**Halina Galera**
**Załącznik 2**

## AUTOREFERAT

### 1. Imię i nazwisko - Halina Galera

### 2. Posiadane stopnie naukowe

- doktor nauk biologicznych w zakresie biologii, Wydział Biologii Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, 2002, tytuł rozprawy: Ogrody botaniczne – refugia rodzimej flory, czy centra rozprzestrzeniania roślin obcego pochodzenia?
- magister biologii, Wydział Biologii Uniwersytetu Warszawskiego, 1991, tytuł rozprawy: Analiza flory cmentarzy lewobrzeżnej Warszawy ze szczególnym uwzględnieniem strefy silnie zurbanizowanej.

### 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- od grudnia 2002 – Zakład Ekologii Roślin i Ochrony Środowiska (dawniej Zakład Botaniki Środowiskowej) Wydziału Biologii Uniwersytetu Warszawskiego:

  od 2015 – asystent

  2002-2015 – adiunkt
- 1991-2002 – Polska Akademia Nauk, Ogród Botaniczny – Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej (dawniej Ogród Botaniczny Polskiej Akademii Nauk) w Warszawie:

  2002 – adiunkt

  2000-2002 – starszy specjalista

  1992-2000 – asystent

  1991-1992 – stażysta
- 1988-1989 i 1990 – Ogród Botaniczny Uniwersytetu Warszawskiego – robotnik wykwalifikowany

### 4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

### a) tytuł osiągnięcia naukowego

# Czynniki wpływające na zagrożenie inwazjami roślinnymi w Antarktyce

## b) publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego (IF zgodny z rokiem opublikowania pracy)

1. Galera H., Chwedorzewska K.J., Korczak-Abshire M., Wódkiewicz M. 2018. What affects the probability of biological invasions in Antarctica? Using an expanded conceptual framework to anticipate the risk of alien species expansion. Biodiversity and Conservation 27:1789–1809 [IF 2016/2017: 2.265]
2. Wódkiewicz M., Chwedorzewska K.J., Bednarek P.T., Znój A., Androsiuk P., Galera H. (2017). How much of the invader's genetic variability can slip between our fingers? A case study of secondary dispersal of *Poa annua* on King George Island (Antarctica). Ecology and Evolution 8: 592–600. [IF: 2.440]
3. Galera H., Wódkiewicz M., Czyż E., Łapiński S., Kowalska M.E., Pasik M., Rajner M., Bylina P., Chwedorzewska K.J. (2017). First step to eradication of *Poa annua* L. from Point Thomas Oasis (King George Island, South Shetlands, Antarctica). Polar Biology 40: 939–945. [IF: 1.949]
4. Galera H., Chwedorzewska K.J., Wódkiewicz M. (2015). Response of *Poa annua* to extreme conditions: comparison of morphological traits between populations from cold and temperate climate conditions. Polar Biology 38: 1657–1666. [IF: 1.711]
5. Chwedorzewska K.J., Giełwanowska I., Olech M., Molina-Montenegro M.A., Wódkiewicz M., Galera H. (2015). *Poa annua* L. in the maritime Antarctic: an overview. Polar Record 51 (261): 637–643. [IF: 0.904]

## c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Antarktyka pozostaje jedynym większym obszarem na kuli ziemskiej w niewielkim stopniu dotkniętym skutkami działalności człowieka. Międzynarodowa społeczność zarządzająca antarktyczną anekumeną podejmuje zdecydowane działania mające na celu zminimalizowanie wpływów antropogenicznych w tym regionie. W ostatnich dziesięcioleciach szczególnie ważnym problemem stało się zagrożenie dla różnorodności biologicznej Antarktyki, wynikające z pojawiania się coraz większej liczby obcych gatunków (Chown i in. 2012; Huiskes i in. 2014; Hughes, Convey 2014; Hughes, Pertierra 2016). W wyniku intensywnych prac legislacyjnych przyjmowane są kolejne dokumenty opisujące zasady postępowania podczas prowadzenia badań naukowych oraz regulujące organizację

ruchu turystycznego w tym rejonie. W myśl tych przepisów, każde państwo wchodzące w skład Układu Antarktycznego jest zobowiązane do zapobiegania świadomemu i nieświadomemu wprowadzaniu obcych organizmów, a w przypadku ich stwierdzenia w Antarktyce – do jak najszybszego ich usunięcia i dalszego monitorowania sytuacji (Management Plan for Antarctic Specially Managed Area No. 1, Admiralty Bay, King George Island 2014; Układ Antarktyczny - wybór dokumentów z wprowadzeniem 2017; Hughes, Pertierra 2016).

Skrajnie trudne warunki siedliskowe Antarktyki sprawiają, że pomimo stałej presji obcych propagul, tylko niewielka część trafiających tam organizmów obcego pochodzenia jest w stanie utrzymać się przy życiu dłużej niż jeden sezon wegetacyjny. Spośród stwierdzonych w Antarktyce ok. 10 obcych gatunków roślin (w niektórych przypadkach identyfikacja roślin była niepewna), a najczęściej notowano wiechlinę roczną *Poa annua* L. Gatunek ten pojawiał się w różnych rejonach Antarktyki Morskiej, jednak większość stanowisk zniszczono na bardzo wczesnym etapie rozwoju populacji (Hughes, Pertierra 2016). Wyjątek pod tym względem stanowiły 2 stanowiska zlokalizowane w obrębie archipelagu Szetlandów Południowych. Populacja utrzymująca się przez co najmniej 13 lat na Deception Island nie została dokładniej zbadana, aż do momentu jej zniszczenia przez erupcję wulkanu (Collins 1969). Natomiast rozwój terytorialny wiechliny rocznej w obrębie Oazy Point Thomas na Wyspie Króla Jerzego jest dobrze udokumentowany (Olech 1996 i 1998; Olech, Chwedorzewska 2008 i 2011). Historia rozprzestrzeniania się gatunku nie była jednak analizowana w szerszym kontekście - w świetle dotychczasowej wiedzy o przyczynach, przebiegu i skutkach inwazji biologicznych. Pomimo obowiązujących regulacji prawnych, nakazujących bezzwłoczne usuwanie z Antarktyki każdego obcego gatunku, nie podejmowano działań mających na celu ograniczenie rozwoju populacji *P. annua* w Oazie Point Thomas. Prowadzone były jedynie obserwacje procesu rozprzestrzeniania się populacji, a celowe usuwanie kęp następowało jedynie w ramach pobierania materiału do badań laboratoryjnych.

Wspomniana populacja była obiektem badań fizjologicznych i genetycznych. Analizowano poziom zmienności genetycznej pochodzącego stamtąd materiału roślinnego, poszukując źródła introdukcji gatunku (Chwedorzewska 2008; Chwedorzewska, Bednarek 2012). Badano specyfikę tej populacji pod względem fizjologii rozwoju i kiełkowania nasion (Kellman-Sopyła, Giełwanowska 2015; Kellman-Sopyła i in. 2015). Prace mojego współautorstwa, które nie weszły w skład osiągnięcia habilitacyjnego, dotyczyły powstającego w Antarktyce banku nasion *P. annua* (Wódkiewicz i in. 2013 i 2014 – dane

bibliograficzne tych publikacji zamieściłam w Załączniku 4, w punkcie II. A). Obraz specyfiki antarktycznej populacji wiechliny rocznej wymagał uzupełnienia o badania morfologiczne. Interesujący jest także problem porównania zakresu zmienności genetycznej dwu subpopulacji rozwijających się w Oazie Point Thomas z roślinami występującymi w miejscu stanowiącym prawdopodobne źródło inwazji.

Celem prac wchodzących w skład mojego osiągnięcia habilitacyjnego były:

A. Kompleksowa analiza czynników wpływających na możliwość zajścia inwazji w Antarktyce.
B. Próba wskazania przyczyn sukcesu inwazji *P. annua* w skrajnych warunkach siedliskowych. W ramach realizacji tego drugiego celu, podjęłam się weryfikacji następujących hipotez badawczych:
    - *Poa annua* wykazuje cechy gatunkowe predysponujące tą roślinę do przetrwania w warunkach Antarktyki.
    - Antarktyczna populacja *P. annua* różni się budową morfologiczną od roślin występujących w obrębie naturalnego zasięgu geograficznego tego gatunku.
    - Przypadek rozprzestrzeniania *P. annua* w Oazie Point Thomas jest inwazją w rozumieniu spełniania ogólnie przyjętych kryteriów uznania gatunku za inwazyjny.
    - Jedynym źródłem propagul *P. annua* w Oazie Point Thomas był Ogród Botaniczny w Powsinie, zatem pula genetyczna antarktycznej populacji tego gatunku jest jedynie zawężeniem w stosunku do puli genetycznej populacji źródłowej.

