Piotr Nowicki, Instytut Nauk o Środowisku, Uniwersytet Jagielloński

AUTOREFERAT

1. Nazwisko i Imię: Piotr Nowicki

2. Przebieg edukacji i zatrudnienia:

(i) 1990–1995: studia magisterskie na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego, zakończenie uzyskaniem stopnia magistra biologii w czerwcu 1995 r. (dyplom z wyróżnieniem), praca magisterska pt. "Konsumpcja i strawność wybranych części tusz jelenia przez wilki";

(ii) 1995–2001: studia doktoranckie na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego, zakończone uzyskaniem stopnia doktora nauk biologicznych w zakresie biologii w kwietniu 2001 r., praca doktorska pt. "Występowanie i zwyczaje pokarmowe rysia w Bieszczadach i Beskidzie Niskim";

(iii) 1998–2000: staż badawczy na Tokyo University of Agriculture and Technology (Japonia) – stypendium japońskiego Ministerstwa Edukacji Narodowej (Monbusho);

(iv) 2002–2008: postdoc w międzynarodowych projektach MacMan (5 Program Ramowy EU) and EuMon (6 Program Ramowy EU) prowadzonych w Instytucie Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego;

(v) 2003: staż badawczy w ramach projektu MacMan w Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ) w Halle (Niemcy);

(vi) od 2008: adiunkt w Instytucie Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego;

(vii) 2009: gościnna profesura na University of Turin (Włochy) – stypendium Fundacji Lagrange'a.

3. Podsumowanie dorobku naukowego (*szczegóły w załączonej liście publikacji oraz wykazie osiągnięć*):

(i) 19 publikacji w czasopismach naukowych z listy ISI Web of Science;

(ii) 14 innych recenzowanych publikacji w czasopismach naukowych;

(iii) 19 abstraktów z międzynarodowych konferencji naukowych;

(iv) sumaryczny Impact Factor 2010 dla publikacji z listy ISI Web of Science: 42.709;

(v) sumaryczny Impact Factor 2010 dla publikacji wchodzących w skład jednotematycznego cyklu proponowanego do wszczęcia postępowania habilitacyjnego: 17.809;

(vi) łączna liczba cytowań wg bazy Scopus (stan z 12 marca 2012): 251;

(vii) indeks Hirscha wg bazy Scopus (stan z 12 marca 2012): 10;

(viii) kierowanie 3 projektami badawczymi i udział w 4 innych projektach;

(ix) członkostwo w komitetach redakcyjnych [editorial boards] 3 międzynarodowych czasopism naukowych;

(x) recenzent dla 14 międzynarodowych czasopism naukowych;

(xi) 8 ekspertyzy i opracowań dla organów władzy publicznej i przedsiębiorstw.

4. Osiągnięcie naukowe proponowane jako podstawa do do wszczęcia postępowania habilitacyjnego, zgodnie z art. 16 Ustawy:

Jednotematyczny cykl publikacji pt. "Dynamika i wzorce przestrzenne w metapopulacjach motyli z rodzaju *Maculinea*", obejmujący 6 publikacji, zestawionych poniżej wraz z ich Impact Factor dla 2010 r., liczbą cytowań i moim udziałem.

1. **Nowicki P, Witek M, Skórka P, Settele J & Woyciechowski M (2005). Population ecology of endangered butterflies *Maculinea teleius* and *M. nausithous* and its conservation implications. *Population Ecology* 47: 193-202** (IF 2010 = 1.846)

   cytowań: 26

   udział: 55%, w tym sformułowanie idei badań, zaplanowanie i kierowanie badaniami terenowymi, analizy danych z odłowu, znakowania i ponownego odłowu przy użyciu modeli programu MARK, analizy statystyczne, interpretacja wyników, napisanie całości pracy

2. **Nowicki P, Pepkowska A, Kudlek J, Skórka P, Witek M, Settele J & Woyciechowski M (2007) From metapopulation theory to conservation recommendations: lessons from spatial occurrence and abundance patterns of *Maculinea* butterflies. *Biological Conservation* 140: 119-129** (IF 2010 = 3.498)

   cytowań: 20

udział: 55%, w tym sformułowanie idei badań, zaplanowanie i kierowanie badaniami terenowymi, analizy przestrzenne przy użyciu GIS, analizy statystyczne, interpretacja wyników, napisanie całości pracy

3. **Hovestadt T & Nowicki P (2008) Investigating movement within irregularly shaped patches: Analysis of MRR data using randomisation procedures. *Israel Journal of Ecology and Evolution* 54: 137-154** (IF 2010 = 0.974)

   cytowań: 5

   udział: 40%, w tym sformułowanie idei badań, zaplanowanie i prowadzenie badań terenowymi, interpretacja biologicznego znaczenia uzyskanych wyników, napisanie fragmentów dotyczących analizy danych i przykładowych wyników oraz części dyskusji pracy

4. **Nowicki P, Bonelli S, Barbero F & Balletto E (2009) Relative importance of density-dependent regulation and environmental stochasticity for butterfly population dynamics. *Oecologia* 161: 227–239** (IF 2010 = 3.517)

   cytowań: 12

   udział: 50%, w tym sformułowanie idei badań, analizy danych z odłowu, znakowania i ponownego odłowu przy użyciu modeli programu MARK, analizy statystyczne, interpretacja wyników, napisanie całości pracy

5. **Hovestadt T, Binzenhöfer B, Nowicki P & Settele J (2011) Do all inter-patch movements represent dispersal? A mixed kernel study of butterfly mobility in fragmented landscapes. *Journal of Animal Ecology* 80: 1070-1077** (IF 2010 = 4.457)

   cytowań: 1

   udział: 30%, w tym interpretacja wyników analiz statystycznych, sformułowanie najważniejszych wniosków, napisanie części wstępu i dyskusji pracy

6. **Nowicki P & Vrabec V (2011) Evidence for positive density-dependent emigration in butterfly metapopulations. *Oecologia* 167: 657-665** (IF 2010 = 3.517)

   cytowań: 0

   udział: 60%, w tym sformułowanie idei badań, analizy przestrzenne przy użyciu GIS, analizy dyspersji przy użyciu modelu Virtual Migration, analizy statystyczne, interpretacja wyników, napisanie całości pracy

Szczegółowy opis dokonań badawczych, które zaowocowały powyższymi publikacjami przedstawione w rozdziale 5.2.1.

