

Marcin Pietras

Dziedzina nauk ścisłych i przyrodniczych

Dyscyplina: Nauki biologiczne

AUTOREFERAT

Występowanie obcych gatunków grzybów niepatogenicznych
należących do rzędu Boletales oraz Phallales

OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE

Zakład Biogeografii i Systematyki
Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk
w Kórniku

1. IMIĘ I NAZWISKO: Marcin Pietras

2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE LUB ARTYSTYCZNE – Z PODANIEM PODMIOTU NADAJĄCEGO STOPIEŃ, ROKU ICH UZYSKANIA ORAZ TYTUŁU ROZPRAWY DOKTORSKIEJ.

2013, Kórnik Instytut Dendrologii PAN, stopień naukowy DOKTORA nauk biologicznych w dyscyplinie biologia, tytuł rozprawy doktorskiej: „Struktura zbiorowisk grzybów mykoryzowych dębu szypułkowego i bezszypułkowego na obszarze Płyty Krotoszyńskiej”, promotor prof. dr hab. Maria Rudawska

2008, Poznań Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny- studia magisterskie kierunku leśnictwo, specjalizacja: ochrona środowiska leśnego, tytuł magistra inżyniera leśnictwa, tytuł pracy magisterskiej: „Struktura morfologiczna i molekularna mikoryz na siewkach dębu w warunkach szkółki leśnej”, promotor prof. dr hab. Maria Rudawska

2003, Tuchola Technikum Leśne im. Adama Loreta w Tucholi. Dyplom uzyskania tytułu zawodowego: technik leśnik

3. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH LUB ARTYSTYCZNYCH.

od 1. I 2021 Kierownik Zakładu Biogeografii i Systematyki, Instytut Dendrologii PAN w Kórniku

od 1. XI 2018 Adiunkt naukowy w Pracowni Badania Związków Symbiotycznych, Instytut Dendrologii PAN w Kórniku

1. X 2015- 30. IX 2018 Adiunkt naukowy w Katedrze Taksonomii Roślin i Ochrony Przyrody, Wydział Biologii Uniwersytetu Gdańskiego

18.VIII 2012-31.X 2018 Biolog w Pracowni Badania Związków Symbiotycznych, Instytut Dendrologii PAN w Kórniku (w okresie 1. X 2015- 30. IX 2018 na urlopie bezpłatnym związanym z realizacją stażu podoktorskiego w Katedrze Taksonomii Roślin i Ochrony Przyrody Uniwersytetu Gdańskiego).

4. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT. 2 USTAWY Z DNIA 20 LIPCA 2018 R. PRAWO O SZKOLNICTWIE WYŻSZYM I NAUCE (DZ. U. Z 2020 R. POZ. 85 Z PÓŹN. ZM.), OMÓWIENIE TO WINNO DOTYCZYĆ MERYTORYCZNEGO UJĘCIA PRZEDMIOTOWYCH OSIĄGNIĘĆ, JAK I W SPOSÓB PRECYZYJNY OKREŚLAĆ INDYWIDUALNY WKŁAD W ICH POWSTANIE, W PRZYPADKU, GDY DANE OSIĄGNIĘCIE JEST DZIEŁEM WSPÓLAUTORSKIM, Z UWZGLĘDNIENIEM MOŻLIWOŚCI WSKAZYWANIA DOROBKU Z OKRESU CAŁEJ KARIERY ZAWODOWEJ.

A. Tytuł osiągnięcia naukowego

Występowanie obcych gatunków grzybów niepatogenicznych należących do rzędu Boletales oraz Phallales

B. Wykaz opublikowanych artykułów naukowych stanowiących podstawę habilitacji

LP	Publikacja	Punkty MNiSW	IF ₂ letni w roku publ.
H1	Pietras M. , Rudawska M., Iszkuło G., Kujawa A., Leski T. 2016. Distribution and molecular characterization of an alien fungus, <i>Clathrus archeri</i> , in Poland. Polish Journal of Environmental Studies 25: 1197-1204. https://doi.org/10.15244/pjoes/61230	20*	0,793
	Mój wkład autorski obejmował: opracowanie koncepcji badań, zbiór materiałów do badań w terenie oraz wyszukanie informacji nt. występowania <i>C. archeri</i> opierając się na kwerendzie okazów zielnikowych zdeponowanych w polskich zielnikach, przeprowadzenie analiz molekularnych wraz ze zgłoszeniem uzyskanych sekwencji ITS oraz LSU do bazy NCBI, przygotowanie finalnej wersji tekstu, przygotowanie szaty graficznej i tabeli, przygotowanie większości odpowiedzi na recenzje.		
H2	Pietras M. , Litkowiec M., Gołębiowska J. 2018. Current and potential distribution of the ectomycorrhizal fungus <i>Suillus lakei</i> ((Murrill) A.H. Sm. & Thiers) in its invasion range. Mycorrhiza 28: 467–475. https://doi.org/10.1007/s00572-018-0836-x	35*	3,114
	Mój wkład autorski obejmował: opracowanie koncepcji badań, zbiór materiałów do badań w terenie oraz wyszukanie informacji nt. występowania <i>S. lakei</i> opierając się na kwerendzie okazów zielnikowych zdeponowanych w zielnikach na całym świecie, przygotowanie bazy danych przedstawiającej występowanie grzyba <i>Suillus lakei</i> na świecie opierając się na otwarte bazy danych (GBIF, MycoPortal), przeprowadzenie analiz molekularnych zebranych owocników oraz mykoryz wraz ze zgłoszeniem uzyskanych sekwencji ITS do bazy NCBI, przeprowadzenie modelowania zasięgu niszy klimatycznej grzyba <i>S. lakei</i> oraz daglezi zielonej, przygotowanie finalnej wersji tekstu, przygotowanie szaty graficznej i tabeli, przygotowanie odpowiedzi na recenzje.		
H3	Pietras M. , Kolanowska M. 2019. Predicted potential occurrence of the North American false truffle <i>Rhizopogon salebrosus</i> in Europe. Fungal Ecology 9: 225-230. https://doi.org/10.1016/j.funeco.2018.12.002	100**	2,656
	Mój wkład autorski obejmował: opracowanie koncepcji badań, zbiór materiałów do badań w terenie oraz wyszukanie informacji nt. występowania grzyba <i>R. salebrosus</i> opierając się na kwerendzie okazów zielnikowych zdeponowanych w zielnikach na całym świecie, przygotowanie bazy danych przedstawiającej występowanie <i>R. salebrosus</i> na świecie w oparciu o otwarte bazy danych (GBIF, MycoPortal) oraz bazy rekordów drzew z którymi grzyb ten może wchodzić w symbiozę mykoryzową, przeprowadzenie analiz molekularnych wraz ze zgłoszeniem uzyskanej sekwencji ITS do bazy NCBI, przeprowadzenie modelowania zasięgu niszy klimatycznej grzyba, przygotowanie finalnej wersji tekstu, przygotowanie części szaty graficznej, przygotowanie odpowiedzi na recenzje.		

H4	Pietras. M. 2019. First record of North American fungus <i>Rhizopogon pseudoroseolus</i> in Australia and prediction of its occurrence based on climatic niche and symbiotic partner preferences. <i>Mycorrhiza</i> 29: 397–401. https://doi.org/10.1007/s00572-019-00899-x	100**	3,069
H5	Pietras M. , Kolanowska M., Selosse M.-A. 2021. <i>Quo vadis?</i> Historical distribution and impact of climate change on the worldwide distribution of the Australasian fungus <i>Clathrus archeri</i> (Phallales, Basidiomycota). <i>Mycological Progress</i> 20:299–311. https://doi.org/10.1007/s11557-021-01669-w	70**	2,149
	Mój wkład autorski obejmował: opracowanie koncepcji badań, zbior materiałów do badań w terenie oraz wyszukanie informacji nt. występowania grzyba <i>C. archeri</i> w oparciu o kwerendę okazów zielnikowych zdeponowanych w zielnikach na całym świecie, przygotowanie bazy danych przedstawiającej występowanie grzyba na świecie w oparciu o otwarte bazy danych (GBIF, MycoPortal), przeprowadzenie modelowania zasięgu niszy klimatycznej grzyba <i>C. archeri</i> w przeszłości, teraźniejszości oraz przyszłości, przygotowanie finalnej wersji tekstu, przygotowanie części ilustracji graficznych oraz tabeli, przygotowanie odpowiedzi na recenzje.		

* Punktacja na podstawie wykazu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 25 stycznia 2017r.

** Punktacja na podstawie wykazu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 9 lutego 2021r.

Łączny Impact Factor_{2 letni w roku opublikowania} osiągnięcia naukowego (H1-H5): **11,781**

Suma punktów ministerialnych osiągnięcia naukowego:

55 pkt.(na podstawie wykazu MNiSW z dnia 25 stycznia 2017 r.) oraz

270 pkt. (punktacja na podstawie wykazu MNiSW z dnia 9 lutego 2021r.)

C. Omówienie cyklu prac stanowiących osiągnięcie naukowe (H1-H5)

Występowanie obcych i inwazyjnych organizmów stanowi jeden z głównych problemów współczesnej ochrony przyrody (Vitousek i in. 1996). Większość obecnie prowadzonych badań z zakresu biogeografii skupia się na procesie introdukcji różnych gatunków roślin i zwierząt, głównie tych ważnych gospodarczo (Desprez-Loustau i in. 2007) oraz organizmów chorobotwórczych. Natomiast niewiele wiadomo na temat rozprzestrzeniania się obcych gatunków grzybów, zwłaszcza niepatogenicznych, poza ich naturalnym zasięgiem występowania.

Poprzez swoją naturę grzyby mogą bardzo długo egzystować w postaci grzybni przerastającej substrat glebowy, bez regularnego pojawiania się efemerycznych owocników. Dlatego też jedną z największych luk ograniczających badania nad występowaniem obcych gatunków niepatogenicznych grzybów jest niski poziom poznania rozmieszczenia gatunków zarówno w skali krajów, jak i całych kontynentów (**Pietras** 2019, **Pietras** i Kolanowska 2019). Dotyczy to zwłaszcza taksonów, które w sposób przypadkowy lub celowy zostały przeniesione na nowe tereny.

Wyróżnia się zasadniczo trzy możliwe scenariusze rozprzestrzeniania się grzybów na nowe tereny (**Pietras** 2017). W pierwszym z nich obserwuje się brak przywiązania grzyba do innego organizmu, co sprawia, że rozprzestrzenianie się tego taksonu nie wymaga koegzystencji z np. organizmami symbiotycznymi. Wśród badań na temat introdukcji niepatogenicznych grzybów znaleźć możemy tylko kilka przykładów, które w sposób wyczerpujący opisują to zjawisko. Można tu zaliczyć badania opisujące drogę introdukcji saprotroficznego grzyba *Flavolashia colacera* do Europy (Vizzini i wsp. 2009), czy rozprzestrzenianie się okratka australijskiego (*Clathrus archeri*) w skali świata (Parent i in. 2000, **Pietras** i in. 2016, **Pietras** i in. 2021). Inny scenariusz przenoszenia grzybów na nowe

tereny obserwujemy w przypadku grzybów symbiotycznych, które tworzą związki ektomykoryzowe z przenoszonymi gatunkami drzew. Zjawisko to nosi nazwę kointrodukcji (ang. *cointroduction*, *coinvasion*; Dickie i in. 2010) i polega na jednoczesnym przeniesieniu partnera roślinnego – w tym przypadku drzewa tworzącego związki ektomykoryzowe – wraz z symbiontem grzybowym. Przyjmuje się, że kointrodukcja drzew i związanych z nimi symbiontów grzybowych jest najczęściej obserwowanym scenariuszem rozprzestrzeniania się obcych gatunków grzybów niepatogenicznych. W skali Europy proces ten obserwowany był w przypadku grzyba symbiotycznego należącego do rodzaju lakówka (*Laccaria fraterna*, Diez i in. 2005). Najnowsze badania dowiodły, że w przypadku kointrodukcji tropikalnego gatunku *Coccoloba uvifera* i związanym z tą rośliną grzyba *Scleroderma bermudense* nie dochodzi do niekorzystnych zdarzeń demograficznych w populacji grzyba przeniesionego na nowe tereny (Sane i in. 2018). Praca przeglądowa opublikowana przez Vellinge i in. (2009) ujawniła występowanie poza naturalnym zasięgiem prawie 200 gatunków grzybów ektomykoryzowych. Na podstawie przytoczonego artykułu można uznać, że na tamten czas teren Polski był białą plamą na mapie globalnych introdukcji obcych gatunków grzybów symbiotycznych. Polska Lista Organizmów Obcych obejmowała w tamtym czasie 86 gatunków obcych grzybów, spośród których zaledwie 8 było gatunkami niepatogenicznymi (Solarz 2006). W porównaniu do innych krajów Europy, ze szczególnym uwzględnieniem krajów sąsiadujących, liczba notowań obcych gatunków wydaje się być wysoce niedoszacowana. Polska lista uwzględniała tylko jeden gatunek grzyba ektomykoryzowego, maślaka wejmutkowego (*Suillus placidus*). Dla porównania w sąsiadujących z Polską Niemcami stwierdzono występowanie 9 innych północnoamerykańskich taksonów należących do rodzaju *Suillus* i blisko spokrewnionego rodzaju *Rhizopogon* (Vellinga i wsp. 2009). Trzecim scenariuszem dla rozprzestrzeniania się obcych gatunków grzybów symbiotycznych jest spontaniczne przeniesienie taksonu, który zawiązuje symbiozę ektomykoryzową z nowymi dla siebie gatunkami drzew, zazwyczaj blisko spokrewnionymi z tymi, z którymi występuje w granicach swojego naturalnego zasięgu. Za przykład może posłużyć tu złotoborowik wyniosły (*Aureoboletus projectellus*), który na obszarze naturalnego występowania tworzy związki symbiotyczne z szeregiem północnoamerykańskich sosen, natomiast w Europie występuje również z rodzimymi dla tego kontynentu gatunkami sosen: *Pinus sylvestris* oraz *P. mugo* (Banasiak, Pietras i in. 2019a, 2019b).