W skład mojego osiągnięcia habilitacyjnego wchodzi 5 prac, przygotowanych na podstawie materiałów i danych zgromadzonych przeze mnie podczas 39. Polskiej Wyprawy Antarktycznej, a także zebranych przez moich Współpracowników, którzy pracowali według przygotowanych przeze mnie szczegółowych instrukcji. Wyjazdy były finansowane w ramach realizacji projektu grantowego NCN pt. *Poa annua* w Antarktyce – specyfika rozprzestrzeniania się gatunku w skrajnych warunkach siedliskowych [por. pozycja 1. w punkcie II. I].

## A. Analiza czynników wpływających na możliwość zajścia inwazji biologicznych w Antarktyce

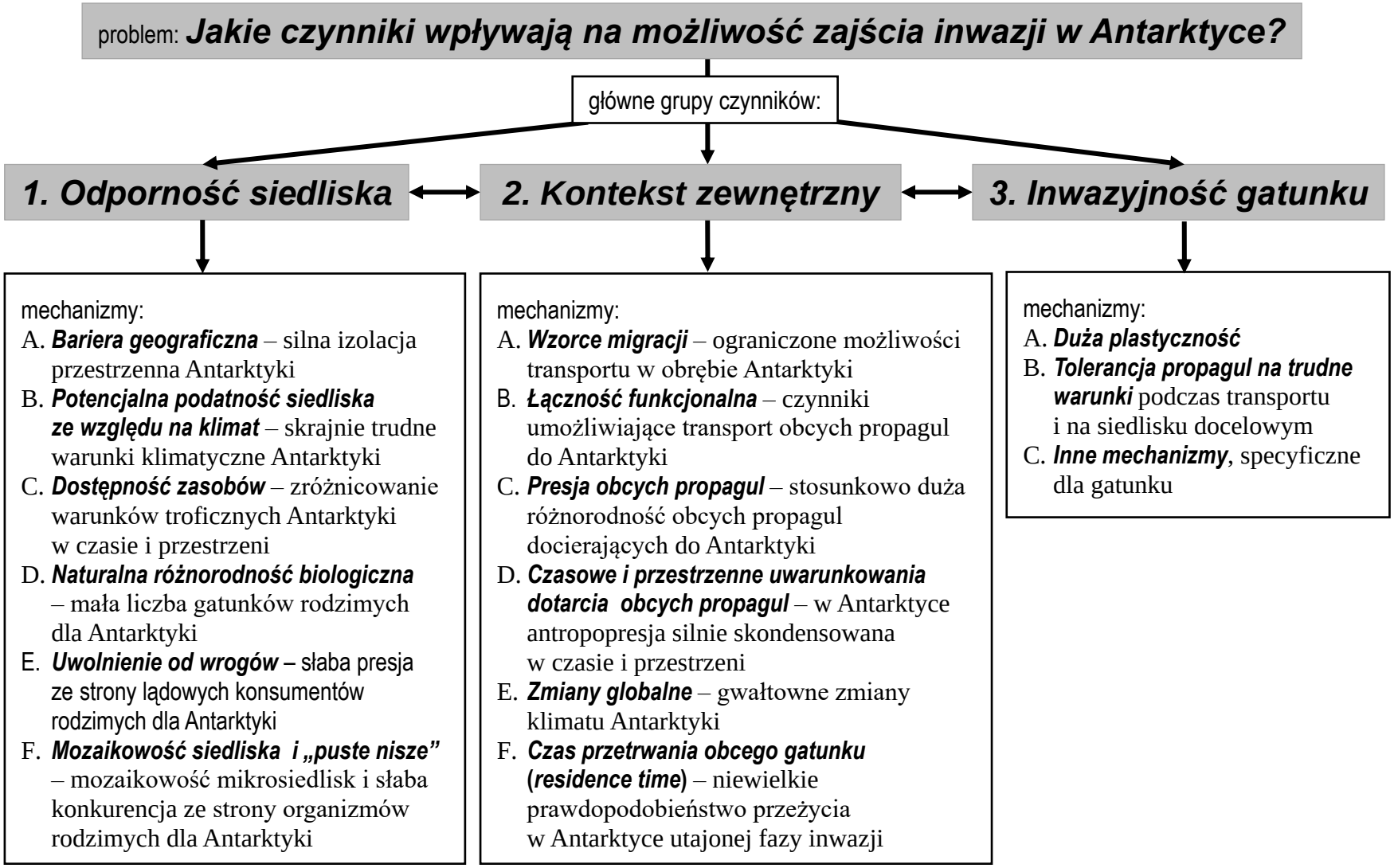
Problem zagrożenia Antarktyki inwazjami gatunków obcego pochodzenia przedstawiłam w obszernym opracowaniu o charakterze koncepcyjnym pt. **What affects the probability of biological invasions in Antarctica? Using an expanded conceptual framework to anticipate the risk of alien species expansion** (Galera

i in. 2018 [pełne dane bibliograficzne podałam powyżej - w punkcie 4.b, w pozycji 1.]). Dotychczas ukazały się bardzo liczne artykuły traktujące o zagrożeniu Antarktyki inwazjami (np. Huiskes et al. 2014; Hughes, Convey 2014; Hughes i in. 2015; Hughes, Pertierra 2016), jednak publikacja mojego pomysłu (Galera i in. 2018) jest pierwszym dla Antarktyki całościowym opracowaniem na temat czynników decydujących o możliwości zajścia procesów inwazyjnych.

W ostatnich latach ukazały się liczne publikacje dotyczące modeli i schematów koncepcyjnych (frameworks – w języku polskim nie utrwalił się jeszcze odpowiednik tego terminu), porządkujących wiedzę na temat zjawisk związanych z inwazjami biologicznymi. W kolejnych pracach opisywano coraz to nowe schematy i modele, a ich autorzy sugerowali, że stworzone przez nich generalizacje mogą być stosowane do opisywania wielu innych inwazji. Jednak publikacji wykorzystujących istniejące już modele i schematy jest bardzo niewiele. Przykładowo dwie prace dotyczące inwazji w Kruger National Park (Afryka Południowa) są oparte na tym samym schemacie koncepcyjnym: Foxcroft i in. (2011) analizowali historię rozprzestrzeniania *Opuntia stricta* var. *dillenii* (KER GAWL.) L.D., natomiast Vardien i in. (2012) badali *Lantana camara* L. Nowatorskość mojej autorskiej koncepcji opisywanego artykułu (Galera i in. 2018) polegała na wykorzystaniu istniejącego już schematu („unified conceptual framework", Foxcroft i in. 2011) do oceny możliwości zajścia inwazji biologicznych w Antarktyce. Schemat ten był dotychczas wykorzystywany do analizowania przyczyn i przebiegu inwazji konkretnego gatunku w danym regionie. Ja natomiast znacząco rozszerzyłam jego zastosowanie do przewidywania inwazji dowolnego gatunku w konkretnym regionie.

Głównym celem pracy (Galera i in. 2018) było przeprowadzenie kompleksowej analizy czynników wpływających na przebieg procesów inwazyjnych, które mogą w przyszłości zachodzić w ekosystemach lądowych Antarktyki Morskiej. Zastosowany przeze mnie schemat koncepcyjny uwzględnia podział tych czynników na trzy grupy: *1. Odporność siedliska, 2. Kontekst zewnętrzny* i *3. Inwazyjność gatunku* (Ryc. 1).

Na grupę *1. Odporność siedliska* składa się sześć mechanizmów, spośród których *Bariera geograficzna* i *Potencjalna podatność ze względu na klimat* (na Ryc. 1 oznaczone odpowiednio jako mechanizmy 1.A oraz 1.B) silnie limitują możliwość zajścia inwazji w Antarktyce, ze względu na jej dużą izolację przestrzenną i panujące tam skrajne warunki klimatyczne. Natomiast dwa kolejne mechanizmy wyraźnie sprzyjają obcym gatunkom.




Ryc. 1. Schemat koncepcyjny służący ocenie potencjalnego zagrożenia Antarktyki inwazjami obcych gatunków

Słaba i ograniczona czasowo presja lądowych konsumentów powoduje niemal całkowite *Uwolnienie od wrogów naturalnych* (mechanizm 1.E), zaś mozaikowość mikrosiedlisk i słaba konkurencja ze strony rodzimych dla Antarktyki organizmów samożywnych sprawiają, że inwazyjne rośliny będą miały niemal całkowicie swobodny dostęp do pustych nisz ekologicznych (1.F. *Mozaikowość siedliska i „puste nisze"*). Cechą typową dla ekosystemów lądowych Antarktyki jest duża dynamika warunków troficznych w czasie i przestrzeni. Przeważają skrajnie ubogie gleby inicjalne, w miejscach okresowego bytowania zwierząt podłoże jest silnie przenawożone, a strefy przejściowe o umiarkowanej zawartości biogenów są wąskie. Choć panujące w Antarktyce warunki edaficzne są zatem bardzo zmienne, jednak w większości przypadków *Dostępność zasobów* (mechanizm 1.C) będzie stanowić czynnik silnie ograniczający rozprzestrzenianie się obcych roślin. Z kolei *Naturalna różnorodność biologiczna* Antarktyki (1.D) jest bardzo niewielka, jednak znaczenie tego czynnika dla podatności siedliska na inwazje pozostaje dyskusyjne (por. np. Borges et al. 2006, Thuiller i in. 2007, Kueffer i in. 2010).

