

AUTOREFERAT

dr inż. Piotr Indykiewicz

Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
w Bydgoszczy

I. IMIĘ I NAZWISKO:

Piotr Indykiewicz

II. POSIADANE STOPNIE NAUKOWE z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytuł rozprawy doktorskiej

1983 – magister inżynier zootechniki

Instytut Zootechniczny Akademii Techniczno-Rolniczej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy

tytuł pracy magisterskiej: „Biologia okresu lęgowego wróbla domowego (*Passer domesticus* Linnaeus, 1758) w Bydgoszczy i Toruniu”.

1997 – doktor nauk rolniczych

Instytut Zootechniczny Akademii Techniczno-Rolniczej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy

tytuł rozprawy doktorskiej: „Badania porównawcze nad zmiennością odejścia odgałęzień aorty brzusznej u wybranych gatunków drapieżnych (*Carnivora*)”.

III. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH ORAZ INNE DOŚWIADCZENIA ZAWODOWE:

od 1 kwietnia 1989 r. do 30 września 1997 r. zatrudniony w Katedrze Zoologii Wydziału Zootechnicznego Akademii Techniczno-Rolniczej (obecnie Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy) w Bydgoszczy na stanowisku asystenta,

od 1 października 1997 r. do dzisiaj zatrudniony w Katedrze Zoologii (później przemianowana na Katedrę Zoologii i Kształtowania Środowiska, obecnie – Katedra Biologii i Środowiska Zwierząt) w tej samej jednostce – obecnie Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego na stanowisku adiunkta,

od 1 października 1996 r. do 30 września 1998 r. zatrudniony również w Instytucie Ekologii Stosowanej w Bydgoszczy na stanowisku adiunkta,

od 1 października 1999 r. do 30 czerwca 2003 r. zatrudniony również na stanowisku adiunkta w Wyższej Szkole Ochrony Środowiska w Bydgoszczy.

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

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Ekologia behawioralna i molekularna śmieszki *Chroicocephalus ridibundus* jako gatunku kolonijnego.

b) Wykaz autorskich publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe

Osiągnięcie naukowe stanowi cykl pięciu publikacji z lat 2015-2018.

1. **Indykiewicz P.**, 2015: Egg losses caused by cold snap in the Black-headed Gull (*Chroicocephalus ridibundus* L.). Polish Journal of Ecology, 63(3): 460-466.
IF = **0,5**; punkty MNiSW: **15**; cytowania JCR: **3**

Mój wkład w powstanie prezentowanej pracy polegał na: a) przygotowaniu koncepcji badań i publikacji, b) uzyskaniu stosownych zgód na przeprowadzenie badań, c) samodzielnym wykonaniu wszystkich badań terenowych, d) wykonaniu analiz statystycznych, e) napisaniu tekstu pracy. Mój udział procentowy oceniam na 100%.
Kopia pracy w *Załączniku* nr 5.

2. **Indykiewicz P.**, Podlaszczuk P., Surmacki A., Kudelska K., Kosicki J., Kamiński M., Minias P., 2017: Scale-of-choice effect in the assortative mating by multiple ornamental and non-ornamental characters in the black-headed gull. Behavioral Ecology and Sociobiology 71(12): 183.
DOI.org/10.1007/s00265-017-2411-4
IF = **2,473**; punkty MNiSW: **30**; cytowania JCR: **1**.

Mój wkład w powstanie prezentowanej pracy polegał na: a) przygotowaniu koncepcji badań i publikacji, b) uzyskaniu stosownych zgód na przeprowadzenie badań, c) samodzielnym wykonaniu wszystkich badań terenowych, d) wykonaniu wstępnej preparatyki próbek krwi i piór, e) uczestniczeniu w części analiz laboratoryjnych, f) wykonaniu części analiz statystycznych, g) napisaniu zdecydowanej większości tekstu pracy. Mój udział procentowy oceniam na 50%.
Kopia pracy i oświadczenia współautorów zawierające ich procentowy i opisowy wkład w powstanie publikacji w *Załącznikach* nr 5 i 6.

3. **Indykiewicz P.**, Podlaszczuk P., Minias P., 2017: Extra-pair paternity in the Black-headed Gull: is it exceptional among colonial waterbirds? Behaviour 154(11): 1081-1099.
DOI:10.1163/1568539X-00003459
IF = **1,484**; punkty MNiSW: **25**; cytowania JCR: **1**

Mój wkład w powstanie prezentowanej pracy polegał na: a) przygotowaniu koncepcji badań i publikacji, b) uzyskaniu stosownych zgód na przeprowadzenie badań, c) samodzielnym wykonaniu wszystkich badań terenowych, d) wykonaniu wstępnej preparatyki próbek krwi, e) pozyskaniu pozauczelnianych funduszy na wykonanie analiz molekularnych, f) uczestniczeniu w części analiz laboratoryjnych, g) wykonaniu części analiz statystycznych, h) napisaniu zdecydowanej większości tekstu pracy. Mój udział procentowy oceniam na 60%.
Kopia pracy i oświadczenia współautorów zawierające ich procentowy i opisowy wkład w powstanie publikacji w *Załącznikach* nr 5 i 6.

4. **Indykiewicz P.**, Podlaszczuk P., Kamiński M., Włodarczyk R., Minias P., 2018: Central–periphery gradient of individual quality within a colony of Black-headed Gulls. *Ibis* – DOI.org/10.1111/ibi.12689
IF = **2,234**; punkty MNiSW: **40**; cytowania JCR: **0**

Mój wkład w powstanie prezentowanej pracy polegał na: a) przygotowaniu koncepcji badań i publikacji, b) uzyskaniu stosownych zgód na przeprowadzenie badań, c) samodzielnym wykonaniu wszystkich badań terenowych, d) wykonaniu wstępnej preparatyki próbek krwi, e) uczestniczeniu w części analiz laboratoryjnych, f) wykonaniu części analiz statystycznych, g) napisaniu zdecydowanej większości tekstu pracy. Mój udział procentowy oceniam na 55%

Kopia pracy i oświadczenia współautorów zawierające ich procentowy i opisowy wkład w powstanie publikacji w *Załącznikach* nr 5 i 6.

5. **Indykiewicz P.**, Podlaszczuk P., Janiszewska A., Minias P., 2018: Extensive gene flow along the urban-rural gradient in a migratory colonial bird. *Journal of Avian Biology* 49(6): e01723.
DOI: 10.1111/jav.01723
IF = **2,488**; punkty MNiSW: **45**; cytowania JCR: **0**

Mój wkład w powstanie prezentowanej pracy polegał na: a) przygotowaniu koncepcji badań i publikacji, b) uzyskaniu stosownych zgód na przeprowadzenie badań, c) samodzielnym wykonaniu wszystkich badań terenowych, d) wykonaniu wstępnej preparatyki próbek krwi, e) uczestniczeniu w części analiz laboratoryjnych, f) wykonaniu części analiz statystycznych, g) napisaniu zdecydowanej większości tekstu pracy. Mój udział procentowy oceniam na 55%.

Kopia pracy i oświadczenia współautorów zawierające ich procentowy i opisowy wkład w powstanie publikacji w *Załącznikach* nr 5 i 6.

Sumaryczny **Impact Factor** wymienionych wyżej prac z roku opublikowania równa się **9,18**.
Sumaryczna **liczba punktów** wg wykazu MNiSW w roku wydania* równa się **155**.
Sumaryczna **liczba cytowani** (bez autocytowań) wg bazy Web of Science równa się **5**.

*Dla publikacji z lat 2017 i 2018 przyjęto punktację MNiSW dla roku 2016, a dla publikacji z 2015 r. przyjęto punktację z roku wydania.

c) omówienie celu naukowego prac wchodzących w skład osiągnięcia oraz wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Zgodnie z ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 r. (wersja z dnia 1 października 2014 r., artykuł 16) przedstawiam poniżej cykl pięciu publikacji powiązanych tematycznie, stanowiących w myśl ustawy osiągnięcie naukowe.

Wszystkie razem i każda z osobna zostały poprzedzone zwięzłym wprowadzeniem ukazującym tło ekologiczne poszczególnych zagadnień, a tym samym stanowiących uzasadnienie podjętych rozważań i badań, a także interpretacji otrzymanych wyników.

Wprowadzenie

Śmieszka *Chroicocephalus ridibundus* jest jednym z 62 gatunków mew spotykanych w Palearktyce i Ameryce Północnej (Olsen 2018). W Europie jest średnio liczna, a jej status ochronny określany jest jako najmniejszej troski (LC). Należy do grupy tzw. mew małych. Jest długowieczna (van Dijk et al. 2012), a czas trwania jednej generacji szacuje się na 9,6 lat (BirdLife 2018). Ponadto jest uznawana za gatunek monogamiczny. Jest monomorficzna pod względem upierzenia, a w okresie lęgowym, podobnie jak u zaledwie 15 innych gatunków mew, pojawia się u osobników obu płci brązowy kaptur na głowie (Olsen & Larsson 2003). Należy do grupy mew najszybciej osiągających dojrzałość do rozrodu. Dominująca większość osobników przystępuje do lęgów w trzecim roku życia (Cramp & Simmons 1983). Od tego momentu odbywa każdego roku regularne wędrówki na lęgowiska, które w Europie oddalone są od zimowisk przeciętnie o 1,1-1,5 tys. km. Do lęgów przystępuje wczesną wiosną, osiedlając się zazwyczaj na wyspach wód śródlądowych (Indykiewicz 2013). Śmieszka wykazuje przy tym wysoki poziom filopatрии (Peron et al. 2010) i potrafi przez wiele sezonów powracać do kolonii, mimo zachodzących tam niekorzystnych zmian. Jest gatunkiem kolonijnym, a zatem jednym z zaledwie 13% gatunków dzikich ptaków realizujących tę strategię rozrodczą (Gill 2007). Znaczna koncentracja ptaków, nierzadko z 2-3 gatunków, na niewielkiej przestrzeni umożliwia osiągnięcie określonych korzyści, ale jednocześnie może generować rozmaite koszty. Do tych ostatnich można zaliczyć podwyższone ryzyko wystąpienia niekorzystnych interakcji pomiędzy częścią ptaków tworzących kolonię, a także większe prawdopodobieństwo kontaktu z „nowymi” dla gatunku patogenami czy pasoży-

tami (Tella 2002) oraz ich zwiększone tempo transmisji horyzontalnej. Duża koncentracja to również mniejsze terytoria gniazdowe i zwiększona konkurencja o pokarm dla piskląt. Jednak część zagadnień dotyczących rozmnażania się ptaków wodno-błotnych w koloniach nie została jeszcze w pełni poznana i opisana, a nierzadko nie doczekała się wnikliwej interpretacji. W przypadku śmieszki, będącej zarówno gatunkiem migrującym, jak i kolonijnym, do takich należą m.in. zagadnienia, które stały się zasadniczym przedmiotem moich badań, a uzyskane wyniki i ich interpretacja stanowią istotną część prezentowanego **osiągnięcia naukowego**. Jednym z celów tych badań było poznanie kluczowego elementu ekologii rozrodu, jakim jest wybór partnera socjalnego. W przypadku śmieszki dotychczas nie opisano złożoności tego procesu. Nie wiadomo zatem, czy mewy te łączą się w pary nielosowo, a jeśli by przyjąć, że tak jest to czy wybór ten dokonuje się na podstawie cech fenotypowych i/lub genetycznych. Nie wiadomo również, czy cechami tymi są: wielkość ciała, czy jest to również/lub kondycja fizjologiczna osobnika, a może jest tą cechą ekspresja ornamentów upierzenia i/lub heterozygotyczność genetyczna. Jednak wybór partnera i utworzenie pary monogamicznej, szczególnie w koloniach, nie jest gwarantem wierności, a wręcz podejrzewa się, że gniazdowanie w dużych skupiskach może być czynnikiem sprzyjającym częstszym interakcjom seksualnym z osobnikami innymi niż partner socjalny. W przypadku śmieszki zagadnienie to jest szczególnie intrygujące, bowiem gatunek ten tworzy pary monogamiczne, ale badania molekularne ujawniły, że jest on seksualnie promiskuityczny. Ponadto właśnie u śmieszki w jednej z europejskich kolonii stwierdzono najwyższy udokumentowany dotychczas u ptaków wodno-błotnych poziom ojcostwa pozapartnerskiego (ang. EPP - extra pair paternity), będącego wynikiem kopulacji samicy z samcem innym niż jej partner socjalny opiekujący się lęgiem. Jednak nie wiadomo, czy częstotliwość przypadków ojcostwa pozapartnerskiego jest ogólną cechą behawioralną charakterystyczną dla różnych populacji śmieszki czy może jest to strategia rozrodcza zależna od lokalnych warunków ekologicznych. Te ostatnie mogą niekiedy wpływać również na końcowy bilans osiągniętych korzyści i ponoszonych kosztów przez ptaki rozmnażające się w koloniach. Otóż dotychczas sądzono, że w homogenicznym strukturalnie środowisku miejsca lęgowe znajdujące się w centrum kolonii, w porównaniu z miejscami znajdującymi się na jej obrzeżu, oferują ptakom znacznie skuteczniejszą ochronę przed drapieżnikami i w efekcie wyższą przeżywalność dorosłych osobników i większy sukces reprodukcyjny. Jednak w przypadku mew nie

