

Zakład Geografii Fizycznej i Paleogeografii
Instytut Nauk o Ziemi UMCS

Paweł ZIELIŃSKI

*Rola wiatrów północno-zachodnich w kształtowaniu wydm
w późnym plejstocenie w okolicach Opola Lubelskiego
(Wyżyna Lubelska)*

The role of the north-western winds in dune-forming process during the Late Pleistocene
in Opole Lubelskie environs (the Lublin Upland)

WSTĘP

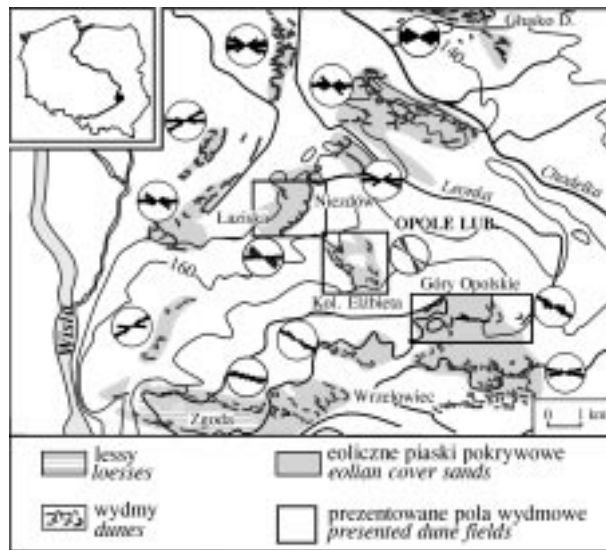
Kierunki wiatrów wydmotwórczych dla wydm śródlądowych były niejednokrotnie tematem studiów paleogeograficznych w Polsce (Dylikowa 1968; Krajewski 1976; Kęsik, Wojtanowicz 1968; Maruszczak, Trembaczowski 1960; Nowaczyk 1976, 1986; Rotnicki 1970; Wojtanowicz 1965, 1968; Zieliński 2001a). Autorzy jednoznacznie uznają sektor zachodni za kierunek wiatrów wydmotwórczych. Spornymi kwestiami są natomiast zmienność kierunku w poszczególnych fazach wydmotwórczych oraz możliwość jego dokładnego, jednoznacznego określenia dla poszczególnych okresów. Z jednej strony uznawana jest ich zmienność, a poszczególnym fazom wydmotwórczym przypisywane są określone kierunki (Kęsik, Wojtanowicz 1968; Urbaniak 1967; Wojtanowicz 1965, 1969; Zieliński 2001a). Z drugiej strony stwierdza się, że nie ma wyraźnej dominacji jednego z kierunków lub jest niemal niemożliwy do jednoznacznego określenia (Krajewski 1977; Maruszczak, Trembaczowski 1960; Nowaczyk 1986; Rotnicki 1970). Przyjmując zmienność kierunków wiatrów

wydmotwórczych u schyłku ostatniego glacjału wskazuje się dwa zasadnicze sektory WSW–NW w starszej (w starszych?) fazie i W–SW w młodszej.

Analiza kartometryczna (ryc. 1) oraz dotychczasowe badania autora w zachodniej części Wyżyny Lubelskiej (Zieliński 2001a, b, w druku) wykazują, że na tym obszarze północno-zachodnia orientacja form i strukturalnych elementów kierunkowych piasków budujących formy eoliczne ma stosunkowo dużą liczebność. Podjęto zatem próbę określenia roli wiatrów północno-zachodnich w kształtowaniu form eolicznych.

TEREN I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w zachodniej części Wyżyny Lubelskiej w okolicach Opola Lubelskiego na trzech polach wydmych wykazujących znaczny udział form o orientacji NW–SE (ryc. 1). Obejmowały one: makroskopową analizę osadów budujących wydmy, rejestrację struktur sedymentacyjnych, przyjmowanych za Hunterem (1977), Borówką (1979, 1980), Goździkiem (1998) i Izmailów (1998), oraz pomiary strukturalnych elementów kierunkowych. Spośród badanych form wybrano cztery, których cechy strukturalne osadów w całym profilu lub tylko w wybranych seriach sugerowały NW kierunek



Ryc. 1. Położenie stanowisk badawczych oraz orientacja osi morfologicznych form eolicznych na tle rozmieszczenia osadów eolicznych okolic Opola Lubelskiego
 Situation of the research sites and orientation of morphological axes of the eolian forms against the background of the distribution of eolian deposits in Opole Lubelskie environs

wiatrów wydmotwórczych. Badania terenowe uzupełniono podstawowymi analizami laboratoryjnymi, tj. analizą uziarnienia (metodą sitową) oraz kształtu ziarn kwarcowych frakcji 1–0,8 mm metodami: Calieux w modyfikacji Goździka (1980), Krumbeina (1941) i Krygowskiego (1964).

STANOWISKO ŁAZISKA

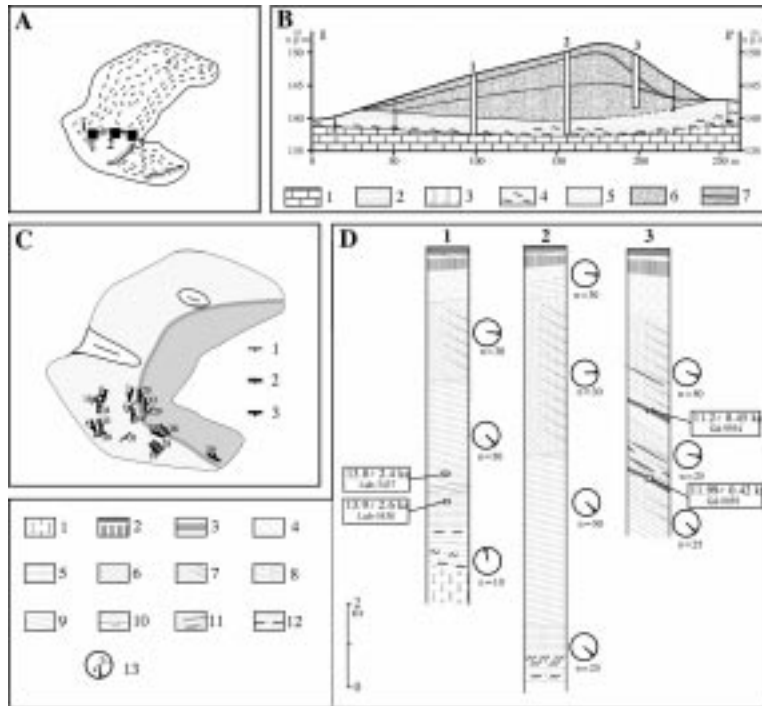
Forma pseudobarchanu, który jest położony w południowej części zespołu wydmowego (ryc. 2) obejmującego swym zasięgiem strefę kontaktu vistuliańskiej terasy ze zrównaniem podstokowym i stoki, u wylotu jednej z rozcinających go dolinek nieckowatych. Podłoże wydmy stanowią osady piaszczysto-pylaste (ryc. 3), które budują stożek napływowy u wylotu dolinki. Stożek ten ścinają poziomo warstwowane piaski i piaski pylaste, na których rozwinęła się wydma.

Formę budują trzy serie eoliczne (ryc. 3D) oddzielone w części proksymalnej poziomami erozyjnymi, zaś w dystalnej poziomami humusowymi gleb kopalnych (Zieliński 1998):



Ryc. 2. Szkic geomorfologiczny stanowiska Łaziska: 1 – stoki, 2 – zrównania podstokowe, 3 – dolinki nieckowate, 4 – terasa nadzalewowa, 5 – pokrywy piasków eolicznych, 6 – wydmy, 7 – niecki deflacyjne, 8 – ostańce deflacyjne, 9 – równiny biogeniczne

Geomorphological sketch of the Łaziska site: 1 – slopes, 2 – pediments, 3 – trough-like small valleys, 4 – higher terrace, 5 – eolian sand covers, 6 – dunes, 7 – deflation hollows, 8 – deflation remnants, 9 – biogenic plains



Ryc. 3. Stanowisko Łaziska: A – położenie punktów badawczych; B – uproszczony przekrój geologiczny przez formę (lokalizacja linii przekroju na ryc. 2): 1 – zwietrzelina skał górnokredowych, 2 – łyły i mułki (glacilimniczne), 3 – glina zwałowa, 4 – pylasto-piaszczyste osady pokrywowe, 5 – piaski pokrywowe, 6 – piaski w wydmach, 7 – śródwydmowe gleby kopalne; C – kierunkowe elementy strukturalne (bieg i upad): 1 – druga seria eoliczna, 2 – trzecia seria eoliczna, 3 – czwarta seria eoliczna; D – szczegółowe profile osadów eolicznych: 1 – zwietrzelina kredy piszącej, 2 – gleby bielcowe, 3 – kopalne poziomy humusowe; struktury w piaskach eolicznych, 4 – masywna, 5 – warstwowanie horyzontalne, 6 – tabularne, 7 – stożków ospiskowych, 8 – klinowe, 9 – małokątowe warstwowanie nachylone, 10 – wypełnienia rynien o przekątnej laminacji, 11 – przewarstwienia piasków gruboziarnistych o strukturze masywnej lub o płaskiej laminacji przekątnej, 12 – naprzemianległe laminy piasków i pyłów lub pyłów piaszczystych; 13 – kierunki transportu piasków eolicznych: a) dominujący, b) drugorzędny

