

Autoreferat

1. Imię i Nazwisko

Łukasz Grewling

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

- ❖ Stopień doktora nauk biologicznych specjalność aerobiologia. Podmiot nadający stopień: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Biologii. Rok uzyskania: 2012. Tytuł rozprawy: „Przebieg i prognozowanie sezonów pyłkowych brzozy (*Betula* sp.) i dębu (*Quercus* sp.) w Poznaniu w latach 1996-2010”.
- ❖ Studia podyplomowe „Praktyczne prognozowanie i analiza szeregów czasowych”. Podmiot nadający stopień: Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie (Wydział Zarządzania, Katedra Statystyki). Rok uzyskania: 2011. Tytuł pracy dyplomowej: "Prognozowanie tygodniowych wahań stężenia ziaren pyłku bylicy w Poznaniu w latach 1996-2009".
- ❖ Tytuł magistra biologii. Podmiot nadający stopień: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Biologii. Rok uzyskania: 2007. Tytuł pracy dyplomowej: „Fenologia kwitnienia brzozy brodawkowatej (*Betula verrucosa*) i dębu szypułkowego (*Quercus robur*) w powiązaniu z badaniami aeropalinologicznymi”.

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

Adiunkt, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Biologii, 2012-obecnie

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

Tytuł osiągnięcia naukowego:

1. Stężenie alergenów ziaren pyłku ambrozji (*Ambrosia* sp.) i bylicy (*Artemisia* sp.) w powietrzu atmosferycznym: zmienność, uwarunkowania i konsekwencje kliniczne.

Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

- **PUBLIKACJA I.** Grewling Ł., Bogawski P., Kostecki Ł., Nowak M., Szymańska A., Frątczak A. 2020. Atmospheric exposure to the major *Artemisia* pollen allergen (Art v 1): Seasonality, impact of weather, and clinical implications. *Science of the Total Environment* 713:136611
- **PUBLIKACJA II.** Grewling Ł., Jenerowicz D., Bogawski P., Smith M., Nowak M., Frątczak A., Czarnecka-Operacz M. 2018 Cross-sensitization to *Artemisia* and *Ambrosia* pollen allergens in an area located outside of the current distribution range of *Ambrosia*. *Advance in Dermatology and Allergology XXXV(1):83-89*
- **PUBLIKACJA III.** Grewling Ł., Bogawski P., Smith M. 2016. Pollen nightmare: elevated airborne pollen levels at night. *Aerobiologia* 32(4):725-728
- **PUBLIKACJA IV.** Grewling Ł., Bogawski P., Jenerowicz D., Czarnecka-Operacz M., Šikoparija B., Skjøth C.A., Smith M. 2016. Mesoscale atmospheric transport of ragweed pollen allergens from infected to uninfected areas. *International Journal of Biometeorology* 60:1493-1500
- **PUBLIKACJA V.** Grewling Ł., Frątczak A., Kostecki Ł., Nowak M., Szymańska A., Bogawski P. 2019. Biological and chemical air pollutants in urban area of Central Europe: coexposure assessment. *Aerosol and Air Quality Research* 19:1526-1537
- **PUBLIKACJA VI.** Grewling Ł., Bogawski P., Kryza M., Magyar D., Šikoparija B., Skjøth B., Udvardy O., Werner M., Smith M. 2019. Concomitant occurrence of anthropogenic air pollutants, mineral dust, and fungal spores during long-distance transport of ragweed pollen. *Environmental Pollution* 2019, 254(Part A): 112948

Wprowadzenie

Szacuje się, że 10-30% światowej populacji cierpi na choroby alergiczne, a ich częstość znacząco wzrosła w ciągu ostatnich dekad, szczególnie w regionach zurbanizowanych i uprzemysłowionych (Pawankar i in., 2013). Przyczyn tego niepokojącego zjawiska upatruje się w antropogenicznych przemianach środowiska przyrodniczego i zmianie stylu życia (Torres-Borrego i in., 2008; Pawankar i in., 2013). Do najistotniejszych czynników wywołujących alergię należą tzw. alergeny powietrzno pochodne (aeroalergeny), które wnikają do organizmu ludzkiego przez błonę śluzową dróg oddechowych. W tej grupie alergenów wyróżnia się przede wszystkim roztocza kurzu domowego, zarodniki grzybów, wydzieliny zwierząt oraz ziarna pyłku roślin (Czarnecka-Operacz i Silny, 2001). Ostatnie z wymienionych, odpowiedzialne są za około 20-25% wszystkich reakcji alergicznych (Burbach i in., 2009).

Ziarna pyłku roślin z rodziny astrowatych (Asteraceae) należą do jednych z najczęstszych przyczyn dolegliwości alergicznych w Europie (D'Amato i in., 2007; Burbach i in., 2009). Do najbardziej alergicznych rodzajów z tej rodziny zalicza się bylicę (*Artemisia* sp.) i ambrozię (*Ambrosia* sp.) (Wopfner i in., 2005; Müller-Germann i in., 2017). Rodzaj *Artemisia* sp. obejmuje około 400 gatunków rozmieszczonych na całym świecie, z głównymi centrami występowania w Azji, Ameryce Północnej i Europie, w której wyróżnia się ponad 50 gatunków (Tutin, 1972; Mucciarelli i Maffei, 2001). Z uwagi na różnice fenologiczne (terminy zakwitania) oraz ekologiczne (wymagania siedliskowe) określonych gatunków, sezon pyłkowy bylicy na terenie Europy jest bardzo zmienny, charakteryzujący się obecnością kilku szczytów pylenia (Grewling i in., 2012). Według szacunków, w Europie średnio 12,6% osób uczulonych ma dolegliwości alergiczne spowodowane zianami pyłku roślin należących do tego rodzaju (Burbach i in., 2009).

Naturalny zasięg występowania rodzaju *Ambrosia* sp. ograniczony jest głównie do obszaru Ameryki Północnej, a w Europie jedynym rodzimym gatunkiem jest *A. maritima* obecna w basenie Morza Śródziemnego. Od mniej więcej połowy XX wieku, kilka gatunków ambrozji, głównie *Ambrosia artemisiifolia* (ambrozja bylicolistna), zaczęło szybko rozpowszechniać się na terenie Europy i Azji (Essl i in., 2015; Montagnani i in., 2017). Gatunek ten charakteryzuje się wysokim stopniem inwazyjności, stwarza zagrożenie dla lokalnych ekosystemów, rolnictwa (poprzez wnikanie do upraw) oraz zdrowia publicznego (jako roślina alergenna) (Bullock i in., 2010). Obecnie ambrozja bylicolistna opanowała już ogromne obszary na Ukrainie, na Nizinie Panońskiej (głównie Węgry), Bałkanach, w północnych Włoszech oraz południowej Francji. Masowe występowanie ambrozji na Węgrzech

spowodowało gwałtowny wzrost częstości występowania alergii na ziarna pyłku tej rośliny (~50% osób uczulonych) (Burbach i in., 2009). Stopniowo ambrozja pojawia się również na północy Europy, dochodząc swym zasięgiem aż do krajów nadbałtyckich i Skandynawii (Chapman i in., 2017). W Polsce, ambrozja bylicolistna notowana jest głównie na południu i południowym wschodzie (Tokarska-Guzik i in., 2011; Bzdęga i in., 2018a; Afranowicz-Cieślak i in., 2019). Pomimo, że w zachodniej Polsce ambrozja bylicolistna nie występuje w dużych zwartych populacjach, to każdego roku w powietrzu Poznania rejestrowane są ziarna pyłku ambrozji transportowane wraz z masami powietrza z terenów Kotliny Panońskiej (Stach i in., 2007a; Smith i in., 2008) oraz, w mniejszym stopniu, z Ukrainy (Kasprzyk i in., 2011).

Ekspozycja (narażenie) na alergeny ziaren pyłku, w danym miejscu i czasie podlega silnym wahaniom pod wpływem różnorodnych czynników działających na ziarna pyłku od momentu ich powstawania (mikrosporogenezy), uwolnienia z pylników, po dyspersję w atmosferze. Wystąpienie reakcji alergicznych na ziarna pyłku zależy w głównym stopniu od ich stężenia w powietrzu (Karatzas i in., 2014). Wykazano, że przekroczenie określonych wartości progowych stężeń, właściwych dla danego taksonu, wywołuje objawy chorobowe. Na przykład, przy stężeniu ziaren pyłku bylicy powyżej 30 zp/m^3 obserwowane są pierwsze dolegliwości alergiczne u osób uczulonych (Rapiejko i in. 2007; de Weger i in. 2013). Należy jednak podkreślić, że „całkowity ładunek alergenny” (tzw. „*total allergen load*”) nie jest związany jedynie ze stężeniem ziaren pyłku w powietrzu, lecz warunkowany jest również zawartością białek alergennych produkowanych w ziarnach pyłku oraz obecnością drobnych cząstek alergennych w powietrzu. Te trzy elementy decydują o tym na jaki całkowity poziom alergenów, w danym miejscu i czasie, będzie narażona osoba uczulona. Choć ziarna pyłku danego gatunku (czy nawet rodzaju) nie różnią się morfologicznie między sobą, to jednak poziom stężenia wytwarzanych przez nie białek alergennych może podlegać silnym wahaniom (Buters i in., 2012; Cecchi 2013; Buters i in., 2015). W rezultacie, osoby eksponowane na podobną liczbę ziaren pyłku mogą doświadczać reakcji alergicznych o zróżnicowanym nasileniu, co uzależnione jest właśnie od poziomu białek alergennych w ziarnach pyłku. Cecha ta określana jest jako potencjał alergenny lub alergenność ziaren pyłku (Cecchi 2013).

Podobieństwo w budowie białek alergennych decyduje o możliwym występowaniu reakcji krzyżowych (obserwowanych w przypadku blisko spokrewnionych taksonów). Na przykład, główny alergen ziaren pyłku bylicy Art v 1 jest białkiem strukturalnie podobnym do białka Amb a 4 występującego w ziarnach pyłku ambrozji. Z drugiej strony główny alergen ziaren pyłku ambrozji (Amb a 1) należy do tej samej rodziny białkowej co alergen Art v 6

ziaren pyłku bylicy. W efekcie często obserwuje się występowanie reakcji krzyżowych między alergenami bylicy i ambrozji (Wopfner i in., 2005; Asero i in., 2014). Ponadto, w powietrzu, oprócz ziaren pyłku, obserwowane są również inne znacznie mniejsze ($<5\mu\text{m}$ średnicy) cząstki zawierające alergeny (D'Amato, 2001). Są to najczęściej fragmenty cytoplazmatyczne bogate w białka alergenne, które w określonych warunkach środowiskowych uwalniane są z ziaren pyłku. Stwierdzono, np., że w warunkach wysokiej wilgotności, pod wpływem szoku osmotycznego, ściana komórkowa ziaren pyłku może pękać (Schäppi i in., 1997). W efekcie, zawartość ziaren pyłku dostaje się bezpośrednio do powietrza. Ze względu na drobne rozmiary, uwolnione cząstki mają możliwość wnikania do dalszych, niż ziarna pyłku, odcinków układu oddechowego. Proces ten uznawany jest za jedną z głównych przyczyn tzw. astmy burzowej, tj. wystąpienia poważnych ataków astmy w czasie przechodzących burz (Emmerson i in., 2021).

Cel naukowy i zakres badań prowadzących do osiągnięcia naukowego

W swojej pracy badawczej skupiłem się na poznaniu czynników determinujących czasoprzestrzenne zróżnicowanie stężenia alergenów bylicy i ambrozji w powietrzu atmosferycznym, z uwzględnieniem zarówno ziaren pyłku, jak i uwolnionych z nich drobnych cząstek alergennych. Celem badań było również określenie uwarunkowań zmiennego potencjału alergennego ziaren pyłku, tj. zawartości głównych białek alergennej, ustalenie konsekwencji klinicznych oraz wskazanie działań i praktyk profilaktycznych niezbędnych dla zminimalizowania zagrożenia ze strony alergenów bylicy i ambrozji.

Problematyka ta wpisuje się w koncepcję tzw. „aeroekspozomu”, tj. całościowego spojrzenia na współwystępujące w powietrzu czynniki środowiskowe (biologiczne, chemiczne i fizyczne), odpowiadające za pojawienie się objawów chorób układu oddechowego (Beggs 2021).

W kolejnych częściach niniejszego opracowania przedstawię najważniejsze wyniki wchodzące w skład mojego osiągnięcia habilitacyjnego. Osiągnięcie to bazuje na badaniach prowadzonych, m. in. w ramach dwóch krajowych projektów, i ujętych w sześciu pracach opublikowanych w czasopiśmie naukowych z listy Journal Citation Reports. Dodatkowo, wiele aspektów dotyczących czasoprzestrzennej zmienności stężenia ziaren pyłku bylicy i ambrozji w Polsce i Europie zawarłem w kilkunastu innych publikacjach (Załącznik 4).

Opis wyników badań składających się na osiągnięcie naukowe.

Stężenie ziaren pyłku bylicy i ambrozji: zmienność i uwarunkowania (PUBLIKACJE I, II i III).