W skład grupy 2. *Kontekst zewnętrzny* (Ryc. 1) wchodzą czynniki powodujące łączność pomiędzy obszarem źródłowym (tj. terenem, na którym występuje populacja stanowiącą źródło inwazji) a obszarem docelowym (terenem, na którym dojdzie do inwazji). Kompleks czynników umożliwiających dotarcie na Antarktykę żywych propagul obcych gatunków (mechanizm 2.B. *Łączność funkcjonalna*) powoduje, że *Presja obcych propagul* (2.C) jest w tym regionie stosunkowo duża. Dodatkowym czynnikiem ułatwiającym przetrwanie obcych gatunków jest kolejny mechanizm - *Czasowe i przestrzenne uwarunkowania dotarcia propagul* (2.D). Istnienie bowiem duże prawdopodobieństwo, że zawlekane na pokładach statków i samolotów diaspory obcych roślin trafią na obszar docelowy w możliwie najbardziej sprzyjającym dla nich czasie i w najbardziej dogodne miejsca. W Antarktyce ruch transportowy koncentruje się w trwającym kilka miesięcy sezonie letnim, a przewożone osoby i ładunki docierają na przybrzeżne oazy antarktyczne. Są to tereny o niewielkiej powierzchni (stanowiące do 10% lądu) czasowo wolne od lodu i śniegu, gdzie rozwijają się antarktyczne ekosystemy lądowe. Na terenach tych koncentruje się również działalność ludzi (wszystkie stacje badawcze Antarktyki Morskiej są zlokalizowane w obrębie oaz przybrzeżnych), co powoduje, że są one przekształcone przez człowieka w największym stopniu. Globalny trend ocieplania się klimatu kuli ziemskiej i obserwowane w ostatnich latach lokalne wahania parametrów klimatycznych w regionie Półwyspu Antarktycznego mogą spowodować osłabienie stabilności tamtejszych ekosystemów lądowych, co stanowi

czynnik promujący inwazje (mechanizm 2.E. *Zmiany globalne*). Natomiast typowe dla Antarktyki *Wzorce migracji* (2.A) będą spowalniać proces rozprzestrzeniania się obcego gatunku – ze względu na stałą pokrywę lodową pokrywającą >90% powierzchni lądu, transport pomiędzy oazami drogą lądową jest bardzo ograniczony. Również czas (mechanizm 2.F. *Czas przetrwania obcego gatunku*) będzie działać na niekorzyść obcego przybysza, ponieważ prawdopodobieństwo jego przetrwania w surowych warunkach Antarktyki jest niewielkie.

Pierwotne zastosowanie „unified conceptual framework" polegało na rozpatrywaniu trwających już inwazji w układzie „1 obszar inwazji - 1 gatunek inwazyjny" (Foxcroft i in. 2011, Vardien i in. 2012). Natomiast celem pracy Galera i in. (2018) była ocena możliwości zajścia inwazji dowolnego gatunku w przyszłości (układ „1 obszar – dowolna liczba gatunków"). Przy braku możliwości rozpatrywania cech konkretnego gatunku, problem inwazyjności należało rozpatrywać na bardzo ogólnym poziomie (por. 3. *Inwazyjność gatunku* na Ryc. 1). Warunki panujące w Antarktyce są na tyle surowe, że siedliska zbliżone do niej pod względem klimatu występują jedynie w Arktyce i wyższych położeniach górskich, a możliwość zawleczenia diaspor z tych terenów na Antarktykę jest stosunkowo niewielka (zawleczenie propagul z Arktyki na Antarktykę mogłoby nastąpić podczas rejsu dookoła kuli ziemskiej). W tej sytuacji rośliny zdolne do inwazji w Antarktyce powinny charakteryzować się przede wszystkim dużą plastycznością i odpornością na trudne warunki (mechanizmy 3.A. *Duża plastyczność* i 3.B. *Tolerancja propagul na trudne warunki podczas transportu i na siedlisku docelowym*).

W pracy pt. What affects the probability of biological invasions in Antarctica? Using an expanded conceptual framework to anticipate the risk of alien species expansion wykazałam dużą specyfikę Antarktyki Morskiej pod względem mechanizmów wpływających na możliwość zajścia inwazji. Tamtejsze ekosystemy lądowe wyróżniają się m.in. niską redundancją funkcjonalną oraz brakiem lub słabą reprezentacją niektórych grup funkcjonalnych. Dla przetrwania obcych gatunków roślin istotny jest fakt, że nie ma tam dużych lądowych roślinożerców. Skrajnie trudne warunki bytowania (zwłaszcza surowy klimat) powodują wyjątkowo słabe wykształcenie pokrywy roślinnej. Te unikalne cechy Antarktyki mogą wpływać na ewentualne inwazje, ponieważ wyjątkowo słaba presja ze strony rodzimych konsumentów i konkurentów będzie działać sprzyjać przetrwaniu obcych gatunków roślin. Z kolei wyjątkowo silna izolacja (bariera geograficzna i ekologiczna) bardzo skutecznie

chroniła Antarktykę przed inwazjami, ale w wyniku działalności człowieka bariera ta jest obecnie regularnie przełamywana.

Zastosowany przeze mnie „unified conceptual framework" (koncepcja autorstwa Foxcrofta i in. 2011) ma duży potencjał jako uniwersalne narzędzie do oceny zagrożenia inwazjami. Analiza funkcjonowania tak specyficznego układu, jakim są ekosystemy lądowe Antarktyki Morskiej, dała możliwość zbadania relacji między czynnikami składającymi się na kontekst zewnętrzny a specyficznymi cechami siedlisk antarktycznych, wpływających na podatność regionu na inwazję. Z kolei izolacja i stosunkowo niewielka penetracja Oazy Point Thomas przez ludzi (w porównaniu z innymi rejonami kuli ziemskiej) oraz prawny obowiązek monitorowania skutków funkcjonowania stacji badawczej umożliwiły przeprowadzenie pierwszej w historii badań nad inwazjami biologicznymi całościowej oceny presji propagul. Została ona przeprowadzona w oparciu o wykaz konkretnych gatunków stwierdzonych podczas poszukiwań obcych propagul na odzieży oraz w ekwipunku i zaopatrzeniu personelu pracującego na Polskiej Stacji Antarktycznej. Podsumowanie tych badań zostało przedstawione w postaci tabelarycznego wykazu gatunków, dołączonego do artykułu jako „Electronic supplementary material" (plik dostępny w Internecie pod adresem https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10531-018-1547-5#SupplementaryMaterial).

## B. Próba wskazania przyczyn sukcesu inwazji *Poa annua* w skrajnych warunkach siedliskowych

W opisanym powyżej artykule problem inwazyjności gatunku został ujęty bardzo ogólnie, co wynikało z wyznaczonych w nim celów badawczych. Cechami predysponującymi daną populację do przetrwania i dokonania inwazji w specyficznych warunkach Antarktyki zajęłam się w pozostałych czterech publikacjach wchodzących w skład mojego osiągnięcia habilitacyjnego. Prace te dotyczą jedynej stwierdzonej w Antarktyce inwazji roślinnej – przypadek rozprzestrzeniania się wiechliny rocznej w obrębie Oazy Point Thomas na Wyspie Króla Jerzego. Poza wykonywaniem prac terenowych, mój wkład w ich powstanie polegał przede wszystkim na przedstawieniu problemów związanych z przebiegiem tej inwazji w zestawieniu z opisywanymi w literaturze prawidłowościami dotyczącymi przyczyn, przebiegu i skutków procesów inwazyjnych.

W pracy mojego współautorstwa pt. ***Poa annua* L. in the maritime Antarctic: an overview** (Chwedorzewska i in. 2015 [pozycja 5. w punkcie 4.b]) dokonana została

analiza przypisywanych gatunkowi cech mogących ułatwiać przetrwanie *P. annua* w warunkach Antarktyki. Zestawienie tych informacji pozwoliło na wykazanie, że ten kosmopolityczny gatunek charakteryzuje się dużą zmiennością fenotypową i genetyczną, plastycznością pod względem strategii i formy życiowej oraz dużymi możliwościami pod względem produkcji nasion i zdolności ich kiełkowania. Są to własności, które mogą predysponować gatunek do przetrwania populacji w nowych warunkach siedliskowych, panujących w obrębie dowolnego wtórnego zasięgu. Natomiast wzmiankowana w literaturze tolerancja wiechliny rocznej na niskie temperatury jest cechą przystosowawczą szczególnie istotną dla przeżycia w oazie antarktycznej. Dużą zmienność i stosunkowo dobrą kondycję *P. annua* w warunkach polarnych stwierdzono również w Subantarktyce.