przeprowadzono jak dotąd badań weryfikujących to przypuszczenie. Również nie wiadomo, czy zróżnicowaniu rozmieszczenia gniazd w kolonii odpowiada zróżnicowanie indywidualnej jakości (morfologicznej, fizjologicznej i genetycznej) osobników przystępujących do lęgów oraz czy osobniki o wysokiej jakości zajmują centralnie położone, a zatem potencjalnie najbezpieczniejsze miejsca w kolonii. W końcu, behawior ptaków może być uzależniony od środowiska, w którym odbywają one legi. Śmieszka z powodzeniem przystępuje do lęgów zarówno w środowisku silnie zurbanizowanym, jak i poza nim, co może powodować znaczne zróżnicowanie behawioralne, fenotypowe oraz genetyczne ptaków związanych z siedliskami miejskimi i pozamiejskimi. Z drugiej strony, śmieszka jest gatunkiem kolonijnym i migrującym, co może mieć istotny wpływ na obniżenie poziomu genetycznej dywergencji pomiędzy populacjami miejskimi i pozamiejskim. Podejmując badania oczekiwaliśmy, że odnotujemy w analizowanej populacji słabszy efekt założycielski wynikający z faktu, że tworzenie nowej kolonii zapoczątkowywane jest zazwyczaj u migrantów przez większe grupy osobników niż u ptaków terytorialnych oraz że dowiedziemy, iż zachowania migracyjne i dyspersja w naturalny sposób sprzyjają przepływowi genów na poziomie metapopulacji.

Indykiewicz P., Podlasczuk P., Surmacki A., Kudelska K., Kosicki J., Kamiński M., Minias P., 2017: Scale-of-choice effect in the assortative mating by multiple ornamental and non-ornamental characters in the black-headed gull. Behavioral Ecology and Sociobiology 71(12): 183.

Pozytywnie asortatywny dobór partnerów, czyli kojarzenie się partnerów o podobnych cechach fenotypowych lub genetycznych, jest jednym z kluczowych czynników mających wpływ na ich sukces reprodukcyjny i życiowy. Jednocześnie jest on ważnym mechanizmem behawioralnym mogącym prowadzić w populacji do zwiększenia poziomu homozygotyczności, może także powodować nierównowagę sprzężeń (ang. linkage disequilibrium) między loci i w efekcie zwiększać wariację cech ilościowych (Jiang et al. 2013), a w szerszej skali ewolucyjnej może prowadzić do specjacji sympatrycznej (Kondrashov & Mina 1986). Pomimo że zjawisko asortatywnego doboru partnerów wśród dzikich ptaków jest powszechne to jednak, w porównaniu z innymi grupami taksonomicznymi zwierząt, mechanizmy z nim związane są relatywnie słabo poznane (Jiang et al. 2013). Wynika to m.in. z faktu,

że wprowadzie na podstawie dotychczasowych badań zgromadzono znaczną liczbę danych empirycznych, to jednak koncentrowały się one na ocenie doboru partnerów jedynie na podstawie pojedynczych cech fenotypowych [np. wielkość ciała (Urfi & Kalam 2006), wybrane parametry fizjologiczne (Potti 2007), wiek (Brown & Roth 2009), jakość i wielkość ornamentów (Jawor & Breitwisch 2003), zachowanie (Filliater & Breitwisch 1997)]. Można natomiast przypuszczać, że asortatywny dobór partnerów w populacjach dzikich ptaków jest procesem znacznie bardziej złożonym, opartym zarówno na cechach fenotypowych, jak i genetycznych. Wiedząc, że śmieszka jest gatunkiem długowiecznym (van Dijk et al. 2012) o silnej filopatrii (Peron et al. 2010), podjęliśmy badania, których celem było stwierdzenie, czy mewy te łączą się w pary lęgowe nielosowo na podstawie cech fenotypowych i/lub genetycznych oraz czy cechami tymi są: a) wielkość ciała i wybrane elementy strukturalne, b) kondycja fizjologiczna osobnika, c) ekspresja potencjalnych ornamentów upierzenia, d) heterozygotyczność genetyczna. Żeby osiągnąć zamierzony cel badań zgromadzono odpowiednie dane morfometryczne, fizjologiczne i genetyczne dla 217 par śmieszek przystępujących do lęgów w dwóch koloniach. Jedna była zlokalizowana w środowisku zurbanizowanym (Bydgoszcz), a druga na terenach wiejskich (Kusowo). Kondycję poszczególnych osobników określano na podstawie skalowanego indeksu masy (masa ciała skorygowana pod względem wielkości strukturalnej), stężeniem hemoglobiny we krwi i stężeniem pięciu podstawowych metabolitów w osoczu (glukoza, białko całkowite, albumina, trójglicerydy i kwas moczowy) oraz poziomem stresu fizjologicznego (stosunek heterofilii do limfocytów). Ekspresję potencjalnych ornamentów upierzenia, tj.: brązowego kaptura i czarnych plam na końcach 2. lotki I-rzędu (barwa pochodzenia melaninowego) oraz białej obrączki okołooocznej określano na podstawie komputerowego pomiaru ich powierzchni (z wykorzystaniem fotografii cyfrowych) oraz spektrofotometrycznych pomiarów współczynnika odbicia światła. Płeć poszczególnych osobników oznaczano molekularnie amplifikując fragment genu związanego z chromosomami płciowymi, a ogólna heterozygotyczność ptaków została oszacowana na podstawie analizy sześciu neutralnych loci mikrosatelitarnych. Analizując dane dotyczące grupy cech morfologicznych stwierdzono, że najwyższy poziom nielosowego dopasowania osobników w parze dotyczy całkowitej długości głowy i długości 3. lotki I-rzędu. Może to oznaczać, że wielkość głowy jest u śmieszek cechą utożsamianą z umiejętnością osobnika do skutecznego zdobywania pokarmu i efektywnego zaspokoję-

nia wymagań energetycznych piskląt, a tym samym cechą preferowaną przy wyborze potencjalnego partnera. Dowiedzono również, po raz pierwszy w grupie mewowców Lari, że śmieszki nielosowo dobierają się pod względem długości 3. lotki I-rz., a w mniejszym stopniu całkowitej długości skrzydła i długości 2. lotki I-rz. Jest to o tyle istotne, że kształt skrzydła jest uważany za jedną z najbardziej podstawowych morfologicznych adaptacji do migracji, ponieważ ostre skrzydło jest bardziej efektywne energetycznie podczas lotów migracyjnych i w konsekwencji pozwala na szybsze dotarcie na lęgowisko. Ponadto dowiedzono, że nielosowy dobór partnerów następuje przez wielkość ciała (skalowany indeks masy), ale nie znaleziono już dowodów na to, że dobór dokonuje się na podstawie kondycji fizjologicznej. Jednak fakt ten nie jest w świecie ptaków odosobniony, bowiem pozytywny dobór asortatywny pod względem cech fizjologicznych stwierdzono do tej pory zaledwie u dwóch gatunków ptaków, tj. u muchołówki żałobnej *Ficedula hypoleuca* (Potti 2007) i pingwina białoookiego *Pygoscelis adeliae* (Beaulieu et al. 2010). Po za tym masa ciała odzwierciedlająca całkowite rezerwy energetyczne organizmu (tłuszcz i białko - Peig & Green 2009), w porównaniu z parametrami krwi, jest mniej narażona na gwałtowne zmiany czasowe (Hörak et al. 2002) i w konsekwencji może być bardziej wiarygodnym sygnałem jakości osobnika wykorzystywanym w trakcie godów. Jednakże, okazało się, że po usunięciu zmienności związanej z miejscem i czasem gniazdowania (efekty kolonii i roku), korelacje cech morfometrycznych i masy ciała partnerów straciły istotność statystyczną, co jednoznacznie sugeruje, że asortatywne kojarzenie się w pary pod względem tych cech wynikało z nielosowego rozmieszczenia osobników w przestrzeni i w czasie. Na podstawie zgromadzonych danych stwierdziliśmy, jako jedni z pierwszych, że nielosowy dobór partnerów dokonuje się pod względem wielkości ornamentów o barwie pochodzenia melaninowego. Relatywnie silną dodatnią korelację odnotowano w przypadku powierzchni brązowego kaptura, a w mniejszym stopniu w przypadku powierzchni czarnych plam na końcu 2. lotki I-rz. (ang. wingtips), co jest o tyle istotne, że do tej pory badania nad asortatywnym doborem partnerów koncentrowały się na ornamentach o barwie pochodzenia karotenoidowego. Dodatkowo korelacje między poziomem ekspresji ornamentów upierzenia partnerów pozostawały istotne po usunięciu zmienności związanej z miejscem i czasem gniazdowania. Podsumowując, badania te są rzadkim przykładem tzw. efektu skali wyboru (ang. scale-of-choice effect), gdzie zjawisko nielosowego kojarzenia się w pary, przynajmniej pod względem niektórych cech fenoty-

powych, wynikało jedynie z dużej heterogeniczności próby wziętej do analiz (ptaki gniazdujące w różnych koloniach i w różnych latach). Z drugiej strony, wykazano, że asortatywne kojarzenie się śmieszek w pary pod względem poziomu ekspresji wybranych ornamentów upierzenia jest najprawdopodobniej zjawiskiem behawioralnym odzwierciedlającym kierunkowe (obustronne) preferencje związane z doбором partnera. Wyniki te podkreślają istotność jednorodności czasowej i przestrzennej danych w analizach systemów kojarzenia się w pary u dzikich zwierząt.

Indykiewicz P., Podlaszczuk P., Minias P., 2017: Extra-pair paternity in the Black-headed Gull: is it exceptional among colonial waterbirds? Behaviour 154(11): 1081-1099.

