

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Pauliny Wietrzyk - Pełki
pt.

**„The importance of cryptogams in the primary succession process and soil development
in the forelands of Svalbard glaciers”**

wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. Marii Olech

Arktyczne ekosystemy lądowe są bardzo wrażliwe na współczesne zmiany klimatu i odzwierciedlają skutki zmian temperatury powietrza, opadów, pokrywy śnieżnej, wiecznej zmarzliny, aktywności procesów geomorficznych i recesji lodowców. Ocieplenie na dużą skalę w Arktyce przyspieszyło w ostatnich dziesięcioleciach i występuje w tempie dwukrotnie większym niż światowy trend (AMAP, 2017). Jednak warunki klimatyczne tych szerokości geograficznych są bardzo zróżnicowane przestrzennie, co wpływa na dynamikę procesów biologicznych, biogeochemicznych i geomorficznych w ekosystemach lądowych. W realiach funkcjonowania środowiska i nieustannie trwających procesów, wraz z recesją lodowców, tajaniem zmarzliny i rozwojem pokrywy roślinnej podłoże skalne poddawane jest procesom glebotwórczym. Nietrudno zgodzić się z opinią Kandydatki, że z wyjątkiem nielicznych badań, wiedza na temat sukcesji pierwotnej organizmów a także początkowego rozwoju gleby jest nadal ograniczona. To są argumenty wystarczające aby stwierdzić, że tematyka przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej znakomicie wpisuje się w nurt światowej nauki.

Pod względem formalnym pracę doktorską mgr Pauliny Wietrzyk - Pełki stanowi anglojęzyczne opracowanie przedstawiające spójną tematycznie serię czterech publikacji. Opracowanie liczy 163 strony i składa się z omówienia zbioru przedstawionych prac oraz artykułów składających się na dysertację doktorską, napisanych w j. angielskim i opublikowanych w czasopiśmie z listy JCR oraz listy A MNiSzW:

1. Wietrzyk-Pełka P., Otte V., Węgrzyn M.H., Olech M. (2018). From barren substrate to mature tundra – lichen colonization in the forelands of Svalbard glaciers. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 87(4):3599. Doi: <https://doi.org/10.5586/asbp.3599>. 1;
2. Wietrzyk-Pełka P., Cykowska-Marzencka B., Maruo F., Szymański W., Węgrzyn M.H. (2020). Mosses and liverworts in the glacier forelands and mature tundra of Svalbard (High Arctic): diversity, ecology, and community composition. *Polish Polar Research* 2:1–25. Doi: <https://doi.org/10.24425/ppr.2020.133011>;
3. Wietrzyk P., Rola K., Osyczka P., Nicia P., Szymański W., Węgrzyn M. (2018). The relationships between soil chemical properties and vegetation succession in the aspect of changes of distance from the glacier forehead and time elapsed after glacier retreat in the Irenebreen foreland (NW Svalbard). *Plant and Soil*, 428(1–2):195–211. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3660-3>. 7;
4. Wietrzyk-Pełka P., Rola K., Szymański W., Węgrzyn M.H. (2020). Organic carbon accumulation in the glacier forelands with regard to variability of environmental conditions in different

ecogenesis stages of High Arctic ecosystems. *Science of the Total Environment* 717:135151.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135151>.

Przedstawione do recenzji opracowanie stanowiące dysertację doktorską jest dokumentem kompletnym, dającym podstawę przeprowadzenia przewodu doktorskiego. Omówienie prac składa się z kilku zasadniczych części takich jak Wstęp, Dyskusja, Wnioski, Spis literatury a ponadto zawiera dokumenty zaświadczające o udziale Kandydatki w przedstawionych, wieloautorskich artykułach. Artykuły stanowiące podstawę merytoryczną dysertacji są wieloautorskie, a Kandydatka we wszystkich z nich jest pierwszym Autorem z istotnym wkładem 70% i wiodącą rolą w opracowaniu danych, obliczeniach statystycznych, analizie i interpretacji wyników i przygotowaniu publikacji do druku. Warto podkreślić świeżość tych publikacji gdyż dwie wydano w 2018 roku, z których dwie są cytowane łącznie 8 razy (WoS z dnia 03 maja 2020) a dwie są tegoroczne (2020). Wszystkie znajdują się w bazie WoS.