Na terenie Poznania i okolic występują powszechnie trzy gatunki bylicy, tj. b. pospolita (*Artemisia vulgaris*), b. piołun (*A. absinthium*) oraz b. polna (*A. campestris*) (Jackowiak, 1993; Bogawski i in., 2016). Zróżnicowanie gatunkowe w dużym stopniu decyduje o przebiegu sezonu pyłkowego, co wynika z różnic fenologicznych (terminów zakwitania) i ekologicznych (typu zajmowanego siedliska) poszczególnych gatunków bylicy (**PUBLIKACJA I**, Grewling i in. 2015; Bogawski i in., 2016). Spośród wymienionych wyżej gatunków, bylica pospolita zakwita najwcześniej (przełom lipca i sierpnia), następnie bylica piołun (początek sierpnia), a najpóźniej bylica polna (druga połowa sierpnia). Bylica pospolita to gatunek eurytopowy (o szerokiej skali ekologicznej) występujący zarówno na glebach gliniastych, piaszczystych, jak i próchnicznych. Obserwowana jest powszechnie na terenach wiejskich, podmiejskich i w centralnych strefach miasta. Bylica piołun, najrzadziej występujący w mieście gatunek, zasiedla suche i dobrze nasłonecznione tereny ruderalne, przydroża i nieużytki. Ostatni z omawianych gatunków, bylica polna, występuje często na ubogich suchych glebach i jest gatunkiem charakterystycznym dla strefy podmiejskiej (Jackowiak, 1993; Bogawski i in., 2016). W rezultacie sezon pyłkowy bylicy na tych obszarach, w porównaniu z centrum miasta, jest dłuższy, bardziej intensywny i charakteryzuje się obecnością dwóch szczytów pylenia (Grewling i in., 2015; Grewling i in., 2020b). W zabudowanych strefach miasta takiej sytuacji nie obserwujemy (sezon jest jednoszczytowy), co wynika z ograniczonej powierzchni siedlisk odpowiednich dla bylicy polnej (Grewling i in. 2015).

Aby dokładniej określić stopień narażenia na ziarna pyłku bylicy i ambrozji w Poznaniu, wyznaczyliśmy okresy, w których prawdopodobieństwo wystąpienia wysokich stężeń ziaren pyłku było najwyższe (**PUBLIKACJA II**). Nasze analizy wykazały, że w centrum miasta wysokie stężenia ziaren pyłku bylicy ($>30 \text{ zp/m}^3$, tj. wartość progowa wywołująca objawy alergiczne) notowane były najczęściej w pierwszej dekadzie sierpnia. Z prawdopodobieństwem sięgającym 70% można stwierdzić, że co najmniej w co drugim dniu w tym okresie stężenie ziaren pyłku bylicy przekroczy wartość progową. W przypadku ziaren pyłku ambrozji wartości te są znacznie niższe (prawdopodobieństwo wystąpienia 1-3 dni/dekadę ze stężeniem progowym 30 zp/m^3 wynosi jedynie 10-20%). Wysokie stężenia ziaren pyłku ambrozji w powietrzu ograniczone są głównie do krótkich, kilkudniowych okresów na przełomie

sierpnia i września. Sporadyczne wzrosty stężenia ziaren pyłku ambrozji mogą być notowane aż do początku października, co związane jest z napływem ziaren pyłku ambrozji z Europy południowo-wschodniej. Mechanizm dalekiego transportu ziaren pyłku ambrozji, opisany w jednym z naszych wcześniejszych artykułów (Šikoparija i in., 2013), przedstawia się w skrócie następująco. Ziarna pyłku ambrozji uwolnione nad Kotliną Panońską, w okresie gorącej wietrznej pogody, unoszone są w wyższe warstwy atmosfery. Następnie, pod wpływem silnych wiatrów spływających z południowego wschodu przemieszczane są w kierunku północnym. Trafiając na masywy górskie Karpat, ziarna pyłku przemieszczane są naturalnymi obniżeniami terenu, np. Bramą Morawską. Po przekroczeniu bariery gór, są deponowane stopniowo na obszarze Polski, a przy sprzyjających warunkach mogą dotrzeć nawet to Skandynawii. Ze względu na reakcje krzyżowe, napływ ziaren pyłku ambrozji z dalekiego transportu może wydłużyć okres zagrożenia alergologicznego również ze strony alergenów ziaren pyłku bylicy (np. Art v 1 i Art v 6). Łączny czas ekspozycji na alergeny ziaren pyłku bylicy i ambrozji może więc trwać w zachodniej Polsce nawet ponad dwa miesiące (zakładając obecny, sporadyczny transport ziaren pyłku ambrozji z terenów południowo-wschodniej Europy). Sytuacja ta, może się jednak znacząco zmienić, jeśli sprawdzą się prognozy dotyczące stopniowej kolonizacji przez ambrozię kolejnych obszarów w Europie, w tym Polski (Bullock i in., 2010).

Ważnym aspektem ekspozycji na alergeny roślin jest zmienność dobową stężenia ziaren pyłku w powietrzu. W kolejnych badaniach (**PUBLIKACJA III**) wykazaliśmy, że wzrost stężenia ziaren pyłku ambrozji w Poznaniu notowane są przede wszystkim w godzinach nocnych, wyróżniając ten takson na tle innych roślin alergennych. Jak wspomniałem wyżej, ziarna pyłku ambrozji rejestrowane nad zachodnią Polską, są w głównej mierze przywiewane z masami powietrza z Kotliny Panońskiej. Nasze badania wykazały, że w 60% przypadków napływu mas powietrza z ziarnami pyłku ambrozji najwyższe stężenia ziaren pyłku notowane były w godzinach wieczornych i nocnych. Warto podkreślić, że w przypadku ziaren pyłku bylicy wartość ta wyniosła zaledwie 10%. Wzrost stężenia ziaren pyłku ambrozji w godzinach nocnych wynika przede wszystkim z zstępowania w tym okresie chłodnych mas powietrza z wyższych warstw atmosfery zawierających ziarna pyłku. W ciągu dnia, z uwagi na działanie ruchów wstępujących, depozycja ziaren pyłku ambrozji jest utrudniona. Badania te, które oprócz bylicy i ambrozji uwzględniły również inne silnie alergenne taksony (trawy, brzozę oraz olszę), wskazały na jaskrawe różnice w wewnątrzdobowych wahaniami stężenia ziaren pyłku. Osoby uczulone na ziarna pyłku bylicy są przede wszystkim narażone na wysokie stężenia

ziaren pyłku w godzinach okołopołudniowych, co wynika z ich ograniczonych zdolności dyspersyjnych. Obserwacje terenowe prowadzone w Holandii (Speksma i in., 2000) wykazały, że ziarna pyłku bylicy przenoszone są na odległość zaledwie kilkuset metrów od rośliny macierzystej a zjawisko dalekiego transportu w tym wypadku opisywane było jedynie sporadycznie (Izquierdo i in., 2011). W efekcie istotną rolę w kształtowaniu ekspozycji na ziarna pyłku bylicy odgrywają populacje lokalne, co ma przemożny wpływ na przestrzenne zróżnicowanie stężenia ziaren pyłku (Grewling i Jackowiak 2021). W naszych badaniach (**PUBLIKACJA I**) wykazaliśmy, że wzrost stężenia ziaren pyłku bylicy w powietrzu był ściśle związany z kierunkiem wiatru i rozmieszczeniem roślin. Gdy wiatr wiał z terenów, na których zlokalizowane były znaczne populacje bylicy, obserwowaliśmy podwyższone wartości stężeń ziaren pyłku w stacji monitoringowej. Z kolei w 2015 roku, gdy, w drugiej części sezonu pyłkowego, zaobserwowaliśmy niskie stężenia ziaren pyłku bylicy, masy powietrza napływały z terenów leśnych, tj. nieodpowiednich dla bylicy polnej.

Najważniejsze wnioski: Na terenach podmiejskich sezon pyłkowy bylicy ma wyraźnie dwuszczytowy charakter, związany z kwitnieniem dwóch dominujących gatunków: bylicy pospolitej i b. polnej. Sezon pyłkowy bylicy na tych terenach jest więc dłuższy (od końca lipca do połowy września) i bardziej intensywny niż w centralnych strefach miast. Najwyższe stężenia ziaren pyłku bylicy notowane są w godzinach okołopołudniowych. Narażenie na ziarna pyłku ambrozji jest z kolei najwyższe w godzinach wieczornych i nocnych, co związane jest z deponowaniem na terenie Polski ziaren pyłku uwolnionych z odległych obszarów źródłowych (głównie Kotliny Panońskiej). Prawdopodobieństwo wysokich stężeń ziaren pyłku ambrozji w powietrzu nie jest wysokie (ok. 10-20%) i ograniczone głównie do krótkich okresów na przełomie sierpnia i września.

Alergenność ziaren pyłku bylicy i ambrozji: zmienność i uwarunkowania (PUBLIKACJE I, IV).

Istotnym elementem wpływającym na stopień narażenia na ziarna pyłku jest ich potencjał alergenny, czyli poziom stężenia głównych białek alergennych w ziarnach pyłku. Nasze badania (**PUBLIKACJA I**) po raz pierwszy wykazały, że w czasie sezonu pyłkowego bylicy występują istotne wahania w zawartości Art v 1, które z kolei zostały powiązane ze zróżnicowaniem międzygatunkowym. Ziarna pyłku różnych gatunków bylic są bardzo do siebie podobne, właściwie nierozróżnialne pod mikroskopem świetlnym, dlatego

w tradycyjnym monitoringu aerobiologicznym analizuje się je razem, tj. na poziomie rodzaju. Analiza ilościowa Art v 1 w ziarnach pyłku (przeprowadzona przy użyciu metody immunoenzymatycznej z wykorzystaniem przeciwciał monoklonalnych) wykazała, że w drugiej części sezonu pyłkowego (tj. na przełomie sierpnia i września) alergenność ziaren pyłku bylicy była o około 60% wyższa niż w pierwszej części sezonu. Jak wspomniałem wcześniej, w tym okresie w powietrzu dominują ziarna pyłku późno zakwitającej bylicy polnej. Zjawisko wyższej alergenności ziaren pyłku bylicy polnej obserwowano w każdym z trzech sezonów pyłkowych (2013-2015), w których prowadzono badania. Największe różnice zaobserwowano w 2014 roku, gdy średni poziom Art v 1 podczas pierwszego szczytu pylenia wyniósł 3.8 pg Art v 1/zp, podczas gdy w drugim szczycie osiągnął wartość 6.7 pg Art v 1/zp ($p=0.0007$). Obserwacje te wyraźnie pokazują, że alergenność ziaren pyłku, nawet blisko spokrewnionych gatunków, w tym wypadku bylic, może być istotnie różna. Zmienność w alergenności ziaren pyłku trzech badanych gatunków bylicy wykazaliśmy również na poziomie transkryptów mRNA kodujących główne białka alergenne (Grewling i in. 2020b). Wyraźną międzysezonową zmienność w ilości uwalnianych głównych alergenów pyłkowych opisaliśmy wcześniej także w przypadku traw (w ramach międzynarodowego projektu HIALINE, Załącznik 4), co wiązaliśmy właśnie z ich znacznym zróżnicowaniem gatunkowym (Buters i in., 2015). Nasza hipoteza została następnie potwierdzona w badaniach eksperymentalnych prowadzonych w Niemczech na kilku gatunkach traw (Jung i in., 2018).

Pomimo, że podstawowym czynnikiem determinującym wahania alergenności ziaren pyłku bylicy są różnice międzygatunkowe, wydaje się, że poziom białek alergennych może być również modyfikowany przez działanie określonych warunków pogodowych. Wpływ czynników meteorologicznych na potencjał alergenny ziaren pyłku został wykazany dla innych taksonów alergennych, np. brzozy. Stwierdzono, że podwyższony poziom białka Bet v 1 (głównego alergenu ziaren pyłku brzozy) obecny był w ziarnach pyłku pochodzących z miejsc o intensywniejszym nasłonecznieniu i wyższej temperaturze powietrza (Hjelmroos i in., 1995; Ahlholm i in., 1998). Nasze badania prowadzone na ziarnach pyłku bylicy wykazały, że najwyższy poziom Art v 1 zaobserwowano w sezonie charakteryzującym się najwyższą dobową sumą opadów, podczas gdy najniższy potencjał alergenny odnotowano w najbardziej suchym sezonie. Wcześniejsze badania (Stach et al., 2007b; Grewling i in. 2012; Bogawski i in., 2014) wykazały, że wysoka ilość opadów wpływa pozytywnie na ogólną liczbę wytwarzanych ziaren pyłku bylicy. Z kolei okresy suszy opóźniają sezony pyłkowe bylicy i wpływają na ich znacznie niższą intensywność.

