

Załącznik 2.

Autoreferat

dr Hajnalka SZENTGYÖRGYI

Katedra Sadownictwa i Pszczelnictwa
Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Kraków, 2018

POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE

- **2004**
Doktor nauk biologicznych
Praca doktorska w języku angielskim pt.: „Modification of ultrasonic vocalisation of bank voles (*Clethrionomys glareolus*) by environmental factors” - Instytut Nauk o Środowisku, BiNoZ, Uniwersytet Jagielloński, Kraków
- **1999**
Magister biologii
Praca magisterska w języku angielskim pt.: „Ultrasonic response of newborn mice to conspecific odor” - Instytut Nauk o Środowisku, BiNoZ, Uniwersytet Jagielloński, Kraków
- **1994**
Dyplom języka polskiego w grupie ze specjalizacją języka medycznego, Instytut Polonijny, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

Obecnie:

- od 1 października 2014 r. do 31 grudnia 2018 r.
adiunkt naukowy zatrudniony z projektu NCN SONATA-Bis 3 w Katedrze Sadownictwa i Pszczelnictwa, WBiO, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Dotychczasowe zatrudnienie:

- od 1 sierpnia 2014 r. do 30 września 2014 r.
umowa zlecenia w ramach projektu EU STEP w Zespole Ekologii Behawioralnej, Instytutu Nauk o Środowisku, BiNoZ, Uniwersytet Jagielloński
- od 1 lipca 2009 r. do 31. lipca 2014 r.
adiunkt naukowy zatrudniona w projekcie EU SCALES w Zespole Ekologii Behawioralnej Instytutu Nauk o Środowisku, BiNoZ, Uniwersytet Jagielloński
- od 1 lutego 2009 r. do 30. czerwca 2009 r.
umowa zlecenia w ramach projektu EU ALARM w Zespole Ekologii Behawioralnej Instytutu Nauk o Środowisku, BiNoZ, Uniwersytet Jagielloński
- od 1 marca 2005 r. do 31. stycznia 2009 r.
asystent naukowy zatrudniona w projekcie EU ALARM w Zakładzie Ekologii Behawioralnej Instytutu Nauk o Środowisku, BiNoZ, Uniwersytet Jagielloński
- od 1 czerwca 2004 r. do 28. lutego 2005 r.
specjalista biolog zatrudniona w projekcie EU ALARM i EU MacMan w Zakładzie Ekologii Behawioralnej Instytutu Nauk o Środowisku, BiNoZ, Uniwersytet Jagielloński

GŁÓWNE OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE

Na osiągnięcie naukowe składa się cykl pięciu publikacji o **rozwoju pszczół oraz czynniki wpływające na ich jakość i występowanie w środowisku naturalnym**. Łączny IF (zgodny z rokiem publikacji) wyniósł **8,745** łączna liczba punktów MNiSW wyniosła **165**. Oświadczenia współautorów publikacji zawarte są w Zał. 5. Liczby w nawiasach w szczegółowym opisie (1-5) odnoszą się do odpowiednich publikacji z poniższej listy głównych osiągnięć naukowych)

- 1) **Szentgyörgyi H.**, Blinov A., Ereemeeva N., Luzyanin L., Grześ I. M., Woyciechowski M. (2011) Bumblebees (Bombidae) along pollution gradient - Heavy metal accumulation, species diversity, and *Nosema bombi* infection level. *Polish Journal of Ecology* 59(3): 599-610.
(IF: 0,506; pkt MNiSW: 15)
Swój wkład w powstaniu tej publikacji oceniam na 50%. Mój udział w powstaniu publikacji polegał na współtworzeniu idei badań, zebraniu i przygotowaniu materiału do analiz w Polsce, przeprowadzeniu analiz statystycznych oraz przygotowaniu i napisaniu maszynopisu artykułu.
- 2) **Szentgyörgyi H.**, Woyciechowski M. (2013) Cocoon orientation in the nests of red mason bees (*Osmia bicornis*) is affected by cocoon size and available space. *Apidologie* 44: 334–341.
(IF: 2,155; MNiSW: 40)
Swój wkład w powstaniu tej publikacji oceniam na 80%. Mój udział w powstaniu publikacji polegał na stworzeniu idei badań, zebraniu i opracowaniu materiału, przeprowadzeniu analiz statystycznych oraz przygotowaniu i napisaniu maszynopisu.
- 3) **Moroń D.**, **Szentgyörgyi H.**, Skórka P., Potts S.G., Woyciechowski M. (2014) Survival, reproduction and population growth of the important pollinator bee, *Osmia rufa*, along gradients of heavy metal pollution. *Insect Conservation and Diversity* 7(2): 113–121.
(IF: 1,937; MNiSW: 40)
Swój wkład w powstaniu tej publikacji oceniam na 20%. Mój udział w powstaniu publikacji polegał, zebraniu i przygotowaniu materiału w Polsce oraz przygotowaniu maszynopisu.
- 4) **Szentgyörgyi H.**, Czekońska, K., Tofilski A. (2016) Influence of pollen deprivation on the fore wing asymmetry of honeybee workers and drones. *Apidologie* 47: 653- 662.
(IF: 2,196; MNiSW: 40)
Swój wkład w powstaniu tej publikacji oceniam na 33,3%. Mój wkład w powstaniu tej pracy polegał na przygotowaniu danych pomiarowych do analiz, przeprowadzeniu analiz statystycznych danych oraz przygotowanie maszynopisu.
- 5) **Szentgyörgyi H.**, Moroń D., Nawrocka A., Tofilski A., Woyciechowski M. (2017) Forewing structure of the solitary bee *Osmia bicornis* developing on heavy metal pollution gradient, *Ecotoxicology* 26(8): 1031-1040.
(IF: 1,951; MNiSW: 30)
Swój wkład w powstaniu tej publikacji oceniam na 50%. Mój udział w powstaniu publikacji polegał na stworzeniu idei badań, zebraniu materiału, przeprowadzeniu analiz oraz napisaniu maszynopisu.

