyraźną laminację; warstewki jasne barwy żółtoszarej mają po około 2 mm grubości, warstewki ciemne, barwy czekoladowej mają do 6 mm grubości. W wierceniach 1 ił przewiercono i poniżej stwierdzono piaski pylaste nie zawierające szczątków organicznych i nie reagujące z HCl. W wierceniach 6 serię żwirów stwierdzono dopiero na głębokości 101 m npm., poniżej występują piaski gruboziarniste, a na głębokości 98 m npm. iły. Iły zalegają tu blisko 3 m niżej niż w położonym 150 m na północ wierceniach 1. Iły akumulowane były najprawdopodobniej w zbiornikach wód stojących. Występujące powyżej iłów piaski ze żwirami są niewątpliwie pochodzenia rzecznoego. Wskazują na to średnice żwirów (0,5—1 cm, sporadycznie do 3 cm), wysortowanie materiału oraz udział poszczególnych typów transportu w akumulacji. Zostaną one szerzej omówione w dalszej części pracy.

Występujące ponad omówionymi osadami pochodzenia wodnego osady eoliczne, rozpoczynające się na głębokości 105 m npm., tworzą piaski drobnoziarniste z niewielką domieszką pyłów. Różnią się one od piasków podłoża zawartością frakcji poniżej 0,1 mm. Nie jest to jednak różnica jednakowa we wszystkich wierceniach. W wierceniach 2 piaski eoliczne zawierają wyraźnie więcej frakcji poniżej 0,1 mm niż piaski podłoża, natomiast w wierceniach 1 i 5 — mniej. Wyraźna granica w uziarnieniu pozwala na wstępne przeprowadzenie granicy pomiędzy osadami z odmiennych środowisk sedymentacyjnych na wspomnianej już głębokości 105 m npm.

Piaski eoliczne tworzą serię jednorodną o maksymalnej miąższości 12 m. W jej obrębie, bliżej południowego zbocza, stwierdzono w całym profilu duże nagromadzenie nacieków węglanu wapnia, które powstały

w sąsiedztwie dawnych korzeni drzew. Stwierdzono je na głębokości do 3 m poniżej powierzchni wydmy. Po północnej stronie analizowanego ramienia wydmy stwierdzono występowanie gleby kopalnej bielcowej. Analiza stopnia wykształcenia profilu wskazuje na średni stopień zbilecowania zgodnie z klasyfikacją B. Noryskiewicz i Z. Prusinkiewicza



Ryc. 6. Stratygrafia wydym na przekroju Kiślaki II

Pierwsza połowa starszego dryasu lub nieco wcześniej: 1 — piaski pylaste; starszy dryas, Allerød: 2 — łąy z szczątkami organicznymi, 3 — piaski pylaste i piaski z wkładkami żwirów, 4 — piaski pylaste z szczątkami organicznymi, 5 — piaski pylaste; Młodszy dryas, okres preborealny(?): 6 — piaski eoliczne; okresy preborealny, borealny i atlantycki: 7 — piaski terasy zalewowej, 8 — gleba kopalna; okresy subborealny i subatlantycki: 9 — utwory organogeniczne, 10 — piaski eoliczne; 11 — najbardziej prawdopodobny zarys rzeźby terenu po zakończeniu głównej fazy wydymotwórczej, 12 — lokalizacja wierceń i ich numery

Stratigraphy of dunes in the section Kiślaki II

The first part of the Older Dryas or earlier: 1 — dusty sand; Older Dryas, Allerød: 2 — loam with organogenic remnants, 3 — dusty sand and sands interbedded by thin gravel layer, 4 — dusty sand with organogenic remnants, 5 — dusty sand; Younger Dryas, Preboreal(?): 6 — eolian sands; Preboreal, Boreal and Atlantic: 7 — sands of the flood plain, 8 — fossil soil; Subboreal, Subatlantic: 9 — organogenic mud, 10 — eolian sands; 11 — the most probable topographic line after the main eolian phase, 12 — localization of borings and their numbers

(1966). Gleba jest słabokwaśna. Ph w poziomach A i B (badane co 2 cm) waha się od 5,0 do 5,8. Gleba ta w niżej położonych częściach wydmy przechodzi w glebę brunatną. W licznych wykopach stwierdzono ciągłość tego poziomu glebowego ze staroholocenijską glebą kopalną na przekroju Kiślaki I, a zawierającą artefakty, poczynając od mezolitu.

Główna seria najstarszych piasków eolicznych powstawała więc najprawdopodobniej w młodszym dryasie, choć niewykluczony jest również okres preborealny, a nawet borealny — mezolit trwał bowiem aż do schyłku okresu atlantyckiego. Na obecnym etapie badań trudno o bardziej szczegółowe określenie przynależności kulturowej artefaktów. Piaski pochodzenia wodnego zawierające detrytus roślinny pochodzą z ciepłego okresu bezpośrednio poprzedzającego akumulację eoliczną. Jedyny możliwy do przyjęcia ich wiek to Allerød.

Powyżej bielcowej gleby kopalnej występuje młodsza seria piasków eolicznych o miąższości maksymalnej 2 m. Pochodzi ona niewątpliwie

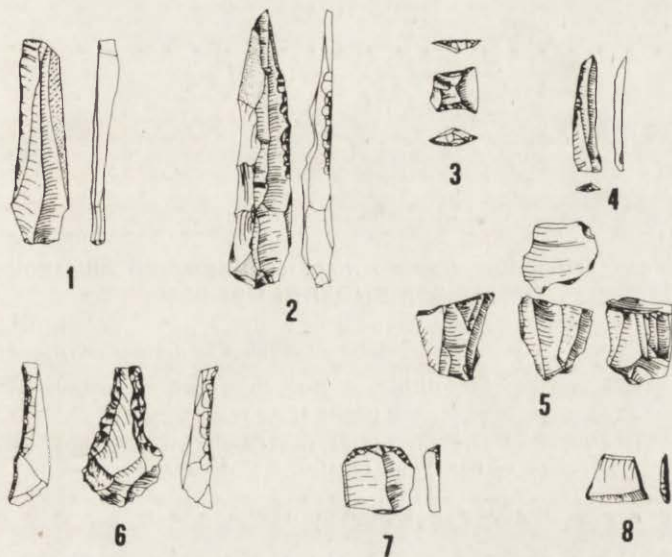


Fot. 4. Wkop w wydmy na ostańcu erozyjnym
a — piaski terasy pradolinnej, b — piaski eoliczne, c —
staroholocenijska gleba kopalna odsłaniana przez deflację

The excavation on the erosional remnant
a — pradolina terrace sands, b — eolian sands, c — fossil
soil from older Holocene exposed by deflation

z antropogenicznego okresu wydmotwórczego, podobnie jak najmłodsze piaski eoliczne we wschodniej części ramienia paraboli.

Wydma na ostańcu erozyjnym (ryc. 6 b) terasy nadzalewowej jest objęta południowo-wschodnim odcinkiem przekroju. Podłoże piasków eolicznych tworzą piaski drobnoziarniste o słabo zaznaczającej się laminacji. Powyżej występuje seria piasków eolicznych, w jej stropie kopalna gleba, po której zachował się tylko poziom B-iluwialny (fot. 4),



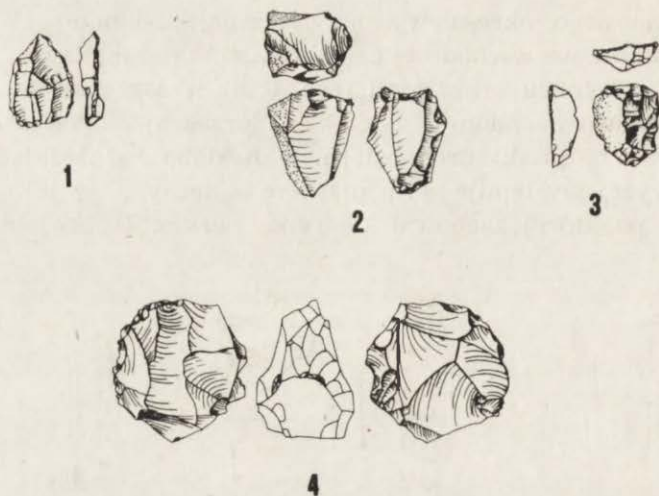
Ryc. 7. Wybrane przykłady artefaktów

Artefakty paleolityczne ze stanowiska na ostańcu erozyjnym na przekroju Kiślaki II: 1 — wiór z rdzenia dwupiętowego, 2 — rylce klinowy, środkowy na wiórze z rdzenia dwupiętowego. Artefakty mezolityczne lub neolityczne ze stanowisk na przekroju Kiślaki I i Kiślaki II: 3 — grociek trapezowaty, 4 — zbrojnik typu Wieliszew (Mezolit), 5 — drapacz z wióra, 6 — fragment narzędzia, 7 — rdzeń szczytkowy, wiórowy, jednopiętowy. Ze stanowiska położonego na wschód od wsi Tatary: 8 — grociek trapezowaty

Chosen examples of artefacts

Paleolithic artefacts from the site on the erosional remnant in the section Kiślaki II: 1 — blades from the core with opposed platform, 2 — dihedral burin on the blade from the opposed platform core. Mesolithic or nolithic artefacts from sites in the section Kiślaki I and Kiślaki II: 3 — trapeziform arrow-head, 4 — end-scraper on a blade, 5 — Wieliszew point (Mezolith), 6 — fragment of a tool, 7 — single platform core. From the site to the east from the village Tatary: 8 — trapeziform arrow-head

pH w jego stropie wynosi 4,0—4,3, w spągu 4,3—4,8. Powyżej gleby występują młodsze piaski eoliczne. Cała wydma ulega obecnie silnej deflacji, którą zapoczątkowała eksploatacja piasku. Interesująca ze stratygraficznego punktu widzenia jest obfitość znalezisk archeologicznych. W obrębie piaszownicy stwierdzono otwarte stanowisko zawierające zarówno narzędzia krzemienne (stanowisko krzemienne zarejestrował tu H. Banaszuk 1974), jak i ceramikę (ryc. 7, 8; fot. 5). Najstarszymi zna-

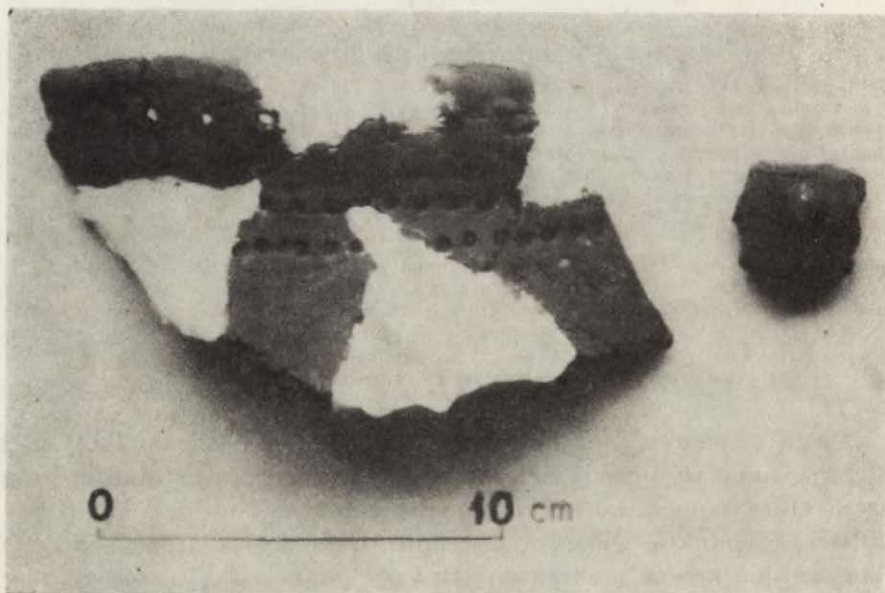


Ryc. 8. Przykłady artefaktów ze stanowisk mezolitycznych lub neolitycznych na przekrojach Kiślaki I i Kiślaki II

1 — odtupek z retuszem, 2 — rdzeń wiórowo-odłupkowy ze zmienioną orientacją, 3 — skrobacz z wióra z retuszem powierzchniowym, 4 — drapacz zdwojony

Examples of artefacts from Mesolithic or Neolithic sites in sections Kiślaki I and Kiślaki II

1 — flake with retouch, 2 — core for blades and flakes with changed orientation, 3 — side scrape or flake with retouch, 4 — double end-scraper



Fot. 5. Ceramika kultury niemeńskiej ze stanowiska na ostańcu erozyjnym
Ceramic of the Niemen Culture from the site on the erosional remnant

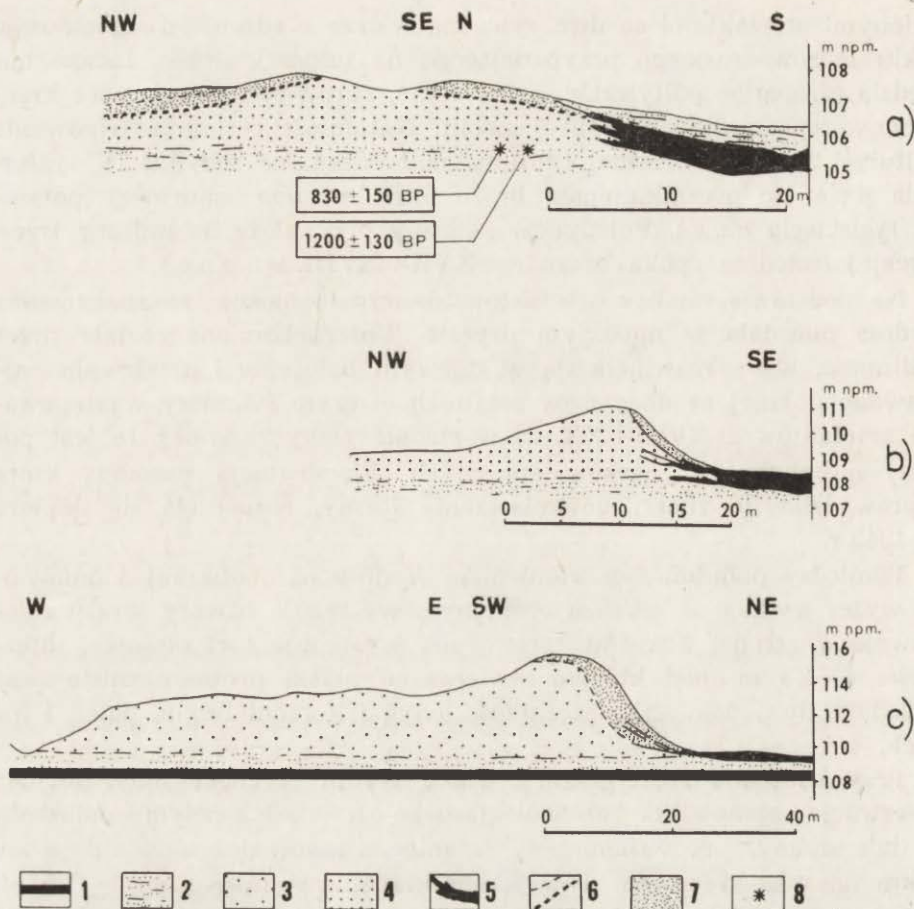
lezionej artefaktami są dwa rylce na wiórze z rdzenia dwupiętowego cyklu mazowszańskieho przypadającego na młodszy dryas. Liczne narzędzia (drapacze, półtylczaki, grotty i in.), surowiec i półsurowiec krzemienno reprezentują mezolit i neolit. Natomiast ceramika odpowiada kulturze tzw. strefy leśnej (kultura niemeńska) ze schyłku IV tysiąclecia p.n.e. do początku epoki brązu oraz kulturze sznurowej (połowa III tysiąclecia p.n.e.). Pojedyncze skorupy przynależą do kultury trzcinieckiej (młodsza epoka brązu — XVII—XVIII w. p.n.e.).

Na podstawie analizy artefaktów stwierdzić można, że analizowana wydma powstała w młodszym dryasie. Unieruchomiona została przez roślinność, która rozwinęła się w starszym holocenie i przetrwała najprawdopodobniej aż do czasów ostatnich, o czym świadczy występowanie artefaktów z XVIII—XX w. w stropie gleby kopalnej, to jest poniżej najmłodszych piasków eolicznych. Eksploatacja piasków, która doprowadziła do znacznego zniszczenia formy, rozpoczęła się dopiero po 1945 r.

Pomiędzy południowym ramieniem wydmy parabolicznej a omówioną wyżej wydumą na ostańcu erozyjnym występują utwory terasy zalewowej. W stropie utworów terasowych występuje torf olesowy, miąższości 1—1,3 m, pod którym stwierdzono piaski drobnoziarniste oraz pylaste z dużą domieszką szczątków łądyg i korzeni trzciny, pałek i innych.

Przy ustalaniu stratygrafii i wieku wydmy pomocne były również obserwacje stanowiska archeologicznego o analogicznym położeniu w dnie doliny, jak wspomniany ostaniec. Stanowisko to znajduje się 1 km na wschód od wsi Tatary. Piaski eoliczne miąższości 1—1,5 m, leżące na piaskach rzecznych, pokrywa gleba kopalna miąższości około 50 cm. W tej stropie (ciemnoszary poziom A₁?) stwierdzono ceramikę neolityczną, a na powierzchni gleby (odsłanianej przez współczesną deflację) stwierdzono występujące niewątpliwie *in situ* (opinia E. Kempisty) narzędzia krzemienne neolityczne (m.in. rylce i grotty). Świadczy to o wykształceniu gleby przed okresem subborealnym.

Stratygrafię eolicznych piasków pokrywowych na stanowisku Nareśl rozpoznano na podstawie analizy naturalnego odsłonięcia długości około 60 m. Koryto rzeki Nareśli rozcina pagórek eolicznych piasków pokrywowych, odsłaniając rzeźbę kopalną w miejscu zazębienia się osadów terasy zalewowej, pradolinnej i osadów eolicznych (ryc. 9a; fot. 6). Najstarszymi osadami są tu szare piaski pylaste związane z akumulacją terasy pradolinnej. Spąg tych utworów jest nieznanym. W części widocznej w odsłonięciu piaski pochodzenia wodnego zawierają wkładki piasków eolicznych miąższości kilku centymetrów. Powyżej występują piaski eoliczne miąższości maksymalnie 1,5 m. Przykrywa je w północno-zachodniej części odsłonięcia gleba kopalna bielkowa o słabym stopniu zbielicowania. Powyżej tej gleby występuje jeszcze około 50 cm



Ryc. 9. Stratygrafia wydm i eolicznych piasków pokrywowych stanowisk: a — Nareśl, b — Rokitnik, c — Morusy

Starszy dryas: 1 — ility, 2 — piaski terasy pradolinnej; młodszy dryas, okres preborealny(?): 3 — piaski eoliczne; okres subatlantycki ok. XII—XIV w.: 4 — piaski eoliczne, 5 — utwory organogeniczne (cały subatlantycki); od XVI w.: 6 — gleba kopalna, 7 — piaski eoliczne, 8 — lokalizacja poboru próbek do analizy C¹⁴

Stratigraphy of dunes and eolian cover sands of sites: a — Nareśl, b — Rokitnik, c — Morusy

Older Dryas: 1 — loam, 2 — sands of pradolina terrace; Younger Dryas, Preboreal(?): 3 — eolian sands; Subatlantic env. 12—14th century: 4 — eolian sands, 5 — organogenic material (whole Subatlantic); since 16th century: 6 — fossil soil, 7 — eolian sands, 8 — localizations of samples taken to C¹⁴ analysis

piasków eolicznych, z których jest wykształcona współczesna gleba.

W południowo-wschodniej części odsłonięcia występują osady madowe (zawartość części organicznych 4—6%), zazębiające się z piaskami eolicznymi leżącymi na piaskach pochodzenia wodnego. W spągu mady zawartość części organicznych przekracza 10%, występują pojedyncze kawałki drewna i większe pnie naniesione przez wodę. Stropową część



Fot. 6. Stanowisko Nareśl. Strzałki wskazują pnie drzew datowane metodą radiowęglową

Nareśl excavation. Pointers show trunks dated by radiocarbon method

nady budują naprzemianległe warstewki piasków próchnicznych i piasków pozbawionych składników organicznych.

W spągu serii piasków eolicznych występują korzenie drzew wraz z fragmentami części nadziemnych (pni). Korzenie tkwią w piaskach pylastej pochodzenia wodnego. Części nadziemne występują 1,5 m poniżej współczesnej powierzchni, co eliminuje ewentualny ich związek z roślinnością współczesną, są ułamane, nie stwierdzono jednak śladów spalania. Pnie trzech drzew zostały oznaczone jako *Pinus silvestris*. Dwa z nich poddano analizie w Laboratorium C—14 Uniwersytetu w Helsinkach. Otrzymano dla nich datowania:

1) 1200 ± 130 lat BP (Hel—970),

2) 830 ± 150 lat BP (Hel—969),

co odpowiada około VIII i XII w. n.e.

Wolno więc sądzić, że aktywność eoliczna w obrębie omawianych pagórków jest młodsza od co najmniej VIII w. n.e.

Wydma na stanowisku Rokitnik (ryc. 9b) spoczywa na drobnoziarnistych piaskach pochodzenia wodnego. Seria eoliczna jest w zasadzie jednorodna i zazębia się z utworami organicznymi.

Około 1 km na północ na powierzchni stoku proksymalnego wydmy stwierdzono stanowiska ceramiki z XV—XVI w. Analiza stratygraficzna wydmy wykazała analogiczną budowę wewnętrzną do wydmy omówionej poprzednio.

Na podstawie dat uzyskanych metodą C^{14} — dla drewna ze stanowiska Nareśl wyznaczającego początek procesów eolicznych oraz artefaktów zamykających, jak się wydaje, najbardziej intensywny okres aktywności eolicznej na tym obszarze — wolno wstępnie sądzić, że działalność wydmotwórcza wystąpiła tu między około VIII a XVI w., czyli w okresie znanym z historii tego terenu z intensywnego wkraczania osadnictwa (*Dzieje lasów, leśnictwa i drzewnictwa w Polsce 1965 r.*, M. Dembińska 1972). Wolno także przyjąć, że pod uprawę roli wybierano grunty żyzniejsze o małych deniwelacjach i stosunkowo płytkim poziomem zalegania wód gruntowych. Obszar wydmowy południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej jest jednym z niewielu obszarów spełniających te warunki. Stąd należy przypuszczać, że był on w pierwszej kolejności przeznaczony pod uprawę; orka spowodowała uruchomienie piasków.

Najstarsze osady stwierdzone w podłożu wydmy w Morusach, to ility występujące na głębokości 1,3 m poniżej powierzchni torfowiska na E od ramienia wydmy oraz na tej samej głębokości w niecce deflacyjnej. Strop iłów zalega na głębokości 108,8 m npm. Iły te mają barwę czekoladową, są laminowane (naprzemianległe warstewki jaśniejsze lub ciemniejsze), miąższość lamin jest różna — od kilku milimetrów do kilkunastu centymetrów. Iłów tych nie przewiercono. Dodatkowe światło na genezę iłów rzuca morfologia i budowa geologiczna spłaszczonego pagórka w obrębie terasy zalewowej 1 km na SE od wydmy w Morusach. Wierzchołek tego pagórka położony jest na wysokości 110 m npm., tj. 3 m ponad poziom terasy zalewowej. Pagórek zbudowany jest z laminowanych iłów barwy czekoladowej, analogicznych do tych, jakie nawiercono pod wydumą w Morusach. Strop iłów występuje 1,2 m wyżej niż strop iłów w Morusach. Wolno sądzić, że ility akumulowane były w zbiornikach zamkniętych w okresie, gdy nie istniała jeszcze terasa zalewowa i całość tej części Kotliny pokrywała terasa pradolinna. Erozja aleródzka, która rozcięła terasę, nie spowodowała usunięcia odpornych na erozję iłów, pozostałych w formie pagórka.

Bezpośrednie podłoże wydmy w Morusach stanowią piaski pylaste pochodzenia wodnego, przypominające składem mechanicznym piaski w podłożu wydym w Kiślakach i Nareśli i Rokitniku. Piaski te pod wydumą pokrywa 1—2 cm warstewka piasków pylastych próchnicznych. W toku analizy stratygraficznej nie stwierdzono śladów deflacji wgłębnej. Po wschodniej stronie ramienia wydmy wykryto kilka poziomów humusowych, zazębiających się z utworami organicznymi. Wszystkie warstewki szybko zanikają. Główny trzon wydmy budują piaski eoliczne jednorodne, bez węgielków drzewnych. Wobec braku możliwości wydatowania osadów organicznych kryterium to było jednym z ważniejszych przy ocenie wieku wydmy. Ponadto wzięto pod uwagę podobieństwo stratygrafii osadów wydym i osadów podłoża z wydumą para-

boliczną w Kiślakach. Na podstawie tych przesłanek przyjęto, że główna masa piasku wydmy została osadzona w młodszym dryasie; seria zawierająca wkładki utworów organogenicznych pochodzi najprawdopodobniej z fazy antropogenicznej.

STRUKTURA

W wydmy najbardziej wysuniętej na zachód w obrębie nieregularnych pagórków (przekrój Kiślaki I) analiza struktury piasków w powiązaniu z analizą stratygraficzną pozwoliła na odtworzenie najbardziej prawdopodobnego kształtu wydmy kopalnej wieku młodszego dryasu. Stok dystalny tej wydmy zwrócony był na SE, a proksymalny na NW. Zarys kopalnej formy wskazuje na stadium inicjalne wydmy parabolicznej (J. Grzybowski 1978 b).

W wyniku badań struktury na przekroju Kiślaki I stwierdzono, że w obrębie wału zbudowanego ze starszych piasków eolicznych oś morfologiczna ma kierunek zgodny z osią strukturalną WSW—ENE. Wskazuje to, że wał usypany był najprawdopodobniej przez wiatry z kierunku zachodnio-południowo-zachodniego, co znajduje potwierdzenie w analizie kształtu formy. Struktura najmłodszych piasków eolicznych jest całkowicie niezgodna z osią morfologiczną całości wału. Potwierdzają to również obserwacje współczesnego przewiewania wydmy. Przeważają wiatry południowo-wschodnie, ale okresami przewagę zyskują również wiatry z innych sektorów — zaobserwowano bezpośrednio i pomierzono zapis strukturalny wiatrów NW odpowiedzialnych za usypanie okresowo pojawiających się na powierzchni wydmy pagórków inicjalnych.

Na przekroju Kiślaki II w najniższych dostępnych do badań częściach profilu piasków wieku młodszego dryasu stwierdzono strukturę stoku dystalnego. Laminy o azymucie $115\text{--}185^\circ$ zapadają pod kątem $20\text{--}26^\circ$. W stropowych częściach odkrywki kąty nachylenia stają się coraz mniejsze i coraz większa część profilu zaczyna nabierać cech struktury typowej dla stoku proksymalnego (fot. 7). W górnej części profilu po południowej stronie ramienia wydmy występuje niezgodność morfologiczna z boczna z jego strukturą. Powierzchnia stoku jest nachylna pod większym kątem (do 30°) niż nachylenie lamin w odkrywce. Świadczy to o zniszczeniu południowej części stoku przez procesy denudacyjne lub deflacyjne. Natomiast po północnej stronie ramienia wydmy obserwujemy zgodność morfologii i struktury.

Całość zapisu strukturalnego świadczy pozornie o występowaniu stoku proksymalnego i o północno-zachodnim kierunku wiatrów wydmotwórczych. Jednakże zniszczenie południowej części ramienia paraboli na omawianym stanowisku oraz analogie ze strukturą osadów w czynnej części wydmy wskazują na akumulacyjny charakter stoku.