Łaziska site: A – situation of the research points. B – simplified geological cross-section of the form (cross-section line is marked in Fig. 2): 1 – Upper Cretaceous weathered rocks; 2 – glaciolacustrine fines; 3 – till; 4 – silty-sandy cover deposits; 5 – cover sands; 6 – dune sands; 7 – intradune paleosols. C – structural direction components (strike and dip): 1 – second eolian series; 2 – third eolian series; 3 – fourth eolian series. D – detailed profiles of eolian deposits: 1 – weathered chalk; 2 – podzolic soils; 3 – fossil humus horizons; structures in eolian sands: 4 – massive, 5 – horizontal stratification, 6 – tabular, 7 – sandflow cones, 8 – wedge stratification, 9 – low-angle cross-stratification, 10 – trough infills with cross-lamination, 11 – interlayers of coarse sands (massive or with planar cross-lamination), 12 – alternating laminae of sands and silts

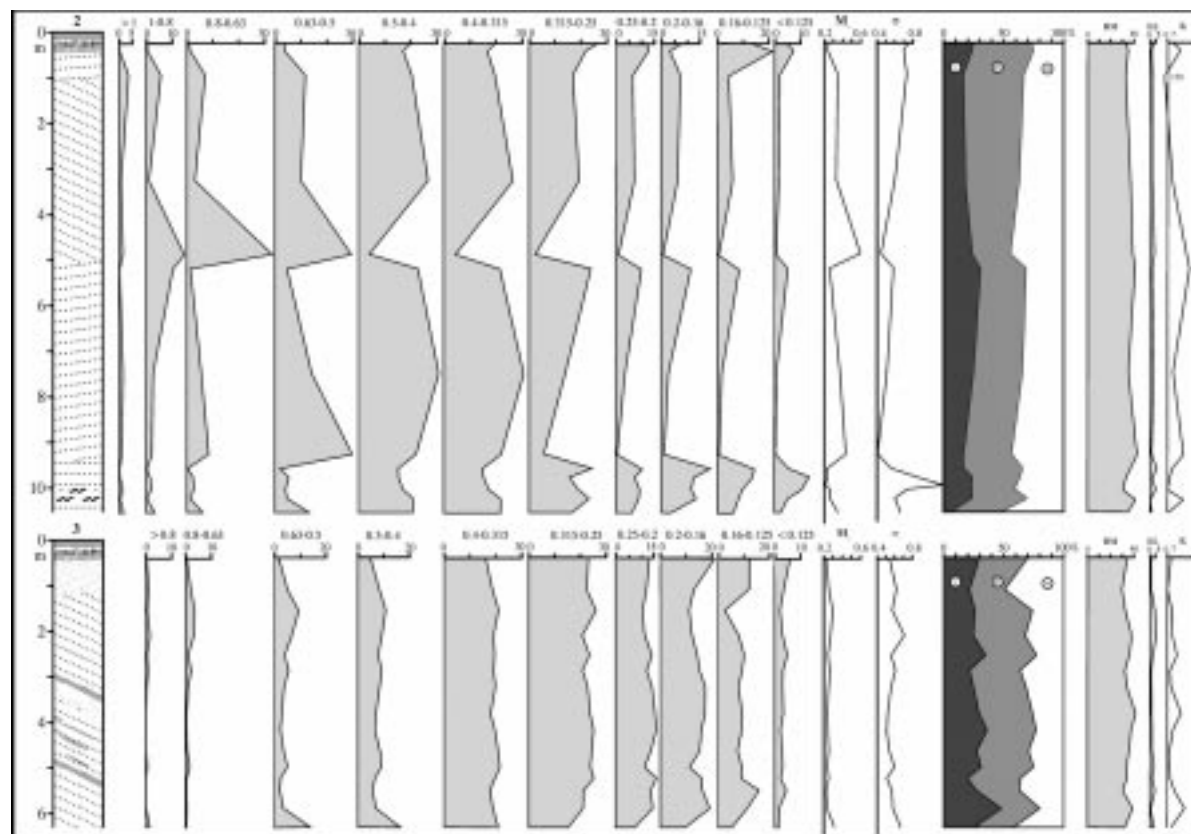
1. Najniższą serię reprezentują w części proksymalnej piaski średnio- i gruboziarniste o małokatowym warstwowaniu nachylonym. W części dystalnej występują piaski głównie średnioziarniste o strukturze stożków osypiskowych. W tej części serię wieńczy poziom humusowy o miąższości do 10 cm, leżący bezpośrednio na niezaburzonych osadach. Data radiowęglowa z węgla drzewnych w poziomie humusowym została określona na $11\ 990 \pm 420$ BP.

2. Środkową serię budują piaski grubo- i średnioziarniste o strukturze stożków osypiskowych, która w części dystalnej zbudowana jest z nieco drobniejszych piasków, z przewarstwieniami humusowymi oraz zestawami piasków drobnoziarnistych o strukturze masywnej lub delikatnie laminowanych. W stropie serii rozwinięta jest gleba kopalna, w której można wyróżnić poziom humusowy o miąższości około 10 cm z datą radiowęglową $11\ 200 \pm 450$ BP, pod którym miejscami zaznacza się wyraźnie jaśniejszy poziom wymywania o niewielkiej, do kilku centymetrów, miąższości. Bezpośrednio pod glebą pierwotna struktura osadów jest zatarta.

3. Najwyższa seria w części proksymalnej zbudowana jest z piasków średnio- i drobnoziarnistych o małokatowym warstwowaniu nachylonym, zaś w dystalnej – piasków o strukturze stożków osypiskowych. W ich części spagowej występuje przewarstwienie humusowe.

Analizy granulometryczne (ryc. 4) zdają się potwierdzać wydzielenia na podstawie analiz struktur sedymentacyjnych, zaznaczając się wyraźną zmianą wskaźników na granicy serii. Najwyraźniej jest to widoczne w obrębie stoku proksymalnego. Dominuje tu frakcja piasków średnio- i gruboziarnistych o średniej średnicy 0,3–0,6 mm, dobrze i średnio wysortowanych ($\sigma_1 = 0,4–0,7$). W profilu pionowym, w obrębie kolejnych serii, następuje drobnienie ziarna w górę profilu przy spadku wysortowania (σ_1 od 0,4 do 0,7). Nieco mniej czytelne są wskaźniki kształtu ziarn kwarcowych, jednak wyraźnie podkreślają granice poszczególnych serii. W profilu pionowym stoku dystalnego wskaźniki granulometryczne zmieniają się jedynie na granicach serii. Dominują tu piaski średnio- i drobnoziarniste o średniej średnicy 0,21–0,25 mm, średnio i dobrze wysortowane ($\sigma_1 = 0,4–0,7$). Zdecydowanie lepiej tendencje wyrażają wskaźniki kształtu ziarn kwarcowych. Poza ich wyraźną zmianą na granicy serii zaznacza się spadek w obrębie środkowej i górnej serii wyrażony zawartością ziarn γ i średnim zaokrągleniem. W przypadku górnej serii zmniejsza się również zawartość ziarn RM. Natomiast w obrębie drugiej serii, odmiennie niż w przypadku pozostałych wskaźników, następuje wzrost zawartości ziarn RM.

