

Autoreferat
przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych

dr Małgorzata Anna Józwiak

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska
Kielce 2014

Spis treści

I.	Informacje o wykształceniu i przebiegu zatrudnienia	3
II.	Rozwój zawodowy i naukowy przed uzyskaniem stopnia doktora nauk biologicznych	4
III.	Prace opublikowane przed uzyskaniem stopnia – podsumowanie	6
IV.	Rozwój zawodowy i naukowy po uzyskaniu stopnia doktora nauk biologicznych	6
1.	Wskazanie osiągnięcia naukowego	7
1.1.	Tytuł osiągnięcia naukowego	7
1.2.	Omówienie celu naukowego pracy oraz uzyskanych wyników badań	7
2.	Główne osiągnięcia naukowe, elementy nowości naukowej	21
3.	Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-dydaktycznych	22
3.1.	Udział w projektach badawczych	22
3.2.	Udział w konferencjach międzynarodowych i krajowych	26
3.3.	Wyprawy naukowe	26
3.4.	Współpraca naukowa	27
	Zestawienie dorobku naukowego – podsumowanie	28
3.5.	Naukowe plany na przyszłość	29
3.6.	Działalność dydaktyczna	30
3.7.	Aktywność na rzecz środowiska	32

I. INFORMACJE O WYKSZTAŁCENIU I PRZEBIEGU ZATRUDNIENIA

Imiona: Małgorzata Anna
Nazwisko: Józwiak

Adres służbowy: Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Wydział Matematyczno-Przyrodniczy
Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska
ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce

Telefon/Fax: 41 349-64-27/ 41 349-64-18

E-mail: malgorzata.jozwiak@vp.pl

WYKSZTAŁCENIE

2009 Doktor nauk biologicznych w zakresie biologii, Wydział Nauk Biologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego (24 września 2009r.)

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Ocena zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi i metalami ciężkimi z wykorzystaniem porostów w aglomeracjach miejskich na przykładzie Kielc”, promotor prof. dr hab. Katarzyna Sawicka-Kapusta (Uniwersytet Jagielloński), recenzenci: prof. dr hab. Wiesław Fałtynowicz (Uniwersytet Wrocławski), prof. dr hab. Barbara Godzik (Instytut Botaniki PAN w Krakowie)

1999 Studia Podyplomowe : „Wychowanie do życia w rodzinie” Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Kielcach

1999 III stopień specjalizacji, CODN Warszawa

1996 II stopień specjalizacji , ŚCDN Kielce

1993 I stopień specjalizacji , ŚCDN Kielce

1979 Magister biologii: Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Kielcach

Praca magisterska: „Entomofauna wierzby szarej (*Salix cinerea* L) w Świętokrzyskim Parku Narodowym i jej związek z biocenozą lasu”, promotor: prof. zw. dr hab. Stanisław K. Wiackowski

UKOŃCZONE KURSY ZAWODOWE I INNE (NAJWAŻNIEJSZE)

- 2000r. Kurs : „Przygotowane kadry wspierającej wdrażanie reformy oświaty w województwie Świętokrzyskim
- 1999r. Kurs dla Promotorów Reformy Oświaty, Kraków

PRACA ZAWODOWA

2012 – obecnie:	adiunkt w Katedrze Ochrony i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach
2010 – 2011:	pracownik naukowo-techniczny w Katedrze Ochrony i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach
2002 – 2006:	Dyrektor I Liceum Ogólnokształcącego im. St. Żeromskiego w Kielcach
1985 – 2006:	I Liceum Ogólnokształcące im. St. Żeromskiego w Kielcach

II. ROZWÓJ ZAWODOWY I NAUKOWY PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA NAUK BIOLOGICZNYCH

Po ukończeniu studiów na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Kielcach, na kierunku biologia, w roku 1979 rozpoczęłam pracę zawodową w pełnym wymiarze godzin na stanowisku nauczyciela biologii w szkole podstawowej w Kielcach, gdzie pracowałam do 1985r. W latach 1985-2006 byłam zatrudniona na etacie nauczyciela w I Liceum Ogólnokształcącym im S. Żeromskiego w Kielcach. Jednocześnie w latach 2000-2001 pracowałam w Okręgowej Komisji Egzaminacyjnej w Łodzi uczestnicząc w tworzeniu sylabusów przedmiotowych wdrażających procedury nowej formuły egzaminu maturalnego oraz w programie analizującym standardy wymagań i konstrukcję narzędzi pomiaru dydaktycznego. W latach 1999-2001 zostałam dodatkowo zatrudniona jako nauczyciel doradca metodyczny dla nauczycieli województwa świętokrzyskiego. W 2000 r. uzyskałam certyfikat MENiS i pełniłam funkcję ministerialnego eksperta do spraw awansu zawodowego nauczycieli uczestnicząc w pracach komisji przyznających tytuły zawodowe nauczycielom szkół województwa świętokrzyskiego.

