

AUTOREFERAT

Weronika Banaszak-Cibicka

Pracownia Pszczelnictwa, Katedra Zoologii
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań

Poznań 2021

1. Imię i nazwisko

Weronika Banaszak-Cibicka

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

2005r. – **Dyplom magistra biologii**

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Biologii

Specjalność: biologia środowiska

Tytuł pracy: „Pszczola porobnica murarka *Anthophora plagiata* (Illiger, 1806) (Hymenoptera: Apoidea) w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej”

2009r. – **Stopień doktora nauk biologicznych**

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Biologii

Dyscyplina naukowa: nauki biologiczne

Specjalność: biologia środowiska - zoologia

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Specyfika fauny pszczół (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) miasta na przykładzie Poznania”

Promotor: prof. dr hab. Zdzisław Wilkaniec

Certyfikat językowy Cambridge English Advanced PB certificate (CAE) 2020 r.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

- 2009-2010 – **asystent** w Zakładzie Hodowli Owadów Użytkowych, Instytut Zoologii Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.
- 2010-obecnie – **adiunkt** w Pracowni Pszczelnictwa w Katedrze Zoologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (Dawny Zakład Hodowli Owadów Użytkowych w Instytucie Zoologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu).

W latach 2007 –2012 przebywałam dwukrotnie na urlopie macierzyńskim.

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.). Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej.

Osiągnięcie naukowe stanowi cykl pięciu oryginalnych publikacji naukowych opublikowanych w czasopiśmie znajdujących się w bazie *Journal Citation Reports*. Sumaryczny Impact Factor, zgodnie z rokiem opublikowania tych pozycji, wynosi **17,387** (dla publikacji z roku 2021 podano IF za rok 2020), a sumaryczna liczba punktów MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania to **380**. We wszystkich pięciu publikacjach jestem autorem pierwszym i korespondencyjnym.

Cykl publikacji powiązanych tematycznie pt.:

Wieloaspektowa analiza zmian fauny pszczoł (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) w środowisku zurbanizowanym

- I. Banaszak-Cibicka W.***, Żmihorski M. 2020. Are cities hot spots for bees? Local and regional diversity patterns lead to different conclusion. *Urban Ecosystems*, 23(4), 713-722. (DOI: 10.1007/s11252-020-00972-w) **IF: 3,005 (Q1); pkt. MNiSW: 70**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: opracowaniu koncepcji badań, pozyskaniu funduszy, zaplanowaniu badań terenowych, przeprowadzeniu badań terenowych, oznaczeniu zebranego materiału do gatunku, analizie i interpretacji otrzymanych wyników, napisaniu manuskryptu, korespondencji z redakcją i recenzentami. Mój wkład szacuję na 90%.

- II. Banaszak-Cibicka W.***, Dylewski 2021. Species and functional diversity - a better understanding of the impact of urbanization on bee communities, *Science of the Total Environment*, 774, 145729. (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145729>) **IF: 7,963 (Q1); pkt. MNiSW: 200**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: opracowaniu koncepcji badań, pozyskaniu funduszy, zaplanowaniu badań terenowych, przeprowadzeniu badań terenowych, oznaczeniu zebranego materiału do gatunku, analizie i interpretacji otrzymanych wyników, napisaniu manuskryptu, korespondencji z redakcją i recenzentami. Mój wkład szacuję na 95%.

- III. Banaszak-Cibicka W.*** 2014. Are urban areas suitable for thermophilic and xerothermic bee species (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes)? *Apidologie*, 45:145–155. (DOI 10.1007/s13592-013-0232-7) **IF: 1,676 (Q1); pkt. MNiSW: 40**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu badań terenowych, przeprowadzeniu badań terenowych, oznaczeniu zebranego materiału do gatunku, zebraniu danych literaturowych, analizie i interpretacji otrzymanych wyników, napisaniu manuskryptu, korespondencji z redakcją i recenzentami. Praca samodzielna (udział własny 100%).

- IV. Banaszak-Cibicka W.***, Twerd L., Fliszkiewicz M., Giejdasz K., Langowska A. 2018. City parks vs. natural areas - is it possible to preserve a natural level of bee richness and abundance in a city park? *Urban Ecosystems*, 21(4), 599-613. (DOI: 10.1007/s11252-018-0756-8) **IF: 2,493 (Q1); pkt. MNiSW: 30**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: opracowaniu koncepcji badań, współudziale w wykonaniu badań terenowych, oznaczeniu zebranego materiału do gatunku, analizie i interpretacji otrzymanych wyników, napisaniu manuskryptu, korespondencji z redakcją i recenzentami. Mój wkład szacuję na 75%.

- V. Banaszak-Cibicka W.***, Fliszkiewicz M., Langowska A., Żmihorski M. 2018. Body size and wing asymmetry in bees along an urbanization gradient. *Apidologie*, 49(3): 297-306. (DOI: 10.1007/s13592-017-0554-y) **IF: 2,250 (Q1); pkt. MNiSW: 40**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: opracowaniu koncepcji badań, pozyskaniu funduszy, zaplanowaniu badań terenowych, współudziale w wykonaniu badań terenowych, wykonywaniu pomiarów, analizie i interpretacji otrzymanych

wyników, napisaniu manuskryptu, korespondencji z redakcją i recenzentami. Mój wkład szacuję na 75%.

* Autor korespondencyjny

Kopie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe znajdują się w Załączniku nr 5, natomiast oświadczenia współautorów, określające ich indywidualny wkład w powstanie publikacji, w Załączniku nr 6.

Uzasadnienie tematyki badawczej

Pszczoły, jako owady zapylające, odgrywają niezwykle istotną rolę w przyrodzie, ale mają również duże znaczenie dla gospodarki człowieka. Informacje dotyczące spadku liczebności i różnorodności pszczół (Potts i in. 2010; Bartomeus i in. 2013), w związku ze zmianami środowiskowymi powodowanymi działalnością ludzką, wpłynęły na zwiększenie zainteresowania ich ochroną. Obecnie prawie wszystkie ekosystemy na Ziemi są bezpośrednio lub pośrednio dotknięte presją człowieka, a ekstensywnie użytkowane siedliska półnaturalne stają się coraz rzadsze we współczesnych krajobrazach. Z tego względu większość gatunków funkcjonuje w środowiskach silnie przekształconych lub zmienionych i dlatego również obszary zdominowane przez człowieka, odgrywają ważną rolę w zachowaniu bioróżnorodności, a ich znaczenie będzie rosło wraz ze wzrostem liczby ludności.

Zmiany faunistyczne w środowiskach antropogenicznych są obecnie niezwykle ważnym i aktualnym zagadnieniem. Zapyłacze były szeroko badane na terenach rolniczych, ale obszary miejskie są nadal niedostatecznie zbadane, a ich znaczenie dla pszczół jest niejasne. Szereg prac wskazuje na negatywną rolę urbanizacji dla zachowania różnorodności roślin i zwierząt, w tym dla pełniących kluczową rolę w zapyłaniu roślin, dziko żyjących pszczół (np. Bates i in. 2011; Geslin i in. 2013; Hamblin i in. 2018). Jednak według innych źródeł, właściwie zaprojektowane i zarządzane miejskie tereny zielone mogą być atrakcyjnym siedliskiem dla wielu gatunków (np. Fetridge i in. 2008; Tonietto i in. 2011; Garbuzov i in. 2014). Pomimo że zainteresowanie fauną owadów zapylających terenów zurbanizowanych wzrasta, nasza dotychczasowa wiedza jest wciąż ograniczona i zdecydowanie brakuje bardziej wnikliwych analiz, które umożliwiłyby pokazanie rzeczywistego obrazu fauny pszczół zasiedlającej środowiska miejskie. Procesy urbanizacyjne są złożone i nie zawsze prowadzą do prostego

wymierania gatunków, mogą natomiast powodować zmiany w strukturze zgrupowań, które z kolei przekładają się na funkcjonowanie ekosystemów i świadczenia ekosystemowe (Shochat i in. 2010). Lepsze zrozumienie wpływu urbanizacji na pszczoły jest więc niezbędne do skutecznej ochrony tej niezwykle istotnej grupy owadów zapylających.

Wcześniejsze badania pokazujące, że miasta odgrywają ważną rolę dla dzikich pszczoł, odnosiły się do lokalnej różnorodności gatunkowej (m.in. Baldock i in. 2015; Sirohi i in. 2015). Lokalna różnorodność biologiczna (różnorodność α) jest ważna, ale znaczna część utraty różnorodności jest spowodowana mniejszą zmiennością czasowo-przestrzenną między lokalnymi zgrupowaniami (różnorodność β), co prowadzi do biotycznej homogenizacji (Olden i Rooney 2006). Zmniejszona wymiana gatunków i homogenizacja fauny zapylaczy w krajobrazie mogą być związane z zaburzeniami środowiskowymi (Quintero i in. 2010). Dynamika zgrupowań w skali lokalnej wpływa więc na różnorodność regionalną (różnorodność γ). Dlatego badania ograniczone tylko do skali lokalnej, nie uwzględniające dynamiki czasowo-przestrzennej różnorodności biologicznej, mogą prowadzić do błędnych wniosków (Socolar i in. 2016). Ekolodzy często wyróżniają dwie składowe różnorodności beta, określane jako wymiana gatunków (species turnover) i zagnieżdżenie (nestedness) (Baselga i in. 2010). Wymiana gatunków i zagnieżdżenie znacznie się różnią pod względem biologicznych konsekwencji. Wymiana gatunków zachodzi, gdy gatunki obecne w jednym miejscu są nieobecne w drugim, ale są zastępowane przez inne gatunki nieobecne w pierwszym (Qian i in. 2005). Zagnieżdżenie występuje, gdy gatunki obecne w jednym miejscu są nieobecne w drugim i nie są zastępowane przez dodatkowe gatunki, stanowią więc podzbiór gatunków z bogatszych siedlisk (Ulrich i Gotelli 2007). Zagnieżdżenie (nestedness) jest wynikiem selekcji gatunków związanej z warunkami siedliskowymi, które stanowią rodzaj ekologicznego filtra. Dotychczas powstały tylko nieliczne prace określające różnorodność β dzikich pszczoł wzdłuż gradientów antropogenicznych zaburzeń (Tylianakis i in. 2005; Hendrickx i in. 2007; Quintero i in. 2010). Nie prowadzono natomiast badań nad różnorodnością β pszczoł w gradiencie urbanizacji.

