



Wrocław, 25.03.2015.

AUTOREFERAT

Opis osiągnięcia naukowego i dorobku oraz osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania

dr Piotr Kosiba

Katedra Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowiska
Wydział Nauk Biologicznych
Uniwersytet Wrocławski

Wrocław, 2015

1. **Imię i Nazwisko:** Piotr Kosiba

2. **Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.**

- Dyplom technika urządzeń sanitarnych w zakresie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniem, Policealne Studium Zawodowe Zespołu Szkół Zawodowych Nr 1, Chorzów, 1975 r., „Unieszkodliwianie emitowanych zanieczyszczeń, budowa aparatury odpylającej na Wydziale Spiekalni Huty Cynku w Miasteczku Śląskim”
- Dyplom magistra biologii ze specjalnością biologii środowiskowej, Zakład Ekologii i Ochrony Przyrody, Wydział Nauk Przyrodniczych (nazwa obecna Katedra Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowiska, Wydział Nauk Biologicznych), Uniwersytet Wrocławski, 1980 r., „Konkurencja międzygatunkowa mchów *Catharinea undulata* (L.) Web. et Mohr i *Mnium affine* Bland”
- Dyplom doktora nauk przyrodniczych, Zakład Ekologii i Ochrony Przyrody, Wydział Nauk Przyrodniczych (nazwa obecna Katedra Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowiska, Wydział Nauk Biologicznych), Uniwersytet Wrocławski, 1988 r., „Ekologia populacji *Utricularia vulgaris* L.” (Promotor: Prof. zw. dr hab. Jan Sarosiek; Recenzenci: Prof. zw. dr hab. Adam Pałczyński, Prof. zw. dr hab. Adam Solski)

załącznik CD:\1_Piotr Kosiba_KOPIA DYPLOMU STOPNIA DOKTORA.pdf

3. **Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych:**

1981-1988 r. - asystent w Zakładzie Ekologii i Ochrony Przyrody, Wydział Nauk Przyrodniczych (nazwa obecna Katedra Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowiska, Wydział Nauk Biologicznych), Uniwersytet Wrocławski

1988-2011 r. - adiunkt w Zakładzie Ekologii i Ochrony Przyrody, Wydział Nauk Przyrodniczych (nazwa obecna Katedra Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowiska, Wydział Nauk Biologicznych), Uniwersytet Wrocławski

od roku 2011 - obecnie - starszy wykładowca w Katedrze Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowiska, Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Wrocławski

4. **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. nr 65, poz. 595, ze zm.):**

a) **autor/autorzy, rok wydania, tytuł/tytuły publikacji, nazwa wydawnictwa**

Publikacja wchodząca w skład osiągnięcia naukowego – praca monograficzna:

Kosiba Piotr, 2010. Modele ekologiczne reakcji wybranych gatunków mchów endohydrycznych na oddziaływanie zanieczyszczeń przemysłowych. Badania bioindykacyjne i populacyjne. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław, ss.121 (with English summary).

b) **omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.**

Poznanie struktury, funkcji i dynamiki populacji różnych gatunków roślin z terenów zanieczyszczonych, wymaga studiów zarówno pod kątem badania zjawisk i procesów ekologicznych, przede wszystkim długoterminowych. Punktem wyjścia rozpoznania złożoności układów przyrodniczych jest badanie właściwości najprostszyc powiązań między gatunkiem a siedliskiem oraz określenie wpływu czynników ograniczających.

Opublikowana monografia pt. "Modele ekologiczne reakcji wybranych gatunków mchów endohydrycznych na oddziaływanie zanieczyszczeń przemysłowych. Badania bioindykacyjne i populacyjne" jest kompleksowym opracowaniem o charakterze interdyscyplinarnym prezentujące wyniki własnych 12.

letnich badań. Dotyczą monitoringu biologicznego środowiska, dyscypliny ekologii dynamicznie się rozwijającej. Uwaga skupia się na ocenie jakości powietrza i oddziaływaniu zanieczyszczeń przemysłu hutniczego przemysłu miedziowego i wydobywczego Legnicko-Głogowskiego Okręgu Przemysłowego (LGOM) oraz energetycznego i węgla brunatnego Zagłębia Turosszowskiego (ZT) na populacje dziko rosnących mchów endohydrycznych: *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Plagiomnium affine* (Blandow ex Funk) T.J. Kop. i *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb.

W pracy tej wykorzystano deterministyczne i stochastyczne metody opisu oraz wnioskowania statystycznego opisujące współzależności i dynamikę zjawisk i procesów ekologicznych. Pomocnym i właściwym narzędziem w rozwiązywaniu zależności panujących w takich układach stają się metody numeryczne, między innymi: chemometryczne, morfometryczne oraz zróżnicowane techniki ilościowe i obrazowania/wizualizacji. Opisywanie układów ekologicznych za ich pomocą może być wykorzystane do dwu różnych celów, poznawczego i praktycznego, co skutkuje przygotowaniem tzw. biologicznych modeli służących nie tylko do opisu, lecz także do przewidywania sytuacji w środowisku. Konstrukcja modeli, w tym przypadku ekologicznych, jest użytecznym narzędziem w interpretacji wyników, rozstrzyganiu wątpliwości, wnioskowaniu i wyjaśnianiu problemów w przyrodzie. Stanowią podstawę w rozpoznawaniu praw oraz uogólnienia złożoności i kompleksowości otaczającej nas rzeczywistości. Dzisiaj poszukujemy nie tylko nowych bio wskaźników, ale też metod i rozwiązań dających większe możliwości weryfikacji wyników. Brakuje ogólnej koncepcji opisującej ilościową stronę reakcji mchów na oddziaływanie zanieczyszczeń. Uzyskane wyniki skłaniają do podjęcia próby rozwiązania problemów z pozycji dotychczas w tej dziedzinie niestosowanej, a wybór ich do badań w świetle znanej literatury wydaje się w pełni uzasadnione. Istotna jest także ekologiczna problematyka reakcji i zależności wewnątrzpopulacyjnych mchów uwarunkowanych depozycją zanieczyszczeń. Poszczególne rozdziały tej pracy przedstawiają wyniki koncepcyjnego układu „mech–depozycja zanieczyszczeń” wyrażone modelami ekologicznymi. Dotyczą badania reakcji mchów pod względem cech osobniczych i populacyjnych na zanieczyszczenia przemysłowe opisane modelem: równowagi kationowej (R_K), zagęszczenia optymalnego („ $Z=1$ ”) i prawa samoprzerzedzania („ $-3/2$ ”). Podjęto próbę interpretacji tych reakcji mchów zarówno jako zjawisko, jak i proces ekologiczny. Populacje mchów znajdujące się pod wpływem depozycji zanieczyszczeń wymagają ciągłej oceny tych zależności, poznania prawidłowości i skutków oraz zbadania stałości w czasie. Dotychczas nie prowadzono badań wieloletnich uwzględniających takie możliwości wskaźnikowe endohydrycznych mchów, ekologicznego modelowania reakcji zależnościowych na zanieczyszczenia oraz oceny przydatności modeli ekologicznych do przewidywania zmian w środowisku. Opracowanie to wypełnia istniejącą lukę w tego typu badaniach i sprawdza możliwość zastosowania koncepcji modeli ekologicznych opracowanych dla roślin wyższych. Wyniki badań, poza naukowym, a więc poznawczym walorem, mogą mieć znaczenie praktyczne w szeroko pojętym monitorowaniu środowiska. Mogą posłużyć do oceny aktualnego stanu populacji badanych gatunków mchów oraz dynamiki procesów ekologicznych. Przyjęty sposób przedstawienia poszczególnych zagadnień, wyników badań postawionych w tej pracy celów powiązany jest z prezentacją zróżnicowanych technik numerycznych i obrazowania (modeli w szerokim tego słowa znaczeniu), które odgrywają ważną rolę w ekologii. Techniki te umożliwiają precyzyjne analizowanie wyników przeprowadzanych badań i pozwalają wyjaśnić procesy odbywające się w rzeczywistym świecie. Celem podjętych badań było określenie reakcji osobniczych i populacyjnych badanych gatunków mchów na zanieczyszczenia przemysłowe w czasie oraz opracowanie modeli ekologicznych tych reakcji w formie ilościowych wskaźników zanieczyszczenia środowiska i próby uogólnienia twierdzeń.