Drobnym defektem technicznym opracowania jest umieszczenie spisu treści (Table of Contents) dopiero na stronie 10, co nieznacznie dekoncentruje czytelnika. Umieszczenie na ryc. 1 (str. 17) czytelniejszej mapy przeglądowej obszaru Svalbardu ze szczegółową lokalizacją miejsc badawczych w większej przestrzeni geograficznej z pewnością zmusiłoby czytelnika do szerszego i wieloaspektowego spojrzenia na przedstawione zagadnienie. Należy żałować, że nie umieszczono takiej mapy.

W części opracowania nazwanej „Introduction” (Wstęp) przedstawiony jest krótki zarys problemu w świetle literatury, główny cel badań oraz etapy pracy wraz z krótką charakterystyką miejsc prowadzenia prac terenowych. Zarysowane etapy pracy z jednoczesnym wskazaniem uzyskanych wyników w kolejnych publikacjach dobrze odzwierciedlają to, że zarówno koncepcja merytoryczna jak i strategia realizacji badań i dysertacji są dobrze przemyślane i zaplanowane.

Głównym celem projektu doktorskiego było zbadanie sukcesji pierwotnej organizmów kryptogamicznych oraz inicjalnego rozwoju gleby, a także wzajemnych powiązań między tymi dwoma procesami na przedpolach lodowców Spitsbergenu Zachodniego (Archipelag Svalbard). Badania prowadzone były w różnych obszarach Svalbardu. Zaplanowano trzy zadania badawcze.

Pierwsze zadanie dotyczyło analizy składu gatunkowego i udziału organizmów kryptogamicznych w inicjalnych zbiorowiskach przedpoli lodowców oraz zbiorowiskach dojrzałej tundry i przyjęto w nim następujące hipotezy: a) uznanie zbiorowisk roślinnych otaczających przedpola lodowca za zbiorowiska szczytowe dzięki ich rozwojowi niezakłóconemu przez lodowiec w przeszłości bogactwo gatunków dojrzałych tundra różni się od bogactwa gatunków na przedpolu lodowca; b) w odniesieniu do różnych siedlisk warunki na każdym przedpolu lodowca, skład i bogactwo gatunków na przedpolu różnią się; oraz c) liczba gatunków i procent pokrycia cyjanolitów wiążących azot jest wyższy w lodowiec na przedpolu niż w dojrzałej tundrze, a liczba gatunków i procent pokrycia chlorocyny wykazują odwrotny wzór. Wyniki tego zadania opublikowano w dwóch pracach: **Wietrzyk-Pełka et al., 2018. *From barren substrate to mature tundra – lichen colonization in the forelands of Svalbard glaciers...*** oraz **Wietrzyk-Pełka et al. 2020. *Mosses and liverworts in the glacier forelands and mature tundra of Svalbard (High Arctic): diversity, ecology, and community composition...***

Druga część projektu doktorskiego polegała na zbadaniu charakteru rozwoju gleby wyrażonego poziomem akumulacji węgla organicznego w podłożu. Ponadto, analizie poddano także zmiany innych parametrów gleby (tj. całkowitego azotu, całkowitej siarki, pH gleby) oraz pokrywy roślinnej w zależności od odległości od czoła lodowca i czasu od wycofania się lodowca. W badaniach, które realizowano na przedpolu jednego lodowca (Irenebreen), zastosowano autorską, nowatorską