W Antarktyce gatunek pojawiał się wielokrotnie, w różnym czasie i w różnych rejonach (lecz tylko w obrębie Antarktyki Morskiej), na skutek nieświadomego zawlekania i celowego wprowadzenia. Informacje te stanowiły podstawę do dalszego wnioskowania, przeprowadzonego na podstawie wyników kolejnych badań.

Analizy opisane w artykule pt. **Response of *Poa annua* to extreme conditions: comparison of morphological traits between populations from cold and temperate climate conditions** (Galera i in. 2015 [pozycja 4. w punkcie 4.b]) dotyczyły zróżnicowania budowy morfologicznej tego gatunku w różnych warunkach klimatycznych. W przypadku tych badań moja koncepcja opierała się na porównaniu populacji rozwijających się w różnych warunkach klimatycznych:

- w klimacie polarnym (populacja występująca poza naturalnym zasięgiem geograficznym gatunku, w sąsiedztwie zabudowań Polskiej Stacji Antarktycznej w Oazie Point Thomas),
- w klimacie umiarkowanym nizinnym (rośliny występujące w Ogrodzie Botanicznym -CZRB PAN w Powsinie – populacja rozwijająca się w obrębie naturalnego zasięgu gatunku, a zarazem najbardziej prawdopodobne źródło inwazji; Chwedorzewska, Bednarek 2012),
- w klimacie górskim w strefie umiarkowanej (rośliny występujące w Tatrach, na granicy pionowego zasięgu gatunku).

Pomiary morfologiczne zostały przeprowadzone na poziomie osobnika. Oprócz wyników badań własnych, do analiz włączyłam także dane pochodzące z Subantarktyki (Wyspy

Kerguelena i Crozeta), gdzie *P. annua* występuje jako jeden z najczęstszych gatunków inwazyjnych (Frenot, Gloaguen 1994, Frenot i in. 1999).

Wyniki udowodniły dużą odrębność budowy morfologicznej antarktycznej populacji wiechliny rocznej. Spośród badanych 12 cech budowy, istotne statystycznie różnice dotyczyły 9 cech (wysokość osobnika, stosunek wysokości do szerokości osobnika, liczba pędów generatywnych, średnia długość pędu generatywnego, średnia długość najwyższej blaszki liściowej na pędzie generatywnym, średnia długość wiechy, średnia liczba odgałęzień wiechy, średnia długość najniższego odgałęzienia wiechy oraz średnia liczba kłosków w obrębie wiechy). Osobniki rozwijające się w Antarktyce różniły się zasadniczo od roślin zebranych w Powsinie, choć wcześniejsze badania genetyczne wskazywały na bliskie pokrewieństwo tych populacji (Chwedorzewska 2008; Chwedorzewska, Bednarek 2012).

Do interpretacji wyników badań morfometrycznych posłużyły zestawione przeze mnie dane pochodzące ze stacji meteorologicznych najbliższych badanym populacjom. Porównałam podstawowe cechy klimatu - średnie miesięczne temperatury powietrza oraz średni roczny poziom opadów. Porównanie budowy roślin i warunków siedliskowych występujących poza poziomym i pionowym zasięgiem gatunku (Antarktyka i Tatry) pozwoliło na częściowe potwierdzenie postulowanego w ramach hipotezy badawczej związku pomiędzy charakterystyką morfometryczną roślin a warunkami klimatycznymi. Populacja tatrzańska wykazywała cechy pośrednie pomiędzy roślinami z Antarktyki i Powsina, natomiast wartości kilku cech badanych u wiechliny rocznej występującej w Subantarktyce były konsekwentnie niższe w porównaniu z roślinami z Polski.

Niewielkie rozmiary osobników w Antarktyce można uznać za reakcję na stres środowiskowy. Możliwość dostosowania się *P. annua* do nowych warunków stanowi cechę przystosowawczą, która w istotny sposób przyczyniła się do sukcesu inwazji. Jak wykazał to opublikowany wcześniej artykuł mojego współautorstwa (Chwedorzewska i in. 2015), tego typu możliwości wynikają z cechy przypisywanej gatunkowi – dużej plastyczności fenotypowej.

W kolejnej publikacji pt. **How much of the invader's genetic variability can slip between our fingers? A case study of secondary dispersal of *Poa annua* on King George Island (Antarctica)** (Wódkiewicz i in. 2017 [pozycja 2. w punkcie 4.b]) porównano strukturę genetyczną dwu subpopulacji rozwijających się na terenie Oazy Point Thomas (okazy zebrane z okolic Stacji i z przedpola Lodowca Ekologii) i populacji z Ogrodu

Botanicznego w Powsinie. Praca dotyczy zjawisk ważnych z punktu widzenia przebiegu procesów inwazji. Wykazano w niej, że *P. annua* na przedpolu Lodowca Ekologii charakteryzuje się najmniejszą zmiennością genetyczną (w porównaniu z roślinami z Powsina i Stacji). Uzyskane wyniki badań genetycznych nie pozwalają na jednoznaczne wykluczenie efektu wąskiego gardła (bottleneck) i procesów selekcji, jednak na podstawie historii rozprzestrzeniania *P. annua* można przyjąć, że mały zakres zmienności genetycznej roślin występujących pod Lodowcem Ekologii wynika z efektu założyciela. W porównaniu z subpopulacją rozwijającą się w okolicach Stacji Arctowskiego, subpopulacja pod Lodowcem jest młodsza o około 20 lat i dużo mniej liczna (Olech i Chwedorzewska 2011, Chwedorzewska i in. 2015). W międzyczasie rośliny nie podlegały eradykacji, nie nastąpiło też żadne inne poważniejsze zakłócenie środowiska.

W przypadku populacji z Powsina wykazano największy poziom polimorfizmu i heterozygotyczności oraz obecność 15 unikalnych alleli, które nie występowały u roślin z Antarktyki. Natomiast brak alleli różnicujących dwie subpopulacje antarktyczne wskazuje, że stanowisko na przedpolu Lodowca powstało raczej na skutek wtórnej dyspersji roślin występujących w pobliżu zabudowań Stacji. Prawdopodobnie doszło do rozszerzenia się wtórnego zasięgu już istniejącej populacji na odległość ponad 1.5 km. Kolejny incydent nieświadomej introdukcji propagul z odległej genetycznie populacji spoza Antarktyki wydaje się mniej prawdopodobny, jednak obecność jednego allela występującego wyłącznie u roślin z Antarktyki może być dowodem na zróżnicowane pochodzenie inwazyjnej populacji. Nie można zatem wykluczyć, że populacja rozwijająca się w obrębie Oazy Point Thomas powstała na skutek kilkukrotnego zawleczenia. Przypuszczenia te są zgodne z wynikami innej pracy wchodzącej w skład mojego osiągnięcia habilitacyjnego (Chwedorzewska i in. 2015). Wykazano w niej, że w Antarktyce Morskiej *P. annua* pojawiała się kilkukrotnie, na Półwyspie Antarktycznym i okolicznych wyspach. Skoro wiechlinę roczną zawleczono na Deception Island co najmniej dwukrotnie (przed 1953 i 2010, Chwedorzewska i in. 2015), to na Wyspie Króla Jerzego mogło dojść do analogicznej sytuacji.

Prowadzone przeze mnie prace mają nie tylko charakter badań poznawczych. Mają także znaczenie praktyczne, wynikające z konkretnych działań na rzecz ochrony przyrody w Antarktyce. Publikacja pt. **First step to eradication of *Poa annua* L. from Point Thomas Oasis (King George Island, South Shetlands, Antarctica)** stanowi sprawozdanie z rozpoczęcia największej w historii Antarktyki eradykacji obcego gatunku

(Galera i in. 2017 [pozycja 3. w punkcie 4.b]). Podjęcie tej szeroko zakrojonej akcji nastąpiło z mojej inicjatywy. Na podstawie przeprowadzonych na początku 2015 roku obserwacji terenowych stwierdziłam, że stan populacji *P. annua* w Oazie Point Thomas wymaga natychmiastowej interwencji. Zaobserwowałam bowiem znaczne zwiększenie się liczby i liczebności stanowisk tego gatunku w porównaniu z dostępnymi w literaturze danymi z sezonu 1991/1992 (Olech 1996). Niektóre kępy występowały na siedliskach półnaturalnych i naturalnych - rozmieszczone były na granicy bardzo cennego przyrodniczo obszaru mszarnika (Ogrody Jasnorzewskiego), a jedno stanowisko stwierdziłam u podstawy skalnej półki Upłaz. W sezonie 2014/2015 w Oazie Point Thomas zanotowałam łącznie 1488 kęp wiechliny rocznej - była to zatem zdecydowanie najliczniejsza populacja obcego gatunku w całej historii Antarktyki.