Fot. 7. Struktura stoku proksymalnego południowego ramienia wydmy parabolicznej w Kiślakach (przekrój Kiślaki II)
The structure of proximal slope of the southern arm of parabolic dune in Kiślaki (section Kiślaki II)

Piasek wywiewany z przydolinnej części paraboli przenoszony był na jej stronę północną. Duży rozrzut kierunków w stropie osadów jest dowodem zróżnicowanych kierunków strumienia wiatrowo-piaszczystego nie przemieszczającego się swobodnie po przekroczeniu przeszkody.

Strukturę eolicznych piasków pokrywowych w Nareśli rozpoznano na podstawie naturalnego odsłonięcia, w którym uprzednio analizowano stratyografię osadów. Płaskie warstwowanie osadów utrudniało w wielu miejscach pomiar kąta nachylenia lamin. Przy bardzo dobrym wysortowaniu i wobec dużej drobnoziarnistości materiału ten typ osadu należy interpretować jako odpowiadający wyróżnionej przez J. R. L. Allena (1968) pierwotnej laminacji (*primary current lineation*), co odpowiada bardzo spokojnej i powolnej akumulacji.

W badanych wydmach obserwowano niezgodność między nachyleniem form zboczy a nachyleniem lamin. Laminy zapadają na ogół pod mniejszym kątem aniżeli wynosi nachylenie zboczy. Wyjątkowo obserwuje się zgodność. Jest to sytuacja odwrotna niż obserwowana dotychczas na innych polach wydmowych, gdzie stwierdzono większe kąty nachylenia lamin w odkrywkach aniżeli kąty nachylenia zboczy. Tłumaczono to procesami denudacyjnymi (B. Nowaczyk 1976 a).

W przypadku południowego ramienia wydmy w Kiślakach obserwowana niezgodność jest wynikiem przeobrażeń stoku spowodowanych wiatrem z sektora południowego, to jest z kierunku prostopadłego do pierwotnego kierunku akumulacji w okresie młodszego dryasu. Deflacja z sektora południowego doprowadziła do wtórnego zwiększenia nachylenia stoków w porównaniu z pierwotnym ich nachyleniem w czasie depozycji. Obserwowane współcześnie nachylenia zboczy południowych omawianego ramienia paraboli wynoszą bowiem 15—20° na odcinku w pobliżu przekopu, podczas gdy jego pierwotne nachylenie nie przekraczało 7°. Podobne zjawisko obserwowano w obrębie nieregularnych pagórków w SE części przekroju Kiślaki.

W najmłodszych piaskach eolicznych obserwowano zgodność morfologii i struktury, podobnie jak w Pomorsku (B. Nowaczyk 1976 a) i Basenie Szczecińskim (W. Stankowski 1961). Potwierdza to sugestie B. Nowaczyka (1976 a), że zgodności morfologii i struktury należy spodziewać się w wydmach młodych nie zdenudowanych. Nie można tego uogólniać, gdyż — jak wykazały obserwacje — procesy współczesne nie muszą łągodzić zboczy form, lecz niekiedy przeciwnie, zaostwiają je.

WPLYW WARUNKÓW NATURALNYCH NA ROZWÓJ WYDM

KIERUNKI WIATRÓW WYDMOTWÓRCZYCH

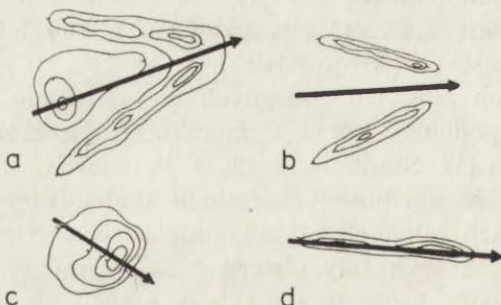
Próbie rekonstrukcji kierunków wiatrów wydmotwórczych podjęto na podstawie analizy zespołu elementów:

- 1) morfologii wydm w obrębie całego pola wydmowego,
- 2) struktury wybranych wydm na podstawie pomiarów kątów nachylenia lamin. Jako uzupełnienie wykorzystano obserwacje typu warstwowań osadu.

W celu zrekonstruowania kierunków wiatrów wydmotwórczych wyróżniono cztery typy wydm o różnej morfologii (ryc. 10):

- a) formy paraboliczne i łukowe,
- b) formy paraboliczne z całkowicie rozwianą częścią czołową,
- c) wydmy wałowe podłużne,
- d) nieregularne pagórki.

W przypadku wydm parabolicznych (a i b) przyjęto, że główny kierunek transportu przebiegał od najniższej położonego miejsca w niecce

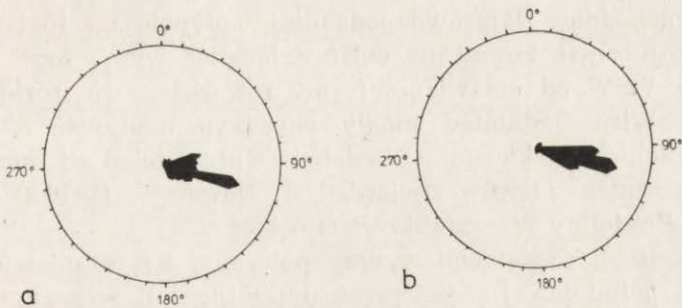


Ryc. 10. Metody rekonstrukcji kierunków wiatrów wydmotwórczych

Strzałki oznaczają najbardziej prawdopodobne kierunki wiatru w przypadku: a — wydmy parabolicznej, b — wydmy parabolicznej rozerwanej, c — nieregularnego pagórka, d — wydmy wałowej podłużnej

Methods of reconstruction of directions of wind

Pointers show the most probable wind directions forming: a — parabolic dune, b — open parabolic dune, c — irregular hillock, d — longitudinal dune



Ryc. 11. Najbardziej prawdopodobne kierunki wiatrów wydmywających w południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej zrekonstruowane na podstawie kryteriów morfologicznych

a — dla form o wysokości względnej mniejszej niż 5 m, b — dla form o wysokości względnej większej niż 5 m

The most probable directions of dune-forming winds in the south-eastern part of the Biebrza Basin reconstructed on the basis of morphological criteria:

a — for dunes lower than 5 m, b — for dunes higher than 5 m

deflacyjnej do punktu przegięcia czoła paraboli. W przypadku wydmy wałowej (c) kierunek wiatru wydmywającego przyjęto za równoległy do osi morfologicznej. W przypadku nieregularnych pagórków (d), wobec częstego braku niecek deflacyjnych, kierunek wiatrów wydmywających ustalono zgodnie z osią wyznaczoną przez kierunek nachylenia stoków proksymalnego i dystalnego. Autor zdaje sobie sprawę z uproszczeń przy tego typu założeniach. Wolno jednak sądzić, że popełniony błąd nie jest większy od błędu popełnianego przy bezpośredniej analizie strukturalnej we wkopach.

Przeanalizowano łącznie 110 wydym. Kierunki wiatrów analizowano następnie w zależności od wysokości form (ryc. 11). Stwierdzono, że wydmy o wysokości względnej większej niż 5 m mają niewielki rozrzut kierunków. Azymuty mieszczą się na ogół w przedziale 110—115°. Natomiast formy małe o wysokości 3—5 m mają rozrzut znacznie większy. Choć dominują nadal kierunki zachodnie i północno-zachodnie, stwierdza się duży udział innych kierunków o azymutach w pełnym przedziale 0—360°. Biorąc pod uwagę fakt, że formy małe występują przede wszystkim na obrzeżeniu głównego pola wydmy, otrzymujemy wstępną informację co do kierunku wiatrów wydmywających. Na podstawie badań stratygraficznych, zwłaszcza w obrębie rozwianej części czoła wydmy parabolicznej w Kiślakach, wolno sądzić, że w młodszych fazach aktywności eolicznej nie nastąpiła wyraźna reorientacja dużych form. Kierunek WNW i NW można więc uznać za dominujący w fazie wydmywającej młodszego dryasu.

Formy na obrzeżeniu pola wydmy ulegały nieznacznym wpływom kierunków lokalnych, jak na przykład analizowana wydma paraboliczna w Kiślakach. Wydma ta była usypana przez wiatry zachodnio-po-

łudniowo-zachodnie. Najprawdopodobniej wpłynęło na to bezpośrednie otwarcie tej części terenu na wiatry lokalne wymuszone morfologią doliny. Na WSW od omawianej formy rozpościera się rozległy obszar torfowiska Wizna. Stamtąd mogły okresowo napływać silne wiatry o nieco zmienionym kierunku. Podobny wpływ lokalnej morfologii terenu na kierunek wiatrów stwierdził B. Nowaczyk (1976 a) w zachodniej części Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej.

Analiza stoku dystalnego wydmy położonej na ostańcu terasy pradolinnej w południowej części przekroju Kiślaki II wskazuje, że forma ta była akumulowana przez wiatry północno-zachodnie. Wydma ta leży już poza zasięgiem bezpośredniego wpływu wiatrów znad torfowiska Wizna.

Zniszczenie pokrywy roślinnej na wydmach usytuowanych wzdłuż doliny Narwi spowodowało przemodelowanie tych form w holocenie przez wiatry z sektora południowego. Jak już wspomniano wcześniej, wydmy w tej części pola mają współczesne stoki proksymalne skierowane na południe lub północny wschód, a dystalne na północ lub północny zachód, podczas gdy stoki kopalne tych samych form mają stoki proksymalne skierowane na NW, a dystalne na SE.

Tak silny wpływ rzeźby na kierunki wiatrów nie ujawnił się w okresie młodszego dryasu, pomimo iż istniała już wtedy nie tylko wysoczyzna polodowcowa po południowej stronie doliny, ale także terasa zalewowa Narwi (S. Żurek 1975). Istniały więc główne jednostki morfologiczne sterujące przypowierzchniowym przepływem mas powietrza. Niewielki ich wpływ na kierunek wiatrów wydmotwórczych świadczy o wyraźnej dominacji najsilniejszych wiatrów z sektora północno-zachodniego w porównaniu z innymi kierunkami.

ANALIZA DYNAMIKI TRANSPORTU EOLICZNEGO

ZASTOSOWANA METODA BADANIA UZIARNIENIA OSADÓW

Celem analizy uziarnienia osadów było:

- 1) ogólna charakterystyka składu mechanicznego piasków wydm i ich podłoża,
- 2) prześledzenie zmian w uziarnieniu w profilach pionowych,
- 3) zrekonstruowanie warunków dynamiki transportu eolicznego oraz zmienności tej dynamiki w czasie.

Wszyscy autorzy podkreślają, że niezmiernie ważne i rzutujące na wyniki badań jest zagadnienie pobierania próbek. Dyskusje dotyczą przede wszystkim ogólnej lokalizacji miejsc poboru w obrębie pola wydmowego oraz odległości między miejscami pobierania w profilu pionowym. Próbkę pobierane są albo z aktualnie dostępnych odkrywek eksploatacyjnych (U. Urbaniak-Biernacka 1976 a), albo też szuka się

części wydmy, z której pobrana jedna próbka charakteryzuje całość formy (J. Wojtanowicz 1970). U. Urbaniak-Biernacka (1976 a) pobierała próbki z odkrywek co 1 m, K. Rotnicki (1970) w odstępach 20—100 cm, a B. Nowaczyk (1976 a) i K. Krajewski (1977) co 20 cm.

W niniejszym opracowaniu w odsłonięciach naturalnych i wkopach próbki pobierano co 5 cm, natomiast z rurowanych wierceń na ogół co 10 cm. Gdy nawodnienie utworów nie pozwalało na wyciągnięcie próbki (wiercenia wykonywano świdrem okienkowym), były one pobierane rzadziej.

Doświadczenia zebrane w toku wykonywania opracowania pozwalają na wyciągnięcie wniosku, że dobór odstępów pomiędzy próbkami w profilach pionowych musi być określony celem analizy. W toku badań terenowych stwierdzono, że pobór co 10—20 cm jest wystarczający dla uchwycenia ogólnej zmienności uziarnienia. Pobór co 5 cm okazał się celowy dla analizy dynamiki transportu i stopnia zaokrąglenia, natomiast za rzadki do przeprowadzenia rekonstrukcji warunków meteorologicznych. W tym ostatnim przypadku autor postuluje pobieranie próbek co 2 cm.

Analizę składu mechanicznego wykonano łącznie dla 330 próbek pobranych z wydmy, eolicznych piasków pokrywowych i piasków podłoża. Na piaski eoliczne przypada 237 analiz, a na piaski podłoża 93 analizy.

Skład mechaniczny dla wszystkich próbek analizowano na sitach o średnicy oczek — 1,00 mm, 0,8 mm, 0,5 mm, 0,4 mm, 0,315 mm, 0,25 mm, 0,20 mm, 0,16 mm, 0,12 mm, 0,09 mm. Kilka próbek o dużej domieszce substancji organicznej zalano 30% wodą utlenioną (perhydrolem), następnie przepłukano wodą na sicie o średnicy 0,09 mm, suszono i poddawano analizie sitowej.

Niemal wszystkie próbki zarówno piasków eolicznych jak i piasków podłoża zawierały więcej niż 3% materiału o frakcji poniżej 0,09 mm. Zrezygnowano jednak z wykonywania analizy areometrycznej dla wszystkich próbek o takiej domieszce. Stwierdzono, że rolę frakcji wskaźnikowej spełnia w równorzędnym stopniu frakcja poniżej 0,1 mm i powyżej 0,5 mm. W związku z tym analizę areometryczną wykonano jedynie dla 70 próbek: dla wszystkich próbek z profilu Morusy oraz wybranych próbek z innych profili.

Z krzywych kumulacyjnych odczytano wartości percentyli w skali phi w celu obliczenia podstawowych wskaźników uziarnienia. Aby wyniki były porównywalne z wynikami z Wielkopolski, zastosowano te same wskaźniki, które obliczali K. Rotnicki (1970) i B. Nowaczyk (1976 a)

— odchylenie standardowe (wysortowanie) według wzoru R. B. Mac Cammona (1962)

$$\delta = \frac{\Phi_{95} + \Phi_{85} - \Phi_{15} - \Phi_5}{5,4}$$

— kurtozę graficzną wg wzoru R. L. Folka i W. C. Warda (1957)

$$K_G = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2,44(\Phi_{75} - \Phi_{25})}$$

— asymetrii (skośności) według wzoru G. M. Friedmana (1962)

$$\alpha_s = (\Phi_{95} + \Phi_5) - 2\Phi_{50}$$

— wskaźnik wysortowania według wzoru K. Rotnickiego (1970)

$$P_s = \Phi_{90} - \Phi_{10}$$

**OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA UZIARNIENIA
W ŚWIETLE GŁÓWNYCH WSKAŹNIKÓW STATYSTYCZNYCH**

Najbardziej charakterystyczną cechą uziarnienia zarówno piasków eolicznych, jak i piasków podłoża, jest ich drobnoziarnistość.

Tabela 1 i ryc. 12 przedstawiają zestawienie wyników analiz sitowych

Tabela 1

Średnie wartości uziarnienia piasków eolicznych i ich podłoża w Morusach, Kiślakach i Nareśli i ich porównanie z uziarnieniem wydmi i piasków podłoża w Węglewicach (K. Rotnicki 1970) i Pomorska (B. Nowaczyk 1976 b)

Mean grain-size distribution of eolian sands and substratum sands in Morusy, Kiślaki and Naresl and the comparison with grain-size distribution of sands in Węglewice (K. Rotnicki 1970) and Pomorsko (1976 a)

		Frakcja w mm				
		0,10	0,10–0,16	0,16–0,25	0,25–0,5	0,5
Piaski podłoża	Stanowisko					
	Morusy	23,50 ¹	31,56	39,06	5,28	0,58
	Kiślaki	24,50 ¹	40,25	29,20	4,55	1,50
	Nareśl	6,14 ¹	42,38	45,26	6,22	0,00
	Węglewice (K. Rotnicki 1970)	26,76	15,97	27,00	26,46	3,81
Pomorsko (B. Nowaczyk 1976)		34,50 ²	43,04 ³	21,91	7,00	
Piaski eoliczne Młodszy dryas	Morusy	7,70 ¹	32,60	52,94	7,20	0,56
	Kiślaki	5,88 ¹	54,10	35,82	4,08	0,50
	Węglewice (K. Rotnicki 1970)	1,53	7,22	27,51	51,60	12,14
	Pomorsko ⁴ (B. Nowaczyk 1976)	13,09 ²		35,63 ³	34,02	17,73
Piaski eoliczne Holocen	Kiślaki	18,31 ¹	45,39	31,79	5,11	0,21
	Nareśl	3,28	43,15	49,25	4,32	0,00
	Węglewice (K. Rotnicki 1970)	1,36	8,60	31,87	47,31	10,86
	Pomorsko ⁵ (B. Nowaczyk 1976)		21,73 ²	36,80 ³	28,79	14,98

¹ Frakcja poniżej 0,09 mm, ² — poniżej 0,12 mm, ³ frakcja 0,12–0,25 mm,

⁴ druga połowa dryasu: holocen łącznie, ⁵ okres borealny.

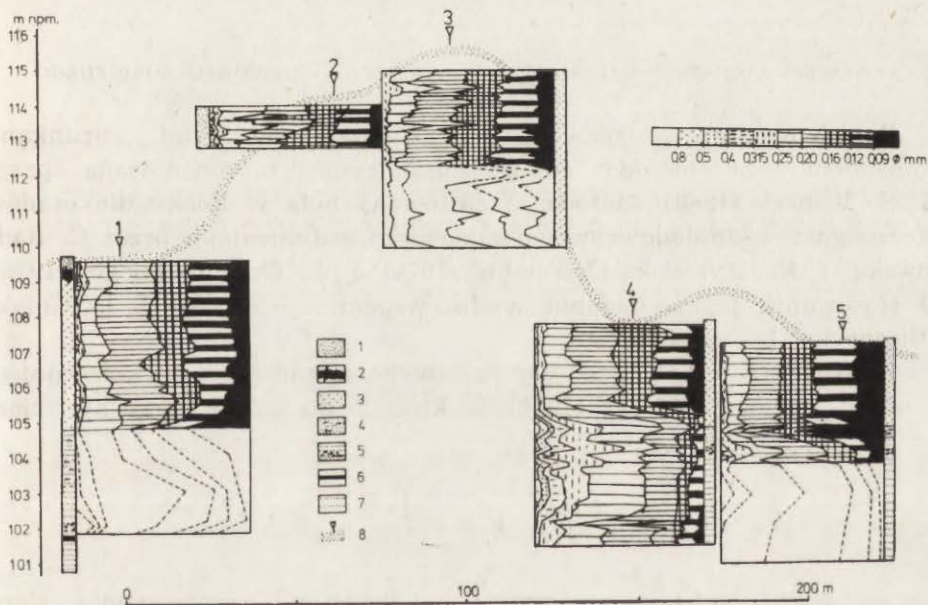
Główne wskaźniki uziarnieniem wydmy i ich podłoża w Morusach, Kiślakach i Nareśli oraz ich porównanie z wskaźnikami w Węglewicach (K. Rotnicki 1970) i Pomorsku (B. Nowaczyk 1976 a)

Mean indices of grain-size distribution of dune sands and substratum of dunes with the comparison of indices at Węglewice (K. Rotnicki 1970) and Pomorsko (B. Nowaczyk 1976 a)

seria	Lokalizacja	K_G			L_s			δ			P_s		
		minimalne	średnie	maksymalne	minimalne	średnie	maksymalne	minimalne	średnie	maksymalne	minimalne	średnie	maksymalne
Piaski podłoża	Morusy	0,70	1,19	2,25	-0,50	0,88	0,98	0,38	0,74	0,95	1,17	1,88	3,30
	Kiślaki	0,70	1,28	1,89	0,08	0,12	1,18	0,42	0,60	1,14	1,00	1,44	2,20
	Nareśl	0,28	1,10	2,27	-0,66	0,08	0,48	0,27	0,47	0,78	0,74	1,24	2,10
	Węglewice (K. Rotnicki 1970)	0,620	0,854	1,504	0,692	0,913	1,079	—	—	—	2,9	3,31	3,8
	Pomorsko (B. Nowaczyk 1976)	0,703	1,140	2,077	-1,04	0,95	4,47	0,488	1,081	2,200	1,18	2,81	5,74
Piaski eoliczne młodszy dryas	Morusy	0,62	0,72	1,39	-0,20	0,47	0,96	0,53	0,60	0,84	0,99	1,59	2,00
	Kiślaki	0,61	0,98	1,21	-0,18	0,15	0,56	0,41	0,51	0,97	1,04	1,36	2,05
	Węglewice (K. Rotnicki 1970)	0,992	1,185	1,612	0,889	1,010	1,226	—	—	—	1,0	1,54	2,0
	Pomorsko (B. Nowaczyk 1976)	0,759	0,997	1,492	-1,33	0,17	0,96	0,659	0,892	1,153	1,72	2,29	3,00
	Piaski eoliczne Ho ocen	Nareśl	0,88	0,92	0,97	-0,19	0,10	0,39	0,40	0,58	0,55	1,20	1,22
Kiślaki		0,61	0,88	1,33	-0,27	0,32	0,89	0,42	0,48	0,61	0,99	1,20	1,50
Węglewice (K. Rotnicki 1970)		1,012	1,132	1,377	0,857	0,989	1,248	—	—	—	1,0	1,57	2,01
Pomorsko (B. Nowaczyk 1976)		0,650	0,995	1,187	-1,09	0,11	0,49	0,650	0,995	1,187	1,50	2,49	2,89

dla piasków podłoża, piasków eolicznych wieku młodszego dryasu i piasków eolicznych holocenijskich. Porównano w niej uziarnienie wydmy i eolicznych piasków pokrywowych w Morusach, Kiślakach i Nareśli z uziarnieniem wydmy w Węglewicach (K. Rotnicki 1970) i Pomorsku (B. Nowaczyk 1976 a). Zestawienie to wyraźnie uwidacznia różnice między wydmyami Kotliny Biebrzańskiej i obu stanowiskami w Polsce zachodniej. Różnice dotyczą nie tyle zawartości frakcji drobnej poniżej 0,1 mm, co przede wszystkim zawartości frakcji powyżej 0,25 mm, na którą w Węglewicach w piaskach wieku młodszego dryasu przypada 63,74%, w Pomorsku 51,75%, a w Kiślakach 4,58%, w Morusach 7,76%. Analogiczne wartości dla najmłodszych piasków eolicznych wynoszą dla Węglewic 58,17%, Pomorska 43,77%, a dla Kiślaków 5,33%, a Nareśli 4,32%.

Wartości kurtozy graficznej wyraźnie różnią się w piaskach eolicznych i piaskach podłoża (tab. 2). Obserwujemy także duże różnice



Ryc. 12. Skład mechaniczny piasków eolicznych południowego ramienia wydmy parabolicznej w Kiślakach i piasków jej podłoża na przekroju Kiślaki II

Objaśnienia profili stratygraficznych Holocen: 1 — piaski eoliczne, 2 — gleba kopalna; młodszy dryas: 3 — piaski eoliczne; Allerød, starszy dryas: 4 — piaski pylaste terasy pradolinnej z szczątkami organicznymi, 5 — piaski pylaste i piaski z wkładkami żwirów terasy pradolinnej, 6 — łąy, 7 — piaski pylaste; 8 — powierzchnia wydmy i lokalizacja profili

Mechanical composition of eolian sands in the southern arm of the parabolic dune at Kiślaki and sands of the substratum of the dune in the section Kiślaki II

Expalanations of stratigraphic profiles, Holocene: 1 — eolian sand, 2 — fossil soil; Younger Dryas: 3 — eolian sand; Allerød, Older Dryas: 4 — dusty sand from the pradolina terrace organic fragments; 5 — dusty sand and sands interbedd by thin gravel layers from the pradolina terrace, 6 — loam, 7 — dusty sand; 8 — the surface of dune with the localization of profiles.

w wartości tego wskaźnika w porównaniu z Węglewicami. Jego zmienność w Pomorsku przebiega podobnie jak w Kotlinie Biebrzańskiej. W piaskach podłoża w Kotlinie Biebrzańskiej przeważają rozkłady leptokurtyczne, podobnie jak w Pomorsku, w Węglewicach natomiast platykurtyczne. W piaskach eolicznych w Kotlinie Biebrzańskiej przeważają rozkłady platykurtyczne, w Pomorsku mezokurtyczne, a w Węglewicach leptokurtyczne.

Szerokość pasma wysortowania (P_s) zarówno w piaskach podłoża, jak i w piaskach eolicznych Kotliny Biebrzańskiej nie odbiega zbyt od obserwowanej w Węglewicach czy Pomorsku. Nie obserwuje się jednak tak dużej rozpiętości wartości od minimalnej do maksymalnej jak w Pomorsku.

Generalnie można zauważyć pewne podobieństwo w przebiegu niektórych statystycznych wskaźników uziarnienia w Kotlinie Biebrzańskiej i Pomorsku, podczas gdy pomiędzy pierwszym z wymienionych obszarów a Węglewicami różnice są bardzo wyraźne.

ZWIĄZEK POMIĘDZY UZIARNIENIEM A TYPEM TRANSPORTU EOLICZNEGO

Punktem wyjścia rozważań nad aerodynamicznymi warunkami transportu jest metoda analizy uziarnienia zaproponowana przez G. S. Vishera (1969). Metoda ta stosowana była w Polsce dla osadów rzecznych i wodnolodowcowego środowiska sedymentacji przez C. Radłowską i E. Mycielską-Dowgiałło (1974) i J. Grzybowskiego (1976). O stosowaniu jej w badaniu wydm wspomina również U. Urbaniak-Biernacka (1976 a).

Stosując metodę G. S. Vishera, wykorzystano tabele zaczerpnięte z pracy Van der Warden (1960), w których do wzoru na rozkład nor-

$$U(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{1}{2}x^2} dx$$

malny za t podstawiono prawdopodobieństwo występowania ziarna o średnicy x (w mm).

Udział procentowy poszczególnych typów transportu w piaskach eolicznych i piaskach podłoża przedstawia załączona tabela 3. W dotychczasowej literaturze przyjmowano powszechnie (A. Bagnold 1940, Scheidegger 1974 i in.), że podstawowym typem transportu eolicznego jest saltacja, a wleczenie stanowi domieszkę od kilku do kilkunastu procent. Obecność zawiesiny wiązano jedynie z obecnością frakcji pylastej.

W badanych wydmach zarówno w piaskach eolicznych, jak i w piaskach podłoża podstawowym typem transportu jest saltacja. Przypada

Tabela 3

Udział procentowy poszczególnych typów transportu w osadach podłoża wydmy i w piaskach eolicznych

Percentage of types of transport in the substratum of dunes and in eolian sands

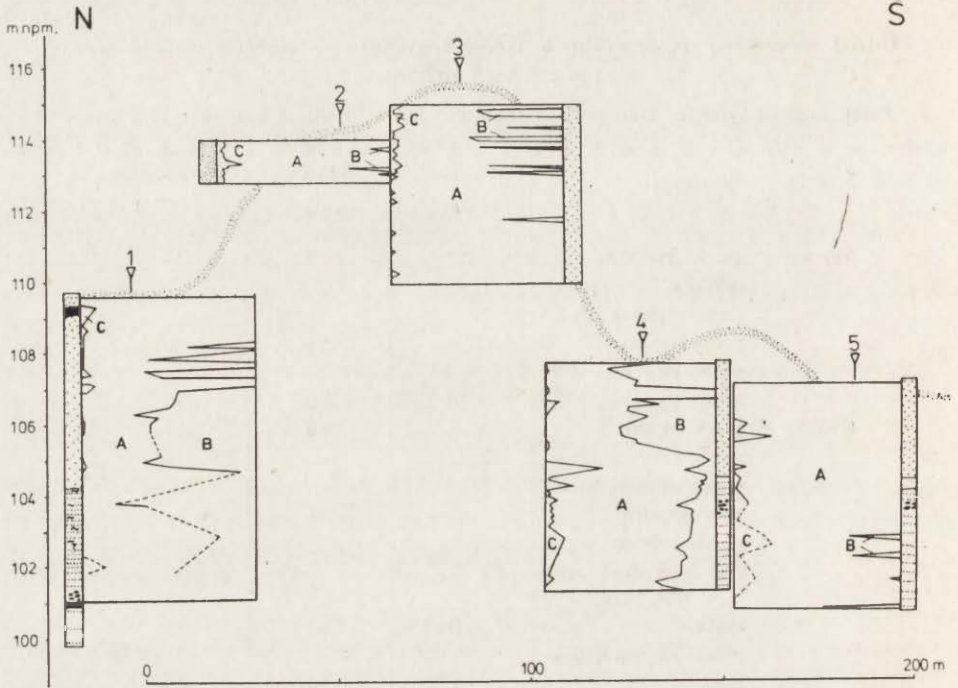
Przekrój	Wleczenie	Saltacja	Zawieszenie
	%		
Morusy — piaski podłoża	12	77	11
— piaski eoliczne młodszego dryasu, stok proksymalny	16	84	0
— piaski jw., stok dystalny	10	80	10
Kiślaki — piaski podłoża	8	80	12
— piaski eoliczne młodszego dryasu, stok proksymalny	3	81	16
— piaski eoliczne współczesne (wydma ruchoma), stok proksymalny	0	66	34
— piaski jw., stok dystalny	1	59	40

na nią średnio 74% materiału transportowanego w środowisku eolicznym i 78% materiału transportowanego w środowisku wodnym. Na wleczenie przypada odpowiednio 6% i 10%, a na zawieszenie zarówno w podłożu, jak i w piaskach eolicznych po 12% (ryc. 13).