W roku 1999 ukończyłam studia podyplomowe w zakresie biologii z elementami wychowania seksualnego oraz kurs kwalifikacyjny „Kierowanie placówką oświatową”.

Od roku 2002 do 2006 pełniłam funkcję dyrektora w I Liceum Ogólnokształcącym im S. Żeromskiego w Kielcach. W trakcie pracy zawodowej na stanowisku nauczyciela zdobywałam stopnie specjalizacji zawodowej (I-szy w 1993, II-gi w 1996 w Wojewódzkim Ośrodku Doradztwa Metodycznego w Kielcach oraz III- w 1999 w Centrum Edukacji w Warszawie oraz tytuł nauczyciela dyplomowanego w 1999 roku wydanego przez Kuratorium Oświaty i Wychowania w Kielcach).

Dorobek naukowy w tym okresie obejmuje przede wszystkim publikacje naukowo-dydaktyczne, związane z procesem nauczania. Są to dwie książki i 10 artykułów naukowych,

3 artykuły popularno-naukowe oraz 7 artykułów dydaktycznych (Zał. 3). Byłam również recenzentem czterech podręczników szkolnych.

W roku 2004 nawiązałam współpracę z Zakładem Ochrony i Kształtowania Środowiska ówczesnej Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach (obecnie Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Jana Kochanowskiego). Zostałam włączona do zespołu, który miał opracować program ochrony środowiska dla miasta Kielce. Powierzono mi opracowanie metody oceny zanieczyszczenia powietrza z wykorzystaniem biowskaźników. Zaproponowałam podział miasta na trzy podstawowe rejony, tj. rejon zamieszkania (osiedla), rejon wypoczynku (park, zalew) i rejon przemieszczania się mieszkańców (ulice, skrzyżowania), w których miała być badana biota porostów. Rozpoczęłam badania nad wykorzystaniem porostu *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. do oceny zanieczyszczenia powietrza początkowo tylko siarką i metalami ciężkimi, później rozszerzyłam o WWA. Wstępne rozpoznanie bioty porostów w mieście wskazywało, że przy wykorzystaniu rodzimych gatunków nie będzie możliwe osiągnięcie zamierzonego celu. Zastosowałam metodę transplantacji. W literaturze podawano różne metody i czas ekspozycji porostów. Do badań zanieczyszczeń powietrza w Kielcach wybrałam metodę stosowaną przez prof. dr hab. Katarzynę Sawicką-Kapustę w systemie Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Transplanty porostów były przywożone na gałązkach z terenów uważanych za bardzo mało zanieczyszczone (Puszcza Borecka) i rozwieszane w wyznaczonych punktach w mieście. Problemem był czas ekspozycji. Przetestowałam okres ekspozycji w cyklu dwumiesięcznym, kwartalnym i półrocznym. Uzyskane wyniki pozwoliły na określenie optymalnego czasu ekspozycji porostów, który wynosi 3 miesiące w ujęciu kwartalnym. Jest to bardzo ważne w związku z zmieniającymi się warunkami meteorologicznymi w każdym kwartale, co jak się okazało ma kapitalne znaczenie w wielkości kumulacji zanieczyszczeń. W czasie badań stwierdziłam, że plechy porostów wykazują zmiany morfologiczne w zależności od wielkości stężenia zanieczyszczeń. Wstępne wyniki badań opublikowałam w roku 2007 (Zał. 3, poz. 2.3.), prezentowałam je również na Ogólnopolskim Sympozjum ZMŚP pt. „Program Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego a zadania obszarów Natura 2000” Warszawa-Izabelin, 12-14.04.2007r. Efektem badań nad oceną zanieczyszczenia powietrza WWA i metalami ciężkimi z wykorzystaniem biowskaźników, które prowadziłam w latach 2004-2007 zaowocowały rozprawą doktorską pt. Ocena zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego WWA i metalami ciężkimi z wykorzystaniem porostów w aglomeracjach miejskich na przykładzie Kielc, którą obroniłam na Wydziale Nauk Biologicznych w Uniwersytecie

Wrocławskim w 2009 roku. Równolegle prowadziłam badania w ramach realizacji programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego dotyczące wykorzystania epifitów jako wskaźników zanieczyszczenia powietrza w ekosystemie leśnym na przykładzie Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Wyniki badań prezentowałam na VIII Sympozjum Ochrony Ekosystemów Leśnych, pt. Zagrożenia ekosystemów leśnych przez człowieka, rozpoznanie-monitoring-przeciwdziałanie, Rogów 15-16.11.2007r. Referat w formie artykułu ukazał się w wydawnictwie Studia i materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej SGGW. W Świętokrzyskim Parku Narodowym prowadziłam także badania nad zanieczyszczeniem opadów atmosferycznych (Zał. 3, poz. 2.4.).

