

Kraków, 16 sierpnia 2021 r.

dr hab. Jarosław Tyszka, prof. ING PAN
Ośrodek Badawczy w Krakowie
Instytut Nauk Geologicznych PAN

Recenzja **rozprawy doktorskiej mgr Agnieszki Kujawy**

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Agnieszki Kujawy, pt. *Bioróżnorodność i kompozycja izotopowa otwornic bentosowych Svalbardu w warunkach atlantyfikacji Arktyki Europejskiej*, przygotowanej pod kierunkiem promotora Prof. dra hab. Marka Józefa Zajączkowskiego oraz promotora pomocniczego Dr Joanny Pawłowskiej z Instytutu Oceanologii PAN została opracowana na prośbę Dyrektora Instytutu Oceanologii PAN Prof. dr. hab. Marcina Węślowskiego.

Ocena indywidualnego wkładu Kandydatki do rozprawy doktorskiej jest jednoznaczna ze względu na to, że Kandydatka jest jedyną autorką dysertacji.

Tematyka i cele rozprawy

Tytuł rozprawy wymaga doprecyzowania. Jako bioróżnorodność czyli różnorodność biologiczną w tym kontekście widziałbym całkowite zróżnicowanie żywych organizmów, występujących w badanych akwenach/basenach morskich, otaczających archipelag Svalbard. Praca nie zajmuje się jednak bioróżnorodnością w tym znaczeniu tylko zróżnicowaniem otwornic pod wpływem atlantyfikacji tej części Arktyki. Niewątpliwie, zróżnicowanie otwornic bezpośrednio wpływa na bioróżnorodność, ale raczej nie może być z nią utożsamiane. Tu nasuwa się intrygujące, ale hipotetyczne pytanie, czy zróżnicowanie zespołów otwornic mogłoby być miarą całej bioróżnorodności w tym obszarze?

Wracając do głównego celu pracy doktorskiej, należy do niego „zbadanie składu gatunkowego, liczebności i bioróżnorodności oraz składu izotopowego skorupki otwornic bentosowych w rejonie szelfu Svalbardu w warunkach postępującej atlantyfikacji tego obszaru”. W tym miejscu powraca problem bioróżnorodności, ponieważ nie jest jasne czym różni się skład gatunkowy skorupki otwornic od bioróżnorodności skorupki otwornic. Domyślam się, że może tu chodzić o analizę jakościową i ilościową otwornic, ale wymaga to wyjaśnienia. Zbadanie składu izotopowego skorupki jest klarowne i brzmi lepiej od badania „kompozycji izotopowej otwornic” z tytułu pracy. Dodatkowym celem dysertacji jest znalezienie taksonów wskaźnikowych dla atlantyfikacji.

Ocena struktury i języka rozprawy

Recenzowana praca jest opracowaniem monograficznym napisanym w języku polskim. Rozprawa, składająca się ze 148 stron, poza tekstem głównym, zawiera polskie i angielskie streszczenie, ilustracje z ich spisem oraz cytowaną literaturę. Całość jest uzupełniona jednym załącznikiem na płycie CD, zawierającej zebrane dane ilościowe zagęszczenia otwornic

bentonicznych (żywych oraz martwych) na gram suchego osadu. Płyta zawiera również użyteczną kopię elektroniczną rozprawy.

Praca jest przejrzysta i poprawnie zredagowana. Jednak pojawia się w niej trochę neologizmów, które wydają się pochodzić z dosłownego tłumaczenia terminów anglojęzycznych. „Gatunek ten do osiedlenia potrzebuje twardego substratu” (str. 92) czy „Gatunek ten zazwyczaj jest korelowany z występowaniem twardego substratu” w znaczeniu twardego podłoża. Termin „substraty” jest nam dobrze znany z chemii. Ostatnio pojawiają się substraty ogrodnicze, które powoli zastępują podłoże ogrodnicze. Pozostaje pytanie, czy jest to termin, który powinniśmy przyjąć, czy wręcz przeciwnie? Podobnie odbieram termin *aperture* (ang. *aperture*) zamiast tradycyjnego ujścia otwornicy.