Pierwszy etap badań związany był z oceną obszarów testowych (powierzchni) populacji mchów objęte zanieczyszczeniami przemysłowymi z punktowych źródeł emisji LGOM i ZT, docierającymi bezpośrednio do roślin. Wykazałem, że powierzchnie istotnie były zróżnicowane pod względem całkowitego opadu pyłu, których obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń było niższe w większej odległości od emitorów. Wykazałem, że populacje *P. affine* na tych powierzchniach charakteryzują się istotną różnicą pod względem stężenia Be, Cd, Cr, Cu, Ge, Mn, Ni, Pb i Zn. Określiłem w oparciu o badania terenowe i analizę chemiczną, klasyczne metody statystyczno-matematyczne, wielowymiarowe techniki eksploracyjne i interpolację oraz modelowania za pomocą mapy samoorganizującego odwzorowania cech (SOFM) powierzchnie, które nie podlegają bezpośrednio oddziaływaniu zanieczyszczeń (powierzchnia 1) i o najwyższej depozycji zanieczyszczeń, jednakże zróżnicowanych pod względem typu przemysłu (powierzchni 5 LGOM i 9 ZT). Udowodniłem przydatność wielowymiarowych technik eksploracyjnych i modelowania za pomocą SOFM do badań bioindykacyjnych w warunkach regionalnych. Zaletą SOFM jest możliwość użycia jako modelu prognostycznego w dalszych badaniach. Wykazałem, że zmniejszanie się wielkości opadu całkowitego w czasie na powierzchniach wskazuje na redukcję ogólnej ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery.

Zasadniczy etap badań miał na celu: a) określenie składu chemicznego badanych gatunków mchów w gradiencie zanieczyszczeń i ich zdolności akumulacyjnych i b) wykazanie reakcji mchów na oddziaływanie zanieczyszczeń przemysłowych.

Ad. a) wykazano, że mchy na powierzchni 1 w całym okresie badań charakteryzowały się od dwu- do kilkakrotnie istotnie niższym stężeniem N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe i S w stosunku do tych samych gatunków mchów występujących na powierzchniach 5 i 9. Mniejsza jest różnica średniego stężenia tych pierwiastków między mchami na powierzchniach 5 i 9. Udowodniono, że wyższe stężenia pierwiastków w mchach na powierzchniach 5 i 9, które różni typ emisji przemysłowej są wynikiem wyższej i różnej jakościowo depozycji zanieczyszczeń w rejonach LGOM i ZT. Ustalono, że mchy na powierzchni 5 charakteryzowało wyższe stężenie P i Fe w *A. undulatum*; N, Mg i S w *P. nutans*; Ca w *P. affine*; K i Na w *C. purpureus* w porównaniu do mchów na powierzchni 9. Mchy na powierzchni 9 charakteryzowało wyższe stężenie F w *A. undulatum*; N w *P. nutans*; Ca w *P. affine*; K i Mg w *C. purpureus*. Wykazano, że stężenia N i S w mchach na powierzchniach 5 i 9 były znacznie wyższe w porównaniu do stężenia w mchach na powierzchni 1, natomiast mchy na powierzchni 9 miały wyższe stężenia N i S w porównaniu do mchów na powierzchni 5. Udowodniono, że decydującym czynnikiem są tutaj zanieczyszczenia gazowe emitora przemysłu węglowo-energetycznego ZT, także niemieckich i czeskich przygranicznych podobnych źródeł zanieczyszczeń, które są dodatnio skorelowane ze stężeniem tych pierwiastków w opadzie całkowitym. Wykazano, że istotne są różnice stężenia Al, B, Be, Cd, Cr, Cu, Ge, Mn, Ni, Pb i Zn w mchach między powierzchniami 1, 5 i 9. Średnie stężenia pierwiastków śladowych w mchach, dla całego okresu badań, są kilkakrotnie niższe na powierzchni 1 w stosunku do stężenia tych pierwiastków w mchach na powierzchniach 5 i 9. Różnice średnich wartości stężenia pierwiastków śladowych są mniejsze między mchami na powierzchniach 5 i 9. Istotnie różne stężenia badanych pierwiastków śladowych w mchach wskazują na większe oddziaływanie zanieczyszczeń z emitorów LGOM i ZT, odpowiednio na powierzchnię 5 i 9. Wyższymi stężeniami Al, B, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb i Zn charakteryzowały się mchy na powierzchni 5, natomiast na powierzchni 9 wyższymi stężeniami Be i Ge. Stwierdzono, że stężenia większości metali w badanych mchach zmniejszyły się w czasie jednakże były wyższe w mchach na powierzchniach 5 i 9 w porównaniu do znacząco niższych na powierzchni 1. Dowodzą tego statystycznie istotne ujemne zależności stężenia metali w mchu

jako funkcja czasu. Udowodniono, że na zróżnicowane stężenie analizowanych pierwiastków w badanych mchach, zarówno w danym roku, jak i w czasie wpłynęła różna ilość zanieczyszczeń wprowadzonych do atmosfery na obszar testowy, wielkości ładunków i stężenie zanieczyszczeń w opadzie całkowitym, obniżenie wielkości emisji zanieczyszczeń z emitorów LGOM i ZT, nie bez znaczenia są tutaj niemiecki i czeskie zanieczyszczenia transgraniczne.

Podsumowując, udowodniono, za pomocą badanych gatunków mchów, że „markerowymi” składnikami zanieczyszczeń emitowanych przez przemysł miedziowy LGOM w największym stopniu są: Al, B, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb i Zn, a przez przemysł energetyczny i węgla brunatnego ZT znaczącymi są: N, S oraz Be, Ge, Fe i Mg. Pierwiastki te można wykorzystać jako chemiczne wskaźniki typu emisji przemysłowej.