Szczegółowa analiza typów transportu piasków eolicznych doprowadziła do stwierdzenia, że w warunkach wysokiej turbulencji do zawieszenia (suspension) mogą być włączane ziarna piaszczyste. Obrazują to próbki, w których ziarna o średnicy 0,09—0,12 mm tworzą jeden zespół o układzie lognormalnym z frakcją 0,05—0,09 mm (J. Grzybowski 1978 b).

Rozkład poszczególnych typów transportu analizowano oddzielnie dla stoku proksymalnego i dystalnego wydmy w Kiślakach i Morusach. Zaobserwowano, że w piaskach eolicznych zarówno wieku młodszego dryasu, jak i współczesnych na stoku dystalnym akumuluje się więcej materiału przenoszonego w zawieszeniu niż na stoku proksymalnym.

G. S. Visher (1969) zauważył, że w zbiorze punktów łączących się w odcinki poszczególnych populacji występuje niekiedy na pograniczu saltacji i wleczenia punkt nie dający się połączyć z żadnym odcinkiem. G. S. Visher tłumaczy to możliwością przynależenia jednego przedziału frakcji do dwóch populacji (np. wleczenia i saltacji). Wyjaśnienie takie znajduje uzasadnienie w świetle późniejszych prac A. J. Mossa (1972). W osadach eolicznych południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej stwierdzono natomiast występowanie jednego, rzadziej dwóch punk-



Ryc. 13. Główne typy transportu piasków południowego ramienia wydmy parabolicznej i jej podłoża na przekroju Kiślaki II

A — saltacja, B — zawieszenie, C — wleczenie. Objasnienia profilu stratygraficznego jak na rycinie 12.

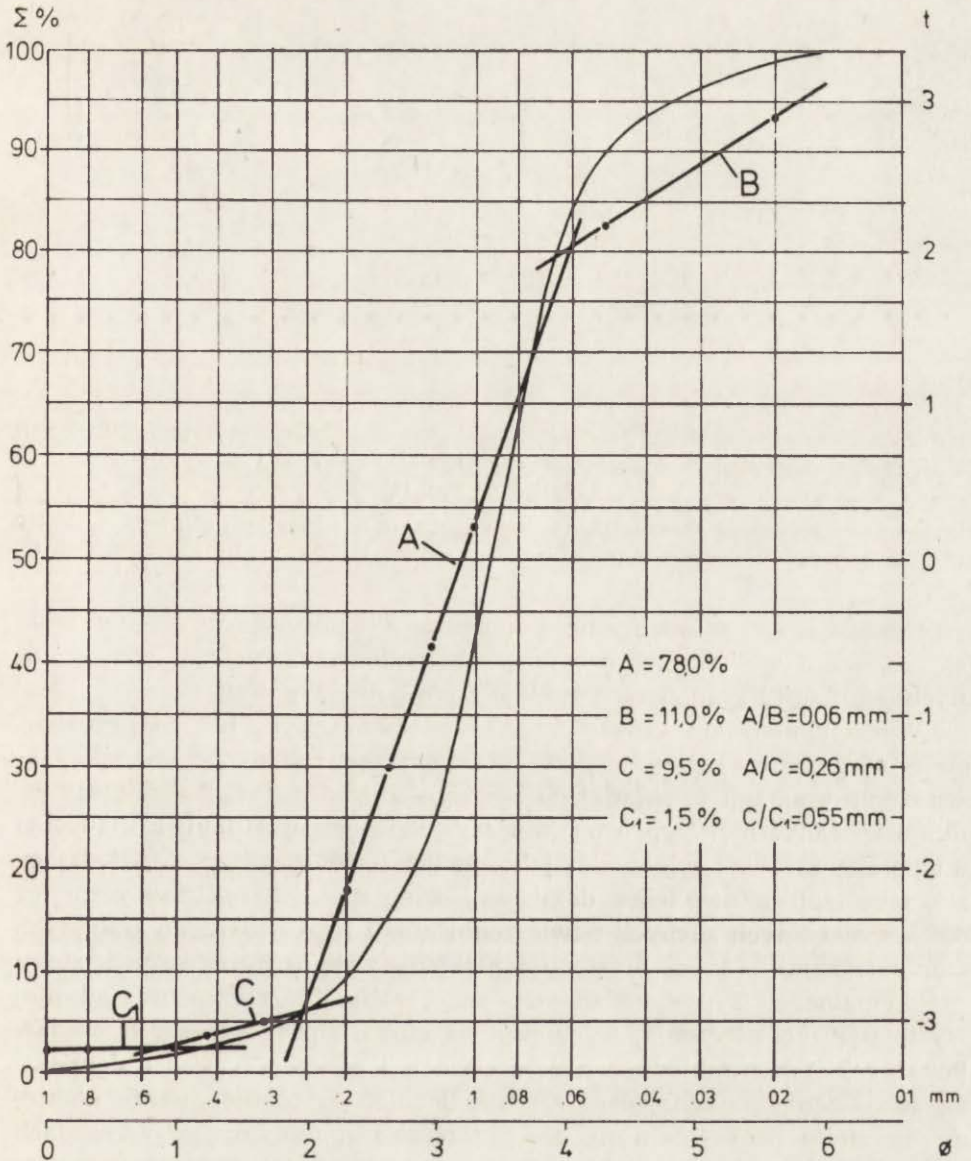
Main types of transport of sands from the southern arm of parabolic dune and the substratum in the section Kiślaki II

A — saltation, B — suspension, C — surface creep. Explanations of stratigraphy — see Fig. 12.

tów reprezentujących frakcje najgrubsze, a nie łączących się z odcinkiem wleczenia (ryc. 14). Frakcje te są więc obce otaczającemu je środowisku sedimentacji. Wolno sądzić, że jest to bruk deflacyjny. W profilach piasków eolicznych z Kotliny Biebrzańskiej obecność tego typu bruku stwierdzono w stropowych seriach starszych piasków eolicznych, np. w stropowym odcinku długości 40 cm, na profilu 3 przedstawiony na rycinie 15.

Zawartość tej nieruchomej populacji wynosi tu średnio 0,8%, a w jednej z próbek dochodzi do 5%. Świadczy to o tym, że po okresie, w którym przeważała akumulacja wydmy, z wciąż dostarczanego materiału, następowały okresy przerwy akumulacji i przewagę zyskiwała deflacja. Obserwacja ta będzie przydatna przy próbie rekonstrukcji prędkości wiatrów wydmotwórczych.

Zaobserwowano duże różnice w sposobie przecinania się odcinków

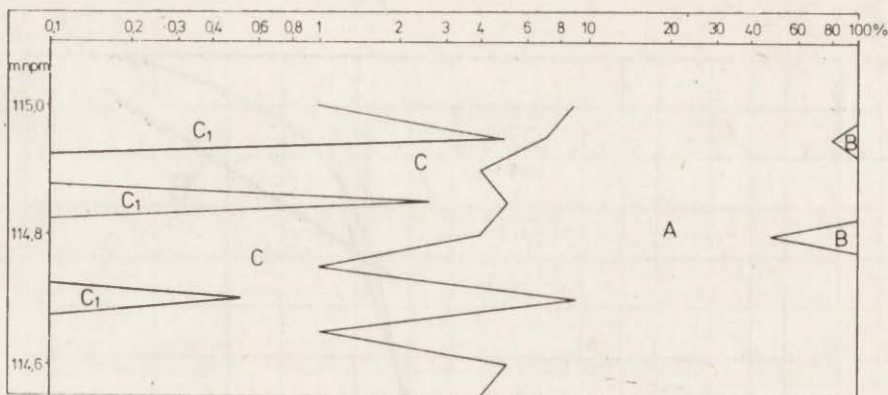


Ryc. 14. Przykład rozdzielania podstawowych typów transportu piasków metodą G. S. Vishera (1969) z odcinkiem interpretowanym dla piasków w Kotlinie Biebrzańskiej jako bruk deflacyjny

A — saltacja, B — zawieszenie, C — wleczenie, C₁ — bruk deflacyjny

An example of separation of main types of eolian transport by G. S. Visher (1969) method with the fragment interpreted for sands in Biebrza Basin as eolian pavement

A — saltation, B — suspension, C — surface creep, C₁ — eolian pavement



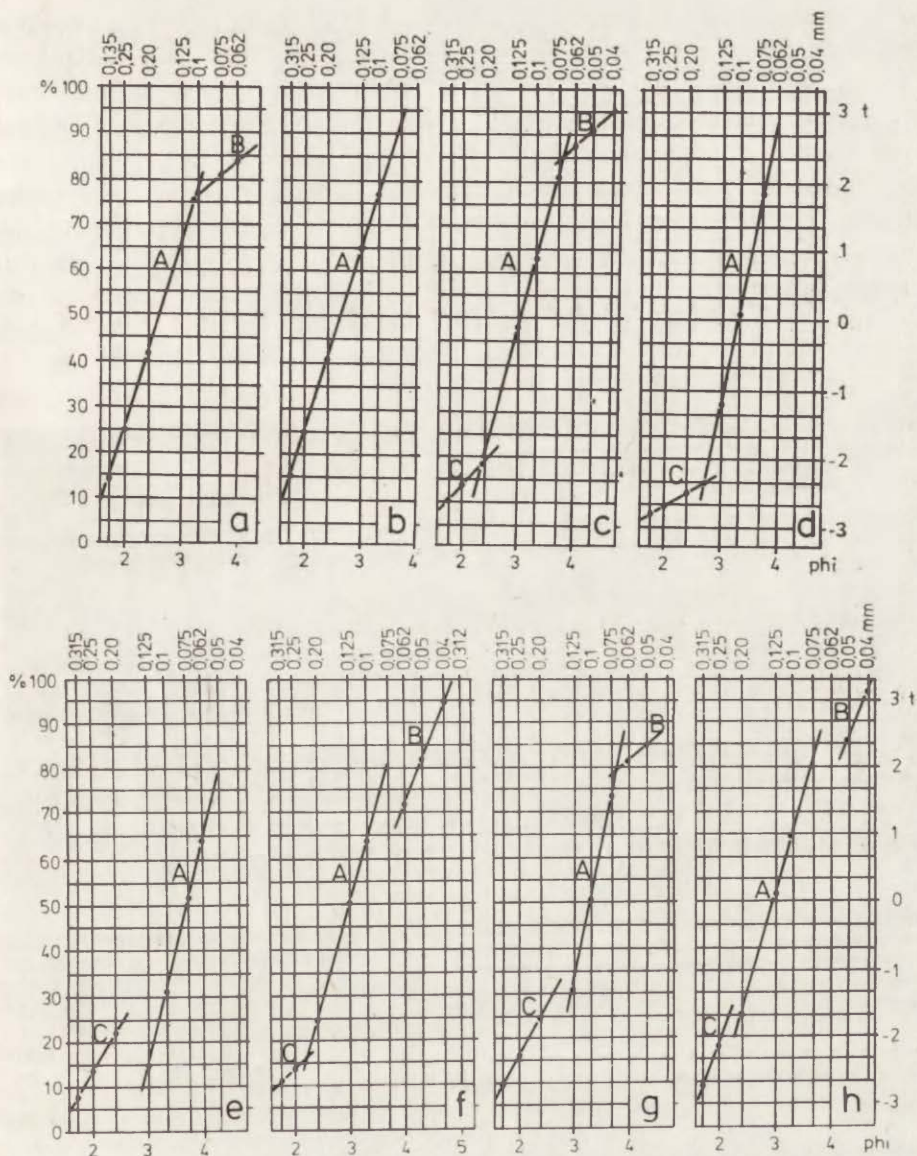
Ryc. 15. Zawartość bruku deflacyjnego (C_1), wleczenia (C), zawieszenia (B) i saltacji (A) w stropowej części piasków eolicznych w Kiślakach (przekrój Kiślaki II, profil 3 na ryc. 15)

Contents of eolian pavement (C_1), surface creep (C), suspension (B) and saltation (A) in the top of the excavation at Kiślaki (section Kiślaki II, profile 3 on Fig. 15)

reprezentujących poszczególne populacje. Odcinki te często nie łączą się ze sobą, co utrudnia precyzyjne określenie zawartości poszczególnych populacji i granicznych średnic ziarn pomiędzy nimi.

Wydzielono osiem typów przecięć odcinków (ryc. 16). Stwierdzono, że typ *a*, obejmujący transport w saltacji z niewielką domieszką zawieszenia oraz typ *b*, składający się wyłącznie z saltacji, występują jedynie sporadycznie. Typ *c* obejmujący transport w saltacji z niewielką domieszką zarówno wleczenia, jak i zawieszenia oraz typ *d*, składający się z saltacji z niewielką domieszką wleczenia, charakterystyczne są dla współczesnych suchych powierzchni stoku proksymalnego pokrytych ripplemarkami, a także występują niekiedy w kopalnych osadach stoku proksymalnego. Typ *e*, składający się z saltacji i niezależnie od niej występującego wleczenia, występuje na stokach proksymalnych osadów kopalnych. Typ *f*, składający się z saltacji i wleczenia wraz z domieszką zawieszenia pojawiającego się niezależnie, występuje jeszcze niekiedy na stoku proksymalnym, ale najczęściej spotykamy go w osadach stoku dystalnego. Typ *g*, składający się z saltacji i wleczenia oraz niezależnego zawieszenia, i typ *h*, w którym wszystkie trzy populacje występują niezależnie, charakterystyczne są wyłącznie dla stoku dystalnego form kopalnych.

W nawiązaniu do prac A. J. Mossa (1972), należy sądzić, że przy prędkości wiatru wielokrotnie przewyższającej prędkość progową (procesy na stoku proksymalnym odpowiadają fazie miecenia), w wyniku dużej turbulencji, jedna i ta sama frakcja może wchodzić do różnych typów transportu. W warunkach wysokiej turbulencji dochodzi do uniezależnienia się poszczególnych typów transportu, z których każdy



Ryc. 16. Rodzaje przecięć odcinków rozdzielających typy transportu eolicznego w południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej. Objaśnienia w tekście

Types of cross-points of segments separated types of eolian transport in the south-eastern part of the Biebrza Basin. Explanations in the text

staje się niezależnym ośrodkiem sedymentacji z charakterystycznym dla siebie uziarnieniem.

Typ *h* charakteryzuje się trzema odcinkami nie łączącymi się ze sobą. Może to odpowiadać wysokiej turbulencji i ogólnie niskiemu stopniowi wysortowania w warunkach szybkiej, bezładnej akumulacji na

stoku dystalnym. Akumulacji takiej sprzyja specyficzna konwekcja termiczna. W warunkach prądów występujących nad nagrzewającą się powierzchnią stoku proksymalnego strumień wiatrowo-piaszczysty może osiągnąć znaczną wysokość. Po na ogół zacienionej stronie dystalnej wydm przemieszczanych z S na N panują warunki do szybszej, ale w związku z tym bardziej bezładnej akumulacji, zarówno w wyniku warunków morfologicznych i wiatrowych (por. K. Borówka 1977), jak i niższej temperatury. Niełączenie się wleczenia z saltacją można tłumaczyć zaburzeniem pierwotnej struktury osadu przez tworzenie się osypiska. Prawdopodobny jest również udział splukiwania, a w okresie roztopów wiosennych — splęzywania (fot. 8).



Fot. 8. Splęzywanie piasków po zamrożonym stoku dystalnym wydmy parabolicznej w Kiślakach (na przekroju Kiślaki I) w czasie roztopów
Slipping of sands along the frozen distal slope of the dune in Kiślaki (section Kiślaki I) during thaw

ANALIZA OBRÓBKI ZIARNA KWARCOWEGO
METODĄ MECHANICZNĄ (GRANIFORMAMETR)

Mechaniczną metodę badania stopnia zaokrąglenia ziarn kwarcu, według B. Krygowskiego (1964), zastosowano dla frakcji 0,5—0,8 mm. W toku badań stanowisk wydmowych w Polsce zachodniej i środkowej stwierdzono, że frakcją, która w sposób najpełniejszy wykazuje różnice w otoczeniu między seriami o różnej genezie jest frakcja 0,75—1,00 mm (B. Krygowski 1964; K. Rotnicki 1970; B. Nowaczyk 1976a). Analizę

tej frakcji stosowali również Z. Borsy (1974); K. Krajewski (1977); U. Urbaniak-Biernacka (1976 a); M. Seppälä (1971).

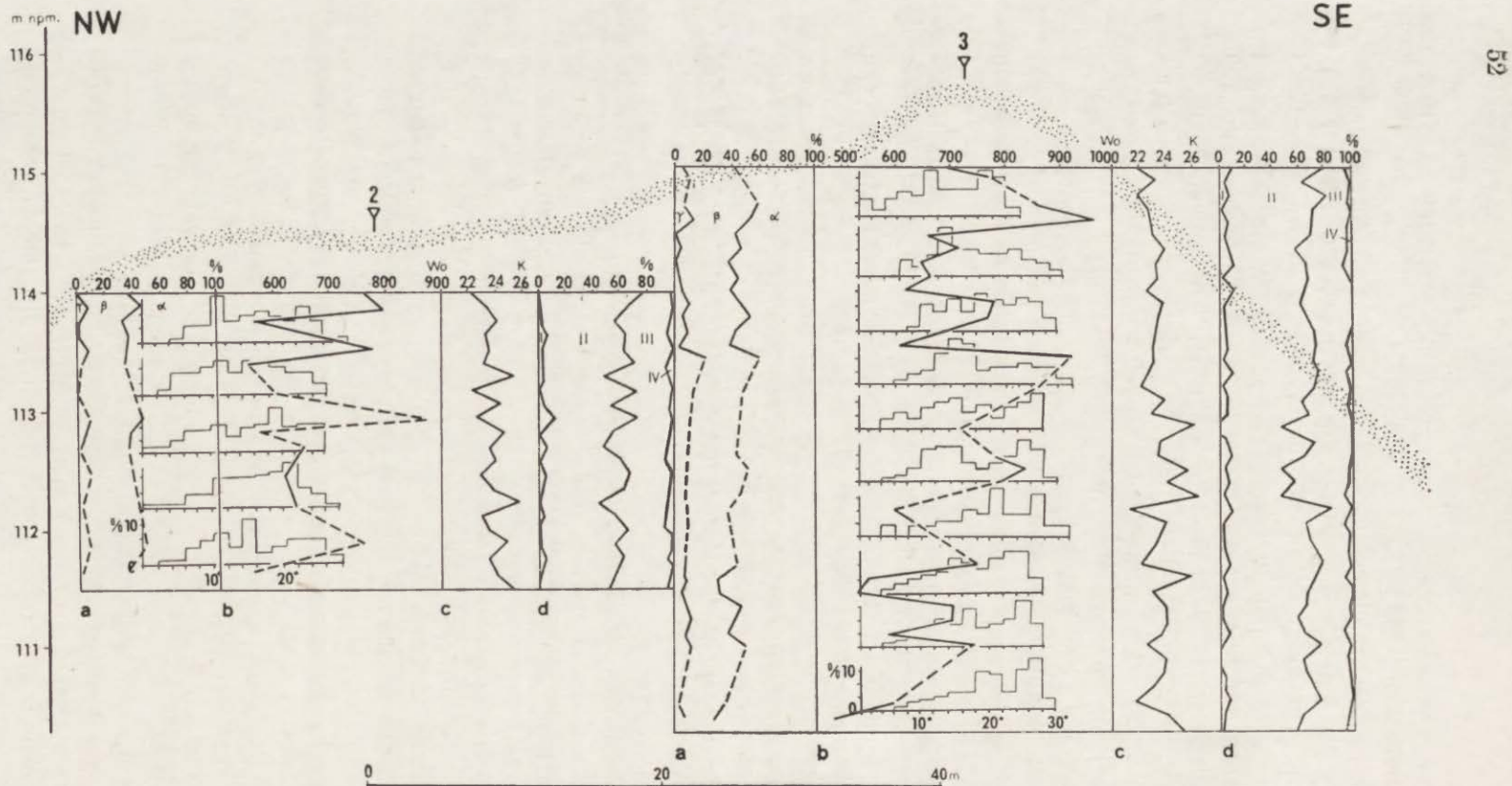
Zarówno w piaskach eolicznych, jak i w piaskach podłoża badanych wydm frakcja ta występuje jedynie sporadycznie. Również frakcja 0,5—0,8 mm ma charakter domieszki nie występującej we wszystkich próbkach poddawanych analizie granulometrycznej. W związku z tym analizę graniformametrzem wykonano jedynie dla 117 próbek (100 z piasków eolicznych i 17 z piasków podłoża). Analizowano po 100 ziarn, a w przypadku mniejszej ich ilości w 200-gramowej próbce poddawano toczeniu wszystkie ziarna frakcji 0,5—0,8 mm, jednakże w ilości nie mniejszej niż 50 ziarn. Dla wszystkich wykonanych analiz wykreślono histogramy obróbki i krzywe kumulacyjne, a następnie obliczono wskaźnik stopnia zaokrąglenia W_o i niejednorodności obróbki N_m według B. Krygowskiego (1964). Do wszystkich analiz stosowano graniformometr spychaczowy typ K 5a, nr 715/1971.

Główne typy obróbki. Wydzielono trzy typy obróbki ziarna kwarcowego. Typ α — ziarno okrągłe, staczające się z płyty graniformometru przy nachyleniu 0—8°, typ β — ziarna półgraniastego, staczającego się z płyty graniformometru przy nachyleniu płyty 8—16°, oraz typ γ — ziarna graniastego, staczającego się przy nachyleniach większych od 16° (B. Krygowski 1964). Wyniki analiz przedstawiają rycina 17 oraz tabela 4, w której obok wyników badań z południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej zestawiono rezultaty analiz dla tej samej frakcji z wydm i ich podłoża w Węglewicach (K. Rotnicki 1970), Świątynie i Pomorsku (B. Nowaczyk 1976 a). Na obu wydmach autorzy analizowali, obok frakcji 0,8—1,0 mm, również frakcję 0,5—0,8 mm.

W tabeli zamieszczono również interesujące wyniki stopnia zaokrąglenia uzyskane przez M. Seppälä (1971) dla piasków eolicznych w Laponii, pomimo zastosowania przez tego autora odmiennej frakcji.

Stwierdzono bardzo niskie wartości wskaźnika W_o w badanych wydmach. Dla piasków eolicznych waha się on w przedziale $W_o = 481 - 929$, przy średnich $W_o = 710$ dla starszych piasków eolicznych, $W_o = 632$ dla młodszych piasków eolicznych w Kiślakach i $W_o = 704$ dla piaskowców eolicznych w Morusach. Piaski podłoża charakteryzują się nieco wyższym średnim wskaźnikiem $W_o = 720$, natomiast piaski w serii ilastej mają średnią wartość $W_o = 778$. Są to najniższe ze znanych do tej pory wskaźników W_o na obszarze wydm śródlądowych Polski. Wartości niższe stwierdził jedynie w Finlandii M. Seppälä (1971). Badał on frakcję 0,707—0,1000 mm, co pozwala przypuszczać, że frakcja 0,5—0,8 mm badanych przez niego wydm charakteryzuje się jeszcze niższym wskaźnikiem W_o (por. tab. 4).

Analizując przebieg wskaźnika W_o w profilach pionowych odkrywek w Kiślakach (ryc. 17) oraz wkopów w Morusach stwierdzono wyraźne prawidłowości. W stropowych częściach profili (ale zawsze poni-



Ryc. 17. Stopień zaokrąglenia ziarn kwarcu frakcji 0,5–0,8 mm i 0,09–0,12 mm w południowym ramieniu wydmy parabolicznej w Kiślakach

a — typy α , β i γ obróbki ziarn kwarcu, b — przebieg wskaźnika Wo (granulformametr), w tle wybrane histogramy obróbki, c — przebieg wskaźnika k metody wizualnej, d — procentowy udział poszczególnych klas stopnia zaokrąglenia

Index of roundness of quartz grains of fraction 0,5–0,8 mm and 0,09–0,12 mm in the southern arm of the parabolic dune at Kiślaki

a — mean percentage value of the main types of quartz grain abrasion α , β i γ , b — Wo index (for granulformametr) in the profile, in the background chosen histograms, c — k index of the visual method, d — percentage value of particular types of abrasion

Tabela 4

Główne charakterystyki stopnia zaokrąglenia piasków frakcji 0,5–0,8 mm w Kiślakach i Morusach oraz ich porównanie ze wskaźnikami osadów wydym i ich podłoża w Węglewicach (K. Rotnicki 1970), Świętnie i Pomorsku (B. Nowaczyk 1976 a) oraz w dolinie Kaamasjoki – Finlandia (M. Seppälä 1971)

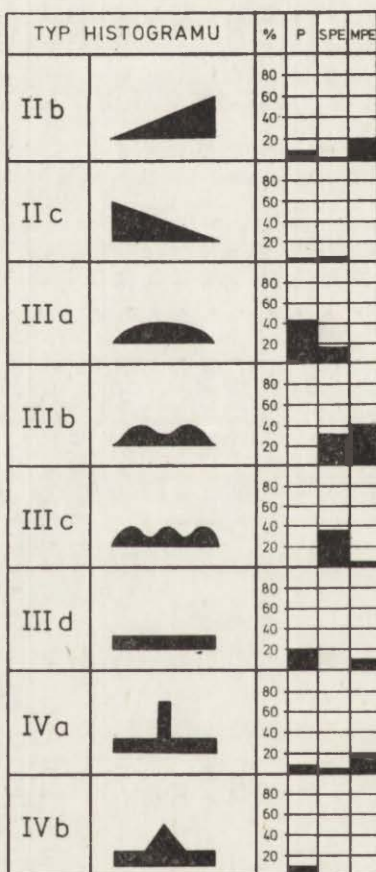
Mean characteristics of quartz grain sand abrasion of fraction 0,5–0,8 mm at Kiślaki and Morusy with the comparison of indices of sands in Węglewice (K. Rotnicki 1970), Świętno, Pomorsko (B. Nowaczyk 1976 a) and in Kaamasjoki valley – Finland (M. Seppälä 1971)

Stanowisko	Seria osadów	Fracja mm	Główne klasy obróbki			W_o			N_m		
			0–8°	8–16°	16°	minimalne	średnie	maksymalne	minimalne	średnie	maksymalne
Kiślaki	PT	0,5–0,8				598	778	957	5,2	6,2	7,2
	SPE	0,5–0,8	7,39	36,08	56,23	481	710	929	8,0	9,9	12,5
	MPE	0,5–0,8	5,55	35,15	59,30	413	632		7,2	9,4	11,4
Morusy	PT	0,5–0,8	4,83	37,95	57,22	482	720	860	7,1	8,4	11,1
	SPE										
	+MPE	0,5–0,8	5,73	36,17	58,10	610	704	849	4,7	8,0	10,1
Węglewice S (K. Rotnicki 1970)	PT	0,5–0,8	23,30	49,12	27,58	854	1142	1303	5,1	8,3	11,3
	SPE	0,5–0,8	27,50	45,20	27,30	878	1185	1354	5,4	8,8	13,2
świętno (B. Nowaczyk 1976a)	PT	0,49–0,75	13,1	40,6	46,3		919			8,3	
	SPE	0,49–0,75	11,5	37,2	51,3		865			8,5	
	MPE	0,49–0,75	13,1	37,9	49,0		882			8,8	
Pomorsko (B. Nowaczyk 1976a)	SPE	0,49–0,75	14,1	44,6	41,3		908			7,3	
	MPE	0,49–0,75	13,0	39,9	47,1		934			7,9	
	NPE	0,49–0,75	12,9	38,7	48,4		875			9,3	
Dolina Kaamasjoki (M. Seppälä 1971)	PT	0,707–1,000	–	11,0	86,0	393	571	809			
			–	7,5	92,5	383	492	594			

zej spągu serii bezstrukturalnej) obserwuje się wzrost wskaźnika W_o . W dolnych częściach analizowanych profili brak tej prawidłowości. Warto zauważyć, że nieznaczny wzrost wskaźnika W_o w najmłodszej serii zaobserwował K. Krajewski (1977) na obszarze wydmowym w widłach Warty i Neru.

