

Autoreferat

dr Krzysztof Miler
Instytut Systematyki i Ewolucji Zwierząt
Polskiej Akademii Nauk

Kraków 2022

1. Imię i nazwisko.

Krzysztof Miler

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu pracy.

- **2018** – doktor biologii, Uniwersytet Jagielloński (Instytut Nauk o Środowisku). Tytuł pracy doktorskiej: “Predator-prey system of antlions and ants: hunting strategies and rescue behaviours”.
Promotor: prof. dr hab. Michał Woyciechowski.
Uzyskany stopień naukowy doktora: 23.10.2018.
- **2015** – magister psychologii, Uniwersytet Jagielloński (Instytut Psychologii). Tytuł pracy magisterskiej: „Odwzajemnienie: ujęcie psychologiczne i przyrodnicze”.
Promotor: dr hab. Dorota Czyżowska.
Uzyskany tytuł zawodowy magistra: 13.10.2015.
- **2015** – magister biologii, Uniwersytet Jagielloński (Instytut Nauk o Środowisku). Tytuł pracy magisterskiej: „Międzygatunkowe zależności w koloniach samotnych pszczół”.
Promotor: prof. dr hab. Michał Woyciechowski.
Uzyskany tytuł zawodowy magistra: 24.06.2015.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

- 2019-09-16 – obecnie; **adiunkt**, Instytut Systematyki i Ewolucji Zwierząt Polskiej Akademii Nauk.
- 2016-06-17 – 2018-12-31; **asystent naukowy**, Uniwersytet Jagielloński (Instytut Nauk o Środowisku).
- 2015-06-01 – 2017-11-30; **referent techniczny**, Uniwersytet Jagielloński (Instytut Nauk o Środowisku).

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

A. Tytuł osiągnięcia

Ekologia termiczna owadów budujących pułapki.

B. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia, ze wskazaniem *impact factor* (IF) czasopisma z bazy JCR oraz liczby punktów ministerialnych, według list dla roku publikacji lub najnowszej dostępnej

(I) **Miler, K.**, Stec, D., Czarnoleski, M. (2020). Heat wave effects on the behavior and life history traits of sedentary antlions.

Behavioral Ecology 31:1326-1333. IF₂₀₂₀ = 2,671. MNiSW₂₀₂₀ = 140.

(II) **Miler, K.**, Czarnoleski, M. (2021). Past thermal conditions affect hunting behaviour in larval antlions.

Royal Society Open Science 8:210163. IF₂₀₂₀ = 2,963. MEiN₂₀₂₁ = 100.

(III) **Miler, K.**, Czarnoleski, M. (2022). Heat stress during development makes antlion larvae more responsive to vibrational cues.

Current Zoology 68:345-350. IF₂₀₂₀ = 2,624. MEiN₂₀₂₁ = 100.

(IV) **Miler, K.**, Scharf, I. (2022). Operant conditioning in antlion larvae and its impairment following exposure to elevated temperatures.

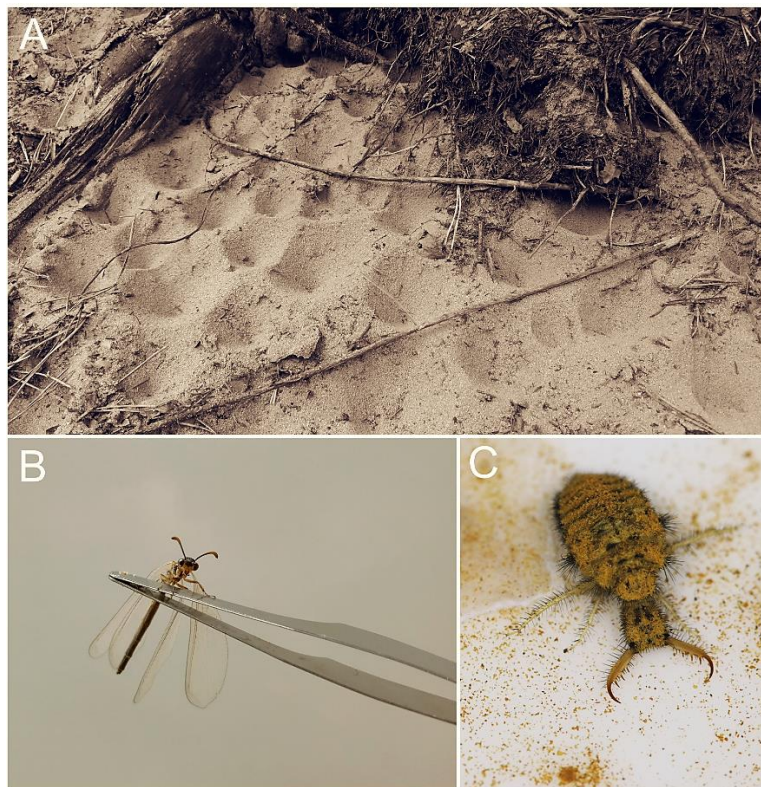
Animal Cognition 25:509-518. IF₂₀₂₀ = 3,084. MEiN₂₀₂₁ = 140.

C. Omówienie celu prac i osiągniętych wyników

WSTĘP

Mrówkolwy (sieciarki z rodziny Myrmeleontidae) to owady występujące w rozmaitych, choć zazwyczaj suchych i piaszczystych środowiskach. Znaczna część gatunków mrówkolwów posiada w swoim cyklu rozwojowym drapieżne larwy, które budują w piasku pułapki mające kształt odwróconych stożków

(Rycina 1). Pułapki te służą larwom do polowania na drobne bezkręgowce, a w szczególności mrówki (stąd wzięła się ich nazwa – mrówkolwy). Larwy, których okres rozwojowy może trwać w umiarkowanej strefie klimatycznej dwa, a w skrajnych przypadkach nawet trzy lata, dominują w cyklu życiowym mrówkolwów. Z kolei postacie dorosłe żyją krótko i słabo latają. Larwy gatunków budujących pułapki, po zbudowaniu pułapek, można określić jako stosunkowo osiadłe, gdyż unikają one relokacji wiążącej się ze znacznymi kosztami (np. energetycznymi). Z tego powodu budujące pułapki larwy mrówkolwów są znakomitym modelem do badania zjawisk związanych z wpływem biotycznych i abiotycznych czynników środowiskowych na przykład na fizjologię czy zachowanie. W istocie, czynniki tego rodzaju od dawna budzą zainteresowanie entomologów, szczególnie w kontekście preferencji mikrosiedliskowych larw (zob. praca przeglądowa Scharf i Ovadia 2001) oraz plastyczności zachowania larw w odpowiedzi na czynniki działające w otoczeniu (zob. praca przeglądowa Scharf, Lubin i Ovadia 2011).



