

Poznań, 26 maja 2023 r.

prof. dr hab. Grzegorz Rachlewicz
Instytut Geoekologii i Geoinformacji
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
ul. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań
e-mail: grzera@amu.edu.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr Kornelii Wójcik-Długoborskiej
pod tytułem

„Variability of physico-chemical parameters of suspension transported from marine-terminating glaciers and their influence on the spectral properties of surface waters in glacial coves”

wykonanej w Instytucie Geofizyki Polskiej Akademii Nauk

Recenzja została wykonana w związku z pismem przekazanym dnia 17 marca 2023 r., skierowanym przez dr hab. inż. Marzenę Osuch, Zastępczynię Przewodniczącą Rady Naukowej Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk. W piśmie powołano się na uchwałę nr 6/270/2023 Rady Naukowej Instytutu Geofizyki PAN z dnia 14 marca 2023 r., wyznaczającej recenzentów rozprawy doktorskiej w postępowaniu doktorskim mgr Kornelii Wójcik-Długoborskiej.

Recenzję sporządzono na podstawie Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późn. zm., art. 187). Jej podstawę stanowił cykl czterech artykułów naukowych opublikowanych w języku angielskim. Dokumentacja została przekazana w formie elektronicznej w dniu 17 marca 2023 r. oraz przesłana tradycyjną pocztą w postaci oprawionego wydruku.

Metody teledetekcyjne w badaniach polarnych mają ogromne znaczenie i zyskują coraz bardziej na popularności, biorąc pod uwagę możliwości prowadzenia badań w miejscach o ograniczonej dostępności, szanse pozyskiwania w szybki sposób dużej ilości danych

o znacznym zasięgu przestrzennym oraz powtarzalności wykonywania pomiarów. Minione dekady przyniosły niebywały rozwój technologiczny, dając coraz większy zakres potencjału obrazowania różnorodnych cech środowiska przyrodniczego oraz uzyskiwania wcześniej nieosiągalnych rozdzielczości w sposób efektywny i ekonomicznie uzasadniony. Dla prawidłowego sposobu interpretowania osiągniętych wyników analiz otrzymanych na podstawie obrazowania satelitarnego lub lotniczego niezbędne jest gromadzenie odpowiednich zasobów referencyjnych, zarówno w postaci wysokorozdzielczych obrazów z nalotów na niskich wysokościach, uzyskiwanych przy pomocy powietrznych statków bezzałogowych, jak i bezpośrednich pomiarów terenowych (także z zastosowaniem zdalnie sterowanych łazików lub jednostek pływających). Agregacja danych teledetekcyjnych oraz uzyskiwanych w terenie może dopiero posłużyć do oceny dokładności i wiarygodności wyników, dając pełen obraz warunków środowiskowych. Analizy teledetekcji zmętnienia wód roztopowych z mas lodowych odgrywają kluczową rolę w monitorowaniu i zrozumieniu zmian środowiskowych związanych z cofaniem się lodowców i wynikającym z tego wpływem na ekosystemy i zasoby wodne.

Geograficznie, obszarem, w obrębie którego mgr Kornelia Wójcik-Długoborska zlokalizowała swoje badania jest Zatoka Admiralicji na Wyspie Króla Jerzego w Antarktyce. Jest to podyktowane z pewnością lokalizacją Stacji Polarnej im. Henryka Arctowskiego i dostępnością archipelagu Szetlandów Południowych dla prowadzenia prac terenowych, jednocześnie regionie o dużym zróżnicowaniu fizyczno-geograficznym, obfitującym w przykłady oddające charakter procesów zachodzących obecnie na dużą skalę w obszarach polarnych, na obrzeżach podlegających intensywnej ablacji mas lodowcowych. Można zatem z pełnym przekonaniem postawić tezę, że zagadnienia badane w pracy przez Doktorantkę mają charakter ponadlokalny i prawidłowości oparte na ich podstawie mogą być odnoszone powszechnie do zjawisk zachodzących na innych wybrzeżach zlodowaconych świata.

Do oceny przedstawiono rozprawę doktorską, na którą składa się cykl czterech, zwartych tematycznie, artykułów naukowych, poprzedzonych streszczeniem w języku polskim i angielskim (strony 5 i 6), rozszerzonym streszczeniem pracy w języku polskim i angielskim (odpowiednio s. 11-32 i 33-52), bibliografii wykorzystanej w streszczeniu (s.53-56, 49 pozycji) oraz oświadczeniami Doktorantki o jej wkładzie autorskim w publikacje wieloautorskie, przygotowanych w zespołach dwu-, trzy- lub czteroosobowych, z promotorem pracy prof.