Ponadto większość dotychczasowych badań analizująca bogactwo, liczebność i różnorodność gatunkową pszczoł, nie uwzględniała biologicznych różnic między gatunkami, a zatem nie mogła w pełni odzwierciedlać związku między zmianami środowiskowymi, występowaniem gatunków i procesami zachodzącymi w zgrupowaniach. Z tego powodu zaczęto również wykorzystywać różnorodność funkcjonalną jako narzędzie do analizy reakcji organizmów na zmiany środowiskowe oraz do lepszego zrozumienia, w jaki sposób

zgrupowania funkcjonują na obszarach przekształconych (Tilman i in. 1997). Zróżnicowanie funkcjonalne (Functional diversity, FD) określa różnice funkcjonalne między gatunkami. FD można zdefiniować jako zasięg, rozmieszczenie i liczebność funkcjonalnych cech organizmów w danym ekosystemie, a cechy te mogą być morfologiczne, fenologiczne, fizjologiczne, lub behawioralne (Violle i in. 2007). Analiza różnorodności funkcjonalnej, w przeciwieństwie do klasycznych wskaźników różnorodności, umożliwia ocenę składu gatunkowego zgrupowań pod względem jakościowym, a nie tylko ilościowym.

Posiadane cechy przekładają się na różną wrażliwość gatunków na zaburzenia antropogeniczne (Larsen i in. 2005). Różne gatunki wykazują więc zróżnicowane reakcje na te same czynniki (Arena i Sgolastra 2014) i być może z tego powodu wykazują również różne trendy populacyjne w czasie (Bartomeus i in. 2013). Na przykład pszczoły kleptopasożytnicze (pasożyty gniazdowe) są uważane za taksony wskaźnikowe do oceny zgrupowań pszczół (Sheffield i in. 2013). Kleptopasożyty są bardziej podatne na zmiany środowiskowe i mniej liczne na terenach przekształconych, w tym na obszarach miejskich (Cane 2005). Podobnie specjalizacja troficzna jest często związana z wrażliwością na przekształcenia środowiska (Öckinger i in. 2010). Gatunki oligolektyczne (korzystające z kwiatów nielicznych gatunków roślin należących do tego samego rodzaju lub rodziny) są bardziej wrażliwe, gdyż ich występowanie uzależnione jest od obecności konkretnych gatunków roślin żywicielskich. Również duże rozmiary ciała są cechą, która wskazuje na większą wrażliwość gatunku w wielu grupach zwierząt, w tym w niektórych zgrupowaniach pszczół (Larsen i in. 2005; Flynn i in. 2009; Rader i in. 2014). Miasta charakteryzują się także specyficznym klimatem. Jedną z najbardziej zauważalnych cech klimatu miejskiego jest to, że temperatura powietrza w mieście jest wyższa niż temperatura w jego okolicy. Ta cecha sprzyja występowaniu na obszarach zurbanizowanych zwierząt ciepłolubnych (Eversham i in. 1996). Jednak dotychczas nie analizowano pod tym względem zgrupowań pszczół.

Badania, które uwzględniają nie tylko różnorodność gatunkową, ale także ich różnorodność funkcjonalną, pozwalają na lepsze zrozumienie wpływu przekształceń środowiskowych na zgrupowania organizmów. Zmienione siedlisko może nie powodować spadku różnorodności czy liczebności gatunków, co może skutkować błędnym przekonaniem, że zmiany środowiskowe nie wpływają na badane zgrupowania. Jednak dokładniejsza analiza cech funkcjonalnych może wskazywać na coś zupełnie przeciwnego. Zmiany środowiskowe mogą wpływać na różnorodność biologiczną poprzez kierunkowe wymieranie, związane z cechami poszczególnych gatunków. Zatem analiza składników różnorodności funkcjonalnej (FD), takich jak bogactwo funkcjonalne (Functional richness, FRic), równomierność

funkcjonalna (Functional evenness, FEve), rozbieżność funkcjonalna (Functional divergence, FDiv), rozproszenie funkcjonalne (Functional dispersion, FDis) i redundancja funkcjonalna (Functional redundancy, FRed), wnosi nową perspektywę do oceny reakcji zgrupowań na zmiany środowiskowe wywołane przez człowieka (Flynn i in. 2009; Mouillot i in. 2013).

Warto również zaznaczyć, że prace dotyczące wpływu presji urbanizacyjnej na pszczoły koncentrowały się na poziomie zgrupowań, a niewiele jest badań nad konsekwencjami działalności człowieka na poziomie populacji lub jednostki, chociaż wiadomo, że presja antropogeniczna może wpływać na kondycję pojedynczych osobników (Ouyang i in. 2004; Lodovici i Bigagli 2011). Jednocześnie zmiany te mogą mieć daleko idące konsekwencje dla trendów populacyjnych pojedynczych gatunków i ogólnego stanu populacji pszczoł, a zatem mają kluczowe znaczenie dla zrozumienia wpływu transformacji siedliska na zapylacze.

W przypadku pszczoł, zwłaszcza samotnie żyjących, wielkość osobników ma decydujące znaczenie dla sukcesu reprodukcyjnego. Zmiany w rozkładzie rozmiarów ciała w gradiencie środowiskowym mogą odzwierciedlać różnice w dostępności zasobów lub świadczyć o stresie środowiskowym. Ograniczenie ilości pyłku wpływa na masę ciała pszczoł (Bosch i Vicens 2002; Szentgyörgyi i in. 2016), a z kolei masa ciała osobników wpływa na płodność samic, zwłaszcza pszczoł samotnych (Kim 1997). Duże osobniki mogą zbierać i transportować duże ilości pyłku kwiatowego (pokarm dla larw) i zaopatrywać więcej komórek lęgowych w jednostce czasu niż małe osobniki (Strohm i Linsenmair 1997). Ze względu na dużą ilość pożywienia potomstwo tych pszczoł również będzie większe, a zaopatrzone w odpowiednią ilość pokarmu, ma większe szanse na rozwój i przetrwanie (Bosch i Vicens 2002). Indywidualne zróżnicowanie wielkości ciała może zatem stanowić ważną adaptację pszczoł do siedlisk miejskich. Pszczoły dostosowują także proporcję płci swojego potomstwa do zasobów pokarmowych, jakie są w stanie dostarczyć do gniazda, tak więc osobniki mniejsze produkują więcej synów (m.in. Seidelmann i in. 2010), co może zaburzać proporcję płci w populacjach. Wielkość ciała pszczoł ma także znaczenie ekologiczne - zbierając większe ilości pyłku zapyłają większą liczbę kwiatów. Wcześniejsze badania pokazały, że różnice w wielkości ciała mogą determinować kolonizację środowiska miejskiego przez różne grupy bezkręgowców: na obszarach podmiejskich zwykle liczniej występowały gatunki o dużych rozmiarach, natomiast w centrum miasta dominowały gatunki małe. Występowanie drobnych gatunków w centrach miast może wiązać się z mniejszą ilością dostępnego pożywienia, stąd obszary miejskie mogą pełnić funkcję filtrów środowiskowych (Tscharrntke et al. 2012), co zaobserwowano dla chrząszczy i pajaków (Weller i Ganzhorn 2004). Nie prowadzono jednak

dotyczących badań dotyczących wpływu urbanizacji na wielkość pszczół w ramach jednego gatunku (tj. zróżnicowanie indywidualne).

Również wzorzec symetrii dwustronnych struktur ciała jest używany jako wskaźnik warunków środowiskowych (Møller i Swaddle 1997), a tym samym może potencjalnie odzwierciedlać efekt urbanizacji. Losowe odchylenie od symetrii dwustronnej, nazywane asymetrią fluktuacyjną (FA) (Polak i Triners 1994), odzwierciedla stabilność rozwojową i jest uważane za wskaźnik stresu wywołanego przez środowisko w organizmach (Palmer i Strobeck 1992). Podłoże genetyczne osobnika, struktura populacji i poziom chowu osobnego mogą również odgrywać rolę w podatności na asymetrię wywołaną stresem. Podwyższony poziom asymetrii może korelować z kondycją jednostki (Møller 1997), a często występującymi stresorami, które zwiększają asymetrię, są zanieczyszczenie powietrza i wody, pestycydy, temperatura, niedobór pożywienia i pasożytnictwo (De Anna i in. 2013). Asymetria kierunkowa jest inną formą asymetrii dwustronnej, która różni się od asymetrii fluktuacyjnej tym, że jedna strona jest konsekwentnie większa od drugiej (Van Valen 1962), ale może być również potencjalnym wskaźnikiem stabilności rozwojowej (Graham i in. 1998). Jest zatem prawdopodobne, że poziom asymetrii ciała u pszczół może być kształtowany przez urbanizację, chociaż problem ten nie był dotychczas badany u dzikich pszczół.

Cel badawczy osiągnięcia naukowego

Głównym celem prezentowanych badań było lepsze poznanie wpływu jakiej obszary miejskie wywierają na faunę pszczół oraz ocena możliwości ochrony tych owadów w środowisku zurbanizowanym.

Prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego miały następujące szczegółowe cele badawcze, umożliwiające wieloaspektową analizę zagadnienia:

- ocena składu gatunkowego, bogactwa i liczebności pszczół na obszarach miejskich, podmiejskich i wiejskich
- ocena α , β i γ różnorodności w strefie miejskiej, podmiejskiej i wiejskiej
- analiza zmienności składu gatunkowego między poszczególnymi lokalizacjami (species turnover, nestedness)
- ocena różnorodności funkcjonalnej

- określenie cech funkcjonalnych gatunków bardziej wrażliwych na zmiany urbanizacyjne
- określenie cech gatunków wykazujących mniejszą wrażliwość na zmiany urbanizacyjne
- zbadanie miejskiej fauny pszczół pod kątem zoogeografii oraz ocena, czy gatunki ciepłolubne i kserotermiczne pszczół znajdują odpowiednie warunki do życia i rozwoju w miastach.
- ocena dużych parków miejskich o zróżnicowanej szacie roślinnej jako miejsc życia i ochrony licznych i różnorodnych zbiorowisk pszczół.
- analiza wewnątrzgatunkowej zmienności wielkości ciała i asymetrii skrzydeł pszczół dziko żyjących w strefie miejskiej, podmiejskiej i wiejskiej
- próba odpowiedzi na pytanie: czy środowisko miejskie może stanowić dogodne miejsce dla ochrony pszczół?

Wyniki

Banaszak-Cibicka W.*, Żmihorski M. 2020. Are cities hot spots for bees? Local and regional diversity patterns lead to different conclusion. *Urban Ecosystems*, 23(4), 713-722.

Celem podjętych badań była ocena składu gatunkowego dzikich pszczół, a także różnorodności α , β i γ oraz analiza zagnieżdżeń (nestedness) na obszarach miejskich, podmiejskich i wiejskich. Przeprowadziliśmy trzyletnie badania, aby określić znaczenie obszarów miejskich dla utrzymania różnorodności pszczół.