Ad. b) wykazano skutki biologiczne i określono dynamikę reakcji mchów występujących w warunkach długotrwałego oddziaływania czynników stresowych, tj. pod wpływem zanieczyszczeń zróżnicowanych typem przemysłu.

Wykazano, że wpływ zanieczyszczeń wywołuje reakcje mchów przejawiające się swoistą zmianą wartości mierzonych cech osobniczych (długość gametofitu i biomasę osobnika) i populacyjnych (zagęszczenie osobników i biomasę populacji). Stwierdzono, że populacje mchów pod względem badanych cech statystycznie istotnie różnią się w obrębie gatunku między powierzchniami 1, 5 i 9. Na powierzchni 5 i 9 wszystkie badane cechy populacji *P. nutans* charakteryzowały się wyższymi wartościami, populacje *C. purpureus* wyższe zagęszczenie i biomasa populacji, a cechy charakteryzowały się niską zmiennością. Na powierzchni 1 badane cechy populacji *A. undulatum* i *P. affine* osiągają wyższe wartości, z wyjątkiem długości gametofitu dla *A. undulatum* i biomasy osobnika dla *P. affine*, a zmienność cech była niższa na tej powierzchni w porównaniu do populacji na powierzchni 5 i 9. W danym roku i w kolejnych latach badań, wykazano zróżnicowane przystosowanie mchów do zmiennych warunków środowiskowych i różną ich odporność na zanieczyszczenia, a mianowicie *C. purpureus* i *P. nutans* na powierzchniach 5 i 9 charakteryzują się stałością badanych cech, przeciwnie *A. undulatum* i *P. affine* wykazują znacznie większą zmienność. Udowodniono, że niska zmienność świadczy o większej odporności *C. purpureus* i *P. nutans* na oddziaływanie zanieczyszczeń w stosunku do mniejszej odporności *A. undulatum* i *P. affine*. Wykazano, że w kolejnych latach na powierzchniach 5 i 9 zwiększa się stałość cech mchów mniej odpornych na zanieczyszczenia. Udowodniono, że przyczyną takiej zmiany jest redukcja ogólnej ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery, obniżenie wielkości emisji zanieczyszczeń z emitorów LGOM i ZT, opadu całkowitego, wielkości ładunków i stężenia zanieczyszczeń w opadzie całkowitym. Na powierzchni 1 zmienność badanych cech mchów w tym samym okresie badań utrzymuje się na podobnym niskim poziomie, co jest, jak wykazano, wyrazem braku znaczącego wpływu zanieczyszczeń na mchy w badanych latach. Rozważano także strukturę gametofitu i listków badanych mchów. Wykazano, że zróżnicowana struktury gametofitu i listków badanych gatunków mchów wpływa na ich różną odporność oraz adaptację do środowiska zanieczyszczonego. Analizując i porównując tę strukturę z wynikami badań bioindykacyjnych i populacyjnych, wskazano, że *P. affine* odróżnia się od tym względem od *A. undulatum*, *P. nutans* i *C. purpureus*. Wykazano, że mniej „złożona organizacja” struktury odpowiada mniejszej odporności *P. affine* na oddziaływanie zanieczyszczeń. W przypadku *C. purpureus* i *P. nutans* struktura wykazuje bardziej „złożoną organizację” i dowodzi większej odporności na zanieczyszczenia. Udowodniono, że odporność badanych gatunków mchów na oddziaływanie zanieczyszczeń w rejonie LGOM i ZT maleje zgodnie z szeregiem: *C. purpureus* > *P. nutans* > *A. undulatum* > *P. affine*.

Wykazano, że wartości modelu " R_K ", tj. suma ważonych pierwiastków kwadratowych względnych koncentracji kationów zawartych w mchach nie różnią się istotnie na powierzchni 1 względem stałej referencyjnej 12,515. Natomiast statystycznie istotnym zróżnicowaniem " R_K " charakteryzowały się mchy na powierzchni 5 i 9, których " R_K " były znacząco niższe względem wartości referencyjnej. Mchy na powierzchni 5 i 9 charakteryzują się zaburzoną " R_K ". Wskazuje to na większe oddziaływanie zanieczyszczeń przemysłowych na mchy na powierzchni 5 i 9, jakiego nie stwierdzono na powierzchni 1. Wykazano, że w kolejnych latach badań " R_K " dla mchów na powierzchni 5 i 9 sukcesywnie rosła w kierunku wartości referencyjnej. Świadczy to o zmniejszającym się stopniu zanieczyszczenia środowiska. Wskazano, że ważnym czynnikiem jest tutaj odczyn opadu całkowitego, którego wartość wzrastała w czasie w kierunku odczynu obojętnego. Przyczyną takiej zmiany odczynu był wzrost stężenia jonów zasadowych (Na, K, Ca, Mg) w opadzie. W wypadku bardziej kwaśnego odczynu opadu całkowitego rozpuszczalność na przykład metali ciężkich rośnie, tym samym lepsze jest ich wnikanie do rośliny, a stężenia są większe. Natomiast wzrost odczynu opadu całkowitego w kierunku obojętnego ogranicza rozpuszczalność tych jonów, tym samym zmniejsza ich wnikanie do mchów. Wobec czego przyjąć należy, że zmieniają się w czasie także stosunki ilościowe jonów w mchach, a efektem tego są mniejsze różnice " R_K " względem wartości referencyjnej.

Wykazano, że parametry modelu „ $Z=1$ ”, tj. obliczone wartości $Z=1$ i B_{maks} . istotnie są zróżnicowane między populacjami tego samego gatunku mchu na powierzchni 1 względem populacji na powierzchniach 5 i 9. Udowodniono, że większymi wartościami parametrów charakteryzuje się *C. purpureus* i *P. nutans* na powierzchniach 5 i 9 w stosunku do *A. undulatum* i *P. affine* w takich samych środowiskach. Podobne zmiany i różnice wartości parametrów zaobserwowano w kolejnych latach badań. Wartości parametrów *A. undulatum* i *P. affine* na powierzchniach 5 i 9 wykazują trend wzrostu, natomiast dla *C. purpureus* i *P. nutans* na tych powierzchniach kształtują się na podobnym poziomie. Wskazuje to na większą odporność *C. purpureus* i *P. nutans* na oddziaływanie zanieczyszczeń w stosunku do *A. undulatum* i *P. affine*. Natomiast wzrost wartości parametrów *A. undulatum* i *P. affine* w kolejnych latach, a więc gatunków o mniejszej odporności na zanieczyszczenia, jest odpowiedzią populacji na polepszające się warunki środowiskowe.