Rozwijająca się w Oazie Point Thomas populacja uznawana była za zadomowioną - Olech (1998) nadała jej status epekofita. Później informowano o wkraczaniu *P. annua* w zbiorowiska tundry antarktycznej i na morenę pod lodowcem (Olech, Chwedorzewska 2008, 2011). Natomiast w publikacji (Galera i in. 2017) przedstawiłam konkretne dowody na to, że przypadek ten należy uznać za przykład inwazji biologicznej. Badana populacja spełniała wszystkie ogólnie przyjęte warunki do uznania jej za inwazyjną. Wyniki moich obserwacji terenowych przestawiłam w postaci mapy. Powstał w ten sposób pierwszy w Antarktyce kartogram sporządzony przy profesjonalnym wsparciu geodezyjnym. Praca dostarczyła również pierwszych dobrze udokumentowanych (opracowanych statystycznie) informacji o tym, że kępy wiechliny rocznej często składają się z kilku osobników (średnia liczba osobników w jednej kępie to 2.03).

Moje przypuszczenia co do przechodzenia badanej populacji w fazę inwazji potwierdziło ponownie odnalezienie stanowiska na morenie Lodowca Ekologii (stanowisko odkryte w sezonie 2008/2009; Olech, Chwedorzewska 2011) i stwierdzenie w pobliżu 4 nowych stanowisk. Zjawisko to jest tym bardziej groźne, że stanowiska pod Lodowcem Ekologii leżą w obrębie Szczególnie Chronionego Obszaru Antarktyki nr 128 (Antarctic Specially Protected Area No. 128, Western Shore of Admiralty Bay – por. Management Plan for Antarctic Specially Managed Area No. 1, Admiralty Bay, King George Island 2014). Wszystkie rosnące w tych miejscach kępy usunęłam antarktycznym latem 2014/2015. W ramach kolejnego zaplanowanego przeze mnie etapu akcji zwalczania inwazji *P. annua*, w sezonie 2015/2016 zlikwidowano rośliny rozprzestrzeniające się na zachód od Stacji oraz sprawdzono miejsca, w których w poprzednim roku dokonano eradykacji i ponownie usunięto z nich

wszystkie pojawiające się osobniki wiechliny rocznej. Rośliny były niszczone na możliwie wczesnym etapie rozwoju, przed ich owocowaniem. Ze względu na specjalny status ochrony środowiska na terenach znajdujących się pod jurysdykcją Układu Antarktycznego, rośliny były usuwane mechanicznie, bez stosowania środków chemicznych. Wszystkie zabiegi wykonywano ręcznie, a zebrany materiał roślinny przewieziono do Polski do dalszych badań.

W świetle obowiązujących w Antarktyce przepisów prawnych (por. Układ Antarktyczny - wybór dokumentów z wprowadzeniem 2017), koordynowane przeze mnie prace stanowiły realizację zobowiązań wynikających z członkostwa Polski w Układzie Antarktycznym. Zgodnie z obowiązującym w Antarktyce prawem, na corocznych Spotkaniach Konsultatywnych Układu Antarktycznego składane były raporty z kolejnych etapów usuwania obcego gatunku z terenu Oazy Point Thomas (dane dostępowe do tych dokumentów zamieszczono w Literaturze):

- Eradication of a non-native grass *Poa annua* L. from ASPA No 128 Western Shore of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands (2015);
- Next step in eradication of non-native grass *Poa annua* L. from ASPA No 128 Western Shore of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands (2016).

Opisywana publikacja (Galera i in. 2017) i wymienione wyżej raporty z dwu pierwszych etapów usuwania wiechliny rocznej z Oazy Point Thomas były wykorzystywane jako źródła informacji do przygotowywania kolejnych dokumentów przedstawianych na forum międzynarodowym:

- obowiązujące w całym Układzie Antarktycznym wytyczne dotyczące zapobiegania wkraczaniu obcych gatunków (CEP Non-Native Species Manual 2016),
- raport z prowadzonych w sezonie 2016/2017 działań polskiego operatora Stacji pt. Eradication of a non-native grass *Poa annua* L. from ASPA No 128 Western Shore of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands – update 2016/2017 (2017).

Zainicjowana przeze mnie akcja miała także duże znaczenie dla prestiżu Polski jako członka Układu Antarktycznego. Przed rozpoczęciem eradykacji *P. annua* z terenu Oazy Point Thomas, zagraniczni autorzy (m.in. Smith 2011; Hughes, Convey 2014; Hughes i in. 2015) kilkukrotnie publikowali krytyczne uwagi w sprawie zaniedbań ze strony polskiego operatora Stacji. Związana z Antarktyką społeczność naukowa szybko odnotowała rozpoczęcie usuwania obcego gatunku przez polskich naukowców (Hughes, Pertierra 2016; Pertierra i in. 2017). Zaproponowane w jednej z prac (Hughes, Pertierra 2016) zastosowanie herbicydów do zwalczania inwazji *P. annua* byłoby zdecydowanie niewłaściwym

rozwiązaniem. Największym problemem przy usuwaniu wiechliny rocznej jest obecność banku nasion (Wódkiewicz i in. 2013, 2014 – Załącznik 4, punkt II. A), a wrażliwość nasion na tego typu środki chemiczne jest bardzo ograniczona. Dodatkowym problemem jest to, że w bezpośrednim sąsiedztwie kęp tego inwazyjnego gatunku często występuje trawa rodzima dla Antarktyki – *Deschampsia antarctica.* W tej sytuacji nawet miejscowe zastosowanie działających wybiórczo herbicydów może spowodować poważne uszkodzenia pokrywy roślinnej w okolicach Stacji.

Dotychczasowe akcje usuwania obcych roślin z terenu Antarktyki były prowadzone na niewielką skalę (Hughes, Pertierra 2016; Pertierra et al. 2017). *Poa annua* to jedyny w Antarktyce obcy gatunek rośliny, który ponownie pojawia się na stanowiskach, na których dokonano eradykacji we wcześniejszych sezonach. Zjawisko to jest efektem obecności glebowego banku nasion, co wynika z innych badań mojego współautorstwa (Wódkiewicz i in. 2013, 2014). Trwałość banku nasion *P. annua* w warunkach Antarktyki nie jest znana. Eradykacja *P. annua* z Oazy Point Thomas będzie prawdopodobnie nie tylko największą, ale i najdłużej trwającą akcją tego typu w Antarktyce.

## Wnioski

Analiza czynników wpływających na możliwość zajścia inwazji w Antarktyce pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- Czynnikami zmniejszającymi zagrożenie inwazjami w Antarktyce są: izolacja przestrzenna tego obszaru, panujący tam surowy klimat oraz małe natężenie transportu.
- Zagrożenie inwazjami w Antarktyce zwiększają: stała presja obcych propagul, koncentracja antropopresji w czasie i przestrzeni, uwolnienie obcego gatunku od naturalnych wrogów i słaba konkurencja ze strony roślin rodzimych dla Antarktyki.
- Specyfika funkcjonowania ekosystemów lądowych Antarktyki powoduje, że charakteryzują się one unikalnymi mechanizmami mogącymi wpływać na prawdopodobieństwo inwazji.
- „Unified conceptual framework" ma duży potencjał jako uniwersalne narzędzie do oceny zagrożenia inwazjami.

Problem inwazyjności wiechliny rocznej rozpatrywałam na poziomie nie tylko gatunku, lecz także populacji. Takie podejście umożliwiło mi sformułowanie kilku kolejnych wniosków:

- *Poa annua* jest gatunkiem predysponowanym do przetrwania inwazyjnej populacji w nowych warunkach siedliskowych panujących w obrębie dowolnego zasięgu wtórnego. Gatunek wykazuje także specyficzne własności, umożliwiające przeżycie w skrajnych warunkach oazy antarktycznej.
- Przetrwanie wiechliny rocznej w Antarktyce jest możliwe głównie dzięki plastycznej modyfikacji cech morfologicznych w odpowiedzi na skrajne warunki siedliskowe.
- Pula genetyczna populacji *P. annua* w Antarktyce w dużym stopniu pokrywa się z pulą populacji z Powsina. Jednak ze względu na obecność jednego allela unikalnego dla populacji antarktycznej, nie udało się potwierdzić hipotezy o wspólnym pochodzeniu wszystkich osobników występujących w Oazie Point Thomas.
- Antarktyczna populacja *P. annua* różni się od roślin występujących w obrębie naturalnego zasięgu gatunku pod względem zarówno cech morfologicznych, jak i zakresu zmienności genetycznej.
- Subpopulacja na przedpolu Lodowca Ekologii charakteryzuje się małą zmiennością genetyczną i prawdopodobnie pozostaje pod wpływem efektu założyciela.
- Przypadek rozprzestrzeniania *P. annua* w Oazie Point Thomas spełnia ogólnie przyjęte kryteria uznania gatunku za inwazyjny. Inwazja ta jest na wczesnym etapie rozwoju.