Za jedno z najważniejszych instrumentów umożliwiających poznanie i zrozumienie wielu aspektów strategii rozrodczych u ptaków uznano, w ciągu ostatnich 30 lat, narzędzia molekularne. Pozwoliły one m.in. na ustalenie, że genetyczna monogamia jest zjawiskiem występującym zaledwie u 14% gatunków z rzędu wróblowych Passeriformes. Ponadto dzięki wykorzystaniu narzędzi molekularnych dowiedziono, że znaczna część gatunków społecznie monogamicznych jest seksualnie promiskuityczna, a średni poziom ojcostwa pozapartnerskiego (EPP) u gatunków społecznie monogamicznych dotyczy ok. 11% potomstwa i 19% lęgów (Griffith et al. 2002), a u niektórych gatunków wróblowych przekracza nawet 50% wszystkich piskląt (Dixon et al. 1994, Morton et al. 1998). Pomimo powszechności tego zjawiska nadal nie jest ono dostatecznie poznane. Jedną z pierwszych hipotez tłumaczących przyczyny występowania kopulacji pozapartnerskich (ang. EPC – extra pair copulation) wskazywała, iż duże zagęszczenie osobników w populacji (np. u gatunków kolonijnych) może sprzyjać licznym interakcjom z osobnikami innymi niż partner socjalny (Morton et al. 1990, Møller & Birkhead 1993). Jednak wyniki badań z wykorzystaniem narzędzi molekularnych dowiodły, że u połowy badanych gatunków wodno-błotnych przystępujących do lęgów w koloniach przypadki ojcostwa pozapartnerskiego praktycznie się nie zdarzają. Ponadto samce niebędący partnerami socjalnymi są przeciętnie ojcami niespełna 5% piskląt w danej kolonii, a przypadki, w których poziom ojcostwa pozapartnerskiego przekracza 15% piskląt należą do niezwykle rzadkich (Burg & Croxall 2006). Jest to o tyle istotne, że wśród wszystkich przebadanych do tej pory kolonijnych gatunków ptaków wodno-błotnych

najwyższy poziom ojcostwa pozapartnerskiego (EPP) stwierdzono u śmieszki. Badania te jednak ograniczone były do jednej kolonii tego gatunku w Czechach, gdzie przeanalizowano 30 rodzin i dowiedziono, że w ok. 33% lęgów i 20% wszystkich piskląt ojcem był samiec spoza pary socjalnej (Ležalová-Piálková 2011). Jak dotąd nie przeprowadzono podobnych badań w innych koloniach śmieszek i w konsekwencji nie wiadomo, czy tak wysoki poziom EPP jest dla tego gatunku typowy czy może jest to strategia rozrodcza zdeterminowana lokalnymi czynnikami ekologicznymi i środowiskowymi, np. odmiennym zagęszczeniem populacji lęgowej, innym poziomem synchronizacji lęgów, różnicami w dostępności i obfitości pokarmu, presją drapieżników czy warunkami atmosferycznymi. Tak zatem zasadniczym celem naszych badań było wykorzystanie narzędzi molekularnych do określenia częstotliwości występowania przypadków ojcostwa pozapartnerskiego w jednej z kolonii śmieszek w północnej Polsce oraz próba wyjaśnienia czy poziom częstotliwości EPP jest cechą charakterystyczną dla tego gatunku mewy, czy raczej jest to strategia rozrodcza zależna od lokalnych warunków ekologicznych. Aby przetestować te hipotezy określone zostały genotypy w obrębie sześciu loci mikrosatelitarnych dla 34 pełnych rodzin śmieszek (68 dorosłych i 102 piskląta). W efekcie przeprowadzonych analiz alleliczne niedopasowanie pomiędzy potomstwem a ich domniemanymi rodzicami stwierdzono w czterech rodzinach. W każdym przypadku dotyczyło ono tylko jednego pisklącia z danej rodziny i w każdym przypadku genotyp potomstwa nie był zgodny z genotypem zarówno, matki jak i domniemanego ojca w więcej niż jednym loci. Fakt, że piskląta te nie były spokrewnione z żadnym z obojga przypuszczalnych rodziców dowodzi wystąpienia w analizowanej populacji zjawiska pasożytnictwa lęgowego na poziomie 10,8% lęgów. Obecności piskląt będących efektem kopulacji pozapartnerskich w badanej populacji nie wykazano. Reasumując, nasze badania wskazują, że w przeciwieństwie do wcześniejszych doniesień, śmieszka nie jest wśród kolonijnych i wodno-błotnych ptaków gatunkiem wyróżniającym się pod względem poziomu EPP, jak również, że promiskuityzm jest u tego gatunku strategią realizowaną w różnych koloniach/populacjach na różnym poziomie. Jako potencjalną przyczynę stwierdzonych różnic w poziomie EPP pomiędzy oboma koloniami wskazano zarówno czynniki ekologiczne i środowiskowe, w tym różne strategie zachowań samców w poszczególnych populacjach. Ponadto dowiedliśmy, że uogólnianie wniosków o poziomie EPP na podstawie szacunków pochodzących z pojedynczej kolonii/populacji może prowadzić do błędnych interpretacji.

Indykiewicz P., Podlaszczuk P., Kamiński M., Włodarczyk R., Minias P., 2018: Central-periphery gradient of individual quality within a colony of Black-headed Gulls. Ibis – DOI.org/10.1111/ibi.12689

Geneza i następstwa tworzenia przez wiele gatunków kręgowców kolonii rozrodczych są przedmiotem badań od dziesięcioleci. W przypadku ptaków fundamentu takiej strategii rozrodu upatruje się w przestrzennym ograniczeniu liczby siedlisk dogodnych do lęgów (Kaiser & Forbes 1992) oraz w zachowaniu antydrapieżniczym (Wittenberger & Hunt 1985). Ale większe bezpieczeństwo oraz ułatwiona wymiana informacji w kolonii (Richner & Heeb 1996) mogą niekiedy być okupione podwyższonym ryzykiem kontaktu z patogenami i pasożytami (Tella 2002) czy większą konkurencją o zasoby żywności (Birt et al. 1987) i partnera (Dubois et al. 1998). Niekiedy końcowy bilans, tj. różnica pomiędzy osiągniętym zyskiem i poniesionymi kosztami może w istotny sposób zależeć od tego w jakiej części kolonii ptaki lokują swoje gniazdo. Dotychczas uważano, że w homogenicznym strukturalnie środowisku miejsca lęgowe znajdujące się w centrum kolonii, w porównaniu z miejscami znajdującymi się na jej obrzeżu, oferują znacznie skuteczniejszą ochronę przed drapieżnikami i w efekcie wyższą przeżywalność dorosłych osobników i większy sukces reprodukcyjny (Coulson 1968, Aebischer & Coulson 1990). Wydaje się jednak, że temu zróżnicowaniu powinno odpowiadać również zróżnicowanie indywidualnej jakości osobników przystępujących do lęgów, mierzonej ich wiekiem, statusem społecznym, czy stanem fizjologicznym, gdzie osobniki o wysokiej jakości powinny zajmować centralnie położone, a zatem najbezpieczniejsze miejsca w kolonii (Minias & Kaczmarek 2013). W przypadku mew badań testujących tę hipotezę do tej pory nie przeprowadzono. Tak zatem podjęliśmy badania, których najistotniejszym celem była ocena jakości śmieszek przystępujących do lęgów w centrum kolonii i na jej obrzeżach, na podstawie różnic morfologicznych, fizjologicznych i genetycznych, a także sprawdzenie czy i jak te różnice wpływają na rozkład przestrzenny podstawowych parametrów reprodukcyjnych. Zamierzony efekt osiągnięto na podstawie danych zgromadzonych w ciągu trzech sezonów lęgowych. Schwytano w tym czasie 319 śmieszek i oceniono ich jakość: a) morfologiczną – wykorzystując do tego celu skalowany indeks masy (ang. scaled mass index), b) fizjologiczną – na podstawie stężenia hemoglobiny we krwi i stężenia metabolitów w osoczu (trójglicerydy, glukoza i albuminy), a także stosunku hete-

rofilii do limfocytów oraz c) jakość genetyczną – określając osobniczą heterozygotyczność w obrębie neutralnych loci mikrosatelitarnych. Monitorowano również podstawowe parametry reprodukcyjne u 537 par śmieszki, rejestrując m.in. czas zniesienia kolejnych jaj, wielkość jaj i liczbę wyklułych piskląt. W efekcie przeprowadzonych badań wykazano, że śmieszki w centralnej części kolonii, w porównaniu z samicami z części peryferyjnej, charakteryzowały się lepszą kondycją (wyższy skalowany indeks masy i wyższe stężenia hemoglobiny). Ponadto stwierdzono, że samice w centrum kolonii przystępowały do składania jaj znacznie wcześniej, a ich jaja miały istotnie większą objętość. Pary z centralnej części kolonii osiągały wyższy sukces lęgowy niż pary z części brzegowej. Nie stwierdzono natomiast różnic w stężeniach trójglicerydów i glukozy oraz w heterozygotyczności pomiędzy samicami z poszczególnych części kolonii. Z drugiej strony, na podstawie analizy stosunku heterofilii do limfocytów stwierdzono, że ptaki w centrum kolonii wykazywały wyższy poziom stresu fizjologicznego niż ptaki na obrzeżach kolonii. Reasumując, wyniki naszych badań upoważniają do twierdzenia, że w koloniach śmieszek istnieje zróżnicowanie przestrzenne jakości par lęgowych, a osobniki o wyższej jakości preferują miejsca zlokalizowane w centrum kolonii. Jednak pary zajmujące centralne pozycje gniazdowe w kolonii narażone były na wyższy stres, który może być związany z silną konkurencją wewnątrzgatunkową o korzystne miejsce do ulokowania gniazda oraz ze znacznym natężeniem agonistycznych interakcji między osobnikami, wynikającym z dużych zagęszczeń gniazd w centrum kolonii. Ten ostatni fakt winien być w szczególności uwzględniany w dalszych badaniach nad ptakami kolonijnymi bowiem, jak do tej pory, był on najczęściej pomijany w badaniach.

Indykiewicz P., Podlasczuk P., Janiszewska A., Minias P., 2018: Extensive gene flow along the urban-rural gradient in a migratory colonial bird. *Journal of Avian Biology* 49(6) e01723.

Istnieje wiele dowodów świadczących o tym, że różnorodność gatunków zmniejsza się wraz ze wzrostem stopnia urbanizacji, a zmiany środowiskowe spowodowane przez człowieka prawdopodobnie będą jeszcze przez długi czas determinować przetrwanie wielu gatunków dzikiej fauny i flory (Chace & Walsh 2006, McDonald et al. 2008). Wiadomo jednak, że niewielka liczba gatunków wykorzystuje to środowisko z powodzeniem, a niektóre z nich stają się nawet silnie zależne od niego (Blair 1996, Kark et al. 2007). Adaptacja do krajobrazu

miejskiego jest procesem złożonym, na który składa się kilka mechanizmów. Za najważniejsze, które istotnie ułatwiają kolonizację i tworzenie populacji w nowym środowisku uznaje się nielosowe rozmieszczenie genotypów (ang. sorting proces) i plastyczność fenotypową (Sol et al. 2013, Alberti et al. 2017). Skuteczne wniknięcie i pozostanie w krajobrazie miejskim wymaga obecności w populacji pewnej (zazwyczaj niewielkiej) liczby osobników predysponowanych fenotypowo lub genetycznie do radzenia sobie z silną antropopresją (np. niski poziom reakcji na stres, innowacyjność zachowania (Evans et al. 2010, Atwell et al. 2012, Tryjanowski et al. 2016)). Proces kolonizacji może prowadzić do zróżnicowania genetycznego populacji miejskiej i pozamiejskiej nawet wówczas, kiedy miasto zostało skolonizowane wyłącznie przez napływ osobników z sąsiedniego terenu (ang. independent colonization). Może bowiem nastąpić tzw. efekt założycielski, a to znaczy, że kolonizatorzy nie muszą być genetycznie reprezentatywni dla źródłowych populacji (Sol et al. 2013, Lande 2015). Ponadto, jeśli populacja założycielska jest niewielka, może podlegać silnemu dryfowi genetycznemu, który może nie tylko doprowadzić do zmniejszenia zmienności genetycznej (np. poprzez utratę rzadkich alleli), ale może również promować dalszą dywergencję populacji poprzez losowe zmiany częstości alleli (Spurgin et al. 2014). Różnicowanie genetyczne pomiędzy miejską i pozamiejską populacją może nastąpić także w następstwie modelu określanego jako „skok-przez-plecy” (ang. leapfrog colonization). Wówczas nowe obszary (miasta) są głównie kolonizowane przez osobniki pochodzące z innych trwałych populacji miejskich (Evans et al. 2009). Jednak niezależnie od mechanizmów odpowiedzialnych za kolonizację, różnicowanie genetyczne populacji może następować w wyniku różnego, tak w krajobrazie pozamiejskim, jak i miejskim, nacisku selekcyjnego (mikroewolucja – Miranda et al. 2013, Mueller et al. 2013) oraz ograniczonego przepływu genów między tymi dwoma środowiskami. Są też dane empiryczne dowodzące, że w następstwie efektu założycielskiego i selekcji może nastąpić silna genetyczna, morfologiczna i behawioralna rozbieżność pomiędzy miejskimi i niemiejskimi populacjami ptaków w ciągu zaledwie kilku dekad od czasu kolonizacji miasta (Rasner et al. 2004, Yeh & Price 2004). Znając powyższe fakty podjęliśmy decyzję o przeprowadzeniu badań, których celem było określenie mechanizmu genetycznego różnicowania się miejskiej i pozamiejskiej populacji śmieszki. Ponadto założyliśmy, że skoro jest ona zarówno gatunkiem kolonijnym, jak i migrującym to może mieć to istotny wpływ na obniżenie poziomu genetycznej dywergencji pomiędzy analizo-