W roku 2007 w ramach Stowarzyszenia Geomorfologów Polskich, którego jestem członkiem wyjechałam na konferencję do Longyearbyen (Spitsbergen), a po konferencji uczestniczyłam w wyprawie naukowej po Spitsbergenie. Wyprawa ta pozwoliła mi na zebranie porostów, które były podstawą utworzenia w Zakładzie Ochrony i Kształtowania Środowiska herbarium lichenologicznego. Efektem wyprawy było również opublikowanie artykułu dotyczącego kumulacji metali ciężkich w wodach supraglacialnych (Zał. 3, poz. 2.2.).

III. PRACE OPUBLIKOWANE PRZED UZYSKANIEM STOPNIA – PODSUMOWANIE

	Prace w języku		Łącznie
	angielskim	polskim	
Publikacje naukowe			
Prace oryginalne	1	9	10
Prezentacje konferencyjne	2	2	4
Łącznie	14		
Impact Factor łącznie	0		

IV. ROZWÓJ ZAWODOWY I NAUKOWY PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA NAUK BIOLOGICZNYCH

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk biologicznych w dyscyplinie biologia, który otrzymałam decyzją Rady Wydziału Nauk Biologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego w dniu 24 września 2009 roku, od roku 2010 pracuję w Katedrze Ochrony i Kształtowania Środowiska w Uniwersytecie Jana Kochanowskiego w Kielcach, w latach 2010-2012 na etacie naukowo-technicznym, od roku 2013 na etacie adiunkta. Jednocześnie od 2010 r do

chwili obecnej jestem zatrudniona na etacie starszego wykładowcy w Staropolskiej Szkole Wyższej w Kielcach.

Praca w Uniwersytecie umożliwiła mi kontynuację rozpoczętych w 2004 roku badań dotyczących bioindykacji środowiska przyrodniczego. Przegląd literatury przedmiotu potwierdził moje przypuszczenie, że metody bioindykacyjne, chociaż znane od czasów Linneusza, nie są w pełni wykorzystywane w badaniach środowiskowych. Dlatego też swoją aktywność naukową po uzyskaniu stopnia naukowego doktora poświęciłam na zgłębianie tej problematyki. Swoje badania skupiałam na trzech podstawowych środowiskach: powietrzu, wodzie i glebie. Jako bioindykatory wykorzystywałam porosty, głównie pustułkę pęcherzykową (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.), mech *Pleurozium schreberi* [Bird.], przedstawiciela mlacofauny *Physella acuta* i dżdżownicę kalifornijską *Eisenia fetida*.

1. Wskazanie osiągnięcia naukowego

1.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Wykorzystanie organizmów wskaźnikowych w bioindykacji środowisk lądowych i wodnych na wybranych przykładach

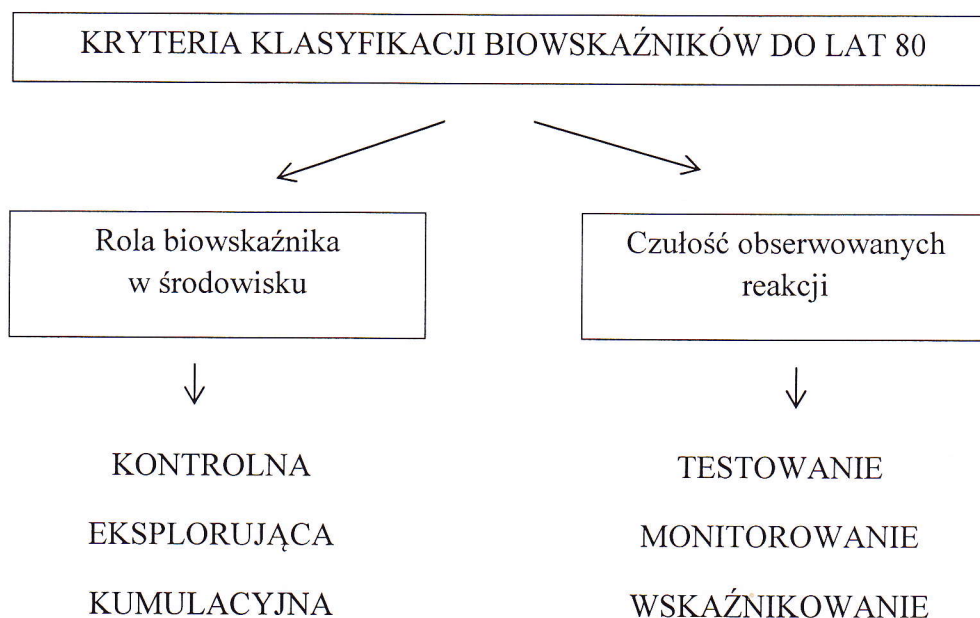
Podstawę wniosku habilitacyjnego stanowi zwarta publikacja, w której dokonano podsumowania kilkuletnich badań nad wykorzystaniem wybranych organizmów wskaźnikowych w bioindykacji powietrza, wody i gleby.