Rycina 1. Skupisko pułapek zbudowanych przez larwy mrówkolwów z gatunku *Euroleon nostras* (Geoffroy 1785) w okolicy pustyni Błędowskiej (panel A). Dorosły osobnik – przedstawiciel fauny mrówkolwów Izraela – z gatunku *Myrmeleon hyalinus* (Olivier 1811), wyhodowany w laboratorium (panel B). Larwa na trzecim i ostatnim stadium rozwojowym, z gatunku *Myrmeleon bore* (Tjeder 1941), złapana na pustyni Błędowskiej (panel C). Fotografije: K. Miler.

Niska dyspersja mrówkolwów, zarówno dorosłych – wynikająca ze słabej lotności podczas ich krótkiego życia – jak i larw – wynikająca ze stosunkowej osiadłości i relokacji na co najwyżej krótkie dystanse – oznaczają działający na nie potencjalnie silny dobór ze strony czynników środowiskowych. Temperatura jest jednym z takich właśnie czynników i ma fundamentalne znaczenie w życiu organizmów ektotermicznych, w tym owadów takich jak mrówkolwy. Larwy, które do funkcjonowania wymagają suchego piasku, bardzo często występują na stanowiskach silnie kserotermicznych. Ich zdolności do życia w termicznie ekstremalnych warunkach wydają się znaczne, choć to, jak działanie takich warunków odbija się na funkcjonowaniu larw w znacznej mierze pozostaje niezbadane. Tego zagadnienia dotyczą cztery publikacje wchodzące w skład mojego osiągnięcia naukowego złożonego tu w celu uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego. Poniżej omówię skrótowo każdą z tych publikacji.

PUBLIKACJA I

Lipiec roku 2021 ogłoszono najgorętszym miesiącem w historii dla naszej planety (NOAA 2021). Ten niechlubny rekord jest częścią ogólnego, globalnego trendu związanego z postępującymi zmianami klimatu (IPCC 2021). Choć wzrost średnich temperatur jest parametrem niezwykle ważnym w kontekście zmian klimatu, takie zjawiska jak wzrost częstości i intensywności ekstremalnych zdarzeń pogodowych również stanowią integralną część owych postępujących zmian. Do zdarzeń takich należą między innymi powodzie, susze, cyklony czy fale gorąca. W ostatnich latach w Europie to właśnie fale gorąca były szczególnie zaznaczone. Na przykład za rekordowo gorący lipiec 2021 odpowiadają między innymi kilkudniowe fale gorąca z temperaturą sięgającą 40°C, obserwowane w wielu miejscach Europy.

Moje badania zaprezentowane w p u b l i k a c j i I dotyczą odpowiedzi larw mrówkolwów na falę gorącą. W tych badaniach symulowałem falę gorącą w komorze klimatycznej, w której miała formę temperatury powietrza wzrastającej ranem z 25 do 40°C i utrzymującej się na tym poziomie do wieczora, kiedy to spadała z 40 do 25°C. Taki cykl dobowy powtarzałem 7 razy, symulując tygodniową falę gorącą. W czasie tego tygodnia mierzyłem u larw śmiertelność, aktywność (tj. gotowość do polowania) oraz to, jak zmieniła się ich masa ciała w stosunku do początkowej (czyli przed symulacją). Ponadto, ponieważ po symulacji utrzymywałem larwy w standardowych warunkach przez kilka kolejnych tygodni,

mierzyłem też jak symulacja odbiła się na ich tempie przechodzenia do kolejnego stadium larwalnego oraz na ich ostatecznej masie ciała – takiej, w której larwy w naturalnych warunkach wchodziłyby w spoczynek zimowy. Wszystkie te parametry mierzone były w porównaniu z kontrolną grupą larw, która nie doświadczała symulowanej fali gorąca. Moje hipotezy mówiły, że (1) śmiertelność larw wystawionych na działanie fali gorąca wzrośnie, natomiast (2) spadnie ich aktywność i masa ciała. Ponadto, w okresie po ustaniu symulowanej fali gorąca, (3) czas potrzebny do przejścia do kolejnego stadium larwalnego będzie u tych larw większy i będą one wchodzić w stan spoczynku zimowego w gorszym stanie (tj. przy niższej ostatecznej masie ciała). Cały eksperyment wykonałem wykorzystując dwa gatunki mrówkolwów obecne w Polskiej faunie, *Myrmeleon bore* Tjeder 1941 i *Euroleon nostras* Geoffroy 1785 (Rycina 1).

Moje badania pokazały, że fala gorąca zwiększyła śmiertelność larw z gatunku *E. nostras*. Ponadto, u tych larw spadła aktywność w czasie symulowanej fali gorąca. Zmieniła się również ich masa ciała, w oczekiwanym kierunku – znacząco spadła u larw wystawionych na falę gorąca. Po okresie trwania symulowanej fali gorąca, u larw *E. nostras* dłużej trwał także rozwój w kierunku kolejnego stadium larwalnego. Podobnych efektów nie zaobserwowałem jednak u larw z gatunku *M. bore*. Co istotne, długofalowe skutki symulowanej fali gorąca w kontekście masy ciała – czyli masy ostatecznej – były kompletnie niewidoczne u obu gatunków larw. Wobec tego, zebrane wyniki jedynie częściowo potwierdziły stawiane przeze mnie hipotezy. Przede wszystkim, oczekiwane skutki fali gorąca były widoczne tylko u jednego z gatunków larw, sugerując lokalne przystosowania wynikające z różnic w niszach ekologicznych tych gatunków. W istocie, larwy *M. bore* zasiedlają inne mikrosiedliska – otwarte i wystawione na bezpośrednie działanie słońca – niż larwy *E. nostras*, preferujące mikrosiedliska zacienione. Odpowiada to moim wynikom, sugerującym, że larwy siedlisk zacienionych są mniej odporne na działanie ekstremalnych temperatur. Co nie mniej jednak ważne, moje wyniki sugerują, że choć wysokie temperatury mogą przyczyniać się do czasowych wahań cech historii życiowych u niektórych gatunków larw, skutki długofalowe tych temperatur są małe. Tym samym potwierdza to przypuszczenia o silnie zaznaczonych zdolnościach do życia w warunkach termicznych ekstremów u larw mrówkolwów.

