

JAN TREMBACZOWSKI

**Próba wyjaśnienia pochodzenia piasków plaży  
i wydym w Puławach**

**Origin of beach-and dune-sands in Puławy**

**Wstęp.**

Celem niniejszej pracy było ustalenie związku genetycznego piasków wydym i plaży w Puławach z piaskami okolicznych moren. Piasek plażowy zebrany został na współczesnej plaży wiślanej w Puławach poniżej mostu; piasek wydymowy na stoku wschodnim strzelnicy wojskowej na poziomie ok. 23 metrów nad poziomem Wisły. Wg Ludomira Sawickiego (9) poziom ten jest terasą dyluwialną (terasa B, wzniesienie 25 m nad dnem doliny Wisły). Piasek morenowy pobrano z podnóża wału moreny na Górnej Niwie, na stoku zachodnim, z głębokości 40 cm poniżej murawy.

Metody badań stosowane w tej pracy były następujące:

1) Porównanie krzywych wielkości ziarn wymienionych piasków, przy czym ziarna mierzone były mikroskopowo za pomocą okularu z podziałką, zgodnie z metodą J. Syniewskiej (11).

2) Analiza obróbki mechanicznej ziarn kwarcu według metody wyżej wymienionej autorki, a w szczególności A. Cailleux (2).

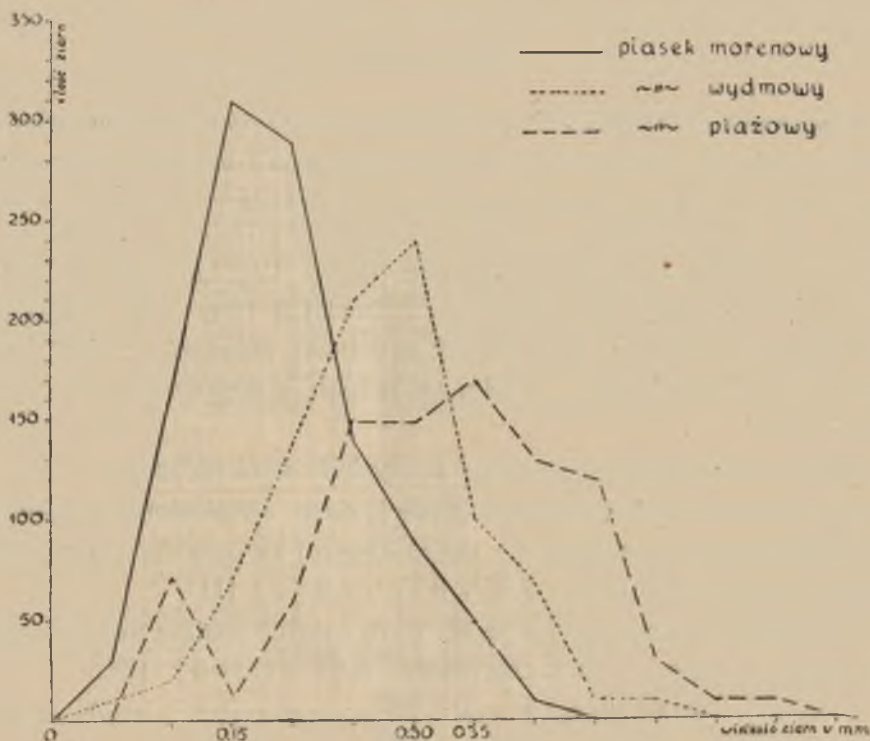
3) Analiza składników mineralnych wymienionych piasków za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego oraz wyznaczenie ich ilościowego stosunku.

### 1. Analiza wielkości ziarn.

Przy pomiarze ziarn uwzględniane były wszystkie ziarna badanej próbki, odmiennie niż przy metodzie J. S y n i e w s k i e j, która odrzucała ziarna powyżej 0,3 mm. W piaskach plaży i wydmy puławskiej właśnie w pobliżu tej wielkości wystąpiło maksimum krzywej rozsiewu ziarn i pominięcie ziarn większych zniekształciłoby krzywe w sposób sztuczny. Wyniki liczbowe przeprowadzonych pomiarów są następujące:

	Średnia wielkość	Wahania
Piasek plaży . . . . .	0.31 mm	0.06–0.6 mm
„ wydmy . . . . .	0.26 „	0.06–0.54 „
„ morenowy . . . . .	0.21 „	0.09–0.44 „

