

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Anety Siemińskiej
*Sedymentacja kompleksu olistostromowego oraz bezpośrednio podścielających
i nadległych osadów detrytycznych w rejonie Skrzydłnej (Polskie Karpaty Zewnętrzne)*

Tytuł i cele pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska w postaci jednoautorskiego opracowania monograficznego podejmuje tematykę z zakresu sedymentologii, poświęconą analizie kopalnych podmorskich osadów chaotycznych. Autorka postawiła sobie za cel zrozumienie mechanizmów i procesów niszczenia stoków podmorskich przez spływy osadów masowych oraz powiązania ich wystąpień ze zdarzeniami sejsmicznymi. Wybrała Ona do realizacji tego celu serię głębokowodnych skał oligoceńskich z Karpat Zewnętrznych, zdeponowanych we fliszowym basenie, która zawiera osady olistostromy tkwiące w sekwencji innych skał osadowych (warstw menilitowych).

Moim zdaniem, temat badawczy jest interesujący ale był jednocześnie trudny do realizacji, bowiem owa sedymentacja dotyczyła basenów resztkowych u czoła przyzmy akrecyjnej, gdzie zachodzą szybkie zmiany w wielu elementach środowiska związane z niestabilnością stoków, głębokością basenu, kierunkami i sposobem transportu materiału okruchowego. Wśród szczegółowych celów pracy postawionych przez autorkę było rozpoznanie szerokiego spektrum cech osadów prowadzących do depozycji olistostromy i kompleksów otaczających, wskazanie cech i położenia strefy źródłowej materiału okruchowego, ale przede wszystkim interpretacja mechanizmów transportu tego materiału. W takim układzie, rozprawa doktorska ma w założeniach kontekst głównie metodyczny, w mniejszym – regionalny. Ten pierwszy aspekt jest wypełnieniem wymogu stawianego pracom doktorskim, tj. oryginalnego rozwiązania problemu badawczego.

Struktura pracy

Dysertacja jest napisana w języku polskim i liczy 161 stron, gdzie oprócz tekstu zasadniczego zawarto 64 ryciny, 8 tabel, literaturę (253 pozycje) oraz 5 wielkoformatowych załączników graficznych zamieszczonych poza tekstem. Struktura pracy jest zgodna z zasadami przygotowania prac naukowych, odpowiadających postępowaniu badawczemu. Składa się ona z 12 rozdziałów, których kolejność jest logiczna, a które zawierają szerokie wprowadzenie do tematu z nakreśleniem celu badań, stosowane metody, rezultaty tych badań oraz dyskusję wyników.

Dwa początkowe rozdziały obejmują wprowadzenie do tematu, cele, historię badań i szkic budowy geologicznej z elementami paleogeografii (łącznie 12 stron). W rozdziałach trzecim i czwartym (18 stron) doktorantka zawarła szerokie wprowadzenie metodyczne i przedstawiła charakterystykę olistostrom oraz wybranych typów spływów grawitacyjnych, z wykorzystaniem głównie obcojęzycznej literatury. Szczegóły metodyczne przedstawiono w rozdziale piątym (6 stron). Właściwe postępowanie badawcze autorki dokumentuje pięć kolejnych rozdziałów (6-10). W pierwszych trzech opisano: (i) osady podścielające olistostromę (9 stron), (ii) osady samej olistostromy z wyróżnieniem i analizą facji oraz struktur sedymentacyjnych (35 stron) oraz (iii) nadległy kompleks piaskowcowo-łupkowy, również z charakterystyką struktur sedymentacyjnych (35 stron). Przedstawione w tych trzech rozdziałach opisy i analizy sedymentologiczne kończą podrozdziały, w których doktorantka zinterpretowała warunki sedymentacji. Wysoko oceniam taką strukturę opisu, gdyż przy ogromnej liczbie danych, to bardzo ułatwia czytelnikowi podążanie za tokiem badawczym. Dopełnieniem charakterystyki litologicznej są zebrane dane na temat kierunków transportu materiału okruchowego oraz składu mineralnego