Przyjmuje się, iż mała ilość notowań obcych grzybów jest ściśle związana z niewielką ilością (a często brakiem) publikacji z danego kraju (Vellinga i in. 2009). W Polsce poza artykułem przeglądowym opublikowanym przez Wojewodę i Karasińskiego (2010) brak było publikacji szczegółowo opisujących pojawianie i rozprzestrzenianie się obcych gatunków grzybów. Pod tym względem Polska była „czystą kartką” na światowej mapie introdukcji niepatogenicznych grzybów, co było bezpośrednim powodem dla mnie do podjęcia badań nad występowaniem obcych gatunków grzybów. Początkowo moim założeniem było skupienie się na gatunkach, które potencjalnie mogły występować na terenie Polski, finalnie badania składające się na osiągnięcie naukowe wykroczyły daleko poza granice naszego kraju, ponieważ w badaniach tych wykorzystano materiały pochodzące z trzech kontynentów oraz Nowej Zelandii.

W swoich badaniach wykorzystywałem różne podejścia metodyczne, od klasycznej taksonomii grzybów, przez metody biologii molekularnej, do narzędzi służących do modelowania niszy bioklimatycznej (ecological niche modeling, ENM). Na potrzeby niniejszego opracowania wyniki stanowiące osiągnięcie naukowe zostaną przedstawione w sposób odzwierciedlający przyjęte w badaniach podejście metodyczne.

Wykorzystanie otwartych baz danych oraz okazów zielnikowych grzybów w badaniach biogeografii obcych grzybów niepatogenicznych

- Pietras M., Litkowiec M., Gołębiowska J. 2018. Current and potential distribution of the ectomycorrhizal fungus *Suillus lakei* ((Murrill) A.H. Sm. & Thiers) in its invasion range. *Mycorrhiza* 28: 467–475.
- Pietras M., Kolanowska M. 2019. Predicted potential occurrence of the North American false truffle *Rhizopogon salebrosus* in Europe. *Fungal Ecology* 9: 225-230.
- Pietras. M. 2019. First record of North American fungus *Rhizopogon pseudoroseolus* in Australia and prediction of its occurrence based on climatic niche and symbiotic partner preferences. *Mycorrhiza* 29: 397–401.
- Pietras M., Kolanowska M., Selosse M.-A. 2021. Quo vadis? Historical distribution and impact of climate change on the worldwide distribution of the Australasian fungus *Clathrus archeri* (Phallales, Basidiomycota). *Mycological Progress* 20: 299–311.

W czasach „globalnej wioski”, bezustannego rozwoju nowych technologii oraz skupiania życia w mediach społecznościowych otwarte bazy danych dają ogromną szansę kompleksowe badania mykologiczne (Heilmann – Clausen i in. 2016) oraz pozwalają sięgać po informacje z wielu miejsc na Ziemi (Andrew i in. 2018). Ma to ogromne znaczenie w momencie pracy z organizmami, których centra występowania znajdują się tysiące kilometrów od miejsca prowadzenia badań, bądź też rozrzucone są na wielu kontynentach. Badania nad gatunkami grzybów, które składają się na osiągnięcie naukowe prezentowane w niniejszym opracowaniu pochodzą z Ameryki Północnej, Australii i Nowej Zelandii. Wykorzystanie otwartych baz danych takich jak baza sekwencji UNITE, MycoPortal oraz baza Global Biodiversity Information Facility (GBIF) było kluczowe dla realizacji celów przedstawionych w artykułach prezentowanych powyżej. Łącznie zgromadzono informację o 312 rekordach badanych grzybów, w tym 146 lokalizacji okratka australijskiego (**Pietras** i in. 2021), 166 rekordów analizowanych grzybów symbiotycznych klasyfikowanych do grupy grzybów suilloidalnych (**Pietras** i Kolanowska 2019, **Pietras** 2019, GBIF org (2018d)), oraz 1846 lokalizacji przedstawiających występowanie północnoamerykańskich drzew z nimi związanych (**Pietras** i in. 2018, **Pietras** i Kolanowska 2019, **Pietras** 2019). Informacje w ten sposób uzyskane były weryfikowane, filtrowane i analizowane pod względem przydatności do badań.

Dodatkowym źródłem wiedzy o rozmieszczeniu analizowanych gatunków grzybów były informacje skojarzone z okazami zielnikowymi zdeponowanymi w herbariach/fungariach. W latach 2015-2018 w ramach projektu FUGA nawiązałem kontakt z 17 herbariami z Ameryki Północnej, Europy, Australii oraz Nowej Zelandii, co pozwoliło na zgromadzenie 295 ekscykatów grzybów, które zostały przekazane lub wypożyczone na czas prowadzenia badań. Informacje zawarte w opisach większości kolekcji zostały zweryfikowane pod kątem rzetelności, dokładności oraz przydatności do prowadzonych badań.

Ujednolicone dane biogeograficzne uzyskane z otwartych baz oraz pozyskane dzięki możliwości kwerendy okazów zielnikowych z herbariów, wykorzystane zostały w badaniach nad występowaniem maślaka daglezwego (**Pietras** i in 2018), okratka australijskiego (**Pietras** i in. 2021) oraz złotoborowika wysmukłego (Banasiak, **Pietras** i in. 2019a, 2019b). Z jednej strony pozwoliły one na przedstawienie aktualnego, rzeczywistego zasięgu występowania opierającego się na danych typu „presence only”, z drugiej mogły być wykorzystane do określenia potencjalnego występowania analizowanych gatunków grzybów w teraźniejszości (**Pietras** i in. 2018, **Pietras** 2019, **Pietras** i Kolanowska 2019, Banasiak, **Pietras** 2019a, 2019b), ale również dodatkowo dla przeszłości oraz przyszłości (**Pietras** i in. 2021). Dodatkową korzyścią płynącą z wykorzystania danych związanych z okazami zielnikowymi jest możliwość późniejszego wykorzystania zgromadzonych

eksykatów w badaniach, opierających się na zaawansowanych metodach molekularnych, np. genetyki populacyjnej. Badania takie zostały podjęte dla czterech potencjalnie inwazyjnych gatunków grzybów w obecnie realizowanym przeze mnie projekcie **OPUS**.

Wykorzystanie narzędzi biologii molekularnej w badaniach nad występowaniem obcych grzybów niepatogenicznych

- **Pietras M.**, Rudawska M., Iszkuło G., Kujawa A., Leski T. 2016. Distribution and molecular characterization of an alien fungus, *Clathrus archeri*, in Poland. Polish Journal of Environmental Studies 25: 1197-1204.
- **Pietras M.**, Litkowiec M., Gołębiewska J. 2018. Current and potential distribution of the ectomycorrhizal fungus *Suillus lakei* ((Murrill) A.H. Sm. & Thiers) in its invasion range. Mycorrhiza 28: 467–475.
- **Pietras M.**, Kolanowska M. 2019. Predicted potential occurrence of the North American false truffle *Rhizopogon salebrosus* in Europe. Fungal Ecology 9: 225-230.
- **Pietras. M.** 2019. First record of North American fungus *Rhizopogon pseudoroseolus* in Australia and prediction of its occurrence based on climatic niche and symbiotic partner preferences. Mycorrhiza 29: 397–401.

Obserwowany od 20 lat rozkwit technik molekularnych niewątpliwie przyczynił się do rozwoju nauk biologicznych. Również w mykologii możemy obserwować gwałtowny rozkwit związany z udoskonalaniem narzędzi molekularnych w badaniach taksonomicznych, ekologicznych, czy populacyjnych. Związane jest to przede wszystkim z zaadoptowaniem reakcji PCR do badań mykologicznych oraz dostępnością narzędzi służących do analizowania sekwencji nukleotydowych (**Pietras** 2012). Ogromne znaczenie miało uznanie fragmentu ITS rDNA (*Internal Transcribed Spacer of ribosomal DNA*) jako „barcodu” wykorzystywanego do identyfikacji molekularnej grzybów (Schoch i in. 2012). Pozwoliło to również na identyfikacje mykoryz, tworzonych przez różne gatunki grzybów na korzeniach różnych gatunków drzew w różnych uwarunkowaniach środowiskowych (na przykład **Pietras** i in. 2013).

Jak wspomniano powyżej, metody molekularne mogą mieć szerokie zastosowanie w badaniach mykologicznych. W publikacji opisującej rozmieszczenie obcego gatunku saprotroficznego okratka australijskiego w Europie (**Pietras** i in. 2016) przeanalizowałem zmienność 2 sąsiadujących ze sobą regionów rDNA – uznanego w badaniach grzybów barkodu ITS oraz konserwatywnego markera LSU (*Large SubUnit*). Jednym z celów przeprowadzonych badań było sprawdzenie przydatności ww. regionów jako markerów niosących informację o pochodzeniu, swego rodzaju markera biogeograficznego. Wcześniejsze badania wykazały możliwość wykorzystania regionu ITS rDNA w badaniach biogeografii grzyba *Flavolachia colacera* i wskazanie prawdopodobnego miejsca, skąd gatunek ten został przeniesiony do Europy (Vizzini i in. 2009). W badaniach przeprowadzonych nad okratkiem australijskim (**Pietras** i in. 2016) wykorzystano 17 okazów zielnikowych zebranych w latach 1983-2014 w różnych regionach Polski. Przeprowadzona analiza podobieństwa filogenetycznego pokazała, że zarówno na długości fragmentu ITS (543 par zasad) jak i LSU (855 par zasad) zmienność porównywanych sekwencji była bardzo niska i wynosiła średnio 0,2% i 0,1%, odpowiednio dla ITS i LSU. W praktyce odzwierciedlało się to występowaniem pojedynczych substytucji nukleotydowych w sekwencjach ITS, oraz nielicznymi zmianami we fragmencie LSU (maksymalnie 7 na odcinku 855 par zasad). Przeprowadzone badania wskazały potrzebę szukania innych markerów genetycznych, które mogłyby służyć w badaniach biogeografii grzybów. Wniosek ten został potwierdzony późniejszymi badaniami nad rozmieszczeniem okratka australijskiego w Australii i Nowej Zelandii (**Pietras** i in. 2021), które również

wskazały na bardzo niski poziom zmienności regionów ITS oraz LSU owocników grzyba zebranych w jego naturalnym miejscu występowania (dane niepublikowane).

W kolejnych dwóch publikacjach będących częścią osiągnięcia naukowego (**Pietras** i in. 2018, **Pietras** i Kolanowska 2019) wykorzystalem metodę molekularnej identyfikacji ektomykoryz tworzonych przez grzyby na korzeniach dwóch północnoamerykańskich drzew iglastych: daglezi zielonej (*Pseudotsuga menziesii*) oraz sosny wejmutki (*Pinus strobus*). Badania te przeprowadzone zostały w ramach projektu **PRELUDIUM**, którego celem była ocena skali występowania obcych gatunków grzybów symbiotycznych, które mogły zostać zawleczone wraz ze swoimi partnerami roślinnymi. Trzyletnie obserwacje prowadzone były na 12 powierzchniach obserwacyjnych porośniętych daglezią zieloną w różnym wieku oraz 3 powierzchniach, gdzie występowała sosna wejmutka. Obecność ektomykoryz tworzonych przez maślaka dagleziowego odnotowano na 4 powierzchniach obserwacyjnych, którymi były zawsze przydomowe ogrody, natomiast nie znaleziono mykoryz tego grzyba w starych drzewostanach, zadrzewieniach, ani plantacjach nasiennych daglezi zielonej (**Pietras** i in. 2018). Udział mykoryz tworzonych przez maślaka dagleziowego wynosił średnio 20%, jednakże ilość znajdujących mykoryz była różna analizując poszczególne miejsca badań. Obecność grzyba potwierdzona została obserwacjami pojawiających się owocników w każdej z 4 lokalizacji. Owocniki pojawiały się w dużej ilości, niezależnie od stopnia kolonizacji korzeni przez grzyba. Obecność maślaka dagleziowego tylko i wyłącznie w ogrodach może być związana z ich historią. Wszystkie ogrody, w których odnotowano obecność grzyba zakładane były w podobnym okresie (ok. 20 -25 lat temu). W przypadku powierzchni obserwacyjnej w Pruszczu, gdzie maślak dagleziowy został znaleziony po raz pierwszy w Polsce (Ujsewicz 2012), kilkuletnie sadzonki daglezi trafiły w to miejsce z Niemiec. W latach 90-tych, kiedy to polski przemysł szkółkarski raczkował, sprowadzano materiał sadzeniowy z zagranicy, w tym również z Niemiec. Powyższe badania wskazały prawdopodobny sposób przeniesienia maślaka dagleziowego do Polski, jak również opisały początkowe stadium rozprzestrzeniania się grzyba.

Jak wspomniano powyżej podobne badania przeprowadzono na 3 powierzchniach, gdzie występowała sosna wejmutka. W tej części potwierdzono występowanie kolejnego północnoamerykańskiego gatunku grzyba należącego do rodzaju piestrówka (*Rhizopogon salebrosus*). Pojedyncze ektomykoryzy tego taksonu zostały zidentyfikowane na powierzchni zlokalizowanej w otulinie Rezerwatu Ostrzycki Las na Pomorzu Gdańskim i było to pierwsze notowanie tego gatunku w Polsce (**Pietras** i Kolanowska 2019). Odnotowanie obecności obu północnoamerykańskich gatunków grzybów udowadnia, że opisanie zbiorowiska symbiotycznych grzybów z wykorzystaniem metod molekularnych opartych na analizie regionu ITS może być przydatnym narzędziem w detekcji obcych gatunków grzybów symbiotycznych nawet w sytuacji, gdy nie tworzą one owocników.

