

## **RECENZJA**

**pracy doktorskiej mgr inż. Agaty Sochan**

**pt. „Metodyczne aspekty wyznaczania kształtu cząstek frakcji piaszczystej osadów  
z wykorzystaniem mikroskopii optycznej”**

Analiza kształtu oraz struktury powierzchni cząstek należy do podstawowego kanonu metod badań sedymentologicznych, obok charakterystyki wysortowania i uporządkowania (ułożenia) cząstek w osadzie. Ma więc szerokie zastosowanie w pracach geologicznych i geomorfologicznych ukierunkowanych na rekonstrukcję genezy osadów i warunków ich sedymentacji. Analiza kształtu i struktury powierzchni cząstek jest też coraz częściej wykorzystywana w badaniach gleboznawczych, na przykład do odróżniania efektów pedogenezy od pierwotnych nieciągłości litologicznych, rozpoznawania materiałów i warstw redeponowanych, wyróżniania tzw. glebopokryw formujących się w odmiennych warunkach klimatycznych itd. Wprowadzanie różnorodnych technik badawczych, w tym mikroskopii optycznej oraz elektronowej zaowocowało opracowaniem dużej liczby wskaźników charakteryzujących kształt oraz strukturę powierzchni ziaren, odzwierciedlających ogromną różnorodność tych cech w osadach różnej genezy i różnego wieku. Mimo dekad studiów, większość metod stosowanych w tej dziedzinie nadal odznacza się dużym subiektywizmem, co w oczywisty sposób utrudnia porównywanie wyników badań naukowych i sprecyzowanie jednoznacznych charakterystyk poszczególnych rodzajów osadów. Pojawiające się nowe techniki pomiarowe i narzędzia obliczeniowe nieustannie dają jednak nadzieję na pokonanie tych barier i zobiektywizowanie wyników badań sedymentologicznych.

Pani mgr Agata Sochan podjęła się oceny możliwości połączenia mikroskopowej techniki rejestracji obrazu cząstek mineralnych z nowoczesnymi narzędziami analizy kształtu ziaren w celu ich poprawnej klasyfikacji i ustalenia genezy osadu. Jest to zagadnienie tyleż ważne i interesujące z naukowego punktu widzenia, co skomplikowane od strony technicznej i merytorycznej. Można wręcz zaryzykować stwierdzenie, że Doktorantka podjęła się

skonfrontowania obiektywnych narzędzi pomiarowych i analitycznych z klasyfikacjami w dużym stopniu subiektywnymi.

Tytuł i cel pracy ostrożnie zawężają zakres rozprawy tylko do opracowania i oceny metody obiektywizującej przyporządkowanie cząstek do poszczególnych klas zaokrąglenia w skali Krumbeina, ale zakres przeprowadzonych prac ujawnia znacznie ambitniejsze zamierzenia, to jest próbę „zautomatyzowania” określania genezy osadów na podstawie analizy kształtu ich cząstek metodą opracowaną w pierwszym etapie.

Próbki do badań pobrano na 42 stanowiskach o ustalonej genezie osadów piaszczystych (eolicznych, morskich, fluwioglacjalnych, fluwioperyglacjalnych a także piasków aluwialnych, z nizinnych i górskich odcinków dolin). Próbki wysuszono i odsiano frakcje szkieletowe, a następnie rozdzielono na 5 frakcji zgodnych z klasyfikacją PTG. Ponadto część próbek potraktowano 10% kwasem solnym w celu usunięcia domieszek węglanów potencjalnie mogących jako lepiszcze wpływać na wyniki analizy wielkości lub kształtu ziaren. Kluczowym technicznym etapem prac była rejestracja obrazów cząstek wykonana metodą mikroskopii optycznej z użyciem zautomatyzowanego analizatora Morphologi G3 wyposażonego w kamerę cyfrową i sprzężonego z jednostką dyspergującą ziarna piasku na szkiełku pomiarowym.