Pszczoły (Apiformes, Apoidea) są stosunkowo dużą i różnorodną grupą owadów. Choć prawie wszystkie gatunki są zapylaczami roślin owadopylnych, ich biologia znacznie się różni. Najbardziej rozpowszechnione wśród pszczół, to gatunki samotnicze, o prostym, jednorocznym cyklu życia, takie jak murarka ogrodowa (*Osmia bicornis*). Inne jak np. trzmiele (*Bombus spp.*), mają także cykl jednoroczny, ale żyją obligatoryjnie w rodzinach o dobrze określonej strukturze socjalnej. Natomiast najbardziej znany gatunek, mający dodatkowo duże znaczenie gospodarcze, to pszczoła miodna (*Apis*

mellifera), pszczoła wysoce socjalna, żyjąca w rodzinach wieloletnich, składających się nawet do 60 000 osobników (Michener, 2000). Mimo kluczowego znaczenia dzikich pszczół dla większości ekosystemów lądowych, nasza wiedza na temat rozwoju i czynników wpływających na ich jakość oraz występowanie w środowisku jest wciąż niewielka.

W ostatnim czasie obserwuje się wyraźny zanik zarówno pszczół dzikich, oraz - także w różnych częściach świata - pszczół miodnych głównie dzięki działalności ludzkiej, takie jak np. rolnictwo wielkoobszarowe i stosowanie chemicznych środków ochrony roślin, zanieczyszczenie środowiska, zmiana krajobrazu, a co ma wpływ na dostępność do roślin pożytkowych i miejsc gniazdowania (Kovács-Hostyánszki i inni, 2016). Jeden z bezsprzecznie szkodliwych czynników wpływających na jakość środowiska to zanieczyszczenie metalami ciężkimi (Nriagu, 1996). Niektóre metale ciężkie w odpowiednich ilościach są potrzebne do prawidłowego funkcjonowania organizmu jako mikroelementy, jednak po przekroczeniu potrzebnego poziomu stają się szkodliwe. Inne natomiast wchodzi w reakcję z różnymi enzymami i związkami w organizmie żywym, zmieniając lub blokując ich funkcję i zaburzając pracę organizmu niezależnie od ilości (Newman i Clements, 2008). Metale ciężkie w zależności od obecności lub braku mechanizmów detoksyfikujących w organizmie mogą powodować po prostu śmierć, lub różne efekty subletalne zależności od gatunku (Walker i inni, 2012). W niektórych przypadkach śmiertelność może zostać zminimalizowana, dzięki odpowiednim mechanizmom komórkowym, ale wymaga to zazwyczaj dodatkowych nakładów energii i może prowadzić do zmniejszenia sukcesu rozrodczego (Janczur i inni, 2000). Pszczoły ponieważ są dużą i niejednorodną grupą mogą wykazywać różne reakcje na obecność metali ciężkich w środowisku.

W celu sprawdzenia jak różne gatunki o różnych cyklach życiowych zachowują się w środowisku zanieczyszczonym przeprowadziliśmy w ramach projektów UE ALARM i UE STEP badania różnorodności gatunków trzmieli (1) i dzikich pszczół (Moroń i inni, 2012) na gradientach stężeń metalami ciężkimi, oraz badania rozrodu, przeżywalności i możliwych wad rozwojowych u murarki ogrodowej wychowanej w terenach skażonych (3, 5).

W południowej Polsce zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi z powodu działań przemysłowych jest poważnym problemem. W okolicach Bukowna koło Olkusza działa huta cynku ZGH „Bolesław” obciążająca środowisko zarówno produktami ubocznymi wcześniejszej kopalni, składowanych w formie hałd, jak i zanieczyszczeń powietrza przez procesy spalania i innych procesów technologicznych w trakcie produkcji różnych form cynku z rud metalonośnych. Dzięki współpracy w projekcie ALARM przeprowadziliśmy pierwsze duże badanie terenowe nad różnorodnością dzikich pszczół na gradientach stężeń metalami ciężkimi. Pierwsze wyniki naszych badań wykazało wyraźny negatywny wpływ skażenia środowiska metalami ciężkimi na występowanie różnych gatunków pszczół (Moroń i inni, 2012) i posłużyło jako podstawa do dalszych, szerzej zakrojonych badań gatunków trzmieli żyjących na terenach skażonych. Wraz zespołem przeprowadziłam odłowy trzmieli na tym samym gradiencie koło Bukowna, oraz we współpracy z partnerami w projekcie na podobnie zanieczyszczonych terenach w Rosji w rejonie Kemerovo wokół huty cynku w Belovo i huty metalu w Guryevsku. W Rosji dodatkowo by lepiej poznać faunę trzmieli w terenach niezanieczyszczonych wybraliśmy także dwa punkty badawcze w rejonie Kemerovo odległe od źródeł zanieczyszczeń w okolicach Gornaya Shorii, oraz Kuznietzkim Alatau.