Charakterystyczny jest bardzo wysoki udział ziarna graniastego typu γ . Wynosi on 56—59% ogółu ziarn, podczas gdy na ziarno okrągłe typu α przypada zaledwie 5,5—7,4%. Są to również najbardziej skrajne wartości znane dla tej frakcji w Polsce. Bardziej skrajny rozkład ziarn na poszczególne klasy obróbki zanotował M. Seppälä (1971), który nie stwierdził w ogóle ziarn okrągłych typu α .

Wartości wskaźnika W_o wykazują nieco wyższe wartości w pia-



Ryc. 18. Częstość występowania histogramowych typów obróbki

P — piaski podłoża, SPE — starsze piaski eoliczne (młodszy dryas), MPE — młodsze piaski eoliczne (holocen)

Frequency of occurrence of main histogram-types

P — substratum sands, SPE — older eolian sands (Younger Dryas), MPE — Younger eolian sands (Holocene)

skach podłoża niż w piaskach eolicznych. W ten sposób potwierdzają się obserwacje K. Rotnickiego (1970) i B. Nowaczyka (1976 a). Również M. Seppälä (1971) stwierdził znacznie wyższe wartości wskaźnika W_o w piaskach podłoża wydm aniżeli w samych wydmach.

Rozkład stopnia zaokrąglenia materiału analizowano, stosując histogramy obróbki wg K. Krygowskiego (1964) oraz wykorzystując podział histogramów na typy wyróżnione przez L. Krygowską i B. Krygowskiego (1968).

Stwierdzono dość duże zróżnicowanie typów histogramów w osadach podłoża (ryc. 18). Przeważa histogram typu III a, jego udział wynosi 45%, podczas gdy pięć pozostałych typów ma udział procentowy zbliżony do siebie, wynoszący po około 10%. Interesujący jest fakt, że udział procentowy histogramu typu III a zmniejsza się do 18% w starszych piaskach eolicznych. Jest to więc typ obróbki charakterystyczny dla podłoża. Histogram typu III b nie występuje wcale w osadach podłoża, natomiast w starszych piaskach eolicznych jego udział wynosi 33%, a w młodszych piaskach 41%. Wzrost udziału tego typu histogramu w seriach eolicznych obserwował również K. Rotnicki (1970) w wydmiu w Węglewicach.

Porównując histogramy obróbki piasków z Kotliny Biebrzańskiej i Węglewic, obserwujemy znacznie większe zróżnicowanie typów obróbki zarówno w materiale wyjściowym, jak i w piaskach eolicznych Kotliny Biebrzańskiej niż w Węglewicach.

W wydmiu węglewickiej osady terasowe i piaski wydymowe charakteryzowały się tym samym histogramowym typem obróbki. W piaskach Kotliny Biebrzańskiej obserwujemy tendencję do separowania się histogramów wydm i ich podłoża. Interesujący jest fakt, iż na osiem stwierdzonych typów histogramów tylko dwa (II b i IV a) występują we wszystkich trzech seriach osadów.

Histogramy reprezentujące kolejne serie (coraz młodsze) są coraz mniej rozproszone, to jest przynależą do coraz mniejszej liczby typów, co również różni piaski Kotliny Biebrzańskiej od piasków Węglewic.

ZASTOSOWANIE METODY WIZUALNEJ BADANIA STOPNIA ZAOKRĄGLENIA

Badania stopnia zaokrąglenia ziarn kwarcu wykonywane są w Polsce dosyć powszechnie na graniformametrze sychaczowym (B. Krygowski 1964). Metody wizualne (powiększalnik fotograficzny, binokular) krytykowane były z uwagi na subiektywną ocenę zaokrąglenia (B. Krygowski, A. Kostrzewski 1966; U. Urbaniak-Biernacka 1976 a). Jednakże w przypadku materiału eolicznego z południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej zastosowanie graniformometru było niekiedy niemożliwe z uwagi na brak w wielu próbkach, a czasem i całych profilach (np. Nareśl), frakcji nadającej się do tego typu analizy. Z tego też po-

wodu sięgnięto do metody binokularowej według Davida (por. E. Mycielska-Dowgiałło 1963). Metoda opracowana jest dla frakcji 0,1—0,2 mm i zgodnie z założeniami autorów wskaźnik stopnia zaokrąglenia wynosi:

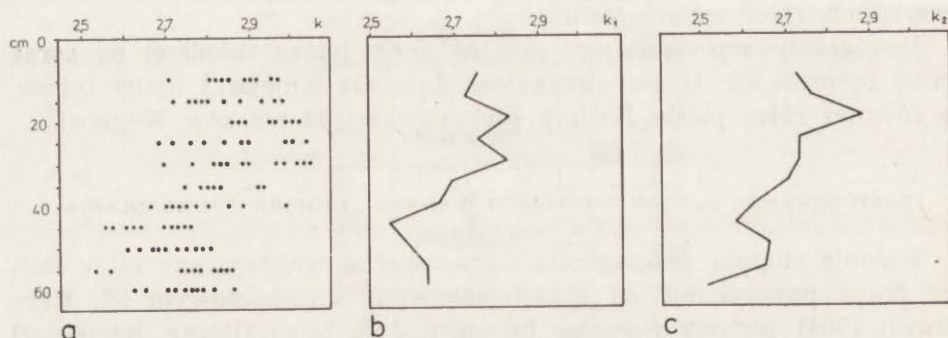
$$k = \frac{P_1 + 2P_2 + 3P_3 + 4P_4}{100}$$

gdzie P_1 , P_2 , P_3 i P_4 oznaczają liczebność poszczególnych klas stopnia zaokrąglenia, przy ogólnej liczebności próbki liczącej 100 ziarn.

Z uwagi na zastrzeżenia wysuwane co do obiektywności metody oraz ze względu na stosunkowo niewielką liczbę dotychczas wykonanych analiz za pomocą binokularu (E. Mycielska-Dowgiałło 1963, 1969; J. Grzybowski 1975) wykonano 110 analiz próbnych. Przedział frakcji 0,1—0,2 mm uznano za zbyt szeroki i analizowano frakcję w przedziale 0,09—0,12 mm. Z jednego z odśnień w Kiślakach pobrano 11 próbek z profilu pionowego w odstępach co 5 cm. Dla każdej próbki wykonano po 10 analiz. Zamiast binokularu stosowano mikroskop stereoskopowy produkcji PZO, powiększający 100 razy.

W przypadku zanieczyszczenia próbek próchnicą glebową lub węglanem wapnia, próbkę poddawano działaniu 2,5% HCl, przemywano i suszono. Rozdzielenia kwarcu od innych minerałów dokonywano bezpośrednio pod mikroskopem, stosując w przypadkach wątpliwych polaryzator.

Próbki do kolejnych analiz wybierano w sposób losowy, aby uniknąć sugestii. Wyniki analizy próbnej serii przedstawia rycina 19. Wynika z niej, że błąd spowodowany subiektywizmem oceny mieści się w granicach 0,2 wartości k , błąd względny wynosi 10%. Istotny jest kierunek zmian kolejnych wartości, to jest w przypadku konkretnego



Ryc. 19. Test metody wizualnej dla frakcji 0,09—0,12 mm

a — wyniki wszystkich analiz wykonanych w ramach testowania, b — przebieg średnich wartości wskaźnika k , c — przebieg wskaźnika k z jednorazowej analizy

Test for the visual method for the fraction 0,09—0,12 mm

a — results of all analysis made during the test, b — mean value of the index k (from all analysis), c — value of index k from only once made analysis

próbego profilu, stałe podnoszenie się wartości wskaźnika k w kierunku powierzchni. W toku dalszych analiz uznano za istotne wartości k , nie tylko różniące się od siebie o więcej niż $0,2 k$, ale i mniej, zachowujące jednolity kierunek zmian wartości.

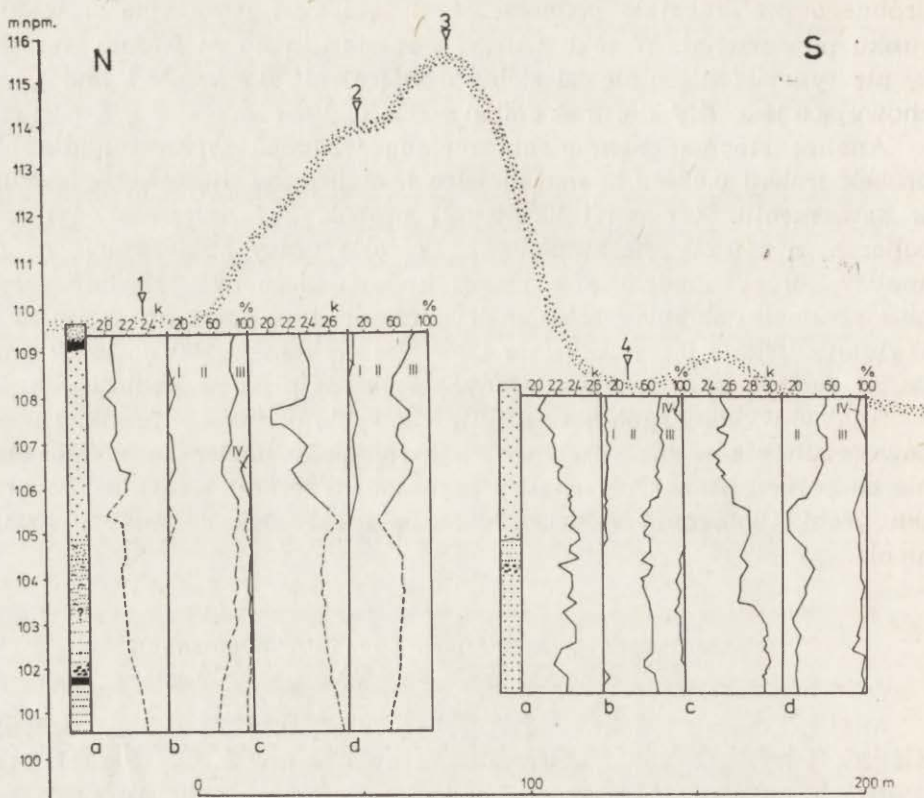
Analizę stopnia zaokrąglenia metodą wizualną wykonano dla 507 próbek frakcji 0,09—0,12 mm, a więc frakcji pozostającej w przewodzie w zawieszeniu. Z ogólnej liczby 507 próbek, 397 przypada na piaski eoliczne, a 110 na piaski podłoża. W toku pracy stwierdzono, że do analizy „drogi” modelowania ziarna kwarcu może być przydatne również zbadanie stopnia zaokrąglenia frakcji transportowej w saltacji. Wybrano frakcję 0,16—0,20 mm i na niej wykonano 100 dalszych analiz, z tego 42 dla piasków eolicznych i 58 dla piasków podłoża.

Analizę wykonywano dla profili pionowych, pobierając próbki z wkopów regularnie w odstępach co 5 cm (niekiedy pobierano je niezależnie od poboru próbek dla analizy granulometrycznej), natomiast z wierceń próbki pobierano stosując te same zasady jak do analizy uziarnienia.

ANALIZA STOPNIA ZAOKRĄGLENIA PIASKÓW EOLICZNYCH I PIASKÓW PODŁOŻA METODĄ WIZUALNĄ

Analiza stopnia zaokrąglenia frakcji 0,09—0,12 mm na przekroju Kiślaki II (ryc. 17, 20) przeprowadzana była w dwóch wierceniach oraz w dwóch profilach odkrywek. Analizy z wierceń objęły zarówno materiał eoliczny, jak i materiał podłoża; przeanalizowano w nich dodatkowo frakcję 0,16—0,20 mm. Analizując przebieg stopnia zaokrąglenia ziarn kwarcu frakcji 0,09—0,12 mm, w wiercieniu 1 obserwujemy, że wartość wskaźnika k waha się w przedziale 2,00—2,30 i na całej długości profilu wykazuje stosunkowo niewielkie zmiany. Daje się jednak zauważyć niewielka tendencja spadkowa w miarę przechodzenia w kierunku stropu profilu. Tendencja ta jest jednak znacznie bardziej wyraźna w przypadku frakcji 0,16—0,20 mm, a więc frakcji zawsze pozostającej w saltacji. Dla próbek położonych na głębokości 7,70—4,10 m poniżej stropu osadów, $k_{sr} = 2,68$. Przesuwając się w kierunku powierzchni obserwujemy, że dla próbek położonych na głębokości 4,10—2,90 m przebieg wskaźnika k jest zupełnie monotony, a jego $k_{sr} = 2,40$, następnie zaś k wyraźnie spada i na odcinku 2,90—1,80 m poniżej stropu jego wartość średnia wynosi 2,09, po czym znów wzrasta, osiągając na głębokości 0,40—1,80 wartość $k_{sr} = 2,46$. Najbardziej interesujący jest obserwowany generalnie spadek wartości k na głębokości 7,70—1,80 m poniżej powierzchni terenu, to jest na odcinku granicznym pomiędzy osadami rzecznyymi i eolicznymi.

W wiercieniu 4 stwierdzono, że na głębokości do 3,30 m wartość wskaźnika k waha się w przedziale 2,10—2,54. Na 35 próbek poniżej



Ryc. 20. Stopień zaokrąglenia ziarn kwarcu frakcji 0,09—0,12 mm w wierceniach 1 i 4 w południowym ramieniu wydmy parabolicznej w Kiślakach

a — stopień zaokrąglenia frakcji 0,09—0,12 mm, b — procentowy udział poszczególnych klas stopnia zaokrąglenia tej frakcji, c — stopień zaokrąglenia frakcji 0,16—0,20 mm, d — procentowy udział poszczególnych klas stopnia zaokrąglenia tej frakcji. Objaśnienia profili stratygraficznych jak na rycinie 12.

Index of roundness of quartz grains of fraction 0,09—0,12 mm and 0,16—0,20 mm in borings 1 and 4 in the southern arm of parabolic dune at Kiślaki

a — abrasion index for fraction 0,09—0,12 mm, b — percentage value of particular classes of roundness, c — abrasion index for fraction 0,16—0,20 mm, d — percentage of particular classes of roundness. Explanations for stratigraphy — see Fig. 12.

tej głębokości w 12 przypadkach k jest większe od 2,40, podczas gdy powyżej tej głębokości na 26 analizowanych próbek ani jedna nie przekracza tej wartości. Dla 26 górnych próbek (tj. analizowanych kolejno od głębokości 3,30 w górę) $k_{1\text{sr}} = 2,22$, podczas gdy dla 27 próbek dolnych $k_{\text{sr}} = 2,41$ (w próbkach głębiej położonych k znowu maleje). Jeżeli przeanalizujemy k tylko dla 10 kolejnych próbek powyżej głębokości 3,30 m i 10 kolejnych próbek poniżej tej głębokości, otrzymamy odpowiednio $k_{1\text{sr}} = 2,09$ i $k_{2\text{sr}} = 2,46$.

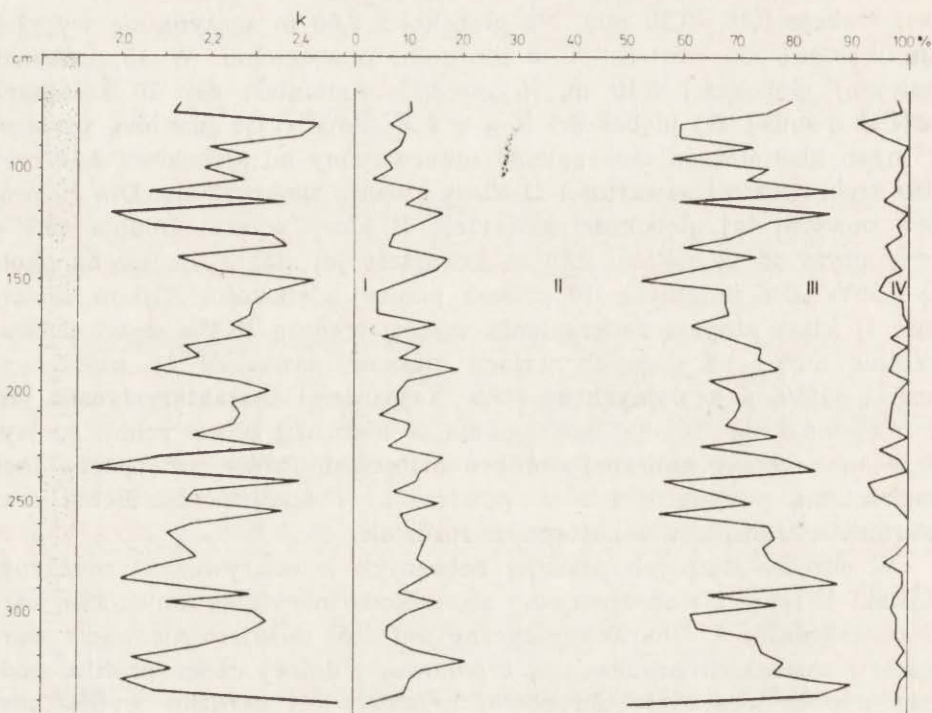
Fracją, która w przeważającej liczbie próbek występuje w saltacji

jest frakcja 0,16—0,20 mm. Na głębokości 3,60 m zaczyna się wyraźne zmniejszanie się wartości k w kierunku powierzchni. W 10 próbkach powyżej głębokości 3,10 m, $k_{1\text{ sr}} = 2,75$, natomiast dla 10 kolejnych próbek poniżej tej głębokości $k_{2\text{ sr}} = 2,95$. Analizując przebieg poszczególnych klas stopnia zaokrąglenia obserwujemy od głębokości 3,10 bardzo szybki wzrost zawartości II klasy stopnia zaokrąglenia. Dla 10 próbek powyżej tej głębokości zawartość II klasy wynosi średnio 40,7%, przy czym od głębokości 2,40 m zawartość jej stabilizuje się na około 40—50%. Dla kolejnych 10 próbek poniżej głębokości 3,10 m zawartość II klasy stopnia zaokrąglenia wynosi średnio 19,4%, a więc dwukrotnie mniej. W górnych seriach piasków, zawartość IV klasy wynosi 1—10%, a w dolnych 5—20%. Najbardziej charakterystyczne jest zmniejszenie się stopnia zaokrąglenia w kierunku powierzchni, co wydaje się przeczyć eolicznej obróbce materiału. Próba rozwiązania tego zagadnienia podjęta będzie w powiązaniu z analizą uziarnienia oraz warunków transportu w następnym rozdziale.

W obrębie starszych piasków eolicznych w odkrywce na przekroju Kiślaki II (ryc. 17) obserwujemy stosunkowo niewielką zmienność wartości wskaźnika k . Charakterystyczne jest dość duże zróżnicowanie wartości w sąsiednich próbkach w środkowej i dolnej części profilu, podczas gdy w jego części stropowej przebieg jest bardziej wyrównany. Zmienność wartości wskaźnika k przejawia się przede wszystkim zmianą proporcji w zawartości II i III klasy stopnia zaokrąglenia, podczas gdy zawartość klasy I i IV podlega niewielkim tylko wahaniom.

Młodsze piaski eoliczne w obrębie tej samej odkrywki charakteryzują się podobnym przebiegiem. Obserwuje się powolny, ale systematyczny spadek wartości wskaźnika k w kierunku powierzchni (stropu osadów). Wiąże się to ze wzrostem liczebności II klasy z 50—60% w dolnych częściach profilu, do 60—75% w górnych. Podobnie jak w poprzednim opisanym profilu, nie obserwuje się wyraźnych zmian w przebiegu I i IV klasy stopnia zaokrąglenia.

Bardzo interesujący przebieg wartości wskaźnika k dla frakcji 0,09—0,12 mm obserwujemy na profilu Nareśl (ryc. 21). Widoczne są tu cztery kolejne fazy wzrostu stopnia zaokrąglenia rozdzielone skokowym spadkiem. Wartości wskaźnika rosną w kierunku stropu od $k = 1,80—2,0$, do 2,3—2,4 na odcinkach długości 40—60 cm, by następnie spaść do około 1,80—2,0 na odcinku o długości zaledwie 5—10 cm. Jedynie na ostatnich 100 cm w stropowej części profilu obserwuje się mniej regularny przebieg wskaźnika. Początkowo zaznacza się tendencja spadkowa, a na ostatnich 60 cm znów wzrost wskaźnika k . Podobnie jak w poprzednio omówionych profilach, jest to przede wszystkim wynikiem zmian zawartości II i III klasy stopnia zaokrąglenia. Próba interpretacji tego zjawiska zostanie podana w następnym rozdziale w powiązaniu z analizą uziarnienia.



Ryc. 21. Przebieg wskaźnika stopnia zaokrąglenia ziarn kwarcu frakcji 0,09—0,12 mm oraz udział procentowy poszczególnych klas obróbki według metody wizualnej na profilu Nareśl

Index of roundness of quartz grains of fraction 0,09—0,12 mm and percentage of particular classes of abrasion in the excavation Nareśl

W Morusach wszystkie profile wykazują niewielką zmienność wskaźnika k . Obserwuje się niewielką tendencję zwyżkową w miarę przechodzenia w kierunku stropu osadów, co uwidacznia się wyraźnie na ostatnich kilkudziesięciu cm.

PROBLEM ROZDZIELENIA PIASKÓW RZECZNYCH I EOLICZNYCH W ŚWIETLE ANALIZY UZIARNIENIA I OBRÓBK

Problem rozdzielenia osadów rzecznych od eolicznych napotyka niekiedy znaczne trudności, zwłaszcza gdy granica pomiędzy osadami tych dwóch środowisk sedymentacji nie jest podkreślona poziomem gleby kopalnej lub też wyraźną zmianą warstwowania. Różnice w uziarnieniu między piaskami rzeczными i eolicznymi były przedmiotem analizy wielu autorów. F. Hjülstrom (1955), A. Sundborg (1955), K. Rotnicki (1970) podkreślali przede wszystkim ubytek frakcji pylastej w materiale eolicznym, spowodowany wywiewaniem. B. Nowaczyk (1976 a) — badając zróżnicowanie statystycznych wskaźników uziarnienia na obszarze Pra-

doliny Warszawsko-Berlińskiej — stwierdził, że piaski eoliczne charakteryzują się lepszym wysortowaniem niż piaski podłoża; wskaźnik asymetrii (skośności) wykazuje w piaskach eolicznych wartości ujemne w przeciwieństwie do dodatnich wartości piasków podłoża. W piaskach eolicznych kurtoza graficzna daje rozkład mezokurtyczny, a w piaskach podłoża leptokurtyczny. Szerokość wysortowania w piaskach eolicznych jest mniejsza niż w piaskach podłoża.

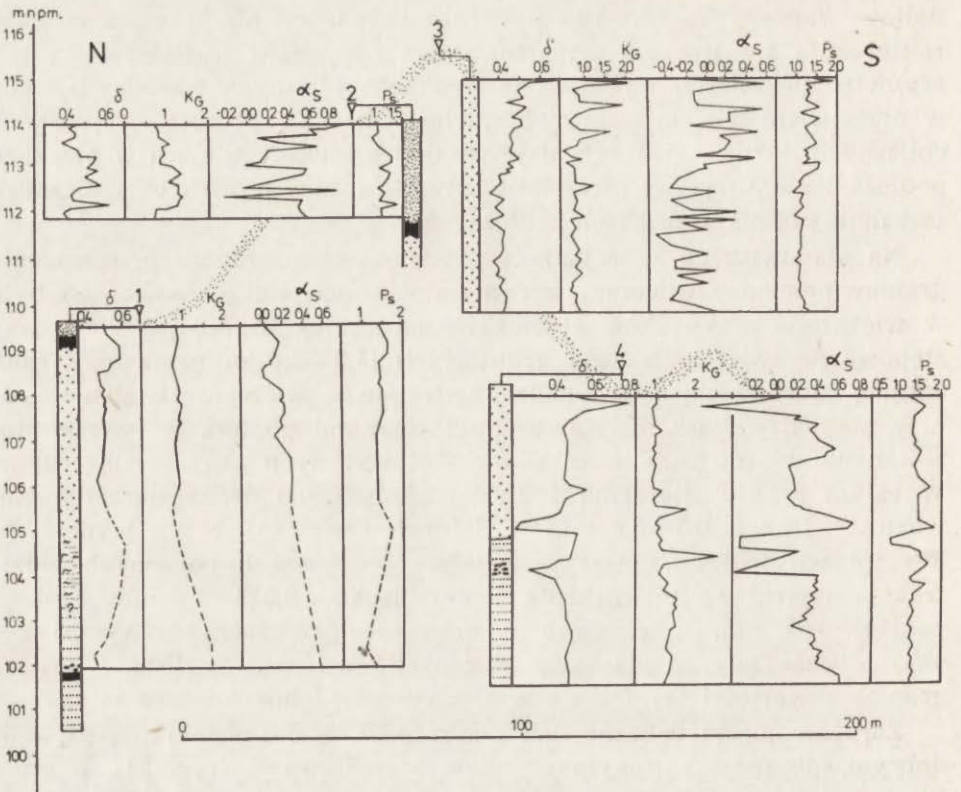
Na stanowiskach w rejonie wsi Kiślaki bezpośrednie przesledzenie granicy pomiędzy utworami rzecznyymi i eolicznymi w wykopach było w większości przypadków niemożliwe na skutek bardzo płytkiego występowania zwierciadła wód gruntowych (1,2—2,0 m przez cały rok). Jediną możliwością była analiza materiału z wierceń. Ustalenie granicy pomiędzy piaskami eolicznymi i piaskami podłoża w świetle stosowanych do tej pory wskaźników statystycznych okazało się trudne. W całym profilu wiercenia 4 występuje materiał drobnziarnisty. Zawartość frakcji 0,5—0,8 mm w dolnych częściach profilu wynosi ok. 3% (piaski podłoża), znikając zupełnie w piaskach eolicznych, gdzie frakcją najgrubszą jest niekiedy dopiero frakcja 0,315—0,4 mm. Frakcja poniżej 0,09 mm w piaskach podłoża nie przekracza zazwyczaj 2—4%, podczas gdy w piaskach eolicznych dochodzi do 15%. Wyraźna granica zawartości tej frakcji występuje na głębokości 3,20 m.