Najgrubsze ziarno posiada zatem piasek plaży, najdrobniejsze piasek morenowy. Przedstawione na rysunku krzywe rozsiewu ziarn wykazują, że krzywe piasku wydmy i moreny mają charakter piasku wydmowego



Ryc. 1. Krzywe rozsiewu ziarn w piasku morenowym, wydminowym i plażowym Puław.  
Dissemination of grain sizes of moraine-, dune- and beach-sand in Puławy.

i są wybitnie podobne do krzywych J. Syniewskiej dla wydmy Jabłonnej-Legionowa, względnie Hołoska koło Lwowa, a także wydmy Zaklikowa, analizowanej przez autora. Piasek morenowy ma ziarno drobniejsze i lepiej wysortowane niż piasek wydmy. Nasuwa się zatem wniosek, że badany piasek morenowy pochodzi z wydmy preglacjalnej, względnie interglacjalnej. Krzywa dla piasku plażowego odbiega zdecydowanie od charakteru krzywej wydmy, ziarno jest tu gorzej wysortowane i piasek obok pelitu kwarcowego zawiera materiał powyżej 0,5 mm średnicy.

## 2. Analiza obróbki mechanicznej ziarn kwarcu.

W badaniu mikroskopowym ziarn wyróżniono następujące typy: a) ziarna ostrokrawędziste, b) częściowo otoczone, c) otoczone.

Procenty owych typów ziarn w badanych piaskach oraz odpowiednie do obróbki rozmiary uwidocznione są w następującej tabeli:

	% ziarn ostrokrawędzistych	Średnia wielkość	% ziarn częściowo otoczonych	Średnia wielkość	% ziarn otoczonych	Średnia wielkość
Piasek plaży . . . . .	25	0,24 mm	46	0,34 mm	29	0,34 mm
Piasek wydmy . . . . .	17	0,21 „	50	0,30 „	33	0,28 „
Piasek moreny . . . . .	36	0,19 „	45	0,20 „	19	0,24 „

Z tabeli tej wynika, że najlepszą obróbkę mechaniczną wykazują ziarna wydmy, najgorszą ziarna piasku morenowego. Poza tym widzimy tu potwierdzenie ogólnie znanego faktu, że dla danego typu piasku stopień obróbki mechanicznej ziarn wzrasta z ich wielkością.

Stosunek poszczególnych typów ziarn w piasku plażowym Puław, analogiczny jest do tegoż stosunku w piaskach fluwioglacjalnych Polesia, badanych przez B. Krygowskiego (6, 7).

	Fluwioglacjalne piaski Polesia	Piasek plażowy Puławy
ziarna otoczone . . . . .	29.25%	29%
„ częściowo otoczone . . . . .	47.61%	46%
„ ostrokrawędziste . . . . .	23.12%	25%

Badania mikroskopowe ziarn piasków ze względu na ich obróbkę mechaniczną zostały uzupełnione badaniami metodą A. Cailleux (2), za pomocą lupy w świetle odbitym na ciemnym tle. Zgodnie z metodą tegoż autora użyto do badań tylko grubsze frakcje ziarn, o wielkościach

powyżej 0,4 mm, wytrawione na zimno 10-procentowym HCl i przemyte wodą. Wyróżniono następujące 4 typy ziarn: a) ziarna nie wykazujące śladów obróbki mechanicznej, b) ziarna otoczone, błyszczące, c) ziarna otoczone, matowe, czyste, d) ziarna otoczone, matowe, zabrudzone, ze śladami spoiwa. Wyniki analizy są przedstawione w tabeli:

	Ziarna nieobrobione	Ziarna otoczone błyszczące	Ziarna otoczone matowe, czyste	Ziarna otoczone, matowe, zabrudzone spoiwem
piasek plaży . . . . .	3.6%	57.5%	24.5%	14.4%
piasek morenowy . . . . .	3.8%	35.9%	52.9%	7.4%
wydma Puławy . . . . .	0.8%	24.9%	73.1%	1.2%
wydma Zaklików . . . . .	1.0%	30.3%	66.9%	1.8%

Najlepszą obróbkę mechaniczną wykazują ziarna wydmy, zgodnie z wynikami badań metodą mikroskopową. Natomiast widocznym jest, że większe (powyżej 0,4 mm) ziarna piasku plaży są mniej zniszczone (mniejszy procent ziarn matowych) niż ziarna piasku morenowego. Nasuwa się przypuszczenie, że drobniejszy materiał piasku plażowego mógł pochodzić z okolicznych moren, grubszy, mniej zniszczony, miał inne źródło.