Nasze badania wykazały, że różnorodność gatunków trzmieli przeciwieństwie do różnorodności pszczół samotnych nie zmieniło się wraz ze zmianą zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi. Dodatkowo u trzmieli oceniliśmy także ich stan zdrowia na powierzchniach o różnym poziomie zanieczyszczenia. Jako wskaźnik wybraliśmy poziom zapasożycenia z *Nosema bombi* (Larsson, 2006), powszechnie występującym w jelitach trzmieli *Microsporidium*. **Okazało się, że procent zapasożycionych osobników była podobna na obu gradientach stężeń metalami ciężkimi w Rosji, i nawet nieco niższa niż z terenu kontrolnego w Kuznietzkim Alatau.** Choć wynik wydaje się być

zaskakujący, trzeba pamiętać, że trzmiele w przeciwieństwie do pszczoł samotnych są owadami socjalnymi. Uważa się, że eusocjalność może częściowo uchronić kolonię przed negatywnym wpływem środowiska (Maavara i inni, 2007). Wyższy poziom zapasożycenia na terenach kontrolnych można tłumaczyć większą wrażliwością *Nosema bombi* na metale ciężkie, co może powodować niższe zapasożycenia gospodarzy na terenach skażonych. Inne wytłumaczenie to odkrytą przez nas różnicą genetyczną wśród *Nosema* występującymi koło gradientu (opisane wcześniej w GenBank jako *Nosema bombi* WS1) i na terenach kontrolnych. ***Nosema bombi* opisany na terenach kontrolnych był nie tylko odmienny genetycznie od występującego na gradientach, ale także nowy dla nauki i został wpisany do GenBanku jako *Nosema bombi* WS2.**

W kolejnej pracy szukaliśmy bardziej szczegółowych odpowiedzi dlaczego pszczoły samotne są bardziej wrażliwe na zanieczyszczenie środowiska korzystając z gradientu zanieczyszczeń koło ZGH „Bolesław” w Bukownie oraz w Wielkiej Brytanii w okolicach huty w Avonmouth (3). W tym celu umieszciliśmy gniazda-pułapki wraz kokonami murarki ogrodowej, jako modelu w badanych terenach, następnie pod koniec sezonu zebraliśmy gniazda-pułapki i przetrzymaliśmy w chłodni na okres zimy. Początkiem wiosny wyekstrahowaliśmy resztki pyłku oraz nierozwinięte larwy, pasożyty i gotowe kokony z dorosłymi pszczołami z gniazd. Zmierzyliśmy poziom zanieczyszczeń metalami ciężkimi w uzyskanych próbkach pyłku oraz w osobnikach, następnie uzyskane wartości skorelowano z wartościami zanieczyszczeń w glebie oraz sukcesem rozwoju osobników z tych gniazd. W tym celu policzono liczbę założonych gniazd, liczbę wygryzających się na wiosnę oraz ilość nierozwiniętych lub nieżywych osobników w gniazdach. Opisano płeć oraz zważono osobniki dorosłe po wygryzaniu się.

Zebrane dane wskazały, że larwy są wrażliwe na skażenie pokarmu metalami ciężkimi, a w szczególności samce, co prowadziło do częstszych zaburzeń rozwojowych i obumarcia larw, oraz gorsze wygryzanie się samców niż samic na tych samych powierzchniach. Jednakże mniej wrażliwe samice również gorzej rozwijały się na terenach zanieczyszczonych i dorastały do mniejszych rozmiarów, niż osobniki z powierzchni mniej skażonych. **Zanieczyszczenie metalami ciężkimi ogólnie powodowało mniejszy sukces rozrodczy, zmniejszenie rozmiaru potomstwa i zaburzenia w proporcji płci wśród wygryzających się osobników. Wszystkie te zmiany mogły tłumaczyć wcześniej zaobserwowane zmniejszenie różnorodności pszczoł dzikich na terenach skażonych** (Moroń i inni, 2012).

Badając osobniki rozwijające się w gniazdach pułapkach zauważyłam, że kokony w gniazdach są często źle ułożone w stosunku do wyjścia z gniazda niezależnie od poziomu skażenia. Murarka ogrodowa buduje swoje gniazdo, a właściwie wykorzystuje takie naturalne konstrukcje, jak suche trzciny, długie pęknięcia w drewnie, czy w skale na zakładanie gniazd, w których następnie rozdziela przestrzeń na poszczególne komórki za pomocą ścianek z błota i gromadzi w każdej komórce osobno pokarm dla pojedynczego jaja. Zazwyczaj są to gniazda zamknięte z jednej strony, do których samica zbiera pokarm, składa jajo, następnie zamyka pokarm z jajem za pomocą ścianki z błota i zaraz za ścianką gromadzi kolejną porcję pokarmu i składa kolejne jajo. W ten sposób konstruuje od kilku do kilkunastu komórek w rzędzie jedna za drugą. W komórkach najdalej znajdujących się od wyjścia samica składa najczęściej jaja zapłodnione, samicze, natomiast w komórkach bliżej wyjścia niezapłodnione, samcze (Seidelmann i inni 2010). W przypadku murarki samice i samce różnią się wyraźnie rozmiarem. Samice, są ok. 1,5 razy większe od samców. Z powodu większych rozmiarów, wiosną w sprzyjających warunkach (przy odpowiedniej temperaturze) samice wygryzają się wolniej niż samce. Dlatego też, zanim duże ciasno ułożone w komórce samice wybudzą się z hibernacji i rozpoczną wygryzanie się z gniazda, mniejsze szybciej wybudzające się samce opuszczają już początek gniazda, robiąc miejsce samicom. Samice ze względu na swój rozmiar często są bardzo ciasno ułożone w komórce wraz ze swoim kokonem, co skutecznie uniemożliwia obrócenie się po wygryzieniu się z kokonu, dlatego też larwy w momencie uwijania kokonu powinny tak się ułożyć, by ich głowy

znajdowały się w kierunku wyjścia z gniazda. Natomiast mniejsze samce mają możliwość obrócenia się, dlatego w ich przypadku prawidłowe ułożenie w komórce może nie mieć tak dużego znaczenia.