Jednak poważniejszym problemem jest utracenie sensu terminu podczas tłumaczenia. Przykładem może być angielski termin *vital effect*, który został przetłumaczony jako „preferencje życiowe”. W tym przypadku dosłowny „efekt życiowy” byłby znacznie bezpieczniejszy. Niestety, nawet w języku angielskim termin ten nie jest do końca fortunny, przez co nadal bardzo enigmatyczny. Zatem „efekt życiowy” to w tym przypadku odchylenie składu izotopowego w skorupkach pod wpływem specyficznego metabolizmu, który wydaje się swoisty dla danego taksonu. Ten efekt jednak może zależeć nie tylko od genetyki, ale również od mikrośrodowiska. W ujęciu Autorki odchylenia składu izotopowego „przypisuje się tak zwanym preferencjom życiowym otwornic (ang. *vital effect*), które należy wziąć pod uwagę w badaniach środowiskowych i są one szeroko opisywane w literaturze dla poszczególnych gatunków” (str. 25). Do preferencji życiowych należy również temperatura i zasolenie, a te parametry nie należą do „efektu życiowego”, chociaż bezpośrednio wpływają na stosunki izotopów tlenu.

Ocena metodyki badawczej

Praca opiera się na reprezentatywnym materiale pochodzącym z 18 stacji pomiarowych, zlokalizowanych w kilku przybrzeżnych rejonach Svalbardu. Trzy z nich znajdują się w zachodnich lub północnych fiordach, a dwie pozostałe to płytszy lub głębszy szelf Morza Barentsa. Stacje są dobrze umiejscowione, ponieważ wystarczająco różnią się pomiędzy sobą warunkami oceanograficznymi oraz sedymentacyjnymi. Metodyka opróbowania była przemyślana, ponieważ 10-centymetrowe rdzenie standardowo pocięto na centymetrowe warstwy, a osad przeznaczony do analiz otwornicowych zabarwiono roztworem etanolu i różu bengalskiego w celu wyróżnienia żywych osobników otwornic. Cenne jest wykonanie analiz w kilku frakcjach, nawet we frakcji najdrobniejszej $> 63 \mu\text{m}$. Ograniczenie analiz do 4 górnych centymetrów jest uzasadnione z powodu problemów z penetracją osadu do pełnych 10 cm. Istotne jest to, że równocześnie mierzono temperaturę, zasolenie oraz koncentrację zawiesiny wody morskiej na każdej stacji.

Dołączenie danych ilościowych z wykonanych analiz skorupki otwornic w postaci załącznika do pracy jest profesjonalnym standardem prac naukowych. Jednak zabrakło w bazie oryginalnych zliczeń (bez przeliczeń na gram osadu) oraz pełnych danych ilościowych dla wszystkich taksonów osobników żywych (zabarwionych różem bengalskim). To są zawsze bardzo cenne informacje, które mogą być wykorzystane do porównania zespołów otwornic i określenia ich trendów w przyszłości. Samo przeliczenie na gram osadu jest jednak bardzo użyteczne.

W pracy brakuje dobrej dokumentacji graficznej oznaczonych taksonów. Ryc. 3.1 pokazująca „różnorodność kształtów i ułożenia komór w skorupkach wybranych gatunków otwornic” nie może satysfakcjonować czytelnika. Brak skali zupełnie dyskwalifikuje taką planszę, chociaż jakość wykonanych zdjęć wydaje się zupełnie akceptowalna. Zastanawia informacja o tym, że jest to ilustracja „zmodyfikowana” ze źródła „Kujawa i in., w przygotowaniu”. Brak tej niepublikowanej pracy w literaturze nie ułatwia określenia statusu tej grafiki. Wynika z tych danych, że plansza została zmodyfikowana na podstawie źródła, które jeszcze nie istnieje. W praktyce ryc. 3.1 traktuję jako wymagającą dokończenia. Każda otwornica powinna być taksonomicznie opisana i posiadać swoją skalę. Optymalna jest ta sama skala dla wszystkich okazów, chociaż nie zawsze jest to możliwe i zasadne. W obecnej postaci otwornice są za małe w stosunku do tła, które dominuje, nie wnosząc informacji. Otwornice muszą również posiadać swoje adresy (numery prób).