Pod względem merytorycznym, rozprawa prezentuje wyniki analiz w dwóch aspektach: (1) dobór parametrów kształtu cząstek najlepiej charakteryzujących cząstki zaliczone do kolejnych klas zaokrąglenia w skali Krumbeina, oraz (2) analiza zmienności kształtu cząstek osadów różnej genezy, dobór parametrów najlepiej charakteryzujących cząstki osadów różnej genezy i zastosowanie sieci bayesowskiej oraz równań regresji do klasyfikacji osadów. W pierwszym etapie analiza objęła 35 parametrów charakteryzujących kształt wzorcowych cząstek (w tym parametrów wydłużenia, kolistości i struktury powierzchni). Analizowano normalność rozkładów uwzględnionych parametrów, istnienie trendu wartości średnich parametrów, a przede wszystkim istotność różnic między wartościami średnimi parametrów w kolejnych klasach zaokrąglenia. W drugim etapie prac, Doktorantka skupiła się na podstawowych aspektach metodycznych wpływających poprawność rejestracji kształtu cząstek, które mogą mieć kluczowe znaczenie dla rzetelności całej analizy, to jest na ocenie konieczności wstępnego oczyszczania cząstek z węglanów oraz na ocenie powtarzalności pomiarów. Następnie porównano wartości średnie i odchylenie standardowe sześciu wytypowanych w pierwszym etapie parametrów kształtu dla 42 analizowanych osadów różnej genezy, osobno w każdej z pięciu wydzielonych frakcji

piaskowych. W kolejnym etapie zastosowano bardziej zaawansowane narzędzia wspomagające grupowanie zbiorów cząstek według ich genezy, to jest klasyfikator oparty na twierdzeniu Bayesa oraz narzędzie oparte na równaniach regresji liniowej i wielomianowej.

Doktorantka sformułowała szereg wniosków cząstkowych na kolejnych etapach analizy oraz kilka wniosków końcowych dotyczących:

- braku możliwości przyporządkowania cząstek piasku do klas zaokrąglenia według Krumbeina na podstawie pojedynczego parametru kształtu (odczytanego na podstawie obrazów cząstek zarejestrowanych z użyciem mikroskopii optycznej),
- dużej przydatności metod opartych na równaniach regresji (szczególnie wielomianowej) oraz na sieci bayesowskiej pod warunkiem wytypowania odpowiedniego zestawu parametrów kształtu,
- braku możliwości jednoznacznego ustalenia genezy osadów piaszczystych na podstawie analizowanych parametrów kształtu i przy wykorzystaniu zastosowanych technik rejestracji obrazów cząstek i ich numerycznej analizy.

Oceniana rozprawa doktorska obejmuje 133 strony i jest podzielona na 7 rozdziałów. Układ pracy jest poprawny i przejrzysty. Rozprawa rozpoczyna się sformułowaniem i uzasadnieniem problemu badawczego, którego różne aspekty omówione zostały w oparciu o rozbudowany przegląd literatury w rozdziałach 1-3 (Wstęp, Przegląd piśmiennictwa, Cel pracy). Dalszymi częściami rozprawy są: opis metodyki badań, w tym procedur laboratoryjnych, procedury rejestracji obrazów mikroskopowych oraz zakresu wykorzystania oprogramowania komputerowego do klasyfikacji wyników pomiarów z ich statystycznym opracowaniem (rozdział 4). Zagadnienia metodyczne są arbitralnie rozdzielone między rozdziały 4 i 5 („Wyniki i dyskusja”), gdyż duża część uzyskanych wyników jest omawiana w ścisłym kontekście metodycznym, co zresztą jest istotą rozprawy. Prezentowane wyniki, a niekiedy również niuanse metodologii, są na bieżąco konfrontowane z ustaleniami lub opiniami innych badaczy, co jest walorem tak wielowątkowej pracy. Również zamieszczenie cząstkowych rekapitulacji na końcu wyróżnionych bloków tematycznych ułatwia percepcję wyników i umożliwia płynne przejście do następnych partii tekstu. Rozprawa kończy się sformułowaniem 5 wniosków, wyprowadzonych w oparciu o wyniki własnych badań. W sensie technicznym, pracę zamyka spis literatury obejmujący około 190 pozycji, w znacznej części obcojęzycznych. Rozprawa została napisana profesjonalnym, a jednocześnie łatwym w odbiorze językiem, mimo używania ogromnej liczby symboli i skrótów. Wyniki analiz są zestawione w 18 tabelach oraz na 21 wykresach, niekiedy bardzo rozbudowanych i