Całkowita liczba gatunków pszczół stwierdzona podczas prezentowanych badań na terenie strefy miejskiej i podmiejskiej Poznania wyniosła łącznie 139. Co stanowi 44% fauny pszczół regionu (Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej), oraz blisko 30% fauny Polski. Dalsze analizy pokazały również, że liczebność i bogactwo gatunkowe pszczół nie różniły się między siedliskami miejskimi, podmiejskimi i wiejskimi. W trakcie prowadzonych badań przeanalizowaliśmy także występowanie gatunków rzadkich, stwierdzając obecność gatunków znajdujących się na Czerwonej Liście Zwierząt Ginących i Zagrożonych – 10 gatunków obserwowano na terenach wiejskich, 15 na obszarach podmiejskich oraz 10 w mieście. Tym samym nasze badania potwierdziły, że w miastach mogą funkcjonować bardzo różnorodne zgrupowania pszczół, składające się nie tylko z gatunków pospolitych, ale również rzadkich, a

tereny miast mogą w związku z tym stanowić miejsce ochrony tej ważnej grupy owadów zapylających.

Również różnorodność lokalna (α -diversity) nie różniła się między trzema klasami urbanizacji. Zróżnicowane tereny miejskie zapewniają pszczołom miejsca do gniazdowania, a także dużą różnorodność roślin pokarmowych. Roślinność miejska składa się z gatunków roślin wprowadzanych przez człowieka jak również roślin spontanicznie przedostających się do miast oraz roślinności pozostałej. Tak zróżnicowana baza pokarmowa może dostarczać pożywienia przez cały okres lotów pszczół. Równocześnie rozległe i zróżnicowane miejskie parki i ogrody zapewniają odpowiednie miejsca gniazdowe dla pszczół o różnych wymaganiach, takich jak nagie gleby, puste łodygi roślin, opuszczone nory owadów lub gryzoni, a nawet muszle ślimaków, dlatego miejskie zbiorowiska pszczół mogą być lokalnie porównywalne ze zbiorowiskami pszczół na terenach wiejskich.

Jednocześnie przeprowadzając dalszą analizę danych z wykorzystaniem krzywych rarefakcji, a więc uwzględniając zmienność składu gatunkowego między lokalizacjami (β -diversity), wykazaliśmy najwyższe bogactwo gatunkowe na poziomie gamma (γ -diversity) na terenach wiejskich, a najmniejsze na terenach miejskich. Spadek różnorodności beta w środowisku zurbanizowanym wykazano dotychczas dla innych grup owadów, brakowało natomiast badań dotyczących pszczół, nasza praca wzbogaca więc wiedzę w tym zakresie. Chociaż różnorodność α może być wysoka na terenach miejskich, zmiany siedlisk spowodowane działalnością człowieka mogą w rzeczywistości zmniejszyć całkowitą różnorodność w puli stanowisk poprzez ujednoczenie fauny pszczół w krajobrazie miejskim. Ponadto stwierdziliśmy, że społeczność pszczół była zagnieżdżona, a próbki miejskie miały wyższą rangę, co sugeruje, że społeczność pszczół miejskich jest podzbiorem społeczności podmiejskiej i wiejskiej. Zagnieżdżenie zaobserwowano u wielu taksonów i stanowi ono ważną miarę o znaczeniu konserwatorskim, odzwierciedlającą nieprzypadkowy proces utraty gatunków. Uzyskany przez nas wynik podkreśla również biologiczne znaczenie obszarów podmiejskich w kształtowaniu różnorodności gatunków występujących na obszarach miejskich.

Tym samym prezentowane badania udowodniły, że aby określić rzeczywiste biologiczne konsekwencje urbanizacji dla zgrupowań pszczół nie można ograniczać się do oceny różnorodności gatunkowej na poziomie lokalnym (różnorodność α) i że takie analizy mogą prowadzić do błędnych wniosków. Wpływ środowiska na zgrupowania pszczół przejawia się również zmianą tempa wymiany gatunków między lokalnymi zgrupowaniami, a efekt ten nie jest wykrywalny na poziomie alfa, dlatego wymaga również rozpatrywania poziomów beta

i gamma. Nasze badania dowiodły, że uwzględnienie czasowo-przestrzennej dynamiki pozwala na lepsze zrozumienie mechanizmów determinujących zmienność zgrupowań pszczół w środowiskach miejskich. To z kolei umożliwia tworzenie zaleceń dotyczących ochrony zapylaczy na terenach zurbanizowanych. Otrzymane wyniki wskazują na to, że zmiany składu gatunkowego nie są procesem przypadkowym. Dlatego też zasadnym było dalsze przeanalizowanie fauny pszczół pod kątem cech funkcjonalnych.

Banaszak-Cibicka W.*, Dylewski 2021. Species and functional diversity - a better understanding of the impact of urbanization on bee communities, *Science of the Total Environment*, 774, 145729.

Kolejna praca rozwija zagadnienie związane z różnicami w zgrupowaniach pszczół między siedliskami miejskimi, podmiejskimi i wiejskimi skupiając się na cechach funkcjonalnych. Ocena funkcjonalna miejskich społeczności dzikich pszczół ma coraz większe znaczenie, szczególnie w odniesieniu do ochrony różnorodności biologicznej, utrzymania świadczeń ekosystemowych i tworzenia skutecznych programów ochrony. Podejście funkcjonalne umożliwia zrozumienie tego, w jaki sposób różnorodność biologiczna jest kształtowana przez ograniczenia środowiskowe, bada tym samym odporność ekosystemów na zmiany w środowisku, które to zagadnienie jest w ostatnich latach w centrum zainteresowania ekologów.

Przeprowadzone w naszej pracy analizy wykazały, że chociaż bogactwo gatunkowe i liczebność nie różniły się między trzema badanymi klasami urbanizacji (miejską, podmiejską i wiejską), to skład gatunkowy pszczół w badanych trzech typach siedlisk był znacząco różny. Wiele gatunków zostało stwierdzonych we wszystkich trzech klasach urbanizacji, jednakże 38 gatunków było obserwowanych wyłącznie na terenach wiejskich, 20 wyłącznie na obszarach podmiejskich, ponadto stwierdzono także występowanie 12 gatunków, które były obecne tylko w strefie miejskiej.

Zainicjowaliśmy również uwzględnienie analizy składników różnorodności funkcjonalnej (FD). Analiza ta, pomimo iż wnosi nową perspektywę do oceny reakcji zgrupowań na zmiany środowiskowe wywołane przez człowieka, nie była dotychczas wykorzystywana w badaniach fauny pszczół miast. Nasze badania pokazały większe rozproszenie funkcjonalne (Functional dispersion, FDis) na obszarach podmiejskich w porównaniu z terenami miejskimi, podczas gdy rozbieżność funkcjonalna (Functional divergence, FDiv) i redundancja funkcjonalna (Functional redundancy, FRed) były istotnie

większe na terenach miejskich. Natomiast bogactwo funkcjonalne (Functional richness, FRic) i równomierność funkcjonalna (Functional evenness, FEve) nie różniły się istotnie między trzema badanymi typami siedlisk. Analiza składowych zróżnicowania funkcjonalnego pokazała, że największe zróżnicowanie funkcjonalne występowało w siedliskach podmiejskich, co się wiąże z niższą specjalizacją zgrupowań. To odkrycie sugeruje, że gatunki współistniejące w siedliskach podmiejskich są funkcjonalnie odmienne pod względem cech, co z kolei może się przekładać na odmienne reakcje gatunków na zmiany środowiskowe. Jednocześnie wykazaliśmy większą rozbieżność funkcjonalną na obszarach miejskich, co wskazuje, że dominujące gatunki mają skrajne tożsamości funkcjonalne w porównaniu ze wszystkimi obecnymi pszczołami. Wynik ten świadczy o tym, że społeczność pszczoł miejskich jest zdominowana przez wyspecjalizowane gatunki, lepiej przystosowane do przekształconego środowiska, podczas gdy funkcjonalna przestrzeń niszowa w środowisku podmiejskim była potencjalnie bardziej równomiernie wypełniona przez szereg gatunków. Ponadto nie stwierdziliśmy spadku bogactwa gatunkowego w siedliskach miejskich przy jednoczesnej dużej redundancji funkcjonalnej, która występuje, gdy cechy większości gatunków pokrywają się. Większe podobieństwo ról funkcjonalnych gatunków pszczoł miejskich wiąże się z filtrowaniem środowiskowym. Bardziej stresujące środowiska ograniczają kombinacje cech, wykluczając gatunki o cechach źle zaadoptowanych do danego ekosystemu. Z kolei słabsze filtrowanie środowiskowe na obszarach podmiejskich pozwala na większe zróżnicowanie funkcjonalne. Przedmieścia to bardzo niejednorodne siedliska z ogrodami, nieużytkami i dużymi terenami zielonymi o półnaturalnym charakterze, przyciągające pszczoły o różnorodnych cechach. Umiarkowana presja człowieka może przyczynić się do zwiększenia różnorodności siedlisk, a tym samym do ich większej atrakcyjności dla zapylaczy o różnych wymaganiach siedliskowych.

Oprócz powodowania zmian w różnorodności funkcjonalnej, wykazaliśmy ponadto, że urbanizacja wpływała na skład funkcjonalny społeczności. Na obszarach miejskich występował mniejszy odsetek samotnie żyjących gatunków pszczoł niż na obszarach podmiejskich i wiejskich. Wynik ten potwierdza nasze wcześniejsze obserwacje (Banaszak-Cibicka i Żmihorski 2012). Ponadto obszary miejskie były w mniejszym stopniu zdominowane przez pszczoły pasożytnicze. Również gatunki oligolektyczne były mniej liczne na obszarach miejskich w porównaniu z siedliskami podmiejskimi i wiejskimi. Specjalizacja kwiatowa wiąże się z większą wrażliwością na zaburzenia środowiskowe, a krajobrazy miejskie są zwykle zdominowane przez gatunki polilektyczne (Banaszak-Cibicka i Żmihorski 2012). Również zwyczaje związane z gniazdowaniem pszczoł różniły się znacznie w zależności od typów

siedlisk. Wydaje się, że dostępność odpowiednich miejsc do gniazdowania ogranicza populacje pszczoł. Niewielka liczba naziemnych miejsc gniazdowania może działać jako silny filtr środowiskowy dla zgrupowań pszczoł. Prezentowane badania wykazały, że pszczoły gniazdujące w ziemi są mniej liczne w krajobrazach miejskich. Ponadto wykazaliśmy, że siedliska miejskie były w mniejszym stopniu zdominowane przez pszczoły o krótszym okresie lotów trwającym od 2 do 4 miesięcy, podczas gdy gatunki pszczoł, których loty trwały przez większą część sezonu (6 miesięcy), były istotnie związane z obszarami miejskimi. Zatem gatunki pszczoł związane z siedliskami miejskimi były gatunkami pospolitymi, szeroko rozpowszechnionymi, polilektycznymi, eusocjalnymi, o długim okresie lotów. Ponadto obszary miejskie były preferowane przez gatunki południowe. Siedliska miejskie, charakteryzujące się wyższymi temperaturami, mogą zapewniać lepsze warunki życia ciepłolubnym gatunkom pszczoł z Europy południowej.