wanymi populacjami. W konsekwencji oczekiwaliśmy, że po pierwsze, odnotujemy słabszy tzw. efekt założycielski wynikający z faktu, że u migrantów nowe kolonie tworzone są zazwyczaj przez większe grupy osobników, a po drugie, zachowanie migracyjne w naturalny sposób sprzyja przepływowi genów na poziomie metapopulacji. Do badań wytypowano dwie kolonie zlokalizowane w granicach miasta i cztery kolonie znajdujące się poza obszarem zurbanizowanym. Genotypy 173 osobników (po 25-30 z każdej analizowanej populacji) zostały określone z wykorzystaniem dziesięciu markerów mikrosatelitarnych. Genetyczne różnice pomiędzy populacjami określano obliczając: a) współczynnik F_{ST} , który uznaje dryf genetyczny za główny czynnik różnicujący populacje, b) odległość genetyczną Nei'a oraz c) wykorzystując statystyki bayesowskie do określenia liczby klastrow genetycznych w badanej meta-populacji i przypisania indywidualnych genotypów do tychże klastrow. Na tej podstawie stwierdzono, że porównywane populacje miejskie i pozamiejskie śmieszki wykazywały bardzo niskie zróżnicowanie genetyczne. Może to oznaczać, że opisywane przez nas kolonie miejskie powstały w wyniku napływu osobników z przyległych siedlisk naturalnych oraz że początkowy poziom zróżnicowania genetycznego między nimi i populacjami źródłowymi był niski (brak efektu założycielskiego). Niskie zróżnicowanie genetyczne populacji miejskich i pozamiejskich stwierdzone przez nas u śmieszki stanowi wyraźny kontrast w stosunku do wcześniejszych ustaleń dotyczących genetycznych konsekwencji urbanizacji u ptaków. Do tej pory notowano, u takich gatunków, jak np. pustułka *Falco tinnunculus* (Hille et al. 2003), łyska *Fulica atra* (Minias et al. 2017), kos *Turdus merula* (Evans et al. 2009) czy junko zwyczajny *Junco hyemalis* (Rasner et al. 2004), umiarkowane bądź wysokie zróżnicowanie genetyczne między populacjami miejskimi i pozamiejskimi. Ponadto nie znaleziono dowodów genetycznego zróżnicowania pomiędzy dwiema miejskimi populacjami i stwierdziliśmy jedynie niewielki stopień zróżnicowania między analizowanymi populacjami pozamiejskimi. Reasumując, wyniki naszych badań wskazują, że w przypadku śmieszki urbanizacja nie działała jako skuteczna bariera przepływu genów między populacjami, co jest niezwykle ważne w strategii życiowej śmieszki jako gatunku kolonijnego i migrującego, o dużej skłonności do dyspersji. Tak zatem badanie nasze pokazało wysoką złożoność i różnorodność mechanizmów kolonizacji terenów miejskich oraz genetycznych konsekwencji tego zjawiska w populacjach dzikich zwierząt.

Indykiewicz P., 2015: Egg losses caused by cold snap in the Black-headed Gull (*Chroicocephalus ridibundus* L.). Polish Journal of Ecology, 63(93): 460-466.

U krótko- i średniodystansowych migrantów wcześniejsze dotarcie na lęgowisko znajdujące się w strefie klimatu umiarkowanego zazwyczaj zwiększa istotnie ich szansę na zajęcie jakościowo lepszego miejsca lęgowego i osiągnięcie większego sukcesu rozrodczego (Kokko 1999, Forstmeier 2002). Sukces ten uzależniony jest nie tylko od jakości morfologicznej, fizjologicznej i genetycznej osobnika i jego partnera (Moreno et al. 1997, Bearhop et al. 1999), ale także od lokalnych warunków środowiskowych, w tym atmosferycznych (Tryjanowski et al. 2004). W następstwie globalnych zmian klimatu wiele gatunków ptaków w Europie i Ameryce Północnej rozpoczyna obecnie lęgi wcześniej niż w okresach minionych (Bauer et al. 2010, Chmielewski et al. 2013). Jednak efektem globalnych zmian klimatycznych są również coraz częściej powtarzające się ekstremalne zdarzenia pogodowe (Coumou & Rahmstorf 2012, Tang et al. 2013). Te ostatnie, a zwłaszcza niska temperatura na początku sezonu rozrodczego może być dla wielu gatunków przyczyną niedoboru lub braku pokarmu i negatywnie wpływać na ich kondycję, jak również na prawidłowy rozwój zarodków i wzrost piskląt (DuRant et al. 2012, Whitehouse et al. 2013). Jest to o tyle istotne, że u śmieszki, która jest gatunkiem silnie filopatrycznym i długowiecznym nacisk selekcyjny preferuje szybki powrót na lęgowisko i wczesne przystąpienie do rozrodu. Szybsze złożenie jaj i wcześniejsze odchowanie potomstwa istotnie zwiększa szansę tej mewy na osiągnięcie w przyszłości wyższej pozycji socjalnej (np. w efekcie współpracy w obrębie grupy krewniaczej) i zajmowanie lepszego miejsca w kolonii lęgowej, a w konsekwencji zwiększa prawdopodobieństwo na osiągnięcie przez nią większego życiowego sukcesu rozrodczego. Jednak coraz częstsze i gwałtowne zmiany atmosferyczne można traktować również, z naukowego punktu widzenia, jako naturalne eksperymenty, w których testowana jest plastyczność fenotypowa gatunku. Taki właśnie naturalny eksperyment zaistniał wiosną 2012 r., kiedy na początku wiosny w Polsce notowano nieprzeciętnie niskie temperatury. Fakt ten stał się pretekstem do podjęcia przeze mnie szczególnie intensywnej rejestracji kolejnych etapów lęgów w celu odnotowania potencjalnego wpływu skrajnie niekorzystnych warunków pogodowych na jej sukces rozrodczy, a także określenia wielkości sukcesu lęgowego w zależności od terminu przybycia ptaków do kolonii i złożenia jaj przez samice. Badania prowadzi-

łem w kolonii monitorowanej przeze mnie przez kilkanaście kolejnych lat, a zlokalizowanej w granicach administracyjnych Bydgoszczy. Wiosną 2012 r., podobnie jak w latach ubiegłych, złożone przez samice jaja zostały indywidualnie oznakowane i zmierzone. Od momentu złożenia pierwszego jaja lęgi były monitorowane codziennie, co pozwoliło na zarejestrowanie po raz pierwszy w strefie klimatu umiarkowanego faktu popekania części złożonych jaj w konsekwencji wystąpienia skrajnie niskiej temperatury. Dokonane obserwacje i zgromadzone dane dowiodły, że samice, które złożyły jaja najwcześniej w sezonie lęgowym odniosły wielokrotnie większe straty lęgowe niż samice składające jaja w późniejszym okresie. Fakt ten zaważył również istotnie na ponadprzeciętnej wielkości strat poniesionych przez całą kolonię w analizowanym sezonie. Reasumując, wprawdzie opisane zdarzenie miało charakter incydentalny, to jednak jego zarejestrowanie może zostać wykorzystane w toczącym się dyskursie, czy gatunki są zdolne wystarczająco szybko przystosować swoje strategie życiowe/rozrodcze do zmieniających się warunków środowiskowych.

Bibliografia

- Aebischer N.J., Coulson J.C., 1990: Survival of the Kittiwake in relation to sex, year, breeding experience and position in the colony. *J. Anim. Ecol.*, 59: 1063–1071.
- Alberti M., Correa C., Marzluff J.M., Hendry A.P., Palkovacs E.P., Gotanda K.M., Hunt V.M., Apgar T.M., Zhou Y., 2017: Global urban signatures of phenotypic change in animal and plant populations. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 114: 8951–8956.
- Atwell J.W., Cardoso G.C., Whittaker D.J., Campbell-Nelson, S., Robertson K.W., Ketterson E.D., 2012: Boldness behavior and stress physiology in a novel urban environment suggest rapid correlated evolutionary adaptation. *Behav. Ecol.*, 23: 960–969.
- Bauer Z., Trnka M., Bauerová J., Mozný M., Stepánek P., Bartosová L., Zalud Z., 2010: Changing climate and the phenological response of great tit and collared flycatcher populations in floodplain forest ecosystems in Central Europe. *Int. J. Biometeorol.*, 54: 99–111.
- Bearhop S., Griffiths R., Orr K., Furness R.W., 1999: Mean corpuscular volume (MCV) as a measure of condition in birds. *Ecology Letters*, 2: 352–356.
- Beaulieu M., Ropert-Coudert Y., Le Maho Y., Ancel A., Criscuolo F., 2010: Foraging in an oxidative environment: relationship between $\delta^{13}C$ values and oxidative status in Adélie penguins. *Proc. R. Soc. Lond., B* 277(1684): 1087–1092.
- BirdLife International 2018: *Larus ridibundus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2018: e.T22694420A132548687
- Birt V.L., Birt T.P., Goulet D., Cairns D.K., Montevecchi W.A., 1987: Ashmole's halo: direct evidence for prey depletion by a seabird. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 40: 205–208.
- Blair R.B., 1996: Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecol. Appl.*, 6: 506–519.
- Brown W.P., Roth R.R., 2009: Age-specific reproduction and survival of individually marked wood thrushes, *Hylocichla mustelina*. *Ecology*, 90(1): 218–229.

- Burg M.T., Croxall P.J., 2006: Extrapair paternities in black-browed *Thalassarche melanophris*, grey-headed *T. chrysostoma* and wandering albatrosses *Diomedea exulans* at south Georgia. *J. Avian Biol.*, 37: 331-338.
- Chace J., Walsh J., 2006: Urban Effects On Native Avifauna: A Review. *Landscape and Urban Planning*, 74(1): 46-69.
- Chmielewski F.M, Blümel K., Scherbaum-Heberer C., Koppmann-Rumpf B., Schmidt K.H., 2013: A model approach to project the start of egg laying of Great Tit (*Parus major* L.) in response to climate change. *Int. J. Biometeorol.*, 57: 287–297.
- Coulson J.C., 1968: Differences in the quality of birds nesting in the center and on the edges of a colony. *Nature*, 217: 478–479.
- Coumou D., Rahmstorf S., 2012: A decade of weather extreme. *Nat. Clim. Chang.*, 2: 491–496.
- Cramp S., Simmons K.E.L., 1983: Handbook of the Birds of Europe the Middle East and North Africa The Birds of the Western Palearctic. Vol. 3. Waders to Gulls. Oxford University Press. Oxford.
- Dixon A., Ross D., O'Malley S.L.C., Burke T., 1994: Paternal investment inversely related to degree of extra-pair paternity in the reed bunting. *Nature*, 371: 698–700.
- Dubois F., Cezilly F., Pagel M., 1998: Mate fidelity and coloniality in waterbirds: a comparative analysis. *Oecologia*, 116: 433–440.
- DuRant S.E., Hopkins W.A., Wilson A.F., Hepp G.R., 2012: Incubation temperature affects the metabolic cost of thermoregulation in a young precocial bird. *Funct. Ecol.*, 26: 416–422.
- Evans J., Boudreau K., Hyman J., 2010: Behavioural syndromes in urban and rural populations of song sparrows. *Ethology*, 116: 588–595.
- Evans K.L., Gaston K.J., Frantz A.C., Simeoni M., Sharp S.P., McGowan A., Dawson D.A., Walasz K., Partecke J., Burke T., Hatchwell B.J., 2009: Independent colonization of multiple urban centres by a formerly forest specialist bird species. *Proc. R. Soc., B* 276: 2403–2410.
- Filliater T.S., Breitwisch R., 1997: Nestling provisioning by the extremely dichromatic northern cardinal. *Wilson Bull.*, 109: 145–153.
- Forstmeier W., 2002: Benefits of early arrival at breeding grounds vary between males. *J. Anim. Ecol.*, 71: 1–9.
- Gill F.B., 2007: Ornithology (3 ed.). New York: W.H. Freeman and Company: 138–141.
- Griffith S.C., Owens I.P.F., Thuman K.A., 2002: Extra pair paternity in birds: a review of interspecific variation and adaptive function. *Mol. Ecol.*, 11: 2195–2212.
- Hille S.M., Nesje M., Segelbacher G., 2003: Genetic structure of kestrel populations and colonization of the Cape Verde archipelago. *Mol. Ecol.*, 12: 2145–2151.
- Hörak P., Saks L., Ots I., Kollist H., 2002: Repeatability of condition indices in captive greenfinches (*Carduelis chloris*). *Can. J. Zool.*, 80: 636–643.
- Indykiewicz P., 2013: Śmieszka *Chroicocephalus ridibundus* [w:] D. Zawadzka, M. Ciach, T. Figarski, Ł. Kajtoch, Ł. Rejt (red.) Materiały do wyznaczania i określania stanu zachowania siedlisk ptasich w obszarach specjalnej ochrony ptaków Natura 2000. GDOŚ, Warszawa: 239-244.
- Jawor J.M., Breitwisch R., 2003: Melanin ornaments, honesty, and sexual selection. *Auk*, 120(2): 249–265.
- Jiang Y., Bolnick D.I., Kirkpatrick M., 2013: Assortative mating in animals. *Am. Nat.*, 81: E125–E138.
- Kaiser G.W., Forbes L.S., 1992: Climatic and oceanographic influences on island use in four burrow-nesting alcids. *Ornis Scand.*, 23: 1–6.
- Kark S., Iwaniuk A., Schalimtzek A., Banker A., 2007: Living in the city: can anyone become an 'urban exploiter'? *J. Biogeogr.*, 34: 638–651.
- Kokko H., 1999: Competition for early arrival in migratory birds. *J. Anim. Ecol.*, 68: 940–950.
- Kondrashov A.S., Mina M.V., 1986: Sympatric speciation: when is it possible? *Biol. J. Linn. Soc.*, 27(3): 201–223.
- Lande R., 2015: Evolution of phenotypic plasticity in colonizing species. *Mol. Ecol.*, 24, 2038–2045.