Zarówno piaski eoliczne, jak piaski podłoża charakteryzują się dość dobrym lub umiarkowanym stopniem wysortowania (ryc. 22). Z przebiegu wskaźników δ , K_G , a_s i P_s , podobnie jak i z samej tylko analizy uziarnienia, można odczytać, że od głębokości 2,70 do około 3,60 występuje „strefa przejściowa”, charakteryzująca się zmniejszaniem się wartości δ , wzrostem K_G , spadkiem a_s oraz zaburzeniami w dość jednostajnym w pozostałych częściach profilu, przebiegiem P_s .

Wyraźna zmiana uziarnienia, w świetle przebiegu tych wskaźników, nie upoważnia jednak do jednoznacznego postawienia granicy pomiędzy piaskami eolicznymi i piaskami podłoża. Rozwiązania tego problemu szukano, opierając się na rozdzieleniu typów transportu metodą G. S. Visher (1969). Piaski na głębokości większej niż 3,50 m charakteryzują się udziałem wleczenia rzędu 10—15% (jedynie lokalnie do około 30%) oraz udziałem zawiesiny w granicach 10—20%. Na głębokości 3,40 m udział wleczenia spada do zera, pojawiając się w wyższych seriach tylko lokalnie w ilości 2—4% (sporadycznie do 8%). Od głębokości 3,40 m rośnie zawartość zawiesiny, przekraczając w bardzo wielu miejscach 50% ogólnej masy transportowanego materiału.

Dalszych przesłanek do rozwiązania problemu granicy pomiędzy piaskami rzecznyymi i eolicznymi szukano w wynikach analizy stopnia zaokrąglenia materiału.

Jak już wspomniano przy omawianiu przebiegu stopnia zaokrąglenia, stwierdzono granicę wyraźnej zmiany przebiegu wskaźnika k .



Ryc. 22. Statystyczne wskaźniki uziarnienia dla południowego ramienia wydmy parabolicznej w Kiślakach. Objaśnienia profili stratygraficznych jak na rycinie 12 δ — stopień wysortowania, K_G — kurtoza graficzna, P_s — pasmo wysortowania, α_s — skośność graficzna

Statistical indices of grain-size distributions in the south arm of parabolic dune at Kiślaki. Explanation of stratigraphy — see Fig. 12

δ — sorting coefficient, K_G — curtosis coefficient, P_s — width of sorting band, α_s — skewness

Zmniejszanie się wartości tego wskaźnika w kierunku powierzchni, zarówno dla frakcji 0,9—0,12 mm, jak i 0,16—0,20 mm, można tłumaczyć jedynie selektywnym transportem w środowisku eolicznym.

Potwierdza to wyniki badań K. Sindowskiego (1956) i W. Stankowskiego (1963) nad znaczeniem selekcji w transporcie eolicznym. Porównanie stopnia zaokrąglenia frakcji 0,09—0,12 mm, 0,16—0,20 mm ze stopniem zaokrąglenia frakcji 0,5—0,8 mm, a więc frakcji pozostającej we wleczeniu, pozwoli wyciągnąć wnioski co do roli poszczególnych typów transportu w procesie modelowania ziarn.

Zestawienie wartości granicznych głębokości pomiędzy rzeczonym i eolicznym środowiskiem sedymentacji w świetle wykonanych analiz przedstawia się w wierceniu 4 następująco:

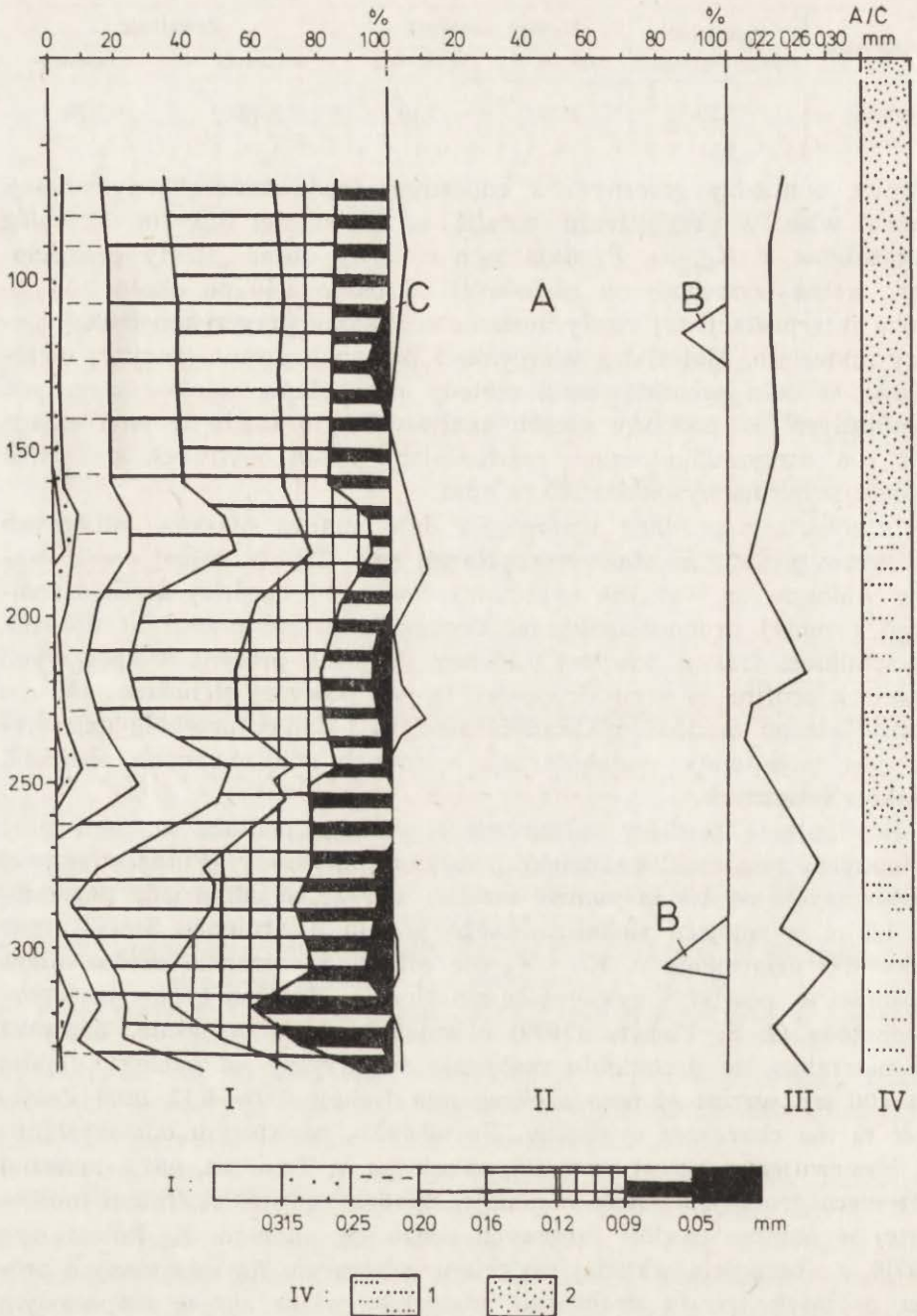
Analiza:	Zawartość frakcji $d < 0,09$ mm	Stopień zaokrągł.		Zawartość	
		0,09—0,12	0,16—0,2	włeczenia	zawiesiny
Głębokość w m	3,20	3,20	3,10	3,40	3,20

Granice pomiędzy rzeczny a eolicznym środowiskiem sedimentacji można więc w przybliżeniu ustalić na głębokości 3,20 m. Przebieg wskaźników δ , K_G , α_S , P_S daje nam ciekawy obraz „strefy przejściowej”, która występuje na głębokości od około 2,40 do około 3,50 m. Próba interpretacji tej strefy zostanie omówiona przy rekonstrukcji genezy materiału. Materiał z wiercenia 4 przeanalizowano powyżej szczegółowo w celu przedstawienia metody rozdzielania osadów rzecznych i eolicznych. W podobny sposób analizowano te osady w wierceniach 1, 5 i 6, otrzymując poziom rozdzielający piaski obydwóch środowisk modelujących na wysokości 105 m npm.

Interesujący przebieg uziarnienia daje analiza piasków eolicznych i piasków podłoża na stanowisku Nareśl (ryc. 23). W dolnej części osadów widoczne są wyraźne cyklotomy materiału bardziej drobnoziarnistego i mniej drobnoziarnistego. Drobnoziarnistość materiału ujawnia się spadkiem frakcji powyżej 0,16 mm do kilku procent w spągowych częściach profilu. W serii stropowej, to jest powyżej głębokości 120 cm poniżej stropu osadów, cykliczność zamiera i dalszy przebieg uziarnienia jest monotony, podobnie jak w innych analizowanych profilach piasków eolicznych.

Rozdzielenie piasków eolicznych i piasków podłoża w toku prac wstępnych było możliwe dzięki położeniu pni sosny (*Pinus silvestris*) znajdujących się 1,5 m poniżej stropu osadów, co odpowiada poziomowi 1,2 m w miejscu zlokalizowanego profilu uziarnienia. Statystyczne wskaźniki uziarnienia δ , K_G i P_S nie różnicują wyraźnie osadu. Miara skośności α_S powtarza cykliczność uziarnienia. Rozkład typów transportu metodą G. S. Vishera (1969) również niewiele wyjaśnia. Zauważa się natomiast, że drobnieniu materiału towarzyszy na odcinku głębiej niż 100 cm wzrost stopnia zaokrąglenia frakcji 0,09—0,12 mm. Zależność ta ma charakter cykliczny. Na odcinku, na którym ona występuje, obserwujemy wzrost wartości wskaźnika k . Tam zaś, gdzie materiał jest nieco grubszy, wartość k maleje. Spadek zawartości frakcji mulkowej w obrębie osadów rzecznych wiąże się, zdaniem K. Rotnickiego (1970), z obecnością wkładki materiału eolicznego. Na omawianym profilu początek trendu drobnienia materiału wiąże się ze stopniowym wzrostem stopnia zaokrąglenia.

W obu wyraźnych cyklach zmienności uziarnienia występują trzy odcinki zmienności stopnia zaokrąglenia (ryc. 23). W dolnej części cyklu następuje spadek k , następnie wzrost i dalej znowu spadek. Wzrost k



Ryc. 23. Uziarnienie i typy transportu na profilu Nareśl

I — profil uziarnienia, II — poszczególne typy transportu: A — saltacja, B — zawieszenie, C — wleczenie; III — wartość graniczna średnicy ziarn między saltacją a wleczeniem; IV — budowa geologiczna: 1 — piaski akumulacji wodnej, 2 — piaski eoliczne

Mechanical composition and types of transport in the Nareśl profile

I — the profile of mechanical composition, II — particular types of transport: A — saltation, B — suspension, C — boundary value of the diameter between saltation and surface creep; III — geological composition: 1 — river sand, 2 — eolian sand.

wiąże się już z pojawieniem się bardziej gruboziarnistego materiału. Zmienność k dowodzi zmienności warunków selekcji w środowisku wodnym. Maksimum zawartości frakcji grubej na głębokościach 200 i 290 cm wiąże się z maksimum wartości k w obrębie utworów podłoża.

Są to więc obszary największej zawartości ziarn okrągłych. Zdaniem wielu autorów (K. Sindowski 1956; B. Nowaczyk 1976 a; K. Borówka 1977), ziarna graniaste o znacznie większej powierzchni od powierzchni ziarn kulistych są bardziej nośne i częściej odrywane od podłoża. Wolno sądzić, że na głębokości 200 i 290 cm występują wkładki materiału eolicznego w materiale akumulacji wodnej. Współcześnie obserwowany obraz stopnia zaokrąglenia jest przede wszystkim wynikiem selekcji materiału.

Powierzchnia terasy pradolinnej była więc okresowo przesuszana, a wiatr powodował przewiewanie piasków. Podobne zjawisko obserwował K. Rotnicki (1970) na terasie Proсны.

ZAGADNIENIE PRĘDKOŚCI WIATRÓW WYDMOTWÓRCZYCH

Uziarnienie materiału eolicznego może być jedynie bardzo orientacyjnym i teoretycznym wskaźnikiem prędkości wiatru, co wcześniej już zauważył S. Kozarski (1962). Jeżeli otrzymany wartości odpowiadają nawet rzeczywistym, to nie mówią nic o zmienności prędkości wiatrów w ciągu roku. W żadnym z dotychczasowych opracowań — rekonstrukcji prędkości wiatrów wydmotwórczych na podstawie analizy uziarnienia — nie brano pod uwagę możliwości wystąpienia prędkości wiatrów wielokrotnie przewyższających prędkości krytyczne. Zwrócił na to uwagę K. Borówka (1977). Analizując wydmy w okolicach Łeby, autor ten stwierdził znaczne różnice w prędkościach wiatrów w różnych częściach wydmy. Przedstawił również wpływ innych parametrów (jak temperatura, wilgotność powietrza, ciśnienie itp.) na wielkość transportu, co stawia pod znakiem zapytania możliwość rekonstrukcji prędkości wiatrów wydmotwórczych w sposób dotychczasowy.

K. Borówka (1977) stwierdził, że na obszarze wydmy łebskich natężenie transportu jest w przybliżeniu proporcjonalne do 4,68 potęgi prędkości wiatru na wysokości 1 m nad poziomem gruntu, a obliczone przez niego wskaźniki efektywności transportu wykazały, że największe znaczenie wydmotwórcze mają nawet krótkotrwałe wiatry sztormowe.

W toku badań w Kotlinie Biebrzańskiej stwierdzono, że w osadach akumulowanych współcześnie 54% materiału przenoszone jest w zawieszeniu, 45% przypada na saltację, a na wleczenie zaledwie 1%. Tak duży udział materiału przenoszonego w zawieszeniu wskazuje na dużą turbulencję wiatrów. Wartość graniczna pomiędzy saltacją a zawieszeniem wynosi średnio około 0,14 mm, a pomiędzy saltacją a wle-

zeniem średnio około 0,28 mm. W piaskach wieku młodszego dryasu średnie wartości graniczne pomiędzy poszczególnymi typami transportu są takie same. Jednakże zupełnie inny jest rozkład udziału poszczególnych typów transportu w piaskach wieku młodszego dryasu. Większy jest udział wleczenia, mniejsza natomiast zawartość zawieszenia w porównaniu z piaskami współczesnymi. Wydaje się więc, że wiatry wydmotwórcze w okresie młodszego dryasu charakteryzowały się mniejszą porywistością, były bardziej jednostajne niż obecnie, co mogło jednak wiązać się z większymi prędkościami, a także z mniejszym rozrzutem kierunków ich wiania.

Wiatr przenosi każdy materiał nadający się do transportu. Wyniesienie żwirków o średnicy 5—8 mm na stok wydmy w pobliżu jej wierzchołka (co stwierdzono w stropie piasków eolicznych w Kiślakach, zarówno na przekroju Kiślaki I jak i Kiślaki II), wskazuje niezbicie, że prędkości wiatru musiały okresami przekraczać 17,2—20,7 m/s, tj. około 60 km/h (wg schematu M. Klimaszewskiego 1978). Żwirki te mają kształt eologliptolitów, być może nadany im na powierzchni wydmy w czasie, gdy ziarna te nie podlegały transportowi i tworzyły bruk deflacyjny. Średnice materiału tworzącego bruk są większe od średnio 0,52 mm. Można więc przypuszczać, że prędkości wiatru spadały wtedy do około 6 m/s, tj. około 25 km/h.

Średnie wartości graniczne średnic ziarn pomiędzy wleczeniem a saltacją wynoszą około 0,28 mm. Zgodnie z wynikami badań W. Stankowskiego (1963) i L. Pernarowskiego (1959), świadczyłyby to również o prędkościach wiatru około 6 m/s. Prędkości te mogą jednak odnosić się już do materiału przemodelowanego w warunkach słabnącej siły transportu.

Podobne wartości graniczne średnic ziarn pomiędzy wleczeniem a saltacją występują nawet w serii osadów, dla których stwierdzono niewątpliwą akumulację przy prędkościach około 60 km/h. Świadczyłyby to o powstaniu wydmy w młodszym dryasie w warunkach wiatrów bardzo silnych, a następnie powolną jej wędrówkę w czasie wiania wiatrów o mniejszych prędkościach. Jest rzeczą znamionną, że w czasie zachodzącego obecnie transportu piasku na spłaszczeniu wydmowym (Kiślaki I) na obszarze deflacji tworzy się bruk złożony z frakcji powyżej 0,8 mm, a transportowany (z południa na północ) jest jedynie materiał drobniejszy.

GENEZA PIASKÓW BUDUJĄCYCH WYDMY I ICH PODŁOŻE

Podobieństwo uziarnienia osadów stwierdzone w toku niniejszego opracowania w Morusach, Kiślakach i Nareśli przemawia za podobną genezą serii drobnoziarnistego materiału budującego podłoże wydm na całym obszarze.

W Kiślakach w podłożu występują niewątpliwie osady rzeczne, w których składzie mechanicznym ulega zmniejszaniu zawartość procentowa frakcji najgrubszych w miarę przechodzenia w kierunku stropu osadu. Żwiry i piaski gruboziarniste zanikają zupełnie w górnych częściach profili. Świadczy to o stopniowym zmniejszaniu się zasięgu rozlewisk wód rzecznych i najprawdopodobniej o spływaniu wód i słabnięciu zdolności transportu. Być może opuszczane koryta zmieniały się w zbiorniki wód stojących lub o bardzo słabym, okresowym tylko przepływie, o czym świadczy obecność materiału przenoszonego w różnych typach transportu. Po całkowitym ustaniu przepływu i obniżeniu poziomu wód gruntowych nastąpiło zwydmienie.

Podłoże wydm stanowią więc piaski pochodzenia wodnego dwóch typów facjalnych: piaski rzeczne, w których występuje jeszcze frakcja powyżej 0,5 mm i facja piasków zbiorników zamkniętych, w której frakcji tej brak i dominuje materiał bardziej drobnoziarnisty z domieszką frakcji pylastej.

Jak już wspomniano, przy analizie uziarnienia bezpośrednio powyżej osadów pochodzenia wodnego występuje w wierceniu 4 „seria przejściowa”, należąca już, jak się wydaje, do osadów eolicznych. Obserwujemy w niej zarówno stopniowe zmniejszanie się zawartości frakcji najgrubszych, jak również wzrost materiału transportowanego w zawieszeniu kosztem saltacji. Wydaje się, że świadczy to o nawiewaniu coraz drobniejszego materiału z facji zbiorników zamkniętych.

Badania nad zapisem faz deflacji wgłębnej prowadzono w obrębie wydm Rokitnik i Morusy. Fazy, która zaznaczyłaby się powstaniem niecki deflacyjnej zagłębionej w osady podłoża, nie stwierdzono. Pozwala to wysunąć przypuszczenie, że równomierne wywiewanie obejmowało całość powierzchni piaszczystej do poziomu podsiąku wód kapilarnych.

Piaski eoliczne nie przebyły długiej drogi transportu. Świadczy o tym powszechność zachowanych struktur stoku proksymalnego. Krótką drogę transportu eolicznego wykazały również badania innych obszarów wydmowych w Polsce (S. Kozarski 1962; K. Rotnicki 1970; B. Nowaczyk 1976 a; K. Krajewski 1977 i in.). Przypuszczalnym źródłem materiału jest terasa pradolinna.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WSPÓŁCZESNEJ AKTYWNOŚCI EOLICZNEJ

Współczesną działalność eoliczną obserwujemy na terasie pradolinnej w pobliżu zabudowań wiejskich. Największy obszar czynnych procesów eolicznych o powierzchni około 25 ha występuje na zachód od wsi Piaski. Całość pola tworzą eoliczne piaski pokrywowe, w których powszechnie występuje poziom słabo wykształconej gleby kopalnej na głębokości 30—80 cm poniżej współczesnej powierzchni terenu. Dość

często spotykamy pozostałe po wydmach ostańce deflacyjne o wysokości 3—4 m. Piaski eoliczne porasta skąpa roślinność psamofilna z *Corynephorus canescens*. Pospolicie występuje *Junniperus communis*, a z roślin niższych *Politrichum piliferum*, *Cladonia rangiferina*, *Cladonia mitis*, *Cetraria islandica* i inne. Powszechnie obserwuje się migrację eolicznych piasków pokrywowych na obszary łąk i pastwisk, zasypywanie dróg itd. (fot. 9, 10).



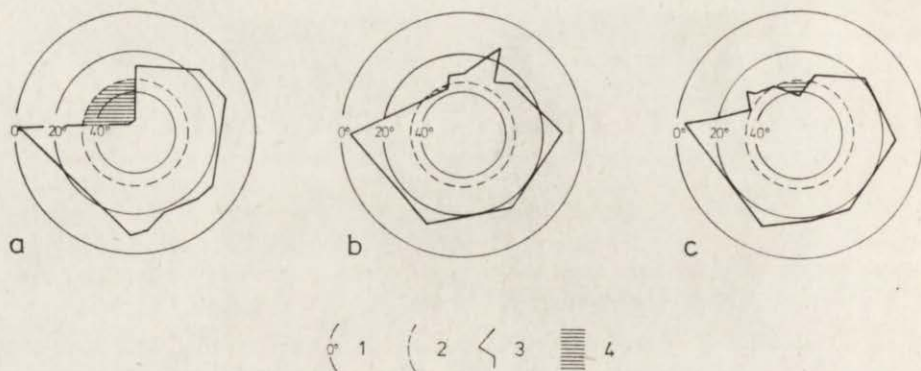
Fot. 9. Nawiewanie piasków na powierzchnię terasy zalewowej
Eolian sands transported in suspension on the surface of flood plain

Drugi obszar czynnych procesów eolicznych występuje w pobliżu wsi Kiślaki. Deflacji podlega fragment południowego ramienia wydmy parabolicznej omówionej przy analizie przekroju Kiślaki I. Miąższość czynnej pokrywy eolicznej przekracza tu 4 m. Roślinności w zasadzie brak, lokalnie tylko występuje *Salix arenaria*. Migracja piasków eolicznych odbywa się przede wszystkim w miesiącach półroczu zimowego przy wiatrach o prędkości powyżej 15 m/s. Charakteryzują się one, zgodnie z wynikami badań K. Borówki (1977), blisko 330 razy większą efektywnością transportu niż wiatry o prędkości 4 m/s. Nadbudowywane są zarówno nowe serie piasków eolicznych (fot. 10), jak również obserwuje się przenoszenie piasku w zawieszeniu na powierzchnię terasy zalewowej (fot. 9).

Na ruchomej wydmie w Kiślakach obserwowano zmienność kąta nachylenia zboczy w poszczególnych miesiącach roku (ryc. 24). Na zbo-



Fot. 10. Akumulacja nowej serii eolicznych piasków pokrywowych w pobliżu wsi Kiślaki
Accumulation of new series of eolian sands near the Kiślaki village



Ryc. 24. Zmiany kąta nachylenia zboczy wydmy parabolicznej w Kiślakach (przekrój Kiślaki I) w 1976 r.

a — luty, b — kwiecień, c — lipiec; 1 — wielkość kąta nachylenia zbocza, 2 — kąt naturalnego zsyłu (34° dla bardzo drobnoziarnistych piasków), 3 — linia łącząca wartości kątów nachylenia zboczy pomierzonych na wydmie, 4 — strefa, w której kąt nachylenia zboczy przekracza wartość kąta naturalnego zsyłu

Changes of the angle of slopes on the parabolic dune at Kiślaki in 1976 (section Kiślaki I)

a — February, b — April, c — July; 1 — value of degree of angle on the slope, 2 — the angle of natural pouring (34° for very fine sand), 3 — line linking values of investigated angle of slopes, 4 — the zone in which the slope project beyond the line of angle of natural pouring

czach o ekspozycji północnej nachylenia zboczy przekraczają niekiedy 40° . Jest to efekt zwiększonej wilgotności bardzo drobnoziarnistego materiału, a w miesiącach zimowych dodatkowo jego zamarznięcia. Obserwacje współczesnych procesów zachodzących na stoku wydmy pozwoliły na stwierdzenie, że zmiany wilgotności i temperatury gruntu wpływają również obecnie na kształtowanie się tzw. serii bezstrukturalnej (J. Grzybowski 1978 b).

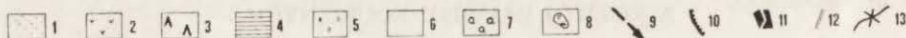
WPLYW GOSPODARCZEJ DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA NA ROZWÓJ WYDM

WSPÓŁCZESNA DZIAŁALNOŚĆ GOSPODARCZA CZŁOWIEKA A ROZWÓJ ZJAWISK EOLICZNYCH

Wpływ gospodarczej działalności człowieka na rozwój wydm w holocenie był podkreślany wielokrotnie. W toku dotychczasowych badań główną rolę w niszczeniu pokrywy roślinnej i glebowej przypisywano najczęściej pożarom lasu, zarówno naturalnym jak i spowodowanym przez człowieka. Te ostatnie wiązano z przygotowywaniem ziemi pod uprawę przez ludność rolniczą od neolitu. I. G. Simmons (1969) badając wpływ człowieka na środowisko geograficzne w mezolicie na terenie Anglii, stwierdził, że ludność myśliwska powodowała pożary w celu spędzania zwierząt w jedno miejsce. Nie można wykluczyć i takiej przyczyny wywoływania pożarów na terenie Polski.

Procesy deflacji w ostatnich stuleciach wiążą się najczęściej z wylesianiem i zaorywaniem eolicznych piasków pokrywowych na obrzeżeniu większych kompleksów wydmych (J. i R. Kobendza 1958, J. Wojtanowicz 1969, Z. Borsy 1972). Wydmy powstają w holocenie często na granicy pól ornych i lasów lub użytków zielonych (L. Starkel 1976). Większość autorów obserwuje stosunkowo niewielką miąższość holoceńskich pokryw eolicznych, nie przekraczającą 3 metrów. Jedyne K. Krajewski (1977) stwierdza 10-metrowe pokrywy piaszczyste z antropogenicznego okresu wydymotwórczego.