Banaszak-Cibicka W.* 2014. Are urban areas suitable for thermophilic and xerothermic bee species (*Hymenoptera: Apoidea: Apiformes*)? *Apidologie*, 45:145–155.

Jedną z najbardziej zauważalnych cech klimatu miejskiego jest to, że temperatura powietrza w mieście jest wyższa niż temperatura w okolicy. Zjawisko to jest powszechnie określane jako efekt miejskiej wyspy ciepła. Wzrost temperatury zależy od wielkości miasta; jednak różnica może sięgać 12°C w pogodne dni lub 1–2°C przy średniej rocznej temperaturze. Przyczyną efektu miejskiej wyspy ciepła jest szereg różnych czynników. Zmniejszenie pokrycia powierzchni przez rośliny, nagromadzenie elementów pochłaniających ciepło, takich jak liczne budynki, drogi, chodniki itp., jak również bezpośrednie wytwarzanie ciepła związane z działalnością człowieka, powodują wzrost temperatury na obszarach miejskich w stosunku do temperatury otoczenia. Miasta są wyspami ciepła, a ich cieplejszy i bardziej suchy klimat zapewnia odpowiednie warunki dla szeregu gatunków ciepłolubnych i kserotermicznych z południowej Europy, w tym również gatunków owadów. Zmiany warunków klimatycznych pociągają za sobą wyraźne zmiany w fenologii, fizjologii i rozmieszczeniu roślin i zwierząt. Pszczoły są wrażliwe na temperaturę otoczenia można więc było przypuszczać, że cieplejszy klimat miast może wpływać na kształtowanie się fauny pszczoł je zamieszkujących. W tym kontekście zaskakuje fakt znikomej liczby danych na temat wpływu temperatury na owady zapylające w środowisku miejskim. W prezentowanej pracy skupiałam się więc na analizie fauny pszczoł zasiedlającej miasto pod kątem zoogeografii gatunków. Badania miały na celu

sprawdzenie czy gatunki ciepłolubne i kserotermiczne znajdują odpowiednie warunki do gniazdowania i rozwoju w miastach.

Większość pszczoł (blisko 64%) stwierdzonych na terenie miasta były to gatunki szeroko rozpowszechnione. Podobnie wyglądała sytuacja w pobliskim Wielkopolskim Parku Narodowym, gdzie gatunki te stanowiły prawie 65% fauny pszczoł. Z kolei gatunki południowe (zasiedlające większość obszarów otaczających Morze Śródziemne i Morze Czarne, preferujące otwarte, suche i ciepłe siedliska) - stanowiły łącznie 15,7% miejskiej fauny pszczoł. Jest to duża liczba w porównaniu z terenami Wielkopolskiego Parku Narodowego, gdzie gatunki południowe stanowiły tylko 9% populacji. Niska liczebność gatunków południowych w WPN jest związana z niewielką liczbą środowisk o charakterze kserotermicznym na jego obszarze. Ponadto środowiska te stale zarastają krzewami i drzewami. Z drugiej strony południowe gatunki pszczoł występujące na całej Nizinie Wielkopolsko-Kujawskiej stanowią aż 22,4% fauny ze względu na możliwość rozwoju na licznych w tym regionie stanowiskach kserotermicznych. Murawy kserotermiczne w dolinie dolnej Wisły są ostoją wielu gatunków pszczoł południowych. Należy jednak podkreślić, że pomimo znacznie mniejszej, w porównaniu z Niziną Wielkopolsko-Kujawską, powierzchni, jak również obecnością wielu czynników mogących negatywnie wpływać na funkcjonowanie pszczoł, Poznań utrzymuje stosunkowo dużą liczbę gatunków południowych.

Moje badania udowodniły również, że obszary zurbanizowane mogą zapewnić odpowiednie siedliska do życia nie tylko pospolitym gatunkom, ale także gatunkom rzadkim o szczególnych wymaganiach termicznych, które w miastach znajdują korzystne warunki do rozwoju. Rzadkie, południowe gatunki obserwowane w Poznaniu, w tym *Megachile pilidens*, *Andrena florea*, *Andrena mitis*, *Andrena congruens* i *Osmia mustelina*, dotychczas nie były obserwowane w pobliskim Wielkopolskim Parku Narodowym. Wszystkie z nich, z wyjątkiem *Andrena congruens*, stwierdzono natomiast na ciepłolubnych murawach kserotermicznych w dolinie dolnej Wisły na Nizinie Wielkopolsko-Kujawskiej. Te rzadkie gatunki obserwowano również w Bydgoszczy i Łodzi. Ten interesujący wynik pokazuje, że niektóre gatunki mogą znaleźć lepsze warunki życia w miastach niż na obszarach chronionych.

Banaszak-Cibicka W.*, Twerd L., Fliszkiewicz M., Giejdasz K., Langowska A. 2018. City parks vs. natural areas - is it possible to preserve a natural level of bee richness and abundance in a city park? *Urban Ecosystems*, 21(4), 599-613.

Dotychczasowe wysiłki mające na celu ochronę różnorodności biologicznej na świecie koncentrowały się głównie na ochronie dużych, nienaruszonych siedlisk przyrodniczych. Jednocześnie brakowało danych pokazujących czy w dużych i zróżnicowanych pod względem roślinności parkach miejskich mogą funkcjonować zgrupowania pszczół zbliżone do zgrupowań obserwowanych na terenach bardziej naturalnych. Prezentowane badania analizowały faunę pszczół występującą na powierzchniach zlokalizowanych na terenie dużych i różnorodnych parków miejskich w porównaniu do powierzchni znajdujących się na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego. Badaliśmy zarówno liczebność, bogactwo i różnorodność gatunkową jak również cechy funkcjonalne pszczół w obu typach siedlisk. Dotychczas nie porównywano zmian w zgrupowaniach pszczół na terenach zurbanizowanych i obszarach chronionych pod względem funkcjonalnym.

Parki miejskie o dużej powierzchni i o zróżnicowanej szacie roślinnej okazały się być porównywalne z obszarami chronionymi położonymi poza miastem zarówno pod względem liczebności jak i bogactwa gatunkowego pszczół, mogą więc stanowić dogodne miejsce do życia i ochrony licznych i różnorodnych zgrupowań tych owadów. Jednocześnie nie zaobserwowaliśmy znaczących różnic w bogactwie rzadkich gatunków w Parku Cytadela i na obszarach chronionych, ale bogactwo rzadkich gatunków w WPN było większe niż w Ogrodzie Botanicznym. Natomiast liczebność rzadkich gatunków była istotnie mniejsza w obu parkach miejskich. Park Cytadela jest duży i zróżnicowany. Co więcej, na jego terenie znajdują się obszary o charakterze półnaturalnym. Stąd może on stwarzać korzystne warunki siedliskowe nie tylko dla gatunków pospolitych, ale także rzadszych. Niemniej jednak teren Parku narodowego okazał się lepszym miejscem do tworzenia się większych liczebnie populacji rzadkich gatunków.

Chociaż nie stwierdziliśmy różnic pod względem bogactwa i liczebności pszczół w obu badanych parkach miejskich oraz na obszarach zbliżonych do naturalnych, wykazaliśmy jednak różnice w występowaniu gatunków o różnych cechach funkcjonalnych. Pszczoły społeczne w środowisku miejskim prezentowały większe bogactwo gatunkowe. Pszczoły te odznaczają się dużą plastycznością ekologiczną i etologiczną oraz dużą tolerancją na zmiany środowiskowe, dlatego też mają większą zdolność adaptacji do nowych, często niekorzystnych warunków, w porównaniu z pszczołami samotnymi. Jednocześnie w parkach miejskich obserwowaliśmy mniejszą różnorodność i liczebność gatunków pasożytniczych w porównaniu z obszarami chronionymi. Trwałość populacji gatunków tworzących zbiorowisko można ocenić za pomocą procentowego udziału gatunków pasożytniczych w tym zbiorowisku. Brak pasożytów lub ich niski udział w zbiorowisku może świadczyć o słabej trwałości populacji gatunku żywiciela.

Może to również wynikać z tego, że populacja gatunku żywiciela przebywała na danym obszarze przez krótki czas lub wykazuje znaczne wahania liczebności. Zwiększona częstotliwość zaburzeń ekologicznych, takich jak usuwanie roślin, wylesianie itp. może powodować duże wahania liczebności lub czasowe wymieranie populacji żywiciela. Z drugiej strony większe bogactwo i liczebność gatunków pasożytniczych na terenach naturalnych świadczy o wysokiej jakości tych środowisk, które są w stanie utrzymać stabilne populacje gatunków żywicielskich. Stwierdziliśmy również, że duże gatunki pszczoł i gatunki pojawiające się późną wiosną wykazywały mniejsze bogactwo i liczebność w parkach miejskich w porównaniu z obszarami naturalnymi. Duże rozmiary wiążą się z większym ryzykiem wyginięcia w wielu grupach zwierząt. Z kolei mniejsza liczebność gatunków późnowiosennych wykazana w trakcie naszych badań może być związana z faktem, że znaczna część trawników w parkach miejskich jest regularnie koszona. Częste koszenie trawników w okresie kwitnienia roślin będących pożywieniem dla pszczoł ma większy wpływ na gatunki późnowiosenne niż na gatunki wczesnowiosenne. Pszczoły wczesnowiosenne żywią się w dużym stopniu pyłkiem drzew, a drzewa stanowią najbardziej stabilne źródło pożywienia w mieście. Mniejsza ilość dostępnego później pokarmu przekłada się na mniejszą liczebność pszczoł. Z drugiej strony południowe gatunki pszczoł w parkach miejskich wykazywały większą różnorodność i liczebność w porównaniu z obszarami naturalnymi. Środowisko miejskie charakteryzuje się wyższymi temperaturami w porównaniu z obszarami podmiejskimi, jest więc dogodnym siedliskiem dla fauny południowej (Praca III). Wzorec ten jest szczególnie widoczny w Parku Cytadela, co prawdopodobnie wynika ze specyficznych warunków klimatycznych tego obszaru. Pozostałości ceglanych murów dawnych fortyfikacji oraz ciepłe, gliniaste zbocza sprzyjają gniazdowaniu ciepłolubnych gatunków pszczoł.