Wykazano, że parametr modelu „ $-3/2$ ”, tj. obliczone wartości współczynników β istotnie są zróżnicowane między populacjami mchów na powierzchni 5 i 9 względem współczynnika -1,5 prawa „ $-3/2$ ”. Na powierzchni 1 nie stwierdzono istotnego zróżnicowania. Największy wpływ zagęszczenia i najwyższe tempo zmian biomasy osobnika ma miejsce na powierzchni 5 i 9 w porównaniu do najniższego na powierzchni 1. Wyniki modelu dla populacji mchów na powierzchni 1 wykazały zgodność z prawem „ $-3/2$ ”, natomiast na powierzchniach 5 i 9 stwierdzono odstępstwo względem tego prawa. W badanej zależności wyraźnie zaznaczyło się większe tempo zmiany biomasy osobnika *P. nutans* i *C. purpureus* od zagęszczenia osobników na powierzchni 5 i 9 w porównaniu do powierzchni 1. Mniejszej biomasy osobników tych gatunków mchów towarzyszy większe zagęszczenie. Wykazano, że ubytek biomasy jest rekompensowany większym zagęszczeniem osobników w populacji w stosunku do mniejszego tempa zmian biomasy osobników *A. undulatum* i *P. affine* na tych samych powierzchniach badawczych. Wskazuje to na większą odporność *C. purpureus* i *P. nutans* na oddziaływanie zanieczyszczeń, ponadto na większe możliwości adaptacyjne do takich siedlisk w porównaniu do mniej odpornych *A. undulatum* i *P. affine* oraz mniejsze możliwości przystosowawcze do takich warunków siedliskowych. Udowodniono, że takie zróżnicowane reakcje mchów wskazują na oddziaływanie zanieczyszczenia, które staje się czynnikiem modyfikującym

przebieg tej zależności. Ustalono, że parametr β w kolejnych latach na powierzchni 5 i 9 wykazuje tendencję do zmniejszania wartości.

Podsumowując, udowodniono na podstawie wyników z modeli ekologicznych „R_K”, „Z=1” i „-3/2”, że dynamika reakcji wewnątrzpopulacyjnych mchów na powierzchniach zanieczyszczonych emisją przemysłową (5 i 9) jest uwarunkowana redukcją ogólnej ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery, obniżeniem wielkości emisji zanieczyszczeń z emitorów LGOM i ZT i opadu całkowitego oraz wielkości ładunków i stężenia zanieczyszczeń w opadzie całkowitym. Wykazano i określono, że reakcje mchów pod wpływem zmniejszającego i zmieniającego się ilościowo i jakościowo zanieczyszczenia podlegają normalizacji w czasie. Na powierzchni nie objętej bezpośrednio zanieczyszczeniem (1) reakcje populacji mchów charakteryzowały się stabilnością. Oprócz poznawczych walorów tych badań, wykazano zaletę i przydatność aplikacyjną tych funkcyjnych modeli ekologicznych do oceny stopnia zanieczyszczenia środowiska, obliczania i modelowania produkcji biomasy różnych populacji roślin, między innymi do określania zdolności produkcyjnej, także jako wskaźniki ilościowe szacujące kierunek antropogenizacji środowiska poprzez wyznaczanie i prognozowanie dynamiki liczebności nie tylko mchów w zbiorowiskach. Jednakże jako modele prognostyczne w monitoringu środowiskowym wymagają dalszych szczegółowych badań związanych z kierunkowym gradientem zanieczyszczeń w przestrzeni przyrodniczej.

Wnioski:

1. Emisje przemysłowe Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego i Zagłębia Turoszowskiego istotnie różnicują powierzchnie badawcze pod względem:

1.1. wielkości opadu całkowitego, która na żadnej powierzchni nie przekraczała wartości dopuszczalnej dla terenów chronionych. Poza powierzchnią referencyjną, na wszystkich powierzchniach badawczych od trzech do czterech razy została przekroczona wartość dopuszczalnej normy dla terenów specjalnie chronionych;

1.2. istotnego zmniejszenia wielkości opadu całkowitego w latach 1991÷2002 na powierzchniach 5 i 9 w rejonie LGOM i ZT o 13 i 21%. Na powierzchni referencyjnej wielkość opadu całkowitego wykazała tendencję malejącą i nie była istotnie zróżnicowana. Znalazło to odzwierciedlenie w istotnie niższym stężeniu oznaczanych pierwiastków we wszystkich badanych gatunkach mchów w roku 2002 w porównaniu z rokiem 1991, kiedy rozpoczęto badania;

1.3. stężeń badanych makroelementów i pierwiastków śladowych w mchach na powierzchniach 5 i 9 w rejonach LGOM i ZT, istotnie wyższych od stężeń tych pierwiastków w mchach na powierzchni referencyjnej.

Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania stężenia badanych pierwiastków między różnymi gatunkami mchów na tej samej powierzchni badawczej. Przeciętnie stężenia pierwiastków na powierzchniach badawczych są wyższe w *Ceratodon purpureus* i *Pohlia nutans* niż *Atrichum undulatum* i *Plagiomnium affine*.

2. Istotnie statystycznie zróżnicowane stężenia pierwiastków w mchach na powierzchniach 5 i 9 są skorelowane ze stopniem zanieczyszczenia oraz typem przemysłu LGOM i ZT:

– wykazano, że „markerowymi” składnikami zanieczyszczeń emitowanych przez przemysł miedziowy w największym stopniu są: Al, B, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb i Zn, a przez przemysł energetyczny: N, S oraz Be, Ge, Fe i Mg. Pierwiastki te można wykorzystać jako chemiczne wskaźniki typu emisji przemysłowej.

3. Wszystkie badane gatunki mchów w rejonach LGOM i ZT w latach 1991÷2002 charakteryzują się najwyższym stężeniem tych samych pierwiastków:

a) makroelementów: fosforu w *Atrichum undulatum*, azotu w *Pohlia nutans*, wapnia w *Plagiomnium affine*, potasu i magnezu w *Ceratodon purpureus*;

b) pierwiastków śladowych: germanu w *Pohlia nutans* i cynku w *Ceratodon purpureus*.

4. Oddziaływanie zanieczyszczeń przemysłowych LGOM i ZT wpływa na zróżnicowane kształtowanie się cech osobniczych i populacyjnych wszystkich badanych populacji mchów w porównaniu do populacji mchów na powierzchni referencyjnej. Wykazano skutki biologiczne dla badanych gatunków mchów, kiedy różnice stężenia składników zanieczyszczeń nie są statystycznie istotne:

4.1. na powierzchniach 5 i 9 w rejonach LGOM i ZT *Plagiomnium affine* i *Atrichum undulatum* cechuje najwyższa i zbliżona do najwyższej zmienność pod względem długości gametofitu, zagęszczenia osobników, biomasy populacji i osobnika, natomiast *Pohlia nutans* i *Ceratodon purpureus* na obu powierzchniach charakteryzuje najniższa i zbliżona do najniższej zmienność badanych cech;