- Ležalová-Piálková R., 2011: Molecular evidence for extra-pair paternity and intra-specific brood parasitism in the black-headed gull. *J. Ornithol.*, 152: 291-295.
- McDonald R.I., Kareiva P., Forman R.T., 2008: The implications of current and future urbanization for global protected areas and biodiversity conservation. *Biol. Conserv.*, 141: 1695–1703.
- Minias P., Kaczmarek K., 2013: Is it always beneficial to breed in the centre? Trade-offs in nest site selection within the colony of a tree-nesting waterbird. *J. Ornithol.*, 154: 945–953.
- Minias P., Włodarczyk R., Minias A., Dziadek J., 2017: How birds colonize cities: genetic evidence from a common waterbird, the Eurasian coot. *J. Avian Biol.*, 48: 1095–1103.
- Miranda A.C., Schielzeth H., Sonntag T., Partecke J., 2013: Urbanization and its effects on personality traits: a result of microevolution or phenotypic plasticity? *Global Change Biol.*, 19: 2634–2644.
- Møller A.P., Birkhead T.R., 1993: Cuckoldry and sociality: a comparative study of birds. *Am. Nat.*, 142: 118–140.
- Moreno J., Barbosa A., Potti J., Merino S., 1997: The effects of hatch date and parental quality on chick growth and creching age in the chinstrap penguin (*Pygoscelis antarctica*): a field experiment. *Auk*, 114: 47–54.
- Morton E.S., Forman L., Braun M., 1990: Extrapair fertilizations and the evolution of colonial breeding in purple martins. *Auk*, 107: 275-283.
- Morton E.S., Stutchbury B.J.M., Howlett J.S., Piper W.H., 1998: Genetic monogamy in blue-headed vireos and a comparison with a sympatric vireo with extra-pair paternity. *Behav. Ecol.*, 9: 515–524.
- Mueller J.C., Partecke J., Hatchwell B.J., Gaston K.J., Evans K.L., 2013: Candidate gene polymorphisms for behavioural adaptations during urbanization in blackbirds. *Mol. Ecol.*, 22: 3629–3637.
- Olsen K.M., 2018: Gulls of the world. A Photographic Guide. Christopher Helm, Bloomsbury.
- Olsen K.M., Larsson H., 2003: Gulls of Europa, Asia and America. Christopher Helm, London.
- Peig J., Green A.J., 2009: New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos*, 118(12): 1883–1891.
- Peron G., Lebreton J.D., Crochet P.A., 2010: Breeding dispersal in black-headed gull: the value of familiarity in a contrasted environment. *Journal of Animal Ecology*, 79: 317–326.
- Potti J., 2007: Variation in haematocrit of a passerine bird across life stages is mainly of environmental origin. *J. Avian Biol.*, 38(6): 726–730.
- Rasner C.A., Yeh P., Eggert L.S., Hunt K.E., Woodruff D.S., Price T.D., 2004: Genetic and morphological evolution following a founder event in the dark-eyed junco, *Junco hyemalis thurberi*. *Mol. Ecol.*, 13: 671–681.
- Richner H., Heeb P., 1996: Communal life: honest signalling and the recruitment center hypothesis. *Behav. Ecol.*, 1: 115–119.
- Sol D., Lapiedra O., González-Lagos C., 2013: Behavioural adjustments for a life in the city. *Anim. Behav.*, 85: 1101–1112.
- Spurgin L.G., Illera J.C., Jorgensen T.H., Dawson D.A., Richardson D.S., 2014: Genetic and phenotypic divergence in an island bird: isolation by distance, by colonization or by adaptation. *Mol. Ecol.*, 23: 1028–1039.
- Tang Q., Zhang X., Yang X., Francis J.A., 2013: Cold winter extremes in northern continents linked to Arctic sea ice loss – *Environ. Res. Lett.*, 8: 014036.
- Tella J.L., 2002: The evolutionary transition to coloniality promotes higher blood parasitism in birds. *J. Evol. Biol.*, 15: 32–41.
- Tryjanowski P., Sparks T.H., Ptaszyk J., Kosicki J., 2004: Do White Storks *Ciconia ciconia* always profit from an early return to their breeding grounds? *Bird Study*, 51: 222–227.
- Tryjanowski P., Møller A., Morelli F., Biaduń W., Brauze T., Ciach M., Czechowski P., Czyż S., Dulisz B., Goławski A., Hetmanski T., Indykiewicz P., Mitrus C., Myczko Ł., Nowakowski J., Polakowski

- M., Takacs V., Wysocki D., Zduniak P., 2016: Urbanization affects neophilia and risk-taking at bird-feeders. *Sci. Rep.*, 6: 28575.
- Urfi A.J., Kalam A., 2006: Sexual size dimorphism and mating pattern in the painted stork (*Mycteria leucocephala*). *Waterbirds*, 29(4): 489–496.
- van Dijk K., Oosterhuis R., Middendorp B., Majoor F., 2012: New longevity records of Black-headed Gull, with comments on wear and loss of aluminium rings. *Dutch Birding*, 34: 20–31.
- Whitehouse M.J., Harrison N.M., Mackenzie J., Hinsley S.A., 2013: Preferred habitat of breeding birds may be compromised by climate change: Unexpected effects of an exceptionally Cold, Wet Spring. *PLoS ONE*, 8: e75536.
- Wittenberger J.F., Hunt Jr G.L., 1985: The adaptive signification of coloniality in birds [in:] D.S. Farner, J.R. King, K.C. Parkes (eds) *Avian biology*. Vol. 8, Academic Press, New York: 1–78.
- Yeh P.J., Price T.D., 2004: Adaptive phenotypic plasticity and the successful colonization of a novel environment. *Am. Nat.*, 164: 531–542.

V. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

W nawiasach kwadratowych podałem numery prac opublikowanych w czasopiśmie z listy *Journal Citation Reports* [1–5-JCR] oraz w czasopiśmie nieznajdujących się na tej liście [16–123]. Wszystkie prace zostały wymienione w wykazie publikacji stanowiącym załącznik nr 4. Kolejność omawiania publikacji w niektórych przypadkach nie oddaje chronologii prowadzonych badań.

Przebieg pracy naukowo-badawczej przed uzyskaniem stopnia doktora

Początek moich obserwacji i badań dotyczących ptaków przypada na okres studiów. Koncentrowały się one wówczas na poznaniu wybranych zagadnień ekologii lęgów wróbla, a zwłaszcza określeniu zmienności konstrukcji i struktury gniazd oraz rodzajów materiałów wykorzystywanych do jego budowy w trzech typach krajobrazu [44, 112]. Poza tym prowadziłem badania na temat wpływu czynników środowiskowych na fenologię lęgów i sukces rozrodczy tego gatunku, co zaowocowało przygotowaniem pracy magisterskiej i jej obrony z wyróżnieniem.

Następnie rozpocząłem kilkuletnią współpracę z prof. J. Pinowskim z Zakładu Ekologii Kręgowców Instytutu Ekologii PAN w Dziekanowie Leśnym. Tam w latach 1986–1989 prowadziłem autorskie badania nad wzrostem i rozwojem piskląt dwóch gatunków ziarnojadów, tj. wróbla i mazurka, w skrajnie niekorzystnych warunkach środowiskowych. Na ich podstawie przedsta-

wiłem model kolejności inwestycji białkowych i tempa wzrostu układu kostno-szkieletowego, mięśniowego i upierzenia w pierwszym okresie życia piskląt tych dwóch gniazdowników. Badania te były integralną częścią problemu badawczego pt.: „Strategia funkcjonowania populacji kręgowców w ekosystemach” prowadzonego przez Zakład Ekologii Kręgowców IE PAN w Dziekanowie Leśnym we współpracy z Kliniką Epizootiologii Akademii Rolniczej we Wrocławiu oraz Pracownią Mikrobiologii Filii Uniwersytetu Warszawskiego w Białymstoku [113].

Jednocześnie prowadziłem studia kameralne, karentując publikacje dotyczące wszystkich gatunków należących do rodzaju *Passer*. Warto może dodać, że był to okres, w którym w Polsce nie było jeszcze Internetu i o każdą odbitkę publikacji należało zwracać się pisemnie do ich autorów. Dzięki współpracy międzynarodowej zgromadziłem w ciągu pięciu lat (1985-1990) na tyle pokaźną bibliografię, że zaowocowało to przygotowaniem czterech kolejnych zeszytów bibliografii opublikowanych w *International Studies on Sparrows* [45-48]. Ponadto, dzięki wcześniejszym badaniom, zostałem zaproszony do przygotowania wspólnie D. Summers-Smithem, międzynarodowym autorytetem ornitologicznym, rozdziału w Europejskim Atlasie Ptaków Lęgowych na temat wróbla [110].

Zdobyta w Instytucie Ekologii PAN wiedza oraz doświadczenie badawcze i organizacyjne przyspieszyły -moje zatrudnienie w Katedrze Zoologii Akademii Techniczno-Rolniczej (ATR) w Bydgoszczy w 1989 r. Przez pierwszy okres zatrudnienia (1990-1995) skoncentrowałem swoje badania na ocenie różnorodności gatunkowej awifauny terenów zurbanizowanych i przylegających do nich terenów strefy podmiejskiej. Na tej podstawie skwantyfikowałem walory poszczególnych typów krajobrazu miejskiego dla określonych zgrupowań ptaków oraz wskazałem metody zintegrowanej ochrony awifauny na tych terenach [41].

Niezależnie od zainteresowania biologią ptaków, rozwijałem swoją pasję związaną z anatomią porównawczą kręgowców, a w szczególności funkcjonalnością układu ruchu i obszarów naczyń u ptaków i ssaków. W 1994 r. otrzymałem nobilitującą propozycję współpracy z zespołem angiologów z Zakładu Anatomii Zwierząt ATR w Bydgoszczy kierowanym przez prof. C. Wilanda. Efektem tej współpracy była rozprawa doktorska obroniona z wyróżnieniem na temat międzygatunkowej i wewnątrzpopulacyjnej zmienności morfologicznej i biometrycznej odejść, podziałów oraz odmian wszystkich odgałęzień aorty brzusznej u ssaków drapieżnych należących do rodziny łasicowatych *Mustelidae* i psowatych *Canidae*, a także kilka publikacji [31, 34, 35, 37].

Przebieg pracy naukowo-badawczej po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora swoją aktywność naukową skoncentrowałem na następujących nurtach badawczych:

- inwentaryzacja awifaunistyczna i ochrona różnorodności gatunkowej,
- ekologia populacji i biologia gatunku,
- awifauna miast – procesy synantropizacji i synurbizacji ptaków,
- biologia i ekologia śmieszki.

