

Prof. dr hab. Ryszard K. Borówka  
Instytut Nauk o Morzu i Środowisku  
Uniwersytet Szczeciński

#### Recenzja

rozprawy doktorskiej Pani mgr Marty Rudnej

pt. „Zapis gwałtownych zmian klimatycznych przełomu plejstocenu i holocenu w szczątkach fauny Cladocera zdeponowanych w osadach jeziornych i torfowiskowych”  
przygotowana na prośbę Przewodniczącego Komisji Uniwersytetu Łódzkiego  
do spraw stopni naukowych w dyscyplinie Nauki o Ziemi i Środowisku,  
Pana dr hab. Wojciecha Tołoczko, prof. UŁ.

Od paru dekad wiadomo, że podczas pleni-vistulianu i późnego vistulianu miały miejsce gwałtowne i często krótkotrwałe w skali geologicznej zmiany klimatyczne, uwarunkowane różnymi czynnikami środowiskowymi. Ich zapis został najlepiej udokumentowany na podstawie badań izotopów trwałych ( $\delta^{18}\text{O}$ ) rdzeni lodowych z Grenlandii. Ślady tych zmian są również identyfikowane w osadach morskich, jeziornych i torfowiskowych, zwłaszcza na podstawie szczegółowych analiz tych osadów z zastosowaniem metod multi-proxy. Jednakże wiedza o zapisie późnoplejstoceńskich gwałtownych zmian klimatycznych w osadach morskich i lądowych basenów sedymentacyjnych jest w dalszym ciągu bardzo skąpa, między innymi z powodu wykonywania analiz wielowskaźnikowych ze zbyt małą rozdzielczością, co powodowało, że zmiany krótkotrwałe umykały niekiedy uwadze badaczy.

Biorąc pod uwagę wcześniejsze wyniki badań wybranych stanowisk osadów późnoczwartorzędowych z regionu łódzkiego, Pani mgr Marta Rudna podjęła się ambitnego zadania, mającego na celu stwierdzenie, na ile gwałtowne zmiany klimatyczne występujące na przełomie plejstocenu i holocenu zostały zapisane w osadach ekosystemów wodnych. W swoich badaniach skoncentrowała się na analizie szczątków fauny Cladocera, dość szybko reagującej na różnorodne zmiany środowiskowe.

Na dysertację doktorską Pani mgr Marty Rudzkiej składają się:

- maszynopis rozprawy pt. „Zapis gwałtownych zmian klimatycznych przełomu plejstocenu i holocenu w szczątkach fauny Cladocera zdeponowanych w osadach jeziornych i torfowiskowych” prezentujący obszar i metodykę badań, cele oraz zakres rozprawy doktorskiej, a także streszczenia trzech

artykułów wchodzących w skład rozprawy, wraz z opisem wkładu własnego Doktorantki w ich powstanie; końcową składową maszynopisu jest analiza porównawcza wyników badań reakcji subfosylnej fauny Cladocera na zmiany klimatyczne zarejestrowane w badanych torfowiskach;

- oryginalny artykuł naukowy autorstwa doktorantki i prof. Jacka Forysiaka pt. „Osady biogeniczne torfowisk regionu łódzkiego jako materiał do badań kopalnych Cladocera” (16 str.), opublikowany w 2023 r. w czasopiśmie *Acta Geographica Lodziensia* nr 113;
- oryginalny obszerny artykuł współautorski, (doktorantka jest autorem korespondencyjnym) pt. „Cladocera responses to the climate-forced abrupt environmental changes related to the Late Glacial/Holocene” (21 str.), opublikowany w 2023 r. w czasopiśmie *Water* 15(1), (IF – 3.0);
- oryginalny obszerny artykuł współautorski, (doktorantka jest autorem korespondencyjnym) pt. „Habitat transformation under abrupt climate changes at the Late Glacial/Holocene transition, as told by Cladocera”, (25 str. maszynopisu) złożony do druku w redakcji *Geological Quarterly* (wraz z zaświadczeniem o złożeniu do redakcji).