piaskowców (rozdziały 9 i 10; łącznie 13 stron). Pracę kończy obszerny (10 stron) rozdział dyskusyjny, w którym Autorka przedstawiła model depozycji olistostromy na tle warunków sedymentacji w okresie poprzedzającym i kolejnym (młodszym). A całość zamknęła trzystronicowym podsumowaniem. Godne podkreślenia w strukturze pracy są odpowiednie proporcje między częścią wprowadzającą, wynikową i dyskusyjną.

Obszar badań

Był nim czynny kamieniołom w miejscowości *Skrzydlna*, położony geograficznie w południowej części *Pogórza Wiśnickiego* w Karpatach, ok. 21 km na południe od północnego brzegu Karpat oraz niewielkie odstąpienie geologiczne (ok. 20 m osadów) w korycie potoku *Stróska Rzeka*, oddalonego o ok. 3 km na wschód od kamieniołomu, które częściowo dało możliwość przestrzennej interpretacji facji. Geologicznie obszar ten należy według autorki (oraz części innych badaczy: Burtan, 1984; Waśkowska i in., 2016) do jednostki przedmagurskiej Karpat Zewnętrznych, choć przez innych autorów był on zaliczany do jednostki śląskiej (Polak, 1999; Cieszkowski i in., 2012) albo dukielskiej (Kotarba i in., 2017). Recenzent uważa, że zabrakło tutaj wyjaśnienia przyjętej przez Autorkę pozycji tektonicznej badanego obszaru w kontekście paleogeograficznym. W dalszej części pracy Autorka również unikała precyzowania położenia basenu, używając nazwy „basen menilitowy” (str. 5), która ma dość szerokie znaczenie paleogeograficzne. Dopiero w rozdziale podsumowującym (Rozdz. 11), Autorka wspomniała o tym, ale tylko w jednym zdaniu, bez przedstawienia szerszego uzasadnienia i kontekstu paleogeograficznego, że lokalizuje miejsce sedymentacji olistostromy ze Skrzydlny w subbasenie przedmagurskim (dukielskim).

Materiał badawczy i metodyka

Odnosząc się do celów rozprawy, ocena jej strony metodycznej ma kluczowe znaczenie dla oceny całej pracy doktorskiej. Autorka wybrała do badań sedymentologicznych 13 profili, w tym 7 z kompleksu olistostromy, 1 z podścielającego kompleksu drobnoziarnistego oraz 5 z nadległego kompleksu piaskowcowo-mułowcowego. Szczegółowym profilowaniem z rozdzielczością do 5 mm objęła ok. 230 m osadów samej olistostromy. Dodatkowo, przeprowadziła „rekonesansowe” analizy uziarnienia frakcji żwirowej oraz makroskopową planimetrię osadów żwirowych w 26 warstwach serii chaotycznej. Z kolei, dla nadległej serii piaskowcowo-mułowcowej wykonała histogramy zmienności facjalnej. Materiał frakcji piasku pochodzący ze wszystkich kompleksów badano pod kątem składu petrograficznego w 54 próbkach skał. Kierunki transportu przedstawiono na diagramach rozetowych. Struktury i tekstury sedymentacyjne zostały udokumentowane fotografiami dobrej jakości i są dobrze opisane. Bardzo wysokiej jakości są wszystkie rysunki wektorowe oraz diagramy statystyczne.