W publikacji (**Pietras** 2019) metody molekularne wykorzystane zostały do potwierdzenia identyfikacji północnoamerykańskiego grzyba należącego do rodzaju piestrówka (*Rhizopogon pseudoroseolus*), którego owocniki zostały po raz pierwszy znalezione w Australii. Gatunek ten opisany został w 1966 r., jednak w związku z licznymi rewizjami sekcji *Roseoli* w ramach rodzaju *Rhizopogon* został zsynonimizowany z *R. roseolus* (Martin 1996). Badania molekularne opierające się o porównanie sekwencji regionu ITS rDNA przeprowadzone przez Martina i Garcję (2009) wskazały jednoznacznie odrębność *R. pseudoroseolus* od innych wydzielonych gatunków w sekcji *Roseoli*. Owocniki *R. pseudoroseolus* znalezione przeze mnie w okolicach Melbourn charakteryzowały się bardzo intensywną reakcją na FeSO₄, oraz dużymi (w porównaniu do innych taksonów w sekcji) zarodnikami, których długość przekracza 10 μm. Analiza filogenetyczna (**Pietras** 2019, suplement nr 2) wskazała jednoznacznie odrębność

genetyczną znalezionych owocników *R. pseudoreseolus* oraz *R. roseolus* (zmienność ITS w granicach od 3-5%) na tle innych taksów zaliczanych do grupy blisko spokrewnionych gatunków w sekcji *Roseoli*. Sekwencje owocników znalezionych po raz pierwszy w Australii były w 100%-ach zgodne z okazami zielnikowymi tego gatunku zdeponowanymi w Herbarium Uniwersytetu w Michigan (paratypy gatunku zebrane i zdeponowane w latach 60-tych XX wieku, sekwencje zgłoszone do bazy UNITE pod numerami AJ810040 oraz AJ810042). Przeprowadzona kwerenda danych zielnikowych oraz ogólnodostępnych baz danych (GBIF, iNATURALIST, Atlas of Living Australia), wskazały jednoznacznie, że *R. pseudoreseolus* nie był wcześniej notowany w Australii. Równoległe z artykułem (**Pietras** 2019) ukazała się praca Nuske i in. (2019), która na podstawie badań obecności zarodników grzybów w odchodach gryzoni potwierdziła występowanie *R. pseudoreseolus* we wschodniej Australii.

Wykorzystanie techniki modelowania niszy bioklimatycznej (ENM) w badaniach biogeografii obcych grzybów niepatogenicznych

- **Pietras M.**, Litkowiec M., Gołębiowska J. 2018. Current and potential distribution of the ectomycorrhizal fungus *Suillus lakei* ((Murrill) A.H. Sm. & Thiers) in its invasion range. *Mycorrhiza* 28: 467–475.
- **Pietras M.**, Kolanowska M. 2019. Predicted potential occurrence of the North American false truffle *Rhizopogon salebrosus* in Europe. *Fungal Ecology* 9: 225-230.
- **Pietras. M.** 2019. First record of North American fungus *Rhizopogon pseudoreseolus* in Australia and prediction of its occurrence based on climatic niche and symbiotic partner preferences. *Mycorrhiza* 29: 397–401.

W swoich badaniach wykorzystałem również narzędzia służące do modelowania niszy bioklimatycznej (ecological niche modeling, ENM), które na podstawie danych opisujących występowanie badanego gatunku pozwala oszacować potencjalny zasięg taksonu w oparciu o analizowane zmienne klimatyczne lub środowiskowe.

Celem badań przeprowadzonych w publikacji **Pietras** i in. (2018) było przedstawienie potencjalnego występowania północnoamerykańskiego gatunku grzyba *Suillus lakei* (maślaka daglezwego) w skali lokalnej oraz globalnej. Na potrzeby badań wykorzystano bazę danych lokalizacji *S. lakei* zarówno z naturalnego zasięgu występowania grzyba (49 rekordów zlokalizowanych pomiędzy 19° a 50° szer. geogr. północnej), jak i z poza tego obszaru, z Europy i Nowej Zelandii (łącznie 44 rekordy). Dla przygotowania modeli rozmieszczenia niszy bioklimatycznej wykorzystano dwa niezależne podejścia. W pierwszym wykorzystano 12 nieskorelowanych zmiennych klimatycznych oraz warstwę uwzględniającą topografię terenu (wysokość nad poziomem morza), w drugim zaś, obok zmiennych klimatycznych, uwzględnione zostało również występowanie partnera roślinnego grzyba. Gatunkiem tym jest daglezwia zielona (*Pseudotsuga menziesii*), drzewo które jest jedynym symbiontem mykoryzowym maślaka daglezwego. Przygotowane bazy danych pokrywały się ze znanym faktycznie rozmieszczeniem grzyba (93 rekordy) oraz drzewa (1147 rekordów) w skali całego świata. Przeprowadzone modelowanie wskazało natomiast, że rozmieszczenie niszy bioklimatycznej grzyba *S. lakei*, która potencjalnie może być zrealizowana przez ten gatunek, jest z jednej strony porównywalne z zasięgiem potencjalnego występowania drzewa, z drugiej strony znacznie szersze, niż znany obecnie zasięg tego grzyba. Jest to szczególnie widoczne na obszarach znajdujących się poza miejscem naturalnego występowania grzyba. W Europie, gdzie takson ten notowany był stosunkowo nieczęsto, głównie w Europie środkowej i południowej zasięg niszy bioklimatycznej jest znacznie szerszy i rozciąga się szerokim pasem od północnych skrajów Półwyspu Iberyjskiego przez Francję, Niemcy, kraje Beneluxu, aż do Polski. Dodatkowo

sprzyjające warunki dla występowania grzyba występują w Wielkiej Brytanii, niższych partiach Apenin, Półwyspie Bałkańskim oraz południowych wybrzeży Morza Czarnego. Przeprowadzone badania wskazują jednoznacznie, że *S. lakei* może potencjalnie rozprzestrzenić się na terenie większej części Europy, gdzie znajdują się warunki bioklimatyczne odpowiadające wymaganiom ekologicznym grzyba. Dla spełnienia takiego scenariusza konieczne są dwa warunki: 1) obecność daglezi zielonej, z którą grzyb ten jest ściśle związany oraz 2) wektor, który przyczyni się do rozprzestrzeniania się grzyba np. wraz z sadzonkami drzew ozdobnych (**Pietras** i in. 2018).

Kolejnym gatunkiem grzyba, dla którego przeprowadzono analizy rozmieszczenia niszy bioklimatycznej była jedna z północnoamerykańskich piestrówek *Rhizopogon salebrosus* (**Pietras** i Kolanowska 2019). Grzyb ten został odnaleziony dzięki wykryciu obecności ektomykoryz tego gatunku zidentyfikowanych na korzeniach sosny wejmutki rosnącej w otulinie Rezerwatu Ostrzycki Las podczas badań związanych z projektem **PRELUDIUM** i było to pierwsze notowanie tego taksonu w Polsce. Do przygotowania mapy ukazującej rozmieszczenie niszy klimatycznej najbardziej odpowiadającej wymaganiom grzyba wykorzystano również lokalizacje jego wcześniejszych notowań w Europie (odnotowanych w Szwajcarii oraz Czechach) oraz rekordy przedstawiające występowanie gatunku w Ameryce Północnej. Model przyrządzono w oparciu o 12 nieskorelowanych zmiennych klimatycznych. Przeprowadzone analizy pozwoliły na stwierdzenie dużej zgodności pomiędzy znanym rozmieszczeniem grzyba a zasięgiem jego preferowanej niszy klimatycznej na obszarach, gdzie gatunek ten występuje naturalnie. W Europie najwyższe przewidywanie dla jego występowania widoczne są w regionach skąd pochodzą notowania grzyba wykorzystane do analiz (Alpy i Sudety), ale również inne pasma górskie, takie jak Kordyliery, Karpaty, Góry Dynarskie, Góry Pontyjskie, Góry Taurus, Kaukaz oraz pasmo Gór Środkowoirańskich. Tak więc rozmieszczenie obszarów, na które potencjalnie mógłby się rozprzestrzenić *R. salebrosus* związane jest głównie z obszarami górskimi, jednak odnotowanie obecności tego gatunku na Pomorzu Gdańskim może oznaczać, że grzyb ten nie realizuje swojej niszy klimatycznej w Europie. Grzyby z rodzaju piestrówka tworzą koliste owocniki, które częściowo lub w całości mogą rosnąć w glebie. Dlatego też nazywane są fałszywymi truflami. Ma to istotne znaczenie w badaniach biogeografii gatunku, ponieważ obecność owocników może być niezauważalna, co w połączeniu z uzyskanymi wynikami modelowania świadczy o niedoszacowaniu przyjętego zasięgu grzyba w Europie.

Introdukcje grzybów symbiotycznych najczęściej obserwowane są w regionach, gdzie na szeroką skalę wprowadzani byli ich partnerzy roślinni. Największą ilość obcych gatunków drzew wprowadzono w regiony klimatu umiarkowanego półkuli południowej. Jednym z centrów występowania roślin drzewiastych obcego pochodzenia jest Oceania. Zarówno w Nowej Zelandii, jak i Australii lista drzew obcego pochodzenia wydaje się być bardzo bogata. Wraz z obcymi gatunkami drzew wprowadzane były również ich symbiotyczne grzyby. Dobrym przykładem na to jest północnoamerykański gatunek *Rhizopogon pseudoroseolus*, którego obecność w 2017 roku po raz pierwszy odnotowałem w trakcie zbierania materiałów w projekcie **FUGA** w okolicach Melbourne w południowej Australii (**Pietras** 2019). W przypadku tego taksonu techniki modelowania niszy bioklimatycznej zostały wykorzystane dla opisanego jego potencjalnego zasięgu w Australii i Nowej Zelandii, gdzie został zawleczony i występuje głównie z sosną kalifornijską (*Pinus radiata*). Do przygotowania modelu obok pierwszego rekordu w Australii zostały wykorzystane wcześniejsze lokalizacje z Nowej Zelandii, oraz dane nt. występowania tego gatunku grzyba w jego naturalnym zasięgu w Ameryce Północnej. Nowością w przeprowadzonych badaniach było wykorzystanie zarówno danych geograficznych opisujących występowanie owocników, ale również lokalizacji miejsc, gdzie znajdowano

wyłącznie mykoryzy tworzone przez ten takson. Podobnie jak w przypadku wcześniejszych publikacji (**Pietras** i in. 2018, **Pietras** i Kolanowska 2019) predykcja występowania niszy bioklimatycznej przygotowana została dla 12 nieskorelowanych warstw bioklimatycznych oraz dodatkowo wykorzystano rozmieszczenie partnera roślinnego, z którym grzyb ten tworzy związki symbiotyczne. Przeprowadzone modelowanie dowiodło, że potencjalne występowanie *R. pseudoroseolus* w Nowej Zelandii jest znacznie szersze niż obecnie znane na podstawie notowań owocników i obserwacji występowania mykoryz tego grzyba. W Australii, gdzie obecność tego gatunku odnotowana była po raz pierwszy, również wykazano obecność niszy bioklimatycznych sprzyjających występowaniu *R. pseudoroseolus*. Obszary, na których grzyb ten mógłby występować pokrywały się z potencjalnym zasięgiem partnera roślinnego (*P. radiata*) i rozciągały się wzdłuż południowo-wschodniego wybrzeża Australii (od Brisbane do Melbourne). Sprzyjające warunki dla występowania badanego gatunku grzyba rozpoznano również na obszarze całej Tasmanii. Rozległy zasięg występowania *R. pseudoroseolus* w Australii dowodzi, że ze względu na małe, niezauważalne owocniki gatunek ten może być pomijany w obserwacjach mykologicznych lub też mylony jest z innymi blisko spokrewnionymi taksonami wyodrębnionymi w ramach sekcji *Roseoli* (Martin, Garcia 2009). Głównym wnioskiem płynącym z przeprowadzonych badań jest stwierdzenie, że zasięg występowania *R. pseudoroseolus* w Australii oraz Nowej Zelandii jest niedoszacowany i grzyb ten może występować tam znacznie częściej niż mogłyby na to wskazywać wcześniejsze notowania owocników oraz obserwacje występowania mykoryz. Potwierdzeniem tego jest opisanie drugiej lokalizacji *R. pseudoroseolus* w Australii (Nuske i in. 2019), tym razem na podstawie przeprowadzonych badań wykorzystujących sekwencjonowanie nowej generacji, które dowiodły obecności zarodników *R. pseudoroseolus* w odchodach gryzoni we wschodniej Australii. Lokalizacja ta zlokalizowana jest na obszarze, który na podstawie badań przeprowadzonych przez mnie charakteryzował się największym stopniem dopasowania do wymagań klimatycznych analizowanego gatunku grzyba.

Wykorzystanie techniki modelowania niszy bioklimatycznej (ENM) w badaniach z zakresu biogeografii historycznej oraz wpływ zmian klimatu na rozmieszczenie obcych grzybów niepatogenicznych

- **Pietras M.**, Kolanowska M., Selosse M.-A. 2021. *Quo vadis?* Historical distribution and impact of climate change on the worldwide distribution of the Australasian fungus *Clathrus archeri* (Phallales, Basidiomycota). *Mycological Progress* 20:299–311

Techniki modelowania niszy bioklimatycznej mogą być wykorzystane nie tylko do predykcji potencjalnego występowania w czasie rzeczywistym, co przedstawiono powyżej, ale również w badaniach z zakresu biogeografii historycznej oraz wpływu zmian klimatycznych na rozmieszczenie organizmów. Takie podejście zastosowane zostało w badaniach nad występowaniem grzyba *Clathrus archeri* (okratka australijskiego), który wykorzystany został jako organizm modelowy w badaniach historycznego, współczesnego oraz przyszłego zasięgu występowania prowadzonych w czasie projektu **FUGA**. Największą lukę w badaniach mykologicznych stanowią zagadnienia z zakresu biogeografii poszczególnych gatunków grzybów. Inspiracją dla tak zaplanowanych badań na temat występowania okratki australijskiego była potrzeba odpowiedzi na pytanie, czy gatunek ten można uznać za rodzimy zarówno dla Australii i Nowej Zelandii, czy też został on zawleczony na nowozelandzkie wyspy przez Europejczyków po ich odkryciu. Dlatego też jednym z celów pracy było określenie rozmieszczenia refugium okratki australijskiego

w Australii i Nowej Zelandii podczas maksimum ostatniego zlodowacenia (LGM, ok. 26500-19000 lat temu). Badany grzyb uznawany został za gatunek endemiczny dla Australii, gdzie występuje stosunkowo często w południowo-wschodniej części kontynentu. Na podstawie współczesnych lokalizacji populacji *C. archeri* w Oceanii z wykorzystaniem 12 zmiennych klimatycznych opracowanych przez Paleoclimate Modeling Intercomparison Project Phase II (Braconnot i in. 2007) stworzono modele rozmieszczenia nisz klimatycznych optymalnych dla występowania badanego gatunku grzyba. Na tej podstawie powstała mapa potencjalnych refugium w których grzyb ten występował w Australii i Nowej Zelandii w czasie maksimum ostatniego zlodowacenia. Przygotowane modele rozmieszczenia refugium okratka australijskiego w okresie LGM wskazują jednoznacznie na obecność obszarów, na których gatunek ten mógł występować w swoim optimum klimatycznym zarówno w Australii, jak i Nowej Zelandii, ale również na pasie wysp rozmieszczonych pomiędzy nimi, które w wyniku podwyższenia się poziomu oceanów w ostatnich 20 000 lat znalazły się pod wodą. Obecność refugium w tych obszarach potwierdza, że już w okresie maksimum ostatniego zlodowacenia gatunek ten mógł występować i osiągać swoje optimum klimatyczne zarówno w Australii jak i Nowej Zelandii. Pośrednio wskazuje to również na to, że australijskie i nowozelandzkie populacje *C. archeri* rozeszły się dużo wcześniej, przed okresem LGM. Opublikowane badania dowodzą również konieczności prowadzenia dalszych analiz opierających się na przykład na narzędziach biologii molekularnej wykorzystywanych w genetyce populacyjnej. Znalazło to swoje odzwierciedlenie w realizowanym obecnie projekcie **OPUS**, w którym zaplanowano opracowanie markerów mikrosatelitarnych do badań populacyjnych okratka australijskiego, zarówno na obszarze naturalnego występowania, jak i poza nim. Warto również podkreślić, że opisane badania były pierwszymi opublikowanymi studiami z zakresu biogeografii historycznej grzybów.