4.2. na powierzchni referencyjnej *Atrichum undulatum* i *Plagiomnium affine* charakteryzuje najwyższe zagęszczenie, biomasa populacji i osobnika, a *Plagiomnium affine* także najdłuższy gametofit przy najniższej biomasy osobnika. *Pohlia nutans* na powierzchniach 5 i 9 charakteryzuje się najwyższymi wartościami wszystkich badanych cech, natomiast *Ceratodon purpureus* najwyższym zagęszczeniem osobników i biomasa populacji;

4.3. obliczone wartości równowagi kationowej dla wszystkich badanych gatunków mchów na powierzchni referencyjnej nie różnią się istotnie od wartości stałej 12,515. Na powierzchniach 5 i 9 w rejonach LGOM i ZT są istotnie niższe. Parametr modelu "R_K" może być wykorzystany do wyrażenia ilościowego stosunku kationów w mchach;

4.4. populacje *Atrichum undulatum* i *Plagiomnium affine* na powierzchni referencyjnej charakteryzują się wyższym zagęszczeniem optymalnym i wyższą maksymalną biomasą populacji. Populacje *Pohlia nutans* i *Ceratodon purpureus* na powierzchniach 5 i 9 w rejonach LGOM i ZT wykazują wyższe zagęszczenie optymalne i wyższą maksymalną biomasę populacji w porównaniu do populacji tych gatunków mchów na powierzchni referencyjnej;

4.5. wszystkie populacje gatunków mchów wykazują zgodność z modelem „-3/2” na powierzchni referencyjnej. Na powierzchniach 5 i 9 w rejonach LGOM i ZT różnią się istotnie wartościami obliczonych współczynników β względem hipotetycznego -1,5. Niższymi wartościami β i niższym tempem zmiany biomasy osobnika w zależności od zagęszczenia charakteryzują się *Atrichum undulatum* i *Plagiomnium affine* na powierzchniach 5 i 9. *Pohlia nutans* i *Ceratodon purpureus* w tych samych środowiskach osiągają wyższą wartość β i wyższe tempo przyrostu biomasy osobnika od zagęszczenia.

5. Zróżnicowane stężenia pierwiastków między wszystkimi badanymi gatunkami mchów na powierzchniach w rejonach LGOM i ZT wskazują na związek z odmienną strukturą gametofitu i listków oraz cechami morfologicznymi mchów.

6. Obniżenie stopnia zanieczyszczenia środowiska w rejonie LGOM i ZT w latach 1991÷2002 znajduje odzwierciedlenie w dynamice reakcji osobniczych i populacyjnych badanych mchów, wyrażonych modelami "R_K", „Z=1” i „-3/2”.

7. Modele ekologiczne "R_K", „Z=1” i „-3/2” reakcji wszystkich badanych gatunków mchów na oddziaływanie zanieczyszczeń przemysłowych wskazują na możliwość wykorzystania ich jako ilościowych wskaźników zanieczyszczenia środowiska.

8. Zastosowanie metod numerycznych i obrazowania stwarza możliwość wykorzystania danych liczbowych z monitoringu do celów naukowych: śledzenia dynamiki populacji i szacunkowego przewidywania zmian w warunkach długotrwałego oddziaływania czynników stresowych, zarówno w skali regionalnej, jak i wielkoobszarowej.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych:

Informacja: wyjaśnienia, numeracja punktów, części i pozycji publikacji zamieszczone są w dokumentacji na CD

Tematyka badań, którą się zajmuję i dorobek naukowy stanowią w głównej mierze prace z zakresu ekologii roślin. Obejmuje zagadnienia autekologii i synekologii oraz ekologii stosowanej: ekologii ilościowej i dynamicznej, ekologii matematycznej, bioindykacji, ekotoksykologii, sozologii i ochrony gatunkowej roślin.

Zakres moich badań wymaga dla analizy i oceny zjawisk i procesów ekologicznych użycia szerokiego wachlarza metod analitycznych i ilościowych, metod statystyczno-matematycznych, w tym wielowymiarowych technik eksploracyjnych i „data mining”, obrazowania i wizualizacji i modelowania matematycznego (deterministycznego i stochastycznego). Pociąga to za sobą znajomość zróżnicowanych technik i metod *in silico* oraz użycie specjalistycznego oprogramowania komputerowego. Uzyskane wyniki publikowane w faktorowanych czasopismach zagranicznych i krajowych oprócz waloru poznawczego mają znaczenie praktyczne na rzecz nauki ekologii i ochrony środowiska przyrodniczego.

Badania naukowe rozpocząłem po III roku studiów i dotyczyły konkurencji mchów. Wyniki tych badań były podstawą do napisania pracy magisterskiej. Jako asystent kontynuowałem te badania opracowując model przebiegu interakcji mchów na stałych powierzchniach próbnych w stenotopowych warunkach w Ogrodzie Botanicznym we Wrocławiu. Przedmiotem badań były *Catharinea undulata*, *Mnium affine* i *Brachythecium velutinum*. Wyniki opracowanego modelu ekologicznego interakcji międzygatunkowej w oparciu o matematyczny model konkurencji Lotki-Volterra i analiza statystyczno-matematyczna wskazały na punkt „równowagi niestabilnej” tej konkurencji i wyeliminowanie *M. affine* z powierzchni konkurencyjnej. Udowodniono, że konkurencja między badanymi mchami wyraża się ograniczającym wpływem *C. undulata* na liczebność *M. affine* przy jednoczesnym braku wpływu na wzrost własnej populacji (punkt 5 część A poz. A_1).

W tym czasie podjąłem badania nad ekologią storczyków oraz makrohydrofitów. Obejmowały ocenę warunków siedliskowych, wrażliwość roślin i ich zanikanie pod wpływem zanieczyszczeń chemicznych środowiska oraz badania z zakresu ekotoksykologii i ochrony gatunkowej roślin. Wyniki badań populacji *Listera ovata*, *Dactylorhiza fuchsi* i *D. majalis* z terenu Karkonoszy określiły konstytucję ekologiczną gatunku i ekologiczną organizację populacji, zmienność w zróżnicowanych warunkach edaficznych dotąd w niewielkim stopniu poznaną. Wykazano, że problematyka badawcza ekologii storczyków jako zanikających roślin i objętych ochroną gatunkową jest istotnym elementem w utrzymywaniu zagrożonych roślin w środowisku przyrodniczym. Udowodniono, że poznanie uwarunkowań siedliskowych i zmienności cech osobniczych i populacyjnych w ekologicznej waloryzacji naturalnych populacji roślin jest podstawą badań na rzecz czynnej ochrony roślin. Wyniki badań dostarczyły przydatnych informacji o wymaganiach glebowych gatunków oraz ich reakcji na warunki siedliskowe i wytycznych do opracowania strategii zarządzania populacjami rzadkich i pod ochroną roślin (punkt 5 część E poz. E_22; F poz. F_24, F_26; G poz. G_31). Wykazano, że w wyniku postępującej industrializacji i urbanizacji Dolnego Śląska w ciągu kilkudziesięciu lat zanikają w szybkim tempie stanowiska chronionych, zagrożonych i rzadkich roślin wodnych. Znacznie

zmniejszeniu także uległy stanowiska roślin pospolicie dotychczas występujących. Wykazano ich stan oraz ekologiczną rolę tych roślin w oczyszczaniu wód, wskazując na możliwość ich wykorzystania jako naturalnych filtrów wód akwenu dla terenów miejskich i uprzemysłowionych (punkt 5 część B poz. B_17, B_18, B_19, B_20; F poz. F_23; J poz. J_39, J_40).