Cechy strukturalne reprezentujące dolną serię, tj. małokatowe warstwowanie nachylone w części proksymalnej wydmy i struktura stożków osypiskowych w części dystalnej oraz strukturalne elementy kierunkowe sugerują powstanie niewielkiej wydmy parabolicznej (do 3 m wys.) o charakterze wydmy stacjonarnej (Zieliński 1998). Orientacja NW–SE zrekonstruowanej kopalnej wydmy



Ryc. 4. Stanowisko Łaziska – wyniki analiz granulometrycznych i obtoczenia ziarn kwarcu. Lokalizacja profili oraz pozostałe objaśnienia na ryc. 3

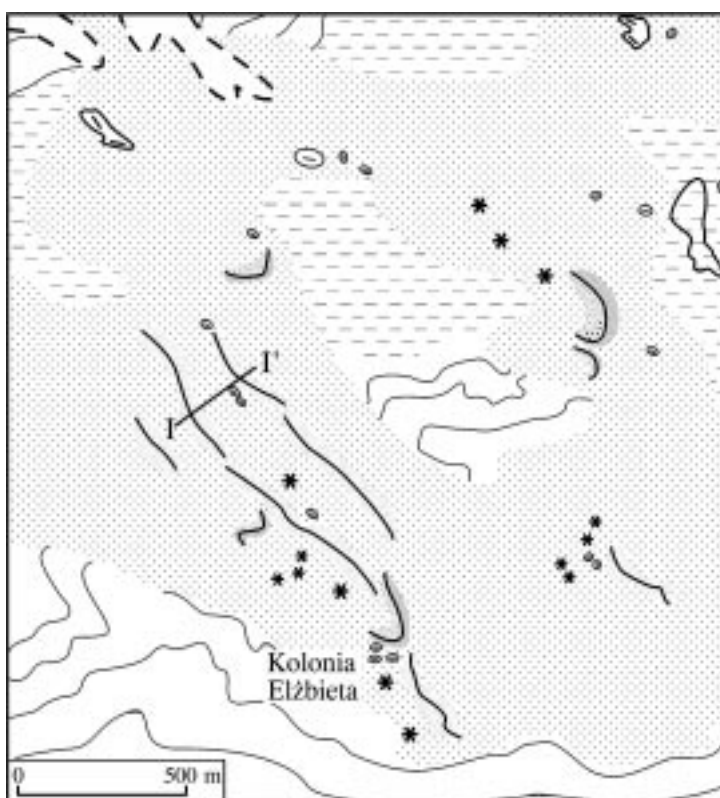
Łaziska site – analysis results of grain-size distribution and quartz grain shape. Situation of the profiles and other explanations as in Fig. 3

sugeruje NW kierunek wiatrów wydmotwórczych w czasie jej kształtowania. Akumulacja tej serii zahamowana została rozwojem gleby, którą reprezentuje poziom humusowy wieńczący ją w części dystalnej wydmy. Struktury stożków osypiskowych w piaskach budujących drugą serię, charakterystyczne dla stoków dystalnych wydym (Borówka 1979, 1980), sugerują wkroczenie na istniejącą formę wydmy ruchomej. Fakt istnienia w tym miejscu formy pozytywnej stanowiącej wyraźną przeszkodę dla poruszającej się wydmy mógł być przyczyną wyprzedzenia czoła wydmy przez ramiona i powstania formy typu pseudobarchan. Orientacja strukturalnych elementów kierunkowych może świadczyć o poruszaniu się wydmy z zachodu na wschód, co sugeruje generalnie zachodni kierunek wiatrów. Potwierdzeniem tego może być również wyraźnie odbiegający od pozostałych serii skład granulometryczny, co sugeruje odmienne źródło alimentacji. Proces ten zakończył się rozwojem gleb na powierzchni wydmy reprezentowanych przez inicjalną glebę z oznakami bielcowania. Cechy strukturalne oraz elementy kierunkowe najwyższej serii dokumentują prze-modelowanie powstałej we wcześniejszej fazie formy przez wiatry WNW. Jej cechy granulometryczne mogą wskazywać na dostawę piasków z bezpośrednio zaplecza formy.

STANOWISKO KOLONIA ELŻBIETA

Obejmuje dwa równoległe do siebie ciągi wałów o orientacji NW–SE, położone we wschodniej części niewielkiego pola wydymowego pokrywającego swym zasięgiem denudacyjne zrównanie podstokowe (ryc. 5), miejscami nadbudowane glinami. Obie wydmy mają podobną budowę (ryc. 6). Tworzy je jedna zróżnicowana strukturalnie seria. Stoki wewnętrzne zespołu wydym budują piaski o strukturze stożków osypiskowych, zaś stoki zewnętrzne o strukturze tabularnej.

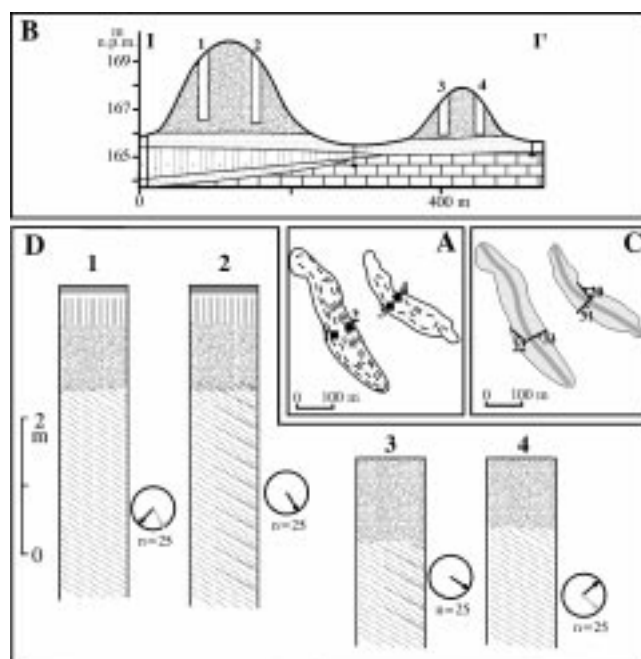
Do szczegółowych analiz granulometrycznych wybrano dwa profile z wydmy zachodniej. W materiale budującym wydmy dominuje frakcja piasków średnioziarnistych (ryc. 7) o średniej średnicy $M_z = 0,25-0,4$ mm. Są one dobrze i średnio wysortowane ($\sigma = 0,45-0,7$, wyjątkowo 0,8), jednak w obu profilach zaznaczają się odmienne tendencje. W obrębie zachodniego stoku wysortowanie zmniejsza się w górę profilu, a wartości wahają się w granicach $\sigma_1 = 0,42-0,63$. Natomiast na stoku wschodnim wysortowanie zwiększa się, a rozrzut wartości jest większy ($\sigma_1 = 0,46-0,8$). Obtoczenie ziarn kwarcu bez względu na użytą metodę wykazuje podobne tendencje na obu stokach – wzrasta w górę profilu. Różnica zaznacza się jedynie w wartościach. W obrębie stoku zachodnie-



Ryc. 5. Szkic geomorfologiczny stanowiska Kolonia Elżbieta. Objasnienia na ryc. 2
Geomorphological sketch of the Kolonia Elżbieta site. Explanations as in Fig. 2

go są nieznacznie wyższe i mają nieco mniejszą amplitudę ($\gamma = 22-53\%$, $RM = 72-80\%$, $K = 0,72-0,78$).

Wymienione cechy strukturalne oraz symetria w budowie tych form sugerują łączenie ich z rozwojem jednej wydmy parabolicznej, kształtowanej przez stałe, północno-zachodnie wiatry wydmotwórcze. Powstały one najprawdopodobniej z ramion wydmy parabolicznej, w czasie ruchu jej czoła w kierunku SE (Zieliński, w druku).