Znaczenie badań przedstawionych w publikacji I koncentruje się na porównaniu reakcji behawioralnych i zmian w cechach historii życiowych z tymi

raportowanymi dla innych organizmów ektotermicznych, co umożliwi ocenę przystosowania różnych taksonów do postępujących zmian klimatycznych (Buchholz *et al.* 2019). Znaczenie tych badań nie ogranicza się jednak do pokazania, jak larwy mrówkolwów reagują na ekstremalne zdarzenia pogodowe w formie fali gorąca. Moje badania sugerują także istotność rozszerzonego fenotypu w przewidywaniu konsekwencji zmian klimatycznych dla organizmów. Fenotyp rozszerzony odnosi się do cech wykraczających poza powierzchnię ciała organizmu które, choć częste, rzadko bywają uwzględniane w modelach dotyczących tego, jak klimat wpływa na zwierzęta (Woods *et al.* 2021). Struktury takie jak nory czy gniazda, a w przypadku larw mrówkolwów – budowane w piasku pułapki, mogą stanowić bufor lub wzmacniacz wpływu czynników środowiskowych. Piasek jest słabym przewodnikiem ciepła i wydaje się bardzo prawdopodobne, że stanowi bufor dla działania wysokiej temperatury, podobnie jak decyzje larw dotyczące wyciszenia aktywności w warunkach termicznych ekstremów. Moje badania podkreślają istotność rozszerzonego fenotypu w formie pułapek dla kształtowania lokalnych nisz termicznych larw mrówkolwów i znaczenia tych nisz w kontekście plastyczności i dostosowania.

PUBLIKACJA II

W badaniach przedstawionych w publikacji II moim celem było sprawdzenie, jak wystawienie larw mrówkolwów na stosunkowo wysoką temperaturę wpłynie na parametry ich rozszerzonego fenotypu istotne w kontekście dostosowania. Za takie parametry uznałem wielkość pułapek oraz odległość między pułapkami budowanymi przez pary larw. W zaprojektowanym przeze mnie eksperymencie wykorzystałem larwy z gatunku *E. nostras*. Z uwagi na ich wrażliwość termiczną (publikacja I), szczególną uwagę poświęciłem takiemu doborowi warunków temperaturowych, by stanowiły stresor, ale nie prowadziły do zwiększonej śmiertelności. W tym celu wykonałem testy dotyczące temperatury preferowanej i krytycznej larw, na podstawie których wybrałem warunki o podwyższonej i bardziej optymalnej temperaturze (odpowiednio 31 i 25°C). Następnie przetrzymywałem larwy w tych warunkach przez arbitralnie wybrany czas (tj. miesiąc), dostarczając im pokarm i śledząc ich rozwój, po czym przenieśli je do wspólnych, standardowych warunków, do których miały czas się zaaklimatyzować. Moja hipoteza mówiła, że doświadczenie podwyższonej

temperatury w przeszłości skutkuje przystosowawczymi zmianami w rozszerzonym fenotypie. Innymi słowy oczekiwałem, że larwy po takim doświadczeniu będą budowały większe pułapki oraz zwiększą odległości między sobą w porównaniu z larwami wychowanymi w bardziej optymalnej temperaturze. Istniejące dane literaturowe dyktowały takie właśnie oczekiwania, gdyż większe pułapki umożliwiają larwom łapanie większych ofiar, a większe odległości między pułapkami wiążą się z mniejszymi kosztami utrzymania i mniejszą konkurencją między larwami (zob. praca przeglądowa Scharf, Lubin i Ovadia 2011). Te zmiany mogłyby być przystosowawcze, gdyż potencjalnie pomagałyby larwom nadgonić straty energetyczne związane z życiem w suboptymalnych warunkach. Moje wyniki wskazały jednak na odwrotny trend – larwy pochodzące z warunków wychowu o podwyższonej temperaturze budowały nieco mniejsze pułapki i budowały je nieco bliżej siebie niż te wychowane w bardziej optymalnych warunkach termicznych.

Jest mało prawdopodobne, by zaobserwowane przeze mnie zależności wynikały z tego, że larwy pochodzące z warunków wychowu o podwyższonej temperaturze były wycieńczone. Podczas wychowu larwy straciły niewielki procent masy ciała i nie stwierdziłem też żadnej śmiertelności. Przypuszczam, że odnotowane reakcje larw mogą wbrew pozorom prowadzić do kompensacji przeszłych doświadczeń termicznych, ale w mniej intuicyjny sposób, niż początkowo oczekiwałem. Zwiększanie zagęszczenia może na przykład prowadzić do tak zwanego efektu rykoszetu zaobserwowanego u innej grupy zwierząt wykorzystującej pułapki do polowania – pajaków (zob. na przykład Uetz 1989). Ów efekt polega na tym, że skuteczność polowania w ścisłej agregacji pułapek rośnie, gdyż ofiary męczą się szybciej i uciekając z jednej, łatwiej wpaść im do drugiej. Larwy mrówkolwów z gatunku *E. nostras* często występują w mniej i bardziej zbitych agregacjach (Rycina 1). Zwiększona tendencja do agregowania wyrażona mniejszymi odległościami między budującymi pułapki larwami może stanowić próbę kompensowania doświadczonych strat na drodze efektu rykoszetu lub innych, nieznanych mechanizmów. Spadek wielkości pułapek w grupie larw wychowanych w podwyższonej temperaturze może być jedynie naturalną konsekwencją mniejszej odległości między pułapkami.

Badania zaprezentowane w p u b l i k a c j i I I są wartościowe, gdyż zwracają uwagę na różne potencjalne mechanizmy kompensacyjne przeszłych doświadczeń larw mrówkolwów oraz pokazują, że takie doświadczenia mogą być mediatorem

decyzji związanych z konstruowaniem rozszerzonego fenotypu u tych owadów. Podobne mediatory opisano już na przykład dla pewnych cech historii życiowych larw, które zależą od doświadczanej w przeszłości dostępności pokarmu – nawet gdy aktualnie jest podobna (zob. na przykład Rotkopf *et al.* 2013). Zademonstrowanie, że doświadczenie termiczne może być mediatorem wielkości pułapek i odległości między pułapkami larw mrówkolwów poszerza nasze rozumienie charakterystyk tych owadów, które są kluczowe dla ich dostosowania. Ponadto, biorąc pod uwagę długi okres rozwojowy larw, moja praca podkreśla potrzebę badania co i jak zmieniają one za pośrednictwem doświadczenia. Dotyczy to nie tylko doświadczenia termicznego, ale również każdego innego, wynikającego z działania biotycznych czy abiotycznych czynników środowiskowych. Warte podkreślenia jest jednak, że rezultaty tych badań nie wskazują na dramatyczne efekty życia w podwyższonej temperaturze. Potwierdza to po raz kolejny, że termiczne ekstrema są dobrze tolerowane przez larwy mrówkolwów.