5. Opis osiągnięć w działalności naukowej

5.1. Osiągnięcia naukowe przed uzyskaniem stopnia doktora

Zainteresowania badawcze:

1. Wymagania pokarmowe dużych drapieżników i ich wpływ na populacje ofiar
2. Preferencje siedliskowe dużych ssaków kopytnych i drapieżnych
3. Interakcje międzygatunkowe w układach drapieżnik-ofiara oraz w układach konkurentów

Swoje pierwsze badania naukowe prowadziłem zimą 1992–1993 r. w ramach pracy przejściowej wykonywanej pod opieką prof. Bogusława Bobka w Zakładzie Badań Łowieckich Instytutu Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego. Dotyczyły one oszacowania intensywności żerowania padlinożerców, w szczególności kruków (*Corvus corax*), na padlinach ofiar wilków (*Canis lupus*) w Bieszczadach. Obejmowały one obserwacje zarówno odszukanych w terenie padlin jeleni (*Cervus elaphus*) zabitych przez wilki, jak i fragmentów tusz krowich uzyskanych jako odpady produkcyjne z zakładów mięsnych. Te ostatnie były wykładane w miejscach dostępnych dla kruków, a niedostępnych dla wilków, co umożliwiło oszacowanie tempa konsumpcji padlin zarówno przez kruki, jak i przez wilki odwiedzające padliny swych ofiar. Wykazałem w ten sposób, że padlinożercy zjadają znaczący procent masy padlin, dochodzący do kilkunastu procent, a ich działalność może tym samym powodować zwiększenie częstotliwości polowań przez wilki na terenie Bieszczadów.

Wkrótce potem wyjechałem na półroczne stypendium programu TEMPUS (styczeń – czerwiec 1993) na University College of North Wales w Bangor (Wielka Brytania). Pobyt tam wykorzystałem głównie na uczestniczenie w licznych kursach z dziedziny ekologii oraz intensywną nauką języka angielskiego, która kontynuowana w kraju zaowocowała zdanym w 1997 r. egzaminem Cambridge Certificate of Proficiency in English z maksymalną oceną A. W Bangor prowadziłem jednak również badania terenowe wykorzystania siedliska przez dzikie owce Soay (*Ovis aries*), uznawane za jednego z przodków współczesnych ras owiec domowych, i wpływu tych zwierząt na zbiorowiska trawiaste. Uzyskane wyniki pokazały, że owce te, w przeciwieństwie do owiec domowych, nie mają tendencji do skupiania się wybranych fragmentach łąk, lecz raczej swobodnie przemieszczają się po rozległym terenie. W konsekwencji ich żerowanie nie powoduje nadmiernego zgryzania zbiorowisk roślinności łąkowej.

Po powrocie do kraju skupiłem się na badaniach do pracy magisterskiej, której tematem było zapotrzebowanie pokarmowe oraz strawność różnych typów pokarmu u wilków, a także budżet energetyczny tych drapieżników. Obiektem badań były wilki żyjące w półnaturalnym środowisku na obszernych wybiegach Stacji Terenowej Zakładu Badań Łowieckich w bieszczadzkim Orelcu. Badania obejmowały po kilkanaście eksperymentów żywieniowych przeprowadzonych na wybiegach oraz w klatkach metabolicznych, w których wilki karmione były różnymi fragmentami ciała jeleni, w tym mięsem, wnętrznościami, skórą oraz wybranymi rodzajami kości. Eksperymenty na wybiegach pozwoliły oszacować poziom konsumpcji w warunkach aktywności zbliżonej do naturalnej. W eksperymentach w klatkach metabolicznych dokładnie mierzono masę zjedzonego pokarmu oraz kału i moczu, których wartość energetyczną zmierzono następnie poprzez spalanie próbek w bombie kalorymetrycznej. Umożliwiło to wyliczenie podstawowych parametrów metabolizmu wilka, w tym wysokości tempa metabolizmu spoczynkowego oraz współczynników strawności dla testowanych rodzajów pokarmu. Dzięki prowadzonym badaniom udowodniłem, iż roczne zapotrzebowanie pokarmowe pojedynczego wilka wynosi mniej więcej 6 dorosłych jeleni, a zatem jest znacząco niższe niż szacowano to wcześniej na podstawie obserwacji terenowych, głównie amerykańskich i kanadyjskich, które nie uwzględniały jednak długotrwałych okresów pomiędzy udanymi polowaniami. Stwierdziłem jednocześnie, że wilki są dobrze zaadaptowane do okresów głodu oraz pokarmów o niskiej jakości. Uzyskane wyniki były prezentowane na światowej konferencji 1st International Symposium on Coexistence of Large Predators and Man, stały się też podstawą jednej publikacji (*pozycja B-14 listy publikacji*) oraz mojej pracy magisterskiej "Konsumpcja i strawność wybranych części tusz jelenia przez wilki", obronionej w czerwcu 1995 r.