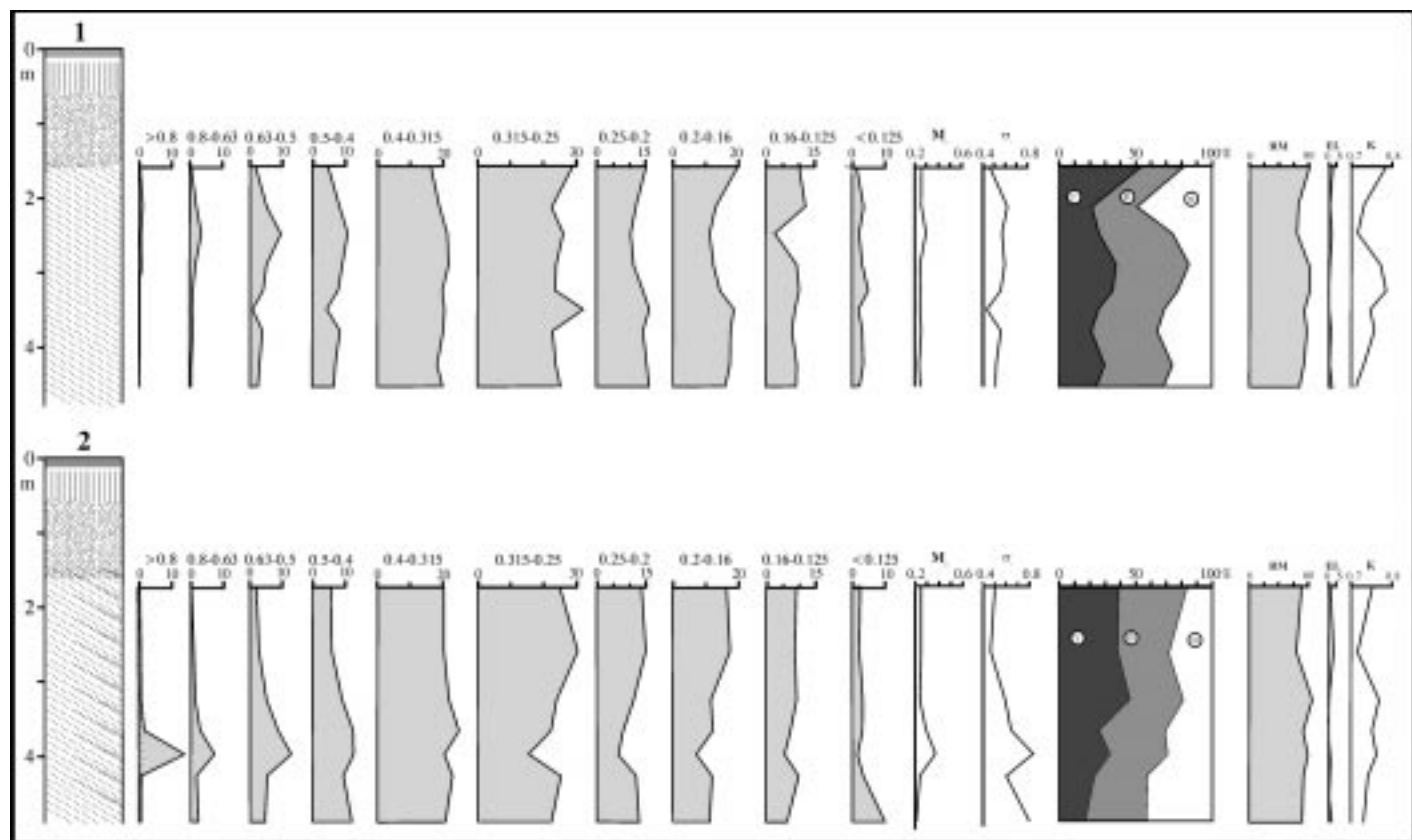


Ryc. 6. Stanowisko Kolonia Elżbieta: A – położenie punktów badawczych; B – uproszczony przekrój geologiczny (lokalizacja przekroju na ryc. 5); C – kierunkowe elementy strukturalne (bieg i upad); D – szczegółowe profile osadów eolicznych. Objaśnienia na ryc. 3
 Kolonia Elżbieta site: A – situation of the research points; B – simplified geological cross-section (cross-section line is marked in Fig. 5); C – structural direction components (strike and dip); D – detailed profiles of eolian deposits. Explanations as in Fig. 3

STANOWISKO GÓRY OPOLSKIE I

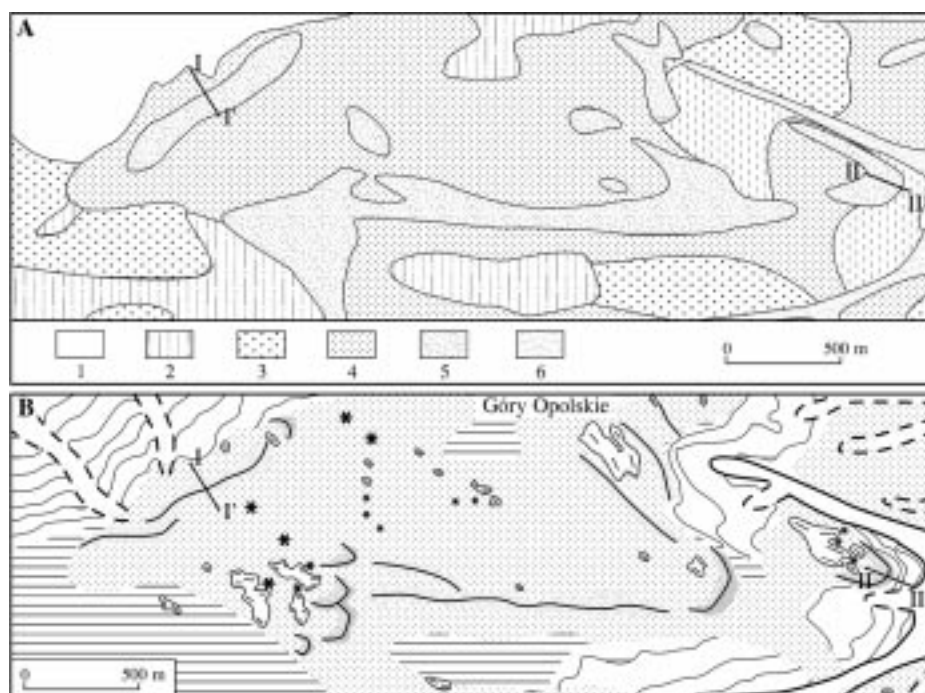
Forma o orientacji WSW–ENE położona jest w północno-zachodniej części zrównania wierzchowinowego, na jego kontakcie ze stokiem (ryc. 8). Bezpośrednim podłożem formy jest zwietrzelina skał górnokredowych przykryta cienką serią rytmitów piaszczystych i piaszczysto-pylastych (ryc. 10). Formę budują dwie serie piaszczyste oddzielone od siebie powierzchnią erozyjną; dolna o strukturze stożków osypiskowych, zaś górna o strukturze tabularnej.

Do badań laboratoryjnych pobrano próbki z jednego profilu, położonego na stoku NW wydmy. Dominującą frakcją osadów budujących dolną serię są piaski średnioziarniste ($M_z = 0,23-0,4$), z maksimum we frakcjach $0,315-0,4$ i $0,25-0,315$, dobrze wysortowane ($\sigma_1 = 0,42-0,7$). Średnia średnica i wysortowanie zwiększają się w górę profilu, do granicy między seriami, gdzie nastę-



Ryc. 7. Stanowisko Kolonia Elżbieta – wyniki analizy granulometrycznej i obtoczenia ziarn kwarcu. Lokalizacja profilu na ryc. 6. Objaśnienia na ryc. 3

Kolonia Elżbieta site – analysis results of grain-size distribution and quartz grain shape. Situation of the profile in Fig. 6. Explanations as in Fig. 3



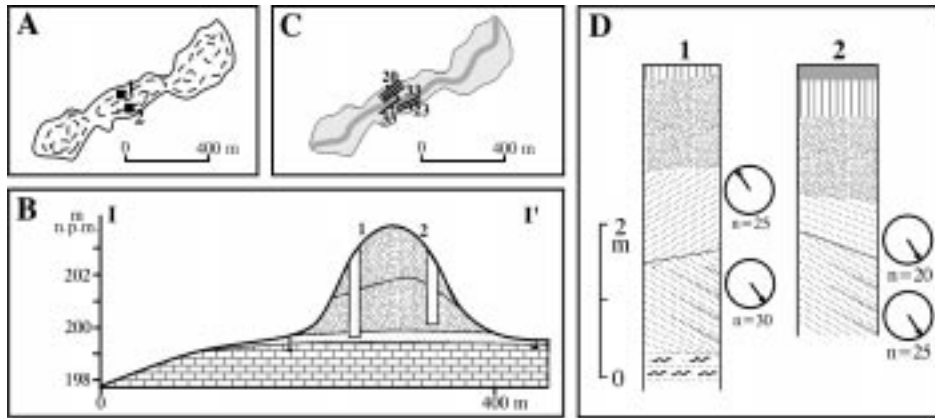
Ryc. 8. Lokalizacja stanowisk Góry Opolskie I i II: A – na tle szkicu geologicznego: 1 – skały górnokredowe; 2 – gliny zwałowe (odrzańskie); 3 – piaski i żwiry fluwioglacjalne i rezidualne; osady eoliczne: 4 – pokrywy, 5 – wydmy; 6 – piaski i mulki deluwialne. B – na tle szkicu geomorfologicznego. Pozostałe objaśnienia na ryc. 2

Situation of the Góry Opolskie, sites I and II: A – against the background of the geological sketch: 1 – upper Cretaceous rocks; 2 – tills (Odranian); 3 – fluvio-glacial and residual sands and gravels; eolian deposits: 4 – cover, 5 – dune; 6 – deluvial sands and silts. B – against the background of the geomorphological sketch. Other explanations as in Fig. 2

puje gwałtowny wzrost średniej średnicy i spadek wysortowania. Wskaźniki kształtu ziarn kwarcowych mają podobne tendencje jak średnia średnica i zawierają się w przedziałach: $\gamma = 25\text{--}46\%$; $RM = 72\text{--}82\%$ oraz średnie zaokrąglenie = 0,72–0,8.

Struktura stożków osypiskowych dolnej serii, charakterystyczna dla stoków dystalnych, świadczy o istnieniu w tym miejscu czoła wydmy ruchomej. Próby rekonstrukcji warunków kształtowania formy, którą budowała dolna seria, autor dokonał w jednej z publikacji (Zieliński, w druku), gdzie przyjęto, iż była ona kształtowana przy udziale północno-zachodnich wiatrów.