Używając murarki z własnej hodowli, gnieźdzącej się w naturalnych rurkach trzciny, sprawdziłam czy istnieje różnica w ułożeniu przez samce i samice kokonu w komórkach i czy poza płcią są też inne czynniki wpływające na orientację osobnika w komórce (2). Okazało się, że samice w warunkach standardowych prawie zawsze uwijały kokon prawidłowo z głową w kierunku wyjścia z gniazda, natomiast samce bardziej losowo. **Korelacja między szerokością komórki a wielkością kokonu wskazała, że kokon im bardziej ściśle dopasowany był do ścian komórki, tym częściej osobniki układały się głową w kierunku wyjścia. Prawidłowa orientacja osobnika jest więc wyraźnie regulowana i rozpoznawana przez murarkę w czasie rozwoju, aby uniknąć strat w gnieździe z powodu źle ułożonych kokonów, które mogłyby skutecznie blokować wyjścia dla rodzeństwa.** Wynik ten posłużył jako podstawa do dalszych badań na temat orientacji larw murarek w gnieździe i które zostały opublikowane jako część pracy doktorskiej Justyny Kierat (Kierat i inni, 2017).

Zainteresowało mnie także, czy zmiany powodowane zanieczyszczeniem środowiska i rozwój na pokarmie zanieczyszczonym będą miały również wpływ na rozwój budowy ciała, a szczególnie na zwiększenie asymetrii budowy skrzydła u murarki (5). Od dawna prowadzi się badania nad czynnikami zaburzającymi rozwój osobniczy. Wiemy że jednymi ze zmian w budowie ciała jest często zwiększenie asymetrii organów parzystych, lub części ciała teoretycznie będących symetrycznym lub wykazujących pewną asymetrię kierunkową (zdeteminowaną). Zakłada się, że im silniej działa czynnik negatywny na rozwijającego się osobnika tym większa będzie asymetria między stronami danej części ciała, lub narządu (van Valen, 1962). W przypadku owadów użytkowanie i struktura skrzydła jest jednym z częściej badanych części ciała, gdzie wykazano, że asymetria może się zmienić z powodu zaburzeń rozwojowych (Palmer i Strobeck, 2003).

We współpracy z Zespołem Pszczelnictwa na Uniwersytecie Rolniczym i korzystając z oprogramowania wypracowanego przez Adama Tofilskiego DrawWing (Tofilski, 2004), porównałam strukturę użytkowania skrzydeł u murarek pochodzących z terenów o różnym zanieczyszczeniu metalami ciężkimi. Wiedząc, że zanieczyszczenie negatywnie wpływa na ich rozwój (3), oczekiwałam także zmian w asymetrii skrzydeł. **Okazało się jednak, że inne czynniki, takie jak sezon (rok), spowodowały większe zmiany w asymetrii użytkowania skrzydeł, aniżeli samo zanieczyszczenie. Był to ciekawy wynik wskazujący, że asymetria może być bardziej uzależniona od wpływu innych czynników w czasie rozwoju niż od badanego przez nas zatrucie metalami ciężkimi.** Ponadto, opisaliśmy dokładne użytkowanie skrzydeł murarki ogrodowej według płci, oraz w porównaliśmy z użytkowaniem u pszczoły miodnej. Porównanie z pszczołą miodną wykazało, że **murarki mają asymetrię kierunkową skrzydeł w kierunku strony lewej niezależnie od płci (murarki mają większe lewe skrzydło), więc odwrotnie niż u pszczoł miodnych (pszczoła miodna ma większe prawe skrzydło)** (Schneider i inni, 2003; 4). Jest to wynik wskazujący na pewne rozbieżności =rozwojowe w czasie tworzenia się skrzydeł u tych dwóch gatunków pszczoł. Nasze wyniki mogą też przyczynić się do wykorzystania tej cechy przy stworzeniu zautomatyzowanych systemów rozpoznawania pszczoł, oraz dalszych badań nad czynnikami wpływającymi na rozwój skrzydeł.

Dzięki współpracy z Zespołem Pszczelnictwa mogłam rozszerzyć moje badania nad pszczołami, włączając w nie także pszczołę miodną. Wraz Zespołem przeprowadziliśmy eksperyment z ograniczeniem karmienia czerwii pszczelego i wpływu ograniczenia zasobów pyłku w gnieździe na ich jakość (4). Za pomocą wcześniej wspomnianej metody wykorzystującej strukturę ożytkowania skrzydeł oceniłam jakość pszczoł miodnych rozwijających się w warunkach ograniczenia pyłku, więc w sytuacji gdy zaczyna brakować pożytku dla wychowania czerwii. Jest to sytuacja coraz częściej obserwowana w pasiekach z powodu zmian krajobrazu, a przewiduje się, że w przyszłości także z powodu zmiany klimatu (Kovács-Hostyánszki, A. i inni, 2016). **Wyniki naszych badań, zgodnie z oczekiwaniami pokazały, że ograniczenie dostępności pyłku, powodowało mniejszą masę ciała, co w przypadku**

trutni jednocześnie powodowało zmniejszenie powierzchni skrzydeł, natomiast u robotnic nie. Asymetria skrzydeł wbrew oczekiwaniom nie zmieniła się z powodu zmniejszenia zasobów pyłkowych w gnieździe, ale wykazała wyraźną kierunkowość zarówno u robotnic jak i u trutni w kierunku prawej strony, co potwierdziło wcześniejsze obserwacje dokonane na znacznie mniejszej liczbie pszczoł (Schneider i inni, 2003). Nasze badanie nad pszczołą miodną wraz z badaniami nad murarką ogrodową pokazało, że ograniczona ilość pokarmu, podobnie jak też jego gorsza jakość przez skażenie nie wpływa na asymetrię użytkowania skrzydeł. Jest to ciekawy wynik, który wraz z badaniami nad asymetrią u murarek (5), wskazuje, że u pszczoł **generalnie symetria skrzydeł jest silniej regulowana niż sądzono do tej pory i jest mało zmienna** niezależnie od większości warunków wychowu. Obecnie prowadzę dalsze badania nad temperaturą w czasie wychowu na rozwój skrzydeł i jakość pszczoł.