Po ukończeniu z wyróżnieniem studiów magisterskich (średnia ocen 4,94) zdecydowałem się kontynuować naukę w ramach studiów doktoranckich na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego. W ich trakcie kontynuowałem badania pod opieką prof. Bogusława Bobka z Zakładu Badań Łowieckich poświęcone ekologii dużych ssaków, zarówno drapieżnych (ryś *Lynx lynx*, wilk, niedźwiedź *Ursus arctos*) jak i kopytnych (jeleń, sarna *Capreolus capreolus*, dzik *Sus scrofa*), aczkolwiek ich przedmiotem były tym razem szersze zagadnienia, takie jak dynamika liczebności populacji, interakcje drapieżnik-ofiara, konkurencja międzygatunkowa, oraz preferencje siedliskowe. Prowadzone przeze mnie prace obejmowały badania ankietowe, w których z obwodów łowieckich w całej Polsce zbierane były informacje o występowaniu i szacunkowej liczebności poszczególnych gatunków. W ich analizie

wykorzystałem nie tylko standardowe statystyczne analizy wieloczynnikowe, ale także analizy przestrzenne przy użyciu programów GIS (Geograficzne Systemy Informacji), takich jak Idrisi, Erdas Imagine czy ArcView, które opanowałem dzięki współpracy z pracownikami Zakładu Systemów Informacji Geograficznej, Kartografii i Teledetekcji w Instytucie Geografii UJ.

Zasadniczą częścią mojej pracy były jednak badania populacji rysia w południowo-wschodniej Polsce, tj. w Bieszczadach i Beskidzie Niskim. Preferencje siedliskowe i liczebność drapieżnika analizowałem w oparciu o zimowe tropienia na transektach, a dietę i selekcję ofiar określiłem na podstawie odchodów i ofiar rysi odnalezionych w latach 1995–1998. Stwierdziłem, że rysie istotnie preferują fragmenty lasu odległe od osad ludzkich o ponad 3 km, natomiast wyraźnie unikają terenów w pobliżu zabudowań. Wykazałem też istotne preferencje w stosunku do starych drzewostanów iglastych oraz terenów położonych pomiędzy 700 i 900 m n.p.m., mimo iż potencjalne ofiary rysi koncentrują się zimą znacznie niżej. Dzięki uzyskanym wynikom udowodniłem, że najważniejszymi czynnikami determinującymi występowanie rysi w Karpatach są zalesienie i antropopresja. W diecie rysi dominowały jeleniowate, których udział w konsumowanej biomasie przekraczał 90 %. Wśród jeleni rysie wyraźnie selekcjonowały osobniki najsłabsze, głównie młode i w słabej kondycji, co określono na podstawie analiz wieku ofiar na podstawie liczby słojów rocznych przyrostów cementu w zębach wypreparowanych z żuchw oraz ich kondycji na podstawie zawartości tłuszczu w szpiku kości udowej. Z kolei w przypadku saren struktura płciowa i wiekowa oraz kondycja osobników zabitych rysi odpowiadała proporcjom odnotowywanym w populacji, co świadczy o losowym wyborze ofiar. Stwierdziłem także wysoki stopień nakładania się nisz pokarmowych rysia i wilka (indeks Pianki > 0,8), stwarzający możliwość silnej konkurencji pokarmowej pomiędzy obu drapieżnikami.

Na trzecim roku studiów doktoranckich wystąpiłem o prestiżowe stypendium japońskiego Ministerstwa Edukacji Narodowej (Monbusho). Po pomyślnym przejściu kilku faz kwalifikacji w 1998 r. stałem się jednym z kilkunastu polskich laureatów konkursu stypendialnego, w tym jednym z dwóch z dziedziny biologii, co dało mi możliwość długoterminowego stażu badawczego na japońskiej uczelni. Mimo, iż wiązało się to z koniecznością przedłużenia studiów doktoranckich zdecydowałem się spędzić półtora roku (od października 1998 do marca 2000 r.) na Tokyo University of Agriculture and Technology. Pracowałem tam w grupie prof. Naoki Maruyama. Przedmiotem moich zainteresowań była konkurencja pomiędzy dwoma gatunkami kopytnych: jeleniem sika (*Cervus nippon*) i serau kędzierzawym (*Capricornis crispus*) w warunkach braku presji ze strony drapieżników. Badania

prowadziłem w górskim Parku Narodowym Nikko, korzystając między innymi z nowoczesnych technik badawczych, takich jak liczenia z helikoptera oraz obserwacje przy pomocy kamer termowizyjnych. Moje analizy przyniosły zaskakujące rezultaty, okazało się bowiem, że czynnikiem limitującym w konkurencji obu gatunków kopytnych nie są zasoby pokarmowe, lecz przestrzeń. Serau kędzierzawy jest gatunkiem ściśle terytorialnym, a stała obecność znacznie większych jeleni sika jest dla niego silnym czynnikiem stresogennym i poważnie utrudnia zakładanie terytoriów. W konsekwencji wysokie zagęszczenie populacji jeleni sika powoduje spadek populacji serau na obszarach, gdzie oba gatunki współwystępują. Problem ten nasila się w ostatnich dekadach w związku globalnym ociepleniem klimatu – mniejsza grubość zimowej pokrywy śnieżnej, która wcześniej ograniczała występowania jeleni sika do niższych partii gór, skutkuje ich ekspansją na tereny zajmowane dotąd wyłącznie przez serau.

Efektem badań prowadzonych przeze mnie przed doktoratem w Polsce i w Japonii było 7 recenzowanych publikacji (*pozycje B-7 do B-13 listy publikacji*). Pracę doktorską "Występowanie i zwyczaje pokarmowe rysia w Bieszczadach i Beskidzie Niskim" obroniłem w kwietniu 2001 r. Została ona wysoko oceniona przez recenzentów, a za jej główne osiągnięcia było uznano rzetelne oszacowanie zagęszczenia populacji rysia na poziomie dwukrotnie niższym niż wskazywały dotąd oficjalne raporty oraz udowodnienie możliwości silnej konkurencji pomiędzy rysiem i wilkiem.