Istotnym osiągnięciem stanowi cykl prac z zakresu ekologii roślin mięsożernych: *Utricularia vulgaris*, *U. australis*, *U. ochroleuca*, *U. intermedia* i *U. minor*. Opracowałem z użyciem sztucznych sieci neuronowych (SOFM), model matematyczny wymagań siedliskowych tych roślin. Wykazano, że gatunki *Utricularia* różnią się wymaganiami siedliskowymi. Tworzą oddzielne typy ekologiczne charakterystyczne dla wód o zróżnicowanym stopniu troficzności: od eutroficznych dla *U. vulgaris* o najniższej zawartości NO_2^- , NH_4^+ , SO_4^{-2} , substancji organicznej i najbardziej zasadowym pH oraz o najwyższej zmienności badanych właściwości przez eutroficzne przesunięte w kierunku dystroficznym dla *U. ochroleuca* i *U. australis* do dystroficznych dla *U. minor* i *U. intermedia* o najwyższej zawartości NO_2^- , SO_4^{-2} , substancji organicznej i najbardziej kwaśnym pH oraz o najniższej zmienności badanych właściwości. Wykazano, że największą tolerancją ekologiczną względem chemizmu wody charakteryzuje się *U. vulgaris*, najmniejszą *U. intermedia* (punkt 5 część A poz. A_2, A_3, A_6, A_7; B poz. B_17; G poz. G_29, G_30).

Wykonując doświadczenia hodowlane opracowałem warunki uprawy *Utricularia minor* i *U. intermedia* w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Wrocławskiego (punkt 5 część I poz. I_36, I_37). Problematyka związana z ich hodowlą wymagała poznania wymagań siedliskowych i konstytucji ekologicznej gatunków. Wykazałem, że poznanie wymagań siedliskowych jest niezbędne w prowadzeniu uprawy zachowawczej tych roślin. Na podstawie opublikowanych wyników badań udowodniłem, że różne stosunki biotyczne tych gatunków, różnice w chemizmie wody, podłoża i w składzie chemicznym roślin określają odmienną konstytucję ekologiczną tych gatunków roślin. Wskazałem, że poznanie ekologii zagrożonych i ginących roślin wodnych skłania do refleksji nad ochroną gatunkową i ich biotopów oraz na konieczność energicznego przeciwdziałania odkształceniom środowiska przyrodniczego. Prace nad hodowlą i rozwojem tych interesujących roślin ze względu na półheterotroficzny tryb życia, stanowią istotny element i wskazują na rolę jaką mają spełniać Ogrody Botaniczne w utrzymywaniu zagrożonych roślin w środowisku przyrodniczym i w opracowywaniu metod ich introdukcji i reintrodukcji. W trakcie terenowej eksploracji badawczej odkryłem i opisałem nieznanne dotąd stanowisko *U. intermedia* i *U. minor*, określając właściwości fizyczne i chemiczne siedliska tych rzadko występujących gatunków w Polsce (punkt 5 część G poz. G_29).

Brałem udział w badaniach dotyczące oszacowania wymagań siedliskowych *Aldrovanda vesiculosa* i warunków reintrodukcji/introdukcji oraz uprawy tej rośliny w Ogrodzie Botanicznym we Wrocławiu (punkt 5 część A poz. A_14; I poz. I_38). Opracowałem model matematyczny z użyciem sztucznych sieci neuronowych (SOFM) dla uprawy tej rośliny *in situ* i określiłem zakres tolerancji względem trofii siedlisk. Wskazano na optymalne warunki dla rozwoju i upraw tej rośliny. Wykazano, że gatunek charakteryzuje się wąskim zakresem tolerancji względem chemizmu wody. Określono jego status jako gatunek stenobiontyczny rzadziej względnie stenobiontyczny wobec względny stenobiont i eurybiont określane kilkadziesiąt/kilkanaście lat temu. Wykazano, że obecnie preferuje wody dystroficzne i eutroficzne przesunięte w kierunku dystroficznym. Udowodniono, że wymagania siedliskowe roślin mięsożernych odzwierciedlają specyfikę zaburzeń środowiska, co może być wykorzystane w monitoringu zmian zachodzących w środowisku przyrodniczym. Opracowane modele w oparciu o wyniki analizy statystyczno-matematycznej i wielowymiarowych techniki eksploracyjnych, pozwalają wskazać w precyzyjny sposób i

użyteczny zróżnicowane podobieństwo badanych obiektów wielocechowych. Udowodniono, że są one praktycznym aparatem diagnostycznym w tego typu badaniach.

Kierunkami moich badań, które prowadziłem i rozwijałem były zagadnienia związane z wpływem zanieczyszczeń chemicznych środowiska na rośliny. Tematycznie nawiązują one do wcześniejszych badań, jednakże, obiektami badawczymi były głównie mchy wodne i lądowe oraz naczyniowe rośliny wodne. Badania o charakterze bioindykacyjnym zapoczątkowałem określając wpływ chemizmu wody i podłoża zbiorników wodnych na kumulację berylu i germanu w 11 gatunkach roślin wodnych występujących w zróżnicowanych pod względem zanieczyszczenia ekosystemach wodnych (punkt 5 część A poz. A_4). Wykazano, że wysoka kumulacja Be i Ge w badanych roślinach jest uwarunkowana typem zanieczyszczenia przemysłowego. Wskazano na ujemną zależność pomiędzy zawartością Be i Ge w tych roślinach, udowadniając użyteczność tych roślin jako biowskaźniki zanieczyszczeń przemysłowych. Ponadto określono, że rośliny biorą czynny udział w procesie samooczyszczania wody z tych pierwiastków wzbogacając podłoże tymi metalami.

Badania bioindykacyjne prowadziłem analizując reakcje różnych gatunków mchów na wpływy zanieczyszczeń pyłowo-gazowych. Określiłem funkcjonalne aspekty populacji różnych gatunków mchów, różnorodności gatunkowej synuzji mchów i reakcje wewnątrzpopulacyjne, ilościowe zmiany w populacjach i strukturze synuzji na oddziaływanie zanieczyszczeń (punkt 5 część F poz. F_28; G poz. G_32, G_33; H poz. H_34). Wykazano, że wysoka kumulacja Be i Ge w gametofitach mchów jest charakterystyczna dla zanieczyszczeń przemysłu węgla brunatnego i energetycznego, natomiast Cu, Pb i Zn dla przemysłu miedziowego (punkt 5 część F poz. F_28). Wykazano na zróżnicowane reakcje mchów we wzroście populacji, jednocześnie określając różną ich odporność na zanieczyszczenia. Populacje *Plagiomnium undulatum*, *P. affine* i *Hypnum cupressiforme* wrażliwsze na zanieczyszczenia stają się ustępującymi z synuzji przy jednoczesnym wzroście zagęszczenia *Atrichum undulatum*, *Brachythecium velutinum*, *Bryum argenteum*, *Pohlia nutans*, gatunków odporniejszych na zanieczyszczenia. Udowodniono, że zanieczyszczenie jest czynnikiem modyfikującym cechy osobnicze i populacyjne, czego skutkiem jest zróżnicowany przebieg konkurencji (punkt 5 część G poz. G_32, G_33; H poz. G_34).