Piśmiennictwo:

- Kovács-Hostyánszki, A., Settele, J., Li, J., Pettis, J., Anehi, T., Espíndola, A., Kahono, S., **Szentgyörgyi, H.**, Thompson, H., Vanbergen, A., Vandame, R. (2016) Drivers of change of pollinators, pollination networks and pollination, In: The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo, (eds). 552 pages, Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany.
- Janczur, M., Kozłowski, J. & Laskowski, R. (2000) Optimal allocation, life history and heavy metal accumulation in animals: the dynamic program model. Demography in Ecotoxicology (ed. J. Kammenga and R. Laskowski), pp. 179–197. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Kierat, J., **Szentgyörgyi, H.**, Woyciechowski, M. (2017) Orientation inside linear nests by male and female red mason bees (*Osmia bicornis* L., Megachilidae) Journal of Insect Science 17(2): 40-45
- Larsson, J.I.R. (2006) Cytological variation and pathogenicity of the bumblebee parasite *Nosema bombi* (Microspora, Nosematidae) J. Invertebr. Pathol. 94: 1–1.
- Maavara, V., Martin, A.-J., Oja, A., Nuorteva, P. (2007) Sampling of Different Social Categories of Red Wood Ants (*Formica* s. str.) for Biomonitoring (In: Environmental Sampling for Trace Analysis, Ed. B. Markert) Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany, pp. 465–289.
- Michener, C.D. (2000) The Bees of the World. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, USA.
- Moroń, D., Grześ, I.M., Skórka, P., **Szentgyörgyi, H.**, Laskowski, R., Potts, S.G. & Woyciechowski, M. (2012) Abundance and diversity of wild bees along gradients of heavy metal pollution. J. Appl. Ecol., 49, 118–125.
- Newman, M.C. & Clements, W.H. (2008) Ecotoxicology: A Comprehensive Treatment. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Nriagu, J.O. (1996) A history of global metal pollution. Science, 272, 223–224.
- Palmer, A.R., Strobeck, C. (2003) Fluctuating asymmetry analyses revisited. In: Polak M (ed) Developmental instability (DI): causes and consequences. Oxford University Press, Oxford, pp. 279–319
- Schneider, S.S., Leamy, J., Lewis, A., Degrandi-Hoffman, G. (2003) The influence of hybridization between African and European honeybees, *Apis mellifera*, on asymmetries in wing size and shape. Evolution. 57 (10), 2350–2364
- Seidemann, K., Ulbrich, K., Mielenz, N. (2010) Conditional sex allocation in the red mason bee, *Osmia rufa*. Behav. Ecol. Sociobiol. 64, 337–347
- Tofilski, A. (2004) DrawWing, a program for numerical description of insect wings. J. Insect Sci. 4, 17
- Van Valen, L. (1962) A study of fluctuating asymmetry. Evolution 16(2):125
- Walker, C.H., Silby, R.M., Hopkin, S.P. & Peakall, D.B. (2012) Principles of Ecotoxicology. 4th edn. CRC Press, Boca Raton, Florida.

POZOSTAŁE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWO-BADAWCZE

*Problematyka badawcza przed uzyskaniem stopnia doktora. (Skróty **P1-3** oraz **K1** odnoszą się do numerów publikacji prac naukowych oraz rozdziałów książkowych z mojego dorobku naukowego podanego w Zał. 4.).*

W czasie studiów zainteresowałam się zachowaniem i komunikacją u ssaków, dlatego w ramach pracy magisterskiej oraz studiów doktoranckich prowadziłam badania na temat zachowania, komunikacji dźwiękowej i zapachowej u gryzoni (**P1-3**, **K1**). Badałam zmiany zachodzące w wokalizacji ultradźwiękowej u młodych nornic rudych, oraz u mysz laboratoryjnych z różnych szczepów pod wpływem stresu niskiej temperatury, zapachu obcego osobnika dorosłego, długotrwałej izolacji od matki i zapachu obcego gniazda (**P1** i **P3**). Wyniki moich badań pokazały, że młode gryzonie poddane stresowi niskiej temperatury zwiększają intensywność wokalizacji, jednak obecność zapachu swojej matki lub innej karmiącej samicy, nawet z obcego gatunku działa uspokajająco na młode. Badając różnice w wokalizacji u myszy CBA w obecności zapachu osobników dorosłych (moczu) jednej i drugiej płci odkryłam, że młode osobniki wyraźnie rozpoznają płć obcego dorosłego osobnika na podstawie samego zapachu, nawet kiedy osobnik miał manipulowany poziom hormonów płciowych (kastrowany), co wskazuje na czynnik występujący w moczu, jednak nie związany z poziomem hormonów. Porównywałam też różnice w rozpoznawaniu zapachów u genetycznie różnych linii myszy jakimi są szczepy CBA i C57 (**K1**). Wyniki moich badań pokazały, że młode myszy emitują ultradźwięki różniące się frekwencją i długością w zależności od szczepu, jednak niezależnie od szczepu rozpoznawały i reagowały zmianą wokalizacji na zapach własnego, genetycznie podobnego i genetycznie obcego gniazda.

W czasie (pracy doktorskiej) doktoratu odbyłam też krótki staż w Instytucie Severtsova Rosyjskiej Akademii Nauk na stacji badawczej Tchernogalovka koło Moskwy u profesora Alexeya Surova. W czasie stażu porównywałam wokalizację i zachowanie osobnicze dwóch sympatrycznych gatunków chomików *Allocricetulus evermanni* i *Cricetulus migratorius* (**P2**). Wyniki testów behawioralnych i nagranych dźwięków pokazały, że gatunki różnią się agresywnością, oraz długością i częstotliwością wokalizacji zarówno w zakresie dźwięków niskich (słyszalnych dla człowieka) jak i ultradźwięków. Jednak w przypadku obu gatunków samice wokalizowały więcej niż samce. Zmiany zachodzące w wokalizacji w różnych kontekstach socjalnych (pary jedнопłciowe i mieszane) były podobne u obu gatunków.