Analizę współczesnego wpływu gospodarczej działalności człowieka na rozwój wydm przeprowadzono na podstawie kartowania współczesnych sposobów gospodarowania. W tym celu wybrano obszar o powierzchni 21 km², charakteryzujący się intensywnymi procesami eolicznymi i różnorodną formą działalności gospodarczej człowieka (ryc. 25), a obejmujący teren wydmy wzdłuż doliny Narwi na odcinku między wsiami Morusy i Krosny. Obszar ten objął wszystkie analizowane stanowiska wydmy i wszystkie rozpoznane stanowiska archeologiczne (ryc. 26). Stwierdzono trzy podstawowe typy współczesnej działalności gospodarczej, wpływające na rozwój procesów eolicznych: 1. orka, 2. przepędzanie bydła na pastwiska bezpośrednio poprzez wyd-



Ryc. 25. Współczesny wpływ gospodarczej działalności człowieka na rozwój wydm
 1 — obszary czynnej deflacji, 2 — wydmy i eoliczne piaski pokrywane porośnięte murawą, w dużym stopniu zagrożone deflacją poprzez nadmierne wypasanie, 3 — wydmy i eoliczne piaski pokrywane porośnięte lasem, duże zagrożenie pożarem, 4 — pola orne na eolicznych piaskach pokrywowych. Użytkowanie ziemi nie wpływające bezpośrednio na uruchomienie wydm: 5 — łąki na terasie pradolinnej, 6 — łąki zmeliorowane na terasie zalewowej, 7 — lasy i zagajniki podmokłe, 8 — nieużytki — podmokłe niecki deflacyjne. Objasnienia uzupełniające: 9 — główne kierunki przepędzania bydła na pastwiska, 10 — krawędzie erozyjne — podcinanie eolicznych piasków pokrywowych, 11 — zabudowania, 12 — drogi, 13 — rzeki i jaz na rzece

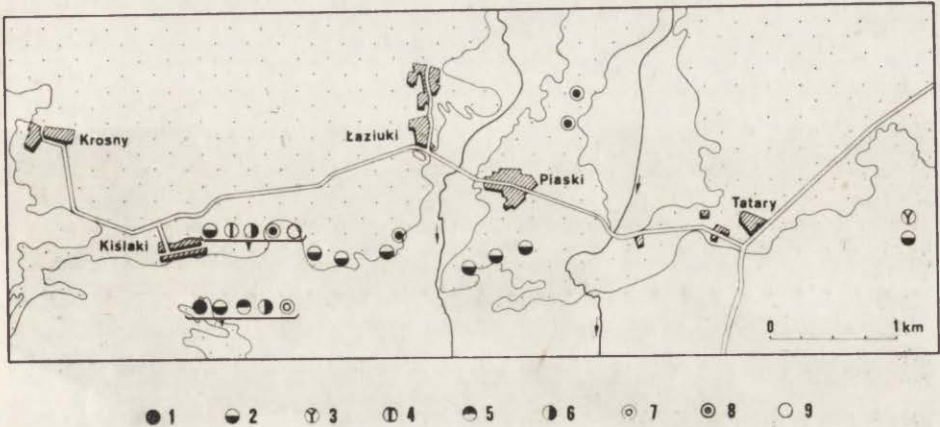
The contemporary influence of man's economic activity on the development of dunes

Area of active deflation and area of strong danger of deflation: 1 — area of active deflation, 2 — dunes and eolian cover sands with greensward, strong danger of deflation throughout intensive pasturage, 3 — dunes and eolian cover sands planted by forest, danger of fire, 4 — fields under cultivation on eolian cover sands. Utilization of land without direct influence of deflation: 5 — meadows on the pradolina terrace, 6 — irrigated meadows on the flood-plain, 7 — wet forests and scrubs, 8 — deflation basins. Supplementary explanations: 9 — mean directions of driving cattle to pastures, 10 — erosional margin cutting down eolian cover sands, 11 — buildings, 12 — cart-road, 13 — rivers and dam

my oraz eoliczne piaski pokrywowe, 3. drobna działalność gospodarcza bezpośrednio na zapleczu wsi.

Do uruchomienia piasków przyczynia się w dużym stopniu kopanie dołów—ziemianek do przechowywania kartofli na zimę, składowanie i rąbanie drzewa, wysypywanie śmieci w sposób niezorganizowany (fot. 11) itp.

Piasek frakcji 0,1—0,2 mm, tworzący główną masę materiału wydmorego, jest swobodnie przenoszony przez wiatry już o prędkości 3—5 m/s (W. Stankowski 1963). Raz zniszczona pokrywa roślinna i glebowa trudno opanowuje wydme ponownie. Dzieje się tak zwłaszcza na terenach położonych w pobliżu terasy zalewowej Narwi, narażonych na wpływ silnych wiatrów z sektora południowego. Ulewne deszcze, a także roztopy wiosenne, powodują splukiwanie piasku i tworzenie się u podnóży wydm stożków napływowych, które po wyschnięciu podle-



Ryc. 26. Rozmieszczenie rozpoznanych stanowisk archeologicznych

Znalezione artefakty i ich przynależność kulturowa: 1 — narzędzia krzemienne paleolityczne, 2 — narzędzia krzemienne mezolityczne i neolityczne, 3 — narzędzia krzemienne neolityczne, 4 — ceramika neolityczna nierozdzielona. 5 — znaleziska kultury ceramiki sznurowej i ceramika kultury niemeńskiej, 6 — ceramika kultury Trzcinieckiej. Ceramika nowożytna: 7 — XIII—XIV w., 8 — XV—XVI w., 9 — XVIII—XX w. (w glebie kopalnej)

Distribution of archaeological sites recognized during investigations

Found artefacts and their culture attachment: 1 — flint tools from Paleolith, 2 — flint tools from Mezolith and Neolith, 3 — flint tools from Neolith, 4 — ceramics from Neolith (non-divided for separate cultures), 5 — artefacts from the culture of Corded wave ceramic and Niemen culture, 6 — ceramic of Trzciniecka culture. Contemporary ceramics: 7 — 13—14th century, 8 — 15—16th century, 9 — 18—20th century (in fossil soil)

gają deflacji. Dla ruchomej wydmy w pobliżu wsi Kiślaki decydujące znaczenie miało wycięcie lasu około 1950 r. Dzieło zniszczenia pokrywy roślinnej dopełniła drobna działalność gospodarcza na zapleczu wsi. O szkodach wyrządzanych roślinności wydmowej przez człowieka przez wycinanie długich korzeni jałowca i sosny do wyrobu koszyków piszą także A. i R. Kobenzowie (1958).

Analiza współczesnego wpływu gospodarczej działalności człowieka pozwoliła na sprecyzowanie oceny wpływu czynnika antropogenicznego na rozwój wydmy w holocenie. Przyjęto założenie, że człowiek osiedlał się na wydmach nieruchomych. Zakładając w przeszłości, przed okresem intensywnego rolnictwa, osadę lub nawet tylko obozowisko na jednym pagórku mógł powodować niszczenie pokrywy roślinnej i glebowej na sąsiednim poprzez drobna działalność gospodarczą. Wiek artefaktów w obrębie jednego pagórka wydmowego może więc wyznaczyć okres aktywności eolicznej piasków na pagórku sąsiednim, pod warunkiem jednoznacznego powiązania artefaktów z poziomami glebowymi. W okresach bardziej rozprzestrzenionej działalności gospodarczej deflacja będzie znacznie większa. Przedstawiona przesłanka nie może być jednak stosowana jako samodzielne kryterium, lecz w powiązaniu z analizą stratygraficzną i przesłankami historycznymi.

W okresie badań terenowych w dolinie Narwi prowadzone były



Fot. 11. Kopanie ziemianek do przechowywania kartofli na zimę na wydmach i eolicznych piaskach pokrywowych przyczynia się do zapoczątkowania deflacji
Digging of dug-cellars for keeping potatoes in winter on dunes and eolian cover sands contribute to the beginning of deflation

prace hydrotechniczne. Objęły one zarówno melioracje łąk, jak i budowę nowego koryta Narwi. Zgodnie z założeniem projektu technicznego nastąpiło obniżenie średniego poziomu zwierciadła wód gruntowych o 0,6—1,7 m (J. Żelazo 1975). Wpływ tak znacznego obniżenia zwierciadła wód w ciągu krótkiego okresu uwidoczni się dopiero za kilka lat. Obecnie można jedynie stwierdzić wysokie zagrożenie obszaru wydmowego. W toku prac terenowych stwierdzono, że zasilanie w wodę doliny Narwi odbywa się w dużym stopniu poprzez intensywny przepływ wód gruntowych z wysoczyzny i być może także pod obszarem wydmowym od strony Bagna Ławki. Wskazuje na to kierunek, z którego napływają wody gruntowe we wkopach (J. Grzybowski 1974) oraz prowadzone od kilku lat stałe obserwacje wód gruntowych, którymi zajmuje się Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach.

ROZWÓJ OSADNICTWA W ŚWIELE ANALIZY ARTEFAKTÓW I DOKUMENTACJI HISTORYCZNEJ

Próbie wydzielenia faz rozwoju osadnictwa podjęto na podstawie własnych znalezisk archeologicznych, literatury archeologicznej dotyczącej badanego terenu (H. Więckowska 1975; H. Więckowska, E. Kem-

pisty 1970), literatury historycznej (*Dzieje lasów...* 1965, A. Kamiński 1970; M. Dembińska 1972; W. Tyszkiewicz 1974; K. Godłowski; J. K. Kozłowski 1976), a także „Karty Łomżyńskiej i Grodzieńskiej Gubernii” z 1909 r. (stan na lata 1884—1886). Na tej podstawie wyróżniono następujące okresy rozwoju osadnictwa i gospodarki w południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej:

1. Słabego osadnictwa koczowniczego, myśliwsko-zbierackiego górnego paleolitu.
2. Rozwoju osadnictwa na pół osiadłego w mezolicie i neolicie z kontynuacją do końca epoki brązu osadnictwa stałego.
3. Upadku osadnictwa od około I do około XII w.
4. Intensywnego napływu osadników w wieku XII—XVI i początku rozwoju rolnictwa na większą skalę.
5. Upadku osadnictwa w XVII i XVIII w.
6. Rabunkowej gospodarki rolnej i leśnej od początku XIX w.

Okresy te w ogólnych zarysach pokrywają się z próbą periodyzacji rolnictwa w Polsce północno-wschodniej, opracowaną przez M. Dembińską (1972) Próbę wydzielenia okresów rozwoju osadnictwa na ziemiach polskich podjęła również M. Ralska-Jasiwiczowa (1966, 1968). Według tej autorki pierwsza faza przypada na okres 3300—2500 lat p.n.e. (neolit), druga na 2200—800 lat p.n.e. (epoka brązu) i trzecia w latach 200 p.n.e.—450 n.e. (okres rzymski). Fazy te są synchroniczne z wyznaczonymi dla Danii i Szwecji (L. Starkel 1976). Dwie pierwsze fazy odpowiadają fazom udokumentowanym artefaktami w dolinie Narwi. Nie znaleziono odpowiednika fazy rzymskiej.

Przypisując artefaktom o znanej przynależności kulturowej wiek w latach względnych, przyjmowano dla nich górne granice przedziału czasowego wyznaczonego dla danej kultury w innych częściach Polski. Północno-wschodnia część kraju jest bowiem znacznie opóźniona pod względem rozwoju gospodarczego w stosunku do reszty Polski (K. Godłowski, J. K. Kozłowski 1976; M. Dembińska 1972; J. Kowalczyk 1972; H. Więckowska 1975).

OKRESY AKTYWNOŚCI EOLICZNEJ I FAZY ROZWOJU WYDM

Aktywność eoliczna prowadząca do powstania wyraźnych form wydmy powstała na powierzchni terasy pradolinnej nazwanej przez H. Banaszuka (1974) „równiną akumulacyjną”.

W świetle badań wieku wydmy, wolno sądzić, że akumulacja terasy pradolinnej zakończyła się przed zachowanym zapisem głównej fazy wydmy, a więc najpóźniej w starszym dryasie. Bliższa analiza tego zagadnienia nie była celem niniejszej pracy.

PIERWSZY OKRES AKTYWNOŚCI EOLICZNEJ

Z okresu pleni — Würmu oraz najstarszego i starszego dryasu nie zachowały się żadne formy będące przejawem wydmy, działalności wiatru. Południowo-wschodnia część Kotliny Biebrzańskiej była wtedy obszarem akumulacji rzecznej i jeziornej. Ślady aktywności eolicznej zachowały się w obrębie piasków terasy pradolinnej na stanowisku Nareśl. Stwierdzono tu co najmniej dwie wkładki osadów eolicznych w piaskach rzecznych. Potwierdza to zarówno analiza uziarnienia, jak i stopnia zaokrąglenia ziarn kwarcu. Powierzchnia terasy była najprawdopodobniej zalewana przez wody powodziowe, a następnie, po ich opadnięciu, następowało przesuszenie piasków, które podlegały deflacji. W czasie następnego wysokiego stanu wód były one przykrywane kolejną serią piasków rzecznych. Podobne zjawisko zaobserwował K. Rotnicki (1970) na terasie Proсны w Kotlinie Grabowskiej. Autor ten wyraził przypuszczenie, że znaczna zawartość frakcji poniżej 0,1 mm w osadach powodziowych może pozwolić na odróżnienie ich od osadów eolicznych. Obserwacja ta znalazła potwierdzenie w przypadku odsłonięcia Nareśl. Brakuje jednak możliwości jednoznacznego umieszczenia tego zjawiska w czasie. Można jedynie przypuszczać, że wkładki eoliczne pochodzą ze schyłku okresu formowania się tej terasy, czyli najprawdopodobniej ze starszego dryasu.

W Allerødzie nastąpiła najprawdopodobniej faza przerwy w aktywności eolicznej. W Polsce zachodniej i środkowej została ona udokumentowana w licznych profilach za pomocą dowodów palinologicznych (K. Tobolski 1966; K. Rotnicki, K. Tobolski 1969; K. Wasylkowa 1964)

jako okres ciepły ze średnią temperaturą lipca w maksimum okresu około 16°.

Jednakże północna część Polski w optymalnej fazie Allerødu nie została opanowana przez bory sosnowe, lecz leżała w strefie lasów brzożowo-sosnowych i brzożowych, podobnie jak Holandia, Dolna Saksonia i Szlezwik-Holsztyn. Puszcza Białowieska leżała w pobliżu północnej granicy lasów sosnowych (K. Wasylika 1964; M. Ralska-Jasiewiczowa 1966; M. Borowik-Dąbrowska, J. M. Dąbrowski 1972). W dolinie Narwi nie znaleziono śladów gleby allerdzkiej. Na pozostałym obszarze Polski zachowała się jedynie na niewielu stanowiskach wydmych, co powszechnie przypisuje się całkowitemu jej rozwianiu w fazie wydmywającej młodszego dryasu.

Wolno sądzić, że powierzchnia dna doliny o roztokowym rozwinięciu koryta była rozcinana już od początku Allerødu. Powstałe w tym okresie zbiorniki wód stojących, bądź też o bardzo powolnym przepływie, mogą być śladem odciętych koryt rzeki roztokowej. Dwa takie zbiorniki zostały stwierdzone na przekroju Kiślaki II. Większy ze zbiorników mógł mieć okresowo charakter przepływowy, o czym świadczy seria żwirów i głazików powyżej stropu łu.

W zbiorniku tym zatrzymywały się namyte szczątki organiczne, wśród których stwierdzono korę i liście drzew liściastych (m.in. *Salix* i *Alnus* oraz blaszki liści *Graminae*). Musiał tu rosnąć las na siedlisku wilgotnym. Obniżanie poziomu wód gruntowych prowadziło do ewolucji zbiorowisk roślinnych w kierunku zespołów bardziej sucholubnych. Wraz z postępującym ochłodzeniem klimatu roślinność stawała się coraz mniej odporna na zniszczenie i mniej zdolna do regeneracji. Do uruchomienia piasków przyczyniły się najprawdopodobniej pożary lasów. W okresie młodszego dryasu czoło lądolodu znajdowało się na wysokości 58° szerokości geograficznej północnej, tj. na obszarze moren Salpausselka. Na terenie Puszczy Białowieskiej krajobraz powraca do tundrowego. W pierwszej fazie młodszego dryasu od około 9350 do 8600 lat p.n.e. maleje rola lasów sosnowych i drzewiastych brzoż a wzrasta roślinność zaroślowa. W okresie największego ochłodzenia (8600—8500 lat p.n.e.) powierzchnia lasów brzożowych spadła do około 50% powierzchni terenu. Dominują w tym czasie wiatry zachodnie i północno-zachodnie. Lokalnie zwiększony jest udział kierunków południowo-zachodnich, wymuszonych głównie morfologią. Prędkości wiatrów znacznie przekraczają prędkości krytyczne potrzebne do transportu piasku, toteż znaczną rolę obok saltacji odegrało również przenoszenie w zawieszeniu.

Decydującą rolę w tworzeniu wydmy odegrały najprawdopodobniej wiatry o prędkościach przekraczających 17 m/s, tj. 60 km/h. Wolno sądzić, że średnie prędkości wiatru wyniosły około 25 km/h (6 m/s).

Znaczną turbulencję powiększała niejednorodność materiału wyj-

ściowego, pochodzącego zarówno z facji rzecznej, jak i facji zbiorników zamkniętych. Zwydmieniu uległy masy piasków pochodzenia rzeczno-jeziornego, tworzące zwarty cokół terasy pradolinnej, oraz wyspy — ostańce erozyjne w obrębie nowo powstałej (Allerød — młodszy dryas?) terasy zalewowej.

Wydma położona w zachodniej części nieregularnego zespołu pagórków w Kiślakach (przekrój Kiślaki I) powstała jako forma typu barchanu i w tej postaci przetrwała aż do czasu przemodelowania jej przez procesy holocenijskie. Nie przeszła więc dalszych faz ewolucyjnych, zapewne w wyniku szybkiego umocnienia przez roślinność. Przez dalsze stadia przeszły natomiast formy większe, położone w centralnej części pola wydmowego. Zachowane formy grzęd występują tam, gdzie materiału mogło być więcej w wyniku kolejnego dosuwania do siebie pojedynczych pagórków. Rozerwane parabole występują na obrzeżeniu głównego pola wydmowego, a więc tam, gdzie wyjściowego materiału było mniej. Obserwacje w dolinie Narwi pozwalają przypuszczać, że wydmy przeszły przez znaczną część faz rozwojowych przypuszczalnie od form typu barchanu, poprzez formy paraboliczne i paraboliczne złożone (grzędy) do form wałowych podłużnych tylko sporadycznie poprzecznych. Te ostatnie są wynikiem zatrzymania wędrówki wydmy przez obszary podmokłe. Potwierdza to w głównych zarysach schemat ewolucji form wydmych przedstawiony przez K. Rotnickiego (1970). Jest natomiast odmienny od schematu opracowanego przez V. Gudelisa i R. Vaitonienė (1974 a; 1974 b), zgodnie z którym wydmy w dolinie Niemna ewoluowały od parabolicznych, poprzez wałowe, do stadium końcowego w postaci barchanów.

Wydaje się prawdopodobne, że u schyłku tej fazy wydmy zmniejszyły prędkości wiatru, które ostatecznie nadały osadom zachowaną do dziś teksturę, zmniejszyły się do około 4 m/s.

Okres preborealny zaznaczył się ociepleniem klimatu. Na terenie Puszczy Białowieskiej las pokrywał już całą powierzchnię. Skład drzewostanu ograniczał się początkowo do *Pinus* z domieszką *Betula* i małą domieszką *Populus*. Krzewiasta *Betula humilis* utrzymuje się tylko bardzo rzadko płatami. Klimat staje się bardziej wilgotny, czego dowodem w Puszczy Białowieskiej jest wzrost powierzchni turzycowisk (M. Borowik-Dąbrowska, J. M. Dąbrowski 1972), a na terenie Kotliny Biebrzańskiej rozpoczyna się faza wstępna rozwoju torfowisk (S. Żurek 1975).

Okres wygaśnięcia procesów eolicznych jest trudny do jednoznacznego określenia. B. Nowaczyk (1976 a) przyjmuje, że znaleziska kultury świdorskiej wieku młodszego dryasu świadczą o wygaśnięciu procesu wydmy w połowie tego okresu w Pradolinie Warszawsko-Berlińskiej. Zastosowanie tego kryterium odnośnie do południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej nie prowadzi do jednoznacz-

nych wniosków. Znaleździśko kultury świdurskiej w obrębie wydmy położonej na ostańcu erozyjnym (przekrój Kiślaki II) jest pojedyncze. Kultury myśliwskie i zbierackie górnego paleolitu prowadziły koczowniczy tryb życia i okresowo mogły pojawiać się na wydmach jeszcze czynnych. Liczne ślady bytowania człowieka pochodzą dopiero z mezolitu, a więc najwcześniej preboreału. Można więc przypuszczać, że osłabiona aktywność eoliczna mogła przeciągnąć się na okres preborealny (ryc. 27).

Od okresu preborealnego, w związku z rozwojem torfowisk, następuje proces ogólnego podnoszenia się dna doliny Narwi. Jednakże proces ten na większą skalę tworzy się dopiero w młodszym holocenie, a jego wielkość jest rzędu 1,5—2,0 m (H. Banaszuk 1974). Spowodowało to zabagnienie niecek deflacyjnych położonych w pobliżu dna doliny.

OKRES PRZERWY W DZIAŁALNOŚCI EOLICZNEJ

Na wydmach w dolinie Narwi człowiek pojawił się już w połowie młodszego dryasu, nie stwierdzono jednak wyraźnego wpływu jego działalności na rozwój wydm. O przerwie w procesach eolicznych w starszym holocenie świadczy powszechne zachowanie się poziomu gleby kopalnej, w którym występują obficie narzędzia krzemienne mezolityczne i neolityczne. Brak szczegółowych analiz palinologicznych utrudnia rekonstrukcję roślinności. Na podstawie diagramów pyłkowych wykonanych w dolinie Biebrzy (ich zestawienie znajduje się w pracy S. Żurka 1975) oraz na terenie Puszczy Białowieskiej (M. Borowik-Dąbrowska, M. J. Dąbrowski 1972), można stwierdzić, że klimat nie różnił się w sposób istotny od klimatu w Polsce zachodniej. M. Borowik-Dąbrowska i M. J. Dąbrowski (1972) podają, że na przełomie okresu borealnego i atlantyckiego średnie temperatury miesiąca najcieplejszego wynosiły około 15—17°C, a zimy około —1°C. Suma opadów wzrosła do 800 mm.

Charakterystyka roślinności okresu atlantyckiego na terenie Puszczy Białowieskiej wskazuje na stosunkowo niewielkie różnice w składzie gatunkowym zbiorowisk roślinnych Polski północno-wschodniej i Polski zachodniej. Różnice te nie mogły mieć wpływu na charakter procesów geomorfologicznych. Podkreślić należy dużą zdolność regeneracyjną zbiorowisk leśnych. Nawet wypalenie lasu nie mogło spowodować uruchomienia wydm na większą skalę. W warunkach ciepłego i wilgotnego klimatu roślinność szybko z powrotem pokrywała pogorzelska.

Działalność gospodarcza człowieka jest jeszcze w tym okresie znikoma. Opóźnienie rozwoju gospodarczego północno-wschodniej Polski jest wciąż przedmiotem badań archeologicznych i historycznych (K. Godłowski, J. K. Kozłowski 1976; J. Kowalczyk 1972; M. Dembińska 1972;

J. Kostrowicki 1968). W diagramach pyłkowych na terenie Puszczy Białowieskiej dopiero u schyłku fazy VII pojawiają się pojedyncze ziarenka czosnku (*Alium*) oraz nieznacznie zwiększa się rola *Compositae*. Początek działalności pasterskiej M. Borowik-Dąbrowska, M. J. Dąbrowski (1972) określają w północno-wschodniej Polsce na 3500 lat p.n.e. i dopiero na początku okresu subatlantyckiego pierwsze ziarenka zbóż dokumentują początki rolnictwa związane już z epoką żelaza.

Zdaniem tych autorów również wtedy działalność człowieka nie wpływała na naturalny charakter lasów.

Charakterystyczne jest, że okres przerwy w działalności eolicznej dla znacznej części pola wydmowego trwał aż do XIX wieku n.e. Obserwacje w licznych wkopach w czołowej części wydmy parabolicznej w Kiślakach wykazały, że rozwianie czoła było naturalnym etapem rozwoju wydmy w jednej i tej samej fazie. Staroholocenska gleba kopalna występuje bowiem pod kilkunasto — kilkudziesięciocentymetrową serią piasków współczesnych lub też akumulowanych w XIX w.

DRUGI OKRES AKTYWNOŚCI EOLICZNEJ

Antropogeniczny okres aktywności eolicznej rozpoczął się w południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej najprawdopodobniej dopiero w epoce brązu.

Pierwsza faza aktywności eolicznej. Obserwacje dzisiejszego wpływu człowieka na rozwój wydmy sugerują, że drobna działalność gospodarcza może spowodować uruchomienie piasków w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowań w wyniku składowania przedmiotów, spasanania, eksploatacji piasków, wycinania drzewa na opał itd. (J. Grzybowski 1978 a, 1978 b). Na podstawie tych przesłanek przyjęto, że wydma położona w południowo-wschodniej części przekroju Kiślaki I, zawierająca w glebie kopalnej artefakty z XIII—XIV w., powstała jako następstwo uruchomienia piasków przez ludzi z okresu kultury trzcinieckiej, którzy zamieszkiwali sąsiedni, bardziej wysunięty na zachód pagórek. Uruchomienie piasków mogło też nastąpić nieco wcześniej — gdy wydmy na ostańcu erozyjnym zamieszkiwali ludzie kultury nie-meńskiej czy sznurowej. Wydaje się to jednak mniej prawdopodobne.

Na obszarze badań stwierdzono tylko jedną serię utworów eolicznych, niespełna 2-metrowej miąższości, która najprawdopodobniej wiąże się z okresem subborealnym. Można więc stwierdzić, że jest to faza jedynie lokalnej aktywności eolicznej, odpowiadająca swoim rozmiarem poziomowi rozwoju sił wytwórczych na badanym obszarze.

Faza przerwy w aktywności eolicznej. Rolnictwo pojawiło się w Polsce północno-wschodniej najprawdopodobniej dopie-

ro na początku okresu subatlantyckiego. Odgrywało jednak nieznaczną rolę i długo nie wpływało w zasadniczy sposób na procesy wydmo-twórcze, zwłaszcza w lesistych terenach Pradoliny Biebrzy, gdzie aż do średniowiecza dominowało myśliwstwo, zbieractwo i bartnictwo. Na opóźnienie rozwoju osadnictwa i ogólnego rozwoju gospodarczego wpłynął dodatkowo pograniczny charakter tego regionu, co omówiono wcześ-niej. W okresie rzymskim badany obszar leżał najprawdopodobniej na peryferiach dróg handlowych. Stąd też zahamowanie rozwoju gospo-darczego, a w dalszej konsekwencji rozwoju procesów eolicznych.

Druga faza aktywności eolicznej. Jak już omówiono w toku analizy stratygraficznej, w stropie osadów terasy pradolinnej w odsłonięciu Nareśl wydatowane metodą radiowęgla pnie *Pinus sil-vestris*: 1) 830 ± 150 lat BP, Hel — 969; 2) 1200 ± 130 lat BP, Hel — 970) wyznaczają początek aktywności eolicznej w okresie średniowie-cza. Dość duża różnica jest w otrzymanych wynikach wieku obydwóch pni, co może wynikać z błędu datowania tak młodych utworów. Jed-nakże przesłanki historyczne wskazują, że oznaczony wiek 830 ± 150 lat BP (Hel — 970), odpowiadający XII w.n.e., można uznać za najbar-dziej prawdopodobny początek zasypania zbiorowiska karłowatych so-sen przez wędrujące piaski. Wiek ten zbliżony jest do wieku artefakt-ów znalezionych na przekroju Kiślaki I, wydatowanych na XIII—XIV w. n.e. Dalszych dowodów aktywności eolicznej w XIII—XIV w. dostarczają nam przesłanki historyczne. Na tę fazę przypada znany z historii początek rozprzestrzeniania się osadnictwa (A. Kamiński 1963) oraz rozpowszechnienie rolnictwa w tym właśnie okresie na terenie Polski północno-wschodniej (M. Dembińska 1972; M. Borowik-Dą-browska, M. J. Dąbrowski 1972; J. Kostrowicki 1968). Dla rozwoju rolnictwa wybierano obszary o stosunkowo płytkim zwierciadle wód gruntowych. Wypalano, karczowano, a następnie zaorywano głównie obszary położone na pograniczu terasy zalewowej i pradolinnej. Za-chowanie się pokrywy gleby staroholocenijskiej na wydmach i przykry-cie jej płaszczem młodych piasków eolicznych dowodzi, że zaorywano obniżenia pomiędzy wydmachami oraz pola eolicznych piasków pokrywo-wych. Same zaś wydmy omijano. Jednocześnie następuje definitywne wycięcie lasów łęgowych i powstanie łąk. Do ogólnie znanej zmiany cyrkulacji atmosferycznej, na przełomie Würmu i holocenu, przejawia-jącej się w postaci zwiększenia udziału częstości wiatrów z sektora południowego, doszedł dodatkowy czynnik sprzyjający przekształcaniu wydm: otwarta przestrzeń terasy zalewowej ułatwiająca penetrację brzeżnej części pola wydmorego przez wiatry z sektora południowego. Wtedy właśnie nastąpiło odwrócenie symetrii stoków wielu wydm. Wiatr uderzając o powierzchnię wydm położonych wzdłuż prawego brzegu terasy pradolinnej nie nanosił nowego materiału, gdyż nie było

obszaru deflacji — wiał znad terasy zalewowej. Niszczył więc do-wietrzny stok wydmy, przesypując piasek na stok zawietrzny — pół-nocny.