## Plany badawcze

W ramach kontynuacji badań nad inwazją wiechliny rocznej trwa dalsze opracowywanie materiałów i danych zgromadzonych przeze mnie w Antarktyce. Zasoby te są sukcesywnie uzupełniane przez uczestników kolejnych wypraw, którzy pracują według moich szczegółowych instrukcji. Przygotowywane są następne publikacje, dotyczące:

- analizy czasowych i przestrzennych aspektów dynamiki rozmieszczenia *P. annua* na terenie Oazy Point Thomas oraz pierwszej oceny skuteczności eradykacji gatunku (Galera H., Rudak A., Czyż E., Chwedorzewska K.J., Znój A., Wódkiewicz M. The role of the seed bank in the invasion history of *Poa annua* in the Antarctic. Biological Invasions, w recenzji),
- badań *P. annua* pod względem alokacji biomasy (Rudak A., Wódkiewicz M., Znój A., Chwedorzewska K.J., Galera H. Plastic biomass allocation as a trait increasing the invasiveness of *Poa annua* in Antarctica. Polar Biology, w recenzji),

- badań eksperymentalnych nad kiełkowaniem nasion (Rudak A., Galera H., Znój A., Chwedorzewska K., Wódkiewicz M. Seed germination and invasion success of *Poa annua* L. in Antarctica. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, w recenzji).

Moje dalsze plany badawcze obejmują problematykę:

- skuteczności zastosowanych metod eradykacji *P. annua*,
- odrębności antarktycznej populacji w stosunku do roślin z naturalnego zasięgu,
- zmienności struktury kęp *P. annua* i pokrewieństwa osobników budujących kępy,
- zmienności budowy morfologicznej i biomasy *Deschampsia antarctica* w zależności od warunków edaficznych,
- zależności konkurencyjnych pomiędzy *P. annua* a *D. antarctica*.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Moje zainteresowania naukowe są dość szerokie, co znajduje odzwierciedlenie w różnorodnej tematyce podejmowanych przeze mnie problemów badawczych. Opisane poniżej osiągnięcia pogrupowałam na podstawie zagadnień, których te osiągnięcia dotyczą. Przy każdej publikacji w nawiasie kwadratowym zamieściłam odsyłacz do odpowiedniego punktu w Załączniku 4. (Wykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauk) lub Załączniku 5 (punkt III. Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz informacja o współpracy międzynarodowej habilitanta).

Poza pięcioma artykułami wchodzącymi w skład mojego osiągnięcia habilitacyjnego, opublikowałam trzy inne prace dotyczące badań prowadzonych w Antarktyce. Dotyczą one taksonomii antarktycznego grzyba pasożytującego na mszakach oraz zasobności i struktury banku nasion *P. annua* w Oazie Point Thomas:

- *Psychronectria hyperantarctica*, gen. nov., comb. nov., epitypification and phylogenetic position of an Antarctic bryophilous ascomycete (Pawłowska i in. 2017 [dane bibliograficzne publikacji w Załączniku 4 - pozycja 1. w punkcie II. A]),
- Spatial structure of the soil seed bank of *Poa annua* L. - alien species in the Antarctica (Wódkiewicz i in. 2014 [pozycja 3. w punkcie II. A]),
- Diaspores of the Introduced Species *Poa annua* L. in Soil Samples from King George Island (South Shetlands, Antarctica) (Wódkiewicz i in. 2013 [pozycja 5. w punkcie II. A]).

Analizy dotyczące banku nasion tworzonego przez antarktyczną populację wiechliny rocznej wykazały, że ten inwazyjny gatunek tworzy ziarniaki zdolne do przetrwania w temperaturze

-20ºC. Zasobność banku nasion okazała się porównywalna z gatunkami rodzimymi dla Antarktyki, a jego struktura przestrzenna – ściśle związana z rozmieszczeniem kęp.

Wyniki badań dotyczących inwazji biologicznych w Antarktyce były również prezentowane na krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych. Dotychczas ukazało się 9 publikacji konferencyjnych, które zaliczyłam do osiągnięć z zakresu upowszechniania nauki (Załącznik 5, punkt III. I, osiągnięcie nr 5):

- Many have failed – may one prevail? Invasion history and specific traits enabling the persistence of *Poa annua* in the Antarctic (Wódkiewicz i in. 2018 [Innsbruck, pozycja 1.]);
- *Poa annua* invasion on King George Island - one of the consequences of climate change in the Antarctic? (Znój i in. 2017 [Chęciny, pozycja 2.]);
- First step to eradication of *Poa annua* L. from Arctowski Oasis (King George Island, South Shetlands, Antarctica) (Chwedorzewska i in. 2016 [Kuala Lumpur, pozycja 3.]);
- Secondary dispersal – how much of the invaders genetic variability can slip between our fingers – a case study of *Poa annua* on King George Island (Wódkiewicz i in. 2016 [Třeboň, poz. 4]);
- Specyfika funkcjonowania ekosystemów lądowych a możliwości zajścia inwazji biologicznych w Antarktyce. The functioning of Antarctic terrestrial ecosystems and their aptitude to biological invasions (Galera i in. 2016 [Lublin, pozycja 5]);
- Kim trzeba być, żeby podbić Antarktykę? Cechy funkcjonalne *Poa annua* na Wyspie Króla Jerzego. Whom you have to be to conquer Antarctica? Functional traits of *Poa annua* on King George Island (Wódkiewicz i in. 2016 [Lublin, pozycja 6]);
- Alokacja biomasy u *Poa annua* w warunkach antarktycznych. Biomass allocation in *Poa annua* under Antarctic conditions (Rudak i in. 2016 [Lublin, pozycja 7]);
- *Poa annua* - an invasive species on King George Island in Antarctica (Wódkiewicz i in. 2015 [Tübingen, pozycja 10]);
- Specyfika struktury przestrzennej banku nasion *Poa annua* L. w okolicach Stacji Arctowskiego na Szetlandach Południowych. Characteristics of spatial structure of the soil seed bank of *Poa annua* L. in the vicinity of Arctowski Polar Station in South Shetland Islands (Wódkiewicz i in. 2013 [Olsztyn, pozycja 12]).

Problematyką inwazji roślinnych zajmowałam się również w ramach rozprawy doktorskiej pt. Ogrody botaniczne – refugia rodzimej flory, czy centra rozprzestrzeniania roślin obcego pochodzenia?, w której udowodniłam, że w przeszłości instytucje te stanowiły źródła inwazji takich gatunków, jak: *Impatiens parviflora, Galinsoga parviflora, G. ciliata, Chamomilla suaveolens, Elodea canadensis* i *Oxalis stricta*. Oprócz danych historycznych, rozprawa zawiera wyniki moich obserwacji florystycznych, prowadzonych w 8 polskich ogrodach botanicznych (badania finansowane w ramach projektu promotorskiego KBN pt. Ogrody botaniczne jako źródła inwazji roślin obcego pochodzenia – próba oceny stopnia zagrożenia dla miejscowej flory, pozycja 5. w punkcie II. I). Wykazałam, że spontanicznie wykształcona flora ogrodów botanicznych charakteryzuje się dużym bogactwem i dużym udziałem gatunków

synantropijnych (zwłaszcza ergazjofigofitów), a najistotniejszym czynnikiem kształtującym florę jest zróżnicowany sposób użytkowania terenu. Uzyskane wyniki przedstawiłam w następujących artykułach naukowych:

- Central European botanic gardens as centres of dispersal of aliens plants (Galera, Sudnik-Wójcikowska 2010 [dane bibliograficzne publikacji - pozycja 8. w punkcie II. A]),
- Historyczne notowania chwastów związanych z działalnością ogrodów botanicznych Europy Centralnej (Galera, Sudnik-Wójcikowska 2004 [pozycja 17. w punkcie II. D]),
- The structure and differentiation of the synanthropic flora of the botanical gardens in Poland (Galera, Sudnik-Wójcikowska 2004 [pozycja 12. w punkcie II. A]),
- Rośliny występujące spontanicznie w polskich ogrodach botanicznych – przegląd listy florystycznej (Galera 2003 [pozycja 18. w punkcie II. D]),
- Ogrody botaniczne źródłami inwazji roślin obcego pochodzenia? (Galera 2002 [pozycja 19. w punkcie II. D]).