*Problematyka badawcza po uzyskaniu stopnia doktora. (Liczby w nawiasach (**1-5**) odnoszą się do odpowiednich publikacji z listy głównych osiągnięć naukowych. Skróty **P4-27** oraz **K2-8** odnoszą się do numerów publikacji prac naukowych oraz rozdziałów książkowych z mojego dorobku naukowego podanego w Zał. 4.).*

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk biologicznych na Uniwersytecie Jagiellońskim w roku 2004 dołączyłam do Zespołu Ekologii Behawioralnej prof. Michała Woźciechowskiego i wzięłam udział w badaniach terenowych zapylaczy. Zainteresowana nowym tematem następnie zostałam zatrudniona do projektu ALARM (lata 2004-2009r., www.alarmproject.net) kierowanego przez prof. Woźciechowskiego i finansowanego przez UE do badań nad czynnikami wpływającymi na pszczoły i inne zapylacze, oraz zapylanie upraw i roślin dzikich (**1**, **3**, **P4-14**, **P16-17**, **5**, **K2-7**), oraz także częściowo z projektu UE MacMan (lata 2002-2006, www.macman.pensoft.net) badającego biologię modraszek, motyli z rodzaju *Maculinea*. Po zakończeniu prac w projekcie ALARM brałam udział w przygotowaniu planów i wniosku dla kolejnego projektu UE pod akronimem STEP (www.step-project.net) i od 2009 do 2014 roku prowadziłam swoje badania w ramach tegoż projektu zajmującego się ściśle z zanikaniem zapylaczy i czynnikami za nie odpowiedzialnymi (**1**, **P10-19**).

Równocześnie pracowałam też na rzecz projektu UE SCALES (lata 2009-2014, scales-project.net) zajmującego się zabezpieczeniem ochrony bioróżnorodności w różnych skalach przestrzennych, czasowych i ekologicznych, oraz różnych poziomach administracyjnych w Europie. Dzięki szeroko rozwiniętej współpracy z licznymi ośrodkami w Europie w roku 2013 zostałam oddelegowana przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, jako członek, do Komitetu Zarządzającego Programu UE COST Action SuperB (www.superb-project.eu) ze strony Polski.

Po zakończeniu projektu STEP w 2014r., wygrałam konkurs na stanowisko adiunkta naukowego i zostałam zatrudniona w projekcie finansowanym przez NCN w ramach programu Sonata Bis (www.ncn.gov.pl/finansowanie-nauki/przyklady-projektow/tofilski) pod kierownictwem Adama Tofilskiego w Katedrze Sadownictwa i Pszczelnictwa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (**4, 5, P21-22**). Równocześnie dalej współpracowałam i współpracuję z Zespołem Ekologii Behawioralnej nad badaniami biologii gniazdowania murarki ogrodowej (**P18-20**). W 2014r. zostałam też zaproszona, jako ekspert nominowany przez rząd Węgier do Międzyrządowej Platformy na Rzecz Bioróżnorodności i Usług Ekosystemowych (IPBES, www.ipbes.net) kierowanym przez ONZ oraz do sieci ekspertów BES-net (www.besnet.world) działającej w ramach IPBES. W IPBES byłam współautorem pierwszego globalnego raportu na temat bioróżnorodności i usług ekosystemowych (**K8**). Będąc jeszcze zatrudniona w projekcie NCN przygotowałam i wygrałam konkurs NCN OPUS 11 (projekty.ncn.gov.pl/index.php?s=10633) i rozpoczęłam w 2017r. swój własny projekt na temat wpływu zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi i węglowodorami aromatycznymi na pszczoły miodne i na murarkę ogrodową.

Ze względu na charakter zatrudnienia przez cały okres po obronie pracy doktorskiej, (pracowałam na etatach tylko naukowych, finansowanych z projektów) zajmowałam się prowadzeniem badań naukowych na rzecz w/w projektów bez obowiązku dydaktycznego oraz bez stałego zatrudnienia przez uczelnię.

Pierwsze badania prowadzone przeze mnie w ramach projektu ALARM dotyczyły opracowania metod badających różnorodności w terenie i równocześnie opisanie różnorodności pszczół dzikich w różnych siedliskach w Europie. W Polsce badania prowadzono na łąkach podmokłych uznawanych za środowisko mało przyjazne pszczołom. Nasze badania pokazały, że jest to środowisko wbrew wcześniejszym przewidywaniom stosunkowo bogate w gatunki pszczół dzikich (**P4**). Wspólnie z kilkoma innymi ośrodkami w Europie przetestowaliśmy i opracowaliśmy możliwe metody oszacowania różnorodności gatunkowej pszczół, oraz innych zapylaczy (**P5, P11, K4**) i os (**K5**). Na łąkach podmokłych koło Krakowa stosując wcześniej opracowane metody oceniliśmy także wpływ roślin inwazyjnych na występowanie zapylaczy (**P6**). Wyniki wyraźnie potwierdziły, że tereny zarośnięte z nawłocią kanadyjską (*Solidago canadensis*), choć uważane przez pszczelarzy za dobrą roślinę pożytkową późnojesienną, stanowią czynnik wyraźnie ograniczający występowanie innych zapylaczy we wcześniejszych okresach sezonu.