Banaszak-Cibicka W.*, Fliszkiewicz M., Langowska A., Żmihorski M. 2018. Body size and wing asymmetry in bees along an urbanization gradient. *Apidologie*, 49(3): 297-306.

Z naszych badań wynika, że różnice międzygatunkowe w wielkości ciała determinują kolonizację środowiska miejskiego przez pszczoły: duże gatunki pszczoł wykazywały mniejsze bogactwo i liczebność w parkach miejskich w porównaniu z obszarami naturalnymi, natomiast w mieście dominowały gatunki małe (Praca IV). Presja antropogeniczna może ograniczać zasoby roślin pokarmowych, zwiększać zanieczyszczenie powietrza, a także materiału używanego do budowy gniazd i pożywienia owadów. Może to wpływać na morfologię,

anatomię i zachowanie zwierząt co z kolei może mieć konsekwencje dla trendów populacyjnych pojedynczych gatunków i ogólnego stanu populacji pszczoł. Z tego względu nasza kolejna praca miała na celu ocenę wpływu urbanizacji na wielkość osobników i symetrię ciała w obrębie wybranego gatunku dziko żyjącej pszczoły – *Anthophora plumipes*.

Nasze badania wykazały, że wielkość ciała przedstawicieli badanego gatunku nie różniła się pomiędzy trzema analizowanymi typami siedlisk: wiejskim, podmiejskim i miejskim. Zróżnicowanie wielkości ciała w obrębie gatunku jest miarą morfologiczną, która może wskazywać na jakość środowiska. W naszym badaniu nie zaobserwowaliśmy jednak różnic w wielkości ciała pszczoł odłowionych w różnych krajobrazach. Można zatem stwierdzić, że ilość pożywienia była stabilna w badanym gradiencie miejsko-wiejskim. Złowione okazy *Anthophora plumipes* żerowały głównie na jasnocie purpurowej (*Lamium purpureum*), która rośnie w różnych siedliskach. Chociaż roślina jest uważana za chwast, występowała obficie na wszystkich badanych stanowiskach, w tym również miejskich.

Stwierdziliśmy jednocześnie, że zarówno pszczoły wiejskie, jak i występujące w miastach były znacząco asymetryczne, a asymetria była tylko kierunkowa, ponieważ cechy prawego skrzydła były znacznie większe. Ponadto wykazaliśmy, że pszczoły miejskie były mniej asymetryczne w porównaniu z pszczołami zebranymi w krajobrazie wiejskim. Zwierzęta mają dwubocznie symetryczną budowę ciała. Niemniej jednak mogą również wykazywać różne typy asymetrii: asymetrię fluktuacyjną, asymetrię kierunkową i antysymetrię. Asymetria rośnie wraz ze spadkiem jakości środowiska i koreluje z kondycją jednostki. Osobniki asymetryczne osiągają mniejszy sukces reprodukcyjny, a asymetria może mieć również bezpośredni wpływ na przeżycie. Asymetria kierunkowa, wykazana w przedstawionych badaniach, występuje w całym królestwie zwierząt i jest szeroko opisywana w odniesieniu do wielkości skrzydeł owadów, w tym pszczoł miodnych. U *Apis mellifera* prawe skrzydła są większe niż lewe (Szentgyörgyi i in. 2016), podobnie jak skrzydła *Anthophora plumipes* w naszych badaniach. Asymetria kierunkowa ma prawdopodobnie podłoże genetyczne, ale mogą się do niej również przyczyniać warunki środowiskowe, dlatego możliwe jest generowanie asymetrii kierunkowej poprzez stresowanie organizmu nawet w bardzo krótkim okresie czasu (Pélabon i in. 2006). Wykazaliśmy, że asymetria kierunkowa wyraźnie różniła się między analizowanymi siedliskami. Co zaskakujące, pszczoły miejskie były mniej asymetryczne w porównaniu do pszczoł na obszarach wiejskich. Miasta charakteryzują się specyficznymi warunkami abiotycznymi, takimi jak „miejska wyspa ciepła” z wyższymi średnimi temperaturami, wcześniejszymi wiosnami i dłuższymi okresami bezmrozowymi, co może pozytywnie wpływać na pszczoły. Mikroklimat miejski może zapewnić stabilność rozwojową larw pszczoł

ze względu na bardziej stabilne temperatury, na które narażone są organizmy. Po drugie, nie jest oczywiste, że zanieczyszczenie środowiska wzrasta wraz z urbanizacją, ponieważ na terenach uprawnych stosuje się duże ilości środków owadobójczych, a w miastach zużycie pestycydów jest mniejsze. Siedliska miejskie mogą również zapewniać bogate zasoby pokarmowe i możliwości żerowania dla pszczoł, zwiększając w ten sposób liczebność i zagęszczenie pszczoł.

Podsumowanie osiągnięcia naukowego oraz znaczenie aplikacyjne

Prezentowane badania doprowadziły do istotnego wzbogacenia wiedzy w zakresie wpływu środowisk miejskich na faunę pszczoł. **Do głównych osiągnięć** przedstawionych w cyklu publikacji należy zaliczyć:

1. Przeprowadzono pierwszą tak kompleksową analizę zgrupowań pszczoł na obszarach o różnej presji urbanizacyjnej.
2. Oceniono skład gatunkowy, bogactwo i liczebności pszczoł na obszarach miejskich, podmiejskich i wiejskich.
3. Po raz pierwszy w literaturze przedmiotu dokonano oceny α , β i γ różnorodności w strefie miejskiej, podmiejskiej i wiejskiej. Otrzymane wyniki są znaczącym uzupełnieniem wiedzy o pszczołach środowisk zurbanizowanych. Równocześnie udowodniono, że aby określić rzeczywiste konsekwencje urbanizacji dla zgrupowań pszczoł nie można ograniczać się do oceny różnorodności gatunkowej na poziomie lokalnym (różnorodność α).
4. Dokonano również analizy zmienności składu gatunkowego między poszczególnymi lokalizacjami (species turnover, nestedness). Uwzględnienie czasowo-przestrzennej dynamiki badanych zgrupowań, umożliwiło lepsze zrozumienie mechanizmów powodujących zmienność zgrupowań pszczoł w różnych środowiskach.
5. Przeprowadzono ocenę różnorodności funkcjonalnej pszczoł w środowisku miejskim, podmiejskim i wiejskim i wykazano, że uwzględnienie analiz różnorodności funkcjonalnej w ocenie zmian różnorodności biologicznej na obszarach zurbanizowanych jest istotne i wzbogaca wiedzę o skutkach antropopresji w ekosystemach miejskich.
6. Udowodniono, że gatunki o różnych cechach funkcjonalnych różnie reagują na urbanizację.

7. Badania umożliwiły zidentyfikowanie cech pszczół bardziej wrażliwych na zmiany urbanizacyjne (jak samotny i pasożytniczy tryb życia, specjalizacja pokarmowa, krótki okres lotów), jak również takich, które są mniej wrażliwe na przekształcenia środowiska związane z urbanizacją (społeczny tryb życia, szerokie preferencje pokarmowe, długi okres lotów). Uzyskane dane poszerzyły dotychczasową wiedzę na ten temat.
8. Zbadano miejską faunę pszczół pod kątem zoogeografii, a także sprawdzono czy gatunki ciepłolubne i kserotermiczne pszczół znajdują odpowiednie warunki do życia i rozwoju w miastach.
9. Sprawdzono również, czy duży park miejski o zróżnicowanej szacie roślinnej może być porównywalny z obszarami naturalnymi jako miejsce życia i ochrony licznych i różnorodnych zgrupowań pszczół. Porównano również zgrupowania pszczół obu środowisk pod kątem cech funkcjonalnych, które to zagadnienie nie było dotąd badane.
10. Przeprowadzono również analizę wewnątrzgatunkowej zmienności wielkości ciała i asymetrii skrzydeł pszczół dziko żyjących, a uzyskane wyniki można uznać za pionierskie dla tej grupy owadów.

Przedstawione badania, poza aspektem czysto poznawczym, mają także duże **znaczenie aplikacyjne** w ochronie tej ważnej grupy owadów zapylających. Z jednej strony badania udowodniły, że struktura zgrupowań pszczół wskazuje, że gatunki występujące w centrum miasta najczęściej występują również na terenach podmiejskich i wiejskich. Dlatego też w dłuższej perspektywie obszary wiejskie mają kluczowe znaczenie dla ochrony pszczół. Trudno byłoby chronić regionalne zasoby pszczół, koncentrując się wyłącznie na obszarach zurbanizowanych, na których znajdują się częściowo zhomogenizowane społeczności. Jednocześnie pomimo tego, że obszary wiejskie wydają się lepsze dla pszczół, nasze wyniki wskazują, że obszary miejskie także mogą stanowić ważne miejsce dla ochrony pszczół, ponieważ są miejscem występowania i rozwoju nie tylko pospolitych, ale także rzadkich gatunków, a na poziomie lokalnym zgrupowania tych owadów mogą być nawet bogatsze w gatunki niż zbiorowiska występujące w bardziej naturalnych krajobrazach. Co więcej, niektóre gatunki znaleziono tylko na obszarach miejskich, co prawdopodobnie wiąże się ze szczególnymi warunkami w tym środowisku, sprzyjającymi występowaniu gatunków o specyficznych wymaganiach siedliskowych.

Jednocześnie obszary prawnie chronione, nienaruszone lub prawie nienaruszone, gdzie wpływ działalności człowieka na florę i faunę jest bardzo ograniczony, nie zostały zaprojektowane z myślą o konkretnej grupie zwierząt tam żyjących, stąd ich cechy nie zawsze

muszą być korzystne dla pszczół. Nasze badania udowodniły, że duże parki miejskie mogą być dogodnym siedliskiem dla bardzo różnorodnej i licznej grupy pszczół. Ponadto takie parki mogą być specjalnie przekształcane w celu zwiększenia ich atrakcyjności dla zapylaczy, co jest ich niewątpliwym atutem. Z uwagi na to, że urbanizacja jest procesem postępującym, a coraz większe obszary stają się częścią miast, rola zieleni miejskiej jako siedliska dla lokalnej fauny będzie wzrastać. Dlatego sugerujemy, że przyjazne dla pszczół zarządzanie zielenią miejską jest warte rozważenia jako strategia ochrony owadów zapylających.