W swoich badaniach Doktorantka wychodzi z założenia, że zmienność stratygraficzna szczątków subfosylnych wioślarek, analizowana z dużą rozdzielczością, może stanowić cenne źródło informacji o tempie zmian klimatu i innych warunków środowiskowych panujących na przełomie późnego glacjału i holocenu.

Głównym celem przeprowadzonych badań jest ustalenie, w jaki sposób zmiany klimatyczne wpłynęły na skład gatunkowy fauny Cladocera w różnych typach zbiorników zlokalizowanych na obszarze ekstraglacialnym ostatniego lądolodu, a także, jaka była reakcja w składzie i liczebności wioślarek na lokalne zmiany poziomu i temperatury wody, pH oraz warunków troficznych panujących w jeziorze.

Pierwszy z serii artykułów stanowiących osiągnięcie doktorskie Pani mgr Marty Rudzkiej, pt. „Osady biogeniczne torfowisk regionu łódzkiego jako materiał do badań kopalnych Cladocera”, ma charakter przeglądowy. Doktorantka, wraz z promotorem rozprawy, Panem prof. dr hab. Jackiem Forysiakiem, zaprezentowali dotychczasowe wyniki badań geomorfologicznych i paleoekologicznych 12 stanowisk jeziorno-torfowiskowych z regionu łódzkiego, zwracając szczególną uwagę na walory oraz słabości wcześniej wykonanych analiz geochronologicznych oraz kopalnych

wioślarek, które były przeanalizowane przed laty ze zbyt małą rozdzielczością, niepozwalającą na uchwycenie szybkości reakcji Cladocera na zmiany klimatyczne i ich konsekwencje środowiskowe. Już na etapie przygotowań tego artykułu do druku, autorzy dokonali wyboru dwóch stanowisk osadów jeziorno-bagiennych - Żabieniec oraz Ługi, charakteryzujących się różnym położeniem i morfogenezą, lecz wypełnionych osadami pozwalającymi na uchwycenie zmian składu i liczebności Cladocera w okresie od najstarszego dryasu po środkowy holocen.

W artykule „Cladocera responses to the climate-forced abrupt environmental changes related to the LateGlacial/Holocene” Doktorantka prześledziła reakcję Cladocera w obrębie basenu jeziornego Żabieniec, na szybkie zmiany warunków klimatycznych podczas późnego glacjału i na początku holocenu, tj. w okresie od około 14 do 10,5 tys. lat kal. BP. W tym przedziale czasu zainteresowała się szczególnie reakcją Cladocera na zmiany środowiskowe podczas przejść od starszego dryasu do allerödu, od allerödu do młodszego dryasu, oraz od młodszego dryasu do holocenu w osadach z profilu Z-3. Udokumentowała między innymi, że przejście od starszego dryasu do allerödu miało najłagodniejszy charakter, co odzwierciedlają niejasne sygnały zmian wioślarek oraz wyniki analizy pyłkowej. W czasie ochłodzenia starszego dryasu dominowały gatunki odporne na niskie temperatury – *Chydorus sphaericus*, *Alonella nana* oraz *Acroperus harpae*. Warto jednak zaznaczyć, że w tym fragmencie profilu obserwuje się odmienną tendencję zmian udziału dwóch zimnolubnych gatunków (spadek udziału *Chydorus sphaericus* przy jednoczesnym wzroście *Alonella nana*), co Doktorantka wiąże ze zmianą pH wody w zbiorniku. Jednakże, odczyn pH jezior, w których obecnie żyje w Norwegii *A. nana* waha się w szerokim przedziale, od 3,9 do 8,6, co pozwala postawić pytanie, na ile konkurencja między tymi dwoma gatunkami może być ważniejszą przyczyną zmian ich udziału na przełomie starszego dryasu i allerödu.