Stwierdzona na obu stokach wydmy podłużnej struktura tabularna reprezentująca młodszą serię wydaje się świadczyć o zmianie kierunku wiatrów wy-



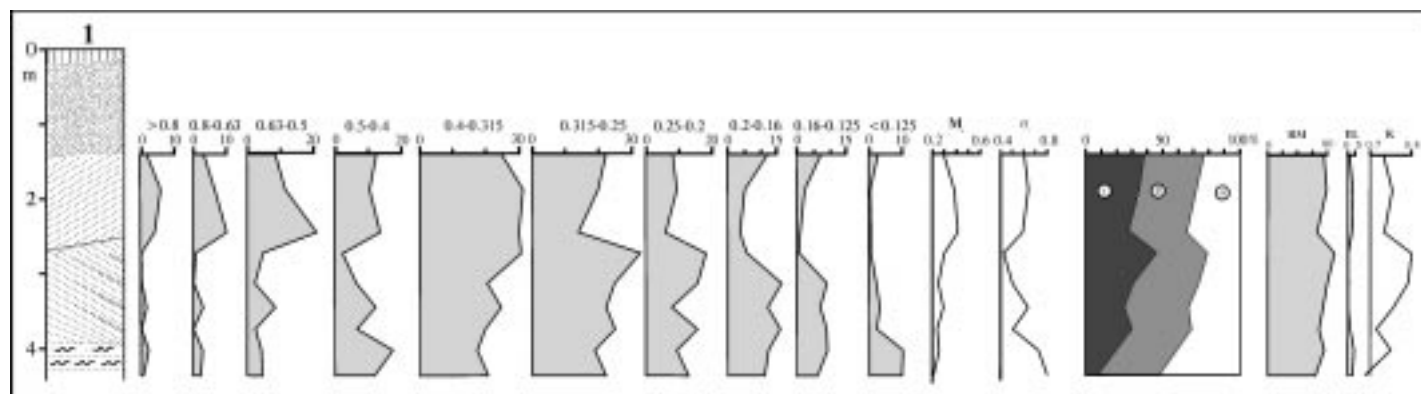
Ryc. 9. Stanowisko Góry Opolskie I: A – położenie punktów badawczych; B – uproszczony przekrój geologiczny (lokalizacja przekroju na ryc. 8); C – kierunkowe elementy strukturalne (bieg i upad); D – szczegółowe profile osadów eolicznych. Objasnienia na ryc. 3

Fig. 9. Góry Opolskie, site I: A – situation of the research points; B – simplified geological cross-section (cross-section line is marked in Fig. 8); C – structural direction components (strike and dip); D – detailed profiles of eolian deposits. Explanations as in Fig. 3

dmiotwórczych z NW na WSW. Akumulacja jej poprzedzona była procesami deflacji, za czym przemawia poziom erozyjny oddzielający obie serie. Potwierdza to również zróżnicowanie tekstury obu serii, co może przemawiać za różnymi źródłami alimentacji.

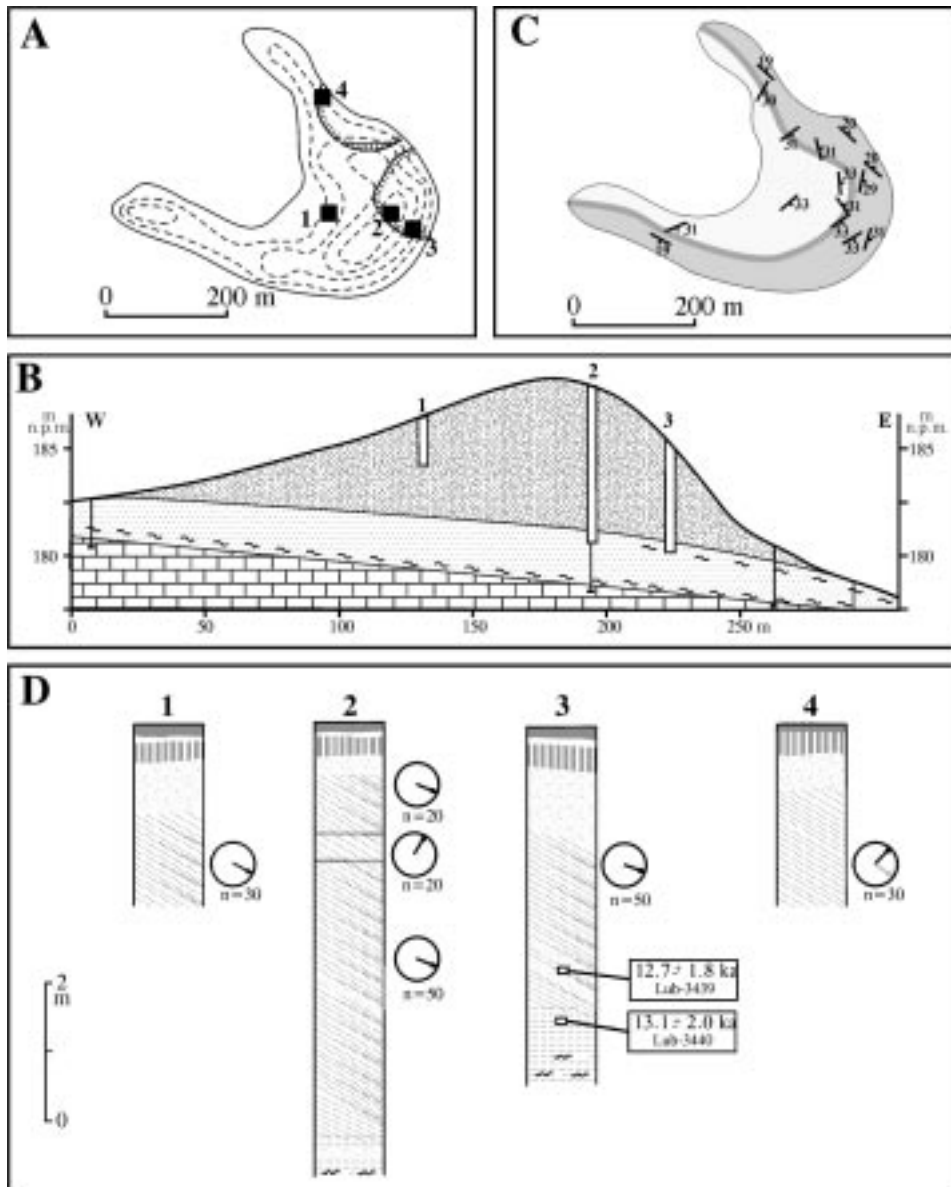
STANOWISKO GÓRY OPOLSKIE II

Wydma o orientacji WNW–ESE, położona na stoku opadającym do suchej doliny erozyjno-denudacyjnej w kierunku wschodnim (ryc. 8). Bezpośrednim podłożem formy są rytmicznie warstwowane piaski i piaski pylaste (ryc. 11). W wyrobiskach rozcinających czoło i północne ramię oraz we wkopach pomocniczych prześledzono jej budowę. Wydme tworzy jedna seria piaszczysta zróżnicowana strukturalnie. Stok proksymalny, czoło wydmy i wewnętrzne części ramion budują piaski o strukturze stożków osypiskowych. W strefie grzbietowo-czołowej części wydmy seria piasków o strukturze stożków osypiskowych rozcięta jest zestawem piasków tabularnych dużej skali o odmiennym (NE) kierunku zapadania warstw piaszczystych (ryc. 11D, profil 2). Natomiast zewnętrzne części ramion tworzą piaski o strukturze tabularnej.