Literatura

- Arena, M., & Sgolastra, F. (2014). A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*, 23(3), 324-334.
- Baldock, K. C., Goddard, M. A., Hicks, D. M., Kunin, W. E., Mitschunas, N., Osgathorpe, L. M., ... & Memmott, J. (2015). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1803), 20142849.
- Banaszak-Cibicka, W., & Żmihorski, M. (2012). Wild bees along an urban gradient: winners and losers. *Journal of Insect Conservation*, 16(3), 331-343.
- Bartomeus, I., Ascher, J. S., Gibbs, J., Danforth, B. N., Wagner, D. L., Hedtke, S. M., & Winfree, R. (2013). Historical changes in northeastern US bee pollinators related to shared ecological traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(12), 4656-4660.
- Baselga, A. (2010). Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global ecology and biogeography*, 19(1), 134-143.
- Bates, A. J., Sadler, J. P., Fairbrass, A. J., Falk, S. J., Hale, J. D., & Matthews, T. J. (2011). Changing bee and hoverfly pollinator assemblages along an urban-rural gradient. *PLoS one*, 6(8), e23459.
- Bosch, J., & Vicens, N. (2002). Body size as an estimator of production costs in a solitary bee. *Ecological Entomology*, 27(2), 129-137.
- Cane, J. H. (2005). 5. Bees, Pollination, and the Challenges of Sprawl. In *Nature in Fragments* (pp. 109-124). Columbia University Press.
- De Anna, E. B., Bonisoli-Alquati, A., & Mousseau, T. A. (2013). The use of fluctuating asymmetry as a measure of environmentally induced developmental instability: A meta-analysis. *Ecological Indicators*, 30, 218-226.
- Eversham, B. C., Roy, D. B., & Telfer, M. G. (1996). Urban, industrial and other manmade sites as analogues of natural habitats for Carabidae. In *Annales Zoologici Fennici* (pp. 149-156). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- Fetridge, E. D., Ascher, J. S., & Langellotto, G. A. (2008). The bee fauna of residential gardens in a suburb of New York City (Hymenoptera: Apoidea). *Annals of the entomological Society of America*, 101(6), 1067-1077.
- Flynn, D. F., Gogol-Prokurat, M., Nogeire, T., Molinari, N., Richers, B. T., Lin, B. B., ... & DeClerck, F. (2009). Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology letters*, 12(1), 22-33.
- Garbuzov, M., & Ratnieks, F. L. (2014). Quantifying variation among garden plants in attractiveness to bees and other flower-visiting insects. *Functional Ecology*, 28(2), 364-374.
- Geslin, B., Gauzens, B., Thebault, E., & Dajoz, I. (2013). Plant pollinator networks along a gradient of urbanisation. *PLoS one*, 8(5), e63421.
- Graham, J. H., Emlen, J. M., Freeman, D. C., Leamy, L. J., & Kieser, J. A. (1998). Directional asymmetry and the measurement of developmental instability. *Biological Journal of the Linnean Society*, 64(1), 1-16.

- Hamblin, A. L., Youngsteadt, E., & Frank, S. D. (2018). Wild bee abundance declines with urban warming, regardless of floral density. *Urban Ecosystems*, 21(3), 419-428.
- Hendrickx, F., Mealfait, J. P., Van Wingerden, W., Schweiger, O., Speelmans, M., Aviron, S., ... & Bugter, R. O. B. (2007). How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 44(2), 340-351.
- Kim, J. Y. (1997). Female size and fitness in the leaf-cutter bee *Megachile apicalis*.
- Larsen, T. H., Williams, N. M., & Kremen, C. (2005). Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. *Ecology letters*, 8(5), 538-547.
- Lodovici M., Bigagli E. 2011. Oxidative stress and air pollution exposure. *Journal of Toxicology*, doi:10.1155/2011/487074.
- Møller, A. P. (1997). Developmental stability and fitness: a review. *The American Naturalist*, 149(5), 916-932.
- Møller, A. P., & Swaddle, J. P. (1997). *Asymmetry, developmental stability and evolution*. Oxford University Press, UK.
- Mouillot, D., Graham, N. A., Villéger, S., Mason, N. W., & Bellwood, D. R. (2013). A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in ecology & evolution*, 28(3), 167-177.
- Olden, J. D., & Rooney, T. P. (2006). On defining and quantifying biotic homogenization. *Global Ecology and Biogeography*, 15(2), 113-120.
- Ouyang J.Q., De Jong M., Hau M., Visser M.E., Van Grunsven R.H. Spoelstra K. 2015. Stressful colours: corticosterone concentrations in a free-living songbird vary with the spectral composition of experimental illumination. *Biology Letters*, 11: 20150517.
- Öckinger, E., Schweiger, O., Crist, T. O., Debinski, D. M., Krauss, J., Kuussaari, M., ... & Bommarco, R. (2010). Life-history traits predict species responses to habitat area and isolation: a cross-continental synthesis. *Ecology letters*, 13(8), 969-979.
- Palmer, A. R., & Strobeck, C. (1992). Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of non-normal distributions and power of statistical tests. *Acta Zoologica Fennica*, 191(5772), 13.
- Pélabon, C., Hansen, T. F., Carter, A. J. R., & Houle, D. (2006). Response of fluctuating and directional asymmetry to selection on wing shape in *Drosophila melanogaster*. *Journal of evolutionary biology*, 19(3), 764-776.
- Polak, M., & Trivers, R. (1994). The science of symmetry in biology. *Trends in ecology & evolution*, 9(4), 122-124.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, 25(6), 345-353.
- Qian, H., Ricklefs, R.E. & White, P.S. (2005) Beta diversity of angiosperms in temperate floras of eastern Asia and eastern North America. *Ecology Letters*, 8, 15–22.
- Quintero, C., Morales, C. L., & Aizen, M. A. (2010). Effects of anthropogenic habitat disturbance on local pollinator diversity and species turnover across a precipitation gradient. *Biodiversity and Conservation*, 19(1), 257-274.
- Rader, R., Bartomeus, I., Tylianakis, J. M., & Laliberté, E. (2014). The winners and losers of land use intensification: Pollinator community disassembly is non-random and alters functional diversity. *Diversity and Distributions*, 20(8), 908-917.
- Seidelmann, K., Ulbrich, K., & Mielenz, N. (2010). Conditional sex allocation in the Red Mason bee, *Osmia rufa*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 64(3), 337-347.
- Sheffield, C. S., Pindar, A., Packer, L., & Kevan, P. G. (2013). The potential of cleptoparasitic bees as indicator taxa for assessing bee communities. *Apidologie*, 44(5), 501-510.
- Shochat, E., Lerman, S. B., Anderies, J. M., Warren, P. S., Faeth, S. H., & Nilon, C. H. (2010). Invasion, competition, and biodiversity loss in urban ecosystems. *BioScience*, 60(3), 199-208.
- Sirohi, M. H., Jackson, J., Edwards, M., & Ollerton, J. (2015). Diversity and abundance of solitary and primitively eusocial bees in an urban centre: a case study from Northampton (England). *Journal of Insect Conservation*, 19(3), 487-500.
- Socolar, J. B., Gilroy, J. J., Kunin, W. E., & Edwards, D. P. (2016). How should beta-diversity inform biodiversity conservation?. *Trends in ecology & evolution*, 31(1), 67-80.

- Strohm, E., Linsenmair, K. E. (1997). Female size affects provisioning and sex allocation in a digger wasp. *Animal Behaviour*, 54(1), 23-34.
- Szentgyörgyi, H., Czekońska, K., & Tofilski, A. (2016). Influence of pollen deprivation on the fore wing asymmetry of honeybee workers and drones. *Apidologie*, 47(5), 653-662.
- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M., & Siemann, E. (1997). The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277(5330), 1300-1302.
- Tonietto, R., Fant, J., Ascher, J., Ellis, K., & Larkin, D. (2011). A comparison of bee communities of Chicago green roofs, parks and prairies. *Landscape and Urban Planning*, 103(1), 102-108.
- Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., ... & Westphal, C. (2012). Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. *Biological reviews*, 87(3), 661-685.
- Tylianakis, J. M., Klein, A. M., & Tscharntke, T. (2005). Spatiotemporal variation in the diversity of Hymenoptera across a tropical habitat gradient. *Ecology*, 86(12), 3296-3302.
- Ulrich, W. & Gotelli, N.J. (2007) Null model analysis of species nestedness patterns. *Ecology*, 88, 1824–1831.
- Van Valen, L. (1962). A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*, 125-142.
- Violle, C., Navas, M. L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., & Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5), 882-892.
- Weller, B., & Ganzhorn, J. U. (2004). Carabid beetle community composition, body size, and fluctuating asymmetry along an urban-rural gradient. *Basic and Applied Ecology*, 5(2), 193-201.

Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze

Zdecydowana większość moich dotychczasowych badań skupiała się na wpływie środowisk przekształconych przez człowieka na zgrupowania owadów zapylających. Poza omówionymi powyżej zagadnieniami, analizowałam również inne aspekty związane z fauną pszczół, a także fauną pozostałych owadów zapylających w środowisku zurbanizowanym.

Ocenialiśmy między innymi cechy różnych obszarów miejskich i ich znaczenie dla owadów zapylających. Celem badań było ustalenie, jakie właściwości terenów zielonych wpływają na wzrost różnorodności gatunkowej i liczebności pszczół. Zbadaliśmy, w jakim stopniu na zgrupowania pszczół wpływa struktura roślinności i skład gatunkowy zbiorowisk roślinnych oraz odległość od większych terenów zielonych bezpośrednio połączonych z bardziej naturalnymi obszarami położonymi poza miastem. Nasze badania udowodniły, że czynnikiem decydującym o bogactwie gatunkowym pszczół w mieście jest odległość powierzchni od dużych terenów zielonych. Tereny podmiejskie zaopatrują w gatunki środowiska zurbanizowane. Bliskość takich obszarów ułatwia przenikanie pszczół do miast i wymianę gatunkową między populacjami. Zwykle rozmieszczenie terenów zielonych w miastach nie jest liniowe, a im większe odległości między rozproszonymi parkami i ogrodami, tym trudniejsze jest przemieszczanie się pszczół między dogodnymi dla nich obszarami. Z kolei

zagęszczenie pszczół w środowisku miejskim było determinowane pokryciem powierzchni przez rośliny żywicielskie. Obfitość roślin kwitnących stwarza odpowiednią bazę pokarmową dla pszczół i sprzyja ich większemu zagęszczeniu. Dane te mają znaczenie praktyczne, gdyż mogą zostać wykorzystane przy planowaniu miejskiej zieleni (praca w *Urban Forestry & Urban Greening* w 2016, p. Załącznik 4).