Wyniki badań nad alergiennością bylicy skłoniły nas do zaproponowania nowego podejścia do określania ryzyka alergicznego, które brałoby pod uwagę, oprócz stężenia ziaren pyłku w powietrzu, również poziom ich głównych alergenów, tzw. współczynnik korygujący alergienności ziaren pyłku (F_c) (**PUBLIKACJA I**). Dotychczas ryzyko wystąpienia objawów alergicznych określano jedynie na podstawie wartości progowych stężenia ziaren pyłku w 1 metrze sześciennym powietrza (de Weger i in., 2013). Podkreśla się jednak, że niezwykle trudno jest dokładnie określić stężenia progowe ziaren pyłku prowadzące do objawów alergicznych, co wynika, m. in. z trudności w wyznaczeniu faktycznej ekspozycji na konkretne alergeny. W powyższym przykładzie, zakłada się, że alergienność ziaren pyłku wszystkich gatunków bylic jest taka sama, a więc takie same wartości progowe stosowane są zarówno dla ziaren pyłku bylicy pospolitej, b. piołun i b. polnej. Jak wykazaliśmy w naszych badaniach, należy z dużą dozą ostrożności przyjmować takie założenia. Alergienność ziaren pyłku zmienia się istotnie w czasie sezonu pyłkowego i w przypadku bylicy jest ona związana z różnym potencjałem alergennym różnych gatunków bylic. Bazując na uzyskanych wynikach wskazaliśmy, że współczynnik korygujący alergienności ziaren pyłku bylicy polnej wynosi $F_c=1.6$, a bylicy pospolitej $F_c=1.0$. Odpowiednie współczynniki korygujące należy uwzględniać w modelach określających ryzyko wystąpienia objawów alergicznych, przede wszystkim w przypadku taksonów charakteryzujących się znacznym bogactwem gatunkowym i wytwarzających praktycznie nierozróżnialne ziarna pyłku, jak w przypadku bylic czy traw. Wydaje się więc, że kolejnym krokiem w kierunku określenia faktycznego zagrożenia alergicznego są badania nad ustaleniem zmienności w ilości białek alergennych produkowanych przez ziarna pyłku konkretnych, dominujących na danym obszarze gatunków, populacji czy nawet odmian. Na przykład, nasze wcześniejsze badania w ramach projektu HIALINE wykazały, że stężenie głównego alergenu oliwki Ole e 1 w ziarnach pyłku zmieniało się istotnie w zależności od kierunku, z którego napływały masy powietrza (Galán i in., 2013). Ziarna pyłku oliwki docierające do Portugalii z południowej Hiszpanii miały prawie 5-krotnie wyższą zawartość Ole e 1, niż lokalne ziarna pyłku oliwki uwolnione z odmian portugalskich. Dalsze badania nad alergiennością różnych odmian oliwki potwierdziły nasze przypuszczenia o zróżnicowaniu odmianowym ziaren pyłku oliwki pod względem zawartości Ole e 1 (Fernández-González i in., 2021).

W ramach projektu finansowanego przez Ministerstwo Edukacji i Szkolnictwa Wyższego (Załącznik 4), prowadziliśmy w Poznaniu badania nad alergiennością ziaren pyłku ambrozji (**PUBLIKACJA IV**). Analizując poziom głównego białka alergennego (Amb a 1)

w ziarnach pyłku podczas kolejnych epizodów dalekiego transportu zaobserwowaliśmy znaczne (ponad 2,5-krotne) wahania w poziomie stężenia Amb a 1. Na przykład pod koniec sierpnia ziarna pyłku ambrozji zawierały średnio 5.0 pg Amb a 1/zp, podczas gdy w połowie września zaledwie 1.9 pg Amb a 1/zp. Przeprowadzona analiza trajektorii wstecznych mas powietrza (za pomocą modelu HYSPLIT) wykazała, że w czasie obu epizodów ziarna pyłku ambrozji napływały z obszarów źródłowych znajdujących się w Kotliny Panońskiej. Dokładne analizy pokazują jednak, że podczas gdy pierwszy epizod dalekiego transportu związany był z obszarami źródłowymi wschodniej Austrii i zachodnich Węgier, w czasie drugiego napływu rejonem, z którego pochodziły ziarna pyłku były północno-wschodnie Węgry. Wyniki te sugerują, że zróżnicowanie potencjału alergennego może mieć związek z międzypopulacyjnymi różnicami w alergienności ziaren pyłku ambrozji, a także zwracają uwagę na rolę czynników siedliskowych w kształtowaniu alergienności ziaren pyłku. Warto podkreślić, że nasze badania dostarczyły pierwszych wyników o potencjale alergennym ziaren pyłku ambrozji pochodzących z dalekiego transportu. Jako, że ziarna pyłku napływające z masami powietrza z odległych terenów (>500 km) spędzają w atmosferze nawet kilka dni są narażone na działanie niekorzystnych czynników, np. podwyższonego promieniowania UV, zmiennej temperatury i wilgotności powietrza. Hipotetycznie, tak niekorzystne warunki mogą przyczyniać się do degradacji białek, a tym samym do znacznego obniżenia potencjału alergennego ziaren pyłku transportowanych z dalekich obszarów (Cecchi i in., 2010). W naszych badaniach wykazaliśmy, że ziarna pyłku ambrozji przemieszczane z Kotliny Panońskiej do Polski posiadają aktywne białka alergenne (Amb a 1), a tym samym mają potencjał, by wywoływać reakcje uczuleniowe. Objawy alergii na ziarna pyłku ambrozji mogą więc wystąpić u osób mieszkających nawet kilkaset kilometrów od miejsca, w którym występują zwarte populacje ambrozji. Brak określonych gatunków alergennych na danym obszarze (populacji lokalnych), nie musi jednoznacznie sugerować braku reakcji alergicznych na ziarna pyłku tego gatunku. Ogromne znaczenie mają w tym przypadku zdolności dyspersyjne i potencjał alergenny ziaren pyłku. Kwestią wymagającą dokładnego wyjaśnienia jest rola warunków pogodowych w czasie transportu w atmosferze na stan zachowania białek alergennych. Z jednej strony wykazaliśmy, że białka alergenne w ziarnach pyłku ambrozji napływających z Kotliny Panońskiej są cały czas aktywne (łączą się z przeciwciałami), z drugiej strony nie wiemy jednak, czy potencjał alergenny ziaren pyłku nie uległ zmianie w czasie transportu w atmosferze (np. poprzez częściową degradację białek). Zjawisko to będę starał się wyjaśnić w ramach nowego projektu OPUS-20 (finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki), którego jestem kierownikiem (Załącznik 4).

Najważniejsze wnioski: Drugi szczyt sezonu pyłkowego bylicy, związany z kwitnieniem bylicy polnej, charakteryzuje się istotnie wyższą alergiennością ziaren pyłku. Wynika z tego, że różnice międzygatunkowe determinują stopień narażenia na alergeny ziaren pyłku w czasie sezonu pyłkowego. Ziarna pyłku ambrozji transportowane nad Polskę z odległych obszarów źródłowych (np. Kotliny Panońskiej) posiadają ciągle aktywne białka alergenne (Amb a 1), w związku z czym mają one potencjał, by wywoływać reakcje alergiczne. Wahania alergienności ziaren pyłku warunkowane są przestrzennym rozmieszczeniem źródeł ziaren pyłku, zarówno w skali lokalnej, jak i regionalnej.

Drobne cząstki alergenne: zmienność i uwarunkowania (PUBLIKACJE I, IV).

W ramach współpracy w projekcie HIALINE wykazaliśmy obecność drobnych cząstek alergennych w powietrzu dla takich taksonów jak trawy, brzoza i oliwka (Buters i in., 2012; Buters i in., 2015). Moje dalsze badania (**PUBLIKACJA I**) ujawniły obecność głównego alergenu bylicy (Art v 1) we frakcji PM₁₀ (zawierającej cząstki o średnicy aerodynamicznej mniejszej niż 10µm) oraz pozwoliły określić warunki pogodowe sprzyjające wyższej koncentracji tych alergennych drobin w powietrzu. Stężenie Art v 1 w tej frakcji powietrza w stosunku do całkowitego poziomu (uwzględniając frakcje PM₁₀ i PM_{>10}) wyniosła 8,6-17,0%. Stężenie Art v 1 w drobnych cząstkach istotnie pozytywnie korelowało ze stężeniem ziaren pyłku bylicy. Relacja ta różniła się jednak w zależności od tego, którego gatunku bylicy ziarna pyłku dominowały w powietrzu. W czasie pierwszego szczytu pylenia, gdy kwitnie bylica pospolita, korelacja między alergenami a ziarnami pyłku wyniosła $r \sim 0.600$ (w porównaniu do $r \sim 0.850$ podczas szczytu pylenia bylicy polnej). Różnice te wynikają prawdopodobnie z szerszego spektrum ekologicznego bylicy pospolitej w porównaniu do bylicy polnej, co przekłada się na większe zróżnicowanie nie tylko ziaren pyłku, ale również poziomu stężenia białek alergennych.

Wcześniejsze prace (Schäppi i in., 1997; Taylor i in., 2004; Buters i in., 2015) pokazały, że zwiększone uwalnianie drobnych cząstek alergennych związane było najczęściej z wysoką wilgotnością powietrza, pod wpływem której ziarna pyłku pękały. W przypadku bylicy nie zaobserwowaliśmy takiej zależności, a wzrost stężenia Art v 1 we frakcji 2.5-10µm obserwowany był w dniach z wysoką temperaturą i niską wilgotnością powietrza. W okresie wyższych temperatur stwierdzano najwyższe stężenia drobnych cząstek alergennych. Ewentualne pękanie ziaren pyłku mogło wynikać raczej z uszkodzeń mechanicznych (zderzeń

z przeszkodami), co zostało opisane dla ziaren pyłku brzozy (Visez i in., 2015). W 2015 roku, zaobserwowaliśmy wyższe stężenia drobnych cząstek bylicy, gdy masy powietrza napływały z obszarów zalesionych i zabudowanych. Niewykluczone, więc że część ziaren pyłku mogła ulec uszkodzeniu pod wpływem zderzeń z licznymi przeszkodami, choć, z uwagi na znaczącą grubość ściany komórkowej ziaren pyłku bylicy (do 5 μm) (Rowley i in., 1981) nie spodziewamy się, jednak, by było to powszechne zjawisko.

Analiza drobnych cząstek alergennych ambrozji jest utrudniona w zachodniej Polsce z uwagi na niskie wartości stężeń ziaren pyłku i ich sporadyczny napływ z obszarów źródłowych zlokalizowanych w Kotlinie Panońskiej i na Ukrainie. Niemniej jednak nasze badania (**PUBLIKACJA IV**) wykazały obecność drobnych cząstek zawierających Amb a 1 podczas epizodów dalekiego transportu w ilościach stanowiących około 10-15% całkowitego poziomu Amb a 1. Nie stwierdziliśmy, by ich zwiększona zawartość związana była z działaniem wyższej wilgotności powietrza, co może wynikać z faktu, że zjawisku dalekiego transportu ziaren pyłku ambrozji towarzyszy z reguły ciepła i sucha pogoda (opady i podwyższona wilgotność powietrza mogą przyczyniać się do szybszej depozycji ziaren pyłku w czasie ich atmosferycznego transportu). Wcześniejsze prace wskazywały również na możliwość obecności drobnych cząstek alergennych ambrozji nawet w dniach, w których same ziarna pyłku nie występowały w powietrzu (Agarwal i in., 1984). Nasze badania nie potwierdziły tych obserwacji, a drobne cząstki były rejestrowane jedynie podczas dni, w których obecne były ziarna pyłku.

Najważniejsze wnioski: Główne alergeny ziaren pyłku bylicy i ambrozji zostały stwierdzone we frakcji powietrza PM_{10} , tj. związanej z mniejszymi od ziaren pyłku cząstkami. Stężenie głównych białek alergennych (Art v 1 i Amb a 1) związanych z drobnymi cząstkami wynosiło około 5-15% w stosunku do ich całkowitego poziomu. Drobne cząstki alergenne bylicy i ambrozji występowały jedynie w dniach, w których rejestrowane były ziarna pyłku. Nie stwierdzono, by warunki podwyższonej wilgotności powietrza wpływały na zwiększoną zawartość drobnych cząstek alergennych. Przeciwnie, stężenie drobnych cząstek wzrastało w czasie suchej i cieplej pogody.

Współwystępowanie ziaren pyłku i zanieczyszczeń powietrza (PUBLIKACJE V, VI)

W centrach dużych miast, jak np. w Poznaniu, dodatkowym czynnikiem wpływającym na wzrost poziomu zagrożenia alergicznego jest wysokie zanieczyszczenie powietrza.