1.2. Omówienie celu naukowego pracy oraz uzyskanych wyników badań

Wprowadzenie

Rozwój metod bioindykacyjnych datuje się na początek XX wieku. W latach 60. wzrosło zainteresowanie środowisk naukowych problemami związanymi z reakcjami organizmów żywych na emitowane zanieczyszczenia (Brodo 1961). Zaobserwowano, że reakcje na toksyny wynikają z szybkiego rozwoju przemysłu, motoryzacji, chemizacji życia i dotyczą zanieczyszczeń zarówno biotopów wodnych, jak i lądowych. Na bioindykacyjne właściwości roślin wskazał Ellenberg (1976) i udowodnił możliwość ich wykorzystania do oceny warunków edaficznych, czynników klimatycznych oraz stopnia nasilenia antropopresji. Ocena taka była wówczas i jest obecnie możliwa ze względu na zróżnicowaną wrażliwość organizmów żywych na warunki środowiskowe. Reakcje organizmów na stres wynikają

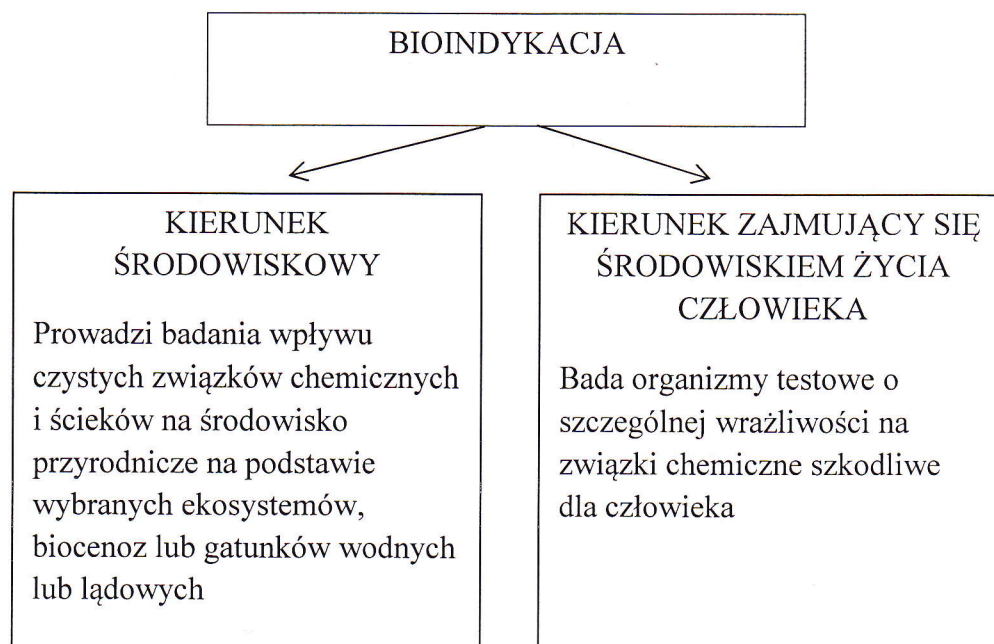
z odmiennych wymagań biotopowych gatunków i różnorodności przeprowadzanych przez nie procesów życiowych (fotosynteza, respiracja, utlenianie komórkowe, fotooddychanie, rozmnażanie, transport wewnątrz- i zewnątrzkomórkowy, histoliza w metamorfozach, fazy fenologiczne). Zwracali na to uwagę Ellenberg (1972, 1979), Barker (1976), Bick (1982), Ehmke (1982), Burton (1983, 1986). Analizując rolę i czułość reakcji na stresor, dokonano klasyfikacji biowskaźników (ryc. 1).