5.2. Osiągnięcia naukowe po uzyskaniu stopnia doktora

Zainteresowania badawcze:

1. Funkcjonowanie metapopulacji z wykorzystaniem motyli z rodzaju *Maculinea* jako organizmów modelowych
2. Zastosowanie metod odłowu, znakowania i ponownego odłowu w badaniach ekologicznych
3. Zależności typu pasożyt–żywiciel pomiędzy motylami *Maculinea* i mrówkami *Myrmica*
4. Naukowe podstawy monitoringu bioróżnorodności

5.2.1. Osiągnięcia naukowe proponowane jako podstawa do wszczęcia postępowania habilitacyjnego

Po doktoracie znalazłem zatrudnienie w charakterze postdoca w projektach unijnych MacMan (Maculinea Butterflies of the Habitats Directive and European Red List as Indicators and Tools for Habitat Conservation and Management, w okresie styczeń 2002 – styczeń 2006) oraz EuMon (EU-wide monitoring methods and systems of surveillance for species and habitats of Community interest, w okresie luty 2006 – maj 2008). W mniejszym stopniu uczestniczyłem też w projekcie IBAES (Integrating Basic and Applied Environmental Sciences for Benefit of Local Communities, lata 2002–2005), którego byłem jednym z inicjatorów. W 2008 r. wygrałem otwarty konkurs na stanowisko adiunkta w Instytucie Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego, pokonując pięciu innych kandydatów, i od tego momentu pozostaję zatrudniony na etacie naukowo-dydaktycznym.

Udział w powyższych projektach wiązał się ze zmianą obiektu moich badań, którym stały się przede wszystkim motyle, nadal jednak domeną badań pozostała ekologia populacji. Interdyscyplinarny charakter projektów dał mi możliwość szerszego spojrzenia na problemy współczesnej ekologii oraz poznania nowych technik badawczych takich jak modelowanie matematyczne czy internetowe bazy danych. Jednocześnie mogłem wykorzystać nabyte wcześniej umiejętności dotyczące analiz przestrzennych przy pomocy Geograficznych Systemów Informacji, szacowania liczebności populacji oraz analiz preferencji siedliskowych.

W projekcie MacMan moje naukowe zainteresowania skupiły się wokół teorii metapopulacji i związanych z nią badań dynamiki i struktury przestrzennej metapopulacji motyli modraszków z rodzaju *Maculinea*. Będąc członkiem komitetu zarządzającego projektu, jednocześnie koordynowałem badania populacyjne motyli z rodzaju *Maculinea* prowadzone w całej Europie przy użyciu odłowu, znakowania i ponownego odłowu, w licznych przypadkach samodzielnie przeprowadzając także szczegółowe analizy nadsyłanych danych. Udało mi się dzięki temu nawiązać szerokie kontakty z badaczami z wielu krajów, które z sukcesem utrzymuję do dziś. Moje badania okazały na tyle owocne, że zdecydowałem się je kontynuować jako część kolejnych międzynarodowych projektów: EuMon, a następnie SCALES (Securing the Conservation of biodiversity across Administrative Levels and spatial, temporal, and Ecological Scales, lata 2009–2014). Stały się one istotną częścią tych projektów, ponieważ teoria metapopulacji to jedna z kluczowych koncepcji we współczesnej

ochronie przyrody, a dodatkowo motyle z rodzaju *Maculinea* stanowią świetne organizmy modelowe.

Chcąc jednak w pełni rozwinąć własne badania metapopulacyjne, udanie aplikowałem o samodzielne projekty badawcze, poświęcone konkretnym aspektom funkcjonowania metapopulacji: (i) wzajemnej roli zmienności środowiska i regulacji zależnej od zagęszczenia na dynamikę populacji (projekt Fundacji Lagrange'a "Population dynamics of *Maculinea* butterflies and *Myrmica* ants as a model for complex interactions between intrinsic regulation and environmental stochasticity in a parasite-host system" prowadzony w czasie gościnnej profesury na University of Turin, Włochy, rok 2009); (ii) wpływowi warunków środowiska na wykorzystanie lokalnych płatów siedlisk (projekt CLIMIT "Climate Change Impacts on Insects and Their Mitigation" w ramach sieci BIODIVERSA, lata 2009–2012) oraz (iii) przyczynom zmienności poziomu dyspersji (projekt MNiSW N N304 064139 "Czynniki regulujące dyspersję w metapopulacjach motyli", lata 2010–2013). W tym ostatnim projekcie za duży sukces poczytuję sobie fakt, że mimo wyłącznie krajowego finansowania udało mi się wykorzystać kontakty z zagranicznymi badaczami do stworzenia rozległej sieci współpracowników obejmującej już kilka krajów (Czechy, Włochy, Niemcy, Słowenia i Rumunia) i nadal rosnącej. Dzięki temu mogę liczyć na dane z dużej liczby metapopulacji, co jest szczególnie pomocne w analizach dyspersji, które z zasady wymagają bardzo szerokiej skali.

W efekcie prowadzonych badań opisałem szereg zależności o szerokim znaczeniu dla rozwoju teorii metapopulacji, które wymieniam poniżej.

(1) Zjawisko fragmentacji populacji w czasie, typowe dla owadów i wynikające z faktu, że długość życia pojedynczego osobnika dorosłego (imago) jest wielokrotnie krótsza niż długość sezonu występowania imagines, czyni populacje mniej wrażliwymi na krótkotrwałe zaburzenia środowiska, ale jednocześnie poważnie zmniejsza efektywną wielkość populacji.

(2) Dostępność zasobów pokarmowych jest czynnikiem limitującym zagęszczenie populacji zasiedlających lokalne płaty siedlisk, stąd ich trendy liczebności regulowane są głównie przez mechanizmy zależne od zagęszczenia, w szczególności wewnątrzgatunkową konkurencję. Natomiast zmienność środowiska, reprezentowana przez pogodę oraz zmiany w użytkowaniu terenu, ma niewielki wpływ na dynamikę populacji.

(3) Z uwagi na korzystne efekty krawędzi dla dostępności zasobów, mniejsze i bardziej pofragmentowane płaty siedlisk charakteryzują wyższe zagęszczenia populacji.