Szkodliwe związki obecne w powietrzu, np. pyły zawieszone (PM), ozon (O₃) czy związki tlenków azotu (NO_x), mogą wpływać zarówno na rośliny alergenne, ich ziarna pyłku i poziom białek alergennych, jak i bezpośrednio na układ oddechowy osób uczulonych (D'Amato, 2002; Schiavoni i in., 2017). Ponadto w powietrzu współwystępować mogą również inne niebezpieczne dla zdrowia cząstki, jak choćby alergenne zarodniki grzybów. Z tego też względu w analizach określających ryzyko wystąpienia chorób układu oddechowego powinno uwzględniać się również inne szkodliwe substancje obecne w powietrzu. Nasze badania (**PUBLIKACJA V**) wykazały, że sezon pyłkowy bylicy jest okresem szczególnie narażonym na współwystępowanie innych potencjalnie niebezpiecznych dla zdrowia cząstek w powietrzu. Sezon pyłkowy bylicy w przeważającym stopniu pokrywa się z sezonami sporulacji grzybów z rodzaju *Cladosporium* sp. (w 81,6%) oraz *Alternaria* sp. (93,0%), czyli taksonów uznawanych za najbardziej alergenne (Horner i in., 1995). W mniejszym stopniu (16,5%) w czasie wysokich stężeń ziaren pyłku bylicy w powietrzu Poznania obserwowany był również podwyższony poziom ozonu troposferycznego. Warto podkreślić, że wysokie wartości ozonu zwiększają reaktywność oskrzeli na alergeny pyłkowe u pacjentów z astmą atopową (Molfino i in., 1991). Współwystępowanie ziaren pyłku bylicy z innymi szkodliwymi substancjami było w dużym stopniu warunkowane temperaturą powietrza. Najczęściej wspólne występowanie omawianych cząstek występowało, gdy temperatura powietrza przekraczała 25°C. Zjawisko to związane jest z jednej strony z podobnymi warunkami sprzyjającymi uwalnianiu ziaren pyłku i zarodników grzybów z rodzaju *Alternaria* i *Cladosporium*, tj. ciepłą, suchą i wietrzną pogodą, a z drugiej z faktu, że zwiększona produkcja ozonu troposferycznego następuje właśnie w okresie wysokiego nasłonecznienia (Jenkin i Clemitshaw, 2000).

Nasze dalsze badania (**PUBLIKACJA VI**) wykazały, że w czasie epizodów dalekiego transportu ziaren pyłku ambrozji występują w powietrzu wysokie stężenia szkodliwych dla zdrowia cząstek, takich jak: zarodniki grzybów, pyły pochodzenia naturalnego (pył saharyjski) oraz zanieczyszczenia pochodzenia antropogenicznego (PM oraz SO₂). Współwystępowanie pyłu saharyjskiego i ziaren pyłku ambrozji wynika z faktu, że napływ gorących mas powietrza z Afryki nad Europę (jeśli odbywa się w czasie pylenia ambrozji) wywołuje zwiększone uwalnianie ziaren pyłku z kwiatostanów. W efekcie, w gorące suche dni, ogromne masy pyłku unoszą się w wyższe warstwy atmosfery i mieszają z pyłem saharyjskim. Jednocześnie, w tym okresie obserwuje się w Kotlinie Panońskiej zwiększone stężenie zarodników grzybów z rodzaju *Alternaria*. Ziarna pyłku ambrozji i zarodniki *Alternaria* uwalniane są mniej więcej z tym samych obszarów (tereny rolnicze) i podczas podobnych

warunków pogodowych (gorąco, sucho i wietrznie). W efekcie, gdy obserwowany jest napływ ciepłego powietrza z ziarnami pyłku ambrozji, notowany jest również wzrost stężenia zarodników *Alternaria* nad Polską. Zjawisko to zostało dokładnie przeanalizowane w naszej kolejnej pracy (Grewling i in., 2022). Ponadto, jak wspomniano wyżej, masy powietrza transportowane z Kotliny Panońskiej przemieszczają się przez naturalne obniżenia terenu, np. Bramę Morawską. Po przebyciu przez ten obszar, masy powietrza znajdują się nad południową Polską, głównie Górnym Śląskiem. Według naszych obserwacji, bazując na danych o stężeniu zanieczyszczeń powietrza ze stacji pomiarowych w Polsce południowej i zachodniej, napływające masy powietrza z Kotliny Panońskiej mieszają się z zanieczyszczonym powietrzem z Górnego Śląska. W efekcie, docierające do Polski zachodniej masy powietrza zawierają podwyższone wartości potencjalnie szkodliwych substancji, w tym SO₂ (o 104%) oraz PM₁₀ (o 37%). Podsumowując, w czasie, gdy notujemy nad zachodnią Polską ziarna pyłku ambrozji, często rejestrujemy również obecność zarodników z rodzaju *Alternaria* sp., pyłu saharyjskiego i zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego. Przedstawione wyniki, są pierwszymi pokazującymi wspólny napływ tak wielu różnorodnych elementów i wskazują na konieczność stosowania zintegrowanego monitoringu jakości powietrza, który uwzględniałby zarówno cząstki o pochodzeniu biologicznym, jak i nieorganicznym.

Najważniejsze wnioski: W okresie wysokich stężeń ziaren pyłku bylicy, podczas ciepłych suchych dni, obserwowane są również wysokie stężenia zarodników grzybów z rodzajów *Alternaria* i *Cladosporium* oraz podwyższony poziom ozonu troposferycznego tworząc szkodliwą dla zdrowia mieszaninę. Ziarna pyłku ambrozji deponowane są nad Polską zachodnią najczęściej wspólnie z zarodnikami *Alternaria* oraz zanieczyszczeniami z Górnego Śląska (głównie SO₂ oraz PM₁₀); towarzyszyć im mogą również pyły pochodzenia naturalnego z obszaru północnej Afryki.

Współwystępowanie ziaren pyłku ambrozji i bylicy – konsekwencje kliniczne (PUBLIKACJA II)

Jak wspomniano wyżej, ziarna pyłku ambrozji z dalekiego transportu posiadają aktywne białka alergenne. Dodatkowo, ziarna te często przywiewane są wraz z innymi potencjalnie szkodliwymi związkami. Z drugiej strony, napływ ten jest jednak stosunkowo rzadki i charakteryzuje się występowaniem niezbyt wysokich stężeń ziaren pyłku. Czy więc ziarna

pyłku ambrozji z dalekiego transportu mogą rzeczywiście wpływać na wzrost częstości występowania alergii nad obszarami, gdzie ziarna pyłku są deponowane? Moje badania prowadzone wspólnie z zespołem z Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu skupione były właśnie na wyjaśnieniu tego problemu (**PUBLIKACJA II**). Wcześniejsze badania prowadzone we Włoszech (Asero i in., 2006; Asero, 2011) ujawniły, że na obszarach, do których wkracza ambrozja, dochodzi do znacznego wzrostu uczuleń, nie tylko na alergeny ambrozji, ale również bylicy. Sugeruje się, że za ten stan odpowiada występowanie podobnych białek alergennych w tych dwóch blisko ze sobą spokrewnionych rodzajach. Nasze badania wykazały, że obecnie nie obserwuje się takiego zjawiska w Poznaniu. Liczba osób uczulonych na alergeny bylicy (bazując na testach skórnych wśród osób atopowych) nie zmieniła się znacząco na przestrzeni dekady i wynosi około 11,0%. Jednocześnie nie obserwujemy w Poznaniu wysokiej prevalencji alergii na pyłek ambrozji. Jedynie około 3,5% pacjentów wykazywało obecność przeciwciał IgE skierowanych przeciwko głównemu alergenowi ziaren pyłku ambrozji (Amb a 1). Warto jednak w tym miejscu podkreślić, że 22 pacjentów (18,5%) wykazywało pozytywną reakcję alergiczną na ekstrakt ziaren pyłku ambrozji (na podstawie testu immunofluorencytmicznego). 90,1% tych pacjentów było również uczulonych na ekstrakt ziaren pyłku bylicy, z których 59,1% reagowało na główny alergen ziaren pyłku bylicy Art v 1 (co sugeruje alergię pierwotną na ziarna pyłku bylicy). Można więc przypuszczać, że w czasie napływu ziaren pyłku ambrozji nad Polskę część osób uczulonych na ziarna pyłku bylicy będzie również odczuwać dolegliwości alergiczne spowodowane reakcjami krzyżowymi między alergenami bylicy i ambrozji, tj. Art v 1 – Amb a 4 oraz Amb a 1 – Art v 6.

Najważniejsze wnioski: Prevalencja alergii na ziarna pyłku bylicy (wśród osób atopowych) wynosi w Poznaniu 11,0% i nie zmieniła się znacząco w ciągu ostatniej dekady. Nie obserwuje się tutaj wzrostu częstości alergii wywołanej napływem ziaren pyłku ambrozji z dalekiego transportu (prevalencja alergii na pyłek ambrozji wynosi 3,5%). Jednak z uwagi na istniejące reakcje krzyżowe między alergenami bylicy i ambrozji, w czasie epizodów dalekiego transportu ziaren pyłku ambrozji, osoby uczulone na alergeny bylicy mogą mieć objawy alergiczne.

Podsumowanie

Badania składające się na osiągnięcie habilitacyjne pozwoliły wyjaśnić wiele środowiskowych uwarunkowań zmienności stężenia alergenów ziaren pyłku bylicy i ambrozji w powietrzu

atmosferycznym oraz wskazać ich kliniczne konsekwencje. Wykorzystywany w badaniach model dużego miasta o charakterystycznej dla Europy Środkowej strukturze przestrzennej pozwala uzyskane wyniki i wnioski interpretować w szerokiej perspektywie geograficznej. Wyniki dotyczące zmienności międzygatunkowej bylicy i ich związku z przebiegiem sezonu pyłkowego są z pewnością uniwersalne na całym obszarze występowania tych gatunków. Co znamienne, znalazły one już praktyczne zastosowanie w czasoprzestrzennym modelowaniu stężenia ziaren pyłku bylicy w Europie (model SILAM, <https://silam.fmi.fi/pollen.html>). Uwzględnienie opisanych tutaj odkryć dotyczących bimodalności sezonów pyłkowych bylicy i zmiennej alergenicności poprawiło znacząco rozwijany dla kontynentu europejskiego model prognostyczny (Palamarchuk i in., 2021). Badania nad dalekim transportem ziaren pyłku ambrozji w Europie Centralnej pogłębiły znacząco dotychczasową wiedzę o tym zjawisku, uzupełniając ją o istotne odkrycia dotyczące aktywności głównych białek alergennych oraz obecności innych, oprócz ziaren pyłku, szkodliwych dla zdrowia cząstek w napływających masach powietrza.

Część wyników dotyczących alergenicności ziaren pyłku i obecności drobnych cząstek alergennych opublikowano po raz pierwszy na świecie. Między innymi: (i) określenie między- i wewnątrzsezonowej zmienności w poziomie stężenia głównych alergenów ziaren pyłku bylicy (Art v 1) i ambrozji (Amb a 1), (ii) wskazanie różnic międzygatunkowych w alergenicności ziaren pyłku bylicy, oraz (iii) wyznaczenie rozkładu drobnych cząstek alergennych bylicy i ambrozji w powietrzu atmosferycznym. Badania stopnia współuczulenia na Art v 1 i Amb a 1 w kontekście aerobiologicznym były również jednymi z pierwszych tego typu przedsięwzięć w Europie.

Prowadzone badania pozwoliły rozwinąć oraz doprecyzować działania profilaktyczne adresowane do osób uczulonych na alergeny ziaren pyłku bylicy i ambrozji. Poniżej prezentuję najważniejsze rekomendacje, będące wynikiem realizowanych badań:

- 1) Osoby uczulone na ziarna pyłku bylicy powinny w okresie pylenia (połowa lipca-początek września) ograniczyć aktywność fizyczną na wolnym powietrzu w godzinach popołudniowych zwłaszcza w dniach z wysoką średnią dobową temperaturą powietrza (>25°C). W tych okresach obserwowane są najwyższe stężenia ziaren pyłku bylicy, którym towarzyszą wysokie stężenia alergennych zarodników z rodzajów *Alternaria* i *Cladosporium*. W centrum miast, w takich warunkach, dodatkowym szkodliwym czynnikiem jest

podwyższony poziom ozonu. Dla osób uczulonych na ziarna pyłku bylicy znacznie bezpieczniejszą porą dnia jest późny wieczór.

2) Osoby mieszkające na obszarach podmiejskich i wiejskich są w większym stopniu narażone na alergeny ziaren pyłku bylicy. Z uwagi na późne pylenie bylicy polnej, stężenie ziaren pyłku na tych obszarach utrzymuje się dłużej (aż do pierwszej połowy września), a ich alergenicność jest wyższa niż w pierwszej części sezonu.

3) Osoby uczulone na ziarna pyłku ambrozji powinny zachować szczególną ostrożność we wrześniu, zwłaszcza podczas ciepłych dni, gdy wiatry wieją z południa – są to warunki sprzyjające transportowi ziaren pyłku z Kotliny Panońskiej. Z tego powodu zaleca się zamykać okna przed pójściem spać, oraz ograniczać aktywność fizyczną na wolnym powietrzu w godzinach wieczornych (np. jogging).

Powyższe rekomendacje zostały również uwzględnione w „Poznańskim Przewodniku Alergika” (Grewling i Jackowiak, 2021), który był bezpłatnie kolportowany do mieszkańców Poznania i okolic poprzez sieć aptek, szkół i rad osiedli, a obecnie jest stale dostępny na stronie Laboratorium Aerobiologii, Wydziału Biologii, Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (<http://paero.home.amu.edu.pl/kalendarz-pylkowy/>).

Pozostałe kierunki i osiągnięcia naukowo-badawcze.

Podczas mojej pracy badawczej zajmowałem się również innymi zagadnieniami dotyczącymi roślin i grzybów alergennych. Poniżej zostały wymienione niektóre kierunki badawcze oraz wskazane najważniejsze wyniki.