Recenzent wysoko ocenia dwa rozdziały wstępne wprowadzające do metodyki badawczej, w których Autorka scharakteryzowała typy spływów grawitacyjnych oraz olistostromy. Oba rozdziały porządkują nazewnictwo, w tym pojęcia związane ze środowiskiem depozycji osadów chaotycznych i mechanizmami wyzwalającymi ruch osadu. Przy okazji Autorka podsumowała badania nad tym typem osadów w polskiej części Karpat, zestawiając je z krótkim opisem w postaci tabeli. Nie jest to jednak zestawienie pełne. Brak jest w nim kilku stanowisk z obszaru Bieszczadów, w tym m.in. danych o stanowiskach z j. przeddukielskiej i dukielskiej (K. Bąk i in., 2001. *Geol. Carpath.*, vol. 52 (3); K. Bąk i A. Wolska, 2005. *Geol. Carpath.*, vol. 56), albo danych z wierceń o osadach badenu na krawędzi Zapadliska w okolicach Tarnowa (S. Połtowicz, 1999, *Geologia AGH*, vol. 25).

Reasumując, poprawność zastosowanych metod z zakresu sedymentologii osadów klastycznych oraz podstawowych analiz petrograficznych, a także bardzo wysoka jakość materiałów ilustracyjnych w dysertacji sprawia, że recenzent uważa, iż były to solidne podstawy dla interpretacji środowiska depozycji osadów chaotycznych.

Wyniki rozprawy i ich znaczenie

Według Doktorantki, podścielający olistostromę drobnoziarnisty kompleks warstw menilitowych (ok. 45 m) powstał w wyniku niskoenergetycznej depozycji, głównie ze suspensji, w relatywnie głębokim basenie. Transport drobnoziarnistego materiału okrucowego miał miejsce głównie w rozcieńczonych prądach zawieszinowych płynących z płytkich partii basenu, być może częściowo z proksymalnej części delty, rzadko w obrębie prądów o wysokiej gęstości. Lokalnie, mógł być on również efektem działania słabych prądów dennych.

Zdaniem Autorki basen w tym czasie reprezentował spokojne środowisko (w znaczeniu tektonicznym), jakkolwiek duża ilość dajek klastycznych w tym kompleksie oraz seria amalgamowanych piaskowców mogą być wskaźnikami zdarzeń sejsmicznych zachodzących w pobliżu krawędzi basenu. Interpretacja zapisu akumulacji kompleksu warstw menilitowych zdaniem recenzenta jest bardzo spójna i nawiązuje do wcześniejszych interpretacji warunków depozycji warstw menilitowych, co zresztą doktorantka podkreśliła cytując liczne prace na ten temat.

Recenzent nie znalazł natomiast wyjaśnienia genezy niewielkich soczewek zlepieńców opisanych z dwóch asocjacji najniższego kompleksu mułowcowego (str. 36 i 37). Czy mają one związek genetyczny z otaczającymi sublitoformacjami? Czy może występują w jednym poziomie i stanowią fragmenty innych typów spływów grawitacyjnych? A może są prekursorami spływów dla nadległej olistostromy?

Bardzo sugestywna jest interpretacja Autorki mechanizmów transportu i depozycji osadów chaotycznych (36-43 m). Stosując szeroki pakiet metod badawczych do analizy 7 wydzielonych litofacji w kompleksie olistostromy Doktorantka wykazała, że reprezentuje on osady wypełniające kanion podmorski, który rozciągał skłon basenu pokryty drobnoziarnistymi osadami. Owo wypełnianie kanionu zachodziło według autorki w 2 fazach depozycji, oddzielonych granicami erozyjnymi. Nie były to jednak zdaniem Autorki dwa katastroficzne akty depozycji, ale szereg epizodów niszczenia brzegu basenu i przemieszczania materiału w jego głębsze partie, w czasie których następowały zmiany mechanizmów transportu, od wysokoenergetycznych spływów rumoszowych do prądów zawieszinowych o wysokiej gęstości, które lokalnie były transformowane do prądów zawieszinowych o niskiej gęstości. Były również przerwy w sedymentacji materiału gruboziarnistego, a depozycję olistostromy zakończył spływ wysoko rozcieńczonego prądu zawieszinowego, który został zastąpiony przez sedymentację hemipelagiczną.