PUBLIKACJA III

Badania przedstawione w p u b l i k a c j i I I I stanowią kontynuację studiów nad wpływem doświadczenia termicznego na larwy mrówkolwów. W tej pracy wykorzystałem larwy z gatunku *M. bore*, bardziej odporne na wysokie temperatury niż *E. nostras* (p u b l i k a c j a I). Podobnie jak w poprzednim eksperymencie (p u b l i k a c j a I I) wykonałem testy dotyczące temperatury preferowanej oraz krytycznej i na ich podstawie wybrałem warunki termiczne, w których przetrzymywałem larwy, tj. temperaturę podwyższoną, 36°C, oraz bardziej optymalną, 30°C. Temperatury te musiały być inne niż dla larw z gatunku *E. nostras*, gdyż wynikało to bezpośrednio z przeprowadzonych testów oraz wyników wcześniejszych (p u b l i k a c j a I). Celem eksperymentu było zastosowanie stosunkowo wysokiej, stresogennej temperatury trwającej do momentu przejścia do kolejnego stadium larwalnego (zamiast arbitralnie wybranego okresu) i obserwowanie skutków tego doświadczenia termicznego dla wrażliwości na wibracje. Porównanie tych skutków następowało z larwami, które przechodziły linkę w bardziej optymalnych warunkach termicznych. Wrażliwość na wibracje jest istotnym parametrem w skuteczności polowania larw mrówkolwów, których ciało pokryte jest licznymi mechanoreceptorami umożliwiającymi im detekcję wibracji wywoływanych na przykład przez idącą po podłożu ofiarę

(zob. praca przeglądowa Devetak 2014). Odbiór wibracji i ich identyfikacja umożliwi larwom zwiększenie efektywności polowania. Stosując znacznie podwyższoną temperaturę wokół kluczowego momentu rozwojowego (tj. linkowania) chciałem wywołać koszty radzenia sobie z takim termicznym stresem, które potencjalnie mogłyby skutkować upośledzonymi zdolnościami do wykrywania wibracji, niosąc ze sobą dalsze koszty dostosowawcze.

Wobec tego, w opisanych wyżej warunkach przetrzymywałem larwy, dostarczając im pokarm i śledząc ich rozwój, po czym przeniósłem je do wspólnych, standardowych warunków, do których miały czas się zaaklimatyzować. Moja podstawowa hipoteza mówiła, że larwy rozwijające się wcześniej w podwyższonej temperaturze będą gorzej wykrywały wibracje niż te pochodzące z temperatury bardziej optymalnej. Wykryłem jednak odwrotny efekt. Larwy rozwijające się w podwyższonej temperaturze, w porównaniu z tymi pochodzącymi z temperatury bardziej optymalnej, reagowały na wibracje z dalszych odległości. Grupa larw doświadczająca podwyższonej temperatury miała też zwiększoną śmiertelność. Nie można wykluczyć, że wyniki dotyczące wibracji były konsekwencją tego, że nie przeżyły osobniki o słabszych zdolnościach odbioru wibracji. Jest jednak prawdopodobne, że śmiertelność nie była związana z wrażliwością na wibracje i że to przeszłe doświadczenie termiczne zmieniło ową wrażliwość u larw, które przeżyły. Przedstawiony scenariusz sugeruje jeden z potencjalnych sposobów kompensacji przeszłych doświadczeń stosowany przez larwy mrówkolwów.

Podobnie jak badania zaprezentowane w publikacji II również i te opisane w publikacji III zwracają uwagę na różne potencjalne mechanizmy kompensacyjne przeszłych doświadczeń u larw mrówkolwów. Na podkreślenie zasługuje, że warunki rozwoju wrażliwości na wibracje i jej zależność od czynników środowiskowych u larw mrówkolwów jest bardzo słabo zbadana. Ta praca ma więc szansę przyczynić się do wzrostu zainteresowania biotremologią, na przykład u larw mrówkolwów. Zarówno behawioralne jak i ekologiczne aspekty biotremologii larw oczekują na dalsze badania, podobnie jak rozwinięcia wymagają metody i narzędzia badawcze w tym zakresie. Nadmienić również warto, że tematyka ta cieszy się aktualnie rosnącym zainteresowaniem badaczy (Strauß *et al.* 2021). Moje badania wpasowują się w nurt dotyczący źródeł wariacji we wrażliwości na wibracje oraz presji doboru naturalnego na strategie wykorzystania wibracji do prowadzenia drapieżnego trybu życia. Rezultaty tych badań wskazują dobitnie, że istnieje limit

nieoptymalnych warunków termicznych, które larwy mrówkolwów mogą tolerować. Limit ten związany jest z czasem trwania i/lub okresem rozwojowym, w którym termiczne ekstrema są doświadczane przez larwy.

PUBLIKACJA IV

Detekcja wibracji umożliwia larwom mrówkolwów reagowanie na to, co dzieje się w ich otoczeniu (p u b l i k a c j a III). Ta zdolność była w przeszłości wykorzystana przez innych autorów oraz przeze mnie do tego, by badać zdolności do uczenia się larw. Wykazano na przykład, że skuteczność polowania larw mrówkolwów zwiększa się gdy wystawiane są one na powtarzające się zdarzenia, w których wibracje zapowiadają nadchodzącą ofiarę, w porównaniu z sytuacjami, w których ofiary bez zapowiedzi wpadają do pułapek larw (Hollis *et al.* 2011). Wraz ze współautorami wykazałem też na przykład, że zmienność w tym, jak szybko dochodzi do uczenia się (tj. asocjowania wibracji z nadchodzącymi ofiarami), zależy od stopnia asymetrii behawioralnej larw (Miler *et al.* 2017). Jednakże, jak wspomniałem wyżej, metody i narzędzia badawcze związane z biotremologią larw mrówkolwów wymagają rozwinięcia, między innymi dlatego, że charakteryzują się słabą standaryzacją. W badaniach przedstawionych w p u b l i k a c j i IV zająłem się tematyką uczenia się larw mrówkolwów. W pierwszym kroku rozwinąłem nową metodologię, umożliwiającą badanie uczenia się larw z całkowitym pominięciem stymulacji wibracjami. Nowa metodologia inspirowana była klasycznymi badaniami nad larwami chrząszczy z rodzaju *Tenebrio* Linnaeus 1758 (Alloway i Routtenberg 1967) w formie uczenia się w T-kształtnym labiryncie. W pierwszym eksperymencie z p u b l i k a c j i IV zademonstrowałem, że jeśli tylko jedno z ramion takiego labiryntu prowadzi do miejsca, gdzie znajduje się suchy piasek umożliwiający budowę pułapki, umieszczone w labiryncie larwy mrówkolwów uczą się skręcać w stronę tego ramienia. Metodologia ta daje się łatwo standaryzować i umożliwia wykonanie wielu ciekawych eksperymentów.

