



Prof. dr hab. Piotr Dawidowicz
Zakład Hydrobiologii
Instytut Biologii Funkcjonalnej i Ekologii
Wydział Biologii Uniwersytetu Warszawskiego
Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych
ul. Żwirki i Wigury 101, 02-089 Warszawa
tel.: 22 55 26 518 fax: 22 55 26 575

Warszawa, 1 września 2023 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr Marleny Szeligowskiej pt.
„Dynamics of plankton and particles distribution in the coastal Arctic waters affected by glacial meltwater (West Spitsbergen)”

Morska Arktyka, a w szczególności rejon Archipelagu Svalbard, jest obszarem w spektakularny sposób dotkniętym przez zmiany klimatu, które są tu szczególnie widoczne i jak się zdaje zachodzą szybciej niż w innych obszarach naszego globu. Skutki tych zmian, związanych m. in. z nasilonym napływem ciepłych wód atlantyckich, ustępowaniem lodu morskiego i topnieniem lodowców na lądach mają dramatyczny wpływ na funkcjonowanie ekosystemów morskich. Dotyczy to zwłaszcza środowisk fiordowych, poddanych intensywnym spływom słodkich wód roztopowych, niosących znaczne ładunki materii rozpuszczonej i drobnej zawiesiny mineralnej, a więc "ciemnych", zmniejszających przejrzystość wody w tych środowiskach. Celem badań podjętych w rozprawie doktorskiej Pani Marleny Szeligowskiej było dokonanie oceny wpływu letnich spływów wody roztopowej na funkcjonowanie biocenoz planktonowych w największym fiordzie Spitsbergenu, Isfjorden, i implikacji tych spływów dla tempa depozycji węgla w osadach dennych fiordów Spitsbergenu.

Rozprawa ma formę liczącego 164 strony zbioru czterech powiązanych tematycznie, oryginalnych artykułów naukowych, z 3 których zastały opublikowane w latach 2020, 2021 i 2022 w renomowanych czasopismach (odpowiednio *Frontiers of Marine Science*, współczynnik wpływu $IF = 3,7$; *Science of the Total Environment*, $IF = 10,75$ i *Scientific Reports*, $IF = 4,6$), a jedna została złożona do druku w także doskonałym *Global Change Biology*. Wysoka ranga tych czasopism dobrze świadczy o zawodowych ambicjach

Doktorantki i *a priori* sugeruje jakość Jej produkcji naukowej. Stanowiący rozprawę zbiór publikacji poprzedzony został pięciostronicowym "Abstraktem" w języku angielskim oraz jego polskojęzycznym odpowiednikiem ("Streszczenie") syntetycznie prezentującym zasadniczych tezy rozprawy. Wszystkie zamieszczone w zbiorze prace są wieloautorskie (publikacje 1, 2, 3 i 4 mają odpowiednio 7, 8, 4 i 7 autorów/autorek) a Pani mgr Szeligowska jest ich pierwszym i korespondującym autorem. Zamieszczone na końcu rozprawy oświadczenia współautorów potwierdzają istotną rolę Doktorantki w stworzeniu koncepcji badań (z wyjątkiem pierwszej publikacji), ich realizacji, analizie statystycznej wyników i przygotowywaniu pierwotnej wersji manuskryptów, a także ich rewizji i finalnej edycji. Treść tych oświadczeń jest zgodna z zamieszczonymi w artykułach informacjami o wkładzie poszczególnych autorów w ich powstanie.

Pierwsza z zbiorze prac stanowiących Rozprawę (*Szeligowska et al. 2020. Spatial patterns of particles and plankton in the warming Arctic Fjord (Isfjorden, West Spitsbergen) in seven consecutive mid-summers (2013-2019). Front. Mar. Sci. 7, p. 584*) dotyczy wieloletnich (2013-2017), opisowych badań nad rozmieszczeniem różnych frakcji wielkościowych planktonu i cząstek zawiesiny w 50-metrowej warstwie powierzchniowej wzdłuż Isfjorden, w gradiencie kształtowanym przez adwekcje słonych wód atlantyckich w centralnej części akwenu i napływ słodkich wód z lodowców do zatok wewnętrznych. Gradient ten utrzymywał się przez cały wieloletni okres badań. Badania przeprowadzono metodami analizy instrumentalnej, z wykorzystaniem dwóch laserowych liczników cząstek - LISST i LOPC, obejmujących odpowiednio frakcje zawiesin 2-200 μm i 200-2000 μm , oraz klasyczną metodą połowu próbek planktonu i ich późniejszej analizy mikroskopowej. Tego rodzaju połączenie zaawansowanych metod instrumentalnych i tradycyjnych jest dosyć unikatowe w badaniach planktonu morskiego i dzięki jego zastosowaniu Doktorantka mogła m. in. dokonać rozróżnienia między żywymi (plankton) i martwymi (pochodzącymi głównie z wody z topniejących lodowców) składnikami sestonu w różnych frakcjach wielkości jego cząstek i udokumentować gradientowe rozmieszczenie zooplanktonu w fiordzie.