Ryc. 10. Stanowisko Góry Opolskie I – wyniki analizy granulometrycznej i obtoczenia ziarn kwarcu. Lokalizacja profilu na ryc. 9. Objasnienia na ryc. 3

Fig. 10. Góry Opolskie, site I – analysis results of grain-size distribution and quartz grain shape. Situation of the profile in Fig. 9. Explanations as in Fig. 3



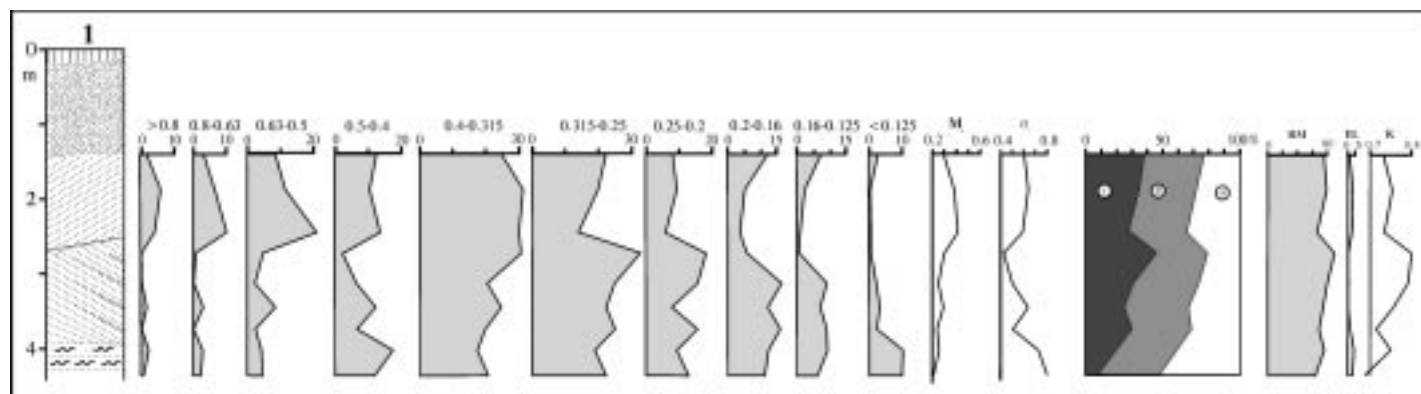
Ryc. 11. Stanowisko Góry Opolskie II: A – położenie punktów badawczych; B – uproszczony przekrój geologiczny przez formę (lokalizacja przekroju na ryc. 8); C – kierunkowe elementy strukturalne (bieg i upad); D – szczegółowe profile osadów eolicznych. Objasnienia na ryc. 3 Góry Opolskie, site II: A – situation of the research points; B – simplified geological cross-section (cross-section line is marked in Fig. 8); C – structural direction components (strike and dip); D – detailed profiles of eolian deposits. Explanations as in Fig. 3

Wydme tworzą (ryc. 12) piaski średnioziarniste ($M_z = 0,29-0,41$) z wyraźnym maksimum we frakcji 0,4–0,315 mm oraz średnim i dobrym wysortowaniem ($\sigma_1 = 0,43-0,66$). Materiał kwarcowy stanowią w głównej mierze ziarna okrągłe matowe ($RM = 66-82\%$) o średnim zaokrągleniu w granicach 0,71–0,76 oraz zawartości ziarn $\gamma = 27-43\%$. Wskaźniki w profilu pionowym nie wykazują znaczących tendencji, z wyjątkiem niewielkiego wzrostu średniego zaokrąglenia ziarn kwarcu i bardziej wyrazistego wzrostu wysortowania. Wyraźnie wybijają się natomiast cechy teksturalne osadu tworzącego zestaw tabularny w strefie grzbietowej, czołowej części wydmy.

Udział w budowie niemal całej wydmy piasków o strukturze stożków osypiskowych przyjmowany jest za wyznacznik ruchu wydmy (Borówka 1979, 1980; Nowaczyk 1976; Rotnicki 1970; Stankowski 1963; Szczypek 1995). Strukturalne elementy kierunkowe oraz w dużej mierze pokrywająca się orientacja współczesnej formy może sugerować NW–WNW sektor wiatrów wydmotwórczych. Udokumentowane jest tu zatem przemieszczenie się wydmy przynajmniej na odległość swojej podstawy. Nie jest jednak wykluczona dłuższa droga, o czym mogą świadczyć dwie równoległe do siebie wydmy podłużne o podobnej orientacji i leżące na tej samej osi, na zapleczu badanej formy (ryc. 8). Udokumentowany w strefie czołowej zestaw tabularny stanowi zapis ruchu małej wydmy sensu Hunter (1976), której strukturalne elementy kierunkowe sugerują jej ruch z SE na NW. A zatem stanowi zapis chwilowej zmiany kierunku wiatrów, co również mogą potwierdzić wyraźnie różne cechy teksturalne.

PODSUMOWANIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

Na podstawie literatury dotyczącej procesów eolicznych wschodniej i centralnej Polski (Dylikowa 1968; Kęsik, Wojtanowicz 1968; Urbaniak 1967; Wojtanowicz 1969; Zieliński 2001a) oraz zaprezentowanego materiału można stwierdzić, że istnieje możliwość wyznaczenia kierunków wiatrów wydmotwórczych w poszczególnych fazach wydmotwórczych. Jediną niedogodnością jest niewielka ilość w pełni udokumentowanych wydym z wydutowanymi glebami kopalnymi, co uniemożliwia jednoznaczne określenie wieku procesów wydmotwórczych. Na podstawie orientacji form (Kęsik, Wojtanowicz 1968; Wojtanowicz 1969) oraz kierunkowych elementów strukturalnych kolejnych serii eolicznych (Dylikowa 1969; Urbaniak 1967, Zieliński 2001a) można wykazać trzy następujące po sobie, zasadnicze kierunki wiatrów (o znaczeniu morfotwórczym): NW, W i sektor od WNW do SW. Jest prawdopodobne, iż wymienione kierunki wiatrów w tej właśnie kolejności odpowiadają fazom wydmotwórczym



Ryc. 12. Stanowisko Góry Opolskie II – wyniki analizy granulometrycznej i obtoczenia ziarn kwarcu. Lokalizacja profilu na ryc. 11. Objasnienia na ryc. 3

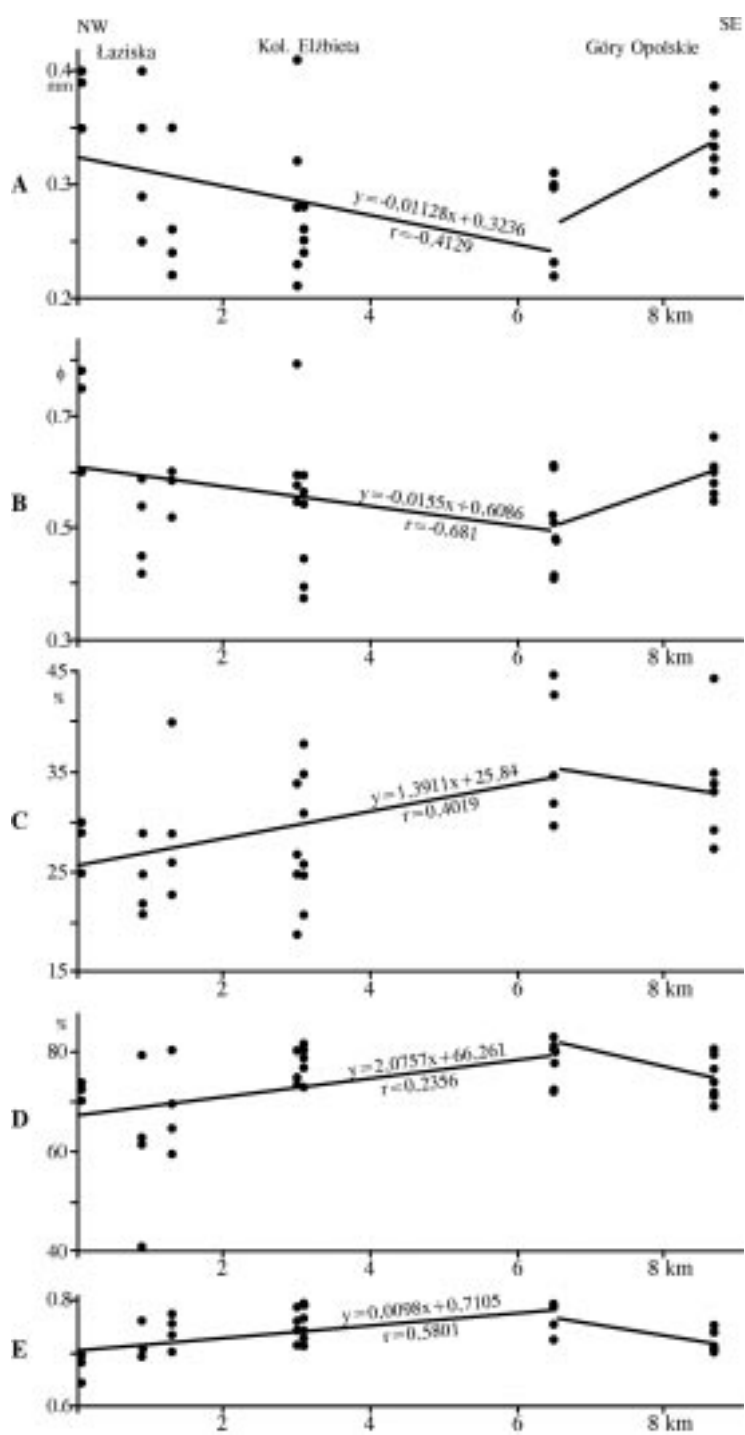
Góry Opolskie, site II – analysis results of grain-size distribution and quartz grain shape. Situation of the profile in Fig. 11. Explanations as in Fig. 3

z najstarszego, starszego i młodszego dryasu. Potwierdzeniem tego mogą być również daty radiowęglowe gleb kopalnych oddzielających trzy serie wydymowe w stanowisku Łaziska (ryc. 3).