Robertem Bialikiem oraz dwoma innymi osobami (s.59-62). Oświadczenia do wszystkich artykułów wskazują jednoznacznie na wiodącą rolę pani mgr Wójcik-Długoborskiej w procesie przygotowania badań, ich przeprowadzenia, dalszego opracowania uzyskanych danych i przedstawiania wyników, a także pisania tekstu i ostatecznej redakcji po recenzjach. To w sposób bezdyskusyjny zaświadcza o Jej pozycji pierwszej Autorki i w opinii recenzenta niepotrzebne już było procentowe określanie udziału, które z resztą nie jest wymagane, a prowadzi do wypaczenia sensu ról odgrywanych przez poszczególnych członków zespołu autorskiego.

Na zaprezentowany cykl składają się następujące artykuły:

- 1) **Wójcik K.A., Bialik R.J., Osińska M., Figielski M., 2019:** Investigations of sediment-rich glacial meltwater plumes using a high-resolution multispectral sensor mounted on an unmanned aerial vehicle. **Water**, 11(11), 2405, doi: 10.3390/w11112405.
- 2) **Wójcik-Długoborska K.A., Bialik R.J., 2021:** The influence of shadow effects on the spectral characteristics of glacial meltwater. **Remote Sensing**, 13(1), 36, doi: 10.3390/rs13010036.
- 3) **Wójcik-Długoborska K.A., Osińska M., Bialik R.J., 2022:** The impact of glacial suspension color on the relationship between its properties and marine water spectral reflectance. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, 15, doi: 10.1109/JSTARS.2022.3166398.
- 4) **Wójcik-Długoborska K.A., Bialik R.J., 2023:** The glacial meltwater turbidity algorithm (GaMTA): adaptation of single-band algorithm retrieving turbidity to satellite and UAV dataset from highly glaciated Antarctic region. **Regional Studies in Marine Science**, 58, doi: 10.1016/j.rsma.2022.102798.

Wszystkie prace opublikowane są w czasopismach posiadających wyliczone wskaźniki wpływu (IF) w przedziale od 2,2 do ponad 5, a zatem rozpoznawalnych międzynarodowo, i co więcej, widać wyraźnie, że znajdują uznanie poprzez rosnącą z roku na rok liczbę cytowań. Według bazy Web of Science najstarsza z prac (1), z roku 2019, była już cytowana 13 razy (9 bez autocytowań), a łącznie wszystkie prace mają 23 cytowania (17 bez autocytowań).

Kompozycja cyklu artykułów, ułożonych w kolejności dat ich publikacji od roku 2019 do 2023, odpowiada głównemu celowi określonymu w streszczeniu pracy oraz nawiązuje do przytaczanych w dalszej kolejności celów szczegółowych. Należy jednak zwrócić uwagę, iż

w tytule rozprawy użyto z równą mocą określenia właściwości fizyczne, jak i chemiczne zawiesiny, co nie znajduje odzwierciedlenia w zakresie prowadzonych badań i przedstawionych wynikach. Nie znaczy to, że nie były one podejmowane, chociaż zdaniem recenzenta bardziej wymowne byłoby wskazanie na charakterystykę cech optycznych, za którymi idą wnioski odnośnie innych parametrów, w tym także składu chemiczno-mineralogiczno-petrograficznego osadów dostarczanych do wód Zatoki Admiralicji. Cele szczegółowe w streszczeniu są siłą rzeczy zgeneralizowane w stosunku do celów i zadań stawianych w poszczególnych pracach składających się na rozprawę, prowadząc także do wysunięcia hipotez o bardzo uogólnionym charakterze, nie dających się jednoznacznie zweryfikować, jak w przypadku stwierdzenia odnoszącego się do mętności identyfikującej występowanie pióropuszy roztopowych wód lodowcowych, gdzie faza rozproszona może występować nawet w ilościach szczątkowych lub zawierać składniki pochodzenia nieglacialnego. Zagadnienia te rozwinięte są w samych artykułach, udokumentowane przytaczaną tam literaturą.

Uogólnieniem zastosowanym w streszczeniu jest także stwierdzenie, że praca dotyczy tylko lodowców uchodzących do morza, gdy jeden (na sześć) analizowanych przypadków stracił już taką właściwość. Z punktu widzenia ogólnego wnioskowania, na tym poziomie szczegółowości prowadzonych analiz, nie ma to większego znaczenia, należy jednak pamiętać o tym, że wiele z lodowców uchodzących do morza, w czasie powszechnej recesji, także na Wyspie Króla Jerzego, jest w fazie transformacji do posadowionych częściowo lub całkowicie na lądzie, co pozwala z jednej strony na lepszy wgląd w budowę geologiczną i ukształtowanie ich podłoża, ale z drugiej wpływa na charakter transportowanych osadów, ich wcześniejszą segregację lub zmianę właściwości, np. prowadzących do flokulacji i wcześniejszej depozycji z pióropusza zawiesinowego.