Ten skrócony opis mechanizmów transportu przedstawiony powyżej przez recenzenta, został opisany bardzo szczegółowo w manuskrypcie, w relacji do pogłębionej analizy poszczególnych cech facji i ich składników. Doktorantka wykonała tutaj „tytaniczną” pracę analizując: granice erozyjne, pionowe i lateralne zmiany facji w obrębie zlepieńców, kształt warstw oraz powierzchni stropowych wszystkich typów litologicznych, obecność brekcji sedymentacyjnych, zawartość procentową matriks w zlepieńcach, rodzaj materiału w matriks, wysortowanie materiału, wielkość klastów (w tym ilość tych największych), kształt klastów, obtoczenie klastów, rozłożenie klastów w obrębie warstw (w tym orientację dłuższej osi, obecność tekstury wirowej), udział mułowców wśród klastów, rozmieszczenie fragmentów piaskowców i mułowców, typy uziarnienia frakcjonalnego, rodzaje warstwowania, częstość zmian uziarnienia w obrębie jednej warstwy i obecność uwęglonej substancji organicznej.

Analiza każdej z tych cech olistostromy i jej składników została przez autorkę skomentowana oddzielnie z odniesieniem do literatury, co znacznie ułatwia lekturę i zrozumienie opisów i rycin. Wszystko to przełożyło się na konkluzję, z którą recenzent się zgadza, że osady te należały do proksymalnej części systemu depozycyjnego, którą charakteryzowały spływy o znacznych kontrastach energetycznych, a materiał był uwalniany pulsacyjnie w strefie źródłowej i hydrodynamicznie transformowany. Autorka przedstawiła tu szereg szczegółowych przykładów w odniesieniu do różnych cech osadu. Najgrubszy i zarazem zróżnicowany petrograficznie materiał we frakcji żwirowej (badany wcześniej przez A. Polaka, 2000) pochodził z niszczenia delty stożkowej położonej na szelfie obszaru źródłowego, natomiast drobny materiał – z delty i z otaczającego szelfu.

Bardzo podobną charakterystykę Autorka przedstawiła dla litofacji nadległego kompleksu piaskowcowo-mułowcowego. Wynika z niej, że dolna jego część jest zapisem skokowej bocznej migracji kanałów rozprowadzających grawitacyjne spływy osadów w obrębie kanionu. W morfologii dna tego kanionu istniał skomplikowany system kanałów, przypominający ten ze środowisk lądowych, z szerokimi dolinami rzek meandrujących. A zapis facji w tym kompleksie dowodzi, że zmniejszająca się prędkość spływów u ujścia kanionu umożliwiała lateralne nakładanie się kolejnych migrujących rynien, które były wypełniane coraz drobniejszym materiałem okrucowym. Innym interesującym wnioskiem Autorki w analizie tego kompleksu jest wskazanie istnienia procesów podmywania brzegów kanałów w czasie kolejnych spływów grawitacyjnych, co skutkowało ruchami masowymi w małej skali na krawędzi kanału. Autorka rozpoznała również w tym kompleksie asocjację osadów pozakanałowych o rzadkim zapisie dwukierunkowości prądów, co wytłumaczyła efektem wewnętrznych odbić w obrębie spływu lub oddziaływaniem głębokomorskich pływów. Najmłodsza część badanego profilu, o zróżnicowanym zapisie depozycji osadów jest z jednej strony oddźwiękiem częstych zmian w dynamice transportu (pulsacyjne albo jednostajne spływy), a z drugiej strony, zmian w składzie materiału okrucowego w obszarze źródłowym; przybywało mianowicie mułu węglanowego. Te obserwacje pozwoliły autorce wnioskować, że jest to świadectwem akumulacji w obrębie lobu depozycyjnego stożka środkowego i dolnego.