Badania C a i l l e u x nad obróbką mechaniczną wielu piasków wydym, zarówno współczesnych jak i glacialnych oraz piasków preglacjału północnego wykazują, że piaski te zawierają 50—80% ziarn otoczonych, matowych, czystych. Autor ten stwierdza również, że działanie wody i lodowca bardzo powoli zmienia charakter eoliczny ziarn o średnicy 0,4—1 mm. Z cyfr tu podanych wynika, że piasek morenowy okolic Puław jest piaskiem eolicznie przerobionym i że badane wydmy mają charakter wydym typowych.

### 3. Analiza składników mineralnych piasków okolic Puław.

Na podstawie analizy tych piasków za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego wyróżniono następujące ich składniki:

a) kwarc, b) okruchy skał krzemionkowych, c) skalenie, d) minerały ciężkie.

a) **Kwarc.** Mineral ten stanowi ponad 90% piasku. We wszystkich badanych piaskach pod względem charakteru wzrostków oraz śladów deformacji dynamicznej wykazuje on cechy analogiczne. Zawiera liczne pęcherzyki ciekłe i gazowe oraz wzrostki minerałów, zwłaszcza cyrkonu, rutylu, turmalinu i staurolitu. Rutyl występuje często w pęczkach i siat-

kach drobnych igiełek. Ponad 30% ziarn wykazuje faliste znikanie światła. Ziarna są często wydłużone a zwłaszcza te, które nie wykazują śladów obróbki mechanicznej. Stosunek osi krótszej do dłuższej wynosi dla tych ziarn średnio 1 : 1,65. Wszystkie te fakty świadczą, że znaczny procent ziarn kwarcu badanych piasków pochodzi ze skał magmowych głębinowych lub metamorficznych.

b) **Skalenie.** Występują w ilości 1—4%, najmniej jest ich w piasku plażowym, najwięcej w piasku morenowym, gdzie widoczne są nawet makroskopowo. Najobficiej występuje mikroklin, który jest zupełnie świeży i wykazuje wyraźną siatkę bliźniaczą. Plagioklasy występują w większych ilościach jedynie w piasku morenowym. Wykazują prążki albitowe, często silnie zdeformowane. Maną tu jeszcze jeden dowód na charakter kataklazowy skał, z których piasek pochodzi. Na podstawie niskich współczynników załamania i kątów znikania światła zaliczono te plagioklasy do albitu, względnie oligoklazu. W piasku plaży nie udało się stwierdzić napewno obecności plagioklazu, w piasku wydmy stwierdzono tylko jedno ziarno, należące do albitu. Plagioklaz, jako minerał mniej trwały w stosunku do skalenia potasowego świadczy o krótszym transporcie materiału klastycznego piasku morenowego, w stosunku do dwu innych piasków.

c) **Okruchy skał krzemionkowych.** Okruchy te, występujące w badanych piaskach w ilości 4—7%, należą do kwarcytów drobnoziarnistych, rogowców oraz krzemieni. O obecności okruchów krzemieni wnioskujemy na podstawie stwierdzenia w nich skupień chalcedonu i opalu. Najwięcej okruchów krzemieni zawiera piasek plaży. Piasek morenowy nie zawiera ich wcale.

d) **Minerały ciężkie.** Rozróżniamy wśród nich minerały nieprzeźroczyste oraz przeźroczyste. Minerały nieprzeźroczyste są zabarwione brunatno-żółto, brunatno lub brunatno-czarno, w świetle odbitym są ciemne. Tylko w wyjątkowych wypadkach stwierdzono zielonkawe przeświecanie na brzegach. Są to przypuszczalnie głównie tlenki żelaza. Ze względu na brak ścian pierwotnych, kształty zaokrąglone i nieregularne, niczego bliższego o nich powiedzieć nie można.

Wśród minerałów przeźroczystych stwierdzono w preparatach piasków: granat, staurolit, cyrkon, rutil, turmalin. W celu dokładniejszego zbadanie tych materiałów, oraz stwierdzenia obecności innych, mniej pospolitych, wydzielono je w cieczy ciężkiej.