Przed wszystkim jednak ocenie recenzenta podlegają same publikacje składające się na rozprawę doktorską. Wspomniany, logiczny układ tematyki podejmowanej w kolejnych artykułach, prowadzi od rozpoznania terenowego i teledetekcji z niskiego pułapu do porównań z danymi satelitarnymi i analizy szczegółów dotyczących zróżnicowania charakterystyki spektralnej roztopowych wód glacialnych, wpływających do zatok lodowcowych. Na końcowym etapie przedstawiono także propozycję określania mętności i koncentracji cząstek fazy rozproszonej zawiesiny na podstawie algorytmu analizującego dane z obrazów satelitarnych.

W pracy **Wójcik i in. (2019)** innowacyjnie zastosowano metodę zbierania danych spektralnych z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych (BSP) dla identyfikacji wypływów glacialnych do morza oraz określenia stopnia zmętnienia wody w obrębie pióropuszy zawiesinowych tworzących się w ich wyniku. Odnotowano lokalne zróżnicowanie właściwości spektralnych pomiędzy badanymi obiektami, a także zauważono związek pomiędzy koncentracją zawiesiny i zmętnieniem wody mierzonym *in situ* (skalibrowany wobec pobranych próbek zawiesiny), oraz współczynnikiem odbicia, pozwalającym na identyfikację wypływów i ich zindywidualizowania odnośnie kształtu, ilościowej i jakościowej charakterystyki materiału transportowanego przez wody roztopowe z lodowców do morza. Stwierdzono dużą przydatność prac prowadzonych z użyciem BSP z sensorem spektralnym dla badań w Antarktyce, stanowiącymi pomost pomiędzy ograniczonymi w zakresie rozdzielczości analizami obrazów satelitarnych, a pomiarami wykonywanymi punktowo w terenie.

Artykuł **Wójcik-Długoborska, Bialik (2021)** podejmuje problematykę ograniczeń analiz teledetekcyjnych środowiska wód przybrzeżnych obszarów zlodowaconych, spowodowanych efektem cienia. W pracy dokonano zarówno oceny zdjęć satelitarnych, jak i pozyskanych w wyniku nalotów BSP wyposażonych w sensory RGB oraz multispektralny *Parrot Sequoia+*. Chociaż ogólnie wykonano 10 misji bezzałogowcami, cztery z nich dotyczyły użycia sensora multispektralnego, z czego trzy zaprezentowane zostały w dalszych analizach dwóch przypadków zatok przylodowcowych. Cztery obrazy satelitarne Landsat 8 poddane analizom odbiegają zasadniczo czasowo od terminów wykonania nalotów dronami. Wydaje się, że jeszcze lepsze efekty wnioskowania można by uzyskać próbując bardziej zsynchronizować prace terenowe z harmonogramem przelotów satelity. Tym niemniej wyniki przeprowadzonych badań jasno zaznaczają problem pojawiający się w związku z możliwościami detekcji odbić w obszarach zacienionych oraz ich różnicowanie w poszczególnych kanałach spektralnych, przy jednoczesnym stwierdzeniu większego odbicia uzyskiwanego na obrazach z BSP niż satelitarnych, także przy agregacji pikseli tych pierwszych do niższego poziomu szczegółowości. Wyniki analiz obrazów z satelitów w pewnym zakresie stają się w ogóle nieprzydatne do tak szczegółowych badań środowiskowych. Sam proces agregacji pikseli (w przypadku obrazów z BSP) wpływający znacząco na jakość zobrazowania lub utratę informacji, przy trudnościach dotyczących porównywalności ze scenami z sensorów satelitarnych, wydaje się mieć ograniczone zastosowanie. W oryginalnej rozdzielczości, po raz

kolejny jednak znajdujemy potwierdzenie dużego zakresu użytkowania technik dronowych w analizach środowiskowych w trudnodostępnych obszarach polarnych, a katalog ich zastosowań stale rośnie.