Recenzent chciałby wyróżnić jeszcze jedną z analiz sedymentologicznych, która jest ważnym elementem tej pracy, a chodzi o dyskusję genezy warstwy piaskowca z osobliwym spągami „struktur poduszkowych” i rozdzielających je struktur płomieniowych. Zdaniem autorki te struktury są wynikiem odskoku hydraulicznego, któremu ulegał prąd zawieszinowy przekraczający granicę z dużą zmianą w nachyleniu stoku. Skutkowało to zmniejszeniem prędkości przepływu, wzrostem miąższości prądu i wzrostem jego turbulencji. Opisy skutków tego zjawiska hydraulicznego, znane z warunków laboratoryjnych są rzadkie ze środowiska naturalnego, a Autorka zaproponowała w pracy model ich formowania. Cały ten podrozdział zdaniem recenzenta mógłby stanowić samodzielny artykuł naukowy.

Ważnym elementem w dyskusji danych sedymentologicznych, w szczególności dla rekonstrukcji paleogeograficznych w skali regionalnej są kierunki transportu spływów grawitacyjnych. Autorka, na podstawie 75 pomiarów wnioskuje, że materiał okrucowy był dostarczany z NW. W okresie przed depozycją olistostromy był on częściowo przerabiany przez prądy denne, natomiast duży rozrzut kierunków transportu w wyższej części badanych osadów, Autorka tłumaczy zróżnicowaną topografią dna kanałów, a w najwyższej części – topografią dna basenu. Recenzentowi brakuje tu jednak porównania głównego kierunku transportu osadów ze Skrzydlniej z kierunkami transportu serii warstw menilitowych z obszarów sąsiednich. A jak wskazuje załączona bibliografia, takie dane istnieją. Można by zatem w tym miejscu pracy dokonać interpretacji tych danych na poziomie regionalnym. A wydaje się, że Autorka miała ku temu przesłanki, np. przeprowadzając jakościowe i ilościowe analizy składu piaskowców. Pokazują one zmiany w dojrzałości mineralogicznej badanej serii osadów, odzwierciedlając siłę erozji strefy źródłowej; największą w okresie depozycji olistostromy. Pokazują również cechy obszaru źródłowego dla piasku (i chyba również dla klastów – ale Autorka nie odniosła się do nich), który został określony jako *aktywizowany tektonicznie orogen bogaty w kwarc ze strefą przejściową* (za W.R. Dickinsonem, 1985). Przy tak bogatym materiale dokumentacyjnym brakuje tutaj dyskusji o położeniu obszaru źródłowego zasilającego olistostromę na tle paleogeografii basenów karpackich, np. opierając się na bardzo sugestywnej trójwymiarowej interpretacji położenia tych basenów w oligocenie autorstwa M. Kovač i in. (2016).

Na koniec, recenzent chciałby zaakcentować jeszcze dwa ważne elementy poruszone w tej pracy, których natura wiąże się z cechami dna basenu i jego zmianami w czasie. Są to: (i) oszacowanie kąta nachylenia osi kanionu podmorskiego (rzadko określane w literaturze dla osadów kopalnych), które sprecyzowano na 3° dla momentu początku erozji związanej z pierwszym spływem rumoszowym oraz (ii) rozpoznanie syndepozycyjnych procesów rotowania powierzchni depozycji wzdłuż składowej pionowej, co jest cechą sekwencji osadów na krawędziach przyzm akrecyjnych. Autorka trafnie wyróżniła tutaj trzy powierzchnie niezgodności kątowych, które są tego wynikiem. Wszystko to było możliwe dzięki

obserwacji różnic w miąższości poszczególnych kompleksów skalnych (zachodzących w kierunku transportu), zmierzonych w czasie następujących po sobie etapach eksploatacji.

Uwagi redakcyjne:

1/ s. 10; Podrozdział 2.3: *Profil litostratygraficzny...*

Błąd w określeniu dolnej granicy wieku profilu (przejęzyczenie). Napisano, że są to „osady wieku senon-oligocen”, po czym określono wiek dolnej granicy, jako: „rozpoczyna się wystąpieniem eoceńskich warstw hieroglifowych”.