Ryc. 1. Kryteria klasyfikacji biowskaźników [oprac. własne na podstawie Barkera (1976), Ehmke'a (1982)]

Pierwszy okres rozwoju technik i metod bioindykacyjnych sprowadzał się jedynie do opisu wpływu substancji toksycznych na grupy organizmów i zaburzeń w łańcuchach troficznych wynikających z obecności toksyn w biotopie. Jednocześnie powstawały metody pierwszych analiz oraz matematyczne sposoby ich wyliczania (EC50 – metoda probitowa, standardy ASTM – *American Society for Testing and Materials*, wykorzystujące ryby do opisu symptomów zatrucia).

Podjęto również dyskusję nad celem badań bioindykacyjnych, której efektem było pozorne rozejście się bioindykacji w dwóch kierunkach. Miały one wyznaczać badania biotopu poddanego wpływowi różnorodnych związków chemicznych oraz badania środowiska życia człowieka z wykorzystaniem organizmów wskaźnikowych (ryc. 2).



Ryc. 2. Kierunki bioindykacji (opracowanie własne)

Dyskusja ta miała jedynie charakter teoretyczny, co pozwoliło na prowadzenie badań, dając w efekcie wymierne wyniki i nie przesłoniło ważnych zagadnień środowiskowych. Bioindykacja na trwale wpisała się do badań środowiskowych i stanowi jeden z nowoczesnych i istotnych elementów kontroli stanu środowiska.

Podczas badań biomonitoringowych dokonuje się ocenę toksyczności różnych parametrów biotopowych. Związane są z nią zagadnienia klasyfikacji tych parametrów oraz ich wpływ na organizmy i prawdopodobieństwo negatywnego oddziaływania badanego parametru. Wyznaczany jest poziom toksyczności dawki, która znalazła się w środowisku, jej toksyczne działanie, możliwość przewidywania odległych skutków występujących w organizmach po czasie ekspozycji na toksynę, możliwość dokonania oceny, czy badany parametr działa mutagennie, kancerogennie, teratogennie czy embriotoksycznie na organizm testowy.

Obecnie badanie i kontrola środowiska przy użyciu metod bioindykacyjnych stosowane są w wielu krajach Europy i świata (Vinogradov 1992; Majstrik 1992; Carreras, Pignata 2002; Calvelo, Liberatore 2004; Conti i in. 2004; Kosiba 2004). Opracowuje się uniwersalne metody i wskaźniki, które następnie stosowane zgodnie z przyjętymi standardami

umożliwiają ujednolicenie kryteriów oceny zmian w środowisku i porównywalność wyników prowadzonych analiz. Służą również do usystematyzowania metod bioindykacyjnych i charakterystyki dynamiki zmian zachodzących w naturze. W pierwszych badaniach biomonitoringowych jako biowskaźniki wykorzystano porosty. Badania te stworzyły podwaliny teoretyczne i praktyczne biomonitoringu. Rozwój lichenindykacji spowodował szerokie zastosowanie porostów w bioindykacji w różnych regionach świata: Holandia (Sloof 1995), Finlandia (Garty i in. 1997), Argentyna (González i in. 1998, Carreras, Pignata 2002, Calvelo, Liberatore 2004), USA (Malkholm, Bennett 1998), Niemcy (Jensen i in. 1999), Włochy (Conti, Cecchetti 2001, Conti i in. 2004), Polska (Budka i in. 2002, Białońska 2005, Sawicka-Kapusta i in. 2005, 2007, Jóźwiak 2007; Godzik, Kiszka 1998; Godzik, Szarek-Łukaszewska 2005) Chile (Cortés 2003), Portugalia (Godinho i in. 2004), Słowenia (Poličnik i in. 2004), Izrael (Garty i in. 2004), Dania (Vestergaard i in. 1986), Litwa (Motiejūnaitė 2007).

Wraz z rozwojem metod analitycznych coraz częściej wykorzystywana jest metoda transplantacji różnych gatunków (Burton 1986; Jeran i in. 1995; Calatayud i in. 2000; Conti, Cecchetti 2001; Sawicka-Kapusta i in. 2005; Jóźwiak 2007).