Kolejne badania porównywały liczebność i bogactwo gatunkowe trzech głównych grup zapylaczy w naszej szerokości geograficznej - dzikich pszczół (Apiformes), motyli (Lepidoptera) i bzygowatych (Syrphidae) - w trzech różnych typach zieleni miejskiej - murawy miejskie, parki miejskie i zielona infrastruktura na osiedlach mieszkaniowych. Ponadto analizowaliśmy jakie czynniki środowiskowe wpływają na liczebność i bogactwo gatunkowe różnych zgrupowań zapylaczy. Badania udowodniły, że zarówno liczebność zapylaczy jak również skład gatunkowy zgrupowań były znacząco różne między trzema badanymi typami siedlisk. Co więcej zmiany bogactwa gatunkowego i liczebności w związku ze zmianami środowiskowymi były różne dla różnych grup zapylaczy, ponieważ ekologia i strategie życiowe tych grup znacznie się różnią (praca w *Ecological Entomology* w 2019, p. Załącznik 4).

Dalsze analizy miały na celu ocenę, w jaki sposób cechy siedliska i skład zbiorowisk roślinnych kształtują zgrupowania zapylaczy w różnych typach zieleni miejskiej. Badanie to dostarczyło dowodów, że zarówno cechy środowiskowe, jak i roślinność miały znaczący wpływ na skład gatunkowy zgrupowań zapylaczy, co jest pośrednio związane z praktykami gospodarowania terenami zieleni. Polityka zarządzania zielenią w mieście, zwłaszcza na obszarach bardziej przekształconych, takich jak parki miejskie i osiedla mieszkaniowe, powinna uwzględniać ograniczenie liczby koszeń lub/i pozostawianie nieskoszonych obszarów jako miejsc żerowania i rozwoju zapylaczy. Wskazaniem byłoby również wzbogacanie terenów zieleni poprzez wysiewanie wybranych gatunków roślin atrakcyjnych dla zapylaczy (praca w *Urban Forestry & Urban Greening* w 2020, p. Załącznik 4).

Ponieważ nieużytki miejskie są ważnymi siedliskami dla wielu gatunków owadów, ale ich wartość dla ochrony dzikich pszczół jest wciąż słabo zbadana, oceniliśmy również bogactwo gatunkowe, liczebność i różnorodność dzikich pszczół na nieużytkach, różniących się powierzchnią, etapem sukcesji ekologicznej, lokalizacją (przedmieścia, centrum miasta) oraz historią użytkowania gruntów. Badania te miały na celu ocenę środowiskowej wartości nieużytków miejskich dla przetrwania i ochrony dzikich pszczół. Atrakcyjność nieużytków była pozytywnie skorelowana z pokryciem powierzchni przez kwitnące rośliny zielne, krzewy i niskie drzewa, a także powierzchnią nieużytków. Z kolei wzrost izolacji siedlisk, udział gatunków obcych, jednorocznych i niskich traw negatywnie wpływał na różnorodność pszczół.

Uzyskane wyniki wskazują, że niektóre typy nieużytków miejskich mogą być ważnymi siedliskami dla dzikich pszczoł. Z tego względu właściwe zarządzanie miejskimi terenami zielonymi powinno obejmować zarówno obszary formalnie zarządzane, jak i tereny dotychczas niedoceniane – nieużytki (praca w *Journal of Insect Conservation* w 2019, p. Załącznik 4).

Niewątpliwie kluczem do skutecznej ochrony pszczoł w miastach jest znajomość podstawowych relacji między pszczołami, a preferowanymi przez nie roślinami na danym terenie. Taka wiedza umożliwia właściwe kształtowanie roślinności obszarów zurbanizowanych. W związku z tym nasze badanie miało także na celu określenie, w jaki sposób roślinność wpływa na zgrupowania pszczoł na nieużytkach znajdujących się w mieście i na jego przedmieściach, a także w jaki sposób zarządzanie tymi obszarami może poprawić dostępność bazy pokarmowej, a tym samym sytuację owadów zapylających na obszarach miejskich. Pszczoły wczesnowiosenne i wiosenne przeważały na obrzeżach miasta, natomiast gatunki rozpoczynające loty w okresie letnim dominowały w mieście. Występowanie poszczególnych grup fenologicznych pszczoł było warunkowane rozmieszczeniem ich roślin pokarmowych. Pszczoły korzystały zarówno z gatunków roślin rodzimych jak i obcego pochodzenia. Badania pokazują, że właściwe zarządzanie roślinnością nieużytków jest sposobem na zwiększenie różnorodności biologicznej w miastach (praca w *Ecological Indicators* w 2021, p. Załącznik 4).

Ponieważ moje zainteresowania związane są głównie z określeniem zmian w naturalnych zasobach pszczoł wywołanych oddziaływaniem człowieka oraz badaniem procesów ekologicznych kształtujących te zasoby, angażowałam się również w badania związane z wpływem innych środowisk przekształconych na zgrupowania owadów zapylających.

Ze względu na fakt, iż owady zapylające wspierają produkcję roślinną, wiele praktycznych wysiłków ma na celu utrzymanie różnorodności zapylaczy, która jest szczególnie trudna na intensywnie zarządzanych gruntach rolnych. Dużo energii wkłada się w tworzenie obszarów chronionych, podczas gdy część terenów antropogenicznych i przemysłowych kryje niezbadany potencjał utrzymania różnorodności biologicznej. Nasze badania pokazały, że bogactwo gatunkowe, liczebność i różnorodność gatunkowa roślin i zapylaczy wokół turbin wiatrowych były zbliżone do występujących na murawach (typowe siedlisko dla tych owadów) i wyższe niż w sąsiednich uprawach. Ponieważ wiatraki są często budowane na rozległych, jednorodnych polach, umożliwiają one wnikanie tych ważnych owadów do wnętrza upraw i zapylanie roślin. Uzyskane wyniki pozwoliły na zaproponowanie praktyk, które powinny

skupić się na zapewnieniu różnorodności kwiatów i dostępności miejsc do gniazdowania dla zapylaczy wokół wiatraków. Odpowiedni nadzór powinien także zapobiegać zarastaniu terenu. Można zalecić również mniejsze stosowanie herbicydów w pobliżu wiatraków. Istotne jest także podnoszenie świadomości społecznej w zakresie walorów miejsc, w których znajdują się turbiny wiatrowe, nawet jeśli wiele z nich może być odbieranych jako ruderalne i nieatrakcyjne wizualnie (praca w *Environmental Science and Pollution Research* w 2018, p. Załącznik 4).

Ponieważ tylko nieliczne badania analizowały potencjalne interakcje między stosowanymi nawozami doglebowymi, a zapylaczami, nasze badania w środowisku rolniczym skupiły się na tym zagadnieniu. Otrzymane przez nas wyniki pokazały, że wybór nawozu stosowanego na uprawach może mieć wpływ na oblatywanie kwiatów przez owady zapylające. Rośliny nawożone organiczne (obornik) były najliczniej odwiedzane przez trzmiele, podobnie jak uprawy pozbawione nawożenia. Jednocześnie stosowanie obornika zwiększyło również wysokość roślin i skutkowało wysokimi plonami. Pokazaliśmy, że nowoczesne rolnictwo może łączyć efektywność z ochroną przyrody, a nawożenie lub jego ograniczenie ma znaczenie dla zapylaczy (praca w *Basic and Applied Ecology* w 2019, p. Załącznik 4).

Nasza wiedza o tym jak zaburzenia wywołane przez człowieka wpływają na różnorodność pszczół jest wciąż fragmentaryczna. Stosunkowo niedawno wzrosło zainteresowanie obszarami uprzemysłowionymi oraz ich wpływem na faunę pszczołowatych, a znaczenie tych terenów jest bardzo słabo poznane. Ochrona organizmów skupia się zwykle na terenach mało przekształconych przez człowieka. Jednakże wiele obszarów będących pod wpływem działalności ludzkiej może mieć znaczenie dla zachowania bioróżnorodności. Oceniliśmy bogactwo gatunkowe i liczebność dziko żyjących pszczół, w tym gatunków o wysokiej specjalizacji pokarmowej w użytkowanych i nieczynnych wyrobiskach piasku, które różniły się powierzchnią, stadium sukcesyjnym oraz lokalizacją w krajobrazie. Uzyskane wyniki wskazują, że wyrobiska piasku są ważnym, wtórnym siedliskiem dla dziko żyjących pszczół, w tym wysoko wyspecjalizowanych pokarmowo pszczół oligolektycznych (praca w *Acta Oecologica* w 2019, p. Załącznik 4).

Oprócz zagadnień wskazanych powyżej, w swoim dorobku posiadam również szereg prac na temat rozmieszczenia, ekologii i ochrony pszczół. Wykaz moich osiągnięć w tym zakresie prezentuje Załącznik 4.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

W trakcie swojej działalności naukowej współpracowałam lub współpracuję z różnymi ośrodkami naukowymi. Część aktywności ma charakter stałej współpracy w związku z podobną tematyką badawczą, inne są związane z realizacją konkretnych projektów badawczych.

Instytut Biologii Środowiskowej, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz (dr Lucyna Twerd). Współpraca związana z badaniami nad fauną pszczół środowisk przekształconych przez człowieka. W wyniku tej współpracy powstały liczne publikacje, a kolejne są w przygotowaniu. Planowane jest również złożenie wspólnego wniosku grantowego w tej tematyce.