Ponadto, analiza dokonana przez Doktorantkę z wysoką rozdzielczością pozwoliła na wykrycie obecności większej liczby gatunków pod koniec starszego dryasu (z 9 na 12), w tym *Pleuroxus trigonellus*, *Rhynchotalona falcata* oraz *Alona affinis*. Jeszcze większą liczbę gatunków Cladocera stwierdzono w nieco wyższej sekcji osadów z profilu Z-3, w której zarejestrowano zapis zmian środowiskowych na przełomie allerödu i młodszego dryasu. Spośród oznaczonych 18 gatunków, w początkowej fazie młodszego dryasu udokumentowano wyraźny spadek, aż do zupełnego zaniku (dolna część sekcji III), trzech gatunków *Bosmina coregonii*, *B. longirostris*

i *B. longispina*, z których szczególnie dwa pierwsze wskazują na obniżenie trofii jeziora, a jednoczesny wzrost udziału *Alonella nana* wiąże się zapewne ze spadkiem temperatury wody.

Na przejściu od młodszego dryasu do holocenu liczba gatunków Cladocera wzrosła do 24, przy czym zaznaczył się wyraźny spadek frekwencji zimnolubnej *Alonella nana* przy jednoczesnym wyraźnym wzroście udziału gatunków z rodziny Bosminidae.

Ciekawym wynikiem zarejestrowanym w początkowej fazie holocenu, w obrębie sekcji III, na głębokości 771-775 cm (Fig. 5), który niestety nie został zinterpretowany, jest niemalże całkowity zanik ciepłolubnych gatunków *Bosmina coregoni*, *B. longirostris* oraz *B. longispina*, przy jednoczesnym wzroście udziału gatunków odpornych na niskie temperatury (*Alonella nana* i *Acroperus harpa*), a także pojawieniu się *Betula nana* w diagramie pyłkowym (Fig.7). Warto się zastanowić, czy jest to zapis wyraźnego ochłodzenia w początkowej fazie holocenu, czy też jest to zmiana wynikająca z wpływu jakichś innych czynników.

Uzyskane przez Doktorantkę wyniki dotyczące zmienności udziału różnych gatunków Cladocera w osadach późnoglacialnych ze stanowiska Żabieniec dostarczyły cennych informacji na temat tempa reakcji ekosystemów jeziornych na zmiany klimatyczne i powiązane z nimi zmiany troficzne. Pokazały również, że w okresach chłodnych zdecydowanie dominowały taksony litoralne, a w okresach cieplejszych wyraźnie wzrastała rola organizmów planktonowych.

W kolejnym artykule wchodzącym w skład osiągnięcia doktorskiego pt. „Habitat transformation under abrupt climate changes at the Late Glacial/Holocene transition, as told by Cladocera” zostały zaprezentowane wyniki wysokorozdzielczej analizy subfosylnych Cladocera z osadów jeziornych stanowiska Ługi, zlokalizowanego w nieczynnym fragmencie doliny Warty. W wypadku tego zbiornika udało się Doktorance uchwycić przejścia okresów chłodnych i ciepłych, począwszy od najstarszego dryasu, aż do początku holocenu. Wykazano, że przejściowe okresy klimatyczne odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu bioróżnorodności i frekwencji Cladocera, co zdaniem Doktorantki było związane przede wszystkim ze zmianami głębokości wody, temperatury oraz dostępności składników odżywczych. Ponadto, porównanie wyników badań z profilu Ł-2, opracowanym z wysoką rozdzielczością, w porównaniu z wcześniej przeanalizowanym profilem Ł-1 (niska rozdzielczość), wykazało nie tylko większą liczbę taksonów, ale pozwoliło również

na zidentyfikowanie wyższej dynamiki zmian środowiskowych w wypadku badań przeprowadzonych z wysoką rozdzielczością.