Prowadziłam również wieloletnie obserwacje florystyczne na terenie Warszawy. Interesowała mnie zwłaszcza flora specyficznych siedlisk znajdujących się pod silnym wpływem człowieka, takich jak cmentarze (badania prowadzone w ramach pracy magisterskiej pt. Analiza flory cmentarzy lewobrzeżnej Warszawy ze szczególnym uwzględnieniem strefy silnie zurbanizowanej), ogrody działkowe, szklarnie, torowiska tramwajowe oraz zewnętrzne poziome powierzchnie Pałacu Kultury i Nauki. Zajmowałam się także związkiem pomiędzy historią stolicy a współczesnym stanem szaty roślinnej miasta. Wyniki tych badań opublikowałam w 3 rozdziałach w monografiach naukowych i 8 artykułach w czasopismach:

- Inwazje roślin z ogrodów działkowych - jak temu zapobiec? (Galera 2015 [rozdział w monografii naukowej, dane bibliograficzne publikacji - pozycja 1. w punkcie II. D]),
- Warsaw (Sudnik-Wojcikowska, Galera 2011 [rozdział w międzynarodowej monografii naukowej, pozycja 4. w punkcie II. D]),
- Dolina Wisły i Skarpa Warszawska w życiu miasta (Galera, Sudnik-Wojcikowska 2010 [pozycja 5. w punkcie II. D]),
- Floristic differences in some anthropogenic habitats in Warsaw (Sudnik-Wójcikowska, Galera 2005 [dane bibliograficzne publikacji - pozycja 11. w punkcie II. A]),
- The flora of the highest building in Poland (The Palace of Culture and Science in Warsaw) (Galera, Sudnik-Wójcikowska 2000 [pozycja 13. w punkcie II. A]),
- Szczególnie interesujące grupy roślin we florze Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie (Galera, Sudnik-Wójcikowska 2000 [pozycja 22. w punkcie II. D]),
- Specyfika flory Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie (Galera, Sudnik-Wójcikowska 1999 [pozycja 25. w punkcie II. D]),
- Greenhouse weeds in the Botanical Garden of PAS in Warsaw-Powsin (Galera, Ratyńska 1999 [pozycja 14. w punkcie II. A]),
- Tropical moses in the greenhouses of the Botanical Garden of the Polish Academy of Sciences in Warszawa – Powsin (Rusińska i in. 1996 [pozycja 26. w punkcie II. D]),
- Flora cmentarzy lewobrzeżnej Warszawy - wybrane aspekty analizy siedliskowej (Lisowska i in. 1994 [pozycja 27. w punkcie II. D]),
- Flora cmentarzy lewobrzeżnej Warszawy na tle flory miasta (Galera i in. 1993 [pozycja 28. w punkcie II. D]).

Siedliskami silnie przekształconymi przez człowieka są również tereny kolejowe. Prace badawcze z tego zakresu dotyczyły przede wszystkim torowisk (finansowanie badań z grantu MNiSW pt. Wkraczanie roślin na opuszczone torowiska kolejowe – skutki oddziaływania wybranych czynników ograniczających, por. pozycja 3. w punkcie II. I). Na ich podstawie ustaliłam metodykę prowadzenia małopowierzchniowych badań florystycznych i schemat pobierania prób do badań glebowych oraz podjęłam próbę zastosowania ekologicznych liczb wskaźnikowych do bioindykacji w warunkach specyficznego siedliska antropogenicznego. Określiłam także tendencje zmian w strukturze flory następujących po wyłączeniu torowiska z ruchu pociągów oraz wskazałam szczególnie interesujące grupy gatunków związanych z terenami kolejowymi. Mój dorobek publikacyjny z tego zakresu obejmuje 8 artykułów:

- Soil and plants contamination with selected heavy metals in the area of a railway junction. (Staszewski i in. 2015 [pozycja 2. w punkcie II. A]);
- *Geranium robertianum* L., plant form adapted to the specific conditions along railway: "railway-wandering plant" (Wierzbicka i in. 2014 [pozycja 4. w punkcie II. A]);
- Structure of the flora of railway areas under various anthropogenic pressure (Galera i in. 2014 [pozycja 9. w punkcie II. D]);
- Specyfika grupy najpospolitszych gatunków we florze silnie skażonych odcinków torowisk kolejowych w północno-wschodniej Polsce (Mazury i Podlasie) (Sudnik-Wójcikowska i in. 2014 [pozycja 10. w punkcie II. D]);
- Directions of changes in the flora structure in the abandoned railway areas (Galera i in. 2012 [pozycja 11. w punkcie II. D]);
- Railway Tracks - Habitat Conditions, Contamination, Floristic Settlement - A Review (Wiłkomirski i in. 2012 [pozycja 13. w punkcie II. D]);
- Encroachment of forest species into operating and abandoned railway areas in north-eastern Poland (Galera i in. 2011 [pozycja 6. w punkcie II. A]);
- Railway transportation as a serious source of organic and inorganic pollution (Wiłkomirski i in. 2011 [pozycja 7. w punkcie II. A]).

W ramach projektu MNiSW pt. Uprawy *Convallaria majalis* L. jako potencjalne zagrożenie dla stanowisk naturalnych - próba oceny skali problemu na podstawie zmienności genetycznej (por. pozycja 4. w punkcie II. I) prowadziłam badania populacyjne konwalii majowej – gatunku do 2014 roku objętego częściową ochroną prawną. Celem badań było określenie poziomu zmienności morfologicznej i genetycznej oraz pokrewieństwa pomiędzy konwaliami pochodzącymi z 3 regionów Polski oraz roślinami uzyskanymi od komercyjnych producentów z Polski i Holandii. Na podstawie wyników badań genetycznych udowodniłam, że największym zagrożeniem dla naturalnych populacji tego gatunku jest pozyskiwanie roślin do ogrodów i szkółek produkcyjnych.

- The morphological variability of *Convallaria majalis* L. in natural and cultivated populations in three regions of Poland (Kosiński i in. 2009 [pozycja 9. w punkcie II. A]);

- Plantations of *Convallaria majalis* L. as a threat to the natural stands of the species: Genetic variability of the cultivated plants and the natural populations (Chwedorzewska i in. 2008 [pozycja 10. w punkcie II. A]).

Poza badaniami florystycznymi i populacyjnymi, zajmowałam się także szeroko rozumianą etnobotaniką i symboliką roślin. Moim celem było m.in. wykazanie związku pomiędzy znaczeniem symbolicznym roślin i przypisywanym im własności magicznych a rzeczywistymi cechami poszczególnych gatunków, wynikającymi z ich biologii i ekologii. Napisałam 2 rozdziały w monografiach naukowych i 6 artykułów o tej tematyce:

- Wiarygodność reklam kosmetyków i żywności w świetle wiedzy botanicznej (Galera, Krajewska 2017 [pozycja 7. w punkcie II. D]);
- Zielnik *Zioła lecznicze...* Michała Fedorowskiego jako dokumentacja badań etnograficznych (Graniszewska i in. 2016 [pozycja 8. w punkcie II. D]);
- *Rośliny użyteczne…* Michała Fedorowskiego – dzieło odnalezione po 130 latach (Graniszewska i in. 2013 [pozycja 12. w punkcie II. D]);
- Kwiaty i zioła w ostatnią drogę (Galera i in. 2013) [rozdział w monografii naukowej, pozycja 2. w punkcie II. D]);
- Sztuka w kurhanach - motywy roślinne w sztuce scytyjskiej (Galera, Rowińska 2012 [rozdział w monografii naukowej, pozycja 3. w punkcie II. D]);
- Morfologia a symbolika drzew. Pokrój ogólny (Galera 2007 [pozycja 14. w punkcie II. D]);
- Klasycystyczne motywy roślinne w dekoracjach Zamku Królewskiego w Warszawie (Galera 2007 [pozycja 15. w punkcie II. D]);
- Zamek Królewski okiem botanika (Galera 2006 [pozycja 16. w punkcie II. D]).

Publikacja pt. Kwiaty i zioła w ostatnią drogę wchodzi w skład interdyscyplinarnej monografii, stanowiącej raport z badań XVII-wiecznych krypt grobowych odkrytych w 2009 roku pod posadzką Bazyliki Jasnogórskiej w Częstochowie. Rozdział mojego współautorstwa (Galera i in. 2013) dotyczy identyfikacji odnalezionych tam makroszczątków roślinnych i wyjaśnienia przyczyn, dla których poszczególne gatunki roślin zostały tam umieszczone. Celem pracy pt. Sztuka w kurhanach - motywy roślinne w sztuce scytyjskiej (Galera, Rowińska 2012) było wyjaśnienie, w jakim stopniu motywy roślinne w sztuce Scytów stanowią odzwierciedlenie warunków przyrodniczych panujących na terenach, na których koczowały te ludy. Dwa artykuły (Graniszewska i in. 2013 i 2016) opisują historyczne zbiory Michała Fedorowskiego, przechowywane w Zielniku Wydziału Biologii Uniwersytetu Warszawskiego.