Zaproponowana metodyka analiz statystycznych jest poprawna i adekwatna dla badanego materiału. Być może korzystne byłoby zastosowanie wielowymiarowych analiz korelujących otwornicowe dane ilościowe ze środowiskowymi, w tym z temperaturą, zasoleniem, głębokością, czy ilością zawiesiny i odległością od lodowców i/lub lodu morskiego. Wiemy, że część z tych lokalizacji zamarza zimą, część już nie, a to może znacząco wpływać na skład zespołów otwornic, ujawniając trendy w analizach statystycznych.

Dobór jednego gatunku do analiz izotopów trwałych jest bardzo dobrą strategią. Na podstawie opisu metodyki nie jest jednak jasne, czy wybrano po 12 żywych (zabarwionych) czy martwych osobników *Elphidium clavatum*. Osobniki martwe (sfosylizowane) mogą reprezentować wyraźnie inne warunki środowiskowe sprzed wielu lat, mogą też pochodzić z innego (np. znacznie płytszego) miejsca. Nie jest określony ich stan zachowania oraz czy na pewno nie zawierały innego materiału osadowego wewnątrz skorupki.

Ocena rezultatów pracy

Opis warunków oceanograficznych oraz zestawienie analiz granulometrycznych przedstawiono zwięźle, ale uzupełniono licznymi i przejrzystymi wykresami. To dało dobry kontekst środowiskowy do badań ilościowych otwornic. Analiza liczebności otwornic na gram osadu wskazuje na znaczne jej zróżnicowanie w zależności od lokalizacji stacji. Wydaje się jednak, że zmienność całkowita liczebności skorupki (okazów żywych i martwych) zależy nie tylko od produktywności otwornic, ale również, a może nawet szczególnie od tempa sedymentacji oraz od lokalnej hydrodynamiki i jej wpływu na transport i prawdopodobną redepozycję lekkich, pustych skorupki otwornic.

Wyjątkowo wysoką proporcję martwych osobników (51% do 90%) Autorka tłumaczy „wpływem pór roku, a dokładnie przejściem z pory wiosennej na letnią, co może prowadzić do obumarcia części fauny bentosowej”. Jest to jedna z realnych możliwości, ale proporcja pustych/martwych skorupki zależy od wielu parametrów, w tym szczególnie od tego jaki czas geologiczny reprezentuje pobrana próba. Zatem 4 centymetry osadu może reprezentować rok, kilka lat, ale również dziesiątki, czy setki lat. Jest to związane ze zjawiskiem kondensacji osadu, bezpośrednio zależnym od tempa sedymentacji osadu. Niezależnie należy pamiętać, że martwe skorupki są nie tylko wynikiem obumierania otwornic w trakcie niezakończonych ontogenezy. Najczęściej są to skorupki naturalnie opuszczone przez gamety lub osobniki

młodociane po każdym cyklu podziałów komórkowych. Ryc. 3.2 monografii przedstawia cykl życiowy otwornic, schematycznie opisując wszystkie te przypadki.

Podsumowując i uzupełniając te wyniki, wydaje się, że opisana proporcja osobników martwych jest zupełnie typowa dla tego rodzaju osadów pobranych z 4 centymetrów dna. Warto dodać, że proporcja ta zależy nie tylko od stopnia kondensacji osadu, ale również od pH i wczesnodiagenetycznego tempa rozpuszczania skorupki węglanowych w osadzie. Kolejnym elementem jest wymiatanie czy wymywanie (ang. *winning*) pustych skorupki przez prądy. Jest wiele otwornic zawieszonożerów, które znakomicie sobie radzą z umiarkowanymi prądami, dzięki elastycznym, odpornym na zerwanie retikulopodiom. Pozbawione cytoplazmy, skorupki mogą być łatwo transportowane i deponowane w miejscach o niższej energii hydrodynamicznej.