Korzystając ze współpracy w projekcie z innymi ośrodkami badawczymi, zbadaliśmy wpływ krajobrazu (udział terenów rolnych, naturalnych, zurbanizowanych) na występowanie zapylaczy w różnych uprawach. W przypadku Polski wybrano grykę, a badania prowadziliśmy na Lubelszczyźnie w okolicach Janowa Lubelskiego na siedmiu polach gryki w różnym krajobrazie (**P7**). Zmiany w krajobrazie, takie jak zmniejszenie się terenów naturalnych, bliskość terenów zurbanizowanych wpłynęło na skład gatunkowy zapylaczy na uprawach, zwiększając występowanie gatunków pospolitych, natomiast zmniejszając liczbę gatunków rzadziej występujących. Dodatkowe dane zebrane na tych samych uprawach posłużyły też do porównań, jak stabilność usług ekosystemowych (zapylanie) na uprawach zmienia się wraz z odległością od terenów naturalnych (**P10**). Dane na temat jakości plonu i występowania zapylaczy na tych uprawach w różnym krajobrazie pokazało, że bliskość terenów naturalnych ma pozytywny wpływ na jakość zapylania upraw. Temat rozwinęliśmy dalej i we współpracy z kilkudziesięcioma ośrodkami zarówno z naszego projektu, jak i spoza, ale zbierającymi dane także z upraw, przeprowadziliśmy meta analizę w celu sprawdzenia, jak skład gatunkowy

zapylaczy, zmieniający się wraz ze zmianami krajobrazu i bliskością terenów naturalnych, wpływa na plonowanie upraw (**P14**). Ta globalna meta analiza uzyskała duże zainteresowanie naukowe już na etapie przygotowania i została opublikowana w prestiżowym czasopiśmie Science. Dalsza analiza danych zebranych przez nas oraz przez inne ośrodki współpracujące w projekcie potwierdziło, że wraz intensyfikacją rolnictwa zmniejsza się bogactwo gatunkowe zapylaczy, choć nie zmniejsza się liczba wizyt na kwiatach, dzięki wysokiemu udziałowi pszczoł miodnych w zapylaniu tych upraw (**P16**). Badając jakość plonowania i korelując go z różnorodnością zapylaczy, we współpracy z liczną grupą ośrodków prowadzących podobne badania stwierdziliśmy, że zapylacze inne, niż pszczołowe, są też bardzo ważne dla zapylania upraw (**P17**). Ogólnie, na podstawie danych z 39 upraw z całego świata stwierdziliśmy, że aż 39% odwiedzin na kwiatach jest dokonywana przez owady inne, niż pszczołowe.

Odpowiednie zapylanie upraw jest potrzebne nie tylko w przypadku upraw polowych, ale coraz częściej wykorzystuje się gatunki hodowlane w uprawach szklarniowych. Uprawa pomidorów czy papryki w szklarniach są ważną gałęzią w rolnictwie, które od ponad dwudziestu lat coraz bardziej polegają na trzmielach hodowlanych, jako zapylaczy. Najczęściej są to trzmiele importowane z Holandii czy z Izraelu. W ramach projektu ALARM zainteresowało nas, czy takie importowane trzmiele pochodzące z innych regionów i będącymi mieszkanką innych podgatunków naszego trmiela ziemnego, mają wpływ na populację trzmieli ziemnych w Polsce w pobliżu szklarni (**P9, K6**). Nasze badania pokazały, że mimo procedur zabezpieczających krzyżowania się trzmieli szklarniowych i rodzimych, dochodzi do wymiany genów między tymi populacjami, co może mieć negatywny wpływ na zdrowotność rodzimego podgatunku. Dodatkowo opisaliśmy też, jakie pasożyty z grupy roztoczy mogą występować w gniazdach szklarniowych, zwracając uwagę na to, że takie masowo hodowlane trzmiele mogą stanowić dobry wektor dla przekazywania chorób populacjom dzikim (**P13**).

Wraz z zespołem, w ramach UE ALARM a później UE STEP jednocześnie rozpoczęliśmy szeroko zakrojone badania terenowe nad wpływem zanieczyszczeń metalami ciężkimi na pszczoły dzikie, zarówno trzmiele (**1**) jak i pszczoły samotne (**P12**) oraz murarki ogrodowej (**3, 5**). Badania te prowadziłam w ramach mojego głównego zainteresowania badawczego a ich opis znajduje się w opisie moich głównych osiągnięć.

Ramach projektu ALARM stworzyliśmy także Europejską sieć do badań zmian nad bioróżnorodnością (FSN – European Field Site Network, http://www.alarmproject.net/fsn_start.php), w której podjęliśmy opiekę nad terenami koło Krakowa i Tyńca (**P8, K2**). Prowadziliśmy badania własne, oraz także pod kierownictwem innych ośrodków badawczych nad pszczołami, osami oraz dzikimi różami i ich szkodnikami (**K3-5**). Były to badania wykonywane na każdej nadającej się powierzchni w ramach sieci FSN. W wyniku tych badań powstały publikacje opisujące występowania os w różnych środowiskach oraz występowania szkodników róż dzikich w różnych częściach Europy.

W ramach projektu STEP przygotowaliśmy, na podstawie wcześniej uzyskanych danych oraz przeglądu literatury, artykuł na temat interakcji czynników zagrażających procesowi zapylania (**P15**). Był to pierwszy artykuł podsumowujący nie pojedyncze czynniki, ale interakcje czynników zagrażających zapyłaczom.