Przybliżony skład mineralny piasków, wyznaczony w preparatach drogą liczenia ziarn, przedstawia się następująco:

	Kwarc	Okruchy skal krzemionko- wych	Skaleń potasowy	Plagioklaz	Inne minerały
Piasek morenowy .	90 %	5 %	2 %	2 %	1 %
„ wydmowy .	95 %	4 %	1 %	śląd	śląd
„ plażowy . .	92 %	7 %	1 %	„	„

Minerały ciężkie wydzielono za pomocą stopionego, gorącego azotanu srebra. (Był to jedyny środek do wydzielania minerałów ciężkich, jaki udało nam się w okresie wykonania tej pracy uzyskać). Procenty minerałów ciężkich w analizowanych piaskach wyrażają się w następujących liczbach:

	Piasek plaży	Piasek wydmy	Piasek morenowy
Procent wagowy minerałów ciężkich	0,36	0,28	1,05

Piasek morenowy zawiera zatem około trzykrotnie większą ilość minerałów ciężkich niż piasek wydmy i plaży, dla których odpowiednie procenty są bardzo do siebie zbliżone. Faktu tego należało oczekiwać przypuszczając, że piasek wydmy i plaży czerpały swój materiał z piasków morenowych.

Z wydzielonych minerałów ciężkich sporządzono preparaty w balsamie kanadyjskim i zbadano z każdego rodzaju piasku po 1000 ziarn pod mikroskopem polaryzacyjnym. Oznaczono przede wszystkim stosunek minerałów nieprzeźroczystych — a więc głównie tlenków żelaza — do minerałów przeźroczystych. Wyniki oznaczenia są następujące:

	% minerałów nieprzeźro- czystych	% minerałów przeźro- czystych
Piasek plażowy . .	39,0	61,0
„ wydmowy .	32,8	67,2
„ morenowy .	44,6	55,4

Stosunki ilościowe poszczególnych minerałów ciężkich obliczono po wyeliminowaniu tlenków żelaza, gdyż zgodnie z poglądem J. Tokarskiego (12) są one zwykle mało charakterystyczne i nie miarodajne

dla genezy danej skały osadowej. Wyniki oznaczeń i odpowiednich przeliczeń są następujące (w % obj.):

	Piasek plażowy	Piasek wydmowy	Piasek morenowy
granat . . . . .	68,83	48,96	43,09
rutyl . . . . .	5,73	4,17	1,63
cyrkon . . . . .	6,72	25,48	15,20
turmalin . . . . .	4,75	6,70	2,17
staurolit . . . . .	6,22	7,45	0,91
piroksen . . . . .	3,00	2,08	5,60
korund . . . . .	0,66	0,15	—
amfibol . . . . .	0,33	2,53	6,52
cjanit . . . . .	0,50	—	—
minerały nieoznaczalne	3,12	2,68	1,63
biotyt . . . . .	—	—	23,53

Z tabeli tej wynika, że stosunki jakościowe i ilościowe w badanych piaskach są na ogół analogiczne i przemawiają na korzyść możliwości związku genetycznego tych skał. Obecność minerałów mało odpornych na wietrzenie jak biotyt, amfibol, w piasku morenowym, w którym stwierdzono poprzednio obecność mało odpornego na wietrzenie plagioklaz, jest zgodna z faktem, że materiał macierzysty piasku morenowego był mniej zniszczony przez transport i wietrzenie, niż materiał tworzący piasek plaży i wydmy. Duży procent staurolitu w piaskach wydmy i plaży — minerału, którego prawie brak w piasku morenowym, — nasuwa przypuszczenie, że źródłem tych minerałów mogły być skały odmienne od okolicznych moren. Nagromadzenie cyrkonu w piasku wydmowym jest przypuszczalnie spowodowane małymi wymiarami tego minerału. Średnia wielkość jego ziarn (0,10 mm) jest o połowę mniejsza od średniej wielkości innych minerałów ciężkich, tak że mimo swego wysokiego ciężaru właściwego minerał ten mógł być łatwiej transportowany przez wiatr, aniżeli inne.