W nawiązaniu do powyższych uwag i analizując wyniki występowania dominujących gatunków, warto zatrzymać przy niezwykle intrygującym gatunku *Cibicidoides lobatulus*. Jest to takson, który występuje na każdej stacji pomiarowej i dominuje na 10 z nich. Analiza głównych składowych (PCA) potwierdza istnienie zespołu (zbiorowiska) *C. lobatulus* FA, natomiast Autorka - na podstawie licznych źródeł - słusznie zauważa, że gatunek ten „zazwyczaj bywał korelowany z dynamicznym środowiskiem o silnych prądach dennych oraz z obecnością osadów gruboziarnistych”. Z drugiej jednak strony twierdzi, że wyniki pracy doktorskiej tego „nie potwierdzają, ponieważ osad” (poza wyjątkami) „był zdominowany przez drobną frakcję pylastą” (str. 92). Dalej jednak twierdzi, że „w rejonie wschodniego Svalbardu *C. lobatulus* najliczniej występował na stacjach charakteryzujących się zwiększonym udziałem grubszych frakcji osadu, tj. piasku i żwiru, co najprawdopodobniej jest efektem transportu materiału osadowego z gór lodowych” (str. 104). Stwierdza ponadto, że „obecność gatunku *C. lobatulus* była efektem transportu materiału osadowego z gór lodowych w tym rejonie.” (str. 114). Ze względu na jego powszechne występowanie, w skrajnie różnych warunkach środowiskowych, gatunek ten powinien być zaliczony do grupy oportunistów. Dodatkową cechą siedliskową tego gatunku jest obecność twardego, niekoniecznie mineralnego podłoża (str. 117). To jest wniosek końcowy Autorki dotyczący tego ważnego gatunku.

W tym miejscu pojawiają się dwa pytania:

(1) Z czego wynika tak szeroka tolerancja warunków środowiskowych tego gatunku, połączona z wyraźną dominacją w wielu (ale nie we wszystkich) lokalizacjach?

(2) Jak autorka definiuje oportunistów tego i innych gatunków w swojej pracy?

W odniesieniu do pierwszego pytania, *C. lobatulus*, podobnie jak wszystkie organizmy jest uzależniony od pożywienia. Z omawianej pracy oraz z literatury wiemy, że jest to gatunek najliczniej stwierdzany w rejonie powierzchni osadu (klasyfikowany jako epifauna/epibentos). Morfologia jego skorupki jest idealna do przyczepiania się do twardego podłoża, liczniejsze występowanie korelowane z takim dnem to potwierdza w bardzo wielu lokalizacjach Atlantyku. Cechy te razem wskazują na to, że jest to najprawdopodobniej gatunek zawieszonożerowy. Pobieżny przegląd literatury potwierdza to przypuszczenie (m.in., Murray, 1971, 1991; Lutze and Thiel, 1989; Schönfeld, 2002; Schweizer i in., 2009; Wollenburg i in., 2021). Gooday (2003) wiąże nawet ten gatunek z silnymi prądami, a Alve i Murray (1999) stwierdzają jego występowanie w rejonie cieśniny Skagerrak oraz tolerancję na niższe zasolenie do 24 PSU.

Na podstawie mojego przeglądu literatury i analizy rezultatów pracy wraz z jej kontekstem środowiskowym można zatem podejrzewać, że *C. lobatulus*, jest fakultatywnym zawieszinożercą, który w warunkach nocy polarnej, pod sezonową/zimową pokrywą lodową i bardzo ograniczoną dostawą pokarmu fitoplanktonicznego pasywnie wyłapuje szczątki organiczne transportowane przez mnie lub bardziej łagodne prądy. Stabilne i wyniesione podłoże może być w tej strategii bardzo korzystne. Latem, przy sezonowym, przedłużonym pulsie świeżej materii organicznej, gatunek ten może się gwałtownie rozmnażać i żerować w górnej warstwie osadu. Hipoteza dostosowania behawioru otwornic do sezonowo bardzo zmiennych warunków środowiska może być warta przetestowania.

Co do drugiego pytania, związanego z definicją oportunistu, uzupełnię je pytaniami bardziej szczegółowymi: Czy oportunist jest w tym przypadku przeciwieństwem specjalizacji? Czy jest to tolerancja wszystkich warunków środowiskowych? Czy może chodzi o koncepcję oportunistu jako r-selektywności w odniesieniu do strategii życiowych organizmów?

W przypadku badań Doktorantki jest to termin istotny również dla wydzielenia trzech zasadniczych grup wskaźnikowych otwornic na podstawie zebranej literatury (tab. 4.1/str. 46). Są to (a) gatunki atlantyckie, (b) gatunki arktyczne i (c) gatunki oportunistyczne. Podział ten stosuje różne kryteria klasyfikacji. Podział na gatunki atlantyckie i arktyczne jest zrozumiały, ponieważ wynika z charakterystyki mas wody w tym rejonie. Gatunki oportunistyczne w tym przypadku, to być może te, które nie mają takich preferencji i są dobrze zaadaptowane do warunków zarówno wód atlantyckich jak też arktycznych.