Eksperymenty dotyczące transplantacji porostów, tj. przenoszenia ich z obszarów o małym zanieczyszczeniu (puszcze, parki narodowe, obszary wiejskie zachowujące pierwotny charakter krajobrazu) na tereny, gdzie porosty nie występują w naturalnych skupiskach (pustynie porostowe) lub ich występowanie jest w znaczny sposób ograniczone ze względu na wpływy antropogeniczne, rozpoczęto w końcu XIX wieku. Badania polegały wówczas na obserwacji zmian morfologicznych, makroskopowych i ubytków w plechach (Brodo 1961). Przenoszenie żywych plech porostowych w tereny zanieczyszczone, ich ekspozycja w wytypowanych punktach w zależności od źródeł emisji, a następnie późniejsza analiza chemiczna pozwala na określenie zagrożeń z punktu widzenia ochrony zdrowia człowieka.

Innym taksonem z powodzeniem stosowanym w metodach transplantacyjnych są mchy. Określane są jako wybitne akumulatory metali ciężkich. Jony metali ciężkich pochłaniają głównie z opadów atmosferycznych i suchej depozycji. Pobierają je na drodze procesu wymiany jonowej. Niektóre gatunki posiadają budowę piętrową, a roczne przyrosty tworzące wyraźne segmenty wskazują na rok kumulacji zanieczyszczeń (Tyler 1990; Rühling, Tyler 1973; Grodzińska 1978).

Mchy używane są do określania zmian środowiska zarówno na obszarach bardzo rozległych, jak i niewielkich, w skali globalnej, krajowej, regionalnej, a także lokalnej. Są one

używane do oceny poziomu zanieczyszczeń w określonej jednostce czasu, na przestrzeni kilkunastu, kilkudziesięciu czy nawet kilkuset lat, co wykazały prace Grodzińskiej i in. (1990, 1994, 1997) i Rühling i in. (1992).

Z dużym efektem ekologicznym, pozwalającym dokonać oceny rodzaju zanieczyszczeń występujących w środowisku glebowym, stosuje się czerwoną hybrydę kalifornijską – Red Hybryd of California [*Eisenia faetida* (Sav.)] (Mizera 2007). Dżdżownica ta immobilizuje najbardziej toksyczne i rakotwórcze zanieczyszczenia przenikające do gleb. Są to pochodne oleju napędowego, takie jak: benzen, toluen, etylobenzen, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, ksyleny oraz metale ciężkie. *Eisenia faetida* (Sav.) kumuluje związki organiczne, np. chlorofenole, TNT (trinitrotoluen), a także przetwarza organiczne odpady komunalne, pozostawiając w tkankach toksyczne metabolity (De Jonie, Freijer 1997; Mizera 2007, Błaszczyk 2007). Jej użyteczność w ocenie zanieczyszczenia środowiska glebowego polega na dużej odporności na toksyny, możliwości wieloletnich obserwacji i badań poziomu koncentracji zanieczyszczeń ze względu na jej długowieczność i duże możliwości adaptacyjne.

Ochrona wód oraz prawidłowa gospodarka zasobami wodnymi jest możliwa, jeśli prowadzone są rejestry obszarów utworzonych w celu ochrony wód powierzchniowych i podziemnych. Kluczowym zagadnieniem jest jednak ocena walorów biologicznych zbiorników. Wpływają one na kierunki potencjalnego przeznaczenia akwenu (Czerniawska-Kusza, Szoszkiewicz 2007). Ocena czystości ekosystemu wodnego na podstawie organizmów bioindykacyjnych umożliwia wskazanie pojemności akwenu na toksyny i w konsekwencji wyeliminowanie skażenia chemicznego wód i osadów dennych, służy poprawie bilansu tlenowego, utrzymaniu bioróżnorodności florystycznej i faunistycznej (Nałęcz-Jawecki 2003).

Ocenę stanu zbiorników dokonuje się na podstawie koncentracji metali ciężkich w wodzie, osadach dennych i ciele mięczaków detrytofagicznych. Wykorzystanie mięczaków do badania koncentracji metali ciężkich jest bardzo dobrze udokumentowane w literaturze (Elder, Collins 1991; Jurkiewicz-Karnkowska 1996; Piotrowski 1999; Piotrowski, Wiertlewska 1999; Van-Balogh i in. 1988; Jurkiewicz-Karnkowska, Królak 2000; Piotrowski 2006; Gomot de Vaufleury, Kerhoas 2000; Coeurdassier 2007; Chitmanat i in. 2008), dlatego użycie tych organizmów w metodach bioindykacji daje dobre podstawy do kontroli czystości wód powierzchniowych. Najczęściej wykorzystywanymi gatunkami bioindykacyjnymi są ślimaki *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus 1758), *Planorbarius corneus* (Linnaeus 1758), *Physella acuta*

(Draparnaud 1805). Wymienione gatunki wykazują dużą zdolność do kumulacji metali ciężkich, co wynika z rodzaju pobieranego pokarmu (osad denny, detrytus) oraz filtrowania wody (Parleman, Meili 1993). Spełniają one podstawowe kryteria gatunków wskaźnikowych dla ekosystemów wodnych (Scott-Fordsmand, i in. 2000), do których należy zaliczyć: bioakumulację metali ciężkich, małą wrażliwość na zanieczyszczenia, w tym związane z transportem, dobrze poznaną biologię i wystarczająco liczne występowanie (Berger, Dallinger 1993).