Drugi artykuł w zbiorze (*Szeligowska et al. 2021. The interplay between plankton and particles in the Isfjorden waters influenced by marine- and land-terminating glaciers. Sci. Tot. Env. 780. p. 146491*) nawiązuje do wielu wątków podjętych we wcześniejszej pracy, a w szczególności dotyczy szczegółowej analizy horyzontalnych gradientów czynników środowiskowych (właściwości optyczne wody, zasolenie, stratyfikacja kolumny wody,

obfitość i skład zawiesiny mineralnej) panujących w górnej 50-metrowej warstwie wody i w ślad za tym - gradientów w zagęszczeniu i składzie fito- i zooplanktonu. Te kompleksowe badania prowadzone w ciągu jednego tylko sezonu - lata 2019 roku - potwierdziły zasadniczą odmienność (w kategoriach ilościowych, jakościowych i struktury przestrzennej) zespołów planktonu w centralnych "czystych" wodach fiordu i "mętnych" obszarach przybrzeżnych, będących po wpływie spływających z lądu wód roztopowych. Zaobserwowane różnice dotyczyły przede wszystkim fitoplanktonu i makrozooplanktonu (w tym zwłaszcza zooplanktonu galaretowatego), a nie mikrozooplanktonu, co zdaniem Autorki sugeruje lepsze przystosowanie tego ostatniego do warunków panujących w wodach przybrzeżnych. Wydaje mi się, że możliwe byłoby tu alternatywne wyjaśnienie: brak makrozooplanktonu w mętnych wodach zatok może wynikać z ich aktywnego unikania przez duże, sprawnie pływające zwierzęta planktonowe, podczas gdy mała mobilność mikrozooplanktonu wymuszałaby jego pozostawanie w suboptymalnych siedliskach. Ciekaw byłbym opinii Doktorantki na ten temat.

Trzeci artykuł, (*Szeligowska et al. 2022. Dark plumes of glacial meltwater affect vertical distribution of zooplankton in the Arctic. Sci. Rep. 12(1), p. 17953*) podejmuje dosyć marginalnie traktowany w dwóch poprzednich publikacjach problem wpływu lodowcowych wód roztopowych zasilających fiord na rozmieszczenie pionowe zooplanktonu, w szczególności roślinożernych widłonogów z rodzaju *Calanus*, ich bazy pokarmowej (której obfitość określano mierząc koncentrację chlorofilu *a*), a także czyhających na nie drapieżników (galaretowaty zooplankton). W tej pracy także połączono tradycyjne metody badania planktonu z wyrafinowanymi metodami instrumentalnymi by zweryfikować hipotezę o zmianie pionowej struktury zespołów zooplanktonu obszarach, w których wody powierzchniowe ulegały zaciemnieniu przez nanoszone zawiesiny. Hipoteza ta została wsparta (co raczej nie dziwi), ale dodatkowo potwierdzono sugestię zawartą w poprzednim artykule, że drapieżny zooplankton galaretowaty jest najbardziej czułym wskaźnikiem stresu środowiskowego wywołanego napływem mętnych wód roztopowych. Autorka sugeruje, że wpływ zawiesin na tę kategorię planktonu może być pośredni: *Calanoida*, stanowiące główny pokarm żebroplawów aktywnie unikają zmaconych wód, ale także bezpośredni: cząsteczki zawiesin zatykają lepkie czułki żebroplawów, co skądinąd także ogranicza efektywność zdobywania pokarmu przez te zwierzęta.