metodę opartą o zmodyfikowaną metodę chronosekwencji. Na potrzeby realizowanego etapu postawiono cztery hipotezy: a) zarówno zwiększona odległość od czoła lodowca i czas, jaki upłynął po deglacjacji, pozytywnie wpływają na akumulację węgla organicznego, azotu i zawartość siarki w glebie i negatywnie wpływają na pH gleby; b) w odniesieniu do zmiennej prędkości wycofywania się lodowca, związek pomiędzy czasem, jaki upłynął od wycofania się lodowca a właściwościami gleby jest liniowy w przeciwieństwie do relacji „odległość a właściwości gleby” gdzie związek ma charakter nieliniowy; c) rozwój roślinności przyczynia się do wzrostu akumulacji węgla organicznego, azotu i zawartości siarki oraz spadku pH w inicjalnych glebach formujących się na przedpolu lodowca; d) rozwój roślinności zależy głównie od odległości od czoła lodowca. Wyniki opublikowano w trzeciej pracy, wchodzącej w skład dysertacji (**Wietrzyk et al. 2018. *The relationships between soil chemical properties and vegetation succession in the aspect of changes of distance from the glacier forehead and time elapsed after glacier retreat in the Irenebreen foreland, NW Svalbard***)...

Trzeci, ostatni etap projektu doktorskiego poświęcony został badaniu różnic w zmiennych biotycznych i abiotycznych pomiędzy dwoma typami siedlisk, tj. inicjalnymi siedliskami na przedpolach lodowców oraz siedliskami dojrzałej tundry. Ponadto, zbadane zostały różnice wynikające z położenia geograficznego lodowców, a także z interakcji między typem siedliska a położeniem lodowca. Dokonano także analizy wpływu różnorodnych zmiennych środowiskowych na rozwój gleby na ośmiu przedpolach lodowców w celu określenia roli biologicznych skorup glebowych w tym procesie. O rezultatach prac trzeciego etapu donosi czwarta w cyklu i najnowsza publikacja Kandydatki (**Wietrzyk-Pelka et al., 2020, *Organic carbon accumulation in the glacier forelands with regard to variability of environmental conditions in different ecogenesis stages of High Arctic ecosystems***...).

Badania pokazały, że liczba gatunków i kompozycja gatunkowa mszaków zależały od typu siedliska oraz położenia geograficznego przedpola lodowca, a pokrywa gatunkowa była również związana z interakcją między tymi dwoma czynnikami. Stwierdzono, że rozmieszczenie gatunków wpływ ma pokrycie gruntu, obecność roślin naczyniowych, przewodnictwo gruntu, zawartość całkowitego węgla organicznego i azotu w glebie, zawartość K⁺, zawartość mułu i piasku, pH podłoża, insolacja oraz czas jaki upłynął od recesji czoła lodowca. Oceniono, że w szczególności przedpola lodowca zasługują na uwagę, jeśli dalsze ocieplenie klimatu będzie kontynuowane, ponieważ gatunki wrażliwe na konkurencję ze strony roślin naczyniowych przeniosą się do siedlisk w pobliżu lodowców.

Badania na przedpolu Irenebreen pokazały, że rozkład przestrzenny zawartości węgla organicznego, siarki, azotu i pH w glebie na przedpolu lodowca zależy od czasu recesji lodowca a więc od tempa sukcesji. Innymi słowy, stopień pokrycia podłoża roślinnością jest ważnym czynnikiem istotnie wpływającym na właściwości gleby, jednak z drugiej strony parametry glebowe oraz odległość od czoła lodowca oddziałują na rozmieszczenie gatunków, a także sam rozwój roślinności.

Analiza wyników uzyskanych w ostatnim etapie badań wykazała znaczące różnice w badanych zmiennych pomiędzy typami siedlisk i lokalizacjami. Dowodzi to, że na każdym z badanych przedpoli rozwój gleby zachodzi indywidulanie. Dodatkowo, gleba wykształcająca się na przedpolach nadal zachowuje cechy inicjalnego podłoża, w znacznym stopniu różniącego się od gleby dojrzałej tundry. Stwierdzono także, że rozwój gleby jest istotnie powiązany z niektórymi z analizowanych czynników, tj. stopniem pokrycia biologicznych skorup glebowych, zawartością węgla i azotu w biologicznych skorupach glebowych, pH gleby, topograficznym wskaźnikiem wilgotności i geograficzną lokalizacją przedpola lodowca. Dzięki temu wykazano istotną rolę biologicznych skorup glebowych w procesie formowania się gleby na obszarach uwalnianych spod lodu.