(4) Zgodnie z teoretycznymi przewidywaniami modeli metapopulacji mniejsze powierzchniowo i bardziej izolowane płaty siedlisk mają istotnie niższe prawdopodobieństwo zasiedlenia przez lokalne populacje, co wiąże się z wyższym ryzykiem wymarcia populacji oraz mniejszą szansą kolonizacji.

(5) Wymiana osobników pomiędzy płatami siedliska jest nieznaczna i nie wpływa na dynamikę lokalnych populacji, które funkcjonują jako niezależne jednostki demograficzne. Jednocześnie w obrębie płatów siedlisk osobniki nie przemieszczają się swobodnie po całym płacie, lecz ich areały osobnicze ograniczają się do fragmentów płatów. Tym samym struktura genetyczna w ramach metapopulacji nie musi pokrywać się z przestrzenną strukturą płatów siedlisk.

(6) Zdecydowana większość osobników odbywa regularne przemieszczenia na niewielkie odległości pomiędzy najbliższymi sąsiednimi płatami siedlisk, a jedynie znikomy procent osobników podejmuje prawdziwą dyspersję, umożliwiającą osiągnięcie odległych płatów. Z uwagi na te dwie odrębne strategie niemożliwe jest modelowanie procesu przemieszczania się osobników pomiędzy płatami przy pomocy pojedynczej funkcji, a najlepszym rozwiązaniem jest kombinacja dwóch ujemnych funkcji wykładniczych o różnych parametrach.

(7) Proporcja emigrantów jest istotnie zależna od zagęszczenia populacji i przy przekroczeniu pojemności siedliska wzrasta skokowo (2–3 krotnie), zwłaszcza w przypadku samic, dla których emigracja z przegęszczonych płatów siedlisk daje możliwość zwiększenia dostosowania dzięki uniknięciu nadmiernej wewnątrzgatunkowej konkurencji przez potomstwo. Pozytywna zależność emigracji od zagęszczenia skutkuje stosunkowo rzadkimi, ale gwałtownymi 'eksplozjami emigracji', których mają poważne konsekwencje dla wielu zjawisk przyrodniczych, powodując między innymi przyspieszenie zmian zasięgów występowania, ułatwienie przepływu genów czy zwiększenie trwałości metapopulacji.

Powyższe rezultaty ukazały się w 7 oryginalnych publikacjach (*pozycje A-1, A-2, A-5, A-13, A-14, A-18, A-19 listy publikacji*), w tym w wysoko-impaktowych czasopismach *Journal of Animal Ecology*, *Oecologia* (dwukrotnie) i *Biological Conservation*. Z jednym wyjątkiem publikacje te jednotematycznego cyklu pt. "Dynamika i wzorce przestrzenne w metapopulacjach motyli z rodzaju *Maculinea*", proponowanego jako podstawa do wszczęcia postępowania habilitacyjnego.

Moje badanie metapopulacyjne spotkały się z szerokim odzewem wśród innych uczonych. Wyłączając dwie publikacje, które ukazały się w ostatnich miesiącach, pozostałe pięć uzyskało dotąd łącznie 76 cytowań, a kolejnych kilkanaście przyniosą wkrótce artykuły

już dostępne w formie internetowej (*online first*). Dowodem uznania było też zaproszenie mnie na gościnny wykład na University of Würzburg w Niemczech ("Abundance patterns of *Maculinea* butterflies at landscape scale – implications for metapopulation conservation", listopad 2005 r.) oraz kilka referatów na zaproszenie na prestiżowych konferencjach. Wśród nich trzeba wymienić kluczowe wystąpienie plenarne "Landscape scale research in butterfly population ecology – *Maculinea* case study" na konferencji Ecology and Conservation of Butterflies in Europe w Lipsku (Niemcy, grudzień 2005 r.) oraz referat "Are large butterfly populations more stable than small ones?" na międzynarodowym sympozjum Future of Butterflies in Europe w Wageningen (Holandia, kwiecień 2008 r.). W ostatnich tygodniach przyjąłem także zaproszenie do wygłoszenia referatu "Selection against dispersal in isolated metapopulations of large blue butterflies" na Combined Annual Meeting of the Lepidopterists' Society and the Societas Europaea Lepidopterologica w Denver (Stany Zjednoczone, lipiec 2012 r.). Z kolei na światowej 5th International Conference on the Biology of Butterflies w Rzymie (Włochy, lipiec 2007 r.) byłem członkiem komitetu naukowego i przewodniczącym sesji, rezygnując jednocześnie z referatu z uwagi na oczywisty konflikt interesów.

Ważnym elementem spajającym prowadzone badania metapopulacyjne była moja ambicja, aby ich rezultaty mogły zostać zastosowane w praktyce w działaniach na rzecz ochrony bioróżnorodności. Urzeczywistniło się to w ostatnich latach. Byłem autorem projektu dwóch obszarów sieci Natura 2000: "Łąki Nowohuckie" (PLH120069) w Krakowie dla ochrony czterech cennych gatunków motyli wymienionych aneksach Dyrektywy Siedliskowej Unii Europejskiej, tj. modraszka nausitusa (*Maculinea nausithous*), modraszka telejusa (*Maculinea teleius*), czerwończyka nieparka (*Lycaena dispar*) i czerwończyka fioletka (*Lycaena helle*), oraz "Torfowisko Wielkie Błoto" (PLH120080) w Puszczy Niepołomickiej, dla ochrony trzech pierwszych wymienionych wyżej gatunków. Oba obszary zostały zaakceptowane przez Ministerstwo Środowiska w 2009 r., a dwa lata później oficjalnie uznane przez Komisje Europejską. Byłem również członkiem zespołu, który pod kierunkiem prof. Michała Woyciechowskiego opracował plany dwóch kolejnych obszarów Natura 2000 na terenie Krakowa: "Skawińskiego Obszaru Łąkowego" (PLH120079) oraz "Dębnicko-Tynieckiego Obszaru Łąkowego" (PLH120065). Wyniki moich analiz odegrały szczególną rolę w przekonaniu decydentów do powołania tego ostatniego obszaru, który wzbudzał i nadal wzbudza ogromne kontrowersje z uwagi na fakt, że narusza wiele interesów ekonomicznych. Dowiodły bowiem, że chodzi o teren zajmowany przez największe w