Inwentaryzacja awifaunistyczna i ochrona różnorodności gatunkowej

Znaczną część swoich zainteresowań i aktywności naukowej związałem z klasyczną inwentaryzacją awifaunistyczną i elementami ekologii populacji ptaków na obszarach północno-centralnej części kraju. Rejestrowałem, nierzadko w cyklu wieloletnim, różnorodność gatunkową ptaków dolin rzecznych i wielkopowierzchniowych obszarów leśnych. Efektem tej działalności była m.in. ocena roli Doliny Noteci dla średnio i długodystansowych migrantów z grupy brodzących [38]; ocena zagrożeń dla awifauny lęgowej i migrującej w dolinach Brdy, Noteci, Kanału Bydgoskiego i Wisły Środkowej, szczególnie w kontekście zagrożeń, które dla ptaków spowodowałyby włączenie tych rzek do planowanej międzynarodowej drogi wodnej Wschód-Zachód (E-70) żeglownej dla średnich i dużych jednostek pływających [29, 68, 73, 77]. Ponadto badania te pozwoliły na określenie różnorodności gatunkowej ptaków lęgowych Doliny Brdy i jej dopływów oraz wskazanie najistotniejszych przyczyn zagrożenia wybranych typów siedlisk i gatunków ptaków [91, 111]. Obserwacje w dolinach Brdy i Wdy stały się też punktem wyjścia do dalszej wieloletniej eksploracji faunistycznej całych Borów Tucholskich. Badania prowadziłem zarówno na dominujących tam terenach leśnych [99], jak i na terenach jeziornych Borów [30, 36] i na obszarach rolniczych [40]. Badania te pozwoliły na przedstawienie po raz pierwszy nie tylko pełnej listy ptaków drapieżnych występujących na tym obszarze [26, 92], ale także ich rozmieszczenia [100, 102], dynamiki liczebności populacji poszczególnych gatunków i ich statusu [90, 94, 101, 102]. Wymiernym efektem poznania i oceny dynamiki zachodzących zmian w populacjach ptaków oraz rzetelnej oceny walorów awifaunistycznych wybranych fragmentów Borów było wsparcie wniosku i wreszcie formalne uznanie Borów Tucholskich za

Rezerwat Biosfery [42, 94]. Ponadto badania faunistyczne prowadziłem także na obszarach rolniczych Pałuk [71, 72, 78] i na Pojezierzu Żnińskim [95].

Integralnym elementem zaprezentowanej wyżej aktywności naukowej była ocena walorów przyrodniczych badanych obszarów, ich kwantyfikacja oraz wskazywanie skutecznych metod i sposobów ich ochrony. Szczególnie istotne okazało się to w okresie desygnowania do europejskiej sieci Natura 2000 specjalnych obszarów ochrony ptaków, a także specjalnych obszarów ochrony siedlisk. Jednym z jej efektów było przygotowanie dwóch monografii przedstawiających, zarówno formalne, jak i merytoryczne kryteria oceny walorów przyrodniczo wybranych obszarów [23], jak również wyczerpujący katalog obszarów desygnowanych do sieci Natura w granicach województwa kujawsko-pomorskiego [17]. Było to również przygotowanie kilku prac stanowiących głos autora w toczącym się dyskursie na temat skuteczności tej formy ochrony przyrody [33, 62, 89], a także programów rolno-środowiskowych [32] i w końcu przygotowania i realizacji planów zadań ochronnych dla tych obszarów [50, 82].

Ekologia populacji i biologia gatunku

Oddzielny nurt moich dociekań naukowych stanowiły badania populacyjne skoncentrowane na bocianie białym przystępującym do lęgów na terenie obecnego województwa kujawsko-pomorskiego. Te wieloletnie, systematyczne badania rozpocząłem w 1994 r. od przeprowadzenia pierwszego na tym terenie kompleksowego cenzusu bociana [109]. W gminach o największym zagęszczeniu par lęgowych badania prowadzono przez kilka-kilkanaście kolejnych lat, a w skali całego województwa były one synchronizowane z cenzusem krajowym. Jednym z kluczowych osiągnięć tych badań było określenie dynamiki zmian liczebności populacji rozrodzkiej [19, 20, 67, 80], fenologii lęgów [19, 103], wpływu wybranych czynników środowiskowych na przestrzenne rozmieszczenie gniazd [80, 103, 106, 108] i wyniki rozrodu tych ptaków [19, 20, 80, 103]. Również określono wpływ struktury biotopowej, tj. powierzchni łąk, pastwisk, lasów, zbiorników wodnych oraz warunków atmosferycznych na wybiórczość miejsc gniazdowania [103, 107, 108] i śmiertelność piskląt [19, 80, 103]. Ponadto zgromadzono informacje mające podstawowe znaczenie dla skutecznej ochrony gniazd i siedlisk tego gatunku [19, 20, 21], jak również uznania bociana białego jako gatunku parasolowego dla wróbli i mazurków (wykorzystanie podstawy gniazd bociana jako miejsc lęgowych) [39, 84]. Zgromadzone

dane wykorzystano także w ogólnopolskich opracowaniach [83], a także w krytycznej analizie stosowanych wówczas metod badawczych [105].

Bocian biały stanowił także przedmiot moich zainteresowań w kontekście próby określenia czynników wpływających na przebieg wzrostu i rozwoju piskląt w okresie gniazdowym. Rejestrując w ciągu kilku kolejnych sezonów lęgowych wybrane zmienne środowiskowe mogące mieć potencjalny wpływ na zrównoważenie inwestycji w struktury szkieletowe i akumulację tłuszczu u piskląt zgromadzono dane, które pozwoliły na stwierdzenie kilku istotnych faktów. Otóż dowiedziono, że liczba piskląt odchowywanych przez parę jest dodatnio skorelowana z terminem przystąpienia jej do lęgu oraz z zasobnością żerowisk w sąsiedztwie zajętego gniazda. Ponadto stwierdzono, że tempo wzrostu piskląt nie jest bezpośrednio zależne od warunków atmosferycznych oraz, że nie jest ono zdeterminowane ani liczbą rodzeństwa konkurującego o pokarm, ani asynchronicznością wykluwania się. Zbliżone tempo wzrostu wszystkich piskląt wydaje się kluczowym elementem strategii zsynchronizowania gotowości wszystkich osobników z populacji do wylotu na zimowisko w dużych grupach [14-JCR].

Awifauna miast – procesy synantropizacji i synurbizacji ptaków

Jednym z głównych nurtów moich zainteresowań i poszukiwań badawczych była i jest awifauna terenów zurbanizowanych, a zwłaszcza poszukiwanie i analiza mechanizmów procesu synantropizacji i synurbizacji wybranych zgrupowań i gatunków ptaków [49, 58-60].

By poznać i zrozumieć kluczowe mechanizmy zachowania ptaków i ich reakcji na określone postępowanie człowieka oraz zachodzące zmiany środowiskowe przeprowadziliśmy w okresach zimowych w latach 2012-2018 serię eksperymentów. Polegały one, w największym skrócie, na jednoczesnym testowaniu w środowisku zurbanizowanym i na terenach do niego przylegających kolejnych hipotez przy jednoczesnym uwzględnieniu potencjalnego wpływu wielu zmiennych środowiskowych (np. położenia geograficznego, struktury krajobrazu, warunków atmosferycznych, obecności drapieżników, wielkości populacji ludzkiej). Na podstawie przeprowadzonych badań [9-JCR] stwierdziliśmy m.in., że w okresie zimowym w polskich miastach przebywa znacznie więcej ptaków, a ich zagęszczenie jest dwukrotnie większe niż na sąsiadujących z nim terenach wiejskich. Różnice te są konsekwencją zarówno odmiennej dostępności pokarmu w każdym z analizowanych środowisk, preferencjami mikrosiedliskowymi poszcze-

gólnych gatunków, jak również bezpośrednią i/lub pośrednią działalnością człowieka. Dowiedliśmy także, że długość geograficzna, wielkość populacji ludzkiej i liczba karmników mają istotny wpływ na różnorodność gatunkową i liczbę ptaków zimujących w miastach oraz, że duże aglomeracje są dogodnym miejscem do żerowania dla ptaków z przyległych terenów wiejskich, co jest szczególnie istotne w obliczu nieustannego ubywania terenów rolnych w całej Europie. Może to bowiem oznaczać, że tereny miejskie mogą stać się jednymi z kluczowych siedlisk zapewniających schronienie i zasoby żywności dla ptaków z przyległych terenów wiejskich i w ten sposób mogą zwiększać szanse niektórych gatunków na przetrwanie zimy [9-JCR]. W kolejnym eksperymencie [12-JCR] określaliśmy szybkość odnajdowania przez ptaki pokarmu pojawiającego się w nowych lokalizacjach (np. karmniki), bowiem jest to kluczowy element zachowania zwiększający istotnie prawdopodobieństwo ich przetrwania w trudnym okresie zimowym. Na podstawie zgromadzonych danych stwierdziliśmy, że ptaki spędzające zimę w środowisku zurbanizowanym, w porównaniu z tymi, które przebywają na terenach wiejskich, znacznie szybciej odnajdują nowe źródła pokarmu. Ponadto ptaki, a zwłaszcza ziarnojady, w miastach znacznie szybciej żerują (krócej przebywają w karmnikach) niż te same gatunki na obszarach wiejskich. Dowiedliśmy również, że na tempo penetracji środowiska i skuteczne odnajdowanie nowych źródeł pokarmu ma wpływ wiele czynników, a do najważniejszych należą typ środowiska (miasto vs wieś) oraz obecność drapieżników (np. kotów) [12-JCR]. Wpływ tych ostatnich na zachowanie ptaków oceniliśmy także w kolejnych badaniach [11-JCR]. Określaliśmy w nich dystans ucieczki poszczególnych osobników i gatunków, przyjmując że powinien on być adekwatny do realnego zagrożenia, czyli winien optymalizować koszty (energetyczne) i korzyści (szansa zdobycia pokarmu) takiego zachowania. Zgromadzone dane i ich analiza dowiodły, że dystans ucieczki ptaków spędzających okres zimowy w mieście jest znacznie mniejszy niż tych samych gatunków poszukujących pokarmu na terenach wiejskich. Wydaje się, że odnotowana różna reakcja ptaków na ten sam rodzaj stresu (drapieżnik) jest przede wszystkim konsekwencją faktu, że w okresie zimowym w mieście dostępnych jest znacznie więcej źródeł dodatkowego pokarmu (karmników), a w efekcie ptaki tam przebywające zachowują lepszą kondycję i nie są zmuszone do częstszego podejmowania dużego ryzyka [11-JCR]. W kolejnym eksperymencie testowaliśmy plastyczność behawioralną ptaków na nowe bodźce środowiskowe [08-JCR], a zwłaszcza ich reakcję na pojawienie się nietypowego elementu środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie nowego źródła pokarmu. Na tej podstawie

dowiedliśmy, że ptaki spędzające zimę w środowisku zurbanizowanym, w porównaniu z tymi samymi gatunkami przebywającymi na terenach wiejskich, wykazują znacznie częściej pozytywną reakcję (akceptację) na obecność nowych obiektów. Najczęstszą reakcją ptaków z terenów pozamiejskich było unikanie karmników, przy których pojawiał się nieznanym im obiekt. Natomiast w miastach ptaki wykazywały wysoki poziom neofilii, co gwarantowało im efektywniejsze odnajdowanie i wykorzystywanie w okresie zimowym nowo pojawiających się źródeł pokarmu. Takie zachowanie zwiększało jednocześnie prawdopodobieństwo przetrwania tych ostatnich w niekorzystnych warunkach środowiskowych [08-JCR]. Prowadząc kolejne badania [10-JCR] stwierdziliśmy, że jednym z ważnych czynników determinujących liczbę, rozmieszczenie przestrzenne i zachowanie ptaków w okresie zimowym w środowisku zurbanizowanym i wiejskim jest rodzaj dostępnego pokarmu. Udokumentowaliśmy bowiem wyraźne różnice zarówno w rodzaju, jak i jakości pokarmu oferowanego ptakom przez mieszkańców miast i wsi oraz różne wzorce odpowiedzi ptaków na te działania. Różnice te są prawdopodobnie bezpośrednio związane z odmiennymi stylami życia mieszkańców miast i terenów pozamiejskich, a także ich statusu ekonomicznego, stosunku do dzikiej przyrody i poziomu edukacji [10-JCR]. Jednym z niepożądanych skutków dokarmiania ptaków przez ludzi może być faworyzowanie wybranych osobników z populacji (np. osłabione) lub określonych gatunków. By zoptymalizować postępowanie człowieka pod względem ekologicznym i zarządzania przyrodą przeprowadziliśmy kolejny eksperyment [1-JCR]. Dowiódł on, że spośród czterech rodzajów pokarmu wykładanych w karmnikach (tj. tłuszcz zwierzęcy, wysuszone owoce jarzębiny, nasiona słonecznika i prosa) w okresie zimowym pokarmem preferowanym przez ptaki, zarówno w środowisku zurbanizowanym, jak i wiejskim, były nasiona słonecznika. Jest to fakt o tyle interesujący, że w Europie słonecznik nie jest gatunkiem rośliny rodzimej co mogłoby świadczyć o szybko przebiegającej adaptacji ptaków do nowego rodzaju pokarmu. Badania te dowiodły również, iż wykorzystane w eksperymencie rodzaje pokarmu mogą być również powszechnie wykorzystywane przez ludzi w obu środowiskach, bowiem każdy z nich będzie stosownym pokarmem dla innych gatunków ptaków i nie będzie faworyzował tylko wybranych gatunków ptaków [1-JCR].