W drugim eksperymencie przedstawionym w p u b l i k a c j i IV moim celem było porównanie tempa uczenia się w labiryncie oraz retencji (tj. pamięci) zachowania w labiryncie u larw wcześniej wychowywanych w warunkach bardziej i mniej optymalnych termicznie. Eksperyment wykonywałem podczas pobytu na stażu podoktorskim w Izraelu i wykorzystałem w nim gatunek larw charakterystyczny dla fauny Izraela, *Myrmeleon hyalinus* Olivier 1811 (Rycina 1).

Temperatury wychowu – bardziej i mniej optymalne – wybrałem na podstawie wcześniejszych badań przeprowadzonych na tym samym gatunku larw i wynosiły one odpowiednio 25 i 29°C. Podobnie jak wcześniej (p u b l i k a c j a I I I), zastosowałem wymienione warunki termiczne i przetrzymywałem w nich larwy, dostarczając im pokarm i śledząc ich rozwój do momentu przejścia do kolejnego stadium larwalnego, po czym przenosiłem larwy do wspólnych standardowych warunków. Następnie przeprowadzałem trening larw w T-kształtnym labiryncie, mierząc tempo ich uczenia się. Po zakończeniu treningu zastosowałem dwutygodniowy okres przerwy, po którym sprawdzałem reakcję w labiryncie i notowałem, czy jest poprawna (tj. skręt w odpowiednim kierunku) czy niepoprawna (tj. skręt w błędnym kierunku). Moja hipoteza brzmiała, że larwy rozwijające się wcześniej w mniej optymalnej (czyli wyższej) temperaturze będą uczyły się wolniej i będą gorzej pamiętały to, czego się nauczyły, od larw pochodzących z bardziej optymalnych warunków wychowu (czyli takich o niższej temperaturze). To oczekiwanie było podyktowane potencjalnymi zwiększonymi kosztami życia w mniej optymalnych warunkach, a tym samym słabszą alokacją ograniczonych zasobów w rozwój struktur odpowiedzialnych za zdolności poznawcze takie jak uczenie się czy pamięć.

Wyniki częściowo potwierdziły stawianą przeze mnie hipotezę. Choć nie wykryłem zmian w tempie uczenia się larw wychowanych w mniej optymalnych warunkach, w porównaniu z tymi pochodzącymi z warunków bardziej optymalnych, to te pierwsze charakteryzowały się gorszą retencją. Po dwóch tygodniach od zakończenia treningu, w poprawną stronę skręcało znacząco więcej larw wychowanych w 25°C niż tych pochodzących z wychowu w temperaturze 29°C.

Badania zaprezentowane w p u b l i k a c j i I V są wartościowe, gdyż stanowią pierwszą ilustrację warunkowania sprawczego u larw mrówkolwów (Miler i Scharf 2022). Warunkowanie sprawcze jest procesem uczenia się, w którym konsekwencje działań determinują podobne działania w przyszłości. W kontekście larw i ich treningu, skręcenie w labiryncie w konkretną stronę nagradzane jest trafieniem do siedliska, w którym możliwa jest budowa pułapki i polowanie. Jak wykazałem, larwy uczą się tej zależności, co determinuje ich późniejsze decyzje w zetknięciu się ze znanym im problemem w labiryncie. Ponadto, praca ta wskazuje na efekt warunków termicznych wychowu na retencję uczenia się larw. Stanowi to wartościowy wynik, gdyż rezultaty podobnych eksperymentów na innych taksonach

są mieszane. Jedynie perspektywa wielu badań o podobnej metodologii może umożliwić odkrycie potencjalnych czynników wpływających na sprzeczne rezultaty. Moje badania sugerują gorszy rozwój zdolności poznawczych u osobników wystawionych na działanie podwyższonej temperatury.

UWAGI KOŃCOWE

Zaprezentowane publikacje stanowią istotny wkład w nasze zrozumienie ekologii termicznej na przykładzie larw mrówkolwów. I tak p u b l i k a c j a I opisuje jakie konsekwencje niesie uderzenie fali gorąca dla wybranych cech historii życiowych i zachowania dwóch gatunków larw różniących się preferencjami mikrosiedliskowymi, p u b l i k a c j a II wskazuje, że odległość między pułapkami larw oraz wielkość ich pułapek mogą przynajmniej w części wynikać z minionych doświadczeń termicznych, p u b l i k a c j a III demonstruje jak populacja larw zmienia jeden z kluczowych parametrów w zakresie skutecznego polowania, tj. wrażliwość na wibracje, po zetknięciu się ze zbyt wysoką temperaturą, a p u b l i k a c j a IV przedstawia pierwszy dowód na warunkowanie sprawcze u larw oraz dostarcza informacji o wpływie doświadczenia termicznego na pamięć. Każda z prac obejmuje nowatorskie protokoły eksperymentalne wykorzystane do badania larw (tj. symulacja fali gorąca, metody określające temperatury preferowane i krytyczne, procedury warunkowania). Metody te mogą zostać skutecznie zastosowane w dalszych badaniach. Prace te demonstrują szereg efektów, które mogą być mniej lub bardziej zaznaczone również u innych gatunków zwierząt, w tym też i innych zwierząt budujących pułapki, jak na przykład budujące sieci pająki.

Wszystkie cztery publikacje są wynikiem przyznanego mi grantu badawczego SONATINA 3 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki. Jako że byłem w tym grantie kierownikiem i jedynym wykonawcą, moja rola w powstaniu wymienionych publikacji była kluczowa. Chciałbym jednak zaznaczyć w tym miejscu wkład moich współautorów, których pomoc była dla mnie bardzo istotna i bez których powstanie tego cyklu prac byłoby o wiele trudniejsze.

LITERATURA CYTOWANA

Alloway, T.M., Routtenberg, A. 1967. "Reminiscence" in the cold flour beetle (*Tenebrio molitor*). *Science* 24:1066-1067.

Buchholz, R., Banusiewicz, J.D., Burgess, S., Crocker-Buta, S., Eveland, L., Fuller, L. 2019. Behavioural research priorities for the study of animal response to climate change. *Animal Behaviour* 150:127-137.