Modelowanie niszy bioklimatycznej daje również możliwość porównania potencjalnego rozmieszczenia organizmów pomiędzy czasami przeszłymi, a teraźniejszością. W przypadku takiego porównania przeprowadzonego dla Australii i Nowej Zelandii okazało się, iż w przeszłości *C. archeri* mógł zajmować obszar większy o 18,7% niż obecnie. Do badań potencjalnego rozmieszczenia *C. archeri* w przeszłości mogły być wykorzystane tylko populacje występujące w jego naturalnym zasięgu w Australii i Nowej Zelandii. W modelowaniu przeprowadzonym dla teraźniejszości, dołączono również lokalizacje populacji *C. archeri* pochodzące z Europy, gdzie gatunek ten został zawleczony na początku XX w. (Perent 2000). Takie podejście pozwoliło na przygotowanie modelu rozmieszczenia niszy klimatycznej poza Australią i Nową Zelandią. Wykazano, że korzystne warunki klimatyczne sprzyjające występowaniu grzyba, występują na zachodnim wybrzeżu Ameryki Północnej, w Andach oraz na wschodnim wybrzeżu Ameryki Południowej, jak i na Madagaskarze, gdzie nie można jednoznacznie stwierdzić, czy występujące tam populacje grzyba, mogą być kwalifikowane jako *C. archeri*, czy są *de facto* innym, blisko spokrewnionym taksonem. Łącznie poza naturalnym zasięgiem warunki sprzyjające dla występowania *C. archeri* występują na obszarze ponad 3 milionów kilometrów kwadratowych. Największy obszar, na którym grzyb mógłby znaleźć dogodne warunki do występowania, zlokalizowany jest w Europie. Obszar występowania niszy klimatycznej *C. archeri* na tym kontynencie rozciąga się od północnych krańców Hiszpanii, poprzez kraje zachodniej i centralnej Europy, aż do wschodnich granic Polski. Dodatkowo model wskazuje na obecność miejsc odpowiadających dla występowania grzyba w południowej Skandynawii, na Wyspach Brytyjskich, a także w regionach górskich Półwyspy Iberyjskiego oraz Bałkanów, Karpatach i Górach Dynarskich.

Innym zagadnieniem analizowanym w publikacji (Pietras i in. 2021) było zbadanie wpływu zmian klimatu na występowanie *C. archeri* w przeszłości. Do modelowania

rozmieszczenia nisz klimatycznych w roku 2080 (Ramirez, Jarvis 2008) wykorzystano wszystkie dostępne dane, bez podziału na lokalizacje pochodzące z naturalnego zasięgu występowania i spoza niego. Zmiany potencjalnego zasięgu występowania *C. archeri* oceniono dla trzech dostępnych scenariuszy zmian klimatycznych: A1b, A2a oraz B2a (Intergovernmental Panel on Climate Change 2000). Przeprowadzone analizy pokazują, że rozmieszczenie nisz klimatycznych różni się nieznacznie dla wszystkich trzech analizowanych scenariuszy zmian klimatycznych. Odpowiedź *C. archeri* na zmieniające warunki klimatyczne różni się w zależności od regionu świata. Wszystkie trzy analizowane scenariusze zmian klimatu wskazują na redukcję zasięgu występowania niszy klimatycznej grzyba w Australii. Dla najbardziej pesymistycznego scenariusza (A1b) obserwowano redukcję obszaru potencjalnego występowania sięgającą 8% w odniesieniu do czasów teraźniejszych. Taka redukcja nie jest obserwowana na obszarze Tasmanii i Nowej Zelandii, gdzie przewiduje się utrzymanie znanych stanowisk *C. archeri*, a nawet rozszerzenie zasięgu niszy klimatycznej na obszary, na których grzyb ten obecnie nie był notowany. W Europie natomiast wszystkie przygotowane modele rozprzestrzeniania się *C. archeri* do roku 2080 wskazują możliwą migrację gatunku w kierunku północno-wschodnim. Wynik ten potwierdza wcześniejsze wnioski uzyskane w moich badaniach (Pietras i in. 2016) wskazujące taki sam kierunek migracji grzyba w okresie ostatnich 40 lat obserwowany tylko na bardzo ograniczonym obszarze Polski. Każdy z analizowanych scenariuszy zmian klimatu wskazywał również na redukcję obszaru niszy klimatycznej odpowiadającej wymaganiom *C. archeri* w południowej części zasięgu przewidywanego w Europie. Redukcja ta obejmować będzie Półwysep Iberyjski, Półwysep Apeniński, teren Turcji, a także centralną część Europy oraz Bałkany. Najbardziej znacząca redukcja zasięgu odpowiedniej niszy klimatycznej obserwowana jest w przypadku scenariusza A2a. Analizując relację potencjalnego zasięgu obserwowanego obecnie w stosunku do przyszłej predykcji obserwowac można zmniejszenie zasięgu grzyba w Europie w przypadku scenariusza A2a, natomiast jego rozszerzenie w przypadku scenariusza A1b oraz B2a.

Zaprezentowane wyniki badań (Pietras i in. 2021) pozwalają na odpowiedź na trzy postawione w publikacji pytania. Przedstawiają argumenty świadczące, iż *C. archeri* może być uznawany za gatunek rodzimy zarówno w Australii, jak i w Nowej Zelandii. Zaprezentowane zostały również wyniki pokazujące współczesne rozmieszczenie gatunku dla całego świata opierając się na notowaniach owocników, jak również zasięg nisz klimatycznych, które odpowiadają wymaganiom ekologicznym grzyba. Uzyskane w badaniach wnioski odpowiadają również na pytanie „*quo vadis?*” zawarte w tytule artykułu, odnoszące się do przyszłości *C. archeri* w dobie obserwowanych zmian klimatu. W tym zakresie przeprowadzane badania wskazują, że grzyb ten w najbliższych latach może stać się gatunkiem zagrożonym wyginięciem w miejscach gdzie występuje naturalnie, w szczególności w Australii. Zasięg potencjalnego występowania *C. archeri* zmniejszył się od czasów okresu ostatniego maksimum glacialnego, natomiast obserwowane obecnie zmiany klimatycznie mogą znacząco wzmagać proces utraty niszy klimatycznej w naturalnym zasięgu grzyba. Z drugiej strony, poza naturalnym zasięgiem, gatunek ten może się rozprzestrzeniać, co czyni z niego gatunek potencjalnie inwazyjny. Wg. definicji IUCN za organizm inwazyjny można uznać gatunek o niekorzystnym udowodnionym wpływie na komponenty rodzimej przyrody (Blackburn i in. 2011). W przypadku niepatogenicznych grzybów zbadanie takiego niekorzystnego wpływu jest bardzo trudne, jednakże badania w tym zakresie zostały zapoczątkowane w projekcie OPUS, którego celem jest ocena wpływu obecności okratka australijskiego oraz trzech innych gatunków niepatogenicznych grzybów obcego pochodzenia na rodzimą mykobiotę, procesy biochemiczne zachodzące w glebie oraz obecność innych organizmów, dzięki którym obserwować można zmiany zachodzące w środowisku glebowym.

Wykorzystanie techniki modelowania niszy bioklimatycznej (ENM) w badaniach obejmujących ekoklimatyczne uwarunkowania rozmieszczenia obcych grzybów niepatogenicznych

- **Pietras M.**, Rudawska M., Iszkuło G., Kujawa A., Leski T. 2016. Distribution and molecular characterization of an alien fungus, *Clathrus archeri*, in Poland. Polish Journal of Environmental Studies 25: 1197-1204.
- **Pietras M.**, Litkowiec M., Gołębowska J. 2018. Current and potential distribution of the ectomycorrhizal fungus *Suillus lakei* ((Murrill) A.H. Sm. & Thiers) in its invasion range. Mycorrhiza 28: 467–475.
- **Pietras M.**, Kolanowska M. 2019. Predicted potential occurrence of the North American false truffle *Rhizopogon salebrosus* in Europe. Fungal Ecology 9: 225-230.
- **Pietras M.** 2019. First record of North American fungus *Rhizopogon pseudoroseolus* in Australia and prediction of its occurrence based on climatic niche and symbiotic partner preferences. Mycorrhiza 29: 397–401.
- **Pietras M.**, Kolanowska M., Selosse M.-A. 2021. Quo vadis? Historical distribution and impact of climate change on the worldwide distribution of the Australasian fungus *Clathrus archeri* (Phallales, Basidiomycota). Mycological Progress 20:299–311

Tworzenie owocników grzybów jest ściśle związane z warunkami pogodowymi. Czynniki klimatyczne w dużej mierze decydują o występowaniu i rozmieszczeniu grzybów w szerszej skali. Natomiast w skali regionalnej warunki glebowe mogą mieć większe znaczenie. Klimat natomiast można uznać za najważniejszy czynnik wpływający na rozmieszczenie gatunków w skali kontynentalnej (Pearson i Dawson 2003). Metody pozwalające na modelowanie niszy bioklimatycznych obok wskazania miejsc potencjalnego występowania wskazują również czynniki klimatyczne, które w najistotniejszy sposób wpływają na występowanie grzybów.

W publikacjach **Pietras** i in. (2016, 2021) zbadano wpływ 12 zmiennych klimatycznych na występowanie okratka australijskiego oraz przedstawiono lokalne uwarunkowania pogodowe sprzyjające tworzeniu owocników tego grzyba. Ponad 80% notowań okratka obserwowanych było na terenach wyżynnych i górskich, gdzie suma opadów rocznych przekraczała 600 mm. (**Pietras** i in. 2016). Przeprowadzone badania wskazują na istotne znaczenie opadów w procesie tworzenia owocników okratka australijskiego. Jest to poparte w wyniki modelowania niszy klimatycznej, wskazujące, iż najistotniejszym czynnikiem odpowiadającym za występowanie i rozmieszczenie okratka w Polsce jest suma opadów najsuchszego miesiąca. Wyniki uzyskane w kolejnej pracy (**Pietras** i in. 2021) ukazującej uwarunkowania rozmieszczenie grzyba w skali globalnej wskazują dokładnie ten sam czynnik jako kluczowy dla występowania okratka australijskiego. Dzieje się tak pomimo innego podejścia metodycznego. W pierwszej pracy (**Pietras** i in. 2016) analizowane były tylko rekordy grzyba z Polski. W najnowszej pracy analizowane były lokalizacje populacji okratka australijskiego zebrane z trzech kontynentów (Australia, Afryka, Europa) oraz Nowej Zelandii.