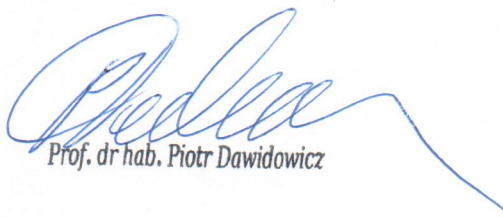
Zamykająca rozprawę czwarta praca (*Szeligowska et al. Blue carbon estimates in Horsund, an expanding Actic fjord affected by dark plumes of glacial meltwater. - submitted*), jest jedyną w tym zbiorze jeszcze nieopublikowaną i jedyną nie dotyczącą Isfjorden, lecz innego fiordu na Spitsbergenie - Horsundu. Manuskrypt jest jednak bardzo dobrym zwieńczeniem rozprawy Pani mgr Szeligowskiej, dotyczy bowiem konsekwencji zmian w ekosystemach fiordów (wycofywanie się i topnienie lodowców) dla jednej z najważniejszych spośród pełnionych przez nie usług ekosystemowych (*ecosystem services*) - sekwestracji węgla w osadach dennych. Cofanie się lodowców może mieć niejednoznaczny wpływ na intensywność depozycji węgla w osadach płytkich wód przybrzeżnych: z jednej strony prowadzi do powiększania się wolnej od lodu powierzchni tych wód, generalnie uważanych za "pułapkę" dla węgla, z drugiej zaś zawiesina mineralna nanoszona z lądu ogranicza intensywność fotosyntezy i wiązanie węgla w procesach produkcji pierwotnej planktonu. Rozstrzygnięcie, który z tych aspektów dominuje i jaki jest wpływ netto zaniku lodowców na tempo sekwestracji węgla w osadach fiordów nie jest zadaniem trywialnym. Jednakże zawarte w omawianej tu pracy symulacje numeryczne, oparte na istniejącym już modelu wzbogaconych o nowy komponent - zawiesinę nieorganiczną - sugerują, że odsłonięte spod lodu zatoki, choć mniej intensywnie niż obszary wolne od spływów wód roztopowych, zatrzymują jednak w osadach znaczące ilości węgla i mogą być uważane za "pułapkę" (*sink*) dla tego pierwiastka. Wniosek ten jest tym bardziej wiarygodny, że modelowanie oparte było na bardzo obszernych zbiorach danych, pozyskanych z wieloletniego monitoringu stanu badanych obszarów fiordu Horsund.

Podsumowując, rozprawa doktorska pani mgr Marleny Szeligowskiej jest kompleksowym studium ekosystemu pelagialu arktycznego fiordu uchwyconego w momencie zmiany, wywołanej ociepleniem klimatu. Studium to oparte jest na ogromnym materiale, długich seriach czasowych danych, pozyskiwanych i analizowanych nadzwyczaj różnorodnymi metodami (od klasycznych próbek planktonu po przez laserowe liczniki optyczne i kamery podwodne, zdjęcia satelitarne, wyrafinowane metody statystyczne i modelowanie numeryczne, żeby wymienić tylko niektóre) i dotyczy regionu geograficznego o fundamentalnym znaczeniu dla zrozumienia skutków globalnej zmiany klimatycznej dla funkcjonowania ekosystemów morskich. Wartość naukowa prac zebranych w rozprawie jest nadzwyczajna; nie mniejsza jest wartości referencyjna zawartych tam informacji - zmiany w morskiej Arktyce zachodzą dynamicznie i monitorowanie współczesnego stanu jej ekosystemów dostarczy nieoceniony materiał dla przyszłych badaczy. Co więcej

recenzowany zbiór tworzy przemyślaną całość, a lektura zawartych w niej kolejnych prac prowadzi od opisu zmieniających się ekosystemów do przewidywań skutków tych zmian w ekosystemach wykraczających poza ich granice, a dotyczących istoty mechanizmów procesów stojących u źródeł ocieplenia tj. globalnego cyklu węgla.

W gruncie rzeczy nie znajduję żadnych istotnych mankamentów stron recenzowanej rozprawy, ale gdybym miał wskazać jakieś słabsze jej strony, to zwróciłbym uwagę na opisowy charakter większości zawartych w niej publikacji. W konsekwencji cele badań przedstawione we wstępach do tych artykułów zwykle nie są ujmowane w postaci hipotez (z wyjątkiem 3 pracy, gdzie zresztą hipoteza jest dosyć oczywista), co nie całkiem się mieści w hipotetyczno-dedukcyjnym paradygmacie metodologicznym przyjętym w naukach przyrodniczych. To zastrzeżenie nie podważa jednak walorów poznawczych rozprawy, która stanowi bardzo wartościowy wkład w zrozumienie procesów zachodzących w ekosystemach morskiej Arktyki.

Wobec powyższego stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny dysertacja Pani mgr Marleny Szeligowskiej spełnia wszelkie formalne i merytoryczne wymogi stawiane pracom doktorskim zgodnie z Ustawą z dn. 14 marca 2003 r. o stopniach i naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami) oraz z rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn. 22 września 2011 r. (Dz. U. nr 204, poz. 1200) i wnoszę o dopuszczenie Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Jednocześnie, w uznaniu dla ponadprzeciętnych walorów naukowych rozprawy wnoszę o jej wyróżnienie stosowną nagrodą.


Prof. dr hab. Piotr Dawidowicz