

Prof. dr. Krzysztof Stasiewicz
Centrum Badań Kosmicznych PAN,
ul. Bartycka 18A
00-716 Warszawa
krzy.stasiewicz@gmail.com



Recenzja pracy doktorskiej
mgr. Piotr Przemysław Witek,
Symulacje powstawania i rozwoju delt rzecznych w środowiskach Ziemi i Tytana

Przedstawiona do recenzji praca oparta jest na jednej publikacji w *Planetary and Space Science* (Witek & Czechowski, 2015), jednej pracy wysłanej do publikacji w tym samym czasopiśmie, oraz dwóch prac wysłanych do publikacji w *Geological Quarterly*. Jeśli wysłane prace zostaną opublikowane w najbliższym czasie to dorobek doktoranta należy ocenić jako znaczący i w pełni spełniający zwyczajowe kryteria wymagane dla doktoratów.

Tekst rozprawy liczy 82 strony, w tym zawartych jest 30 rysunków. Rozprawa ma charakter symulacji komputerowej i jest podzielona na 5 rozdziałów (Wstęp, Model numeryczny, Rezultaty, Dyskusja, Wnioski). Tematyka doktoratu związana jest z misją satelitarną Cassini-Huygens do planety Saturn i lądowaniem sondy na księżycu Tytan, co stanowi bardzo trafny i aktualny wybór.

Głównym celem wyżej wymienionej rozprawy jest modelowanie procesów tworzenia się delt rzecznych na powierzchni Tytana w których płyny zidentyfikowane przez sondę jako węglowodory transportują luźny materiał do jezior wykrytych przez lądownik Huygens i kamery umieszczone na sondzie Cassini.

Modelowanie oparte jest na numerycznym rozwiązywaniu równań typu Naviera-Stokesa opisujących przepływ płynów, połączonych z równaniami konwekcyjno-dyfuzyjnymi do opisu transportu osadów. Wyniki symulacji przedstawione są jako dwuwymiarowe mapy z wysokością osadów rzecznych kodowan odcieniami szarości i jako profile dla wybranych parametrów.

W Rozdziale 1 podsumowana jest dotychczasowa wiedza na temat parametrów i warunków panujących na powierzchni Tytana, a w szczególności składu materiałów występujących na powierzchni i w atmosferze, oraz rodzaju płynów występujących w jeziorach i rzekach zaobserwowanych na tym księżycu. Autor opisuje też cykl obiegu węglowodorów w atmosferze i zbiornikach płynów na powierzchni, możliwe źródła osadów i materiałów luźnych, które mogą być poddane procesowi transportu rzecznoego. Doktorant wykazuje tutaj dogłębną znajomość publikacji i aktualnego poziomu wiedzy o atmosferze i powierzchni Tytana uzyskanych głównie jako wynik misji Cassini-Huygens.

W Rozdziale 2 opisany jest model numeryczny wykorzystany w symulacjach, parametry substancji będących nośnikami transportu rzeczno oraz materiałów transportowanych, a także geometria i warunki początkowe symulacji. Doktorant wykorzystuje tu pakiet numeryczny oznaczony jako CCHE, ale nie wyjaśnia rozwinięcia tego akronimu. Model numeryczny stanowią dwuwymiarowe równania Naviera-Stokesa scałkowane po wysokości, a do transportu osadów wykorzystane są 3-wymiarowe równania opisujące unoszenie i dyfuzję.

Ze względu na brak dokładnych danych na temat wszystkich parametrów potrzebnych do przeprowadzenia symulacji transportu osadów na Tytanie, doktorant przeprowadza równolegle porównawcze symulacje dla parametrów rzecznych na Ziemi.

Otrzymane rezultaty dla wielu różnych konfiguracji parametrów przedstawione są w Rozdziale 3 w postaci szarych map i wykresów profili i są obszernie dyskutowane w Rozdziale 4. Analizowany jest wpływ różnych parametrów takich jak wielkość ziaren unoszonego materiału i prędkość przepływu na kształt i rozmiary otrzymanych delt ujściowych. Porównywane są także delty Tytanowe i te otrzymane dla warunków ziemskich.

Ogólnym wnioskiem, który uważam za istotny jest potwierdzenie adekwatności zastosowanego modelu opartego o równania ruchu cieczy i transportu materiału sypkiego. Wniosek ten oparty jest na tym, że otrzymano realistyczne struktury delt rzecznych dla warunków ziemskich, co sugeruje że wyniki otrzymane dla Tytana (których nie można zweryfikować) też mogą być realistyczne.

W przestrzeni parametrów (d-grubość ziarna, Q-natężenie przepływu) znaleziono trzy obszary które odpowiadają odpowiednio: dominacji erozji u ujścia rzeki, formowaniu się delt płatowych, i tworzeniu się delt stożkowych.

Przy analizie wyników ustalono też, że różnice w transporcie osadów na Ziemi i Tytanie można wyjaśnić przez różnice w stosunku sił wlekących i unoszących w obu środowiskach.

Uwagi szczegółowe:

1. Poza nielicznymi wnioskami ogólnymi wyszczególnionymi powyżej brakuje mi w pracy więcej uniwersalnych konkluzji które pozwoliłyby w generalny sposób związać obserwowane struktury delt rzecznych z parametrami rzek i unoszonego materiału na obiektach kosmicznych na których występują odpowiednie warunki klimatyczne.

2. W mojej opinii, praca opublikowana oraz 3 prace wysłane do publikacji powinny być załączone i stanowić integralną część tezy doktorskiej.

3. Zamieszczenie w tekście szarych map zamiast kolorowych znacznie obniża czytelność i siłę przekazu pracy. Jeśli było to spowodowane chęcią oszczędności na kosztach druku to moim zdaniem była to źle pojęta oszczędność.

4. Wykorzystanie równań w postaci bezwymiarowej dyskutowane jest tylko w sekcji 4.4. Wydaje mi się że wykorzystanie w symulacjach w całej pracy bezwymiarowej postaci równań zwiększyłoby uniwersalność konkluzji i może pozwoliłoby zneutralizować krytyczną uwagę 1.

W podsumowaniu, krytyczna analiza pracy doktorskiej przedstawionej przez mgr. P. Witka pokazuje że autor ze swobodą łączy dużą wiedzę o parametrach fizycznych mierzonych lub wydedukowanych z obserwacji na Tytanie z możliwościami pakietu numerycznego używanego w hydrologii i w rezultacie uzyskał interesujące wnioski dotyczące formowania się delt rzecznych na tak egzotycznym obiekcie jak Tytan, gdzie woda występuje tylko w postaci lodu, padają metanowe deszcze, a jeziora wypełnione są węglowodorami.

Uważam, że przedstawiona Rozprawa mgr P. Witka spełnia wymogi wymagane Ustawą odnośnie stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk fizycznych i wnioskuję o dopuszczenie jej do dalszych etapów procedury.



Prof. dr Krzysztof Stasiewicz

Warszawa, 3 października 2016