Pomiary kartometryczne oraz terenowe orientacji form eolicznych (ryc. 1) wykazują dość duży rozrzut kierunków. Na analizowanym obszarze dominuje kierunek zachodni. Są to w głównej mierze duże wydmy paraboliczne, w nieco mniejszym stopniu zagłębienia deflacyjne i wydmy podłużne. Drugorzędny jest kierunek NW, na który składają się wydmy podłużne, zagłębienia i ostańce deflacyjne oraz sporadycznie wydmy paraboliczne. W części środkowej i południowej analizowanego obszaru rola kierunku NW rośnie, gdzie staje się on równorzędny bądź dominujący. Dyskusyjna jest jednak kwestia znaczenia tej analizy i jej wydźwięku paleogeograficznego. Wydaje się, iż wskazuje ona na zmienność kierunku wiatrów wydymotwórczych i jego zróżnicowanie przestrzenne w tej części Wyżyny Lubelskiej. Jednak w części południowej analizowanego obszaru kierunki te wyraźnie nawiązują do przebiegu dolin rzecznych, krawędzi zrównań wierzchowinowych lub płątów lessowych oraz dolin erozyjno-denudacyjnych. Wskazuje to zatem na wymuszanie kierunku wiatrów przez te formy. Położenie pól wydymowych, wybranych do szczegółowych analiz, pozwala jednak przypuszczać, iż wpływ konfiguracji podłoża jest niewielki, za czym może przemawiać istnienie w miarę płaskich powierzchni i brak wyraźnie ukierunkowanych większych form.

Rekonstrukcja form z najniższych serii wydym o budowie złożonej, wskazującej na ich diachroniczną genezę, przemawia za dominacją orientacji NW–SE (Zieliński 2001a, w druku). Podobne wnioski można wyciągnąć z analizy strukturalnych elementów kierunkowych wydym podłużnych oraz kilku badanych ostańców deflacyjnych, zbudowanych z jednej serii eolicznej, ale wykazujących orientację osi morfologicznej NW–SE. Potwierdza to północno-zachodni kierunek wiatrów w najstarszej i na początku drugiej fazy procesów wydymotwórczych.

Analiza statystyczna wskaźników teksturalnych analizowanych próbek w zależności od odległości nie wykazuje większych tendencji. Jednak odrzucenie próbek reprezentujących serie eoliczne kształtowane przez inne niż NW wiatry ukazuje pewną zmienność przestrzenną. Wartości średniej średnicy i wysortowania wykazują spadek, natomiast wskaźniki obtoczenia ziarn kwarcowych wyrażonych w zawartości ziarn z dobrą obróbką (γ) według Krygowskiego (1964), okrągłych matowych według metody Calieux w modyfikacji Goździka (1980) oraz wartości średniego zaokrąglenia wg skali Krumbeina (1941) wykazują wzrost zawartości w kierunku południowo-wschodnim (ryc. 13). Potwierdza to utarty w literaturze pogląd o zmienności tych wskaźników w zależności od długości transportu (Goździk 1991; Rotnicki 1970; Stankowski 1963; Szczypek 1986; Urbaniak-Biernacka 1976; Wojtanowicz



1970). Należy jednak pamiętać, że zasadniczy wpływ na skład granulometryczny piasków wydymowych ma uziarnienie podłoża wydym (Krajewski 1977; Nowaczyk 1986; Urbaniak-Biernacka 1976; Wojtanowicz 1970). Jednak w tym przypadku jest on mniej istotny, ponieważ podłożem dla transportowanych piasków były głównie skały górnokredowe. Wpływ ten zaznacza się jednak w stanowisku Góry Opolskie II, gdzie w bezpośrednim sąsiedztwie wydymy znajdują się wychodnie piasków i żwirów fluwioglacjalnych i rezidualnych, stanowiących najprawdopodobniej dodatkowe i znaczące źródło zasilania wydmy. Ma to swoje odzwierciedlenie we wzroście średniej średnicy i wartości wskaźnika wysortowania oraz spadku wskaźników kształtu ziarn kwarcowych między stanowiskami Góry Opolskie I i II.

Należy jednak zdawać sobie sprawę z niewielkiej istotności statystycznej przedstawionej analizy wyrażonej wskaźnikami korelacji o niskiej wartości (maksymalnie 0,58) i zbyt małej ilości poddanej analizie próbek (około 50). Intencją autora było jednak przedstawienie wstępnych badań nad długością i kierunkami transportu eolicznego na tym terenie. W dalszych badaniach nad tym zagadnieniem planowane jest wybranie kilku dodatkowych linii profilowych o orientacji NW-SE, zagęszczenie ilości profili na badanych „drogach” oraz w miarę możliwości wykazanie znaczenia dodatkowych źródeł alimentacji piasków eolicznych, a także zastosowanie podobnych metod badawczych dla innych kierunków transportu.

Mimo wykazanych niedociągnięć wydaje się, iż przeprowadzona analiza statystyczna, poparta szczegółowymi pomiarami terenowymi i kartometrycznymi, potwierdza południowo-wschodni kierunek transportu piasków eolicznych w początkowym okresie rozwoju procesów wydymotwórczych na tym obszarze. Materiał piaszczysty wywiewany był najprawdopodobniej z Kotliny Chodelskiej i przenoszony na wierzchowiny Wzniesienia Urzędowskiego. Podobne wyniki uzyskał autor dla zachodniej części Wzniesienia Urzędowskiego, z tą jednak różnicą, że kierunek transportu wymuszony był rzeźbą terenu (Zieliński 2001b). Natomiast badania prowadzone przez Buraczyńskiego (1996) i Superzona (1987/88) na obszarze Roztocza Tomaszowskiego wskazują na zachodni kierunek wiatrów transportujących piaski z Kotliny Sandomierskiej na wyso-

Ryc. 13. Diagramy zależności odległości od obszaru alimentacyjnego i wielkości wskaźników granulometrycznych: A – średnia średnica, B – wysortowanie (oraz kształtu ziarn kwarcowych 1,0–0,8 mm), C – zawartość ziarn γ , D – zawartość ziarn RM, E – średnie zaokrąglenie wg skali Krumbeina

Diagrams of the values of granulometric indices: A – mean diameter, B – sorting (and of the quartz grain shape in the fraction 1–0.8 mm) scale, C – γ grain content, D – RM grain content, E – mean roundness of grains acc. to Krumbein's in relation to a distance from alimentation area

czynny. Kierunek zachodni przeważa również w centralnej Polsce (Goździk 1991), gdzie transport eoliczny określany jest na odległość od kilkudziesięciu do 100 km.

WNIOSKI

1. Przedstawiony materiał wskazuje, iż rola wiatrów NW ograniczona jest do najstarszej fazy wydymotwórczej (najstarszy dryas) i ewentualnie do początkowego okresu drugiej (starszy dryas). Przemawia za tym orientacja form kopalnych, zaś we współczesnej rzeźbie orientacja niektórych wydym podłużnych i ostańców deflacyjnych.

2. Na uwagę zasługuje rola transportowa wymienianych wiatrów, bowiem obszary położone na południe od Opola Lubelskiego są to głównie wychodnie skał górnokredowych, wobec czego materiał do budowy wydym musiał być dostarczony z dalszej odległości. Rekonstruowane na podstawie pomiarów strukturalnych elementów kierunkowych kierunki transportu oraz analizy wskaźników granulometrycznych wskazują, iż obszarem alimentacyjnym mogła być Kotlina Chodelska, a transport odbywał się na odległość przynajmniej 6 km.

3. Nie wyklucza to istnienia innych źródeł materiału położonych na zachód i południo-zachód od pola wydymowego Góry Opolskie (dolina Potoku Wrzeliwieckiego). Istotność ich mogą wykazać dalsze szczegółowe badania. Jednak na podstawie dotychczasowych można stwierdzić, że zasilanie z tego obszaru odbywało się w późniejszych fazach wydymotwórczych.

4. Rola wiatrów o kierunku NW jest istotna także dlatego, iż w tej fazie wydymotwórczej piaski zostały dostarczone na wysoczyzny, które były źródłem materiału dla wydym rozwijających się również w późniejszych fazach. Rolę tę uwypukla dość częste występowanie „ciągów” pól wydymowych wzdłuż linii NW-SE w zachodniej części Wyżyny Lubelskiej.

LITERATURA

- Borówka K. R. 1979: Accumulation and redeposition of eolian sands on the lee slope of dunes and their influence on formation of sedimentary structures. *Quaestiones Geographicae*, 5: 5-22.
- Borówka K. R. 1980: Współczesne procesy transportu i sedymentacji piasków eolicznych oraz ich uwarunkowania i skutki na obszarze wydym nadmorskich. *Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej*, 20.
- Buraczyński J. 1996: Wpływ rzeźby na rozwój wydym na Roztoczu. [W:] *Współczesne oraz kopalne zjawiska i formy eoliczne – wybrane zagadnienia*, red. T. Szczypek, J. Wach, Sosnowiec: 28-38.