W artykule **Długoborska-Wójcik i in. (2022)** autorzy podejmują zagadnienie wpływu barwy, ale także innych właściwości zawiesiny odprowadzanej z lodowców w postaci wód roztopowych do morza, na charakterystykę odbicia promieniowania od jego powierzchni. Po raz kolejny w badaniach użyto bezzałogowych statków powietrznych, zaopatrzonych zarówno w kamery rejestrujące światło widzialne, jak i w poszerzonym zakresie widma (do bliskiej podczerwieni), o bardzo dużej rozdzielczości. Do przeprowadzenia prac wybrano obszar o wyraźnym zróżnicowaniu geologicznym, zatoki przed czołem Lodowca Zalewskiego, przez który przebiega strefa uskokowa, oddzielająca odmienne formacje skalne, jak dalej wykazano odróżniające się pod względem geochemicznym i petrograficznym. Różnica w charakterystyce materiału zawiesinowego dostarczanego do wód zatoki została wykazana poprzez wykonanie analiz składu mechanicznego oraz chemicznego pobranych próbek. Dalsze badania nad związkami pomiędzy poszczególnymi cechami osadu rozproszanego w wodzie, a ilością odbitego promieniowania elektromagnetycznego dowodzą, że kolor zawiesiny ma kluczowe znaczenie w kształtowaniu jego charakterystyki. Dominuje on nad innymi mierzalnymi właściwościami ośrodka, co po raz pierwszy zostało stwierdzone za pomocą badań wykonywanych z dronów dla obszarów przybrzeżnych Antarktyki.

Czwarta publikacja zestawu (**Wójcik-Długoborska, Bialik 2023**), analizując zbiór danych dotyczących mętności wód morskich, pomierzonych w Zatoce Admiralicji (Wyspa Króla Jerzego, Antarktyka) oraz obrazy satelitarne i zdjęcia multispektralne z bezzałogowych statków powietrznych z tego regionu, wprowadza algorytm określający mętność wody morskiej w akwenach, do których uchodzą lodowcowe strumienie zawiesinowe (Glacial Meltwater Turbidity Algorithm – GaMTA). W pracy tej podjęto się także sprawdzenia, czy i inne algorytmy, o bardziej ogólnym charakterze, mogą mieć zastosowanie do szacowania intensywności dostawy materii w postaci zawiesiny do wód morskich z obszarów zlodowaconych i jakimi zakresami błędów będą się charakteryzować w porównaniu do autorskiej propozycji. Uzyskane wyniki dowodzą porównywalności zastosowanych modeli, ponownie podkreślając wartość pozyskiwania danych i ich weryfikacji z użyciem BSP, wskazując także na potrzebę dalszego rozwijania tego kierunku analiz, w oparciu o większe zbiory danych, uwzględniających np.

utrzymywanie systemu monitoringującego wybrzeża w trudno dostępnych obszarach. Zagadnienia te są niezwykle istotne, biorąc pod uwagę przyspieszanie procesów ablacji lodowców w strefach polarnych i ich wpływ na warunki środowiskowe, nie tylko w skali lokalnej, ale wykraczających dużo szerzej, powodując ponadregionalne konsekwencje. Dlatego warto docenić charakter omawianego artykułu, noszącego znamiona syntezy w stosunku do całej rozprawy, otwierającego pole dla dalszych, szeroko zakrojonych badań.

UWAGI KOŃCOWE

Recenzowana rozprawa wykazuje, iż pani mgr Kornelia Wójcik-Długoborska w bardzo wysokim stopniu opanowała warsztat pracy naukowej. Udowodniła, że posługuje się sprawnie bogatym zestawem metod badawczych, w trudnych przecież warunkach terenowych Antarktyki, łącząc je z umiejętnościami analitycznymi i zastosowaniem nowoczesnych technologii, znajdujących coraz większą funkcjonalność w badaniach polarnych. Zaproponowana konstrukcja zestawu artykułów, jest głęboko przemyślana, prowadząc czytelnika przez kolejne zagadnienia dotyczące współczesnego środowiska sedymentacyjnego przybrzeżnej strefy morskiej, zasilanej wyptywami z topniejących mas lodowcowych. W odniesieniu do założonych celów i zadań badawczych, dochodzi do propozycji ogólniejszych wniosków i propozycji zastosowań o charakterze wykraczającym poza badany region.

Przedłożona mi do zaopiniowania rozprawa doktorska pani mgr Kornelii Wójcik-Długoborskiej spełnia wszystkie wymogi nałożone przez *Ustawę z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z późniejszymi zmianami, określone w art. 187 Ustawy (Dz. U. 2018, poz. 1668). **Stawiam zatem wniosek o dopuszczenie pani mgr Kornelii Wójcik-Długoborskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.** Uwzględniając szeroki zakres prowadzonych prac, staranność opracowania zebranego materiału, a przede wszystkim wartość naukową dokonanej analizy i jej osadzenie w istotnym nurcie badawczym, nawiązującym do zachodzących globalnie zmian środowiskowych, stwierdzam jednoznacznie, że Doktorantka w sposób oryginalny rozwiązała zarysowany na wstępie problem naukowy. Jednocześnie, biorąc pod uwagę wysokie walory pracy zwracam się do Wysokiej Rady Naukowej Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk o rozpatrzenie możliwości wyróżnienia recenzowanej przeze mnie rozprawy.