2/ s.19; Podrozdział 3.3: *Dotychczasowe badania nad olistostromami w Polsce* powinien mieć nieco inny tytuł, bowiem podrozdział zawiera opisy osadów chaotycznych wyłącznie z polskiej części Karpat, gdy tymczasem znane są one również w Polsce z paleozoicznych kompleksów płaszczowinowych w Sudetach (np. wczesnokarbońska olistostroma z kompleksu kaczawskiego; A. Haydukiewicz (1977), *Geologica Sudetica*, vol. 12).

3/ s. 135 i 136; Podrozdział 11.2.2: *Niezgodność syntektoniczna*

Użycie słowa rotacja w znaczeniu geologicznym bez przymiotnika pozioma czy pionowa lub bez sprecyzowania, że chodzi o powierzchnię depozycji (tak jak napisano to w 4-tym wierszu na str. 135) jest niejednoznaczne. Można np. pomyśleć, że rotowany był poziomo blok głębokiego podłoża (z kompleksem serii osadowych na powierzchni) w trakcie procesu orogenicznego.

4/ s. 136; Podrozdział 11.2.2: *Niezgodność syntektoniczna*

Niepoprawność określenia pozycji niezgodności syntektonicznej i niepoprawność językowa:

„U-3 - związana z cieniem sekwencji i przejściem do onlapu”.

- jeśli dobrze rozumiem nieopisaną rycinę 11.4B (nie wiedząc czym jest żółta sekwencja osadów poniżej U3?), to U-3 jest granicą pomiędzy kompleksem olistostromy a kompleksem piaskowcowo-mułowcowym (i to wystarczy do opisu tej niezgodności)

- „przejście do onlapu” (???) – to raczej przejście do serii osadów z coraz większym zasięgiem warstw młodszych.

Wnioski końcowe

W mojej opinii, rozprawa doktorska przygotowana przez *mgr Anetę Siemińską*, przedstawiona do recenzji, jest w pełni samodzielnym i oryginalnym opracowaniem i prezentuje wysoki poziom naukowy. Doktorantka wykazała (i) bardzo wysoki poziom wiedzy teoretycznej, co znalazło wyraz w dobrej znajomości literatury sedymentologicznej (w tym najnowszej), (ii) odpowiednio zaplanowała i przeprowadziła badania szczegółowe (terenowe i kameralne) i (iii) zastosowała odpowiednią wizualizację wyników badań. Doktorantka na podstawie dostatecznego materiału dowodowego, poddanego metodycznej analizie i uogólnieniom zweryfikowała trzy postawione we wstępie tezy dotyczące kwestii sedymentacji sekwencji osadów zawierających olistostromę. Wykazała się przy tym twórczą oryginalnością prowadzącą do „wydobycia” nowych walorów poznawczych w zakresie problemu badawczego, wzbogacając znacząco naszą wiedzę o mechanizmach transportu i depozycji kopalnych osadów chaotycznych, zachodzących w warunkach morskich na krawędzi przyzmy akrecyjnej. Recenzent podkreśla, że wszystko to świadczy o przygotowaniu solidnego warsztatu sedymentologa do dalszej pracy naukowej na tym polu.

Zaprezentowany w pracy doktorskiej materiał badawczy bez wątplenia powinien stanowić dobry punkt wyjścia do przygotowania przynajmniej trzech artykułów skierowanych do anglojęzycznych periodyków geologicznych z wysokim IF.

Przedstawione w recenzji uwagi i pytania są elementem naukowej dyskusji i w żaden sposób nie obniżają wartości pracy.

Rozprawa doktorska *mgr Anety Siemińskiej* spełnia wymogi określone w artykule 13 ust. 1 Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku formalnie stawiane rozprawom doktorskim. Wnioskuje zatem o dopuszczenie jej autorki do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.

Władysław Bqk