1. Metody ograniczania inwazji ambrozji w Europie (Šikoparija i in. 2013; Bonini i in., 2015; Sommer i in., 2015; Bonini i in., 2016; de Weger i in., 2016; Stępalska i in., 2020; Grewling i Jackowiak 2021)

Badania nad zagrożeniem alergicznym ziarnami pyłku ambrozji, poza wymienionymi wyżej i wchodzącymi w skład osiągnięcia habilitacyjnego, obejmują także kilka innych zagadnień prowadzonych w ramach współpracy międzynarodowej, a dotyczą m. in. metod ograniczania rozprzestrzeniania się ambrozji bylicolistnej w Europie (Bonini i in., 2015; Bonini i in., 2016; Grewling i Jackowiak 2021) oraz zgłębiania zjawiska dalekiego transportu ziaren pyłku ambrozji (Šikoparija i in., 2013; Sommer i in., 2015; de Weger i in., 2016; Stępalska i in.,

2020). Warto zauważyć, że w obserwowanym od kilku dekad „marszu” ambrozji na północ Europy, dużą rolę może odgrywać działalność człowieka, np. poprzez dokarmianie zwierząt karmą zanieczyszczoną owocami ambrozji (Bzdęga i in., 2018b). W miejscach uprawy słonecznika ambrozja często i masowo występuje jako chwast na polach (Ozaslan i in., 2016). Sprowadzane z tych regionów owoce słonecznika bywają zanieczyszczone nasionami ambrozji, które zachowują zdolność do kiełkowania i dalszego rozwoju. Z naszych ostatnich obserwacji wynika, że dokarmianie zwierząt zanieczyszczoną karmą prowadzi do rozsiewania nasion ambrozji i rozwoju nowych jej populacji, np. w pobliżu karmników dla ptaków czy na wybiegach dla zwierząt w ZOO (Grewling i Jackowiak 2021). Zjawisko to może przyczynić się zwiększenia lokalnych populacji ambrozji, a następnie wzrostu stężenia ziaren pyłku w powietrzu, co z kolei może podnieść ryzyko alergii na ziarna pyłku tej uciążliwej rośliny. Ważne jest więc, by monitorować miejsca, w których dokarmia się ptaki, i w razie konieczności usuwać pojawiające się młode rośliny. Zaleca się również, by kupować karmę oznaczoną specjalnym znakiem „kontrolowana zawartość ambrozji”. Pozwoli to uniknąć nieświadomego rozprzestrzeniania ambrozji (choćby wokół własnych ogródków).

Oprócz identyfikowania czynników wpływających na rozprzestrzenianie ambrozji poszukujemy również sposobów jej ograniczenia. Wraz z międzynarodowym zespołem prowadziłem analizy dotyczące wpływu chrząszcza *Ophraella communa* na populacje ambrozji w północnych Włoszech (Bonini i in., 2015; Bonini i in., 2016). Chrząszcz ten odżywia się ambrozją i może znacząco zredukować jej populację w miejscach bytowania, a tym samym ograniczyć stężenie ziaren pyłku w powietrzu. Nasze analizy wykazały, że w latach intensywnego żerowania *Ophraella communa* obserwowane stężenie ziaren pyłku ambrozji było o ponad 300% niższe od prognozowanego (tj. nieuwzględniającego żerowania chrząszcza). Powyższe wyniki pokazują, że przemyślane działania, wsparte wynikami badań naukowych, mogą ograniczyć rozprzestrzenianie się ambrozji, a tym samym zredukować ryzyko alergii.

Badając wahania stężenia ziaren pyłku ambrozji w powiązaniu z modelowaniem trajektorii wstecznych mas powietrza, wykazaliśmy, że ziarna pyłku rejestrowane w Europie Zachodniej (Wielka Brytania i Holandia) nie pochodziły z populacji lokalnych, lecz, z dużym prawdopodobieństwem, ze źródeł zlokalizowanych w Europie Wschodniej (Kotlina Panońska, Ukraina) bądź też z obszaru południowo-wschodniej Francji (de Weger i in., 2016). Te, oraz inne wspólne prace dotyczące dalekiego transportu ziaren pyłku ambrozji (Šikoparija i in. 2013; Grewling i in. 2019a; Stępańska i in., 2020) pokazują wyraźnie, że populacje ambrozji

na Nizinie Panońskiej są ważnym źródłem ziaren pyłku właściwie dla całej Europy (od Wielkiej Brytanii po Skandynawię) i mogą zwiększać ryzyko wystąpienia reakcji alergicznych, nawet poza miejscem stałego występowania populacji ambrozji (np. w Europie Północnej).

2. Dyspersja i potencjał alergenny zarodników *Alternaria* (Grewling i in., 2019c; Grewling i in., 2020c; Grewling i in., 2022).

Grzyby z rodzaju *Alternaria* należą do ważnych alergenów wziewnych. W Polsce pozytywne testy skórne stwierdzono u 8,2% populacji (Samoliński i in. 2014). Jako, że zarodniki *Alternaria* infekują często rośliny uprawne, wysokie wartości stężeń zarodników *Alternaria* w powietrzu notowane są przede wszystkim nad terenami rolniczymi (Kasprzyk i in., 2015). W skali Europy regionem charakteryzującym się najwyższym stężeniem zarodników *Alternaria* jest Kotlina Panońska (Skjøth i in., 2016). Nasze badania, w których wykorzystaliśmy dane o stężeniu zarodników z 38 stacji zlokalizowanych w Europie Centralnej (Polska, Czechy, Słowacja, Węgry, Serbia, Ukraina i Rumunia) wykazały, że przy sprzyjających warunkach pogodowych, zarodniki *Alternaria* mogą być transportowane z Kotliny Panońskiej do Polski. Dzięki wykorzystaniu dokładnych danych synoptycznych, meteorologicznych, oraz zaawansowanego modelowania ruchu mas powietrza i dyspersji zarodników, pokazaliśmy, że transport zarodników *Alternaria* odbywał się na odległość ponad 600 km i trwał od 16 do 22 godzin (Grewling i in., 2022).

Zarodniki *Alternaria* badałem również pod kątem zmienności w produkcji głównego białka alergennego Alt a 1 oraz obecności cząstek zawierających Alt a 1 w różnych frakcjach powietrza (PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{>10}). Choć najwyższy poziom Alt a 1 obserwowany jest w dojrzałych zarodnikach, to jednak Alt a 1 może również występować w strzępkach grzybni i innych drobnych fragmentach. Nasze badania po raz pierwszy pokazały skalę między- i wewnątrzsezonowej zmienności w ilości Alt a 1 w zarodnikach. W ciągu sezonu, średnia dzienna alergenicność zarodników wahała się od 2,4 do $34,7 \times 10^{-3}$ pg Alt a 1/zarodnik. Najwyższą alergenicność wykazywały zarodniki zebrane w sezonie charakteryzującym się ciepłą bezdeszczową pogodą oraz wysokim zanieczyszczeniem powietrza (w odniesieniu do średnich sezonowych stężeń ozonu, dwutlenku siarki i pyłu zawieszonego). Wydaje się, że zróżnicowanie gatunkowe w obrębie rodzaju *Alternaria*, może być również odpowiedzialne za występowanie w powietrzu zarodników o niskim i wysokim poziomie stężenia Alt a 1 (Grewling i in., 2019c). Ponadto, wykazaliśmy, że najwyższa zawartość Alt a 1 występowała

w cząstkach o średnicy 2.5-10 μm (66,8% całkowitej ilości Alt a 1), a najniższa we frakcji $\text{PM}_{2.5}$ (<1,0%). Znacznie więcej Alt a 1 na zarodnik (>30,0%) zmierzono we frakcji PM_{10} niż $\text{PM}_{>10}$. Zaobserwowana „nadwyżka” Alt a 1 może pochodzić ze źródeł innych niż zarodniki, np. z fragmentów strzępek (Grewling i in., 2020c).

3. Ziarna pyłku brzożowatych: alergienność, modelowanie czasoprzestrzenne i konsekwencje kliniczne (Buters i in., 2012; Siljamo i in., 2013; Galán i in., 2013; Grewling i in., 2014; Buters i in., 2015; Nowosad i in., 2015; Nowosad i in., 2016; Nowosad i in., 2018; Bogawski i in., 2019a; Bogawski i in., 2019b)

Rodzina brzożowatych (Betulaceae) obejmuje kilka silnie uczulających rodzajów, w tym przede wszystkim brzozę, olszę i leszczynę. Ich ziarna pyłku, z uwagi na podobieństwo białek, często mogą powodować reakcje krzyżowe. Wraz z Uniwersytetem Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu określiliśmy częstość występowania współuczulenia wśród populacji poznańskiej (Grewling i in., 2014). Wykazaliśmy, że wśród wszystkich osób uczulonych na ziarna pyłku leszczyny, ponad 90% było również uczulonych na ziarna pyłku brzozy i olszy. Wśród osób atopowych około 11% miało pozytywne testy skórne na alergeny leszczyny, a 53% z nich cierpiało na atopowe zapalenie skóry. Biorąc pod uwagę różnice w terminach pojawiania się sezonów pyłkowych leszczyny, olszy i brzozy, okres narażenia na ziarna pyłku brzożowatych może trwać nawet 3-4 miesiące (od początku lutego do połowy maja). Analizując dobowe stężenie ziaren pyłku leszczyny wykazaliśmy, że najwyższe wartości stężeń notowane były między 14:00–16:00. W tych godzinach średnie stężenie ziaren pyłku leszczyny wynosiło $\sim 60 \text{ zp m}^{-3}$. Początek sezonu pyłkowego leszczyny charakteryzował się bardzo silnymi wahaniami międzyrocznymi sięgającymi 87 dni. Wahania te wynikały w głównej mierze z wahań maksymalnej temperatury powietrza pod koniec grudnia, tj. wysokie temperatury przyspieszały znacząco pylenie.

Choć sezon pyłkowy brzozy przypada głównie na miesiąc kwiecień, to napływ ziaren pyłku z północnego-wschodu może znacząco wydłużyć okres ekspozycji na alergeny tej rośliny. Nasze badania (Bogawski i in., 2019a) wykazały, że epizody dalekiego transportu ziaren pyłku brzozy rejestrowane były w Poznaniu głównie w pierwszej połowie maja, a głównym źródłem ziaren pyłku były tereny zachodniej Rosji, Białorusi, i w mniejszym stopniu wschodnie regiony krajów nadbałtyckich oraz półwyspu Skandynawskiego. Wykazaliśmy, że napływ ziaren pyłku związany był z centrum wysokiego ciśnienia

zlokalizowanego nad Skandynawią oraz wysokością powierzchni izobarycznej 500 hPa (z500 hPa) nad Niemcami-Danią-Szwecją. Zjawisko dalekiego transportu pyłku brzozy do Polski obserwowane było praktycznie każdego roku. Epizody te charakteryzują się znaczną czasową zmiennością, co może prowadzić do niespodziewanych wzrostów stężenia ziaren pyłku brzozy w maju, tj. już po kwitnieniu populacji lokalnych brzóz. Z uwagi na znaczne ilości pyłku przywiewanego w tych okresach, osoby uczulone na ziarna pyłku brzozy, mogą doświadczać w tym czasie reakcji alergicznych. W związku z tym, epizody napływu ziaren pyłku z dalekich źródeł powinny być uwzględniane w modelach prognostycznych.

Czasoprzestrzenne modelowanie stężenia ziaren pyłku brzozowatych oraz terminów zakwitania brzóz było celem kilku naszych prac (Siljamo i in., 2013; Nowosad i in., 2016; Bogawski i in., 2019b). W ramach międzynarodowego zespołu badawczego brałem udział w ewaluacji czułości modelu prognostycznego SILAM (<https://silam.fmi.fi/>) określając parametry emisji ziaren pyłku brzozy. Nasze prace wykazały, że najważniejszym parametrem środowiskowym jest temperatura przy powierzchni ziemi, której błędy pomiarowe mogą znacząco wpływać na ostateczne wyniki prognozowania (Siljamo i in., 2013). Informacje o temperaturze powierzchni ziemi, uzyskane z danych satelitarnych, stały się bazą do opracowania modelu prognozującego terminy zakwitania brzóz w Poznaniu (Bogawski i in., 2019b). Opracowany model statystyczny, wykorzystujący algorytm lasów losowych charakteryzował się dobrym dopasowaniem, wysoką zdolnością prognostyczną oraz niskim błędem ($R^2=0.829$, RMSE=1.46 dnia). Czasoprzestrzenne modelowanie stężenia ziaren pyłku brzozy, leszczyny i olszy na terenie całej Polski było przedmiotem kilku prac, w których badaliśmy, m. in. czasoprzestrzenną autokorelację danych aerobiologicznych i możliwości prognostyczne różnych modeli statystycznych (Nowosad i in., 2015, Nowosad i in., 2016; Nowosad i in. 2018).

Ponadto, jako członek europejskiego projektu HIALINE (Health Impacts of Airborne Allergen Information Network) analizowałem zmiany poziomu stężenia głównych białek alergennych ziaren pyłku najważniejszych roślin alergennych Europy (Buters i in., 2012; Galán i in., 2013; Buters i in., 2015). W kontekście potencjału alergennego ziaren pyłku brzozy, wykazaliśmy, że uwalniają one średnio 3,2 pg Bet v 1/zp, a wartość ta jest stosunkowo stała na obszarze Europy (od 2,2 do 3,9 pg Bet v 1/zp). Znacznie wyższe różnice zaobserwowaliśmy jednak w przypadku dobowych zmian alergenicności ziaren pyłku brzozy. Wahania te mogły częściowo wynikać z różnic międzypopulacyjnych, jako że w dniach, w których stwierdziliśmy odchylenia od średniej sezonowej potencjału alergennego, ziarna pyłku nie pochodziły z populacji lokalnych, lecz ze źródeł oddalonych o kilkaset kilometrów od stacji pomiarowej.