Moje zainteresowania zawodowe odejmują także metodykę nauczania i popularyzację wiedzy przyrodniczej. Do najważniejszych osiągnięć dotyczących działalności popularyzatorskiej [szczegółowy wykaz osiągnięć w Załączniku 5, w punkcie III. I] zaliczam:

- 52 prelekcje i warsztaty popularnonaukowe, przeprowadzone na zaproszenie instytucji naukowych i kulturalnych w 8 miastach Polski [osiągnięcie nr 2];

- 19 publikacji dotyczących metodyki nauczania i popularyzacji wiedzy oraz stanowiących pomoce dydaktyczne [osiągnięcie nr 6];
- 4 rozdziałów w książkach popularnonaukowych [osiągnięcie nr 7];
- 22 artykułów opublikowanych w wydawnictwach ciągłych [osiągnięcie nr 8];
- 49 popularnonaukowych publikacji internetowych [osiągnięcie nr 9];
- 9 wystaw o tematyce przyrodniczej [osiągnięcie nr 11].

## LITERATURA


Borges P.A., Lobo J.M., Azevedo E.B., Gaspar C.S., Melo C., Nunes L.V. (2006). Invasibility and species richness of island endemic arthropods: a general model of endemic *vs.* exotic species. Journal of Biogeography 33: 169–187.

CEP Non-Native Species Manual (2016). Committee for Environmental Protection, Secretariat of the Antarctic Treaty, Buenos Aires. http://www.ats.aq/documents/ATCM39/ww/atcm39_ww009_e.pdf

Chwedorzewska K.J. (2008). *Poa annua* L. in Antarctic: searching for the source of introduction. Polar Biol 31: 263–268

Chwedorzewska, K.J., Bednarek, P.T. (2012). Genetic and epigenetic variation in a cosmopolitan grass (*Poa annua* L.) from Antarctic and Polish populations. Polish Polar Research 33: 63–80.

Chown S.L., Lee J.E., Hughes K.A., Barnes J., Barrett P.J., Bergstrom D.M., Convey P., Cowan D.A., Crosbie K., Dyer G., Frenot Y., Grant S.M., Herr D., Kennicutt M.C., Lamers M., Murray A., Possingham H.P., Reid K., Riddle M.J., Ryan P.G., Sanson L., Shaw J.D., Sparrow M.D., Summerhayes C., Terauds A., Wall D.H. (2012). Challenges to the future conservation of the Antarctic. Science 337: 158–159.

Collins N.J. (1969). The effects of volcanic activity on the vegetation of Deception I. British Antarctic Survey Bulletin 21: 79–94.

Eradication of a non-native grass *Poa annua* L. from ASPA No 128 Western Shore of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands (2015). W: Final report of the thirty-eighth Antarctic Treaty Consultative Meeting, Sofia, 1–10 June 2015, vol. 2. Secretariat of the Antarctic Treaty, Buenos Aires, IP078. http://www.ats.aq/documents/ATCM38/ip/ATCM38_ip078_e.doc

Eradication of a non-native grass *Poa annua* L. from ASPA No 128 Western Shore of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands – update 2016/2017 (2017). W: Final Report of the Fortieth Antarctic Treaty Consultative Meeting, Beijing, 22 May – 1 June 2017, vol. 2. Secretariat of the Antarctic Treaty, Buenos Aires, IP047. http://www.ats.aq/documents/ATCM40/ip/ATCM40_ip047_e.doc

Foxcroft L.C., Pickett S.T.A., Cadenasso M.L. (2011). Expanding the conceptual frameworks of plant invasion ecology. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 13: 89–100.

Frenot Y., Gloaguen J.C. (1994). Reproductive performance of native and alien colonizing phanerogams on a glacier foreland, Iles Kerguelen. Polar Biology 14: 473–481.

Frenot Y., Aubry M., Misset M.T., Gloaguen J.C., Gourret J.P., Lebouvier M. (1999). Phenotypic plasticity and genetic diversity in *Poa annua* L. (Poaceae) at Crozet and Kerguelen Islands (subAntartic). Polar Biology 22: 302–310.

Hughes K.A., Convey P. (2014). Alien invasions in Antarctica – is anyone liable? Polar Research 33: 22103.

Hughes K.A., Pertierra L.R. (2016). Evaluation of non-native species policy development and implementation within the Antarctic Treaty area. Biological Conservation 200: 149–159.

Hughes K.A., Pertierra L.R., Molina-Montenegro M.A., Convey P. (2015). Biological invasions in terrestrial Antarctica: what is the current status and can we respond? Biodiversity and Conservation 24: 1031–1055.

Huiskes A.H.L., Gremmen N.J.M., Bergstrom D.M., Frenot Y., Hughes K.A., Imura S, Kiefer K., Marc Lebouvier M. Lee J.E., Tsujimoto M., Ware C., Van de Vijver B., Chown S.L. (2014).

Aliens in Antarctica: Assessing transfer of plant propagules by human visitors to reduce invasion risk. Biological Conservation 171: 278–284.

Kellman-Sopyła W., Giełwanowska I. (2015). Germination capacity of five polar Caryophyllaceae and Poaceae species under different temperature conditions. Polar Biology 38: 1753–1765.

Kellman-Sopyła W., Lahuta L.B., Giełwanowska I., Górecki R.J. (2015). Soluble carbohydrates in developing and mature diaspores of polar Caryophyllaceae and Poaceae. Acta Physiologica Plantarum 37: 118.

Kueffer C., Daehler C.C., Torres-Santana H.W., Lavergne C., Meyer J.-Y., Otto R., Silva L. (2010). A global comparison of plant invasions on oceanic islands. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 12: 145–161.

Management Plan for Antarctic Specially Managed Area No.1, Admiralty Bay, King George Island (2014). Measure 14 (2014) Annex. W: Final Report of the Thirty-sixth Antarctic Treaty Consultative Meeting, vol. 2, Measure 14 (2014) Annex. Secretariat of the Antarctic Treaty, Buenos Aires, s. 227–276. http://www.ats.aq/documents/recatt/att554_e.pdf

Next step in eradication of non-native grass *Poa annua* L. from ASPA No 128 Western Shore of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands (2016) W: Thirty-ninth Antarctic Treaty Consultative Meeting - Nineteenth Committee on Environmental Protection Meeting, Santiago, 23 May 2016 - 01 June 2016, ATCM XXXIX - CEP XIX - Meeting Documents, IP060. http://www.ats.aq/documents/ATCM39/ip/ATCM39_ip060_e.doc

Olech M. (1996). Human impact on terrestrial ecosystems in west Antarctica. Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology 9: 299–306.

Olech M. (1998). Synanthropization of the flora of Antarctica: an issue. Phytocoenosis 10, Supplementum Cartographiae Geobotanicae 9: 269–273.

Olech M., Chwedorzewska K.J. (2008). Population growth of alien species *Poa annua* L. at the vicinity of H. Arctowski Station (South Shetland Is). St. Petersburg: SCAR(SCAR/IASC First International Polar Year 2007–2009, Open Science Conference Polar Research – Arctic and Antarctic Perspectives in the International Polar Year. St. Petersburg, 8–11 June 2008: 30.

Olech M., Chwedorzewska K.J. (2011). The first appearance and establishment of alien vascular plant in natural habitats on the forefield of retreating glacier in Antarctica. Antarctic Science 23: 153–154.

Pertierra L.R., Hughes K.A., Tejedo P., Enríquez N., Luciañez M.J., Benayas J. (2017) Eradication of the non-native *Poa pratensis* colony at Cierva Point, Antarctica: A case study of international cooperation and practical management in an area under multi-party governance. Environmental Science and Policy 69: 50–56.

Smith R.I.L. (2011). Alien introductions – why are the Treaty Parties and COMNAP sitting on their hands? Antarctic Science 23: 105.

Thuiller W., Richardson D.M., Midgley G.F. (2007). Will climate change promote alien plant invasions? W: Nentwig W. (red.), Biological invasions. Ecological Studies 193. Springer, Heidelberg, s. 197–211.

Układ Antarktyczny - wybór dokumentów z wprowadzeniem (2017). Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP, Departament Prawno-Traktatowy, Warszawa. https://issuu.com/msz.gov.pl/docs/uk__ad_antarktyczny_-_wybo__r_dokum

Vardien W., Richardson D.M., Foxcroft L.C., Thompson G.D., Wilson J.R.U., Le Roux J.J. (2012). Invasion dynamics of *Lantana camara* L. (*sensu lato*) in South Africa. South African Journal of Botany 81: 81–94.

Halina Galera