świecie zinwentaryzowane metapopulacje modraszków nausitusa i telejusa, które dodatkowo dzięki moim publikacjom są szeroko znane. Z kolei w Republice Czeskiej jestem zaangażowany od 2005 r. w projekt stworzenia nowych siedlisk dla tych samych gatunków modraszków w ramach kompensacji przyrodniczej za zniszczenie zajmowanych przez nie terenów łąkowych w rejonie miasta Přelouč przez planowaną budowę kanału żeglugi śródlądowej wzdłuż Łaby. W projekcie tym wspomagam zespół naukowców z Czech University of Life Sciences w Pradze analizami pojemności siedlisk oraz dyspersji motyli.

5.2.2. Pozostałe osiągnięcia naukowe w okresie po uzyskaniu stopnia doktora

Drugie w hierarchii moich zainteresowań badawczych dotyczy zastosowań metod odłowu, znakowania i ponownego odłowu w badaniach ekologicznych. Początkowo ściśle wiązało się ono z opisanymi wcześniej analizami dynamiki populacji i dyspersji motyli z rodzaju *Maculinea*. Stopniowo jednak rozszerzyłem je także na zagadnienia czysto metodyczne tudzież inne organizmy. Moje najważniejsze osiągnięcia w tym zakresie przedstawiam poniżej.

(1) Wyjaśniłem, całkowicie zaniedbywane dotychczas, znaczenie zjawiska fragmentacji populacji w czasie dla ocen liczebności motyli, stanowiących jedne z najpopularniejszych organizmów wskaźnikowych. Fakt, że długość życia imagines jest znacznie krótsza od długości sezonu ich występowania, powoduje, iż jedynie pewna frakcja osobników należących do danej populacji jest obecna w dowolnym momencie sezonu. Wielkość tej frakcji zależy przede wszystkim od długości życia imagines, która z kolei jest bardzo zmienna pomiędzy latami w zależności warunków pogodowych w sezonie ich latania. W efekcie wyniki wszelkich liczeń opartych na obserwacjach motyli (np. na transektach, co jest powszechnie stosowaną metodą) na ogół dobrze oddają liczby osobników występujących w danym dniu, natomiast nawet jeśli są wielokrotnie powtarzane w sezonie to niekoniecznie korelują z całkowitymi (sezonowymi) wielkościami populacji, które powinny stanowić przedmiot monitoringu. Rozwiązaniem jest korygowanie wyników liczeń o długość życia imagines, przy pomocy opracowanej przeze mnie metody opartej na uproszczonym schemacie odłowów, znakowania i ponownych odłowów. Metodę tę szczegółowo opisałem w pracy opublikowanej w *Population Ecology* (*pozycja A-17 listy publikacji*). Dysponuje informacjami, iż jest ona obecnie stosowana w monitoringu motyli w rezerwacie Pine Bush w Stanach Zjednoczonych.

(2) Wspólnie z Thomasem Hovestadtem stworzyłem nowatorską metodę analizy przelotów motyli w obrębie płatów siedlisk, wykorzystującą dane z odłowów, w których pozycja

każdego złapania jest znana (np. dzięki stosowaniu odbiorników GPS). Umożliwia ona odróżnienie efektu ograniczenia pokonywanych dystansów na skutek istnienia areałów osobniczych, od ich ograniczeń wynikających z preferencji w stosunku do wybranych fragmentów płatów siedlisk oraz z faktu, że granica płatu jest barierą hamującą przemieszczanie się osobników. W dużym uproszczeniu, metoda ta opiera się na analizie różnic pomiędzy empirycznymi rozkładami obserwowanych długości przelotów, a rozkładami długości przelotów wygenerowanych przez losowanie z dostępnej puli punktu ponownego odłowu (tj. końca przelotu) dla każdego rzeczywistego punktu odłowu (tj. początku przelotu). Szczegółowe informacje o metodzie można znaleźć w pracy opublikowanej w *Israel Journal of Ecology and Evolution* (*pozycja A-13 listy publikacji*).

(3) Zastosowałem model Virtual Migration do analizy zależności dyspersji od zagęszczenia populacji (publikacja w *Oecologia – pozycja A-1 listy publikacji*). Model ten, stworzony przez Hanskiego, umożliwia szacowanie takich parametrów jak tempo emigracji, średni dystans pokonywany przez migrantów, śmiertelność migrantów oraz zależność prawdopodobieństw emigracji i imigracji od wielkości płatu. Był on wcześniej kilkakrotnie stosowany do analiz dyspersji w konkretnych metapopulacjach lub do porównań międzygatunkowych, ja natomiast byłem pierwszym, który użył go do określenia zmian parametrów dyspersji w czasie. Umożliwiło to określenia ich zależności od zmian zagęszczenia populacji, co stało się treścią pracy opublikowanej w *Oecologia* (*pozycja A-1 listy publikacji*).

(4) Opracowałem zasady monitoringu raków przy pomocy metod odłowu, znakowania i ponownego odłowu (publikacja w *Biodiversity & Conservation – pozycja A-8 listy publikacji*). Opierają się one na modelu Robust Design i obejmują dwa zasadnicze okresy odłowów wiosną oraz w sezonie letnio-jesiennym z trzema kilkudniowymi sesjami odłowów w każdym okresie. Powyższy schemat stosowany jest obecnie do monitoringu populacji raka *Austropotamobius pallipes* we włoskim Piemoncie.