W tym miejscu pomijam opis wyników wieloletnich bioindykacyjnych i populacyjnych badań, które stanowią osiągnięcie naukowe wynikające 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. nr 65, poz. 595, z późn. zm.). Opis i omówienie tego osiągnięcia zamieszczono w punkcie 4 a i b (punkt 5 część D poz. D_21).

Oceeniłem wpływ wysoko toksycznych barwników syntetycznych: aniliny i fuksyny na mchy wodne *Fontinalis antipyretica* i *Platyhypnidium riparioides* wzdłuż biegu rzeki Włodzicy i Piławy zanieczyszczane ściekami przemysłu tekstylnego. Wykazano, na podstawie wyników doświadczeń istotnie zróżnicowaną toksyczność tych substancji, większą fuksyny niż aniliny, na śmiertelność mchów i rozwój gametofitu. Wykazano, że mniej odpornym na działanie tych substancji jest *F. antipyretica*. Wskazano, że wyniki tych badań mogą być wykorzystane w czynnej ochronie mchów i monitoringu zmian zachodzących w ekosystemach wodnych (punkt A część H poz. H_35). Kontynuowałem badania w tym zakresie. Osiągnięcia stanowią prace dotyczące wykorzystanie biologicznych wskaźników i ilościowych modeli ekologicznych w oszacowaniu jakości powietrza (punkt 5 część A poz. A_5, A_8, A_9, A_11). Prace te, w części nawiązują metodycznie do wcześniejszych opracowań, jednakże obiekty badań były zróżnicowane. Wykazano, że oszacowanie wpływu zanieczyszczeń przemysłowych na mchy *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens* i *Hypnum cupressiforme* (punkt 5 część A poz. A_5) i *Tilia cordata* (punkt 5 część A poz. A_9) znajduje

odzwierciedlenie w ilościowo-jakościowym wskaźniku, tzw. "stała równowagi kationowej" ($const.=12,515$). Wykazano istotne różnice obliczonej "stałej" względem wartości referencyjnej 12,515 w siedliskach pod bezpośrednim wpływem zanieczyszczeń w stosunku do nieistotnych różnic w czystych siedliskach. Udowodniono, że różna zawartość ilościowo-jakościowa kationów w tkankach tych testowych organizmów determinuje wyższą bądź niższą wartość "stałej". Model ten może być wykorzystany do oceny jakości środowiska i typu zanieczyszczenia.

Badania nad oceną jakości powietrza prowadzono z wykorzystaniem bioindykatora *Rythisma acerinum* (punkt 5 część A poz. A_8, A_11). Udowodniono, że zanieczyszczenia istotnie różnicują cechy morfologiczne i liczebność podkładek grzyba na liściach *Acer platanoides*. Większą liczebnością i powierzchnią podkładek charakteryzują się stanowiska nie obciążone zanieczyszczeniem. Wykazano, że zaletą tego bioindykatora jest łatwość analizy, między innymi analizy morfometrycznej. Ponadto dodatkowym walorem *R. acerinum* jest jego dostępność dwa razy w roku, co podnosi jego rangę jak bioindykatora. Udowodniono, że zastosowane modele ilościowe i obrazowania mogą być użyte na różnym polu ekologii stosowanej, a model SOFM poprzez wprowadzanie nowych danych może posłużyć do prognozowania i symulacji zjawisk i procesów ekologicznych.

Kolejne badania dotyczyły zagadnień z geochemii i biogeochemii pierwiastków gleb Dolnego Śląska (punkt 5 część A poz. A_10, A_12). Wytworzone w stanie inicjalnym gleby z mioceńskich wulkanitów analizowano pod względem właściwości chemicznych. Wykazano, że gleby charakteryzują się istotnie różną zawartością Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, S, Ti i Zn. Wypracowany model SOFM porządkuje nieliniowo gleby Dolnego Śląska wskazując na typ bazaltoidów, z których zostały wytworzone, przynależność taksonomiczną gleb, która jak wykazano, jest zgodna z klasyfikacją skał wulkanicznych TAS tego regionu. Udowodniono, za pomocą modelowania SOFM zgodność porządkowania gleb z porządkiem populacji *Polypodium vulgare* pod względem zawartości tych pierwiastków. Modelowanie za pomocą SOFM może być użyte do ilościowej i jakościowej chemicznej klasyfikacji bazaltoidów i oszacowania właściwości siedlisk dla różnych roślin.

Jako współautor pracy (punkt 5 część A poz. A_13) analizując wyniki badań populacji *Dactylorhiza majalis* wykazano, że prawdopodobieństwo kwitnienia tego storczyka jest zależne od wielkości rośliny, tak więc rośliny muszą przekroczyć krytyczny próg wielkości przed kwitnieniem. Stwierdzono związek między krytycznym progiem wielkości a czynnikami środowiskowymi: wysokością n.p.m., użytkowaniem siedlisk oraz składem chemicznym gleby. Wykazano, że poznanie strategii życiowej storczyków jest niezbędne dla zrozumienia i przewidywania kierunków zmian w populacjach występujących w warunkach antropopresji.

Biorąc udział w opracowaniu wyników badań zespołu (punkt 5 część A poz. A_15) wykazałem przydatność zaawansowanych metod statystyczno-matematycznych i analizy korespondencji (CA) do opisu związków i zmienności ubarwienia oraz indeksów cech morfometrycznych *Pelophylax esculentus* complex w powiązaniu ze strukturą genetyczną. Wykazano zgodność wyników statystycznych z wynikami analizy chromosomowej.

Byłem członkiem zespołu badawczego, który oszacował na podstawie wyników badań terenowych i doświadczalnych wpływ Cr i Ni działających osobno i w mieszaninie na *Pteridium aquilinum* pospolity gatunek odporny na metale (punkt 5 część A poz. A_16). Paproć zebraną z podłoża serpentynitowych bogatych w Cr i Ni oraz granitowych poddano działaniu obu pierwiastków w doświadczeniach. Wykazano, że w stężeniu $250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Cr, Ni i Cr+Ni, liście roślin zebranych na granitach jak i serpentynitach zawierały więcej Cr i Ni, kiedy metale były dostarczone w mieszaninie. W tym samym stężeniu Cr, Ni i Cr+Ni kłącza

roślin zawierały istotnie więcej Cr i Ni kiedy metale były dostarczone osobno. Nie stwierdzono istotnej różnicy w zawartości Cr i Ni w kłęczach i liściach paproci zebranych z granitów i serpentynitów. Wskazano na wykorzystanie uzyskanych wyników *P. aquilinum* w bioindykacji zanieczyszczenia Cr i Ni w obszarach przemysłowych.