Przyglądając się taksonom otwornic opisanych ze wszystkich stacji, w kontekście systematycznym i filogenetycznym, interesujące jest to, że wszystkie zespoły są zdominowane przez otwornice należące do gromady Globothalamea, zatem otwornice o globularnych komorach (por. Pawłowski i in., 2013). Udział otwornic z gromady Tubothalamea (rurkowatych) jest jednoznacznie akcesoryczny, przy braku jakichkolwiek rozpoznawalnych preferencji w badanym środowisku. Wydaje się, że otwornice gromady Globothalamea są w tym warunkach bezkonkurencyjne, prawdopodobnie dzięki ich adaptacji do środowisk silnie sezonowych.

W tym miejscu wypada zauważyć, że Autorka przyjęła klasyfikację otwornic na podstawie Loeblich i Tappana z 1964, która utrzymuje Foraminiferida na poziomie gromady. Przyjęcie tej klasyfikacji daje priorytet teksturze ścianki szkieletu otwornicy i nie pozwala na zauważenie, że wszystkie gatunki wskaźnikowe tabeli 4.1 reprezentują taką samą grupę filogenetyczną. Warto zaznaczyć, że jest to grupa monofiletyczna, która zawiera zarówno otwornice o szkieletach wapiennych, jak też aglutynowanych.

Jedną z istotnych części rezultatów jest analiza trendów w składzie izotopów trwałych. Rycina 5.13 (str. 84) przedstawia wyniki oparte na analizie *Elphidium clavatum* o czym należy pamiętać z Materiałów i metod (str. 47), ponieważ nie jest to ujęte w opisie figury. Jednak dzięki opisowi tej ryciny dowiadujemy się, że były to okazy martwe oraz żywe. Pojawia się pytanie, jak zinterpretować wyniki, jeśli skorupki reprezentują okazy z ostatniego sezonu zmieszane z okazami z kilku lub kilkudziesięciu lat. Jeśli mają pokazać trend atlantyfikacji, to dobrze byłoby rozdzielić tę informację.

Wyniki izotopowe wydają się pokazywać pewne trendy w składzie izotopów stabilnych węgla ($\delta^{13}\text{C}$). Trudna jest jednak interpretacja wyników $\delta^{18}\text{O}$. W treści pracy pojawiają się ogólne interpretacje o zmienności składu izotopowego, ale nie są one poparte interpretacją i wyjaśnieniem „co z czego wynika?”. Nie rozumiem między innym końcowego wniosku, dlaczego analiza izotopów stabilnych dostarcza więcej istotnych informacji o właściwościach środowiska morskiego od analizy PC w tym przypadku? Dlaczego wyniki analizy PC nie pokazują postępu zmian środowiskowych, a analiza izotopów pokazuje? Jeśli analizy izotopowe pochodzą ze zmieszanych żywych i martwych okazów, to chyba nie możemy porównać stanu z roku 2016 do lat poprzednich. Bliższe wyjaśnienia tych interpretacji byłoby cenne podczas obrony pracy.

Podsumowanie oceny

Ważąc za i przeciw, do pozytywnych stron pracy należą:

1. Ciekawa koncepcja pracy, podejmująca ważki temat intensyfikacji zmian środowiska w strefie subarktycznej i arktycznej na podstawie interdyscyplinarnych badań na pograniczu oceanografii, ekologii, sedimentologii i biogeochemii izotopów.
2. Adekwatny obszar badań, obejmujący najważniejsze akweny otaczające Svalbard. Dobór stacji pozwolił na porównanie środowisk fiordowych oraz szelfowych Morza Barentsa. Dodatkowo transekty batymetryczne pozwoliły na analizę trendów w różnych strefach fiordów oraz w różnych odległościach od lodowców i strefy brzegowej.
3. Właściwa metodyka poboru i analiz prób otwornic. Cenne jest szczególnie (a) zastosowanie rządu bengalskiego do oddzielenia szkieletów otwornic żywych od martwych; (b) podział osadu na jednocentymetrowe warstwy; (c) zastosowanie drobnego sita ($63\ \mu\text{m}$), uwzględniające analizę drobnej frakcji; (d) dołączenie bazy danych wykonanych analiz ilościowych; (e) odniesienie danych ilościowych do masy osadu (wzgl. 1 grama osadu).
4. Zrealizowanie głównego celu pracy, dokumentującej zróżnicowanie, skład gatunkowy oraz frekwencje otwornic bentonicznych w rejonie szelfu archipelagu Svalbard w warunkach postępującej atlantyfikacji tego obszaru. „Potencjalnymi wskaźnikami atlantyfikacji są: liczebność, bioróżnorodność oraz kompozycja gatunkowa otwornic związanych z wpływem AW. Uzyskane wyniki nie potwierdzają założenia, że liczba gatunków ma związek z procesem atlantyfikacji wód wokół Svalbardu.” Przedstawiono również zróżnicowanie składu izotopowego skorupki jednego z dominujących gatunków otwornic.