Piśmiennictwo

- Afranowicz-Cieślak R., Bernacki L., Celka Z., Chmiel J., Cwener A., Dajdok Z., Kurnicki B., Łysko A., Danielewicz W., Marciniuk J., Marciniuk P., Markowski R., Nowak A., Nobis M., Oklejewicz K., Piwowarczyk R., Pliszko A., Popiela A., Posz E., Rosadziński S., Sobisz Z., Szeląg Z., Szczęśniak E., Tokarska-Guzik B., Wołkowycki D., Wrzesień M., Zając A., Zając M., Zalewska-Gałosz J. 2019. Distribution Atlas of Vascular Plants in Poland – Appendix. Institute of Botany Jagiellonian University, 320 pp.
- Ahlholm J.U., Helander M.L., Savolainen J. 1998. Genetic and environmental factors affecting the allergenicity of birch (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii* [Orl.] Hämet-ahti) pollen. *Clinical and Experimental Allergy*, 28(11): p. 1384-8.
- Agarwal MK., Swanson MC., Reed CE., Yunginger JW. 1984. Airborne ragweed allergens: association with various particle sizes and short ragweed plant parts. *J Allergy Clin Immunol* 74(5):687–693
- Asero R. 2011. Is the strange case of mugwort sensitivity in ragweed allergic subjects coming eventually to a solution? *Eur Ann Allergy Clin Immunol*, 43(3): 67-68.
- Asero R., Bellotto E., Ghiani A., Aina R., Villalta D., Citterio S. 2014. Concomitant sensitization to ragweed and mugwort pollen: who is who in clinical allergy? *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 113: 307-313.
- Asero R., Wopfner N., Gruber P., Gadermaier G., Ferreira F. 2006. *Artemisia* and *Ambrosia* hypersensitivity: co-sensitization or co-recognition? *Clinical and Experimental Allergy*, 36.
- Beggs P.J. 2021. Climate change, aeroallergens, and the aeroexposome. *Environmental Research Letters* 16:035006.
- Bogawski P., Borycka K., Grewling Ł., Kasprzyk I. 2019a. Detecting distant sources of airborne pollen for Poland: Integrating back-trajectory and dispersion modelling with a satellite-based phenology. *Science of the Total Environment*, 689: 109-125.
- Bogawski P., Grewling Ł., Frątczak A. 2016. Flowering phenology and potential pollen emission of three *Artemisia* species in relation to airborne pollen data in Poznań (Western Poland). *Aerobiologia*, 32: 265-276.
- Bogawski P., Grewling Ł., Jackowiak B. 2019b. Predicting the onset of *Betula pendula* flowering in Poznań (Poland) using remote sensing thermal data. *Science of the Total Environment*, 658: 1485-1499.

- Bogawski P., Grewling Ł., Nowak M., Smith M., Jackowiak B. 2014. Trends in atmospheric concentrations of weed pollen in the context of recent climate warming in Poznań (Western Poland). *Aerobiologia* 58(8):1759-68.rbach
- Bonini M., Šikoparija B., Prentović M., Cislaghi G., Colombo P., Testoni C., Grewling Ł., Lommen S.T.E., Müller-Schärer H., Smith M. 2015. Is the recent decrease in airborne *Ambrosia* pollen in the Milan area due to the accidental introduction of the ragweed leaf beetle *Ophraella communa*. *Aerobiologia*, 31(4): 499-365.
- Bonini M., Šikoparija B., Prentović M., Cislaghi G., Colombo P., Testoni C., Grewling Ł., Lommen S.T.E., Müller-Schärer H., Smith, M. 2016. A follow-up study examining airborne *Ambrosia* pollen in the Milan area in 2014 in relation to the accidental introduction of the ragweed leaf beetle *Ophraella communa*. *Aerobiologia*, 32: 371-374.
- Burbach G.J., Heinzerling L.M., Edenharter G., Bachert C., Bindslev-Jenses C., Bonini S., Bousquet J., Bousquet-Rouanet L., Bousquet P.J., Bresciani M., Bruno A., Canonica G. W., Darsow U., Demoly P., Durham S., Fokkens W.J., Giavi S., Gjomarkaj M., Gramiccioni C., Haahtela T., Kowalski M.L., Magyar P., Murakozi G., Orosz M., Papadopoulos N.G., Rohnelt C., Stingl G., Todo-Bom A., Von Mutius E., Wiesner A., Wohrl S., Zuberbier T. 2009. GA2LEN skin test study II: clinical relevance of inhalant allergen sensitizations in Europe. *Allergy*, 64: 1507-1515.\
- Buters J., Prank M., Sofiev M., Pusch G., Albertini R., Annesi-Maesano I., Antunes C., Behrendt H., Berger U., Brandao R., Celenk S., Galán C., Grewling Ł., Jackowiak B., Kennedy R., Rantio-Lehtimäki A., Reese G., Šauliene I., Smith M., Thibaudon M., Weber B., Cecchi L. 2015. Variation of the group 5 grass pollen allergen content of airborne pollen in relation to geographic location and time in season. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 136(1): 87-95.e6.
- Buters J. Thibaudon M., Smith M., Kennedy R., Rantio Lehtimäki A., Albertini R., Reese G., Weber B., Galán C., Brandao R., Antunes C., Jäger S., Berger U., Celenk S., Grewling Ł., Jackowiak B., Šauliene I., Weichenmeier I., Pusch G., Sarioglu H., Ueffing M., Behrendt H., Prank M., Sofiev M., Cecchi L. 2012. Release of Bet v 1 from birch pollen from 5 European countries. Results from the HIALINE study. *Atmospheric Environment*, 55: 496-505.
- Bzdęga K., Tokarska-Guzik B., Jackowiak B. 2018a. *Ambrosia artemisiifolia* L. – Karta informacyjna gatunku. Źródło: Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska. www.projekty.gdos.gov.pl/igo, data dostępu: 2022-02-20.

- Bzdęga K., Tokarska-Guzik B., Jackowiak B. 2018b. *Ambrosia artemisiifolia* L. – Informacja dotycząca dróg przenoszenia gatunku. Źródło: Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska www.projekty.gdos.gov.pl/igo, data dostępu: 2022-02-20.
- Cecchi L., Testi S., Campi P., Orlandini S. 2010. Long-distance transport of ragweed pollen does not induce new sensitizations in the short term. *Aerobiologia*, 26(4): 351-352.
- Cecchi L. 2013. From pollen count to pollen potency: the molecular era of aerobiology. *European Respiratory Journal* 41: 898-900.
- Chapman D.S., Scalone R., Stefanic E., Bullock J.M. 2017. Mechanistic species distribution modeling reveals a niche shift during invasion. *Ecology*, 98(6): 1671-1680.
- Czarnecka-Operacz M., Silny W. 2001. Alergeny powietrzno pochodne. *Przewodnik Lekarza* 4(3): 112-117.
- D'Amato G. 2001. Airborne paucimicronic allergen-carrying particles and seasonal respiratory allergy. *Allergy*, 56: 1109-1111.
- D'Amato G. 2002. Environmental urban factors (air pollution and allergens) and the rising trends in allergic respiratory diseases. *Allergy*, 57(Suppl. 72): 30-3.
- D'Amato G., Cecchi L., Bonini S., Nunes C., Annesi-Maesano I., Behrendt H., Liccardi G., Popov T., van Cauwenberge P. 2007. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*, 62: 976-990.
- De Weger L.A., Pashley C.H., Šikoparija B., Skjøth C.A., Kasprzyk I., Grewling Ł., Thibaudon M., Magyar D., Smith, M. 2016. The long distance transport of airborne *Ambrosia* pollen to the UK and the Netherlands from Central and south Europe. *International Journal of Biometeorology*, 60(12): 1829-1839.
- De Weger, L.A., Bergmann, K.-Ch., Rantio Lehtimäki A., Dahl A., Buters J., Déchamp Ch., Belmonte J., Thibaudon M., Cecchi L., Besancenot J-P., Galán C., Waisel Y. 2013. *Impact of Pollen*. W: Sofiev M., Bergman K.-Ch. (red.). *Allergenic Pollen. A Review of the Production, Release, Distribution and Health Impacts*. Springer
- Emmerson, K.M., Silver J.D., Thatcher M., Wain A., Jones, P.J., Dowdy A., Newbigin E.J., Picking B.W., Choi J, Ebert E., Bannister T. 2021. Atmospheric modelling of grass pollen rupturing mechanisms for thunderstorm asthma prediction. *PLoS ONE* 16(4): e0249488
- Essl F., Biro K., Brandes D., Broennimann O., Bullock J.M., Chapman D.S., Chauvel B., Dullinger S., Fumana B., Guisan A., Karrer G., Kazinczi G., Kueffer C., Laitung B., Lavoie C., Leitner M., Mang T., Moser D., Müller-Schärer H., Petitpierre B., Richter

- R., Schaffner U., Smith M., Starfinger U., Vautard R., Vogl G., von der Lippe M., Follak S. 2015. Biological Flora of the British Isles: *Ambrosia artemisiifolia*. Journal of Ecology, 104: 1069-1098.
- Fernández-González M., Ribeiro H., Pereira S.G., Rodríguez-Rajo F.J., Abreu, J. 2021. Pollen Ole e 1 content variations in olive cultivars of different Portugal regions. Aerobiologia, 37: 205-216.
- Galán C., Antunes C., Brandao R., Torres C., García-Mozo H., Caeiro E., Ferro R., Prank M., Sofiev M., Albertini R., Berger U., Cecchi L., Celenk S., Grewling Ł., Jackowiak B., Jäger S., Kennedy R., Rantio-Lehtimäki A., Reese G., Šauliene I., Smith M., Thibaudon M., Weber B., Weichenmeier I., Pusch G., Buters J.T.M. on behalf of the HIALINE working group. 2013. Airborne olive pollen counts are not representative of exposure to the major olive allergen Ole e 1. Allergy, 68: 809-812.
- Grewling Ł., Bogawski P., Jenerowicz D., Czarnecka-Operacz M., Šikoparija B., Skøjth C.A., Smith M. 2016a. Mesoscale atmospheric transport of ragweed pollen allergens from infected to uninfected areas. International Journal of Biometeorology, 60(10): 1493-1500.
- Grewling Ł., Bogawski P., Kostecki Ł., Nowak M., Szymańska A., Frątczak A. 2020a. Atmospheric exposure to the major *Artemisia* pollen allergen (Art v 1): Seasonality, impact of weather, and clinical implications. Science of the Total Environment, 713: 136611.
- Grewling Ł., Bogawski P., Kostecki Ł., Szymańska A, Nowak M., Frątczak A. 2020b. Species-specific traits affecting the local exposure to *Artemisia* allergens. 7th European Symposium on Aerobiology (Virtual Edition). Bioaerosols and Environmental Impacts. Cordoba, Spain.
- Grewling Ł., Bogawski P., Kryza M., Magyar D., Šikoparija B., Skjøth B., Udvardy O., Werner M., Smith M. 2019a. Concomitant occurrence of anthropogenic air pollutants, mineral dust and fungal spores during long-distance transport of ragweed pollen. Environmental Pollution, 254(Part A): 112948.
- Grewling Ł., Bogawski P., Smith M. 2016b. Pollen nightmare: elevated airborne pollen levels at night. Aerobiologia, 32: 1-4.
- Grewling Ł., Bogawski P., Szymańska A, Nowak M., Kostecki Ł., Smith M. 2020c. Particle size distribution of the major *Alternaria alternata* allergen, Alt a 1, derived from airborne spores and subspore fragments. Fungal Biology, 124: 219-227.