Cel naukowy

Celem pracy jest wykazanie możliwości wykorzystania organizmów biowskaźnikowych w środowisku wodnym i lądowym do kontroli stanu zanieczyszczenia wskazanych biotopów oraz wskazanie charakterystycznych reakcji wybranych indykatorów na toksyny środowiskowe.

Omówienie wyników badań

Metody bioindykacyjne służące kontroli stanu środowiska nie są w Polsce doceniane, a co ważniejsze w pełni wykorzystywane w badaniach. Porównanie zakresu i różnorodności badań w Europie i świecie z badaniami prowadzonymi w Polsce, wypada na niekorzyść dla Polski, ponieważ w znacznej mierze badania światowe przekraczają w swoim zakresie te, które prowadzone są na terenie kraju. Większość analiz rodzimych dotyczy głównie wskazania poziomu koncentracji toksyn w organizmach biowskaźników. Niewiele prac badawczych ocenia i przekłada poziom zakumulowanych toksyn na charakterystyczne reakcje zachodzące w tkankach, komórkach lub morfologii używanych w biomonitoringu organizmów wskaźnikowych. Istotnym zatem obszarem, luką, która powinna być wypełniona jest szczegółowa analiza typów reakcji i zmian zachodzących w organizmach bioindykatorów. Rozróżnienie sposobów reagowania takich jak: zmiany barwne, kształt, wielkość organizmu, początkowe miejsca reakcji na toksyny, zwiększenie lub zmniejszenie rozrodczości, liczebności populacji w zależności od typu oddziałującej toksyny daje ogromną przewagę badań bioindykacyjnych nad badaniami i pomiarami z wykorzystaniem aparatury.

Wyniki badań i ocenę zmian w organizmach wytypowanych biowskaźników przedstawiono w opracowaniu. Zwrócono uwagę na zmienność morfologiczną badanych gatunków pojawiającą się w wyniku oddziaływania stresora antropogenicznego (porost *Hypogymnia physodes*), zróżnicowaną wrażliwość organów i obszary pierwszych reakcji organizmu na toksyny (mech *Pleurozium schreberi*) oraz zmian w liczebnościach populacji (dżdżownica *Eisenia fetida*, ślimak *Physella acuta*). W badaniach poziomu koncentracji toksyn

w organizmach biowskaźników zastosowano metody nie stosowane do tej pory w badaniach środowiskowych takie jak: mikroskopia elektronowa, analizy mikroanalizatorem typu EDS EDAX Genesis XM 4i stosowanym w mikroskopie elektronowym Quanta 250 FEG (FEI Company) z działem elektronowym z emisją polową (emiter Schottky'ego), analizy termiczne z zastosowaniem derywatografu systemu Paulik, Paulik, Erdey STA 449 Jupiter F1 oraz analizy FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*).

Wprowadzenie nowych sposobów badania materiału biologicznego przyczyniło się do bardziej wnikliwej, wieloaspektowej analizy i poszerzyło możliwości interpretacji wyników badań. Niewątpliwą nowością w przeprowadzonych badaniach są próby ścisłego określenia miejsca depozycji toksyn w organizmach wskazanych biowskaźników (szczeliny pseudocyfeli, soralia wargowe, powierzchnie komórek glonowych i grzybowych występujące w dualistycznej strukturze porostów, nasady i żebra liściowe mchów). W przypadku analiz makroskopowych porostów wykazano efekty pierwotnych zmian stwierdzone jako ubytki końcowych odcinków plechy, a w następstwie brak soraliów wargowych i brak możliwości rozmnażania porostu jako efekty wtórne. Stwierdzono również ściśle powiązania drastyczności zmian z terminami ekspozycji. Wykazano, że najbardziej rozległe i najczęściej występujące nekrozy i przebarwienia plech w odcinkach końcowych z uszkodzonymi soraliami występują w miesiącach letnich. Próbkę plechy pobrane z obszarów przebarwień plech i obserwowane w mikroskopie elektronowym transmisyjnym pokazały kolejność następowania i etapowość rozpadu błon tylakoidów chloroplastowych (obszary wybielenia plech) prowadzące do obumierania komórek glonowych, w następnej kolejności tworzenie haustoriów grzybowo- glonowych (bezglonowe obszary zbrązowień plech) oraz w efekcie powstawanie zaczerniałych obszarów nekrotycznych z martwą grzybnią.