Devetak, D. 2014. Sand-borne vibrations in prey detection and orientation of antlions. W: Cockroft, R., Gogala, M., Hill, P., Wessel, A. *Studying vibrational communication*. Heidelberg, Springer. S. 319-330.

Hollis, K.L., Cogswell, H., Guillette, L.M., Nowbahari, E. 2011. Specialized learning in antlions (Neuroptera: Myrmeleontidae), pit-building predators, shortens vulnerable larval stage. *PLOS ONE* 6:e17958.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2021. *Assessment Report 6, Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Online: www.ipcc.ch/report/ar6/wg1.

Miler, K., Kuszewska, K., Woyciechowski, M. 2017. Larval antlions with more pronounced behavioural asymmetry show enhanced cognitive skills. *Biology Letters* 13:20160789.

Miler, K., Scharf, I. 2022. Convergent evolution of antlions and wormlions: similarities and differences in the behavioral ecology of unrelated trap-building predators. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 76:12.

National Oceanic and Atmospheric Administration. 2021. *It's official: July was Earth's hottest month on record*. Online: www.noaa.gov/news/its-official-july-2021-was-earths-hottest-month-on-record.

Rotkopf, R., Alcalay, Y., Ber-Hanin, E., Barkae, E.D., Ovadia, O. 2013. Slow growth improves compensation ability: examining growth rate and starvation endurance in pit-building antlions from semi-arid and hyper-arid regions. *Evolutionary Ecology* 27:1129-1144.

Scharf, I., Ovadia, O. 2006. Factors influencing site abandonment and site selection in a sit and wait predator: A review of pit-building antlion larvae. *Journal of Insect Behavior* 19:197-218.

Scharf, I., Lubin, Y., Ovadia, O. 2011. Foraging decisions and behavioural flexibility in trap-building predators: a review. *Biological Reviews* 86:626-639.

Strauß, J., Stritih-Peljhan, N., Nieri, R., Virant-Doberlet, M., Mazzoni, V. 2021. Communication by substrate-borne mechanical waves in insects: from basic to applied biotremology. *Advances in Insect Physiology* 61:189

Uetz, G.W. 1989. The 'ricochet effect' and prey capture in colonial spiders. *Oecologia* 81:154-159.

Woods, H.A., Pincebourde, S., Dillon, M.E., Terblanche, J.S. 2021. Extended phenotypes: buffers or amplifiers of climate change? *Trends in Ecology and Evolution* 36:889-898.

D. Określenie indywidualnego wkładu w powstanie prac

Mój wkład w każdą z prac wchodzących w skład osiągnięcia był podobny i wiodący. Wkład ten potwierdzony jest odrębnym oświadczeniem (załącznik 5).

5. Informacja o pozostałej aktywności naukowo-badawczej.

A. WPROWADZENIE

Postanowiłem ubiegać się o przyznanie mi stopnia naukowego doktora habilitowanego w temacie ekologii termicznej owadów budujących pułapki ze względu na to, że w mojej opinii jest to temat dobrze oddający moją samodzielność. Moje prowadzone do tej pory badania w żadnym razie nie ograniczają się jednak do tej tematyki. Poniżej omówię krótko moją szerszą aktywność naukowo-badawczą z podziałem na okres przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. W tym omówieniu wielokrotnie odnosić się będę do artykułów naukowych, wskazanych w wykazie osiągnięć (załącznik 4).

B. OKRES PRZED UZYSKANIEM STOPNIA NAUKOWEGO DOKTORA

Moje najwcześniejsze doświadczenia związane z uprawianiem nauki dotyczą zaangażowania w badania, nad którymi opiekę sprawowali promotorzy moich prac licencjackiej i magisterskiej na kierunku biologia, co poskutkowało publikacjami współautorskimi (artykuły 1 i 11). Badania te dotyczyły odpowiednio konfliktu płciowego u rozkruszków hiacyntowych oraz preferencji gniazdowania u samotnych żądłówek. Moja wczesna motywacja do pracy naukowej podkreślona jest tym, że jedną z moich pierwszych publikacji był raport z badań przeprowadzonych podczas wyjazdu terenowego w ramach kursu, w którym uczestniczyłem jako student, a dotyczących mutualizmu między palmami i mrówkami (artykuł 4).

Podczas wykonywania własnych badań prowadzących do uzyskania stopnia naukowego doktora koncentrowałem się na interakcji drapieżnik-ofiara na przykładzie larw mrówkolwów i współwystępujących z nimi mrówek. Publikacjami wchodzącymi w skład mojej rozprawy doktorskiej były artykuły 2, 5, 6 i 13. W ramach tej tematyki opublikowałem jednak również szereg innych oryginalnych prac naukowych (artykuły 3, 8, 9, 10 i 12), które łącznie składają się na moje doświadczenie w temacie. Badania te dotyczyły sposobów zwiększania skuteczności polowania na mrówki przez larwy mrówkolwów oraz sposobów ucieczki przed drapieżnictwem ze strony tych larw przez mrówki. Pierwsza z tych perspektyw obejmowała uczenie się larw mrówkolwów, w tym rodzaje zależności związanych z wibracjami, których są w stanie się nauczyć i które mogą mieć

znaczenie w ich codziennym funkcjonowaniu. Perspektywa ta obejmowała też źródła zmienności w tempie uczenia się larw, oraz ich skuteczność polowania w zależności od wielkości ofiar oraz warunków termicznych. Druga z wymienionych perspektyw obejmowała z kolei zachowanie ratunkowe mrówek, czyli pomoc osobnikowi z tej samej kolonii w sytuacji zagrożenia życia. Zachowanie ratunkowe mrówek można zaobserwować między innymi gdy mrówka zostaje złapana przez larwę mrówkolwa i szamoce się na dnie pułapki. Współtowarzyszki z tej samej kolonii mogą podjąć się prób uwolnienia złapanej mrówki. Badałem ekspresję zachowania ratunkowego w zależności od indywidualnej oczekiwanej długości życia osobników i ich możliwości komunikacyjnych, a także u gatunków różniących się niszami ekologicznymi. W efekcie przeprowadzania tych badań wyspecjalizowałem się w metodach pracy z larwami mrówkolwów i mrówkami, a same publikacje zyskały do tej pory stosunkowo duże liczby cytowań.