- Grewling Ł., Frątczak A., Kostecki Ł., Nowak M., Szymańska A., Bogawski P. 2019b. Biological and Chemical Air Pollutants in an Urban Area of Central Europe: Co-exposure Assessment. *Aerosol and Air Quality Research*, 19: 1526–1537.
- Grewling Ł., Jackowiak B. 2021. *Poznański Przewodnik Alergika*. Wydawnictwo Kontekst, Poznań.
- Grewling Ł., Jenerowicz D., Bogawski P., Smith M., Nowak M., Frątczak A., Czarnecka-Operacz M. 2018. Cross-sensitization to *Artemisia* and *Ambrosia* pollen allergens in an area located outside of the current distribution range of *Ambrosia* sp. *Advances in Dermatology and Allergology XXXV(1)*:83-89
- Grewling Ł., Jenerowicz D., Nowak M., Polańska A., Jackowiak B., Czarnecka-Operacz M., Smith M. 2014. Clinical relevance of *Corylus* pollen in Poznań, western Poland. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 21(1): 64-69.
- Grewling Ł., Kasprzyk I., Borycka K., Chłopek K., Kostecki Ł., Majkowska-Wojciechowska B., Malkiewicz M., Myszkowska D., Nowak M., Piotrowska-Weryszko K., Puc M., Stawińska M. 2015. Searching for a trace of *Artemisia campestris* pollen in the air. *Acta Agrobotanica*, 68(4): 399-404.
- Grewling Ł., Nowak M., Szymańska A., Kostecki Ł., Bogawski, P. 2019c. Temporal variability in the allergenicity of airborne *Alternaria* spores. *Medical Mycology*, 4: 403-411.
- Grewling Ł., Piosik Ł., Szkudlarz P., 2021. Morphophysiological characteristics of pollen grains produced by bisexual inflorescences of silver birch (*Betula pendula* Roth.). *Aerobiologia*, 37: 179-183.
- Grewling Ł., Šikoparija B., Skjøth C.A., Radišić P., Apatini D., Magyar D., Páldy A., Yankova R., Sommer J., Kasprzyk I., Myszkowska D., Uruska A., Zimny M., Puc M., Jäger S., Smith M. 2012. Variation in *Artemisia* pollen seasons in Central and Eastern Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 160: 48-59.
- Hjelmroos M., Schumacher M.J., Van Ghage-Hamsten M. 1995. Heterogeneity of Pollen Proteins within Individual *Betula pendula* Trees. *Int Arch Allergy Immunol*, 108: 368-376
- Horner W.E., Helbling A., Salvaggio J.E., Lehrer S.B. 1995. Fungal allergens. *Clinical Microbiology Review*, 8(2): 161-179.
- Izquierdo R., Belmonte J., Avila A., Alarcon M., Cuevas E., Alonso-Perez S. 2011. Source areas and long-range transport of pollen from continental land to Tenerife (Canary Islands). *International Journal of Biometeorology*, 55: 67-85.

- Jackowiak B. 1993. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Poznaniu. Prace Zakładu Taksonomii Roślin Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 2, 409 pp, Poznań.
- Jenkin M.E., Clemitshaw K.C. 2000. Ozone and other secondary photochemical pollutants: chemical processes governing their formation in the planetary boundary layer. *Atmospheric Environment* 34(16): 2499-2527
- Jung S., Estrella N., Pfaffl MW., Hartmann S., Handelshausen E., Menzel A. 2018. Grass pollen production and group V allergen content of agriculturally relevant species and cultivars. *PLoS ONE*, 13(3): PMC5846780.
- Karatzas K., Voukantsis D., Jaeger S., Berger U., Smith M., Brandt O., Zuberbier T., Bergmann K. Ch. 2014. The patient's hay-fever diary: three years of results from Germany. *Aerobiologia* 30: 1-11.
- Kasprzyk I., Myszkowska D., Grewling Ł., Stach A., Šikoparija B., Skjøth C.A., Smith M. 2011. The occurrence of *Ambrosia* pollen in Rzeszów, Kraków and Poznań, Poland: investigation of trends and possible transport of *Ambrosia* pollen from Ukraine. *International Journal of Biometeorology*, 55(4): 633-644.
- Kasprzyk I., Rodinkova V., Šauliene I., Ritenberga O., Grinn-Gofroń A., Nowak M., Sulborska A., Kaczmarek J., Weryszko-Chmielewska E., Bilous E., Jędryczka M. 2015. Air pollution by allergenic spores of the genus *Alternaria* in the air of central and eastern Europe. *Environmental Science and Pollution Research* 22: 9260-9274.
- Molfino N.A., Wright S.C., Katz I., Tarlo S., Silverman F., McClean P. A., Slutsky A.S., Zamel N., Szalai J.P., Raizenne M. 1991. Effect of low concentrations of ozone on inhaled allergen responses in asthmatic subjects. *The Lancet*, 338(8761): 199-203.
- Montagnani C., Gentili R., Smith M., Guarino M.F., Citterio, S. 2017. The Worldwide Spread, Success, and Impact of Ragweed (*Ambrosia* spp.). *Critical Reviews in Plant Sciences*, 36(3): 139-178.
- Mucciarelli M., Maffei M. 2001. Introduction to the genus, *Artemisia*. CRC Press.
- Müller-Germann I., Pickersgill D.A., Paulsen H., Alberternst B., Pöschl U., Fröhlich-Nowoisky J., Despres V. R. 2017. Allergenic Asteraceae in air particulate matter: quantitative DNA analysis of mugwort and ragweed. *Aerobiologia*, 33: 493-506.
- Nowosad J., Stach A., Kasprzyk I., Grewling Ł., Latałowa M., Puc M., Myszkowska D., Weryszko-Chmielewska E., Piotrowska-Weryszko, K., Chłopek K., Majkowska-Wojciechowska B., Uruska A. 2015. Temporal and spatiotemporal autocorrelation

- of daily concentrations of *Alnus*, *Betula*, and *Corylus* pollen in Poland. *Aerobiologia* 31: 159-177
- Nowosad J., Stach A., Kasprzyk I., Weryszko-Chemielewska E., Piotrowska-Weryszko K., Puc M., Grewling Ł., Pędziszewska A., Uruska A., Myszkowska D., Chłopek K., Majkowska-Wojciechowska B. 2016. Forecasting model of *Corylus*, *Alnus*, and *Betula* pollen concentration levels using spatiotemporal correlation properties of pollen count. *Aerobiologia*, 32(3): 453-468.
- Nowosad J., Stach A., Kasprzyk I., Chłopek K., Dąbrowska-Zapart K., Grewling Ł., Latałowa M., Pędziszewska A., Majkowska-Wojciechowska B., Myszkowska D., Piotrowska-Weryszko K., Weryszko-Chemielewska E., Puc M., Rapiejko P., Stosik T. 2018. Statistical techniques for modeling of *Corylus*, *Alnus*, and *Betula* pollen concentration in the air. *Aerobiologia* 34: 301-313
- Ozaslan C., Onen H., Farooq S., Gunal H., Akyol N. 2016. Common ragweed: An emerging threat for sunflower production and human health in Turkey. *Weed Biology and Management*, 16(1): 42-55.
- Palamarchuk J., Sofviev M., Kouznetsov R. 2021. Improvement of mugwort pollen predictability in Europe. Conference: Connecting our World: Biometeorology 2021. International Society of Biometeorology.
- Pawankar R., Holgate S., Canonica G.W., Lockey R.F., Blaiss M.S. 2013. WHO White Book on Allergy: Update 2013. World Allergy Organization, Milwaukee, United States of America
- Rapiejko P., Stankiewicz W., Szczygielski K., Jurkiewicz D. 2007. Threshold pollen count necessary to evoke allergic symptoms. *Otolaryngologia Polska*, LXI(4): 591-594.
- Rowley J.R., Dahl A.O., Rowley J.S. 1981. Substructure in Exines of *Artemisia vulgaris* (Asteraceae). *Rev. Palaeobot. Palynol.* 35 (1), 38.
- Schäppi G.F., Suphioglu C., Taylor P.E., Knox R.B. 1997. Concentrations of the major birch tree allergen Bet v 1 in pollen and respirable fine particles in the atmosphere. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 100(5): 656-61.
- Schiavoni G., D'Amato G., Afferni C. 2017. The dangerous liaison between pollens and pollution in respiratory allergy *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 118(3): 269-275.
- Šikoparija B., Skjøth C.A., Alm Kübler K., Sommer J., Grewling Ł., Radišić, Smith M. 2013. A mechanism for long distance transport of *Ambrosia* pollen from the Pannonian Plain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 180: 112-117.

- Siljamo P., Sofiev M., Filatova E., Grewling Ł., Jäger S., Khoreva E., Linkosalo T., Jimenez SA., Ranta H., Rantio-Lehtimäki A., Svetlov A., Veriankaitė L., Yakovleva E., Kukkonen J. 2013. A numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere. Model evaluation and sensitivity analysis. *Int J Biometeorology*, 57: 125-136.
- Skjøth C.A., Damialis A., Belmonte J., De Linares C., Fernández-González S., Grinn-Gofroń A., Jędryczka M., Kasprzyk I., Magyar D., Myszkowska D., Oliver G., Paldy A., Pashley C.H., Rasmussen K., Satchwell J., Thibaudon M., Tormo-Molina R., Vokou D., Ziemianin M., Werner M. 2016. *Alternaria* spores in the air across Europe: abundance, seasonality and relationships with climate, meteorology and local environment. *Aerobiologia*, 32: 3-22.
- Smith M., Skjøth C.A., Myszkowska D., Uruska A., Puc M., Stach A., Balwierz Z., Chlopek K., Piotrowska K., Kasprzyk I., Brandt, J. 2008. Long-range transport of *Ambrosia* pollen to Poland. *Agriculture and Forest Meteorology*, 148(10): 1402-1411.
- Sommer J., Smith M., Šikoparija B., Kasprzyk I., Myszkowska D., Grewling Ł., Skjøth C.A. 2015. Risk of exposure to airborne *Ambrosia* pollen from local and distant sources in Europe – an example from Denmark. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 22(4): 630-636.
- Spieksma F.T., van Noort P., Nikkels A.H. 2000. Influence of nearby stands of *Artemisia* on street-level versus roof-top-level ratio's of airborne pollen quantities. *Aerobiologia*, 16: 21-24.
- Stach A., Smith M., Skjøth C.A., Brandt J. 2007a. Examining *Ambrosia* pollen episodes at Poznan (Poland) using back-trajectory analysis. *International Journal of Biometeorology*, 51: 275-286.
- Stach A., García-Mozo H., Prieto-Baena J.C., Czarnecka-Operacz M., Jenerowicz D., Silny W., Galán C. 2007b. Prevalence of *Artemisia* species pollinosis in western Poland: impact of climate change on aerobiological trends, 1995–2004. *J Investig Allergol Clin Immunol* 17, 39–47.
- Stępalska D., Myszkowska D., Piotrowicz K., Kluska K., Chłopek K., Grewling Ł., Lafférsová J., Majkowska-Wojciechowska B., Malkiewicz M., Piotrowska-Weryszko K., Puc M., Rodinkova V., Rybniček O., Ščevková J., Voloshchuk K. 2020. High *Ambrosia* pollen concentrations in Poland respecting the long distance transport (LDT). *Science of the Total Environment* 736: 139615.

- Taylor P.E., Flagan R.C., Miguel A.G., Valenta R., Glovsky M.M. 2004. Birch pollen rupture and the release of aerosols of respirable allergens. *Clinical and Experimental Allergy*, 34: 1591-1596.
- Tokarska-Guzik B., Bzdęga K., Koszela K., Żabińska I., Krzuś B., Sajan M., Sendek A. 2011. Allergenic invasive plant *Ambrosia artemisiifolia* L. in Poland: threat and selected aspects of biology. *Biodiversity: Research and Conservation*, 21: 39-48.
- Torres-Borrego J., Molina-Teran, A.B., Montes-Mendoza C. 2008. Prevalence and associated factors of allergic rhinitis and atopic dermatitis in children. *Allergologia et Immunopathologia* 36, 2: 90-100.
- Tutin T.G. 1972. *Artemisia* L. W: T.G. Tutin, V.H. Heywood, N.A. Burges and D. Valentine (Editors), *Flora Europaea IV*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Visez N., Chassard G., Azarkan N., Naas O., Senechal H., Poncet P., Choel M. 2015. Wind-induced mechanical rupture of birch pollen: Potential implications for allergen dispersal. *Journal of Aerosol Science*, 89, 77-84.
- Wopfner N., Gadermaier G., Egger C., Asero R., Ebner C., Jahn-Schmid B., Ferreira F. 2005. The spectrum of allergens in ragweed and mugwort pollen. *International Archives of Allergy and Immunology*, 138(4): 337-346.

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

Dotychczas uczestniczyłem w trzech stażach zagranicznych, tj. w Centre D'Ecologie Fonctionnelle & Evolutive (CNRS), Centre National de la Recherche Scientifique (CEFE) w Montpellier we Francji, National Pollen and Aerobiology Research Unit, University of Worcester (Wielka Brytania) oraz University of Novi Sad, Serbia, podczas których brałem udział w pracach badawczych oraz prowadziłem wykłady. Staże te pozwoliły mi wzbogacić warsztat badawczy i metodyczny, zwłaszcza pod kątem analizy statystycznej i modelowania czasoprzestrzennego. Zdobyłem umiejętności pracy w takich programach jak Phenology Modelling Platform czy środowisku R. W efekcie jestem autorem modułu BiogRaphs dla studentów Szkoły Doktorskiej UAM, który opiera się na wykorzystaniu języka programowania R. Współprowadzę również inne zajęcia oparte na środowisku R, np. Basic R programming for Scientists. Znajomość technik analiz statystycznych wpłynęła na znaczące

podniesienie wartości przygotowywanych prac. Ponadto, uczestniczyłem w kilku warsztatach i kursach doszkalających w ośrodkach zagranicznych, przede wszystkim dotyczących wykorzystania metod molekularnych w badaniach środowiskowych (Załącznik 4, punkt 7). Zdobyta wiedza i umiejętności przygotowały mnie do samodzielnej realizacji projektów badawczych, które, w znacznym stopniu, opierały się właśnie na włączeniu metod biologii molekularnej do badań aerobiologicznych. Międzynarodowa działalność naukowa zaowocowała zaproszeniem mnie do udziału w dwóch programach europejskich (COST ACTION ES0603-EUPOL oraz COST ACTION CA18226) oraz wyborem do zarządu dwóch najważniejszych stowarzyszeń aerobiologicznych (European Aerobiology Society i International Association for Aerobiology). Cały czas prowadzę badania w ścisłej współpracy z naukowcami z ośrodków zagranicznych, uczestniczę we wspólnych projektach badawczych, m. in. w otrzymanym projekcie OPUS-20 współpracować będę z National Public Health Center w Budapeszcie (Węgry). Wymiernym efektem współpracy międzynarodowej są liczne publikacje opracowane przede wszystkim z:

- University of Worcester, Wielka Brytania (M. Smith, C.A. Skjøth),
- University of Novi Sad, Serbia (B. Šikoparija, P. Radišć),
- Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA), Brussieu, Francja (M. Thibaudon),
- University of Vienna, Wiedeń, Austria (S. Jäger, U. Berger),
- University of Turku, Turku, Finlandia (A. Rantio-Lehtimäki),
- Finnish Meteorological Institute (FMI), Helsinki, Finlandia (M. Sofiev, M. Prank),
- University of Parma, Parma, Włochy (R. Albertini),
- University of Córdoba, Córdoba, Hiszpania (C. Galán, H. García-Mozo),
- Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Hiszpania (J. Belmonte),
- Technische Universität München, Monachium, Niemcy (J. Buters, H. Behrendt),
- National Public Health Center, Budapeszt, Węgry (D. Magyar),
- University of Évora, Évora, Portugalia (R. Brandao, C. Antunes),
- Šiauliai University, Šiauliai, Litwa (I. Šauliene),
- Uludag University, Bursa, Turcja (S. Celenk).