W rozdziale dysertacji („Discussion”) wyniki projektu doktorskiego, zawarte w czterech publikacjach dysertacji przedyskutowano w kontekście światowej literatury i aktualnej wiedzy na temat badanego problemu a w rozdziale „Wnioski” (Conclusions) ostatecznie podkreślono, że uzyskane wyniki badań potwierdziły silną zależność pomiędzy kryptogamami a rozwojem gleb inicjalnych.

Z punktu widzenia wiedzy Recenzenta z kompetencjami w zakresie geografii fizycznej, klimatologii i obszarów polarnych w omówieniu prac odczuwa się niedosyt szerszego spojrzenia na cechy związane z położeniem geograficznym, o którym kilka razy wspomina Kandydatka. Jak rozróżniane są te cechy? Czy dostrzegane są różnice pomiędzy stanowiskami usytuowanymi na ciepłym i wilgotnym zachodnim wybrzeżu a tymi zlokalizowanymi w głębi Isfjordu, gdzie zaznaczają się cechy kontynentalizmu? Jaka jest rola klimatu lokalnego (topoklimatu, mikroklimatu/klimatu siedlisk) kształtowanego przez cały kompleks elementów lokalnych takich jak ekspozycja, odległość od lodowca jako zasobnika „chłodu”, wilgotność podłoża? Ten istotny wątek pojawia się w ostatniej z prac, gdzie analizie wariancji ANOVA poddano 15 zmiennych środowiskowych, w tym określonych przy użyciu narzędzi analiz przestrzennych GIS (nachylenie i ekspozycja stoku, topograficzny wskaźnik wilgotności podłoża TWI). Tu między innymi wykazano związek z TWI ale efektywność sukcesji i procesów glebotwórczych zależy także od stopnia stabilności podłoża a ta zaś właśnie od jego wilgotności, obecności pokrywy śnieżnej/długotrwałości płatów śnieżnych, od procesów mrozowych, w tym sezonowego rozmarzania. Procesy te są silnie zależne od mikrorzeźby i cech pośrednich takich jak zdolność do gromadzenia i zalegania śniegu i właśnie od ekspozycji, która decyduje o ilości docierającej energii słonecznej oraz o tempie parowania zależnego od wiatru, czego szerzej nie dyskutowano. Być może brak takiego ujęcia wynika z samej w sobie metodologii przyjmowanej w botanice/biologii lub po prostu należy oczekiwać kolejnego kroku badawczego, w którym szerzej uwzględni się regionalne cechy abiotyczne, generowane regionalnymi oraz lokalnymi czynnikami klimatotwórczymi (rzeźba i stosunki hydrograficzne) i warunkami klimatycznymi. Powyższa uwaga świadczy o tym, że uzyskane wyniki należą do wyjątkowych, są niezmiernie oryginalne, tworzą olbrzymi potencjał rozwojowy i inspirują do stawiania pytań.

Pragnę podkreślić, że w mojej opinii praca doktorska mgr Pauliny Wietrzyk – Pełki zasługuje na szczególne wyróżnienie. Przeprowadzone przez Kandydatkę szczegółowe badania dotyczące kolonizacji przedpoli przez gatunki kryptogamiczne oraz dotyczące ich roli w procesie formowania gleby należą do pionierskich. Badania przeprowadzone w dużej skali przestrzennej obszaru z elementami nowej metodyki i uzyskane wyniki przybliżają rozumienie mechanizmu procesów glebotwórczych w warunkach pierwotnej sukcesji roślin na obszarach współcześnie przebiegającej deglacji. Sam zaś projekt doktorski, jego koncepcja merytoryczna, przyjęta strategia badań zostały znakomicie przemyślane, zaplanowane i przedstawione w dysertacji, która zasługuje na wyróżnienie.

Uważam, że recenzowana rozprawa spełnia warunki formalne i merytoryczne stawiane przez Ustawę o tytule naukowym i stopniach naukowych z dn. 14 marca 2003 r. (Dz.U. nr 65 z dn. 14 marca 2003 r. ze zmianami w Dz.U. z 2005 r., nr 165, poz. 1365) i wnoszę do Wysokiej Rady Dyscypliny Nauki biologicznej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie o przyjęcie pracy i dopuszczenie mgr Pauliny Wietrzyk - Pełki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Krzysztof Migala