W kolejnych pracach analizowano wpływ zmiennych klimatycznych na występowanie i rozmieszczenie grzybów suilloidalnych naturalnie występujących w Ameryce Północnej i przeniesionych do Europy i Oceanii. W przypadku maślaka daglezwego (*Suillus lakei*) najistotniejsza była suma opadów najchłodniejszego kwartału, a następnie izotermalność oraz średnia temperatura roczna (**Pietras** i in. 2018). Podobne zależności wykryto w przypadku grzybów należących do rodzaju piestrówka, na których występowanie najbardziej wpływała suma opadów najchłodniejszego kwartału (**Pietras** i Kolanowska 2019, **Pietras** 2019). Dla dwóch badanych grzybów suilloidalnych (maślaka daglezwego

oraz pniestrowki *Rhizopogon pseudoroseolus*) przygotowano również modele, w których obok zmiennych klimatycznych włączono dane nt. rozmieszczenia partnerów mykoryzowych grzybów, odpowiednio daglezi zielonej oraz sosny kalifornijskiej (*Pinus radiata*). Okazało się, że w przypadku tak przygotowanych analiz najistotniejsze dla występowania badanych grzybów jest obecność ich partnerów roślinnych. Obecność daglezi zielonej w 86,7%-ach decydowała o występowaniu maślaka dagleziowego, w przypadku *R. pseudoroseolus* i sosny kalifornijskiej taka zależność sięgała powyżej 30%.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- Andrew C., Diez J., James T.Y., Kausserud H. 2018 Fungarium specimens: a largely untapped source in global change biology and beyond. *Phil. Trans. R. Soc. B* 374:20170392.
- Banasiak Ł., **Pietras M.**, Wrzosek M., Okrasińska A., Gorczak M., Kolanowska M., Pawłowska J. 2019a. *Aureoboletus projectellus* (Fungi, Boletales) – An American bolete rapidly spreading in Europe as a new model species for studying expansion of macrofungi. *Fungal Ecology* 39: 94–99
- Banasiak Ł., **Pietras M.**, Wrzosek M., Okrasińska A., Gorczak M., Kolanowska M., Pawłowska J. 2019b. *Aureoboletus Projectellus* (Fungi, Boletales) Occurrence Data, Environmental Layers and Habitat Suitability Models for North America and Europe. *Data in Brief* 23:103779
- Blackburn T.M., Pysek P., Bacher S., Carlton J.T., Duncan R.P., Jarosik V., Wilson J.R., Richardson D.M. 2011. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends EcolEvol* 26:333–339.
- Braconnot P, Otto-Bliesner B, Harrison S. I in. 2007. Results of PMIP2 coupled simulations of the mid-Holocene and last glacial maximum - part 1: experiments and large-scale features. *Climate of the past* 3261–277.
- Desprez-Loustau M.L., Robin C., Buée M., Courtecuisse R., Garbaye J., Suffert F., Sacher I., Rizzo D. 2007. The fungal dimension of biological invasions. *Trends Ecol. Evol.* 22:472–48
- Dickie I.A., Bolstridge N., Cooper J.A., Peltzer D.A. 2010. Coinvasion by *Pinus* and its mycorrhizal fungi. *New Phytol* 187:475–484
- Díez J. 2005. Invasion biology of Australian ectomycorrhizal fungi introduced with eucalypt plantations into the Iberian Peninsula. *Biol. Inv.* 7: 3–15
- Heilmann-Clausen H., Maruyama P.H., Bruun H.H., Dimitrov D., Læssøe T., Frøslev D.G., Dalsgaard B. 2016. Citizen science data reveal ecological, historical and evolutionary factors shaping interactions between woody hosts and wood-inhabiting fungi. *New Phytol.* 212: 1072–1082.
- IPCC Special Report Emissions Scenarios. Summary for Policymakers. 2000. Intergovernmental panel on climate change (<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/sres-en.pdf>)
- Martín M.P. 1996. The genus *Rhizopogon* in Europe. *Edition especials de la Societat Catalana de Micologia* No:5, Barcelona, p 173
- Martín M.P., García M.A. 2009. How many species in the *Rhizopogon roseolus* group? *Mycotaxon* 109:111–128
- Nuske S.J., Anslan S., Tedersoo L., Congdon B.C., Abell S.E. 2019. Ectomycorrhizal fungal communities are dominated by mammalian dispersed truffle-like taxa in north-east Australian woodlands. *Mycorrhiza* 29:181–193.
- Parent G.H., Thoen D., Calonge F.D. 2000. Nouvellesdonnées sur la répartition de *Clathrus archeri* en particulier dans l'Ouest et le Sud-Ouest de l'Europe. *Bull Soc Mycol France* 116:241–266
- Pietras M.** 2012. Wykorzystanie metod molekularnych w badaniach nad różnorodnością biologiczną grzybów mikoryzowych. W: *Nowe trendy w badaniach przyrodniczych 2* (Kuczera ed.), Tom 1, Wydawnictwo Creativetime, Kraków, 113–121.
- Pietras M.** Rudawska M., Iszkuło G., Kujawa A., Leski T. 2016. Distribution and molecular characterization of an alien fungus, *Clathrus archeri*, in Poland. *Polish Journal of Environmental Studies* 25(3): 1197–1204.
- Pietras M.** 2017. Występowanie obcych gatunków grzybów niepatogenicznych jako zagrożenie dla środowiska przyrodniczego. In: **Pietras M.**, Romanik W. (ed.) *Wybrane zagrożenia dla środowiska - spojrzenie młodych naukowców*. Wydawnictwo CREATIVETIME, Kraków. pp. 65–72
- Pietras M.**, Litkowiec M., Gołębiewska J. 2018. Current and potential distribution of the ectomycorrhizal fungus *Suillus lakei* ((Murrill) A.H. Sm. & Thiers) in its invasion range. *Mycorrhiza* 28: 467–475
- Pietras M.** 2019. First record of North American fungus *Rhizopogon pseudoroseolus* in Australia and prediction of its occurrence based on climatic niche and symbiotic partner preferences. *Mycorrhiza* 29: 397–401
- Pietras M.**, Kolanowska M. 2019. Predicted potential occurrence of the North American false truffle *Rhizopogon salebrosus* in Europe. *Fungal Ecology* 9: 225–230.
- Pietras M.**, Kolanowska M., Selosse M.-A. 2021. Quo vadis? Historical distribution and impact of climate change on the worldwide distribution of the Australasian fungus *Clathrus archeri* (Phallales, Basidiomycota). *Mycological Progress* 20: 299–311.

- Ramirez J., Jarvis A. 2008. Disaggregation of global circulation model outputs. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Cali: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security.
- Schoch CL, Seifert K.A., Huhndorf S., Robert V, Spouge J.L., Levesque C.A., Chen W. 2012. Fungal Barcoding Consortium; 2012. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for fungi. *Proc Natl Acad Sci.*; 109:6241–6.
- Séne S., Selosse M-A., Forget M., et al. 2018. A pantropically introduced tree is followed by specific ectomycorrhizal symbionts due to pseudo-vertical transmission. *The ISME Journal* 12:1806–1816.
- Solarz W. 2009. Alien species in Poland. <http://www.iop.krakow.pl/ias/gatunki/rodzaj-organizmu>.
- Usewicz W. 2012. Pierwsze stwierdzenie maślaka daglezwowego *Suillus lakei* (Murrill) A.H. .sm.& Thiers w Polsce. *Przegląd Przyrodniczy* XXIII, 4: 98-101
- Wojewoda W., Karasiński D. 2010. Invasive macrofungi (Ascomycota and Basidiomycota) in Poland. In: *Biological invasions in Poland*(ed. Mirek. Z.) n1: 7-22.
- Vellinga E.C., Wolfe B.E., Pringle A. 2009. Global patterns of ectomycorrhizal introductions. *New Phytol.* 181:960–973
- Vizzini A., Zotti M., Mello A. 2009. Alien fungal species distribution: the study case of *Favolaschia calocera*. *Biol. Inv.* 11:417-429
- Vitousek P.M. 1996. Biological invasions as global environmental changes. *Am. Sci.*: 84:468-478

5. INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ ALBO ARTYSTYCZNĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ LUB INSTYTUCJI KULTURY, W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ.

Aktywność naukowa przed uzyskaniem stopnia doktora (przed 2013r.)

Studia rozpocząłem w 2003 roku na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Już w trakcie trzeciego roku studiów rozpocząłem pracę badawczą w zespole prof. dr hab. Marii Rudawskiej w Pracowni Badania Związków Symbiotycznych Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku. W tym okresie zostałem włączony w badania opisujące zbiorowiska grzybów symbiotycznych w szkółkach leśnych. Wyniki uzyskane w ramach mojej pracy magisterskiej opisującej uwarunkowania tworzenia mykoryz przez sadzonki dębu szypułkowego i bezszypułkowego w warunkach szkółki leśnej zostały opublikowane w czasopiśmie *Mycorrhiza* (Leski i in. 2010). Po ukończeniu studiów w listopadzie 2008 r., rozpocząłem roczny staż zawodowy w Nadleśnictwie Piaski. Równocześnie zostałem przyjęty na Studium Doktoranckie Wydziału Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Swoją pracę doktorską realizowałem w Pracowni Badania Związków Symbiotycznych Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku. Była ona kontynuacją badań prowadzonych w czasie pracy magisterskiej i dotyczyła chronosekwencji zbiorowisk grzybów mykoryzowych dębów rosnących w szkółkach leśnych, ale także ekosystemów leśnych (Pietras i in. 2016). W czasie trwania doktoratu prowadziłem również badania nad zbiorowiskami grzybów mykoryzowych związanych z innymi gatunkami lasotwórczymi, jak np. buk zwyczajny (Pietras i in. 2013)

W okresie poprzedzającym uzyskanie stopnia naukowego doktora (w latach 2003-2013) opublikowane zostały następujące artykuły naukowe, w badaniach których byłem zaangażowany:

- Leski T., Rudawska M., Aučina A., Skridaila A., Riepšas E., **Pietras M.** 2009. Wpływ ściółki sosnowej i dębowej na wzrost sadzonek sosny i zbiorowiska grzybów mikoryzowych w warunkach szkółki leśnej. *Sylwan* 153 (10): 675-683.
- Leski T., Aučina A., Skridaila A., **Pietras M.**, Riepšas E., Rudawska M. 2010. Ectomycorrhizal community structure of different genotypes of Scots pine under forest nursery conditions. *Mycorrhiza* 20:473-481
- Leski T., **Pietras M.**, Rudawska M. 2010. Ectomycorrhizal fungal communities of pedunculate and sessile oak seedlings from bare-root forest nurseries. *Mycorrhiza* 20: 179-190.

- Aučina A., Rudawska M., Leski T., Ryliškis D., **Pietras M.**, Riepšas E. 2011. Ectomycorrhizal fungal communities on seedlings and conspecific trees of *Pinus mugo* grown on the coastal dunes of the Curonian Spit in Lithuania. *Mycorrhiza* 21: 237-245
- **Pietras M.**, Rudawska M., Leski T., Karliński L. 2013. Diversity of ectomycorrhizal fungus assemblages on nursery grown European beech seedlings. *Annals of Forest Sciences* 70: 115-121.

Dodatkowo w tym czasie opublikowałem jeden rozdział w monografii:

- **Pietras M.** 2012. Wykorzystanie metod molekularnych w badaniach nad różnorodnością biologiczną grzybów mikoryzowych. W: *Nowe trendy w badaniach przyrodniczych 2* (Kuczera ed.), Tom 1, Wydawnictwo Creativetime, Kraków, 113-121,

oraz dwa artykułu popularnonaukowe:

- **Pietras M.** 2012. Obce grzyby niepatogeniczne w polskich lasach. *Las Polski* 15-16: 26-27.
- **Pietras M.** 2010. Osobliwy okratek - Zamorski grzyb odnaleziony na terenie Nadleśnictwa Piaski w Wielkopolsce. *Las Polski*. 11: 16.

W czasie trwania doktoratu w 2011r. odbyłem również swój pierwszy staż zagraniczny (*Belowground Carbon Turnover in Forests*) na Uniwersytecie w Tartu. Jego celem było przedstawienie metod umożliwiających prowadzenie badań nt. roli grzybów w obiegu węgla w ekosystemach leśnych. Wyjazd do Estonii możliwy był dzięki mojemu uczestnictwu w akcji COST, która finansowana była przez Unię Europejską. Dzięki zaproszeniu do ww. programu COST mogłem również uczestniczyć w cyklu spotkań, które miały charakter konferencji. W 2012 roku uzyskałem tzw. grant wyjazdowy, dzięki któremu mogłem odbyć miesięczny staż (tzw. *Short time scientific mission*) w grupie dra Leho Tedersoo pracującego na Uniwersytecie w Tartu. Celem wyjazdu było poznanie przeze mnie nowoczesnych technik molekularnych opierających się na sekwencjonowaniu nowej generacji (*Next Generation Sequencing*). W 2012 roku uczestniczyłem również w tygodniowym kursie „*Identification of Corticioid Basidiomycetes*”, który organizowany był przez ten sam uniwersytet i odbył się w miejscowości Otepa.

W czasie trwania doktoratu uczestniczyłem również w następujących , szkoleniach, kursach, warsztatach:

„Molekularna Filogenetyka” – MBS Warszawa, 26 -28 Października 2008r.,

„Letnia Szkoła Taksonomii” - Wydział Biologii Uniwersytetu Gdańskiego
18-20 września 2013r.,

„Fungal Conservation – Red Listing, Communicating, Taking Action” Polskie
Towarzystwo Mykologiczne Łódź 24-28 września 2014r.

Obok konferencji organizowanych w ramach programu COST (2012 Antaly oraz 2013 Bordeaux) uczestniczyłem również w innych 8 konferencjach (6 ogólnopolskich i 2 międzynarodowych)

W czasie trwania doktoratu przygotowałem wnioski na finansowanie badań, który uzyskał akceptację Narodowego Centrum Nauki w konkursie przeznaczonym dla naukowców nieposiadających stopnia doktora (**PRELUDIUM**). Projekt ten nosił tytuł „Zbiorowiska mikoryzowe dąglejki zielonej (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) i sosny wejmutki (*Pinus strobus* L.) w Polsce - w poszukiwaniu obcych gatunków grzybów

symbiotycznych”. Głównym celem projektu była ocena skali występowania obcych grzybów mykoryzowych związanych z daglezią zieloną oraz sosną wejmutką w Polsce. Całość badań oparta była na metodzie molekularnej identyfikacji mykoryz z wykorzystaniem sekwencjonowania „sangerowskiego”. Badania były prowadzone między innymi w drzewostanach pochodzących z pierwszych nasadzeń tych gatunków w Polsce. Wyniki uzyskane w projekcie pozwoliły na opisanie zbiorowisk grzybów mykoryzowych dwóch północnoamerykańskich drzew. Najistotniejszym wnioskiem płynącym z przeprowadzonych badań jest wykazanie, iż zarówno daglezią zieloną, jak i sosną wejmutką rosnące w Polsce, najczęściej nawiązują symbiozę mykoryzową z grzybami kosmopolitycznymi, czyli takimi, które występują w wielu regionach kuli ziemskiej. Stosunkowo częstym zjawiskiem jest wchodzenie w relacje manualistyczną badanych drzew z grzybami występującymi tylko na terenach introdukcji, co skutkuje nawiązaniem zupełnie nowych połączeń drzewo – grzyb, które w przypadku braku przeniesienia drzew na nowe obszary, nigdy by nie mogły zaistnieć („novel mutualisms”). Natomiast zjawisko kointrodukcji drzew i ich partnerów mykoryzowych pochodzących z naturalnego zasięgu występowania („co-invasion”) ma zdecydowanie najmniejsze znaczenia. Spośród ponad stu zidentyfikowanych grzybów mykoryzowych tylko dwa pochodziły z Ameryki Północnej. Maślak dagleziowy (*Suillus lakei*) jest jednym z najpospolitszych gatunków grzybów występujących w naturalnym zasięgu występowania daglezi, natomiast jeden z gatunków piestrówek – *Rhizopogon salebrosus*, często nawiązuje symbiozę mykoryzową z szeregiem pięcioigłowych północnoamerykańskich sosen (badania nad ww. gatunkami stanowią część osiągnięcia naukowego). Dlatego też na podstawie przeprowadzonych badań można uznać, że północnoamerykańskie gatunki grzybów mogą być uznane bardziej jako „pasażerowie na gapę”, niż współnicy w procesie wspólnego kolonizowania nowych obszarów.