Rozwój rolnictwa doprowadził też do uruchomienia eolicznych pia-sków pokrywowych. Te zaś migrując pokryły w wielu miejscach ist-niejące już wydmy nową kilkunastocentymetrową serią piasków. Dyn-amika procesów była uzależniona od warunków lokalnych. Materiał transportowany był w fazie miecenia, zwłaszcza na powierzchniach płą-skich lub w fazie transportu rytmicznego. Procesy tego typu obserwu-jemy również współcześnie.

Działalność eoliczna przejawiała się nie tylko w przemodelowywa-niu form istniejących, ale również w powstawaniu nowych niewiel-kich wydm. Najprawdopodobniej w średniowieczu powstała wydma na stanowisku Rokitnik. Słabo rozłożone szczątki organiczne z *Carex ro-strata*, *Carex vesicaria* i inne występują pod piaskami eolicznymi. W stropie słabo wykształconej gleby w niecce deflacyjnej występują artefakty z XVI w. Kończą one drugą fazę aktywności eolicznej cza-sów historycznych.

Faza przerwy w aktywności eolicznej. Należy są-dzić, że koniec fazy średniowiecznej aktywności eolicznej przypada na około XVI w. Z tego okresu znaleziono bowiem artefakty (ceramikę) w młodej glebie kopalnej na stanowisku Rokitnik oraz w pobliżu wsi Łaziuki. Wiek wspomnianych artefaktów zbiega się z końcem okresu rozkwitu gospodarczego na obszarze całej Polski, który jest udoku-mentowany również na obszarze Polski północno-wschodniej (J. Ko-strowicki 1968; M. Dembińska 1972; E. Falkowski 1971; 1972). Na-stąpił okres ogólnego upadku gospodarczego, który rozpoczą się jeszcze przed wojnami szwedzkimi i najprawdopodobniej był spowodowany po-stępującą degradacją gleby zbyt eksploatowanej i nieumiejętnie wy-korzystywanej. Zniszczenia wojenne w XVII w. pogłębiły ten kryzys, prowadząc do wyludnień sięgających 75% w porównaniu ze stanem z końca XVI w. (Dembińska 1972). Wyludnienie to musiało sprzyjać sta-bilizowaniu się czynnych pól deflacyjnych. Wykształciła się wtedy gle-ba kopalna stwierdzona w południowo-wschodniej części przekroju Ki-ślaki I.

Szybki upadek młynów wodnych, budowanych licznie w XV i XVI w., oraz upadek znaczenia Narwi jako drogi spławnej sprzyjają procesowi powolnego przechodzenia rozwinięcia koryta rzeki z meandrującego do roztokowego. Powoduje to rozpoczęcie procesu ogólnego podnoszenia się terasy zalewowej i wzrostu zabagnienia doliny (E. Falkowski 1971). Pogłębiło to stabilizację wydm położonych na ostańcach erozyjnych terasy pradolinnej.

Trzecia faza aktywności eolicznej. W drugiej połowie XVIII w. poziom rolnictwa zaczął się ponownie podnosić, co

miało związek z ogólną industrializacją. Cały XIX w., to okres intensywnej deforestacji. W dolinie Narwi z rabunkową gospodarką leśną i bardzo silnym wyniszczeniem drzewostanów spotykamy się już w pierwszej połowie stulecia (*Dzieje lasów, leśnictwa...*, 1965). Było to związane zarówno z rozwojem gospodarki, jak i częstymi przemarszami wojsk. W drugiej połowie XIX w. deforestacja wiąże się z uwłaszczeniem. Zapis aktywności eolicznej z tego okresu, to najprawdopodobniej seria piasków eolicznych miąższości kilkunastu centymetrów powszechnie występująca na niemal całym obszarze wydмовym. Na nieregularnych pagórkach wydмовych (przekrój Kiślaki I) występuje ona ponad glebą kopalną, zawierającą artefakty z XVIII—XX w. W dalszym ciągu wpływ na przekształcanie form eolicznych wywierają wiatry z sektora południowego i południowo-wschodniego.

W końcu XIX w. nastąpiła pierwsza faza zalesiania gruntów uprzednio rabunkowo wyciętych, co stwierdzono w toku analizy różnych arkuszy „Karty Łomżyńskiej i Grodzieńskiej Gubernii” (J. Grzybowski 1978 b).

Wzrost aktywności eolicznej zaznaczył się po pierwszej i drugiej wojnie światowej. Wpłynęło na to nie tylko ogólne ożywienie gospodarcze, ale również reformy rolne. Parcelacje majątków w latach dwudziestych i po 1945 r. spowodowały oddanie indywidualnym właścicielom niewielkich obszarów leśnych głównie na skraju pola wydмовego. Indywidualni użytkownicy wycinali drzewa na potrzeby gospodarcze. W powiązaniu z innymi typami drobnej działalności gospodarczej, nastąpiło uruchomienie południowego ramienia wydmy parabolicznej w pobliżu wsi Kiślaki. W miejscu, gdzie ramię wydmy przecina przekrój Kiślaki I uruchomienie piasków nastąpiło bezpośrednio po drugiej wojnie światowej. Rozpoczął się proces przesypywania piasków pod wpływem południowo-wschodnich wiatrów w kierunku północnym i północno-zachodnim. Podobny w skutkach proces zachodził w miejscu, gdzie ramię wydmy przecina przekrój Kiślaki II.

Reasumując, trzecia, holocenińska faza aktywności eolicznej jest niejednorodna i w różnych częściach pola wydмовego przypada na nieco inne lata. Jest jednak równie intensywna jak poprzednia i swoim zasięgiem obejmuje większy obszar.

Fazy holocenińskiej aktywności eolicznej prowadziły na omawianym obszarze do:

1. Nadbudowywania istniejących wydм nowymi seriami piasków eolicznych, przez co istniejące wydм zostały podwyższone. Miąższość nowych serii w takich przypadkach nie przekroczyła 1 m.

2. Tworzenia nowych niewielkich wydм o wysokości nie przekraczającej 2 m.

3. Przemodelowywania form przez deflacyjne odwracanie ich symetrii. Prowadziło to niekiedy do redepozycji serii eolicznych miąższości do 4 m.

WNIOSKI

Reasumując, na obszarze objętym opracowaniem wyróżniono dwa okresy działalności eolicznej. Pierwszy przypadający na schyłek plejstocenu, w którym głównym czynnikiem wydmotwórczym były subarktyczne warunki klimatyczne i drugi, w holocenie, gdzie głównym czynnikiem powodującym aktywność eoliczną był człowiek. W obrębie tego okresu wyróżniono trzy fazy (tab. 5).

Holocenijski okres wydmotwórczy związany jest z gospodarczą działalnością człowieka, jednakże jego początek nie jest synchroniczny w różnych częściach Polski (S. Kozarski 1962; K. Tobolski 1966; S. Kozarski, K. Tobolski 1968; S. Kozarski, B. Nowaczyk, K. Rotnicki, K. Tobolski 1969; B. Nowaczyk 1976 a; J. Grzybowski 1977; 1978 a). Wynika to z różnego czasu zasiedlania poszczególnych obszarów przez człowieka.

Tabela 5

Okresy i fazy aktywności eolicznej w południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej
Periods and phases of eolian activity in the south-eastern part of Biebrza Basin

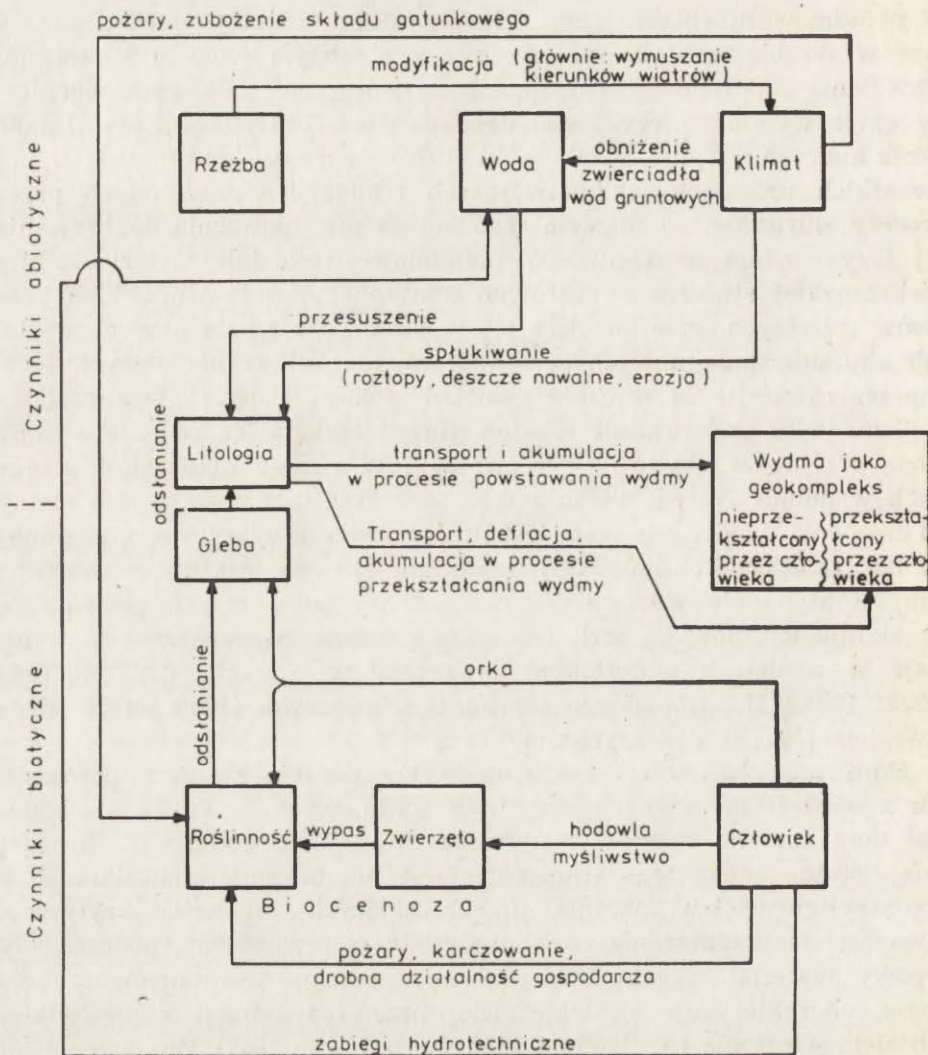
Okresy aktywności eolicznej	Fazy aktywności eolicznej	Fazy przerwy	Poziomy gleb kopalnych
II	3. Okres subatlantycki (od ok. r 1800)	2. Okres subatlantycki (1600–1800)	III
	2. Okres subatlantycki (ok. r 1200–1600)		II
	1. Okres subborealny (ok. 4000–1600 p.n.e.)	1. Okres subatlantycki, subborealny (ok. 1200 n.e. – 1600 p.n.e.)	
	2. Młodszy dryas, okres preborealny (?) (faza właściwa)	2. Okres borealny, atlantycki	I
	1. Starszy dryas (Faza wstępna)	1. Allerød	

W południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej wydzielono trzy fazy w obrębie tego okresu, pozostające w ścisłym związku z okresami zasiedlania i poziomem rozwoju sił wytwórczych. Cały antropogeniczny okres wydmotwórczy został uznany przez A. Dylikową (1967) jako okres niszczenia wydmy. K. Rotnicki (1970) stwierdził kontynuację w holocেনских procesach wydmotwórczych tendencji wyznaczonych przez procesy würmskie, co zdaniem tego autora nie upoważnia do nazwania tej fazy — fazą niszczenia. W południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej stwierdzono zarówno kontynuację późnowürmskich procesów eolicznych, przejawiającą się w postaci tworzenia nowych wydmy lub akumulowania nowych serii, jak również niszczenie starych form poprzez całkowite odwracanie symetrii stoków. Pojęcie „fazy niszczenia” ma więc zastosowanie lokalne. Nawet sąsiadujące ze sobą wydmy mogą przejawiać obydwie typy ewolucji. W świetle materiałów zebranych w dolinie Narwi, wolno sądzić, że z fazą niszczenia wydmy mamy do czynienia wtedy, gdy mała jest ilość materiału wyjściowego, podatnego na transport eoliczny. Gdy materiału takiego jest dużo, obserwujemy kontynuację würmskich procesów wydmotwórczych prowadzącą do akumulacji nowych serii lub całych wydmy. Stwierdzenie to pozostaje w zgodzie z materiałami zawartymi w pracach: A. Dylikowej (1958; 1969); K. Rotnickiego (1970); B. Nowaczyka (1976 a); K. Krajewskiego (1977) i T. Szczyпка (1977).

Odmiennej charakter uziarnienia osadów podłoża wydmy w porównaniu z większością znanych stanowisk wydmy w Polsce spowodował dość znaczne różnice w dynamice transportu eolicznego. Najbardziej istotną cechą tego transportu jest przenoszenie materiału przy prędkościach wiatru znacznie przekraczających prędkości krytyczne. Powoduje to przenoszenie części materiału w zawieszeniu, podczas gdy typowy materiał rzeczny lub plażowy, poddany transportowi eolicznemu, charakteryzuje się najczęściej przewagą saltacji z niewielkim udziałem wleczenia (A. Bagnold 1940; K. Borówka 1977). Znaczny udział zawieszenia w transporcie powodował większą niż na innych obszarach selekcję, przejawiającą się w zmniejszaniu się stopnia zaokrąglenia w młodszych fazach eolicznych. Na obszarze południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej w najmłodszych fazach nie uległ zmianie charakter uziarnienia osadów, podobnie jak np. w Węglewicach (K. Rotnicki 1970).

Stwierdzono również ten sam typ ogólnej cyrkulacji atmosferycznej jak w pozostałych częściach kraju. Lokalnie w bardzo silnym stopniu uwydatniła się rola wiatrów południowych w najmłodszym okresie wydmotwórczym.

Wyróżnienie faz aktywności eolicznej w holocenie ma przede wszystkim charakter lokalny. Jedynym uogólnieniem, które można postawić jest fakt, że fazy rozwoju wydmy należy korelować z okresami znanymi



Ryc. 28. Schemat wpływu warunków naturalnych i gospodarczej działalności człowieka na rozwój wydym w południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej.

Strzałki oznaczają kierunki oddziaływań uwzględnione w pracy

Pattern of the influence of natural conditions and man's economic activities on the development of dunes in the south-eastern part of the Biebrza Basin.

Pointers indicate directions of influence analysed in the text

z historii jako okresy rozwoju osadnictwa i gospodarki. Wyróżnione fazy aktywności eolicznej mogą być na tyle zgodne z fazami wydmo-twórczymi w innych częściach Polski, na ile podobna analogia zachodzi pomiędzy fazami rozwoju osadnictwa. Wpływ działalności człowieka na rozwój wydym nie był jednak tak silny, jak sugerował to E. Falkowski (1971; 1972) i dokonał się przede wszystkim w czasach historycznych.

Wśród czynników abiotycznych jedynie klimat, a wśród biotycznych człowiek są bezpośrednimi dostarczycielami impulsów, zdolnych do uruchomienia procesów eolicznych (ryc. 28). Pozostałe komponenty, w warunkach badanego obszaru, spełniają rolę ogniów pośrednich.

W zasadzie wszystkie procesy wpływające na rozwój wydmy mają charakter zjawisk katastroficznych (np. pożar, orka), a w mniejszej skali ulewny deszcz. Charakter katastroficzny mają też wiatry sztormowe uznane przez K. Borówkę (1977) za główny czynnik uruchamiający wydmy łebskie.

LITERATURA

- Allen J. R. L., 1968, *Current ripples. Their relation to patterns of water and sediment motion*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Bagnold R. A., 1960, *The physics of blown sand and desert dunes*, London.
- Banaszuk H., 1974, *Stosunki glebowe w dolinie Biebrzy na tle jej geomorfologii*, Inst. Geogr. UW (m-pis pr. dokt.).
- Bogacki M., 1976, *Współczesne sandry na przedpolu Skeidararjokull (Islandia) i plejstocenijskie sandry w Polsce północno-wschodniej*, Wyd. UW.
- Borowik-Dąbrowska M., Dąbrowski J. M., 1972, *Historia roślinności Białowieskiego Parku Narodowego w późnym glacie i holocenie*, [w:] Przewodnik Wycieczek Sympozjum Komisji Badań Holocenu INQUA. Paleogeograficzne zmiany den dolinnych dorzecza Wisły w holocenie, cz. 2, Niż Polski.
- Borówka K. R., 1977, *Współczesne procesy transportu i sedymentacji piasków eolicznych oraz ich uwarunkowania i skutki na obszarze wydym nadmorskich*, Zakł. Geomorf. IG UAM, Poznań (m-pis pr. dokt.).
- Borsy Z., 1972, *Studies on wind erosion in the wind blown sand areas of Hungary*, Acta Geogr. Debrecina, t. 10.
- 1974, *Recent results of wind-erosion studies in Hungarian blown-sand areas*, Földrajzi Ertesítő, v. 23, no 2.
- Chmielewska M., 1957, *Badania stanowiska mezolitycznego w Witowie w pow. łęczyckim*, Sprawozd. Archeol., t. 3.
- 1961, *Obozowisko ze schyłku Allerødu w Witowie w pow. Łęczyckim*, Pr. i Mat. Muz. Archeol. i Etnogr. w Łodzi, Seria archeol., z. 6.
- 1963, *Badania na stanowisku ze schyłku późnego paleolitu w Witowie w pow. łęczyckim w 1961 r.*, ibidem.
- 1967, *Przemysł schyłkowopaleolityczny z Katarzynowa w pow. łęczyckim*, [w:] *Materiały do prehistorii plejstocenu i wczesnego holocenu Polski*, Ossolineum, Wrocław.
- Chmielewska M., Chmielewski W., 1960, *Stratigraphie et chronologie de la dune de Witów*, distr. Łęczyca, Biul. Perygl. no 8.
- Chmielewska M., Wasylkowa K., 1961, *Witów, the Łódź Region*, Guide-Book of Excursion C of VI-th INQUA Congress, Poland.
- Dembińska M., 1972, *Próba periodyzacji dziejów rolnictwa między VII a połową XIX w.*, [w:] Przewodnik Wycieczek Sympozjum Komisji Badań Holocenu INQUA, *Paleogeograficzne zmiany den dolinnych dorzecza Wisły w holocenie*, cz. 2, Niż Polski.
- Dylikowa A., 1958, *Próba wyróżnienia faz rozwoju wydym w okolicy Łodzi*, *Studia z geomorfologii dynamicznej*, Acta Geogr. Lodz., no 8.
- 1961, *Katarzynów, the Łódź Region*, Guide-Book of Excursion C of VI-th INQUA Congress, Poland.
- 1961, *Les dunes de la Pologne Centrale et leur importance pour la stratigraphie*

- du *Pleistocene tardif*, Report of the VI-th International Congress of Quaternary, vol. IV, Warsaw.
- 1967, *Wydmny środkowopolskie i ich znaczenie dla stratygrafii schyłkowego plejstocenu*, [w:] Czwartorzęd Polski, PWN, Warszawa.
- 1968, *Fazy rozwoju wydm w środkowej Polsce w schyłkowym plejstocenie*, Folia Quaternaria, 29.
- Dziele lasów, leśnictwa i drzewnictwa w Polsce, 1965, PWRiL, Warszawa.
- Dzuleński S., 1963, *Wskaźniki kierunkowe transportu w osadach fliszowych*, Studia Geol. Polonica, no 12.
- Falkowski E., 1971, *Historia i prognoza rozwoju układu koryta wybranych odcinków rzek nizinnych Polski*, Biul. Geol., t. 12.
- 1972, *Wpływ wydm i budowy inżynierskich na rozwinięcie układu koryta*, [w:] *Przewodnik wycieczek Sympozjum Komisji Badań Holocenu INQUA, Paleogeograficzne zmiany den dolinnych dorzecza Wisły w holocenie*, cz. 2, Niż Polski.
- Folk R. L., Ward W. C., 1957, *Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters*, Journ. Sed. Petrol., vol. 27, no 1.
- Friedman G. M., 1962, *On sorting, sorting coefficients and the lognormality of the grain size distribution of sandstones*, Journ. Geol., vol. 70, no 6.
- Galon R., 1958, *Z problematyki wydm śródlądowych w Polsce*, [w:] *Wydmny śródlądowe Polski*, cz. 1, Warszawa.
- 1969, *O aktualnej problematyce dotyczącej wydm śródlądowych w Polsce*, [w:] *Procesy i formy wydmowe w Polsce*, Pr. Geogr. IG PAN, nr 75.
- Godłowski K., Kozłowski J. K., 1976, *Historia starożytna ziem polskich*, PWN, Warszawa.
- Grzybowski J., 1974, *Opracowanie fizjograficzne gminy Tykocin*, archiwum Geoprojektu (m-pis).
- 1975, *Wstępne uwagi o zależności między stopniem zaokrąglenia ziarn kwarcu frakcji 0,1—0,2 mm i 0,5—0,8 mm piasków różnych środowisk modelujących*, Prz. Geogr., t. XLVII, z. 3.
- 1976, *Wstępna charakterystyka sedymentologiczna kopalnych osadów Koprzywnianki (Wyżyna Sandomierska)*, Pr. i Studia Inst. Geogr. UW, Seria geogr. fiz. nr 7.
- 1978a, *Wpływ gospodarczej działalności człowieka na rozwój wydm w Kiślakach koło Tykocina*, Prz. Geogr., t. L, z. 4.
- 1978b, *Wpływ warunków naturalnych i gospodarczej działalności człowieka na rozwój wydm w południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej*, Instytut Geografii UAM, Warszawa—Poznań (m-pis pr. dokt.).
- Grzybowski J., Heikkinen O., 1980, *Eolian activity during the last thousand years, climatic conditions and the development of human economic activity in NE Poland and Finland*, Quaest. Geogr., no 6.
- Gudelis V., Vaitonienė R., 1974a, *Lietuvos zemyniniu kopu morfologines klasifikacijos ir tipizacijos klausimu (Zur der morphologischen Klassifikation und Typologie der Inlanddünen Litauens)*, Geografinis Metrastis, t. XIII.
- 1974b, *Lietuvos zemyniniu kopu genetinė-morfodinamine (evoliucinė) klasifikacija ir kai kurie kopodaros klausimai (Genetisch-morphodynamische Klassifikation der Inlanddünen und enige Probleme der Dünenbildung)*, ibidem.
- Hjülström F., 1955, *The morphological activity of rivers as illustrated by the river Firis*, Bull. Geol. Inst. Uppsala, no 25.
- Kamiński A., 1963, *Pogranicze polsko-rusko-jaćwieskie między Biebrzą i Narwią*, Roczn. Białost. t. 4.

- Kempisty E., 1973, *Kultura ceramiki „grzebykowo-dółkowej” na Mazowszu i Podlasiu*, Wiad. Archeol., t. 38, z. 1.
- Klimaszewski M., *Geomorfologia*, PWN, Warszawa.
- Kobendza J., Kobendza R., 1958, *Rozwiewane wydmy Puszczy Kampinoskiej*, [w:] *Wydmy śródlądowe Polski*, cz. 1, Warszawa.
- Kobendzina J., 1962, *Próba datowania wydm Puszczy Kampinoskiej*, Prz. Geogr., vol. XXXIII, z. 3.
- Kondracki J., 1972, *Polska północno-wschodnia*, PWN, Warszawa.
- Kostrowicki J., 1968, *Województwo białostockie, monografia geograficzno-gospodarcza*, Wyd. Lubelskie, Lublin.
- Kowalczyk J., 1972, *Dane archeologiczne do badań wczesnego osadnictwa ziem polskich*, [w:] *Przewodnik Wycieczek Symposium Komisji Badań Holocenu INQUA, Paleogeograficzne zmiany den dolinnych dorzecza Wisły w holocenie*, cz. 2, *Niż Polski*.
- Kozarski S., 1961, *Age of the dunes occurring within the Noteć Pradolina near Czarnków, the Great Poland Lowland*, INQUA VI Congress, Guide-Book of Excursion C Poland.
- 1962, *Wydmy w pradolinie Noteci koło Czarnkowa*, Bad. Fizjogr. Pol. Zach., t. IX, Poznań.
- Kozarski S., Tobolski K., 1963, *Wiek gleby kopalnej w wydmach w Pradolinie Noteci koło Czarnkowa*, ibidem.
- 1968, *Holocenijskie przeobrażenia wydm śródlądowych w Polsce w świetle badań geomorfologicznych i palinologicznych*, *Folia Quat.*, no 28.
- Kozarski S., Nowaczyk B., Rotnicki K., Tobolski K., 1969, *Problems concerning the eolian phenomena in Middle-West Poland with special reference to the chronology of phase of eolian activity*, *Geogr. Pol.*, no 17.
- Krajewski K., 1977, *Późnoplejstocenijskie i holocenijskie procesy wydmotwórcze w Pradolinie Warszawsko-Berlińskiej w widłach Warty i Neru*, *Acta Geogr. Lodz.*, no 39.
- Krygowska L., Krygowski B., 1968, *The dynamics of sedimentary environments in the light of histogram types of grain abrasion*, *Geogr. Pol.*, no 14.
- Krygowski B., 1964, *Graniformametrija mechaniczna. Teoria, zastosowanie*, Pr. Kom. Geogr.-Geol. PTPN, t. II, z. 4.
- Krygowski B., Kostrzewski A., 1966, *Korelacja wyników stopnia obtoczenia uzyskanych metodami geometrycznymi, wizualnymi i mechanicznymi na przykładzie piasków Bobru*, *Sprawozd. PTPN*, nr 2, Poznań.
- Mac Camon P. B., 1962, *Efficiencies of percentile measures for describing the mean size and sorting sedimentary particles*, *Journ. Geol.*, vol. 70.
- Madany A., Madany R., 1968, *Przewodnik do ćwiczeń z meteorologii i klimatologii dla studentów Wydziału Melioracji Wodnych*, Dział Wyd. SGGW, Warszawa.
- Majdanowski S., 1958, *Zagadnienia klimatyczne okresów wydmowych w świetle glacialnych i postglacialnych zmian ogólnej cyrkulacji atmosferycznej w środkowej Europie*, [w:] *Wydmy śródlądowe Polski*, cz. 1, Warszawa.
- Moss A. J., 1972, *Bed load sediments*, *Sedimentology*, vol. 18, no 3/4.
- Mycielska-Dowgiałło E., 1963, *Pomiary stopnia obtoczenia ziarn piasku i zastosowanie ich do badań geomorfologicznych*, Prz. Geogr. t. XXXV, z. 1.
- Noryśkiewicz B., Prusinkiewicz Z., 1966, *Zagadnienia wieku bielic na wydmach Mierzei Świny w świetle analizy palinologicznej i datowania radiowęglem C¹⁴*, *Zesz. Nauk. UMK, nauk mat.-przyr.-geogr.*, z. 5.
- Nowaczyk B., 1976a, *Geneza i rozwój wydm śródlądowych w zachodniej czę-*

- ści pradoliny Warszawsko-Berlińskiej w świetle badań strukturalnych, uziarnienia i stratygrafii budujących je osadów, Pr. Kom. Geogr.-Geol., PTPN, t. 16.
- 1976b, *Eolian cover sands in central-west Poland*, Quaest. Geogr., no 3.
- 1977, *Morfologia, cechy strukturalne i teksturalne eolicznych piasków pokrywowych w świetle dotychczasowych poglądów*, Prz. Geogr., t. XLIX, z. 3.
- Nowaczyk B., Tobolski K., 1968, *Wiek wydmy w Popowie Kościelnym koto Skoków w świetle analizy pyłkowej i znalezisk archeologicznych*, Bad. Fizjogr. Pol. Zach., t. XXI, Poznań.
- Pernarowski L., 1958, *Z badań nad wydmami Dolnego Śląska*, [w:] *Wydmy śródlądowe Polski*, cz. 1, Warszawa.
- Pietrow M. P., 1976, *Pustynie kuli ziemskiej*, PWN, Warszawa (tłum.).
- Procesy i formy wydymowe w Polsce*, 1969, zbiór prac pod red. R. Galona, Pr. Geogr. IG PAN nr 75.
- Prusinkiewicz Z., 1969, *Gleby wydm śródlądowych w Polsce*, [w:] *Procesy i formy wydymowe w Polsce*, Pr. Geogr. IG PAN nr 75.
- Radłowska C., Mycielska-Dowgiałło E., 1974, *Deglaciation in Świętokrzyskie Mts.*, Geogr. Polon., no 28.
- Ralska-Jasiewiczowa M., 1966, *Osady denne jeziora Mikołajskiego na pojezierzu Mazurskim w świetle badań paleobotanicznych*, Acta Paleobot., vol. 7, no 2.
- 1968, *Ślady osadnictwa prehistorycznego w diagramach pyłkowych na obszarze Polski*, Folia Quat., no 28.
- Rode A. A., 1965, *Osnovy učenija o pocviennoj vlagie*, T. I. Leningrad.
- Rotnicki K., 1970, *Główne problemy wydm śródlądowych w Polsce w świetle badań wydmy w Węglewicach*, Pr. Kom. Geogr.-Geol., PTPN, t. XI, z. 2.
- Rotnicki K., Tobolski K., 1968, *Główne fazy działalności procesów wydmotwórczych w Kotlinie Grabowskiej na podstawie stratygrafii wydmy w Węglewicach*, [w:] *Procesy i formy wydymowe w Polsce*, Pr. Geogr. IG PAN nr 75.
- Scheidegger A., 1974, *Geomorfologia teoretyczna*, tłumaczenie, PWN, Warszawa.
- Seppälä M., 1971, *Evolution of eolian relief of the Kaamasjoki-Kiellajoki river basin in Finnish Lapland*, Fennia, 104.
- Sindowski K. H., 1956, *Kongrößen und Kornformen — Auslese beim Sandtransport durch Wind (nach Messungen auf Norderney)*, Geol. Jb., Bd. 71.
- Simmons I. G., 1969, *Environment and early Man on Dartmoor*, Devon, England. Proceedings of the Prehistoric Society, vol. XXXV.
- Stankowski W., 1961, *Z badań nad wydmami na przykładzie wydmy Basenu Szczecińskiego*, Czas. Geogr., t. XXXV, z. 1.
- 1963, *Rzeźba eoliczna Polski północno-zachodniej na podstawie wybranych obszarów*, Pr. Kom. Geogr.-Geol. PTPN, t. 4, z. 1.
- Starkel L., 1976, *Holocen Polski*, PWN, Warszawa.
- Sundborg A., 1956, *The river Klaralven — a study of fluvial processes*, Geogr. Ann., vol. 38.
- Tobolski K., 1968, *Późnoglacialna i holocenska historia roślinności na obszarze wydymowym w dolinie środkowej Prosnny*, PTPN, Pr. Kom. Biol., t. 32, z. 1.
- Tyszkiewicz J., 1974, *Mazowsze północno-wschodnie we wczesnym średniowieczu*, Mazowiecki Ośrodek Badań Naukowych.
- Urbanik-Biernacka U., 1973, *Pseudomorfozy organogeniczne w wydmach*, Przegl. Geogr., t. XLV, z. 8.