Cechy poszczególnych minerałów ciężkich, stwierdzone mikroskopowo, są następujące:

**Granat.** Występuje w ziarnach przeważnie ostrokrawędzistych i nieregularnego kształtu, barwy różowej. W piaskach wydmy zdarzają się ziarna okrągławe a czasem o zarysach prawidłowych. Minerał ten anomalii optycznych na ogół nie wykazuje. Zawiera czasem wrostki mine-

rałów dwójłomnych, trudnych do oznaczenia. Średnia wielkość ziarn wynosi w piaskach plaży około 0,2 mm, w piaskach wydmy i moreny ok. 0,15 mm.

**Rutyl.** Ziarna przeważnie zaokrąglone barwy czerwono-brunatnej, lub brunatno-żółtej. Średnia wielkość we wszystkich badanych piaskach ok. 0,2 mm.

**Cyrkon.** Ziarna o średnicy 0,1 mm, wybitnie dobrze otoczone, bezbarwne lub zielonkawe.

**Turmalin.** Oliwkowo- lub niebiesko-zielony, w ziarnach otoczonych, rzadziej słupkach regularnych, średniej wielkości ok. 0,25 mm.

**Staurolit.** Barwy żółtej lub pomarańczowo-żółtej, z licznymi drobnymi wrostkami minerałów nieprzeźroczystych lub słabiej dwójłomnych. Ziarna otoczone lub nieregularne, średnica ok. 0,22 mm.

**Piroksen.** Barwy zielonkawej lub różowej, bez wyraźnego pleochroizmu, wykazuje duże kąty znikania światła względem pionowej osi krystalograficznej; należy przypuszczalnie do augitu. Ziarna często w słupkach regularnych, wykazują charakterystyczną łupliwość. Średnia wielkość ziarn ok. 0,25 mm.

**Korund** — niebieskawy w drobnych, otoczonych ziarnach.

**Amfibol** — jednoskośny, zwykle zielony, rzadziej brunatny, o kącie znikania światła względem pionowej osi krystalograficznej ok.  $15^{\circ}$ , zwykle występuje w regularnych słupkach, dochodzących do 0,3 mm długości.

**Biotyt** — przeważnie czerwono-brunatny, rzadziej oliwkowo-brunatny, w świeżych blaszkach o średnicy 0,4 mm.

Pośród minerałów trudnych do oznaczenia, ze względu na ich drobne i mało charakterystycznie wykształcone ziarna, występują być może: epidot, zielony spinel, piroksen rombowy.

### Uwagi ogólne o minerałach ciężkich badanych piasków.

Z wyjątkiem biotyту, piroksenu i amfibolu wszystkie opisane minerały ciężkie wykazują ślady daleko posuniętej obróbki mechanicznej, uzyskanej być może dzięki intensywnie działającym czynnikom eolicznym w ciągu niedługiego czasu. Równie dobrze możnaby przypuścić zmienne koleje tych minerałów w ciągu kilku cykli geologicznych. Jednakże podobny skład jakościowy i stosunek ilościowy zespołu tych minerałów, a w szczególności duże nagromadzenie granatu we wszystkich badanych rodzajach piasków, świadczą wymownie o związku genetycznym piasków wydmy i plażowych okolic Puław z okolicznymi morenami. Także obecność tak łatwo ulegających wietrzeniu minerałów jak: amfibol i piro-



ksen — we wszystkich badanych piaskach przemawia na korzyść takiego przypuszczenia. Porównanie powyższej analizy minerałów ciężkich z wynikami pracy St. Małkowskiego (8) wykazuje, że zespół jakościowy tych minerałów jest analogiczny. W piaskach puławskich nie stwierdzono jednak obecności oliwinu.

### Zestawienie wyników.

1) Porównanie krzywych rozsiewu ziarn, mierzonych mikroskopowo w piasku wydmy i plaży w Puławach oraz piasku okolicznej moreny, wykazało analogie kształtu krzywych dla wydmy i piasku morenowego. Krzywe te wykazują niewątpliwie charakter piasków, przesortowanych czynnikiem eolicznym. Z krzywej rozsiewu ziarn dla piasku plaży odczytać można, że piasek ten zawiera ziarna bardzo różnorodne pod względem wielkości i obok pelitu kwarcowego zawiera ziarna średniej wielkości i grubsze. Średnie wielkości ziarn są najmniejsze w piasku morenowym, największe w piasku plaży.