W okresie przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora, w związku z moim uczestnictwem w projekcie OPUS 7 Narodowego Centrum Nauki (NCN), opublikowałem też kilka współautorskich prac dotyczących biologii rebelianckich robotnic pszczoły miodnej (artykuły 7, 15 i 16). Rebelianckie robotnice są niezwykle ciekawe z ewolucyjnego punktu widzenia, gdyż wykształcają bardziej „samolubny” fenotyp niż typowe robotnice. Uczestnictwo w tym projekcie umożliwiło mi naukę pracy z pszczołą miodną oraz w pasiece i motywowało do rozwijania własnych pomysłów badawczych z wykorzystaniem pszczoły miodnej jako modelu. Bardzo szybko doprowadziło to do napisania przeze mnie projektu PRELUDIUM 10 NCN, który otrzymałem i w wyniku którego opublikowałem pracę dotyczącą tematyki wpływu alkoholu na zachowanie robotnic, a dokładniej efektu tolerancji na alkohol u robotnic pszczoły miodnej (artykuł 14). Realizacja projektu była dla mnie zaczątkiem nowego nurtu badań.

Ogółem, w tym okresie skryształizowały się moje główne nurty zainteresowań badawczych dotyczące (1) ekologicznych aspektów uczenia się i polowania osiadłych drapieżników, larw mrówkolwów, (2) bliższych i dalszych determinantów ekspresji zachowania ratunkowego mrówek, oraz (3) potencjalnego wykorzystania robotnic pszczoły miodnej jako modelu w badaniach nad alkoholizmem. W okresie przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora aktywnie uczestniczyłem w konferencjach międzynarodowych, a także organizowałem

międzynarodową konferencję myrmekologiczną w Krakowie wspólnie z moim ówczesnym opiekunem pracy doktorskiej.

C. OKRES PO UZYSKANIU STOPNIA NAUKOWEGO DOKTORA

Badania, które przeprowadzałem lub w których uczestniczyłem przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora, a w których jako model badawczy wykorzystywane były larwy mrówkolwów, przyczyniły się do mojego zaznajomienia z tymi owadami i umożliwiły mi rozwój pomysłów badawczych, które mogłem później realizować. Stąd, krótko po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, złożyłem wniosek o finansowanie projektu SONATINA 3 NCN, który otrzymał finansowanie i którego wyniki aktualnie stanowią trzon zgłaszanych tu osiągnięć naukowych (artykuły 22, 25, 31 i 32). Otrzymanie tego projektu umożliwiło mi rozpoczęcie pracy w Instytucie Systematyki i Ewolucji Zwierząt Polskiej Akademii Nauk (ISEZ PAN). We wczesnym okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora wyjechałem także na wyjazd studyjny do Izraela, w ramach finansowania ze stypendium START, co rozpoczęło moją współpracę z Uniwersytetem w Tel Awiwie w zakresie biologii owadów budujących pułapki. Później, w ramach tej tematyki badawczej, złożyłem wniosek o finansowanie do programu BEKKER 3 Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej (NAWA), które otrzymałem i które umożliwiło mi powrót na Uniwersytet w Tel Awiwie. Mój roczny staż podoktorski w tej jednostce zakończył się w tym roku. Ze względu na zbieżność projektów SONATINA i BEKKER mogłem realizować je równolegle, co umożliwiło mi stosunkowo szybki rozwój naukowy. Oprócz prac wskazanych do osiągnięcia opublikowałem także kilka innych, dotyczących ogólnie pojętej ekologii behawioralnej owadów budujących pułapki (artykuły 17, 28, 33 i 34). Prace te dotyczyły przede wszystkim preferencji mikrosiedliskowych larw takich owadów, ale także ewolucji konwergentnej między larwami mrówkolwów a muchówkami z rodziny Vermileonidae, których larwy również budują pułapki w piasku – nieodróżnialne na pierwszy rzut oka od pułapek mrówkolwów.

Ogółem, w okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora podwoiłem dorobek publikacyjny. Opublikowane przeze mnie prace stanowią kontynuację każdego ze skryształizowanych wcześniej nurtów badawczych. W temacie zachowania ratunkowego mrówek opublikowałem pracę eksperymentalną, przeglądową i metodologiczną (artykuły 21, 27 i 29). Z kolei w zakresie badań z

wykorzystaniem pszczoły miodnej wszystkie opublikowane przeze mnie prace były eksperymentalne i dotyczyły zmienności we wpływie alkoholu między subkastami robotnic, dobowych charakterystyk tego wpływu, efektów odstawiennych po długotrwałej konsumpcji alkoholu oraz tolerancji na alkohol u robotnic (artykuły 23, 24, 26 i 30). W zakresie obu tematów podjąłem współpracę z doktorantami, których jestem promotorem pomocniczym i którzy pod moim kierunkiem napisali projekty w ramach programów PRELUDIUM 16 NCN i PRELUDIUM 20 NCN, które otrzymały finansowanie. Oprócz tego, wielokrotnie aktywnie uczestniczyłem w pracach edytorskich dwóch czasopism, *Journal of Zoology* i *Ecological Entomology*, a także recenzowałem wiele artykułów dla różnych międzynarodowych czasopism dziedzinowych.

D. PLANY NA PRZYSZŁOŚĆ

W najbliższym czasie planuję kontynuację badań nad wszystkimi wspomnianymi wyżej wątkami pojawiającymi się w mojej dotychczasowej pracy badawczej. W ramach przyznanego mi grantu SONATA 17 NCN będę badał nieliniowość wpływu różnych dawek alkoholu na parametry życiowe i zachowanie robotnic pszczoły miodnej. Wraz z doktorantką (finansowanie w ramach grantu PRELUDIUM 20 NCN) będę też badał potencjalnie pozytywne oddziaływanie niskich dawek alkoholu na robotnice w przypadku ich zachorowania na powszechną pszczelą chorobę, nosemozę. Oprócz tego w dalszym ciągu rozwijać będę badania nad zachowaniem ratunkowym mrówek. Badania te, prowadzone wraz z doktorantem (finansowanie w ramach grantu PRELUDIUM 16 NCN), skupiać się będą na mechanizmie tego zachowania (sygnały wibroakustyczne) oraz jego ultymatywnych wyjaśnieniach w perspektywie międzygatunkowej (charakterystyki ekologiczne różnych gatunków mrówek). Planuję także rozwijać tematykę badawczą dotyczącą konwergencji owadów budujących pułapki. Nawiązana przeze mnie współpraca z Uniwersytetem w Tel Awiwie umożliwi mi dalsze studia nad muchówkami z rodziny Vermileonidae, a w szczególności nad ich ekologią termiczną i poznawczą, otwierając drogę do porównań i badań nad ewolucją konwergentną tych muchówek i sieciarek Myrmeleontidae.

6. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej.