- 1976a, *Badania wydym środkowej Polski z wykorzystaniem metod statystycznych*, Politechnika Warszawska, Pr. Nauk., Geodezja, nr 17.
- 1976b, *Skład granulometryczny piasków wydymowych w Kotlinie Płockiej*, Pr. i Studia IG UW, z. 17, seria geogr. fiz., z. 6.
- Varden van der B. L., 1960, *Matematičeskaja statistika*, Moskva (tłum.).
- Visher G. S., 1969, *Grain-size distribution and depositional processes*, Journ. Sed. Petrol., vol. 39.
- Wasylkowa K., 1964, *Roślinność i klimat późnego glacjału w środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie koło Łęczycy*, Biul. Perygl., no 13.
- Więckowska H., 1975, *Spoleczności łowiecko-rybackie wczesnego holocenu*, [w:] *Prahistoria Ziemi Polskiej*, Ossolineum, Warszawa.
- Więckowska H., Kempisty E., 1970, *Badania archeologiczne we wsi Sośnia pow. Grajewo*, Wiad. Archeol., t. XXXV, z. 2.
- Wojtanowicz J., 1969, *Typy morfologiczne wydym Niziny Sandomierskiej*, Annales UMCS, vol. 24.
- 1970, *Wydmy Niziny Sandomierskiej w świetle badań granulometrycznych*, Annales UMCS, vol. 25.
- 1971, *Wydmy okolic Rudy Różniackiej (Równina Biłgorajska)*, Folia Soc. Scienc. Lublin., sec. D., vol. 11.
- Wydmy śródlądowe Polski*, 1958, Studium zbiorowe pod red. R. Galona, cz. 1 i 2, PWN, Warszawa.
- Żelazo J., 1975, *Regulacja Narwi jako przykład regulacji rzek obszarów bagiennych*, [w:] *Wpływ melioracji wodnych na środowisko geograficzne*, Mat. na konf. w Jadwisinie k. Serocka, cz. II.
- Żurek S., 1975, *Geneza zabagnienia pradoliny Biebrzy*, Pr. Geogr. IG i PZ PAN, nr 110.

DEVELOPMENT OF DUNES IN THE SOUTH-EASTERN PART OF THE BIEBRZA BASIN

(THE INFLUENCE OF NATURAL CONDITIONS
AND MAN'S ECONOMIC ACTIVITIES)

Summary

The majority of inland dunes in Poland has already been described in geomorphological monographies. Dunes in the mezoregion of the Biebrza Basin has not been investigated yet. They are concentrated there in six big complexes. As the area of this study the southeastern part of the Basin was chosen.

THE AIM OF STUDY AND METHODS OF RESEARCHES

The aim of paleogeographical research in the south-eastern part of the Biebrza Basin was to recognize the influence of natural conditions and man's economic activities on the development of chosen dunes and to identify dune forming periods, specially in the Holocene. Field researches (carried out in 1974—1978) included investigations of a few individual dune forms situated in the marginal zone of the Narew pradolina terrace and the flood plain. Field work included studying 4 outcrops, 70 excavations, 70 borings 4.5 m deep and 5 borings 9.2 m deep. Artefacts from 11 archaeological points were examined by specialists from the Institute of the History of Material Culture of the Polish Academy of Science and Archaeological Museum in Warsaw. Flint tools and ceramics from 9 cultural periods were found. Organic remnants from excavations and borings were examined in the Institute of Botany of the Polish Academy of Science in Kraków and in the Institute of Land Reclamation and Grassland Farming at Falenty near Warsaw. The age of trees was stated in two cases at the C-14 Laboratory of the University of Helsinki. The author is grateful to Dr. O. Heikkinen for his cooperation. Study of granulation was made for 330 samples: 237 from eolian sands and 93 from river terraces sand below dunes. Analysis of roundness of the material was made for three sieve diameters: 117 analyses for the diameter of 0.5—0.8 mm by graniphormometr (B. Krygowski 1964), 100 analyses for the diameter of 0.16—0.20 mm by visual method (E. Mycielska-Dowgiałło 1963) and 507 analyses for the diameter of 0.09—0.12 mm by the same method.

Investigations of the influence of man's economic activities were based on geographical and historical premises. According to the results of archaeological investigations, the youngest levels of eolian sands were correlated with anthropogenic processes. Important sources of information about the economic development of the studied area were historical literature and maps from the 19th century.

STRATIGRAPHY AND AGE OF EOLIAN DEPOSITS

The most interesting image of dune history was contained in the complex of dunes near Kislaki village (Fig. 2). Those sites were presented as cross-sections Kislaki I and Kislaki II. Irregular dune hillocks in the south-eastern part of the section Kislaki I contained 4 series of eolian sands separated by fossil soils, their age was defined by artefacts. The oldest eolian sands were accumulated in the younger Dryas and perhaps in Preboreal period. They were covered by the fossil soil which contained flint tools from the Mesolith and ceramics from the Neolith and Trzcieniecka Culture. The second eolian series was accumulated probably in the 17th century BC or little earlier. It was covered by the fossil soil with ceramics from 13th century in the middle part of the profile and ceramics from the 18th and 20th century at the bottom. The third series of eolian sands was accumulated between the 13th and 16th century. It was covered by the fossil soil also with ceramics from the 18—20th century. The youngest eolian deposits in which contemporary soil developed, were accumulated in the 19th and 20th century.

The analysis of the structure of eolian deposits as well as the studying of morphological axis of dunes revealed great differences between the morphology of fossils and contemporary dunes.

The dune situated on the erosional remnant contains artefacts from the Swiderska Culture, mesolithic and neolithic cultures (Niemen Culture, Corded Wave Culture) and Trzcieniecka Culture till artefacts from the 18—20th century — all in the same level of fossil soil. Then it can be stated that the dune developed in the younger Dryas and probably in the Preboreal. It was grounded by vegetation in the older Holocene. There were no great deflation activities during the middle and young Holocene.

The stratigraphy of eolian sands was recognized at the place where the new channel of the Nareś river undercut an eolian flat hillock erosively. At the contact of eolian and river sands, roots and branches of trees were found. They were recognized as *Pinus silvestris* and for two of them absolute data were obtained: 1) 1200 ± 130 BP (Hel-970) and 2) 830 ± 150 BP (Hel-969). It corresponds to the 8th and 12th century. One kilometre to the north from that hillock a lot of ceramics from the 16th century occurs at the bottom of dunes and on the surface of eolian cover sands and also in the contemporary soil. In the light of those facts it could be stated that the eolian activity started earlier than in the 8th century at least, and ended about the 16th century. Influence of natural conditions on the development of dunes.

The analysis of the influence of natural conditions on the development of dunes included first of all, an attempt at reconstructing aerodynamical conditions of transport. It was based on sieve analysis, percentages of types of transport (according to G. S. Visher 1969), percentage of roundness of sand grains and observations of contemporary eolian processes.

The percentage of the fraction bigger than 0.5 mm is insignificant, and more than 90% of the material was of the diameter smaller than 0.25 mm. Studying the changes of types of transport in individual profiles made it possible to assume that the investigated dunes were accumulated in rather short periods by winds of big eddy motion and speed of 17—20 m/s (higher than critic velocity). Eolian sands were not transported on long distances because of the structure of proximal slope which was very common in excavations. The parameters of the roundness of grains of fraction 0.5—0.8 mm (Table 4) are lowermost in Poland. During the younger Dryas the north-western and north-west-north directions of wind prevailed. Dunes situated in the marginal zone of pradolina terrace were transformed by wind from the south during the Holocene.

THE INFLUENCE OF MAN'S CONTEMPORARY ECONOMIC ACTIVITY
ON THE DEVELOPMENT OF DUNES

Taking into consideration the position of the deflationary fields active nowadays and the present influence of man's economic activities on the development of dunes it has been stated that the poorly developed overgrowth and the soil cover are being spoiled due to small economic activities such as trees felling and wood storing, driving of cattle to pastures, widespread digging of dug-out cellars etc. It has been accepted that man inhabiting the investigated area in the Stone Age, the Bronze Age and in the Middle Ages might have caused setting sands from dunes while settling or even camping on the neighbouring dune hillock, even before the development of the dune forming period.

CONCLUSIONS

The starting point in the analysis of the development of dunes in the Holocene is the recognition of the characteristics of man's economic activity and the recognition of the economic development of the investigated area. It has been stated that phases of eolian activity in the Holocene must have been correlated with phases of economic development as well as phases of the development of settlement. Intervals in eolian activity are connected with periods of decadence of agriculture, depopulations during long wars etc.

The interpretation of the position of artefacts within the limits of the analysed hillocks and the analysis of historical literature make it possible to identify two periods of eolian activity. In the first one (in the younger Dryas and probably in the Preboreal) the subarctic climatological conditions were the main dune forming factor. In the second period of eolian activity, known in the literature as "anthropogenic dune forming period" man's economic activity was the most important factor in destroying vegetation and soil cover and as a consequence — the movement of sand.

In the "anthropogenic" period three phases of eolian activity has been distinguished:

- 1) In the Subboreal period: 4000—1600 BC,
- 2) In the Subatlantic period: 1200—1600,
- 3) In the Subatlantic period: since about 1800 till nowadays.

Phases of eolian activity identified in the Holocene can be correlated with the dune-forming phases in others parts of Poland if the analogy could be found among phases of settlement and economic development.

Translated by the author

ФОРМИРОВАНИЕ ДЮН ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КОТЛОВИНЫ БЕБЖИ

(В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ
И ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА)

Резюме

1. ЦЕЛЬ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В большей части районов распространения континентальных дюн Польши проведены более или менее подробные геоморфологические исследования. Исключение составляет котловина Бебжи. Дюны группируются здесь в шести крупных комплексах. Автором проведены исследования комплекса дюн, расположенного в юго-восточной части котловины.

Целью палеогеографических исследований юго-восточной части котловины Бебжи было изучение влияния природных условий и хозяйственной деятельности человека на формирование дюн, а также проведение попытки определить фазы дюнообразования, особенно в т.н. антропогенном периоде формирования дюн. Таким образом в работе преследовалась двойная цель — во первых исследование мало изученного района, во вторых выделение в хронологическом порядке этапов золотой деятельности в голоцене. Такие попытки до настоящего времени не предпринимались.

Полевые работы проводились в 1974 — 1978 годах и были сосредоточены на изучении отдельных пунктов, выбранных с точки зрения наиболее точного освещения поставленных проблем. Пункты сосредоточены вдоль уступов прадолинной террасы и поймы Наревы (рис. 1).

Анализировались четыре естественных обнажения, 70 шурфов, до максимальной глубины 3,2 м, 70 профилей sond до максимальной глубины 4,5 м и профили 5 буровых скважин до максимальной глубины 9,2 м. Было найдено II археологических стоянок, а собранные изделия и их принадлежность к культурам определялась специалистами их Института истории материальной культуры ПАН и Государственного археологического музея в Варшаве. Они констатировали наличие изделий из кремня и керамики 9 культурных периодов.

В шурфах и бурениях были найдены растительные остатки, которые определялись в Институте ботаники ПАН в Кракове и Институте Мелиорации и зеленых угодий в Фалентах возле Варшавы. Был также определён абсолютный возраст древесины в Лаборатории C^{14} Гельсинского университета.

Изучался механический состав 333 образцов, из которых 237 — золотых песков, 93 — песков из основания дюн.

Изучение обработки зёрен кварца проводилось для трёх фракций: для фракции 0,5 — 0,8 мм проведены 117 анализов на граниформамetre (В. Krygowski, 1964), для фракции 0,16 — 0,20 мм проведены 100 анализов визуальным методом, для фракции 0,09 — 0,12 мм 507 анализов тоже визуальным методом. Этот метод применялся при исследованиях тонкозернистого золотого песка, не содержащего в образце в 200 грамм достаточного количества зёрен, пригодных для анализов при помощи граниформамetra. Применялся визуальный метод Э. Мыцельской-Довгялло (1963) модифицированный автором.

Исследования влияния хозяйственной деятельности человека на формирование дюн проводилось с применением географических и исторических критериев. Археологические находки позволили попытаться коррелировать самые молодые горизонты дюнных песков с антропогенными процессами. Важным источником информации была историческая литература и карты XIX века.

2. СТРАТИГРАФИЯ И ВОЗРАСТ ЗОЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Особенно интересна запись развития процессов в ряде объектов вблизи деревни Кисляки. Здесь был составлен ряд разрезов (рис. 2). С точки зрения стратиграфии наиболее интересны нерегулярные золовые формы и дюны на эрозионном останце прадолинной террасы, расположенном на пойме.

Нерегулярные золовые формы сложены четырьмя разновозрастными сериями золовых песков, разделённых горизонтами погребённых почв, возраст которых определялся на основании изделий (рис. 9). Наиболее древние золовые пески отлагались во время младшего дриаса и вероятно в пребореале. В их кровле развита почва заключающая мезолитические орудия из кремня, а также неолитическую керамику и керамику тшцинецкой культуры (эпоха бронзы). Вторая серия золовых отложений, черты текстуры которой отличаются от серии описанной выше, сформировалась вероятно около XVII века до н.э. или немного раньше. На ней развита погребённая почва, заключающая в подошве керамику XIII — XIV века н.э.. Третья серия золовых песков подстилает погребённую почву, заключающую изделия XVIII — XX в. н.э. Она образовалась между XIII и XVII веками. Четвёртая золовая серия сформировалась в XIX и XX веках и на ней развита современная почва.

Анализ структуры золовых песков, морфологический и стратиграфический анализ показал несоответствие рельефа погребённой дюны с современным рельефом. Морфологическая ось погребённой формы (времени младшего дриаса) приблизительно перпендикулярна оси современной формы. С таким явлением мы встречаемся повсеместно на изучаемой территории в зоне уступа прадолинной террасы и поймы.

Форма дюны, расположенной на эрозионном останце (рис. 2) изменена эксплуатацией песка и речными эрозионными процессами. На ней найдены изделия позднепалеолитической, свидерской культуры, мезолитической и неолитических культур: шнуровой, неманской, культуры поздней части эпохи бронзы, представленной тшцинецкой культурой и изделия XVIII — XX веков.

Находки изделий позволяют утверждать, что дюна формировалась в младшем дриасе и, возможно, в пребореале. В нижнем голоцене её дальнейшему развитию воспрепятствовало развитие растительности, сохранившейся до настоящего времени. О последнем свидетельствует наличие в погребённой почве ниже самой молодой серии золовых песков изделий XVIII-XX веков.

Стратиграфия покровных золовых песков изучена над рекой Нересль в месте, где река, текущая в новом русле, размывает золовый холм. На контакте золовых и речных песков были найдены корни и стволы деревьев. Корни находились в речных песках, а стволы на 1,5 м ниже современной поверхности, что исключает их связь с нею. Стволы были обозначены как *Pinus silvestris*. Для двух из них получены даты абсолютного возраста: 1) 200 ± 130 лет BP (Hel-970), 2) 830 ± 150 лет BP (Hel-969), что соответствует приблизительно VIII и XII векам н.э. На расстоянии около 1 км к северу от описанного пункта на многих дюнах и на холмах сложенных покровными золовыми песками в кровле современной почвы и на поверхности находятся изделия XV и XVI веков. На основании археологических находок, дат C¹⁴ и стратиграфического анализа можно судить, что аккумуляция золовых покровных песков происходила между XII и XVI веками н.э.

3. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ДЮН

Анализ влияния природных факторов на формирование дюн заключал прежде всего попытку реконструкции аэродинамических условий транспорта. Анализ проводился на основании изучения механического состава роли разных типов транспорта, степени окатанности зёрен кварца, а также проведения наблюдения современных процессов.

Наиболее характерной чертой механического состава как золowych так и подстелаящих песков является их мелкозернистость. Состав фракции свыше 0,5 мм очень невелик. 90% песка принадлежит фракции меньше 0,25 мм. Наблюдение основных типов транспорта по вертикали в отдельных профилях позволяет предполагать, что анализируемые дюнные тески отложились в течение относительно недолгого времени под влиянием ветров с большой турбулентцией и большими скоростями, значительно превышающими критические. Скорости уменьшались вероятно в пределах 17 — 20 м/сек. Золовые пески не претерпели долгого периода транспорта, о чём свидетельствует повсеместно сохранившаяся структура проксимального склона, а также низкие показатели степени окатанности песка фракции 0,5 — 0,8 мм — наиболее низкие среди наблюдавшихся до настоящего времени в Польше (см. табл. 4).

На основании анализа рельефа дюн, а также стратиграфии и структуры золowych отложений в изученных пунктах автор констатирует, что в младшем дриасе реобладала запад-северо-западные и северо-западные ветры. Дюны, расположенные непосредственно вблизи уступа прадолинной террасы, были в голоцене подвержены влиянию ветров южного сектора.

4. ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Влияние современной хозяйственной деятельности человека на формирование дюн изучалось на основе картирования современного землепользования на территории, на которой были расположены все подробно изучавшиеся дюны и все зарегистрированные археологические стоянки (рис. 41, 42). Оказалось, что развитию процессов развевания в большой степени содействует хозяйственная деятельность человека непосредственно вблизи деревень. Пески начинают развеваться в результате повсеместного сооружения ям, в которых зимой хранят картофель, локальная вырубка леса, рубка и склады дров. Современный золовый транспорт иногда принимает крупные размеры. Кроме того так „подготовленные” золовые пески размываются во время проливных дождей и таяния снегов весной. У подножья дюн образуются конуса выноса, которые в свою очередь подвергаются развеванию. Наблюдлась интенсивная аккумуляция песчаных покровов во время кратковременного действия ветров скоростью свыше 20 м/сек. Пески мигрируют в границах прадолинной террасы и выносятся на поверхность поймы. Пятна движущихся золowych песков, наблюдаемые в соседстве деревень, наносились на карты исследуемой территории уже в XIX веке.

Принято было предположение, что человек селился на недвижимых дюнах. Основывая поселение или только стойбище на одном холме, он мог уничтожать растительный покров и почву на соседних в результате своей мелкой хозяйственной деятельности. Возраст изделий на одном холме может определять период золовой активности не соседних, под условием однозначной увязки изделий с почвенными горизонтами.

ВЫВОДЫ

1. Среди абиотических факторов только климат, а среди биотических — человек дают импульсы, которые могут привести к возобновлению золовых процессов. Остальные факторы в условиях исследуемой территории играют починенную роль (рис. 44). Все дюноформирующие процессы обладают катастрофическим характером.

2. Проводя анализ формирования дюн в голоцене следует исходить из изучения специфики влияния деятельности человека на развитие эоловых процессов, а также хозяйственного развития изучаемой территории.

3. Фазы активности эоловых процессов антропогенного периода дюнообразования следует коррелировать с известными в истории фазами развития хозяйства. Перерывы же в дюнообразовании связаны с периодами упадка особенно сельского хозяйства, уменьшения заселённости в результате войн и тд.

4. Выделяются два периода дюнообразования. Первый приходится на конец плейстоцена и, возможно, пребореальный период. В нём главным фактором, приведшим к оживлению эоловой деятельности было разрушение растительного и почвенного покрова в результате субарктических климатических условий. Во втором дюнообразующем периоде, который начался в суббореале, главным фактором был человек. В т.н. антропогенном дюнообразующем периоде выделены следующие фазы эоловой активности:

1) в суббореальном периоде ок. 4 000 — 1 600 лет до н.э.

2) в субатлантическом периоде ок. 1 200 — 1 600 лет н.э.

3) в субатлантическом периоде от ок. 1 800 лет н.э. до настоящего времени.

5. Выделенные фазы эоловой активности могут соответствовать дюнообразующим фазам в других районах Польши в такой степени, в какой существует аналогия между фазами развития заселения.

Перевела К. Страшевска

WYDAWNICTWA IG I PZ PAN
VARIA

B. OLSZEWICZ — **Dorobek polskiej historii geografii i kartografii w latach 1945—1969**, 1973, s. 172, zł 48,—

J. MISZAŁSKI — **Współczesne procesy eoliczne na Pobrzeżu Słowińskim. Studium fotointerpretacyjne**, 1973, s. 150 + nrb., zł 30—

Z. CIĘTAK, S. PIETKIEWICZ — **Słownik geograficzny angielsko-polski**, 1974, s. 422, zł 120,—

CENTRALNY KATALOG ZBIORÓW KARTOGRAFICZNYCH W POLSCE

Zeszyt 1. **Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800**, 1961, s. 247, zł 72,—

Zeszyt 2 (uzupełniający). **Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800**, 1963, s. 112, zł 28,—

Zeszyt 3. **Katalog atlasów 1801—1919**, 1965, s. 342, zł 76,—

Zeszyt 4. **Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1528—1945**, 1968, s. 160, zł 48,—

Zeszyt 5. **Wieloarkuszowe mapy topograficzne Polski 1576—1870** (w druku)

**Katalog dawnych map Rzeczypospolitej Polski w kolekcji Emeryka Hutten-Czap-
skiego i w innych zbiorach.** Oprac. W. Kret, 1978, s. 164, 37 map, zł 140,—

WYKAZ ZESZYTÓW DOKUMENTACJI GEOGRAFICZNEJ

za ostatnie lata

1978

- 1 W. TYSZKIEWICZ — Struktura agrarna Polski 1945—1975. Analiza przestrzenno-czasowa, s. 87, zł 24,—
- 2-3 R. GLAZIK — Wpływ zbiornika wodnego na Wiśle we Włocławku na zmiany stosunków wodnych w dolinie, s. 119 + nlb., zł 48,—
- 4 S. KOZARSKI, J. SZUPRYCZYŃSKI — Formy i osady glacialne na przedpolu lodowca Sidu (Islandia), s. 59 + nlb., zł 24,—
- 5 A. MAKSYMUK-PAZURA — Aglomeracje miejskie w Polsce jako bieguny rozwoju społeczno-gospodarczego, s. 80, zł 24,—
- 6 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1976, s. 85, zł 24,—

1979

- 1 PRACA ZBIOROWA — Kampinoski Park Narodowy i jego problematyka, s. 60, zł 24,—
- 2 PRACA ZBIOROWA — Problemy bioklimatologii uzdrowskiej, Cz. III, s. 83, zł 24,—
- 3 PRACA ZBIOROWA — Metody analiz geograficznych w planowaniu przestrzennym, s. 100, zł 24,—
- 4 PRACA ZBIOROWA — Tendencje rozwoju i zmiany w organizacji przestrzeni krajów Trzeciego Świata, s. 94, zł 24,—
- 5 E. GIL — Typologia i ocena środowiska naturalnego okolic Szymbarku, s. 91 + nlb., zł 24,—
- 6 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1977, s. 79, zł 24,—

1980

- 1 S. CHMIELEWSKI — Zmiany środowiska geograficznego w strefie oddziaływania wielkiego miasta (na przykładzie północno-wschodniej części warszawskiego zespołu miejskiego), s. 85, zł 24,—
- 2 D. GOSPODAROWICZ — Osadnictwo rolnicze a gospodarka wieloobszarowa na terenie woj. koszalińskiego w latach 1950—1977, s. 74, zł 24,—
- 3 PRACA ZBIOROWA — Metody opracowań topoklimatycznych, s. 113, zł 24,—
- 4 M. KLAPA — Procesy morfogenetyczne i ich związek z sezonowymi zmianami pogody w otoczeniu Hali Gąsienicowej w Tatrach, s. 54 + nlb., zł 24,—
- 5 M. ZAMELSKA — Wpływ przemysłowienia na procesy urbanizacyjne województwa bydgoskiego, s. 97, zł 24,—
- 6 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1978, s. 81, zł 24,—

1981

- 1 R. SOJA — Analiza odplywu z fliszowych zlewni Bystrzanki i Ropy (Beskid Niski), s. 91, zł 24,—
- 2 PRACA ZBIOROWA — Problemy bioklimatologii uzdrowskiej, Cz. IV, s. 121, zł 24,—
- 3 PRACA ZBIOROWA — Warunki naturalne zlewni Homerki i jej otoczenia, s. 89, zł 24,—
- 4 J. GRZYBOWSKI — Rozwój wydm w południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej, s. 100, zł 24,—
- 5 PRACA ZBIOROWA — Geografia a światowe problemy rozwoju (w druku)
- 6 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1979 (w druku)