wieloczęściowych. Należy wyróżnić wysoki poziom edytorski pracy, a jedynym dostrzegalnym technicznym mankamentem jest przypadkowy dobór kolorów na niektórych wykresach (chyba tylko na wykresie nr 20 zastosowano logiczną sekwencję barw kolejnych klas).

Doktorantka wykazała się dobrym zrozumieniem problematyki badań i znajomością dotychczasowych dokonań w tym zakresie, umiejętnością zastosowania całej gamy metod laboratoryjnych i oprogramowania analitycznego, znajomością i poprawnym zastosowaniem aparatu statystycznego, rzetelnością w prezentacji zastosowanych technik oraz uzyskanych wyników badań, oraz umiejętnością prowadzenia dyskusji własnych rezultatów na tle wniosków innych badaczy, co potwierdza jej przygotowanie do samodzielnej pracy naukowej.

Szeroki zakres podjętych prac, wysoka jakość oraz wartość naukowa uzyskanych wyników są walorami rozprawy decydującymi o jej jednoznacznie pozytywnej ocenie. Praca nie jest jednak wolna od mankamentów, toteż pozwolę sobie przedstawić kilka mniej lub bardziej szczegółowych uwag.

1. Zastosowane w pracy metody analizy z zasady bazują na oficjalnych normach/standardach. Dlatego zaskakuje fakt, że akurat w definiowaniu terminów związanych z ewaluacją metod analitycznych Doktorantka nie odwołała się do poświęconej temu normy PN-EN ISO 17025:2005, co spowodowało błędną interpretację pojęcia „odtwarzalność”. Odmienność warunków, o której mowa przy definicji „odtwarzalności” dotyczyć może laboratorium, osoby analityka, a nawet techniki analitycznej, ale nie przedmiotu analizy, czyli próbki. To, co Doktorantka nazywa „odtwarzalnością”, w moim przekonaniu jest „powtarzalnością” ocenianą w różnych próbkach.
2. Nie mam pewności, czy wnioskowanie dotyczące wpływu wielkości cząstek na powtarzalność analizy kształtu jest poprawne, gdyż przeprowadzony eksperyment jest niekompletny. Wnioskowanie na temat wpływu określonego czynnika powinno być prowadzone po wyeliminowaniu innych czynników zmienności; w tym wypadku - przy użyciu dwóch różnych frakcji ziaren podobnie kanciastych (na przykład z Ornaku) albo podobnie kulistych (na przykład z Orzechowa). Uwzględnienie we wnioskowaniu jednocześnie dwóch wymienionych czynników (kanciastość oraz wielkość frakcji) również wymagałoby testowania krzyżowego, a więc pomiarów z wszystkich czterech a nie dwóch prób.