(5) Używając danych zebranych przez z dr Grzegorza Neubauera z Polskiej Akademii Nauk zanalizowałem przeżywalność mew srebrzystych (*Larus argentatus*) i białogłowych (*Larus cachinnans*), a także ich mieszańców. Ich rezultaty wykazały, że zgodnie z regułą Haldane'a, obniżona przeżywalność dotyka płeć heterogametyczną mieszańców, czyli w przypadku ptaków samice. Publikacja podsumowująca powyższe badania jest aktualnie przygotowywana, natomiast wstępne wyniki były prezentowane na 12th Congress of European Society for Evolutionary Biology w Turynie (Włochy, sierpień 2009 r.).

Będąc jednym z najlepszych ekspertem w Europie w dziedzinie analizy danych z odłowów, znakowania i ponownego odłowu, staram się przekazywać posiadaną wiedzę i umiejętności w formie otwartych szkoleń, prowadzonych na zaproszenie przyjmujących instytucji lub organizowanych w ramach międzynarodowych projektów. Szkolenia składają się standardowo z jednego dnia teoretycznych wykładów oraz trzech dni praktycznych ćwiczeń, w czasie których uczestnicy uczą się korzystać ze specjalistycznych programów wspomagających analizy, takich jak MARK czy VM2. Szkolenia te cieszą się dużą popularnością wśród naukowców, doktorantów i studentów, a także zarządców obszarów chronionych z wielu krajów europejskich – każdorazowo uczestniczy w nich 12–20 osób. Dotychczas prowadziłem trzy edycje szkolenia z analizy liczebności i dynamiki populacji: w Turynie (maj 2006 r.), Cluj (Rumunia, październik 2010 r.) i Sofii (Bułgaria, październik 2010 r.) oraz jedno szkolenie z analizy występowania gatunku z uwzględnieniem zjawiska niepełnej wykrywalności w Turynie (październik 2007 r.; tylko gościnne wykłady). W bieżącym roku planuję trzy edycje szkolenia z analizy dyspersji: w Pradze (Czechy, maj 2012 r.), Turynie (wrzesień 2012 r.) i Camerino (Włochy, październik 2012 r.), w kolejnym zaś prawdopodobne jest kolejne szkolenie z analizy liczebności i dynamiki populacji w Lublanie (Słowenia, termin aktualnie negocjowany).

W nieodległej przeszłości prowadziłem także badania w dwóch kolejnych dziedzinach, ale obecnie nie zajmuje się nimi aktywnie. W projekcie MacMan i kolejnych latach wspomagałem Magdalenę Witek w pracach nad jej doktoratem, badając zależności pomiędzy motylami *Maculinea* i mrówkami z rodzaju *Myrmica*, w koloniach których gąsienice motyli są pasożytami. Dokonaliśmy szeregu odkryć interesujących z ewolucyjnego punktu widzenia:

(1) Gąsienice *Maculinea* stosują dwie strategie wzrostu – część osobników spędza w mrowiskach jeden rok jednocześnie cierpiąc wyższe tempo śmiertelności, pozostała część rozwija się przez dwa lata przy niższym tempie śmiertelności. Ten polimorfizm rozwojowy może stanowić ciekawy mechanizm minimalizacji konkurencji krewniaczej.

(2) Wbrew wcześniejszemu stanowi wiedzy poszczególne gatunki *Maculinea* nie są ściśle wyspecjalizowane w stosunku do konkretnych gatunków mrówek żywicielskich, ale mogą pasożytować w mrowiskach nawet do czterech różnych gatunków *Myrmica* występujących na danym terenie. Specyficzność w stosunku do gatunków mrówek żywicielskich jest niższa u gatunków *Maculinea* o tzw. 'strategii drapieżniczej', które zjadają larwy mrówek, a wyższa u

gatunków o tzw. 'strategii kukułki', które są karmione przez robotnice mrówek. Gatunki stosujące strategię kukułki eksploatują mniej zasobów kolonii i dzięki temu są w stanie przetrwać w mniejszych mrowiskach, ale odbywa się to kosztem ściślejszego przystosowania do konkretnego gatunku gospodarza.

(3) Przeżywalność gąsienic w gniazdach poszczególnych gatunków mrówek *Myrmica* jest zbliżona. Wyraźne różnice dotyczą masy osiąganej przez gąsienice, a w konsekwencji wielkości dorosłych motyli, co pokazały zarówno badania terenowe jaki i eksperymenty laboratoryjne. Motorem selekcji jest zatem jakość, a nie liczba osobników motyli wylęgających się z gniazd różnych mrówek gospodarzy.

Efektem powyższych badań było 5 oryginalnych publikacji (*pozycje A-3, A-4, A-7, A-15, A-16 listy publikacji*), w tym w *Oecologia*, *Ecological Entomology* i *Insectes Sociaux*.

W kolejnym projekcie, EuMon, moim zadaniem było współtworzenie internetowej bazy danych programów monitoringu gatunków i siedlisk w Europie. Ta ogólnodostępna baza umożliwiła koordynatorom programów monitoringowych podzielenie się informacjami na temat organizacji i metodyki prowadzonych działań. Dodatkowo samodzielnie zbierałem informacje do powyższej bazy danych drogą badań ankietowych. Dostrzegając powszechnie popełniane błędy w planowaniu działań monitoringowych oraz w analizach pochodzących z nich danych, podjąłem się opracowania standardów monitoringu dla wybranych grup systematycznych, w tym motyli i raków. Wspierałem też ekspertyzami Dyrektoriat ds. Środowiska (DG Environment) Komisji Europejskiej w jego dążeniu do stworzenia jednolitego systemu monitorowania zagrożonych gatunków przez państwa członkowskie Unii Europejskiej.