Aktywność naukowa po uzyskaniu stopnia doktora (po 2013r.)

Projekt opisany powyżej rozpoczął się w trakcie trwania mojego doktoratu, natomiast skończył po obronie doktoratu. Uzyskane w ramach projektu wyniki zostały opublikowane w formie 2 publikacji naukowych wchodzących w skład osiągnięcia naukowego niniejszego wniosku oraz rozdziału monografii, której byłem redaktorem:

- **Pietras M.** 2017. Występowanie obcych gatunków grzybów niepatogenicznych jako zagrożenie dla środowiska przyrodniczego. W: **Pietras M.**, Romanik W. (red.) Wybrane zagrożenia dla środowiska - spojrzenie młodych naukowców. Wydawnictwo CREATIVETIME, Kraków. pp. 65-72.

Po uzyskaniu stopnia doktora ukazały się też publikacje przedstawiające wyniki uzyskane w ramach rozprawy doktorskiej

- **Pietras M.**, Leski T., Rudawska M. 2015. Dynamika zbiorowiska grzybów mykoryzowych dębu szypułkowego w warunkach szkółki leśnej. *Sylvan* 159 (10): 831-838.
- **Pietras M.**, Kujawa A., Leski T., Rudawska M. 2016. Grzyby wielkoowocnikowe. W: Danielewicz W. (red). *Dąbrowy Krotoszyńskie monografia przyrodniczo-gospodarcza*. Oficyna Wydawnicza G&P, Poznań. pp. 89-131.

W ostatnim roku trwania projektu **PRELUDIUM** przygotowałem kolejny wniosek, który zgłosiłem do konkursu dla młodych naukowców posiadających stopień naukowy doktora przeznaczonych na odbycie trzyletniego stażu podoktorskiego (konkurs **FUGA**) organizowanego przez Narodowe Centrum Nauki. Otrzymanie finansowania wiązało się z przeniesieniem mojej działalności naukowej na Wydział Biologii Uniwersytetu

Gdańskiego, gdzie rozpocząłem pracę od października 2015 roku. Projekt zatytułowany „Okratek australijski (*Clathrus archeri* (Berg.) Dring.), maślak daglezjowy (*Suillus lakei* (Murrill.) A.H. S.M. & Thiers oraz borowik wysmukły (*Boletellus projectellus* (Murrill.) Singer jako organizmy modelowe w badaniach nad rozprzestrzenianiem się obcych grzybów niepatogenicznych” realizowany był w Katedrze Taksonomii i Ochrony Przyrody. Głównym celem projektu była ocena skali występowania w Europie trzech gatunków grzybów: okratka australijskiego, złotoborowika wysmukłego oraz maślaka daglezjowego. Dzięki przeprowadzonym analizom udało się dowieść, że już w niedalekiej przyszłości gatunki te będą się rozprzestrzeniały w jeszcze większym stopniu, a ekspansja złotaka wysmukłego wydaje się być nieunikniona w skali całej Europy (Banasiak, **Pietras** i in. 2019 a, 2019b).

Na potrzeby dalszych badań biogeografii badanych grzybów w projekcie zostały opracowane narzędzia umożliwiające prowadzenie bardziej zaawansowanych badań. Każdy organizm na kuli ziemskiej posiada w swoim DNA unikalne fragmenty (sekwencje DNA), charakterystyczne tylko dla przedstawicieli jego gatunku. Dzięki zgromadzeniu blisko 300 owocników badanych gatunków w trakcie trwania projektu udało się znaleźć takie właśnie charakterystyczne dla każdego z grzybów fragmenty w sekwencjach ITS rDNA. Dzięki nim możliwe jest stwierdzenie obecności badanych taksonów bez konieczności obserwacji efemerycznie pojawiających się owocników. Pozwala to również na oszacowanie ilości grzybni analizowanych gatunków w glebie, a także opisanie ilościowych i jakościowych relacji tych grzybów i naszej rodzimej mykobioty. To z kolei pozwoli na oszacowanie wpływu, jaki niesie za sobą występowanie obcych gatunków grzybów na rodzime ekosystemy, wykorzystywane jest przeze mnie w obecnie prowadzonych badaniach (realizowany projekt **OPUS**).

W projekcie **FUGA** zaplanowałem wyjazd do Nowej Zelandii i Australii. Odbył się on w 2017 roku. Celem pobytu było zebranie materiału do badań oraz wizytacja herbariów w Australii, w których znajdują się kolekcje okratka australijskiego. Wymiernym efektem mojego pobytu w Nowej Zelandii (20.04-10.05) było zdeponowanie ponad 20 kolekcji okazów zielnikowych grzybów, głównie maślaka daglezjowego oraz okratka australijskiego w nowozelandzkim zielniku *New Zealand Fungal Herbarium* (PDD). Ze względu na przepisy fitosanitarne nie było możliwości transportu zebranych materiałów do Unii Europejskiej wszystkie notowania rzadkich i obcych gatunków grzybów rozpoznanych przeze mnie w trakcie wizyty w Australii (10.05-30.06) zgłoszone zostały do otwartej bazy danych „Atlas of Living Australia” (<https://biocache.ala.org.au/occurrences/993986cd-6f25-45bc-9a72-51c7caf73014>). Osobliwym znaleziskiem była zidentyfikowanie jednej z północnoamerykańskich piestrówek, grzyba *Rhizopogon pseudoroseolus*, który został po raz pierwszy znaleziony w Australii, czego efektem była oddzielna publikacja (**Pietras** 2019). W trakcie wizyty w Australii nawiązałem również współpracę z *Australian National Herbarium* w Canberra (CANBR), dzięki czemu do zielnika Uniwersytetu Gdańskiego przekazane zostały okazy zielnikowe reprezentujące kolekcje okratka australijskiego zebrane w południowo-wschodniej Australii.

Uzyskane w ramach projektu wyniki zostały opublikowane w formie 4 publikacji naukowych, z których 2 są częścią osiągnięcia naukowego:

- **Pietras M.** 2019. First record of North American fungus *Rhizopogon pseudoroseolus* in Australia and prediction of its occurrence based on climatic niche and symbiotic partner preferences. *Mycorrhiza* 29: 397–401.
- Banasiak Ł., **Pietras M.**, Wrzosek M., Okraśńska A., Gorczak M., Kolanowska M., Pawłowska J. 2019a. *Aureoboletus projectellus* (Fungi, Boletales) – an American bolete rapidly spreading in Europe as a new model species for studying expansion of macrofungi. *Fungal Ecology* 39: 94-99.

- Banasiak Ł., **Pietras M.**, Wrzosek M., Okraśńska A., Gorczak M., Kolanowska M., Pawłowska J. 2019b. *Aureoboletus projectellus* (Fungi, Boletales) e Occurrence Data, Environmental Layers and Habitat Suitability Models for North America and Europe. Data in Brief 23:103779.
- **Pietras M.**, Kolanowska M., Selosse M.-A. 2021. Quo vadis? Historical distribution and impact of climate change on the worldwide distribution of the Australasian fungus *Clathrus archeri* (Phallales, Basidiomycota). Mycological Progress 20: 299–311.

Po zakończeniu mojego stażu podoktorskiego na Wydziale Biologii Uniwersytetu Gdańskiego w 2018r. wróciłem do Instytutu Dendrologii PAN, gdzie rozpocząłem pracę nad wnioskiem o finansowanie kolejnego projektu. Projekt **OPUS** zatytułowany „Struktura genetyczna populacji oraz wpływ potencjalnie inwazyjnych gatunków grzybów niepatogenicznych na rodzime ekosystemy” został przyznany mi przez Narodowe Centrum Nauki w 2019 roku i rozpoczął się z początkiem lipca 2020. Projekt ten jest kontynuacją i rozszerzeniem badań podjętych wcześniej w projektach **PRELUDIUM** i **FUGA**. Wykorzystuje także materiał badawczy zebrany w czasie mojego stażu podoktorskiego. Głównym celem realizowanego projektu jest ocena wpływu, jaki ma obecność obcych gatunków grzybów na rodzime ekosystemy, ze szczególnym uwzględnieniem mykobioty, roślinności, a także występowania organizmów wskaźnikowych, takich jak zbiorowiska roztoczy. Założono, że wpływ obcych gatunków może być istotny i ich występowanie będzie negatywnie wpływać na nasze rodzime grzyby, glebę oraz całe ekosystemy. W projekcie wykorzystywane są nowoczesne narzędzia biologii molekularnej (sekwencjonowanie nowej generacji, narzędzia genetyki populacyjnej), które pozwolą na oszacowanie ilościowego i jakościowego występowania obcych gatunków grzybów na poziomie tworzonych owocników, ilości grzybni w glebie, a także w przypadku grzybów symbiotycznych na korzeniach drzew. Uzyskane dane pozwolą ocenić skalę zagrożenia wynikającą z faktu występowania obcych gatunków, a także wdrożeniu planów zapobiegania ich dalszego rozprzestrzeniania. Nowością jest połączenie wyżej opisanych metod molekularnych z metodami pozwalającymi oszacować wpływ obcych gatunków na ekosystem glebowy, przez zbadanie tempa dekompozycji ściółki, czy aktywności enzymatycznej gleby i mykoryz. Dodatkowo badany jest wpływ występowania obcych gatunków grzybów na zbiorowiska roztoczy, które uznaje się bioindykatorem zmian zachodzących w środowisku. Całość planowanych badań wpisuje się w najnowsze kierunki badań nad funkcjonalną ekologią grzybów. Łączy też zagadnienia biologii molekularnej, środowiskowej, a także ochrony przyrody. Przewidziany termin zakończenia projektu to połowa 2024 roku.

Inna działalność naukowa

Badania różnorodności i bogactwa gatunkowego mykobioty w różnych uwarunkowaniach środowiska

Mój dorobek naukowy w tym zakresie stanowią badania prowadzone w różnym czasie:

- Kujawa A., Wrzosek M., Domian G., Kędra K., Szkodzik J., Rudawska M., Leski T., Karliński L., **Pietras M.**, Gierczyk B., Dynowska M., Ślusarczyk D., Kałucka I., Ławrynowicz M. 2012. Preliminary studies of fungi in forests and inland dunes of the Biebrza National Park. Part II. Macromycetes. - Acta Mycologica vol. 47 (2) 215-240.
- Kujawa A., Gierczyk B., Domian G., Wrzosek M., Stasińska M., Szkodzik J., Leski T., Karliński L., **Pietras M.**, Dynowska M., Henel A., Ślusarczyk D., Kubiak D. 2015. Preliminary studies of fungi in the Biebrza National Park. Part IV. Macromycetes – New data and the synthesis. Acta Mycologica 50(2):1070, 1-28.

- Rudawska M., **Pietras M.**, Smutek I., Strzeliński P., Leski T. 2016. Ectomycorrhizal fungal assemblages of *Abies alba* Mill. outside its native range in Poland. *Mycorrhiza* 26: 57-65.

Publikacje Kujawa i in. (2012, 2015) powstały w ramach działalności Polskiego Towarzystwa Mykologicznego. W 2012 oraz 2013 roku sesje terenowe towarzystwa odbyły się w Biebrzańskim Parku Narodowym. Przeprowadzone badania pozwoliły na identyfikację 346 gatunków grzybów wielkoowocnikowych na terenie Parku, wśród których osiem taksonów stanowiły gatunki nowe dla Polski, siedem gatunków objętych było ochroną, kolejne 95 gatunków wyszczególnionych było na czerwonych listach zagrożonych gatunków grzybów. Obok odnotowania obecności 22 taksonów zidentyfikowanych w czasie przeprowadzonych badań mój wkład stanowiła również molekularna identyfikacja 12 znalezionych owocników oraz zdeponowanie uzyskanych w ten sposób sekwencji ITS rDNA w otwartej bazie danych NCBI.

W kolejnej pracy (Rudawska i in. 2016) wraz z współautorami opisaliśmy zbiorowiska grzybów symbiotycznych jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) poza jej naturalnym zasięgiem występowania, na Pomorzu Gdańskim. Badania te opierały się na metodzie molekularnej identyfikacji mykoryz, dzięki którym możliwe było opisanie zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych drzewa, tworzących lub współtworzących ekosystemy leśne na Pomorzu. Przeprowadzone badania pozwoliły na identyfikację łącznie 35 taksonów grzybów mykoryzowych w 5 analizowanych drzewostanach jodłowych. Wśród zidentyfikowanych taksonów nie było gatunków specyficznych, znanych z naturalnego zasięgu występowania jodły. Rozpoznany natomiast garnitur grzybów tworzących związki symbiotyczne z jodłą w pełni pozwalał jej na zaadoptowanie się do warunków występujących na Pomorzu Gdańskim.

Wykorzystanie metod molekularnej identyfikacji grzybów w etnomykologii

Dzięki owocnej współpracy z profesorem Łukaszem Łuczajem z Uniwersytetu Rzeszowskiego powstał cykl publikacji, w których metody molekularnej identyfikacji grzybów wykorzystane zostały w badaniach etnomykologicznych:

- Łuczaj Ł., Stawarczyk K., Kosiek T., **Pietras M.**, Kujawa A. 2015. Wild food plants and fungi used by Ukrainians in the western part of the Maramureş region in Romania. *Acta Soc Bot Pol* 84(3):339–346.
- Kang J., Kang Y., Ji X., Guo Q., **Pietras M.**, Jacques G., Luczaj N., Li D., Luczaj L. 2016. Wild food plants and fungi used in the mycophilous Tibetan community of Zhagana (Tewo county, Gansu, China). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 12: 21.
- Kasper-Pakosz R., **Pietras M.**, Łuczaj Ł. 2016. Wild and native plants and mushrooms sold in the open-air markets of south-eastern Poland. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 12:45.
- Kotowski M.A., **Pietras M.**, Łuczaj Ł. 2019. Extreme levels of mycophilia documented in Mazovia, a region of Poland. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 15:12.
- Łukasz Ł., Tongchan K., Xayphakatsa K., Phimmakong K., Radavanh S., Kanyasone V., **Pietras M.**, Karbarz M. 2021. Wild food plants and fungi sold in the markets of Luangprabang, Lao PDR. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 17:6.