Poza wymienioną działalnością naukową, współpracuję również z licznymi ośrodkami krajowymi, czy to w ramach wspólnych projektów (Załącznik 4, punkt 5) czy sieci naukowo-

badawczych (m. in. Polskiej Sieci Aerobiologicznej) Wymiernym efektem tej współpracy są publikacje naukowe opracowane przede wszystkim z:

- Uniwersytet Rzeszowski (I. Kasprzyk, K. Borycka),
- Uniwersytet Jagielloński (D. Myszkowska, D. Stępalska),
- Uniwersytet Szczeciński (A. Grinn-Gofroń, M. Puc),
- Uniwersytet Wrocławski (M. Malkiewicz, M. Werner, M. Kryza),
- Uniwersytet Śląski (K. Chłopek, K. Dąbrowska-Zapart),
- Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie (E. Weryszko-Chmielewska, K. Piotrowska-Weryszko, A. Sulborska),
- Uniwersytet Medyczny w Poznaniu (M. Czarnecka-Operacz, D. Jenerowicz),
- Uniwersytet Medyczny w Łodzi (B. Majkowska-Wojciechowska).

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

A. Rozwój kadry naukowej i osiągnięcia dydaktyczne:

Obecnie jestem promotorem pomocniczym dwóch prac doktorskich:

- mgr Asad Siddiquee (tytuł rozprawy „*Impact of environmental factors on changes in the allergenic potential of airborne pollen grains*”).
- mgr Ngoc Pham (tytuł rozprawy „*The anti-health nature of urban green spaces: ornamental species as a source of pollen allergens and the cause of increased sensitization of city inhabitants*”).

Dotychczas byłem recenzentem dwóch, zagranicznych prac doktorskich:

- mgr Olgi Ritenbergi z University of Latvia, Łotwa (tytuł rozprawy “*Forecasting the geospatial and temporal patterns of pollen season in Europe using statistical and deterministic modelling*”), grudzień 2017.
- mgr Estefanii Gonzalez Fernandez z University de Vigo, Hiszpania (tytuł rozprawy “*Vitis vinifera yield optimization in the Ribeiro PDO*”), styczeń 2021.

Ponadto byłem promotorem dwóch prac magisterskich:

- Marika Stawińska, „Sezonowe wahania alergenności ziaren pyłku bylicy w powietrzu Poznania”, kierunek: Biologia, 2016
- Asad Siddiquee, “Impact of bioaerosols, in particular pollen grains and fungal spores, on the aerosol optical thickness”, kierunek: Environmental Protection, 2021

oraz pięciu prac licencjackich:

- Marika Stawińska, „Wykrywanie i ocena ilościowa głównego alergenu bylicy Art v 1 w powietrzu Poznania w roku 2013”, kierunek: Biologia, 2014
- Julia Gwiazdowska, „Zawartość głównego alergenu ziaren pyłku brzozy (*Bet v 1*) w populacjach brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth) zlokalizowanych w Poznaniu i okolicach” kierunek: Biologia, rok 2021
- Dawid Lewandowski, „Mikrobiota owoców i warzyw w wielkopowierzchniowych obiektach handlowych w Poznaniu”, kierunek: Ochrona środowiska, 2020
- Ewa Sękowska, „Ocena ilościowa stężenia głównego alergenu *Alternaria alternata* (Alt a 1) w powietrzu Poznania w roku 2014 w kontekście ochrony środowiska życia człowieka”, kierunek: Ochrona środowiska, 2015
- Marlena Peach, „Sezonowe zmiany stężenia ziaren pyłku cisa (*Taxus* sp.) w Poznaniu w latach 1996 – 2014 w kontekście ochrony środowiska życia człowieka”, kierunek: Ochrona środowiska, 2015

Obecnie pod moją opieką jest trzech studentów, w tym jeden z anglojęzycznego kierunku Environmental Protection.

Opracowałem kilka sylabusów i konspektów ćwiczeń (również po angielsku) dla nowych przedmiotów, tj. „Air Quality Monitoring”, „BioGraphs”, „Inhalant fungal and plant allergens”, „Aerobiologia i alergologia” i „Alergeny wytwarzane przez grzyby i rośliny”, które są obecnie realizowane na Wydziale Biologii UAM. W 2017 roku uzyskałem certyfikat tutora (Nr STA-Z/201/2017/9) przyznawany przez Collegium Wratislaviense w ramach eksperckiego szkolenia z tutoring.

Dotychczas na Wydziale Biologii UAM prowadziłem następujące przedmioty: „Basic R programming for scientists” (wykłady i ćwiczenia), „Etiologia i diagnostyka chorób cywilizacyjnych” (wykłady i ćwiczenia), „Wybrane aspekty zdrowia środowiskowego”

(ćwiczenia), „Botanika sądowa” (wykłady i ćwiczenia), „Metody stosowane w biologii sądowej” (wykłady i ćwiczenia), „Biohazards” (wykład i konwersatoria), „Systematyka i filogeneza roślin i grzybów” (ćwiczenia) oraz „Szata roślinna Wielkopolski” (zajęcia terenowe).

B. Osiągnięcia organizatorskie:

- kierownik Laboratorium Aerobiologii na Wydziale Biologii UAM (od 2021 roku),
- członek komitetu naukowo-organizacyjnego konferencji Scientific-Training Conference „*XIV Days of pollen allergy in Kraków*”, 18-19.V.2018, Kraków, Polska. Biodiversity Research and Conservation, Supplement 3, 2018,
- członek komitetu naukowo-organizacyjnego konferencji aerobiologicznej Scientific-Training Conference „*Pollen grains, fungal spores and their allergens: from molecular to geoinformatic analysis*”, 2-3.06.2017, Poznań. Biodiversity Research and Conservation, Supplement 2, 2017,
- członek komitetu naukowego konferencji „*Różne oblicza aerobiologii*”, 21-22 maj 2020, Rzeszów,
- współorganizator akcji społecznej „*Nie-boska ambrozja*” mającej na celu popularyzację wiedzy o silnie alergennej roślinie – ambrozji bylicolistnej, wśród mieszkańców Poznania, opracowanie mapy występowania ambrozji na terenie Poznania oraz przygotowanie raportu o zagrożeniu alergicznym, którego źródłem są ziarna pyłku wytwarzane przez tę roślinę (<http://anc.amu.edu.pl/ambrozja.php>),
- współorganizator wystawy grafik o tematyce przyrodniczej poznańskiego artysty Stanisława Mrowińskiego, która odbyła się w Bibliotece Wydziału Biologii UAM w 2018 roku (<https://uniwersyteckie.pl/kultura/przyjaciel-ludzi-roslin-i-zwierzat>).

C. Osiągnięcia popularyzujące naukę i sztukę:

Brałem aktywny udział w licznych festiwalach popularnonaukowych (np. Festiwalu Nauki i Sztuki, Nocy Biologów, „Fascynującym Świecie Roślin”, Festiwalu Jubileuszowego dla Miasta i Regionu „100lat razem!”) prowadząc warsztaty oraz wykłady dla dzieci

i młodzieży. Prowadziłem również wykłady w ramach Dni Akademickich na Wydziale Biologii (2017).

Od 2019 redaguję stronę internetową Laboratorium Aerobiologii (LA), na której przez cały sezon umieszczam cotygodniowe komunikaty o stężeniu ziaren pyłku i zarodników grzybów w powietrzu Poznania. W ciągu dwóch lat strona ta została odwiedzona ponad 1300 razy, co wskazuje na duże zainteresowanie tego typu komunikatami.

Ponadto w 2021 roku współredagowałem i byłem współautorem Poznańskiego Przewodnika Alergika (Grewling i Jackowiak, 2021, red.), w którym zawarliśmy informacje o istotnych gatunkach alergicznych występujących w Poznaniu, wraz z kalendarzem pyłkowym oraz mapami pokazującymi zagrożenie alergiczne ze strony określonych roślin. Opracowanie to zostało przekazane aptekom i gabinetom alergologicznym, aby wspomagać profilaktykę alergiczną w mieście. Dostęp do „Przewodnika” jest bezpłatny poprzez stronę internetową LA (<http://paero.home.amu.edu.pl/>). W 2015 roku wziąłem udział, jako ekspert, w audycji „Alergia-dżuma XXI wieku” (Radio Szczecin), a w 2018 roku uczestniczyłem w programie telewizyjnym „Witaj Wielkopolsko!” (TVP3 Poznań) dotyczącym alergii pyłkowej i roślin alergicznych. Przeprowadziłem dwa webinaria popularnonaukowe dotyczące roślin alergicznych skierowane do mieszkańców Poznania (19.05.2021 – „*Alergia pyłkowa w pigułce, czyli na co osoby uczulone powinny być szczególnie wyczulone*”, 18.09.2021 – „*Nie-boska ambrozja w Poznaniu: tworzymy mapę występowania najbardziej alergennej rośliny świata*”). Oba webinaria są stale dostępne na kanale You Tube. Udzieliłem również wywiadów traktujących o alergii pyłkowej dla portali internetowych (www.gloswielkopolski.pl w 2011 oraz www.poznan.wyborcza.pl w 2021) oraz czasopisma uniwersyteckiego „Życie Uniwersyteckie” (<https://uniwersyteckie.pl/nauka/dr-lukasz-grewling-sposob-na-ambrozje>). W 2021 r. zostałem również zaproszony do wygłoszenia wykładu o alergicznych roślinach w ogrodach przez Stowarzyszenie Ogrodowe Okręg Poznański Polskiego Związku Działkowców (<http://www.poznan.pzd.pl/content.php?body=article&name=article-2000&lang=pl>).

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

Przyznane nagrody i stypendia naukowe:

- Laureat konkursu 007 „Wsparcie najbardziej produktywnej naukowo młodej kadry badawczej” w ramach programu „Inicjatywa Doskonałości-Uczelnia Badawcza” (2020-2022) organizowanego przez Uniwersytet im. A. Mickiewicz w Poznaniu,
- Laureat konkursu 008 „Wsparcie publikowania w prestiżowych czasopismach naukowych” w ramach programu „Inicjatywa Doskonałości-Uczelnia Badawcza” organizowanego przez Uniwersytet im. A. Mickiewicz w Poznaniu,
- Nagroda zespołowa I stopnia przyznawana przez Rektora Uniwersytetu im. A. Mickiewicza (2020)
- Nagroda zespołowa III stopnia przyznawana przez Rektora Uniwersytetu im. A. Mickiewicza (2013, 2017)
- Nagroda I stopnia w konkursie Polskiego Towarzystwa Botanicznego „Nagroda Młodych Badaczy”, 2013
- Stypendium naukowe Rektora Uniwersytetu im. Adam Mickiewicza w Poznaniu dla nauczycieli akademickich w roku 2020,
- Stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla wybitnych młodych naukowców (2015-2017).
- Stypendium START Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej (2014-2015)
- Stypendium Naukowe Miasta Poznania dla młodych badaczy z poznańskiego ośrodka naukowego, 2013
- Stypendium wyjazdowe programu COST FA1203-SMARTER na wygłoszenie wykładu, Vianden, Luxemburg, 13 wrzesień 2016
- Stypendium wyjazdowe na konferencję - Phenology 2012 Conference. Milwaukee, Wisconsin (USA), 10-13 września 2012,
- Stypendium wyjazdowe w ramach programu Short-Term Scientific Missions (STSM). “Developing forecast models for allergenic pollen” - COST Action ES06703, Worcester (Wielka Brytania), styczeń 2010
- Stypendium program ERASMUS, Cordoba (Hiszpania), styczeń - marzec 2009
- Stypendia naukowe dla doktorantów otrzymywane w latach 2009-2010