- Dylikowa A. 1968: Fazy rozwoju wydym w środkowej Polsce w schyłkowym plejstocenie. *Folia Quaternaria*, 29.
- Dylikowa A. 1969: Probmatyka wydym śródlądowych w świetle badań strukturalnych. [W:] *Procesy i formy wydymowe w Polsce*, red. R. Galon. PWN, Warszawa: 39–74.
- Gardziel Z. 1979: Utwory wydymowe północnego przedpola Wyżyny Lubelskiej. *Ann. UMCS, B*, 34: 123–142.
- Goździk J. 1980: Zastosowanie morfometrii i graniformometrii do badań osadów w kopalni węgla brunatnego Bełchatów. *Studia Regionalne IV (IX)*. PWN, Warszawa–Łódź: 101–114.
- Goździk J. 1991: Sedimentological record of aeolian processes from the upper Plenivistulian and the turn of Pleni- and Upper Vistulian in Central Poland. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband*, 90: 51–60.
- Goździk J. 1998: Struktury sedymentacyjne w eolicznych piaskach pokrywowych w Polsce. [W:] *Struktury sedymentacyjne i postsedymentacyjne w osadach czwartorzędowych i ich wartość interpretacyjna*, red. E. Mycielska-Dowgiałło, UW, Warszawa: 167–191.
- Hunter R. E. 1977: Basic types of stratification in small eolian dunes. *Sedimentology*, 24, 3: 366–387.
- Izmailow B. 1998: Struktury sedymentacyjne piasków wydymowych. [W:] *Struktury sedymentacyjne i postsedymentacyjne w osadach czwartorzędowych i ich wartość interpretacyjna*, red. E. Mycielska-Dowgiałło, UW, Warszawa: 153–166.
- Kęsik A., Wojtanowicz J. 1968: Analiza form wydymowych i procesów deflacyjnych fragmentu Kotliny Chodelskiej z wykorzystaniem zdjęć lotniczych. *Fotointerpretacja w Geografii*, 6: 44–59.
- Krajewski K. 1977: Późnoplejstoceniowe i holoceniowe procesy wydymotwórcze w Pradolinie Warszawsko-Berlińskiej w widłach Warty i Neru. *Acta Geographica Lodziensia*, 39.
- Krumbein W. C. 1941: Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *J. Sed. Petr.*, 11.
- Krygowski B. 1964: Graniformometria mechaniczna, teoria, zastosowanie. *Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej*, 2, 4.
- Maruszczak H., Trembaczowski J. 1960: Próba porównania wydym śródlądowych okolic Widina (Bułgaria) i Wyżyny Lubelskiej (Polska). *Czasopismo Geogr.*, 31, 2.
- Morawski J. 1965: Osady piaszczyste Wyżyny Lubelskiej. *Studium sedymentologiczne*. Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin.
- Morawski J., Gardziel Z., Nowak J. 1971: Badania petrograficzne wydymy parabolicznej w okolicy Głuska Dużego (Kotlina Chodelska). *Folia Soc. Scien. Lublinensis*, D, 12.
- Nowaczyk B. 1976: Geneza i rozwój wydym śródlądowych w zachodniej części pradoliny warszawsko-berlińskiej w świetle badań struktury, uziarnienia i stratygrafii budujących je osadów. *Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej*, 16.
- Nowaczyk B. 1986: Wiek wydym, ich cechy granulometryczne i strukturalne a schemat cyrkulacji atmosferycznej w Polsce w późnym vistulianie i holocenie. *UAM, Seria Geografia*, 28.
- Rotnicki K. 1970: Główne problemy wydym śródlądowych w Polsce w świetle badań wydymy w Węglewicach. *Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej*, 11, 2, PTPN.

- Stankowski W. 1963: Rzeźba eoliczna Polski północno-zachodniej na podstawie wybranych obszarów. *Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej*, 6, 1, PTPN.
- Superson J. 1987/1988: Obszary alimentacyjne pokrywowych utworów piaszczystych Roztocza Tomaszowskiego. *Ann. UMCS, B*, 42/43: 31–47.
- Szczypek T. 1986: Procesy wydmotwórcze w środkowej części Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej na tle obszarów przyległych. *Prace Naukowe UŚ*, 823, Katowice.
- Szczypek T. 1995: Nowy rodzaj wydmy barchanopodobnej w górnej części doliny Małej Panwi. *Geographia. Studia et Dissertationes*, 19: 96–106.
- Urbaniak U. 1967: Wydmy Kotliny Płockiej. *Prace Geograficzne PAN*, 61.
- Urbaniak-Biernacka U. 1976: Skład granulometryczny piasków wydmy w Kotlinie Płockiej. *Prace i Studia Instytutu Geograficznego UW*, 17, *Geografia Fizyczna*, 6: 83–125.
- Wojtanowicz J. 1965: Wydmy międzyrzeczca Sanu i Łęgu. *Ann. UMCS, B*, 20, 4: 89–124.
- Wojtanowicz J. 1969: Typy genetyczne wydmy Niziny Sandomierskiej. *Annales UMCS, B*, 24, 1: 1–45.
- Wojtanowicz J. 1970: Wydmy Niziny Sandomierskiej w świetle badań granulometrycznych *Annales UMCS, B*, 25: 1–49.
- Zieliński P. 1998: Rozwój wydmy w późnym vistulianie w Łaziskach koło Opola Lubelskiego. [W:] *Materiały IV Zjazdu Geomorfologów Polskich „Główne kierunki badań geomorfologicznych w Polsce – stan aktualny i perspektywy”*, Wyd. UMCS, Lublin: 393–396.
- Zieliński P. 2001a: Procesy eoliczne w Kotlinie Chodelskiej (Wyżyna Lubelska) – ich natężenie i fazy rozwoju. *Przegląd Geograficzny*, 73, 1–2: 57–73.
- Zieliński P. 2001b: Relacja między piaszczystymi i pylastymi osadami eolicznymi okolic Wrzelowca (Wyżyna Lubelska). *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*, 3, *Seria Geografia*, 64, Poznań: 495–510.
- Zieliński P. [w druku]: Formation conditions of inland longitudinal dunes as derived from the investigations in the western part of the Lublin Upland. *Landform Analysis*, 4.

SUMMARY

Cartometric analysis of eolian form orientation in the western part of the Lublin Upland reveals that the forms of NW–SE orientation are rather numerous (Fig. 1). This direction is commonly considered to be the wind direction during the oldest dune-forming stage (Kęsik, Wojtanowicz 1968; Urbaniak 1967; Wojtanowicz 1965, 1969; Zieliński 2001a). Therefore, it seems to be reasonable to make an attempt to define a role of the NW winds in the development of dune-forming processes.

Three dune fields situated along the NW–SE line, with the dominant NW–SE orientation of eolian forms within them, were selected (Figs 1, 2, 5, 8). The detailed studies comprised macroscopic analysis of deposits, registration of sedimentary structures according to the classifications published by Hunter (1977), Borówka (1979, 1980), Goździk (1998) and Izmailow (1998), and measurements of structural direction components. Field research was supplemented with laboratory works. Grain-size distribution was determined using sieve method, and quartz grain shape in

the fraction 1–0.8 mm using three methods, i.e. of Calieux in Goździk's modification (1980), of Krumbein (1941), and of Krygowski (1964). The results are presented in Figs 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13. On the basis of the obtained data the following conclusions can be drawn:

1. Dune-forming activity of the NW winds was limited to the oldest dune-forming stage (the oldest Dryas) and probably also to the first part of the second one (older Dryas). It is evidenced by the orientation of buried forms, and also of some longitudinal dunes and deflation remnants visible in the modern relief.

2. The transporting role of these winds is worth to note, as the areas situated to the south of Opole Lubelskie are mainly built of the exposed Upper Cretaceous rocks, so the material building the dunes had to come from a longer distance. Transport directions reconstructed on the basis of the measurements of structural direction components, and the analyses of granulometric indices indicate that the Chodel Basin might be the source area of the material which was transported at a distance of 6 km at least.

3. However, the existence of other alimentation areas to the west and south-west of the Góry Opolskie dune field was not excluded. Their role can be revealed by further detailed studies but it is already possible to prove that the material was supplied from these areas during the younger dune-forming stages.

4. The role of the NW winds is also important because they transported sand on the high plains during the oldest dune-forming stage. This sand was the source material for the dunes developing also during the successive stages. It is accentuated by the rather numerous series of dune fields spreading along the NW–SE line in the western part of the Lublin Upland.