Wyniki moich badań oprócz walorów poznawczych charakteryzują się aspektami praktycznymi. Dowodzą przydatności użycia zróżnicowanych technik/metod numerycznych, obrazowania/wizualizacji i modelowania matematycznego zjawisk i procesów w tego typu badaniach. Wykazano możliwości ich wykorzystania do danych liczbowych z monitoringu celem śledzenia dynamiki populacji i szacunkowego przewidywania zmian w warunkach oddziaływania czynników stresowych, jak i stosowania jako ilościowe wskaźniki stopnia zanieczyszczenia środowiska.

Wyniki poznawcze wyżej wymienionych prac i praktyczne możliwości ich wykorzystania na rzecz ekologii i ochrony środowiska przedstawiałem na 20 zagranicznych i krajowych konferencjach/symposiumach wygłaszając 12 referatów i prezentując 8 posterów (punkt 15 i 16).

Na bazie zdobytej wiedzy naukowej, umiejętności praktycznych i doświadczenia, w tym także i dydaktycznego, podjąłem się opracowania trzech projektów, tj. dwu dydaktycznych (a) i wdrożenia (b):

a) elektronicznych materiałów dydaktycznych kształcenia zdalnego (e-learning) dla Wydziału Nauk Biologicznych Uniwersytetu Zielonogórskiego. Byłem jednym z głównych wykonawców Projekt Europejskiego Funduszu Społecznego współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej, w ramach Sektorowego Programu Operacyjnego Rozwój Zasobów Ludzkich, Działania 2.1, Zwiększenie dostępu do edukacji – promocja kształcenia przez całe życie (punkt 5 część K poz. K_41, K_42). Samodzielnie opracowałem materiały dydaktyczne w formie elektronicznej dla przedmiotów Toksykologia i Ekotoksykologia obejmujące wykłady, ćwiczenia i metody sprawdzenia wiedzy.

b) na zamówienie Dolnośląskiego Instytutu Technologicznego (Wrocław) przygotowałem we współautorstwie projekt hydrobotanicznej oczyszczalni ścieków dla Oczyszczalni Ścieków w Rogowcu - Kopalnia Węgla Brunatnego, Bełchatów. Byłem głównym inicjatorem i merytorycznym autorem oraz konsultantem wykonania i wdrożeniem tego projektu. Został on zatwierdzony i wdrożony do realizacji. Do chwili obecnej stanowi ważny element doczyszczania ścieków komunalno-przemysłowych KWB Bełchatów (punkt 5 część Ł poz. Ł_43).

Działalność naukowo-badawczą, popularno-naukową i inne opracowania dokumentują autorskie lub współautorskie 43 prace, w tym: 38 oryginalnych prac naukowych i 5 innych o charakterze popularno-naukowym, projektów naukowo-dydaktycznych oraz wdrożeń. Spośród wymienionych 38 oryginalnych prac 16/13* (* - wyjaśnienie w punkcie 5 część A) opublikowano w czasopismach znajdujących się w bazie JCR. Ich sumaryczny IF zgodny z rokiem opublikowania pracy wynosi 9,347/7,685*, natomiast w 2013/2014 wynosi 19,192/17,530*. Ogólna liczba punktów dla wszystkich publikacji 409/364*, w tym z listy czasopism punktowanych MNiSW część A i B z dnia 31.12.2014 r. wynosi odpowiednio 325/280* i 334/289*. W 16 pracach jestem jedynym autorem, 16 pracach pierwszym autorem, natomiast w 11 pracach znajdujących się w bazie JCR jestem jedynym autorem lub pierwszym autorem. W większości prac byłem autorem korespondencyjnym. Uczestniczyłem w 20 konferencjach/symposiumach zagranicznych i krajowych przedstawiając wyniki swoich badań wygłaszając referaty i prezentując plakaty, które zostały opublikowane w faktorowanych lub punktowanych czasopismach naukowych. Wyniki moich badań, opublikowane w czasopismach znajdujących się w bazach: Web of Science, Scopus i SCI-Ex, wykazach punktowanych

czasopism MNiSW część A i B oraz w krajowych czasopismach nie objęte tymi bazami i wykazami MNiSW, znalazły uznanie i zainteresowanie w świecie naukowym. Są znane i cytowane, ogółem 78 razy: w zagranicznych faktorowanych czasopismach 63 razy, których IF za 2013/2014 wynosi od 0,338 do 5,690, natomiast z poza baz i wykazów w zagranicznych czasopismach, książkach, monografiach i pracy doktorskiej 11 razy i 4 razy w krajowych czasopismach objęte wykazem MNiSW część B. Punktacja tych czasopism według MNiSW z dnia 31.12.2014 r. część A wynosi od 15 do 45 i część B do 8 punktów.

W okresie zatrudnienia na stanowisku starszego wykładowcy, tj. od 2011 r. do obecnie, działalność naukowo-badawczą dokumentują 4 publikacje (punkt 5 część A poz. A_13, A_14, A_15, A_16) w czasopismach z bazy JCR i wykazie punktowanych czasopism MNiSW część A. Ich sumaryczny IF zgodny z rokiem opublikowania pracy wynosi 4,157, natomiast w 2013/2014 wynosi 6,285. Ogólna liczba punktów dla tych publikacji według listy czasopism punktowanych MNiSW część A wynosi 95, odpowiednio 20, 20, 25 i 30 punktów.

Tabela. Podsumowanie punktacji według wykazu MNiSW, współczynnik wpływu IF i według zasad WNB

Punkt 5 pozycja	Liczba publikacji/opracowań	Punkty MNiSW	IF			Punkty WNB
			zgodny z rokiem opublikowania pracy	2013/2014 r.	5-year(2013)	
<i>pełny okres zatrudnienia</i>						
A	16	325/280*	9,347/7,685*	19,192/17,530*	16,122/14,274*	319,5/274,5*
B	4	9	-	-	-	9
C	-	-	-	-	-	-
D	1	20	-	-	-	20
E	1	10	-	-	-	10
F	6	24	-	-	-	24
G	5	5	-	-	-	5
H	2	8	-	-	-	8
I	3	-	-	-	-	0
J	2	-	-	-	-	0
K	2	8	-	-	-	8
L	-	-	-	-	-	-
Ł	1	-	-	-	-	0
RAZEM	43	409/364*	9,347/7,685*	19,192/17,530*	16,122/14,274*	403,5/358,5
<i>na stanowisku starszego wykładowcy od 2011 r.</i>						
A	4	95	4,157	6,285	5,593	89,5
RAZEM	4	95	4,157	6,285	5,593	89,5

20.03.2015 *Sidr Dombu*

data, podpis Wnioskodawcy