Do dyskusyjnych, mniej pozytywnych lub negatywnych stron pracy należą:

1. Niedoprecyzowanie części terminologii użytej w pracy.
2. Przy dobrze ocenionej metodologii, zabrakło danych ilościowych, dotyczących zawartości węgla organicznego w każdej próbce (TOC) oraz porównania parametrów hydrodynamicznych każdej stacji.
3. Szcątkowa dokumentacja graficzna taksonów w postaci jednej niedokończonej planszy (ryc. 3.1). W tym przypadku wnioskuję o jej ukończenie i zaprezentowanie podczas obrony, a w terminie późniejszym w zapowiedzianej publikacji autorstwa Kujawa i inni (w przygotowaniu).

4. Brak dostępu do pełnych danych ilościowych i taksonomicznych, dotyczących osobników żywych.
5. Niewykorzystanie pełnego potencjału wielowymiarowych danych ilościowych i jakościowych w zestawieniu z dostępną literaturą. W szczególności chodzi tu o gatunki dominujące, ich cechy morfologiczne i preferencje pokarmowe.
6. Zdawkowa interpretacja wyników analiz izotopowych otwornic. Brak podziału na skorupki pochodzące z okazów żywych i martwych.

Wniosek końcowy

Obiektywnie zestawiając wszystkie punkty oceny, mogę stwierdzić, że cele rozprawy zostały jednak osiągnięte. Kandydatka do stopnia naukowego doktora przedstawiła ciekawe materiały badawcze, zaproponowała interpretacje i przedstawiła ich dyskusję. Wyniki pracy potwierdzają postępującą atlantyfikację oraz proponują wskaźniki, które będzie można stosować lub testować w dalszych badaniach obszarów polarnych. Wyniki mogą być również przydatne dla innych obszarów, wykazujących konsekwentny, wieloletni trend zmian cyrkulacji i powiązanych z nim zmian warunków środowiskowych. Wyniki te są niewątpliwie inspirujące do dalszych pogłębionych badań.

Na tej podstawie stwierdzam, że praca spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami). Recenzowana rozprawa doktorska jest oryginalnym opracowaniem Autorki i wnosi wkład do dziedziny nauk o Ziemi i środowisku. Wnoszę zatem o dopuszczenie Pani mgr Agnieszki Kujawy do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jarosław Tyszka

Cytowane prace

- Lutze, G.F., Thiel, H., 1989. Epibenthic foraminifera from elevated microhabitats: *Cibicidoides wuellerstorfi* and *Planulina ariminensis*: *Journal of Foraminiferal Research*, v. 19, p. 153–158.
- Murray, J.W., 1971. *An Atlas of British Recent Foraminiferids*: Heinemann Educational Books, London, 244 p.
- Murray, J.W., 1991, *Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera*. Harlow: Longman, 397 p.
- Pawlowski J, Holzmann M., Tyszka J., 2013. New supraordinal classification of Foraminifera: Molecules meet morphology. *Marine Micropaleontology* 100: 1-10.
- Schweizer, M., Pawlowski, J., Kouwenhoven, T. Van Der Zwaan, B., 2009. Molecular phylogeny of common cibicidids and related Rotaliida (Foraminifera) based on small subunit rDNA sequences. *The Journal of Foraminiferal Research*, 39(4), pp.300-315.
- Schönfeld, J., 2002. A new benthic foraminiferal proxy for near-bottom current velocities in the Gulf of Cadiz, northeastern Atlantic Ocean: *Deep-Sea Research I*, v. 49, p. 1853–1875.