Badania etnobotaniczne i etnomykologiczne prowadzone są w wielu zakątkach świata. Celem prowadzenia takich badań jest zazwyczaj udokumentowanie wykorzystywania roślin oraz grzybów przez różne kultury, wskazanie zmian w podejściu społeczeństwa do tradycyjnych źródeł pożywienia, a także wskazanie na powiązanie etnobotaniki i etnomykologii z naukami biologicznymi (Kotowski i wsp. 2021).

W publikacjach naukowych przedstawionych powyżej swoistym *novum* było wykorzystanie metod molekularnych bazujących na identyfikacji fragmentu ITS rDNA jako *barcodu* pozwalającego na rozpoznaniu gatunku grzyba. W publikacji Łuczaja i in. (2015) po

raz pierwszy wykorzystaliśmy tą metodę, dzięki czemu możliwa była identyfikacja 24 gatunków grzybów wykorzystywanych przez mniejszość ukraińską zamieszkującą region Maramureș w Rumunii. Przeprowadzone badania, obok listy wykorzystywanych gatunków grzybów, pozwoliły na sformułowanie wniosku, iż dla mieszkańców 2 wiosek na badanym terenie grzyby były głównym źródłem pożywienia pochodzącego z natury. Najczęściej zbieranymi i konsumowanymi grzybami były borowik szlachetny, gołąbki, a także różne gatunki mleczajów. Przeprowadzone badania dowiodły, że mieszkańcy regionu Maramureș należą do najbardziej mykofilnych społeczności w Europie.

Kolejna z publikacji (Kang i in. 2016) przedstawia zwyczaje żywieniowe społeczności tybetańskiej zamieszkującej tereny prowincji Zhagana w Chinach. Przeprowadzone badania wskazały jednoznacznie, że zarówno dzikie rośliny jak i zbierane grzyby są istotnym elementem diety analizowanej społeczności. Co więcej zbieractwo grzybów np. smardzów było często traktowane jako źródło dochodu, a niektóre gatunki grzybów, jak np. uznawany za gatunek leczniczy *Cordyceps sinensis*, były traktowane jako dobro luksusowe.

W badaniach Kasper-Pakosz i in. (2016) przeanalizowaliśmy dostępność dzikich roślin i grzybów oferowanych w sprzedaży na targowiskach w południowo – wschodniej Polsce. W przeprowadzonych badaniach ustalono listę 32 gatunków grzybów sprzedawanych na targowisku *Neoboletus luridiformis* (opisany jako *Boletus luridiformis*), był najczęściej oferowanym grzybem w sprzedaży. Jednak najciekawszym wynikiem uzyskanym w przeprowadzonych badaniach było zidentyfikowanie na podstawie sekwencji ITS dwóch gatunków grzybów nowych dla Polski, które pomimo, że nie były notowane wcześniej w naturze, sprzedawane były na targowiskach. Taksonami tymi był mylony z koźlarzem babką grzyb *Leccinum schistophilum* oraz jeden z jadalnych mleczajów - *Lactarius quieticolor*. Przeprowadzone badania podkreśliły znaczenie zastosowania metod molekularnych w badaniach etnomykologicznych.

Kolejne badania (Kotowski i in. 2019) przeprowadzone zostały na Mazowszu, gdzie wykazano blisko 100 gatunków grzybów wykorzystywanych do różnych celów. Ponad 75% zidentyfikowanych taksonów stanowiły grzyby jadalne. Jedenaście taksonów zostało rozpoznanych tylko i wyłącznie opierając się na przeprowadzonych badaniach molekularnych. Na podstawie analiz sekwencji ITS rozpoznane zostały dwa gatunki grzybów (*Hydnum ellipsosporum* oraz *Paxillus curpinus*), które uznano za gatunki nowe dla Polski. Opublikowane wyniki prezentują najdłuższą jak dotąd opublikowaną listę gatunków grzybów wykorzystywanych przez różne społeczności badane na całym świecie.

W ostatnio opublikowanej pracy (Łuczaj i in. 2021) przeprowadziliśmy badania etnobotaniczne na targu Luang Prabang w Laosie. Społeczności Azji Południowo Wschodniej należą do najbardziej mykofilnych w skali świata. Potwierdzone to zostało w naszych badaniach, które ujawniły listę ponad 50 gatunków grzybów sprzedawanych w Luang Prabang. Z drugiej strony region ten jest również jednym z najmniej poznanych pod względem mykobioty. Wśród długiej listy gatunków grzybów rozpoznano taksony o niejasnej pozycji taksonomicznej, dla których nie znajdowano sekwencji referencyjnych w otwartych bazach danych. Wśród taksonów należących głównie do rodzaju *Russula* (gołąbek), które nie zostały zidentyfikowane nawet w oparciu o metody molekularna, mogą znajdować się gatunki potencjalnie nowe dla nauki. Opublikowane wyniki badań ukazały potrzebę szerszych badań prowadzonych w tym rejonie prowadzonych w oparciu o narzędzia techniki biologii molekularnej.

Badania ekologicznych i klimatycznych uwarunkowań rozmieszczenia drzew i grzybów

W zakresie tematu aktywności naukowej zaprezentowanego powyżej opublikowane zostały 6 publikacji naukowych:

- Walas Ł., Dering M., Ganatsas P., **Pietras M.**, Pers-Kamczyc E., Iszkuło G. 2018. The present status and potential distribution of relict populations of *Aesculus hippocastanum* L. in Greece and the diverse infestation by *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić. *Plant Biosystems* 152: 1048-1058.
- Banasiak Ł., Pietras M., Wrzosek M., Okrasińska A., Gorczak M., Kolanowska M., Pawłowska J. 2019a. *Aureoboletus projectellus* (Fungi, Boletales) – an American bolete rapidly spreading in Europe as a new model species for studying expansion of macrofungi. *Fungal Ecology* 39: 94-99.
- Banasiak Ł., Pietras M., Wrzosek M., Okrasińska A., Gorczak M., Kolanowska M., Pawłowska J. 2019b. *Aureoboletus Projectellus* (Fungi, Boletales) e Occurrence Data, Environmental Layers and Habitat Suitability Models for North America and Europe. *Data in Brief* 23: #103779.
- Wiatrowska B., **Pietras M.**, Kolanowska M., Danielewicz W. 2020. Current occurrence and potential future climatic niche distribution of the invasive shrub *Spiraea tomentosa* in its native and non-native ranges. *Global Ecology and Conservation* 24: #e01226.
- Dyderski M.K., Chmura D., Dylewski Ł., Horodecki P., Jagodziński A.M., **Pietras M.**, Robakowski P., Woziwoda B. 2020. Biological Flora of the British Isles: *Quercus rubra*. *Journal of Ecology* 108: 1199-1225.
- Kujawska M.B., Rudawska M., Stasińska M., **Pietras M.**, Leski T. 2021. Distribution and ecological traits of a rare and threatened fungus *Hericium flagellum* in Poland with the prediction of its potential occurrence in Europe. *Fungal Ecology* 50: #101035

Złotoborowik wysmukły (*Aureoboletus projectellus*) jest północnoamerykańskim gatunkiem przeniesionym na początku XXI wieku do Europy, gdzie w krótkim czasie rozpoczął ekspansję na nowe tereny (Banasiak i in. 2019a, 2019b). W naszych badaniach gatunek ten został wykorzystany jako organizm modelowy pozwalający na sprawdzenie przydatności zastosowanego modelu i zbadanie dynamiki procesu rozprzestrzeniania obcego gatunku symbiotycznego grzyba. Do oszacowania potencjalnego występowania grzyba w Europie wykorzystano modelowanie rozmieszczenia niszy bioklimatycznej opierający się na zmiennych klimatycznych oraz występowaniu sosny zwyczajnej. Uzyskany model wskazuje, że dalsza ekspansja złotoborowika w Europie jest nieunikniona, a czynnikiem który w największym stopniu będzie temu sprzyjał jest obecność symbionta roślinnego – sosny zwyczajnej.

W kolejnej pracy (Wiatrowska i in. 2020) dokonaliśmy analizy rozmieszczenia niszy klimatycznych, które odpowiadają wymaganiom klimatycznym północnoamerykańskiego krzewu *Spiraea tomentosa*. Gatunek ten został introdukowany do Europy i obecnie jest uznany za inwazyjny. W opisywanych badaniach wykorzystane zostały techniki modelowania niszy klimatycznej, które pozwoliły na predykcję potencjalnego występowania krzewu w czasie rzeczywistym, ale również wpływu zmian klimatycznych na rozmieszczenie *S. tomentosa* w granicach naturalnego zasięgu, jak i w Europie. Przygotowane modele wskazały na możliwość szerokiego rozprzestrzeniania się krzewu na terenie Europy, przekraczającego dalece jego obecnie znany zasięg. Wnioskiem z przeprowadzonych badań jest twierdzenie, że w *S. tomentosa* nie realizuje w pełni swojej niszy klimatycznej. Dodatkowo przewiduje się rozszerzenie obszaru, na którym możliwe będzie występowanie krzewu w przyszłości w Europie, na tereny Półwyspu Skandynawskiego, a także obszaru północno-wschodniej części kontynentu. W związku z tym nasze badania wskazują jednoznacznie na duży potencjał *S. tomentosa* do rozprzestrzeniania się w Europie w przyszłości, a tym samym potwierdzają status gatunku inwazyjnego na terenie całej Europy.

W artykule przeglądowym opublikowanym w ramach renomowanego cyklu „*Flora of British Isles*” publikowanego w czasopiśmie *Journal of Ecology* (Dyderski i wsp. 2020) przedstawione zostały całościowo różne aspekty występowania północnoamerykańskiego dębu czerwonego (*Quercus rubra*) w Wielkiej Brytanii. W omawianym artykule mój udział stanowiło przygotowanie całościowego przeglądu literatury związanej z interakcjami dębu czerwonego z grzybami symbiotycznymi (zarówno tworzącymi mykoryzę arbuskularną, jak

i grzybami ektomykoryzowymi) jak również z grzybami saprotroficznymi i patogenicznymi. W tym zakresie potwierdzono interakcje dębu czerwonego z blisko 80 gatunkami grzybów na terenie samej Wielkiej Brytanii. Wśród nich nie stwierdzono obecności gatunków grzybów symbiotycznych i saprotroficznych pochodzących z Ameryki Północnej, które w wyniku kointrodukcji z dębem czerwonym mogły trafić na wyspy. Przedstawiono natomiast informacje o występowaniu pochodzącego z Ameryki Północnej lęgniowca *Phytophthora ramorum*. Patogen ten odpowiada za masowe zamieranie dębów (z ang. „sudden oak death”) w Ameryce Północnej oraz Europie. Innym ciekawym przykładem są infekcje dębu czerwonego przez innego lęgniowca o nieznanym pochodzeniu (*Phytophthora cinnamomi*). Występowanie tego patogenu wraz z dębem czerwonym w Europie stanowi rzadki przykład introdukcji dwóch organizmów obcych, pochodzących z różnych części świata (tzw. „co-xenic novel association”, Dikie i in. 2017). Omawiany artykuł przeglądowy (Dyderski i in. 2020) stanowi obecnie najbardziej rozbudowane i kompletne kompendium wiedzy na temat dębu czerwonego poza granicami naturalnego występowania, również w zakresie opisanych interakcji drzewo – grzyb, które mogą mieć spore znaczenie dla inwazyjności dębu czerwonego w Wielkiej Brytanii i całej Europie.

W artykule opublikowanym w czasopiśmie *Fungal Ecology* (Kujawska i in. 2021) przeanalizowaliśmy dane opisujące czynniki ekologiczne, w szczególności siedlisko, preferencje podłoża i fenologię, które w największym stopniu wpływa występowanie soplówki jodłowej (*Hericium flagellum*). Grzyb ten jest umieszczony na Czerwonej Liście Grzybów Polski oraz jest uznawany za gatunek parasolowy, charakterystyczny dla starych lasów jodłowych. W badaniach wykorzystaliśmy modelowanie niszy bioklimatycznych (EMN) w celu określenia potencjalnego zasięgu grzyba w oparciu o dane klimatyczne oraz występowanie drzewa gospodarza – jodły pospolitej. Ponad połowa rekordów soplówki jodłowej znajdowała się na obszarach chronionych. Jednakże kluczowe dla występowania grzyba jest rozmieszczenie jodły pospolitej, a także opady najsuchszego miesiąca oraz średnia roczna temperatura. Wnioskiem jaki należy przyjąć po przeprowadzonych badaniach jest to, iż czynnikami zagrażającymi soplówce jodłowej jest dysjunktywny zasięg i związana z tym ograniczona możliwość rozprzestrzeniania zarodników grzyba, a także brak starych lasów jodłowych z odpowiednią ilością martwego drewna.

Jestem również współautorem pracy opisującej nowy dla nauki gatunek grzyba *Coprinopsis rugosomagnispora* Gierczyk, Pietras, Piątek, Gryc, Czerniawski & Rodriguez-Flakus (Gierczyk i in. 2017; *Plant Systematics and Evolution* 303:915–925). W badaniach tych odpowiedzialny byłem za przygotowanie sekwencji ITS nowo opisanego taksonu, umieszczenie sekwencji holotypu w bazie NCBI oraz przygotowanie zestawu sekwencji służących do przeprowadzenia analiz filogenetycznych rodzaju *Coprinopsis*, ukazujących odrębność genetyczną grzyba *C. rugosomagnispora*.

Działalność w radach redakcyjnych i naukowych:

Od początku 2021 roku jestem zastępcą redaktora naczelnego czasopisma *Dendrobiology* (JCR, IF₂₀₁₉= 1,375). W tym samym czasie zostałem powołany w skład Rady Redakcyjnej (jako *Topic Editor*) czasopisma *Plants* (JCR, IF₂₀₁₉=2,762). Od 2020 roku jestem też członkiem rady naukowej Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku.