3. Wykorzystane w analizach parametry kształtu cząstek, które zaczerpnięto z literatury są lepiej lub gorzej, ale z reguły objaśnione przez ich autorów w źródłowych publikacjach. Doktorantka proponuje dwa nowe parametry kształtu, ale nie wyjaśnia, jaki jest ich sens merytoryczny i na czym polega ich konkurencyjność w stosunku do parametrów już wykorzystywanych.
4. Nie mogę się zgodzić ze stanowczością wniosku o niecelowości usuwania węglanów z analizowanych próbek. Doktorantka zacytowała spostrzeżenia innych badaczy oraz przeprowadziła poprawną dyskusję problemu (na stronie 83), w świetle której ostateczny wniosek jest nie do przyjęcia, gdyż nie znajduje poparcia w wynikach własnych badań. Eksperymentowano z próbkami zawierającymi do 1,2% węglanów, zatem tylko do takiej ich zawartości, a nie dowolnie wysokiej, mogą się odnosić wnioski.
5. Niezrozumiałe jest, w tak ściśle zaplanowanym eksperymencie, selektywne odrzucanie cząstek, które ze względu uznane zostały za nieprawidłowo zatrzymane na sicie, bez określenia konsekwencji ich usunięcia z analizowanej frakcji. O ile można przyjąć, że zatrzymywanie się cząstek drobniejszych niż nominalny rozmiar oczek sita jest mankamentem technicznym i cząstki te powinny być przeniesione do frakcji drobniejszej (ale nie pominięte), o tyle całkowite odrzucenie cząstek o rozmiarze większym niż nominalny ze względu na wydłużenie jednej z osi jest w mojej opinii nieprawidłowe i może doprowadzić do błędnego oszacowania niektórych parametrów kształtu cząstek osadów o różnej genezie. Uważam, że niezbędne jest podanie przynajmniej odsetka odrzuconych cząstek.
6. Zgadzam się z Doktorantką, że żadna z metod może nie być skuteczna przy identyfikacji osadów fluwioglacjalnych, gdyż osady te charakteryzują się ogromną różnorodnością pod każdym względem: materiału źródłowego, energii i długości transportu wodnego, postsedymentacyjnych przemian w środowisku peryglacjalnym. W mojej opinii należy dobitniej podkreślić jeszcze jeden czynnik dotyczący powierzchniowych warstw tych osadów (jeśli są analizowane). Na terytorium Polski piaski fluwioglacjalne (wszelkiego typu) lokalnie były nawet kilkakrotnie redeponowane, zarówno w końcowych fazach plejstocenu, jak i w holocenie, co doprowadziło do powstania na dużych obszarach tzw. piasków pokrywowych, których cząstki mogą równocześnie nosić ślady transportu wodnego oraz eolicznego. Fakt ten jest niestety standardowo pomijany nawet na szczegółowych mapach geologicznych ze względu na metodykę przyjętą w kartografii


geologicznej (brak specyficznych cech warstw powierzchniowych o miąższości mniejszej niż 2 m).

7. Metoda klasyfikacji populacji cząstek oparta na równaniach regresji jest przedstawiona, na przykład we wniosku 2, jako obiektywna, „eliminująca uciążliwą i subiektywną analizę wykonywaną dotąd przez badacza”. Jednakże równania regresji wyprowadzone zostały na podstawie analizy cząstek wzorcowych arbitralnie wybranych ze zbioru posiadanych próbek osadów o określonej genezie. Czy można w jakiś sposób określić na ile uniwersalne są otrzymane równania regresji, a więc w jakim stopniu eliminują konieczność każdorazowego wykonywania pracochłonnego i subiektywnego wyboru i analizy cząstek wzorcowych?

Reasumując, chciałbym podkreślić, że recenzowana rozprawa doktorska zawiera oryginalny materiał badawczy o istotnej wartości naukowej, przyczyniający się do rozwoju wiedzy na temat zmienności parametrów kształtu osadów różnej genezy a także nowoczesnych metod ich analizy. Uwagi wymienione w niniejszej opinii nie podważają wartości naukowej całości rozprawy i w większości odnoszą się do sfery interpretacyjnej, przez co mogą być łatwo uwzględnione na etapie przygotowania publikacji do profesjonalnych czasopism naukowych. Przedstawiona praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez art. 13. Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym z 14.03.2003 r.

W związku z powyższym stawiam Radzie Naukowej Instytutu Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN w Lublinie wniosek o dopuszczenie rozprawy Pani mgr inż. Agaty Sochan pt. „Metodyczne aspekty wyznaczania kształtu cząstek frakcji piaszczystej osadów z wykorzystaniem mikroskopii optycznej” do publicznej obrony.

Wrocław, dnia 31 marca 2014 r.



prof. dr hab. Cezary Kabała