2) Zgodne na ogół z tymi wynikami rezultaty uzyskuje się przez analizę obróbki mechanicznej ziarn, przy czym wykonano zarówno analizę mikroskopową w świetle przepuszczonym jak i pod lupą w świetle odbitym na ciemnym tle. Najdokładniejszą obróbkę mechaniczną wykazują ziarna plaży. Piasek morenowy wykazuje wprawdzie najwyższy procent ziarn ostrokrawędzistych, natomiast w grubszej jego frakcji stwierdzono znaczny procent ziarn otoczonych i matowych a zatem zniszczonych czynnikiem eolicznym, podczas gdy piasek plaży zawiera dużo ziarn otoczonych i błyszczących, nie mających charakteru eolicznego. Zestawienie odpowiednich cyfr wskazuje na ścisły związek genetyczny między piaskiem wydmy i moreny, a nasuwa przypuszczenie o domieszcze odmiennego materiału w piasku plaży.

3) Analiza składników mineralnych badanych piasków wykazała, że kwarcy są w dużym procencie pochodzenia granitowego oraz ze skał metamorficznych. Skalenie występują w ilości 2—4% i są najliczniejsze w piasku morenowym, w którym obok skalenia potasowego występuje także świeży plagioklaz. Ten ostatni w piaskach wydmy i plaży pojawia się jedynie akcesorycznie. Okruchy skał w piaskach należą do kwarcytów, rogowców i krzemieni z chalcedonem i opalem. Te ostatnie są najliczniejsze w piaskach plaży a w piasku morenowym są nieobecne. Skład jakościowy i ilościowy zespołu minerałów ciężkich wykazuje analogie, świadczące o wspólnym źródle co najmniej pewnej części materiału klastycznego. Tylko niektóre minerały jak biotyt, staurolit, nie są wspólne

dla badanych piasków. Biotyt jest minerałem charakterystycznym piasku morenowego, staurolit jest w nim natomiast bardzo nieliczny. Dominuje we wszystkich badanych piaskach granat, jako charakterystyczny minerał ciężki. Wszystkie te minerały są dobrze wysortowane pod względem wielkości i wykazują na ogół intensywną obróbkę mechaniczną.

4) Zespół wszystkich zaobserwowanych faktów wskazuje na to, że piasek wydmy czerpał swój materiał głównie z piasków okolicznych moren a piasek plaży również zawiera domieszkę tego materiału. Co do udziału piasków trzeciorzędowych przy tworzeniu omawianych piasków nie mamy żadnych wskazówek. O obecności zwietrzałego glaukonitu wśród minerałów nieprzeźroczystych nie można nic pewnego powiedzieć. Również co do pochodzenia domieszek odmiennych od materiału okolicznych moren nie uzyskano na podstawie analiz petrograficznych żadnych wskazówek.

Pracę niniejszą wykonałem z inicjatywy prof. A. Malickiego, który wybrał mi temat pracy, podał wskazówki co do pobierania próbek oraz korzystania z literatury. Analiza petrograficzna przeprowadzona została w Zakładzie Mineralogii i Petrografii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie.

Prof. Dr. A. Malickiemu i Prof. Dr. M. Turnau-Morawskiej za pomoc w pracy oraz liczne rady i wskazówki składam gorące podziękowanie.

#### L I T E R A T U R A .

1. Biskupski Stefan — Z petrografii trzeciorzędu okolic Gologór na północnej krawędzi Podola. Kosmos A. 1936.
2. Cailleux André — Les action éoliennes periglaciaires en Europe. Paris, Société Géologique de France. 1942.
3. Freise Friedrich — Beobachtungen an den Binnenlanddünen des nordöstlichen Dürregebietes von Brasilien. Pet. Mitt. 1937.
4. Jaskólski Stanisław — Wstęp do charakterystyki petrograficznej niektórych seryj ropnych polskich Karpat Fliszowych. Warszawa 1939, P. I. G, Biul. 23.
5. Krygowski Bogumił — Bericht über eine neue Methode der Selektion der Sandkörner nach ihrem Rundungsgrade. Arch. Min. Tow. Nauk. Warsz. t. XIII, 1937.
6. Krygowski Bogumił — Zarys geologiczno-morfologiczny południowego Polesia. Pozn. Tow. Przyj. Nauk. Prace Kom. Mat.-Przyr. Seria A. t. V, zeszyt I. Poznań 1947.
7. Krygowski Bogumił — Untersuchungen klastischer quartärer Materiale mittels geologisch-petrographischer Methoden. Bull. Int. Ac. Sc. Seria A. Kraków 1938.