Kolejnym tematem, którym się zajmowałam to biologia gniazdowania murarki ogrodowej i czynniki wpływające na nie. Pierwszą pracę na ten temat opublikowałam wraz Michałem Woyciechowskim, w którym opisałam nie znane do tej pory zjawisko orientacji kokonu w gnieździe zależności od płci i miejsca w komórce gniazdowej (**2**). Ta praca zainspirowała szereg kolejnych badań nad murarką i zaowocowała obronioną w 2018r. pracą doktorską przez Justynę Kierat będącą pod opieką profesora Michała Woyciechowskiego na Uniwersytecie Jagiellońskim w Instytucie Nauk o

Środowisku. Prowadziliśmy wspólne badania nad czynnikami wpływającymi na orientację larw i imago w komórce gniazdowej u murarki ogrodowej (**P18**). Odkryliśmy, że determinacja ułożenia oraz rozpoznanie błędnego ułożenia różni się u samców i samic. U samic determinacja ułożenia w komórce zachodzi przed uwijaniem kokonu i w przypadku błędnego ułożenia nie jest później korygowana przez wygryzającą się samicę. Natomiast samce mylące się częściej, jako larwy po wygryzieniu mogą poprawić swoje ułożenie w komórce i wygryźć się prawidłowo. Badaliśmy również możliwość rozpoznawania drapieżnictwa w pobliżu gniazd i jak to może wpłynąć na wybór miejsca gniazdowania u murarki (**P20**). Badaliśmy częstotliwość zakładania gniazda w agregatach o eksperymentalnie symulowanej obecności drapieżnika (pozostawiony macerat z zabitych osobników koło gniazda) lub bez drapieżnika. Okazało się, że murarki nawet jeśli rozpoznały sygnał o drapieżnictwie ignorowały go przy zakładaniu gniazd, prawdopodobnie dlatego, że miejsca gniazdowania są zasobem ograniczonym w środowisku, więc unikanie bardziej niebezpiecznych miejsc nie opłaca się samicom. Kolejne zagadnienie jakim zainteresowałam się była temperatura gniazda i jego wpływ na rozwój murarek (**P19**). W tym celu skonstruowaliśmy gniazda ze sztucznym podgrzewaniem, lub umiejscawiając gniazda w pełnym słońcu lub w cieniu. Murarki rozwijające się w wyższych temperaturach były mniejsze, niż te z niższych, mniej fluktuujących temperatur. Wynik ten potwierdza regułę o zmianie wielkości ciała w zależności od temperatury w czasie rozwoju, dodatkowo odkryliśmy też różnicę w wielkości komórek oka (ommatidia), używanych do określenia zmian ogólnej wielkości komórek ciała między samcami i samicami. Samce posiadają większe ommatidia budujące oko, niż samice, pomimo że są od samic mniejsze. Prawdopodobnie ma to znaczenie w czasie poszukiwania samic do kojarzenia.

Równocześnie w ramach projektu SONATA Bis prowadziłam badania nad wpływem takich czynników jak głodzenie pszczoł miodnych w różnych stadiach larwalnych, oraz wpływ niskiej temperatury na rozwój larw robotnic i trutni, oraz na asymetrię skrzydeł, jako wskaźnika stresu rozwojowego. Badania nad głodzeniem larw robotnic i trutni pokazały, że masa ciała głodzonych osobników w stadium larw, była mniejsza, co wyraźnie wskazywało na skuteczność głodzenia, jednak asymetria użytkowania skrzydeł zmieniała się bardziej w zależności od pochodzenia pszczoł, aniżeli z powodu samego stresu głodzenia (**4**). Podobne wyniki uzyskaliśmy także w przypadku krótkotrwałego, ale całkowitego głodzenia trutni (**P21**).

Najnowsze badania naszego zespołu natomiast pokazują, że stres niskiej temperatury w czasie rozwoju larwalnego powoduje zwiększenie urodzeniowej masy ciała zarówno robotnic jak i trutni, zgodnie z tzw. regułą wielkości ciała i temperatury (TSR – temperature size rule) Ponadto, w przypadku trutni, osobniki większe, wychowane w niższej temperaturze żyją dłużej w gnieździe, niż osobniki mniejsze wychowane w temperaturze wyższej, uważanej za optymalną. Interesującym jest, że asymetria użytkowania w tym przypadku nie koreluje ze zmianą masy ciała i okazało się, że nie jest dobrym predykatorem jakości trutni. Publikacja na ten temat jest obecnie po recenzjach w czasopiśmie *Journal of Thermal Biology*. Zainspirowani wynikami o zmianie masy ciała badaliśmy także trutnie wychowane w optymalnych warunkach, ale różniących się masą ciała. Nasze badania pokazały, że trutnie które po wygryzieniu się, utrzymywane są w gnieździe dłużej, częściej dożywają do pełnej dojrzałości, a to może zwiększyć ich szansę na zapłodnienie matki. Praca została przyjęta do publikacji w sierpniu 2018r. w czasopiśmie *Bulletin of Entomological Research* (**P22**).

Podsumowując moje osiągnięcia naukowe: pierwszą pracę naukową opublikowałam w 2001 r., przedstawiając wyniki badań mojej pracy magisterskiej. Od tego czasu opublikowałam **27** oryginalnych prac naukowych i **8** rozdziałów książkowych (zsumowany IF = **120,484**, i **915** punktów MNiSW). Mój indeks Hirscha wynosi: **13** według Web of Science.

PLANY NA PRZYSZŁOŚĆ

Obecnie poza kontynuacją badań nad asymetrią użytkowania skrzydeł u pszczoły miodnej, rozpoczęłam badanie, jako kierownik projektu, nad porównaniem gromadzenia i wpływu zanieczyszczeń metalami ciężkimi oraz węglowodorami aromatycznymi na rozwój pszczół samotnych (jako model wykorzystuję murarkę ogrodową) i eusocjalnych (pszczoła miodna) (OPUS 11, UMO-2016/21/B/NZ9/01163). Celem badań jest wykazanie, czy eusocjalność pomaga pszczołom ograniczyć negatywny wpływ zanieczyszczeń środowiska larwy.

W dalszych planach chcę sprawdzić, czy zanieczyszczenie środowiska różnymi substancjami (metalami ciężkimi, węglowodorami aromatycznymi oraz pestycydami) może wpłynąć na zachowanie larw pszczół samotnych na takie cechy jak orientacja w komórce, uwijanie kokonu oraz jak wpłynie to na sukces wygryzania się i przeżywalność.



Hajnalka Szentgyörgyi
31. 08. 2018r. Kraków