Kolejne wątki moich badań ptaków w miastach koncentrowały się na: klasycznym opisie różnorodności gatunkowej awifauny lęgowej [16, 55, 74] i zimującej [28, 63, 74, 86]; waloryzacji wybranych typów krajobrazu miejskiego, a w szczególności parków i cmentarzy, dla awifauny

lęgowej [7-JCR, 18, 66, 75, 97]; identyfikowaniu najistotniejszych zagrożeń dla wybranych gatunków i zespołów ptaków [76, 88]; rejestracji i analizie przykładów synurbizacji wybranych gatunków ptaków [64, 65], a w szczególności dotyczących zmian zachowania lęgowego manifestującego się różnicowaniem w gradiencie urbanizacji konstrukcji i struktury gniazda, wykorzystania do jego budowy innych rodzajów materiałów i wreszcie zmiany wybiórczości miejsc gniazdowania [79, 85, 87, 93, 96, 98]; rejestracji i ocenie potencjalnych zagrożeń dla zdrowia człowieka wynikających z interakcji z ptakami będącymi rezerwuarami patogenów oraz wskazywania sposobów i metod ograniczenia tego ryzyka [3-JCR, 5-JCR, 54, 104].

Biologia i ekologia śmieszki

Kluczowym nurtem moich poszukiwań badawczych były i są jednak zagadnienia dotyczące biologii i ekologii śmieszki. Naukową przygodę z tą mewą rozpocząłem w 1998 r. od badań i obserwacji prowadzonych w jednej kolonii lęgowej [25], by kilka lat później rozszerzyć badania aż do ośmiu kolonii rozproszonych na Pomorzu i Kujawach. Efektem pierwszego etapu badań było dowiedzenie, że kolonia śmieszek zlokalizowana od wielu lat na terenie zurbanizowanym nie wykazuje cech populacji synurbijnej. Charakteryzowała się ona bowiem zbliżoną, w porównaniu z populacjami pozamiejskimi, fenologią lęgów, dynamiką przystępowania do składania jaj, wielkością lęgów, stratami jaj. Jednak w kolonii miejskiej ptaki gnieździły się w znacznie większym zagęszczeniu, a negatywną konsekwencją była ponadprzeciętnie wysoka śmiertelność piskląt spowodowana bezpośrednią agresją ze strony śmieszek z sąsiednich gniazd [15-JCR]. Ponadto zgromadzone w trakcie badań dane pozwoliły na określenie wewnątrzgatunkowej zmienności wielkości, kształtu, rysunku i barwy jaj składanych przez śmieszki, a także na przedstawienie metodycznej charakterystyki typów gniazd (kształt, wielkość, struktura) budowanych przez śmieszki na łądzie [25].

Kolejne badania poświęcone były poszukiwaniu odpowiedzi na pytanie, czy śmieszki łączą się w pary lęgowe nielosowo na podstawie cech fenotypowych i genetycznych, a także próbą zidentyfikowania tych cech [1/2-JCR]. Ponadto celem tych badań była ocena jakości śmieszek przystępujących do lęgów w różnych częściach kolonii na podstawie różnic morfologicznych, fizjologicznych i genetycznych, a także sprawdzenie, czy i jak te różnice wpływają na rozkład przestrzenny podstawowych parametrów reprodukcyjnych [1/4-JCR]. W kolejnych badaniach

określono częstotliwości występowania w populacji śmieszki przypadków ojcostwa poza-partnerskiego [I/3-JCR] oraz mechanizmu genetycznego różnicowania się miejskiej i pozamiejskiej populacji tego gatunku [I/5-JCR]. Wyniki tych badań i ich interpretacja zostały już wcześniej zaprezentowane jako część **szczególnego osiągnięcia**.

W innym wątku badawczym skoncentrowałem się na poznaniu mechanizmu kumulacji pierwiastków w skorupach jaj śmieszki oraz na próbie odpowiedzi na pytanie, czy skorupy jaj składanych przez te ptaki mogą być wykorzystywane jako wskaźnik poziomu zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi. Przeprowadzone badania dowiodły, że kolejność składania jaj determinowała stężenie w skorupie jaj śmieszek czterech pierwiastków (Al, Fe, Mn, Sr), a data zniesienia jaja nie wpływała znacząco na stężenie żadnego z badanych pierwiastków z wyjątkiem Cu. Kumulacja tego ostatniego była dodatnio skorelowana ze wzrostem odsetka terenów podmokłych wokół badanych kolonii. Ponadto ustalono, że stężenia analizowanych pierwiastków różniły się znacząco pomiędzy koloniami. Wykonane analizy dowiodły, że skorupy jaj mogą być wykorzystane w celach bioindykacyjnych [4-JCR i 6-JCR].

Na podstawie wyników badań i eksperymentu przeprowadzonego w dwóch koloniach w latach 2009-2013 dowiedliśmy, że duże zagęszczenie par śmieszek i rybitw rzecznych przystępujących do lęgów w jednej kolonii jest przyczyną zwiększenia liczby agresywnych interakcji zachodzących pomiędzy tymi ptakami. W konsekwencji ponoszą one w kolejnych sezonach poważne straty jaj na etapie ich składania i wysiadywania. W celu ograniczenia tych strat, zaproponowałem oryginalną nieinwazyjną metodę separowania gniazd śmieszek i rybitw gnieźdzących się w bliskim sąsiedztwie. Po zastosowaniu tej metody straty jaj były mniejsze niemal 6-krotnie. Manuskrypt pracy został przesłany do *ARDEA*, tj. jednego z czasopism z listy *Journal Citation Reports* i został już pozytywnie oceniony przez recenzentów.

Z kolei w latach 2011-2017 prowadziłem w sześciu koloniach lęgowych badania śmieszek w celu sformułowania po raz pierwszy równania dyskryminacyjnego dla tego gatunku, posługując się pomiarami wykonanymi wyłącznie na żywych osobnikach. Na podstawie wnikliwych analiz dowiedliśmy, że właściwe oznaczenie płci śmieszek z różnych populacji, nawet niezbyt odległych geograficznie, na podstawie jednego równania dyskryminacyjnego, jest obarczone wysokim ryzykiem popełnienia błędu. Jednocześnie wskazaliśmy potencjalne przyczyny braku

uniwersalności równań dyskryminacyjnych w oznaczaniu płci. Manuskrypt pracy przedstawiającej wyniki tych badań jest już przygotowany i zostanie przesłany do *WATERBIRDS*, tj. jednego z czasopism z listy *Journal Citation Reports*.

Jednym z istotnych wątków badawczych dotyczących śmieszki była próba określenia jej roli jako potencjalnego źródła patogenów i pasożytów mogących stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka i zwierząt jemu towarzyszących. Dane faktograficzne zgromadzone w trakcie kilkuletnich badań, którymi objęto zarówno pisklęta, jak i dorosłe osobniki z kilku kolonii stwierdzono szereg istotnych faktów. Otóż w przewodzie pokarmowym tych ptaków powszechnie obecne są nicienie Nematoda (głównie rodzaju *Capillaria*), przywry Trematoda i tasiemce Cestoda (głównie z rodziny *Hymenolepis*) [53, 54]. Kolejne badania dowiodły obecności w dziobach i kloace piskląt i dorosłych śmieszek 22 gatunków z 10 rodzajów grzybów. Najliczniej reprezentowane były rodzaje *Candida* i *Rhodotorula*, *Aspergillus* i *Fusarium*. Na tej podstawie można uznać, że śmieszka jest jednym z najgroźniejszych rezerwuarów grzybów potencjalnie chorobotwórczych dla ptaków i ssaków, ponieważ prawie wszystkie wyizolowane gatunki grzybów charakteryzuje wysoki stopień zjadliwości i ekspansywności. Należy przypuszczać, że wszędzie tam, gdzie gromadnie pojawi się mewa śmieszka istnieje niebezpieczeństwo oportunistycznych infekcji grzybiczych [3-JCR, 51].

Z kolei na podstawie wyników dopiero zakończonych badań, którymi objęto ponad tysiąc śmieszek, stwierdzono, że część z nich jest rezerwuarem bakterii *Campylobacter jejuni*, *C. lari* i *C. coli*. Jest to niezmiernie ważne, bowiem bakterie te są wiodącymi przyczynami zoonotycznych infekcji żołądkowo-jelitowych ludzi, zarówno w krajach rozwiniętych, jak i rozwijających się, a ich częstość wzrasta nawet w krajach, w których istnieje właściwy nadzór nad zdrowiem publicznym. Ponadto stwierdziliśmy, że niemal wszystkie izolaty są wrażliwe zarówno na działanie azytromycyny i erytromycyny, a niemal połowa na działanie tetracykliny i ciproflaksacyliny. Fakty te dowodzą, że śmieszki, zarówno w okresie lęgowym, jak i w czasie cyklicznych migracji, zanieczyszczają swoimi odchodami sztuczne i naturalne zbiorniki wodne, glebę i rośliny lub przez bezpośredni kontakt, rozprzestrzeniają w środowisku szczepy *Campylobacter* spp. odporne na antybiotyki i w ten sposób stanowią realne źródło zagrożenia dla zdrowia wielu ludzi i zwierząt. Manuskrypt pracy przedstawiającej wyniki tych badań jest już przygotowany

i zostanie przesłany do *ZOONOSES AND PUBLIC HEALTH*, tj. jednego z czasopism z listy *Journal Citation Reports*.

Kolejnym projektem badawczym, przeprowadzonym w minionym sezonie lęgowym, objęliśmy śmieszki z kilkunastu kolonii z całego kraju. Na tej podstawie dowiedliśmy, że wielkość kaptura, tj. ornamentu upierzenia o barwie pochodzenia melaninowego, jest u śmieszki rzetelnym wskaźnikiem jakości fizjologicznej osobnika. Jego wielkość, zarówno u samców, jak i u samic, jest dodatnio skorelowana z poziomem hemoglobiny we krwi oraz wielkością stresu mierzonego stosunkiem heterofilii do limfocytów. Manuskrypt pracy przedstawiającej wyniki tych badań został przesłany do *ETHOLOGY*, tj. jednego z czasopism z listy *Journal Citation Reports* i jest procedowany.

Również w 2018 r. założyliśmy śmieszkom z trzech kolonii lęgowych rejestratory GPS w celu określenia czynników mogących mieć wpływ na charakterystykę lotów tych ptaków w poszukiwaniu pokarmu (całkowity czas trwania lotu, maksymalny zasięg, całkowita przebyta odległość). Wstępne wyniki badań wskazują, że istnieją znaczące różnice między koloniami w całkowitym dystansie pokonanym podczas lotów i w maksymalnej odległości, na jaką przemieszczają się ptaki. Dalsze loty odbywają ptaki z dużych kolonii, choć całkowity czas trwania lotu był podobny we wszystkich badanych koloniach. Ponadto nie odnotowano różnic pomiędzy płciami w analizowanych parametrach lotów. Nie znaleziono również żadnych dowodów na przekazywanie informacji o źródłach pokarmu między osobnikami tej samej kolonii. Badania będą kontynuowane w kolejnym sezonie lęgowym.