- Twerd L., Banaszak-Cibicka W., Sobieraj-Betlińska A., Waldon-Rudziołek B., Hoffmann R. 2021. Contributions of phenological groups of wild bees as an indicator of food availability in urban wastelands. *Ecological Indicators*, 126, 107616. IF: 4,958; pkt. MNiSW: 140
- Twerd L., Banaszak-Cibicka W., Sandurska E. 2019. What features of sand quarries affect their attractiveness for bees? *Acta Oecologica*, 96: 56-64. IF: 1,220; pkt. MNiSW: 100
- Banaszak J., Banaszak-Cibicka W., Twerd L. 2019. Possible expansion of the range of *Xylocopa violacea* L. (Hymenoptera, Apiformes, Apidae) in Europe. *Turkish Journal of Zoology*, 43: 650-656. IF: 0,628 pkt. MNiSW: 40
- Twerd L., Banaszak-Cibicka W. 2019. Wastelands: their attractiveness and importance for preserving the diversity of wild bees in urban areas. *Journal of Insect Conservation*, 23(3), 573–588. (<https://doi.org/10.1007/s10841-019-00148-8>) IF: 1,553; pkt. MNiSW: 70
- Banaszak-Cibicka W., Twerd L., Fliszkiewicz M., Giejdasz K., Langowska A. 2018. City parks vs. natural areas - is it possible to preserve a natural level of bee richness and abundance in a city park? *Urban Ecosystems*, 21(4), 599-613. IF: 2,493; pkt. MNiSW: 30
- Banaszak J., Twerd L., Ratyńska H., Banaszak-Cibicka W., Zyś T. 2018. *Andrena florea* (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes): a rare bee species in Poland, related to the expansion of the alien plant *Bryonia dioica* (Cucurbitaceae), *Polish Journal of Entomology*, 87(3): 199-215. pkt. MNiSW: 15

Pracownia Pszczelnictwa, SGGW, Warszawa (dr hab. Beata Madras-Majewska, dr Barbara Zajdel)

Obecnie toczą się wspólne prace związane z realizacją tematu dotyczącego bioróżnorodności owadów zapylających na łąkach kwietnych w środowisku zurbanizowanym. Ponadto zaplanowaliśmy również badania podejmujące problem wpływu środowisk przekształconych przez człowieka na dziko żyjące pszczoły. Projekt wykraczał poza zwykłą analizę składu gatunkowego i liczebności w odniesieniu do urbanizacji. Jego założeniem było eksperymentalne ustalenie, w jaki sposób obszary zmodyfikowane przez człowieka wpływają na cechy osobników pszczół należących do tego samego gatunku, na przykład: zdolność reprodukcyjną, przetrwanie potomstwa, dynamikę populacji, wielkość poszczególnych owadów, asymetrię ich ciała oraz na behavior („Koszty życia w mieście: pszczoły dziko żyjące (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) w gradiencie urbanizacyjnym” Opus, NCN). Projekt miał być realizowany również we współpracy z **Katedrą Higieny Środowiska i Dobrostanu Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu** (dr Ewa Popiela, dr inż. Paweł Migdał). Niestety projekt nie uzyskał finansowania.

Moja znajomość taksonomii oraz biologii i ekologii pszczół zaowocowała również współpracą z innymi ośrodkami. Efektem współpracy są publikacje, a także doniesienia konferencyjne.

Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków (dr hab. Piotr Skórka)

- Pustkowiak S., Banaszak-Cibicka W., Mielczarek Ł. E., Tryjanowski P., Skórka P. 2018. The association of windmills with conservation of pollinating insects and wild plants in homogeneous farmland of western Poland. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(7): 6273–6284. IF: 2,914; pkt. MNiSW: 30
- Pustkowiak S., Banaszak-Cibicka W., Mielczarek Ł. E., Tryjanowski P., Skórka P. 2017. Znaczenie ferm wiatrowych dla utrzymania bioróżnorodności owadów zapylających krajobrazie rolniczym. *Materiały z XLXIV Naukowej Konferencji Pszczelarskiej*, Puławy, 7-8 marca, s: 106.

Instytut Biologii Ssaków PAN, Białowieża (dr hab. Michał Żmihorski)

- Banaszak-Cibicka W., Żmihorski M. 2020. Are cities hot spots for bees? Local and regional diversity patterns lead to different conclusions. *Urban Ecosystems*, 23(4), 713-722 IF: 3,005; pkt. MNiSW: 70

- Banaszak-Cibicka W., Fliszkiewicz M., Langowska A., Żmihorski M. 2018. Body size and wing asymmetry in bees along an urbanization gradient. *Apidologie*, 49(3): 297-306. IF: 2,250; pkt. MNiSW: 40
- Banaszak-Cibicka W., Żmihorski M. 2012. Wild bees along an urban gradient: winners & losers. *Journal of Insect Conservation*, 16: 331–343. IF: 1,801; pkt. MNiSW: 35
- Banaszak-Cibicka W., Żmihorski M. 2019. Czy miasta są dobrym miejscem do ochrony pszczół (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes)? Materiały z XLXVI Naukowej Konferencji Pszczelarskiej, Kazimierz Dolny, 5-6 marca, s: 65.

7 Program Ramowy Unii Europejskiej - Linking farmland Biodiversity to Ecosystem seRvices for effective ecofunctional intensificATIOn (LIBERATION) Managing semi-natural habitats and on-farm biodiversity to optimize ecological services (FP7 project THEME, KBBE.2012.1.2-02, no: 3117810) – konsorcjum instytucji naukowych (m. in. Wageningen University, Holandia; The University of Reading, Wielka Brytania; Sveriges Lantbruksuniversitet, Szwajcaria; Julius-Maximilians Universitaet Wuerzburg, Niemcy; Magyar Tudományok Akademiai Kutatóközpont, Węgry; Università Degli Studi di Padova, Włochy). Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu był jedyną jednostką krajową. W projekcie byłam wykonawcą w zadaniu 2.2 Understanding the importance of species identity and functional traits for ecosystem functioning: small-scale experiment using pollinators. W trakcie realizacji projektu badawczego odbyłam również kurs szkoleniowy „The Pollinator 101 Training course” (Wielka Brytania, University of Reading, Reading marzec 2014r.). W efekcie realizacji zadania powstała publikacja: Banaszak-Cibicka W., Takacs V., Kęsy M., Langowska A., Blecharczyk A., Sawinska Z., Sparks T.H., Tryjanowski P. 2019. Manure application improves both bumblebee flower visitation and crop yield in intensive farmland. *Basic and Applied Ecology*, 36: 26-33. (<https://doi.org/10.1016/j.baae.2019.03.005>) IF: 3,156; pkt. MNiSW: 70

Ponadto w 2020 roku zostałam zaproszona do globalnej współpracy dotyczącej wpływu zmian użytkowania gruntów na różnorodność taksonomiczną i funkcjonalną pszczół (Lauren C. Ponisio **University of Oregon**; Timothy C. Bonebrake i Tsang Pak Nok Toby **The University of Hong Kong**). Obecnie projekt jest w trakcie realizacji.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

Osiągnięcia dydaktyczne

W ramach pracy dydaktycznej na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu od czasu zatrudnienia na stanowisku adiunkta realizowałam zajęcia dydaktyczne dla studentów kierunków Biologia Stosowana w ramach przedmiotów „Zoologia ogólna”, „Zoologia systematyczna”, „Entomologia”, „Zoogeografia”, dla kierunku Zootechnika w ramach przedmiotów „Hodowla owadów użytkowych”, „Interakcje roślin i zwierząt”, „Zoogeografia”, „Owady ekonomicznie ważne” (przedmiot do wyboru) oraz dla kierunku Weterynaria w ramach przedmiotu „Parazytologia z inwazyjologią”. Prowadziłam również zajęcia z Entomologii w języku angielskim w ramach programu Erasmus+.

Podczas dotychczasowej pracy zawodowej byłam promotorem 5 obronionych prac dyplomowych magisterskich. Ponadto jestem promotorem pomocniczym rozprawy doktorskiej mgr inż. Mateusza Kęsego pt. „Ocena możliwości wykorzystania murarki ogrodowej (*Osmia rufa* L.) jako czynnika zwiększającego plonowanie wybranych gatunków drzew w leśnych plantacjach nasiennych”. Przewód doktorski został otwarty dnia 23.04.2021r.

Byłam również członkiem Rady Programowej Kierunku Studiów Biologia Stosowana oraz członkiem Komisji Egzaminacyjnych na egzaminach licencjackich dla studentów Kierunku Biologia Stosowana. Brałam także udział w organizacji XII Konferencji Dydaktycznej Katedr, Zakładów Pszczelnictwa i Pracowni Hodowli oraz Chorób Owadów Użytkowych (Zielonka, 2016).

Działalność organizacyjna

Obecnie jestem członkiem Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Biologiczne (2019-2020, 2020-2024), członkiem Międzydyscyplinowej Komisji Nauki (2020-2024), członkiem Kolegium Elektorów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Dyscypliny Nauki Biologiczne (2020-2024) jak również Koordynatorem dyscypliny nauki biologiczne w SEDN. Wcześniej pełniłam ponadto następujące funkcje: byłam członkiem Komisji Wydziałowej ds. Kadr Naukowych (2012-2016, 2016-2019), członkiem Wydziałowej Komisji ds. Nagród Rektora dla nauczycieli akademickich (2012-2016), członkiem Komisji Dyscypliny Nauki Biologiczne (2019), członkiem Rady Instytutu Zoologii (2017-2019), a także członkiem

Komitetu Organizacyjnego Seminariów Dyscyplinowych (2019). Moja działalność organizacyjna na rzecz Wydziału Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach Uniwersytetu Przyrodniczego to również wielokrotny udział w pracach Komisji Konkursowych na Obsadę Stanowisk.

Osiągnięcia popularyzujące naukę

Ze względu na fakt, iż moje badania umożliwiły pogłębienie wiedzy na temat wpływu środowisk miejskich na owady zapylające, a także ich znaczenia dla ochrony zapylaczy, wyniki swoich badań popularyzowałam w mediach jak i poprzez publikacje popularno-naukowe. Uczestniczyłam również w przygotowaniu tablic informacyjnych i materiałów dydaktycznych, a także brałam udział w różnych spotkaniach edukacyjnych, seminariach i warsztatach przeznaczonych dla mieszkańców miast, pszczelarzy, rolników oraz urzędników dotyczących m. in. znaczenia owadów zapylających oraz ich różnorodności i możliwości ochrony na obszarach przekształconych przez człowieka. W ramach popularyzacji nauki promowałam również wiedzę dotyczącą owadów zapylających wśród dzieci i młodzieży w trakcie Europejskiej Nocy Naukowców.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

Wpływ środowisk przekształconych na zgrupowania owadów zapylających, stanowi moją główną tematykę badawczą w której to dziedzinie postrzegana jestem, jako specjalista, co odzwierciedla duża liczba (35) wykonanych recenzji prac o zasięgu międzynarodowym, jak również recenzja projektu międzynarodowego (The International Postdoc Initiative (Technische Universität Berlin) peer-reviewed by international experts). Byłam również zapraszana do wygłoszenia referatów i udziału w warsztatach o zasięgu krajowym i międzynarodowym (m.in. University of Goettingen, Germany; Uniwersytet Martina Luthera z Niemiec we współpracy z International Association of Landscape Ecology IALE). Brałam również udział w realizacji 5-ciu projektów badawczych, w tym dwóch o zasięgu międzynarodowym (Linking farmland Biodiversity to Ecosystem seRvices for effective ecofunctional intensification LIBERATION i Ecosystem Services provided by the main ecosystem types in Poland – an applied approach (ECOSERV-POL) Norwegian grant).

Szczegółowy wykaz osiągnięć naukowych przedstawiono w Załączniku 4.

.....

(podpis wnioskodawcy)