Istotne różnice zaznaczające się pomiędzy późnoglacialnymi ekosystemami badanych jezior, a także ich reakcjami na zmiany klimatyczne, Doktorantka zaprezentowała w 5 rozdziale manuskryptu rozprawy doktorskiej pt. „Zróżnicowanie warunków siedliskowych dla subfosylnej fauny Cladocera w torfowiskach Żabieniec i Ługi – analiza porównawcza”, jak również w rozdz. 6 pt. „Podsumowanie”. W rozdziałach tych Doktorantka uwypukliła korzyści płynące z zastosowania analiz wysokorozdzielczych, pozwalających na bardziej szczegółową i wieloaspektową rekonstrukcję zmian w ekosystemach jeziornych.

Biorąc pod uwagę założony cel badań uważam, że dobór stanowisk badawczych, a także zastosowanych metod badań w celu rozpoznania reakcji Cladocera na zmiany warunków klimatycznych, okazał się trafny. Pozwolił bowiem na uchwycenie lokalnych przemian występujących w obrębie badanych ekosystemów jeziornych na tle regionalnych zmian klimatycznych, zrekonstruowanych na podstawie wyników analiz palinologicznych.

Pojawia się jednak pytanie, czy bardzo klarowne zmiany w składzie gatunkowym Cladocera, polegające na obecności lub zaniku pewnych gatunków wskaźnikowych o znanych wymaganiach ekologicznych, w tym zwłaszcza termicznych, mogą stanowić podstawę wyznaczania lub weryfikacji granic pomiędzy chłodnymi i ciepłymi okresami, zidentyfikowanymi dla późnego glaciału na podstawie wyników badań palinologicznych. Doktorantka podjęła taką próbę w artykule dotyczącym stanowiska Żabieniec (publikacja w czasopiśmie *Water*), lecz później wycofała się z niej w manuskrypcie doktoratu. Jakże były tego powody ?

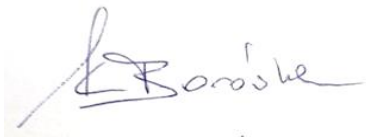
Istotnym wydaje się również problem, co było przyczyną bardzo szybkiej reakcji Cladocera na zmiany klimatyczne. Czy można to wiązać z wpływem ptaków wędrownych preferujących środowisko wodne, a zarazem przyczyniających się do szybkiego rozprzestrzeniania się tych niewielkich organizmów. Czy też należy brać pod uwagę inne, bardziej prawdopodobne sposoby ich rozprzestrzeniania się w środowisku, odznaczającym się wielkimi i dość szybkimi zmianami klimatycznymi.

Konkludując należy podkreślić, że Doktorantka w pełni zrealizowała założony cel badań. Na podstawie bogatej dokumentacji wykazała, że analizy wykonywane w wysokiej rozdzielczości pozwalają na wykrycie wielu nowych procesów

zachodzących w ekosystemie dawnych jezior, a w szczególności odpowiedzi takich organizmów jak Cladocera, na zmieniający się klimat i warunki środowiskowe. Wykryła między innymi, że reakcje Cladocera na zmiany środowiskowe następowały wcześniej aniżeli zmiany uwidaczniane w zapisie pyłkowym. Ponadto, w swoich dociekaniach naukowych wykazała się dogłębną wiedzą i znajomością procesów geo-ekologicznych działających w środowisku jezior, znajdujących się pod presją znacznych wahań klimatycznych.

Warto również podkreślić, że poza recenzowanym osiągnięciem doktorskim, Pani mgr Marta Rudna jest również współautorką 7 innych artykułów naukowych, w tym dwóch opublikowanych w renomowanym czasopiśmie „Catena”, co pokazuje Jej duże zaangażowanie w pracę i dojrzałość naukową.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowane osiągnięcie doktorskie spełnia warunki określone w *art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 13.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki*. A zatem wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr Marty Rudnej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Szczecin, dnia 19 maja 2025 r.