Stopień naukowy doktora uzyskałem na Uniwersytecie Jagiellońskim, po czym kontynuowałem aktywność naukową w Instytucie Systematyki i Ewolucji Zwierząt Polskiej Akademii Nauk (ISEZ PAN). W czasie zatrudnienia w ISEZ PAN zrealizowałem trzy zagraniczne wyjazdy naukowe – miesięczną wizytę studyjną w Izraelu, w ramach stypendium START 2018 Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej, krótki pobyt badawczy w Danii, w ramach projektu SYNTHESYS+ Komisji Europejskiej, oraz roczny staż podoktorski w Izraelu, w ramach projektu BEKKER 3 NAWA (załącznik 4, punkt 2 i 7).

Wizyta studyjna umożliwiła mi zapoznanie się z zespołem goszczącym na Uniwersytecie w Tel Awiwie, do którego pojechałem, oraz opracowanie wstępnych planów dalszej współpracy z tym zespołem. W efekcie to tam spędziłem roczny staż podoktorski w ramach finansowania otrzymanego z NAWA. Staż podoktorski, zakończony 31 marca 2022, uważam za bardzo udany. Do jego rezultatów zaliczam przede wszystkim aktywne włączenie się w życie naukowe zespołu goszczącego i nawiązanie ścisłej współpracy z tym zespołem, realizację badań zaplanowanych we wniosku o finansowanie, które poskutkowały publikacjami (artykuły 28, 32, 33 i 34) oraz poszerzenie doświadczenia w laboratoryjnej pracy z muchówkami Vermileonidae (model badawczy niedostępny w Polsce), które planuję wykorzystać w przyszłości.

Z kolei mój pobyt badawczy w Natural History Museum of Denmark wynikał z realizacji projektu SYNTHESYS+. Część moich badań prowadzonych do tej pory z wykorzystaniem larw mrówkolwów wykonywana była na Borneo (artykuły 10 i 17), gdzie fauna Myrmeleontidae jest bardzo słabo poznana. Muzeum, do którego pojechałem realizować wizytę badawczą, posiada bogatą kolekcję sieciarek, w tym mrówkolwów z obszarów tropikalnych. Celem wyjazdu była wstępna analiza porównawcza owadów z Borneo i tych z kolekcji, tak by ułatwić w przyszłości identyfikację i/lub opis gatunków wykorzystywanych przeze mnie do badań na Borneo. W związku z uzyskanymi pozwoleniami na prowadzenie tam badań oraz eksport materiału planuję powrót na Borneo i kontynuację studiów nad występującymi tam unikalnymi, sympatrycznymi populacjami budujących pułapki sieciarek Myrmeleontidae i muchówek Vermileonidae. Dlatego wyjazd badawczy do Natural History Museum of Denmark, choć krótki, uważam za niezwykle wartościowy przez poszerzenie mojej wiedzy w zakresie taksonomii i systematyki orientalnej fauny mrówkolwów, a dzięki temu przydatny w kontekście przyszłych badań.

7. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę.

Z uwagi na to, że od czasu uzyskania stopnia naukowego doktora jestem zatrudniony na stanowisku naukowym, moje doświadczenie dydaktyczne jest mocno ograniczone do czasu sprzed uzyskania tego stopnia. W czasie studiów doktoranckich na Uniwersytecie Jagiellońskim współprowadziłem kursy dla studentów studiów licencjackich i magisterskich na kierunku biologia. Były to kursy „Biologia owadów społecznych” (w roku akademickim 2015/2016 i 2016/2017) oraz anglojęzyczny kurs „Field course in tropical ecology” (w roku akademickim 2017/2018). W czasie studiów doktoranckich współorganizowałem również konferencję myrmekologiczną, 7th Central European Workshop of Myrmecology (21-24.04.2017, 70 uczestników). Kilka razy brałem też wtedy udział w wydarzeniach popularyzujących naukę, takich jak Małopolska Noc Naukowców. W dorobku z tego okresu mam również dwa artykuły popularnonaukowe, wymienione poniżej i opublikowane w roku 2015.

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora moje osiągnięcia dydaktyczne skupiają się na opiece nad doktorantami. Jestem promotorem pomocniczym dwojga doktorantów Uniwersytetu Jagiellońskiego, p. Filipa Turzy i p. Moniki Ostap-Chęć. Z obojgiem doktorantów łączy mnie ścisła i zażyła współpraca, co ilustruje fakt, że jestem opiekunem projektów obojga. Jak opisywałem wyżej, są to projekty PRELUDIUM 16 NCN i PRELUDIUM 20 NCN (załącznik 4, punkt 5).

W ramach działalności popularyzacyjnej po uzyskaniu stopnia naukowego doktora opublikowałem artykuł popularnonaukowy dotyczący tematyki wykorzystania robotnic pszczoły miodnej w badaniach nad alkoholizmem. Zaangażowałem się także w przekład książki „Science and human behavior” B.F. Skinnera, która ukazała się w marcu 2022 roku nakładem Wydawnictwa Naukowego PWN. Książka opatrzona jest również przedmową mojego współautorstwa. Przekład tej książki traktuję jako przykład mojej działalności popularyzatorskiej oraz dydaktycznej. Dzieła Skinnera stanowią dla mnie inspirację od czasów studiów magisterskich na kierunku psychologia. Planuję dalsze przekłady książek Skinnera.

Artykuły popularnonaukowe:

1. **Miler, K.** (2015). Wybrane zagadnienia dotyczące stałości i zmienności zachowania. *Kosmos* 64:229-238.

2. Banot, W., Oleś, W., **Miler, K.** (2015). Człowiek jako element środowiska: sprawa świadomości ekologicznej. *Wszechświat* 116:103-107.
3. Ostap-Chęć, M., **Miler, K.** (2022). Pszczoła miodna jako obiecujący gatunek modelowy w badaniach nad alkoholizmem. *Kosmos* 70:659-669.

Przekłady:

1. Skinner, B.F. (1953). *Science and human behavior*. Macmillan. (2022). Nauka i zachowanie człowieka. Wydawnictwo Naukowe PWN. Przekład: **Miler, K.**
Przedmowa: Bąbel, P., **Miler, K.**

8. Inne informacje.

Moje badania z okresu przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora zostały kilka razy wyróżnione stypendiami, w tym dwa razy rocznymi stypendiami dla doktorantów za wybitne osiągnięcia przyznawanymi przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (w latach 2017 i 2018) oraz rocznym stypendium START ufundowanym przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej (w roku 2018). Z kolei w okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora moje badania zostały wyróżnione przyznaniem mi trzyletnim stypendium dla wybitnych młodych naukowców finansowanym przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (w roku 2019).