PODSUMOWANIE

Za najistotniejsze dla prezentowanego osiągnięcia naukowego można uznać:

- uaktualnienie lub opracowanie map rozmieszczenia okratka australijskiego, maślaka daglezwego, a także 2 północnoamerykańskich piestrówek (*Rhizopogon salebrosus* i *R. pseudoroseolus*) w skali regionów naturalnego pochodzenia oraz kontynentów na które gatunki te zostały introdukowane;
- zebranie kolekcji ponad pięćdziesięciu okazów zielnikowych okratka australijskiego, maślaka daglezwego, które zostały wykorzystane w badaniach, a także zgromadzenie kolekcji 288 izolatów DNA tychże gatunków z Europy, Australii, Nowej Zelandii i Ameryki Północnej, które wykorzystane będą w obecnie prowadzonych badaniach zaplanowanych w projekcie **OPUS**;
- opracowanie modeli ukazujących współczesne rozmieszczenie potencjalnych miejsc występowania badanych grzybów;
- przeprowadzenie badań nad okratkiem australijskim, które są pierwszymi z zakresu biogeografii historycznej grzybów, a także jednymi z nielicznych ukazujących wpływ zmian klimatu na rozmieszczenie grzybów w przyszłości,
- odnotowanie po raz pierwszy obecności *Rhizopogon salebrosus* w Polsce oraz *R. pseudoroseolus* w Australii i wykazanie jego potencjalnej inwazyjności w miejscu introdukcji.

Dotychczas swoją aktywność naukową prowadziłem będąc zatrudnionym w **dwóch jednostkach naukowych**: Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku (w latach 2009-2015 i 2018 do obecnie) oraz w trakcie stażu podoktorskiego na Wydziale Biologii Uniwersytetu Gdańskiego (2015-2018). Uzyskałem finansowanie dla **trzech projektów** (2012-2015 PRELIDIUM, 2015-2018 FUGA, 2020-2024 OPUS) finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki. Łączna wartość otrzymanych z NCN środków wynosi blisko 3 miliony złotych. Dzięki uzyskanemu finansowaniu oraz w trakcie prowadzenia innych badań opublikowałem 24 artykuły w czasopiśmie indeksowanych na liście JCR (Clarivate Analytics), z których 19 powstało po uzyskaniu przeze mnie stopnia naukowego doktora. Pięć z nich stanowi przedstawione do oceny osiągnięcie. Jestem też autorem pięciu rozdziałów w monografiach naukowych oraz dziesięciu artykułów popularnonaukowych, które ukazały się przed uzyskaniem przeze mnie stopnia doktora, jak i po zakończeniu studiów doktoranckich. Jestem również redaktorem jednej monografii.

W czasie swojej ponad 10-cio letniej pracy naukowej zamieściłem 482 sekwencje nukleotydowe ITS i LSU różnych gatunków grzybów w bazach danych NCBI oraz UNITE, w tym sekwencje nowego dla nauki gatunku *Coprinopsis rugosomagnispora*, a także sekwencje pierwszych notowań gatunków piestrówek w Polsce i Australii.

	Typ publikacji	Liczba publikacji		
		Przed uzyskaniem stopnia doktora (1)	Po uzyskaniu stopnia doktora (2)	Łącznie (1)+(2)
1.	Oryginalne artykuły naukowe z listy JCR	5	19	24
2	Oryginalne artykuły naukowe spoza listy JCR	1	2	3
3	Redakcja monografii naukowych	0	1	1
4	Rozdziały w monografiach	1	4	5
5	Publikacje popularno-naukowe	2	8	10
	Razem	9	34	43

- A. Sumaryczny Impact Factor publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania; **53,479**,
- B. Suma punktów ministerialnych:
385 pkt. (na podstawie wykazu MNiSWz dnia 25 stycznia 2017 r.) oraz
990 pkt. (punktacja na podstawie wykazu MNiSWz dnia 9 lutego 2021 r.),
- C. Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS): 237;
Liczba cytowań bez autocytowań 204 (28.05.2021)
- D. indeks Hirscha opublikowanych publikacji według bazy Web of Science (WoS): **9** (28.05.2021)
- E. kierowanie krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach; kierowanie: trzy projekty; wykonawca: trzy projekty
- F. międzynarodowe lub krajowe nagrody za działalność naukową:
- Ogólnopolska Konferencja „Polskie tradycje użytkowania grzybów oraz ich ochrony wkładem do europejskiego dziedzictwa kultury”, 3-5 XI 2011 Łódź - **1. miejsce w konkursie na najlepszy poster**
 - International Conference on Mycorrhiza - ICOM 7, 6-11.I 2013 New Delhi, Indie **Nagroda Larry’ego Petersona** za najlepszy poster,
 - **Nagroda II stopnia w konkursie PTB „Nagroda Młodych Badaczy”** przyznawana przez Zarząd Polskiego Towarzystwa Botanicznego w roku 2013
 - Uzyskanie wyróżnienia **Rady Naukowej Instytutu Dendrologii PAN** przedstawioną rozprawę doktorską pt. „Struktura zbiorowisk grzybów mikoryzowych dębu szypułkowego i bezszypułkowego na obszarze Płyty Krotoszyńskiej”, Kórnik 14 czerwca 2013,
 - Międzynarodowa Konferencja Młodych Naukowców „Przyroda-Las-Technologia” 6-8.IX 2013, Poznań - **zajęcie 2. miejsce w konkursie na najlepszy poster,**
 - Warsztaty Polskiego Towarzystwa Mykologicznego „Grzyby – organizmy kluczowe dla życia na Ziemi”, Polskie Towarzystwo Mykologiczne, 24-28 IX 2014 Łódź, **wyróżnienie w konkursie na najlepszy referat,**

- Nagroda **Dyrektora Instytutu Dendrologii PAN za znaczący wkład w dorobek publikacyjny Instytutu w latach 2015-2018**, Kórnik, 19 grudnia 2019,
- Nominacja do **Nagrody Naukowców Przyszłości 2021** w kategorii: **Nauka dla lepszego życia w przyszłości**. 3. Marca 2021, Tychy, Centrum Inteligentnego Rozwoju

G. udział w 9 międzynarodowych oraz 25 krajowych konferencjach, z wygłoszonymi czterema wykładami na konferencjach międzynarodowych oraz dziewiętnastoma na konferencjach krajowych (w tym dwa wykład zaproszone).

6. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ LUB SZTUKĘ.

Osiągnięcia dydaktyczne

W związku z tym, iż zarówno pracując w Instytucie Dendrologii PAN, jak i Wydziale Biologii Uniwersytetu Gdańskiego (realizowanie stażu podoktorskiego związanego z projektem FUGA wiązało się z brakiem możliwości prowadzenia dydaktyki) zatrudniony byłem na stanowiskach naukowych moje możliwości wykazania się w tym punkcie są dość ograniczone i przedstawiają się następująco:

Prowadzenie zajęć i wykłady:

- prowadzenie zielonych lekcji oraz oprowadzanie wycieczek w ramach działalności dydaktycznej Arboretum Instytutu Dendrologii PAN w latach 2009-2013,
- wykłady w ramach programu edukacyjnego Uniwersytetu Gdańskiego „Zaproś Naukowca do szkoły” w latach 2015-2017, łącznie 30 godzin.
- wykłady z przedmiotu „Wybrane aspekty ochrony roślin” na studiach podyplomowych „Waloryzacja i Ochrona Obszarów przyrodniczych” organizowanych na Wydziale Biologii Uniwersytetu Gdańskiego w roku akademickim 2017-2018 - 6 godzin.
- wykłady z przedmiotu „Ukryte życie grzybów” na studiach podyplomowych „Hodowla lasu” organizowanych na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w latach 2019, 2020, 2020 - 8 godzin.

Opieka nad studentami i promotorstwo:

Promotorstwo prac licencjackich:

- Robin Wilgan temat „Zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych orzesznika siedmiolistkowego i gorzkiego rosnących w Arboretum Kórnickim”, Wydział Biologii Uniwersytet in. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 2014
- Aneta Ladach temat „Zbiorowisk grzybów mykoryzowych jodły pospolitej w Kotlinie Kłodzkiej”, Wydział Leśny Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 2015

Promotorstwo prac magisterskich:

- Aneta Ladach temat „Zbiorowisk grzybów mykoryzowych jodły pospolitej w granicach jej naturalnego zasięgu”, Wydział Leśny Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu 2017
- Michał Leski, temat „Wpływ zaprawienia i termoterapii nasion dębu za zbiorowiska mykoryzowe sadzonek na wczesnym stadium rozwoju: Wydział Leśny Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu 2020

Funkcja promotora pomocniczego otwartych przewodów doktorskich:

- mgr Robin Wilgan, temat „Interakcje obcych gatunków drzew liściastych oraz rodzimych symbiontów mykoryzowych”, Instytut Dendrologii PAN w Kórniku, przewód otwarty w 2019
- mgr Joanna Korybut-Orłowska temat „Bogactwo i różnorodność grzybów ektomykoryzowych kwaśnych buczyn Pomorza Gdańskiego”, Wydział Biologii Uniwersytetu Gdańskiego, przewód otwarty w 2019

Osiągnięcia organizacyjne

Udział w pracach komitetów organizacyjnych 3 konferencji:

- 23.X 2016 Kraków. Konferencja Młodych Naukowców "Zagrożenia dla Środowiska. Spojrzenie Młodych Naukowców",
- 26.X 2016 Kraków. Konferencja Młodych Naukowców "Nauki Biologiczne i Chemiczne. Spojrzenie Młodych Naukowców",
- 10.IX 2017 Gdańsk. Konferencja Młodych Naukowców "Nowe wyzwania dla Polskiej Nauki. II Edycja",

Udział w pracach komitetów naukowych następujących konferencji dla młodych naukowców:

- 23.X 2016 Kraków. Konferencja Młodych Naukowców "Zagrożenia dla Środowiska. Spojrzenie Młodych naukowców",
- 2016-2017 Konferencja Młodych Naukowców "Wpływ Młodych Naukowców na Osiągnięcia Polskiej Nauki. X Edycja" (Warszawa, Wrocław, Kraków, Poznań),
- 2017 Konferencja Młodych Naukowców "Dokonania naukowe Doktorantów. V Edycja" (Warszawa, Kraków),
- 10.IX 2017 Gdańsk. Konferencja Młodych Naukowców "Nowe wyzwania dla Polskiej Nauki. II Edycja",
- 9.XII 2017 Kraków. Konferencja Młodych Naukowców " Biologia, Chemia i Środowisko. Spojrzenie Młodych Naukowców. I Edycja",
- 2017-2018 Konferencja Młodych Naukowców "Nowe wyzwania dla Polskiej Nauki. II Edycja (sesja zimowa),
- 2018 Konferencja Młodych Naukowców "Dokonania naukowe Doktorantów. VI Edycja" (Warszawa, Poznań, Kraków),
- 2018 Konferencja Młodych Naukowców "Nowe wyzwania dla Polskiej Nauki. IV Edycja",
- 8.IX 2018 Gdańsk. Konferencja Młodych Naukowców "Nowe wyzwania dla Polskiej Nauki. III Edycja",
- 2019 Kraków. Konferencja Młodych Naukowców "Analiza zagadnienia, analiza wyników wystąpienie Młodego Naukowca. I Edycja",
- 2019 Konferencja Młodych Naukowców "Dokonania naukowe Doktorantów. VII Edycja".

Osiągnięcia popularyzujące naukę

Publikacje popularnonaukowe:

- **Pietras M.** 2010. Osobliwy okratek - Zamorski grzyb odnaleziony na terenie Nadleśnictwa Piaski w Wielkopolsce. Las Polski. 11: 16.
- **Pietras M.** 2012. Obce grzyby niepatogeniczne w polskich lasach. Las Polski 15-16: 26-27.
- **Pietras M.** 2017. Wśród gór, pastwisk i...plantacji. Głos lasu 7-8 (560): 42-45.
- **Pietras M.** 2017. Czego oczy nie widzą. Głos lasu 1(554): 40-41.
- **Pietras M.** 2019. Obcy są wśród nas. Academia 3-4: 38-43.
- **Pietras M.** 2019. Gatunki obcego pochodzenia – wiemy, co dalej! Las Polski 12: #28.
- Leski T., Wilgan R., **Pietras M.**, Karliński L., Rudawska M. 2019. Podziemny świat grzybów ektomykoryzowych. Las Polski 24: 20-21.
- **Pietras M.** 2020. Czas na klimat. Wędrowniki grzybów. Głos Lasu 7-8: 26-28.
- **Pietras M.**, Szwed-Pietras K. 2020. Obce gatunki grzybów w Ogrodach Kórnickich. Kórniczanie 3: #12.
- Kijowska-Oberc J., **Pietras M.**, Ratajczak E. 2020. Dopóki susza ich nie rozłączy. Academia 2: 26-29.

Inna działalność popularyzująca naukę:

Udział w Nocy Biologów organizowanych na Wydziale Biologii UG w latach 2016, 2017, 2018 (prowadzenie wykładów, organizowanie warsztatów).

Funkcja redaktora tematycznego (leśnictwo i rolnictwo) w popularnonaukowym kwartalniku „ACADEMIA – Magazyn Polskiej Akademii Nauk” – od początku 2020r.

Poza ww. działalnością udzieliłem wywiadu dla serwisu Nauka w Polsce (PAP [link](#)) nt. występowania obcych gatunków grzybów niepatogenicznych, który szeroko udostępniany był przez wiele witryn internetowych.

W 2019 roku, wraz z dr. hab. Tomaszem Leskim napisałem scenariusz i komentarz oraz udostępniłem zdjęcia mojego autorstwa do filmu „Życie lasu. Grzyby” wyprodukowanego przez Ośrodek Rozwojowo Wdrożeniowy Lasów Państwowych w Bedoniu. Licencja do filmu została wykupiona przez Telewizję Polską, planowana premiera filmu to trzeci kwartał 2021r.


.....
(podpis wnioskodawcy)