Kolejny projekt badawczy, realizowany już trzeci sezon lęgowy, skoncentrowany jest na rejestrowaniu i opisaniu aktywności nocnej śmieszek. W tym celu rejestrowany jest przez foto-pułapki, w różnych częściach kolonii, obraz dokumentujący zachowanie tych ptaków zarówno w ciągu dnia, jak i w nocy. Wstępne wyniki badań wskazują na to, że czas aktywności nocnej dorosłych śmieszek uzależniony jest od lokalizacji gniazda w kolonii. Stwierdziliśmy, że w nocy osobniki mające gniazda na obrzeżu kolonii więcej czasu poświęcają na obserwowanie otoczenia (czuwanie) w porównaniu z parami, które gnieździły się w centrum kolonii. Ponadto ptaki dłuższą aktywność nocną kompensują częstszymi i dłuższymi okresami odpoczynku w ciągu dnia. Badania będą kontynuował w następnym sezonie lęgowym.

Plany badawcze na najbliższą przyszłość

W przeprowadzonych wcześniej badaniach dowiedliśmy, że w centralnej części kolonii lęgowej gniazda lokują pary śmieszek o najwyższej jakości fizjologicznej. Nie wiadomo jednak nadal czy jakość rodziców ma wpływ na wzrost i rozwój piskląt i jakie w tym względzie ma znaczenie zagęszczenie populacji lęgowej oraz miejsce lokalizacji gniazd. Dlatego w najbliższych dwóch sezonach lęgowych planujemy realizację projektu, którego zasadniczym celem będzie przetestowanie hipotezy o wpływie zagęszczenia gniazd w kolonii lęgowej na odpowiedź immunologiczną piskląt śmieszki. Zakładamy, że pisklęta wychowywane w większych zagęszczeniach powinny, w porównaniu z pisklętami z mniejszych zagęszczeń, bardziej inwestować w sprawność układu odpornościowego ze względu na zwiększoną horyzontalną transmisję patogenów. Jednak z drugiej strony, można spodziewać się, że wysokie zagęszczenia będą generować wyższy stopień stresu socjalnego, co może negatywnie wpływać na odpowiedź immunologiczną piskląt. Aby eksperymentalnie przetestować powyższe hipotezy zastosowana zostanie wymiana całych lęgów między częściami kolonii śmieszki o wysokich i niskich zagęszczeniach (ang. cross-fostering), a siła układu odpornościowego mierzona będzie reakcją organizmu na nastrzyki z fitohemaglutyniny (PHA).

Omówienie innych aktywności

Przedstawione wyżej fakty dotyczące mojej aktywności naukowej to wypadkowa wielu czynników, w tym różnorodnych zainteresowań i ciekawości badawczej, ale także gotowości do dyskursu naukowego i współpracy. Tę ostatnią prowadziłem z wieloma ośrodkami akademickimi w kraju i za granicą (np. z: Swiss Federal Research Institute WSL, Biodiversity and Conservation Biology, Birmensdorf, *SWITZERLAND*; Department of Biogeography and Global Change, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, *SPAIN*; Laboratory of Ecosystem and Biodiversity Management, Department of Agriculture, University of Thessaly, Volos, *GREECE*; Centro Naturalistico Sammarinese, Borgo Maggiore, *SAN MARINO*; Laboratoire d'Ecologie, Systématique et Evolution, Université Paris-Sud, *FRANCE*; Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, *FRANCE*; Czech University

of Life Sciences Prague, Faculty of Environmental Sciences, Department of Applied Geoinformatics and Spatial Planning, Prague, *CZECH REPUBLIC*).

Wyniki własnych badań i efekty współpracy prezentowałem osobiście na kilkudziesięciu krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych, m.in. w trakcie: 1st International White Stork Conference - Zielona Góra, Polska, 2014; VI Conference - Methods and results of research on bird populations - Pardubice, Czechy 2010 r.; 6th European Ornithologists' Union Conference - Wiena, Austria, 2007 r.; 4th International Ornithological Congress - Hamburg, Niemcy, 2006 r.; Konferenz - Fördermaßnahmen der EU und Naturschutz. Europa "natürlich" - EU-Richtlinien für den Naturschutz - Schneverdingen, Niemcy 1995 r., Symposium of the Working Group on Granivorous Birds INTECOL, Słupsk, Polska 1989 r.

W sumie jestem autorem bądź współautorem 82 doniesień i komunikatów konferencyjnych.

Ponadto byłem pomysłodawcą i organizatorem sześciu ogólnopolskich konferencji pod wspólnym tytułem Fauna Miast. Zaproszenie do kolejnych edycji konferencji (1997, 2001, 2004, 2008, 2011, 2014) przyjmowali przedstawiciele niemal wszystkich krajowych ośrodków akademickich zajmujących się tą problematyką. Wymiernym efektem konferencji jest m.in. sześć tomów monografii stanowiących oryginalny przegląd wyników badań i problemów nurtujących polskich naukowców w ostatnich dwóch dekadach na temat zwierząt żyjących w polskich miastach. Jestem współredaktorem wszystkim tomów [115, 117, 120-122].

Za wyróżniające osiągnięcia naukowe i organizacyjne zostałem kilkakrotnie nagrodzony przez JM Rektora Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego (1994, 1997, 2003, 2005, 2007, 2008, 2014, 2016 i 2018).

Z sukcesem aplikowałem o środki finansowe z Banku Ochrony Środowiska w Bydgoszczy (1998), Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Bydgoszczy (1998, 2000) i Toruniu (2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007), a także korzystałem ze Środków Unii Europejskiej w ramach Pomocy Technicznej Planu Rozwoju Obszarów Wiejskich w latach 2004-2006 (2007), oraz ze środków Projektu - Informacja i promocja kluczem do wykorzystania środków Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013 w województwie kujawsko-pomorskim (2007).

Od 1999 r., przez pięć kolejnych kadencji, byłem członkiem Zarządu Sekcji Ornitologicznej Polskiego Towarzystwa Zoologicznego, a od 2015 r. jestem również redaktorem merytorycznym w czasopiśmie *Zoologica Poloniae. Archivum Societatis Zoologorum Poloniae*.

Recenzowałem manuskrypty zarówno dla czasopism krajowych (Ptaki Śląska, Kulon), jak i z listy *Journal Citation Reports* - np.: *The Science of Nature / Naturwissenschaften*, *Acta Ornithologica*, *Journal of Elementology*, *Polish Journal of Ecology*.

W latach 2014-2016 byłem członkiem Lokalnej Komisji Etycznej ds. Doświadczeń na zwierzętach w Bydgoszczy.

Jako dydaktyk, prowadziłem autorskie zajęcia (wykłady i ćwiczenia) z 16 przedmiotów na 7 kierunkach studiów. Jestem promotorem 138 prac dyplomowych, w tym 61 magisterskich i 77 prac inżynierskich. Ponadto od 1994 r. jestem opiekunem merytorycznym Studenckiego Koła Naukowego Zoologów, nagradzanego na ogólnopolskich i międzynarodowych konferencjach. Aktualnie jestem *Opiekunem* studentów dwóch kierunków studiów, tj. Inspekcja Weterynaryjna (28 osób) oraz Zootechnika (23 osoby) realizowanych na Wydziale Hodowli i Biologii Zwierząt Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy

Za wyróżniającą działalność dydaktyczną otrzymałem pięciokrotnie nagrodę JM Rektora Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy (1997, 2002, 2005, 2009, 2012).

Jestem członkiem założycielem Ogólnopolskiego Towarzystwa Ochrony Ptaków (OTOP). Przez trzy kadencje (1991-1996) byłem członkiem Rady OTOP, a latach 1996-1999 byłem członkiem Zarządu OTOP.

Zdobyte doświadczenie i wiedzę wykorzystuję też pełniąc różne funkcje związane z ochroną przyrody. Od 2015 r. jestem V-ce Przewodniczącym Rady Społeczno-Naukowej Wdeckiego Parku Krajobrazowego, a w latach 2006-2010 byłem Przewodniczącym i członkiem (1999-2003) Rady Społeczno-Naukowej Tucholskiego Parku Krajobrazowego. Ponadto byłem członkiem Wojewódzkiej Komisji Ochrony Przyrody w Bydgoszczy (1997-1999), a od 2009 r. do dzisiaj jestem członkiem Komisji ds. Ocen Oddziaływania na Środowisko przy Regionalnym Dyrekturze Ochrony Środowiska w Bydgoszczy. Ponadto w 2008 r. zostałem powołany przez Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych w Warszawie na eksperta ds. merytorycznej oceny wniosków w ramach Priorytetu V *Ochrona przyrody i kształtowania postaw ekolo-*

gicznych Programu Operacyjnego „Infrastruktura i Środowisko” 2007-2013 (POIiŚ). W tym samym roku zostałem powołany przez Wojewodę Kujawsko-Pomorskiego na eksperta przyrodniczego na potrzeby programu rolno-środowiskowego w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013. Ponadto w latach 2006-2007 byłem członkiem Wojewódzkiego Sztabu Bezpieczeństwa i Zarządzania Kryzysowego w Bydgoszcz (ekspert ds. H₅N₁ u dzikich ptaków).

Na rzecz ochrony przyrody wykonałem szereg ekspertyz i opracowań, w tym dla: Wojewódzkiej Komisji ds. Ochrony Przyrody w Bydgoszczy, Wydziału Ochrony Środowiska Urzędu Wojewódzkiego w Bydgoszczy i w Gdańsku, Bydgoskiego Centrum Zarządzania Kryzysowego, Miejskiej Pracowni Urbanistycznej w Bydgoszczy, Urzędu Gminy w Brzozie i Nowej Wsi Wielkiej, Tucholskiego Parku Krajobrazowego, a także dla Szpitala Uniwersyteckiego nr 2 w Bydgoszczy, Wojewódzkiego Szpitala Onkologicznego w Bydgoszczy, Komendy Wojewódzkiej Państwowej Straży Pożarnej w Bydgoszczy, jak również dla podmiotów prywatnych w zakresie oceny oddziaływania na ptaki inwestycji wykorzystujących do wytwarzania tzw. czystej energii (wiatrowej i słonecznej).

Naukę i wiedzę popularyzuję wielopłaszczyznowo. Jestem m.in. autorem: artykułów i recenzji książek w czasopiśmie ogólnopolskich (Not. Ornitol., Prz. Zool., Wszechświat, Prz. Przyrodniczy, Prz. Rybacki, Prz. Komunalny), a także autorem kilkadziesiątu opowiadań i cykli notatek w lokalnych tytułach prasowych ((Express, Gazeta Pomorska, Gazeta Wyborcza, Echo Borów)). Jestem współautorem Elektronicznego Programu Edukacyjnego pt. *Ochrona przyrody* zrealizowanego ze środków UE. Wiedzę biologiczną propaguję również prowadząc liczne wykłady w Uniwersytetach III-wieku i Uniwersytetach Dziecięcych, na zjazdach i spotkaniach NGO's, dla regionalnych stowarzyszeń ornitologicznych i na seminariach organizowanych przez Urzędy Miast i Gmin, a także na konferencjach tematycznych adresowanych do środowiska rolniczego i leśnego. Współpracuję również z lokalnymi i ogólnopolskimi stacjami radiowymi i telewizyjnymi, udzielając licznych komentarzy eksperckich.

Podsumowanie najważniejszych aktywności naukowych przed i po uzyskaniu stopnia doktora

Łączna liczba opublikowanych prac naukowych: **128**
w tym: przed doktoratem – 12, po doktoracie – **116**

Liczba prac opublikowanych w czasopismach z listy JCR: **20**
w tym: przed doktoratem – 0, po doktoracie – **20**

Suma punktów za publikacje zgodnie z rokiem opublikowania: **1141**
w tym: przed doktoratem – 34, po doktoracie – **1107**

Suma punktów za publikacje w czasopismach z listy JCR: **587**
w tym: przed doktoratem – 0, po doktoracie – **587**

Liczba komunikatów konferencyjnych: **76**
w tym: przed doktoratem – 6, po doktoracie – **70**

Liczba komunikatów konferencyjnych na międzynarodowych konferencjach naukowych:
w tym: przed doktoratem – 2, po doktoracie – 4

Liczba referatów wygłoszonych osobiście w języku angielskim na konferencjach za granicą kraju: w tym: przed doktoratem – 0, po doktoracie – 4

Sumaryczny *Impact Factor* publikacji, zgodnie z rokiem opublikowania: IF = **44,341**

Liczba cytowani (bez autocytowań) wg *Web of Science*: **131** (stan na 8 lutego 2019 r.).

Indeks H wg *Web of Science*: **7** (stan na 8 lutego 2019 r.).



Bydgoszcz, 13 lutego 2019 r.