Oprócz czysto praktycznych celów powyższa aktywność zaowocowała też 5 publikacjami, poświęconymi opisanym niżej osiągnięciom:

(1) Szczegółowe analizy kilkuset programów monitoringowych zebranych w ich bazie danych ujawniła, że najważniejszym czynnikiem decydującym o ich sukcesie, czyli zdolności wykrycia istotnych trendów cennych gatunków czy siedlisk, jest szeroki udział przyrodników amatorów. Mimo iż w takim przypadku pojedyncze dane obarczone są gorszą precyzją, to jednak wielokrotnie wyższa wielkość próby zapewnia znacząco lepszą precyzję oszacowań stanu i trendów monitorowanych gatunków i siedlisk. Wyniki zebrano w szeroko cytowanej publikacji w *Conservation Biology* (*pozycja A-6 listy publikacji*).

(2) Analiza wieloletnich dynamik liczebności populacji wygenerowanych drogą symulacji komputerowych pozwoliła udowodnić, że precyzja oszacowania liczebności dla każdego roku wpływa nie tylko na precyzję (co wydaje się oczywiste), ale także na prawdziwość parametrów dynamiki liczebności (co z kolei jest nieintuicyjnym wynikiem). Im niższa precyzja, tym bardziej obliczone wartości parametrów, takich jak tempo spadku/wzrostu populacji czy pojemność siedliska, bardziej odbiegają od prawdziwych wartości – zwykle są zaniżone. Dodatkowo drastycznie spada prawdopodobieństwo wykrycia istotności trendu populacyjnego, zwłaszcza w przypadku krótkookresowych danych. Rozwiązaniem jest stosowanie metod, w których możliwe jest określenie precyzji oszacowań liczebności populacji, co pozwala korygować wartości parametrów populacyjnych. Powyższe wyniki i ich konsekwencje dla monitoringu liczebności gatunków zostały przedstawione w pracy w *Biodiversity & Conservation* (*pozycja A-9 listy publikacji*), która spotkała się żywym zainteresowaniem Dyrektoriatu ds. Środowiska Komisji Europejskiej. Zaprezentowałem je również w formie referatu na zaproszenie "Precision of monitoring data and its implications for detecting trends" na 2nd European Congress of Conservation Biology w Pradze (wrzesień 2009 r.), na której dodatkowo przewodniczyłem sesji poświęconej monitoringowi bioróżnorodności w Europie.

(3) Opublikowałem trzy prace przeglądowe poświęcone: zasadom integracji danych monitoringowych o różnej precyzji i jakości (publikacja w *Biodiversity & Conservation, pozycja A-10 listy publikacji*), możliwościom wykorzystania motyli jako wskaźników zmian bioróżnorodności (publikacja w *Biodiversity & Conservation, pozycja A-11 listy publikacji*) oraz metodom monitoringu populacji motyli (publikacja w *Israel Journal of Ecology and Evolution, pozycja A-12 listy publikacji*). Te ostatnie treści popularyzowałem także formie kilkudniowego szkolenia dla pracowników słowackich parków narodowych i krajobrazowych w Varinie (Słowacja, kwiecień 2005 r.).

6. Dalsze plany naukowe

W najbliższych latach zamierzam przede wszystkim poświęcić się badaniom czynników regulujących dyspersję w metapopulacjach motyli w ramach prowadzonego projektu. Obejmą one analizy wpływu stopnia izolacji metapopulacji (na podstawie danych z Włoch i Czech) oraz charakteru matriksu na parametry dyspersji (na podstawie danych z Niemiec, Czech i Słowenii). Można zakładać, że ścisła izolacja metapopulacji,

uniemożliwiająca osiągnięcie sąsiednich metapopulacji, prowadzi do wyższej śmiertelności podczas dyspersji. Efektem tego jest silny dobór przeciwko dyspersji, co skutkuje niższą proporcją emigrantów oraz krótszymi dystansami pokonywanymi przez nich. Wstępne wyniki, potwierdzające powyższe przewidywania zostaną zaprezentowane lipcu 2012 r. na konferencji Lepidopterists' Society w Denver (USA, lipiec 2012). Odnośnie wpływu charakteru matriksu spodziewam się, że matriks 'przychylny (tj. niewiele różniący się warunkami od siedliska danego gatunku; np. dla organizmów zamieszkujących łąki mogą to być ugory, z kolei gęsty las będzie matriksem nieprzychylnym) sprzyja stosunkowo niskiej śmiertelności podczas dyspersji i wysokiej emigracji, natomiast średni dystans dyspersji jest dłuższy w przypadku nieprzychylnego matriksu, ponieważ migranci pokonują go w sposób bardziej zdecydowany. Na koniec projektu dokonam też meta-analizy względnej roli wszystkich badanych czynników (oprócz wcześniej wymienionych także zagęszczenia populacji, płci i gatunku) w kształtowaniu parametrów dyspersji, posługując się Kryterium Informacyjnym Akaike.

Po zakończeniu projektu w 2013 r. będę aplikował o grant Narodowego Centrum Nauki na finansowanie kolejnych badań metapopulacyjnych tym razem dotyczących zależności w dynamice populacji zasiedlających lokalne płaty siedlisk. W szczególności pragnę przetestować hipotezę, że poziom fluktuacji liczebności populacji jest negatywnie skorelowany z wielkością płatu. Za taką hipotezą przemawiają mocne argumenty teoretyczne, brakuje za to rzetelnie potwierdzających ją danych empirycznych. Ponadto chciałbym zająć się problemem przestrzennej autokorelacji w dynamice lokalnych populacji i roli dyspersji w tym względzie. Jakkolwiek dyspersja uważana jest bardzo korzystny proces dla funkcjonowania metapopulacji, to jednak nadmierny poziom dyspersji może prowadzić do synchronizacji lokalnych populacji, co jest z kolei niekorzystne, gdyż zwiększa szanse jednoczesnego wymarcia wielu z nich na skutek stochastycznych zmian środowiska.

Piotr Nowicki

Piotr Nowicki

Kraków, 26 marzec 2012