8. Małkowski Stanisław — O wydmach piaszczystych okolic Warszawy. Prace Tow. Nauk. Warsz. 1917.
9. Sawicki Ludomir — Przełom Wisły przez Średniogórze Polskie. Prace Inst. Geogr. U. J. wydaw. przez Ludomira Sawickiego, zeszyt 4. Kraków 1925.
10. Sawicki Ludwik — Przyczynek do znajomości dyluwium oraz morfogenezy przełomu Wisły pod Puławami. Przegl. Geogr. t. XIII, zeszyt 2—4, Warszawa, 1933.
11. Syniewska Janina — Próba analizy piasków środowiska wodnego i eolicznego. Kosmos A. 1929.
12. Tokarski Julian — Ciężkie minerały jako wskaźniki stratygraficzne serii fliszowych. „Nafta“ nr 9. 1947.
13. Tschermak G. — Becke F. — Podręcznik mineralogii w opracowaniu Morozewicza. Warszawa, 1931.

## SUMMARY

### Origin of beach-and dune-sands in Puławy.

The author submitted to a detailed petrographic analysis three types of sand: dune-sand, beach-sand and moraine-sand, the samples of which were taken from the environment of Puławy near Lublin. The aim of these investigations was the statement of a genetic relation between the dune-sand near the shore of Vistula-river, beach-sand and moraine-sand from the next environment. Methods of investigation were following: Measurement of grain size with help of a microscope, observation of their mechanical loear in transmitted and reflected light, qualitative and quantitative optical analysis of the mineral components. The heavy minerals were separated with help of melted nitrate of silver. Results of above investigations were following:

1) The dissemination-curves of grain-sizes, determined for the investigated sands, show a distinct analogy and particularly the curves concerning dune-sand and moraine-sand. These curves have an expressive character of eolian deposits. The curve of beach-sand shows a somewhat different shape, its secondary culmination for small grains and its extending to larger grains on the other side seems to prove a mixing of material differing from that of the other two sands.

2) Observations of mechanical wear of quartz grains lear to conclusions which agree with those obtained by the former method of investigation. The moraine-sand show the highest percent of angular grains, but among its larger grains there is a remarkable quantity of rounded lustreless grains, which proves an expressive influence of eolian agents. Grains of the dune-sand show undoubtedly eolian character, whereas in the

beach-sand polished rounded grains are mixed with lustreless and dirty grains. The author concludes, that both dune- and beach-sand derived their material from the moraine-sand, but the material of the beach-sand was probably reworked by fluvial agents and some other detrital material was mixed up.

3) Microscopical analysis of mineral components showed, that the quartz grains derive mostly from granite and metamorphic rocks. Felspars appear in amount 2—4% and are the most numerous in moraine-sand, where fresh plagioclase (albite, oligoclase) appear besides potash felspar (chiefly microcline). In the dune- and beach-sand plagioclase grains seldom appear. Rock fragments of the sands belong to quartzites, flints and cherts, the last showing chalcedone and opal in its microscopic aspect. Cherts appear the most frequently in the beach sands, they are absent in the moraine-sand. The qualitative and quantitative composition of heavy minerals assemblage is similar in all investigated sands, which proves their common origin. Garnets prevail in all these sands and its amount is about 50%. The less permanent minerals as biotite, amphibole, pyroxene, appear in larger amount in the moraine-sand than in the other ones, which is in agreement with the supposition, that the two latter sands derive from the former. All heavy minerals are well rounded and show a good sorting as to their sizes.

4) Results of microscopical analysis of the investigated sands lead to conclusion, that the detrital of dune- and beach-sand of Puławy derived chiefly from surrounding diluvial rocks. As to the share of tertiary sand grains in the investigated sands or of other rock fragments the above presented microscopic analysis gave no indications.

*Institute of Geography  
and  
Institute of Mineralogy & Petrography,  
University M. Curie-Skłodowska, Lublin.*

A-15754

WYDAWCA  
J. PIETRZYKOWSKI  
LUBLIN

Nakł. 1400. 61 x 86. V kl. 80 g