Poczynione obserwacje upoważniają do wnioskowania o kolejności następowania zmian na poziomie komórkowym i wskazanie ich narastającego charakteru.

Wyniki obserwacji plech prowadzone w mikroskopie elektronowym skaningowym udowodniły zdolność biowskaźnika do reakcji obronnych. Objawiają się one wytwarzaniem żelu lub sieci chelatowej jako wynik reakcji kationów metali z wtórnymi metabolitami porostowymi *Hypogymnia physodes* kwasem fizodowym, fizodalowym i kwasem fumaroprotocetrariowym. Powstająca, widoczna w obrazie mikroskopu, sieć lub śluz pokrywa powierzchnię i przestrzeń międzykomórkowe porostu. Ponieważ w licznych analizach

chemicznych stwierdzano obecność Cu^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} istnienie kleszczowych chelatów potwierdzała zanieczyszczenie badanych środowisk metalami.

Zastosowanie mikroskopii elektronowej umożliwiło również wskazanie dróg imisji toksyn do organizmu biowskaźnika. Prowadzone badania wskazały jednoznacznie, że głównymi przestrzeniami wnikania zanieczyszczeń w głąb plech porostowych są obszary rozluźnienia grzybni, charakterystyczne dla zlokalizowanych brzegowo soraliów wargowych oraz szczeliny oddechowe pseudocyfeli występujące na powierzchni plech. Powyższe badania udowodniły ochronną funkcję warstwy korowej plechy, zbudowanej z bardzo zwartej grubościennej grzybni. Podstawą wnioskowania w tym zakresie były analizy poziomu koncentracji metali ciężkich na powierzchni warstwy kory górnej plech i bezpośrednio pod nią, wykonane mikroanalizatorem EDX.

Jednym z istotnych elementów badań bioindykacyjnych jest szybka diagnoza wpływu niekorzystnych zmian środowiskowych na organizm biowskaźnika. Jest ona możliwa jeśli badacz jest w stanie ocenić różnice w wyglądzie cech morfologicznych zdrowego organizmu, a organizmu zmienionego pod wpływem toksyn środowiskowych. Wykorzystując *Pleurozium schreberi* zwrócono uwagę na cechy morfologiczne mchu w kontekście pojawiania się symptomatycznych zmian w organach wegetatywnych. W obrazie analizowanych zmian mikroskopowych listków mchu *Pleurozium schreberi* stwierdzano rozległe zmiany barwne w całej środkowej części blaszki włącznie z żeberkiem liściowym i nasadą. Przebarwienia wykazywały zróżnicowaną rozległość i mieściły się w przedziałach od 250 do 400 μm szerokości listka do 600 μm jego długości. Nie stwierdzano zmian na obrzeżach listków i rurkowato zwiniętych kończykach, co wynika z charakterystycznego dla tego gatunku mchu, rynienkowatego kształtu blaszki liściowej. Naturalnie wyprofilowana, łyżkowato wklęsła blaszka liściowa powodowała zaleganie rozpuszczonych w opadach atmosferycznych form jonowych metali na dnie rynienek liściowych, co sprzyjało procesom ich bioakumulacji. Ułatwienie wchłaniania (ektohydriczność) toksyn w tych częściach listków wynikało także z ich budowy anatomicznej ze względu na brak górnej ochronnej skórki (brak warstwy dermalnej). Dokonując wyboru mchów jako biowskaźników należy zatem brać pod uwagę tylko niektóre gatunki. Jednym z nich jest stosowany w badaniach *Pleurozium schreberi*, ponieważ jego cechy budowy morfologicznej, gęstość ulistnienia, skrętoległy sposób ułożenia listków gametofitowych na łodyżkach oraz kształt blaszek liściowych wpływają na intensywność bioakumulacji ze względu na ułatwioną możliwość i dużą powierzchnię

wchłaniania toksyn. Cech takich nie wykazują takie gatunki jak *Polytrichum commune* HEDW. czy *Thuidium tamariscinum* (HEDW.)SCHIMP.

Nowa, zaproponowana w badaniach metoda transplantacji, w której stwarza się transplantom warunki maksymalnie zbliżone do występowania w naturalnych siedliskach (zwarte darnie umieszczane na poziomie gruntu) sprawdziła się doświadczalnie zarówno pod kontem możliwości kumulacji zanieczyszczeń, jak również obserwacji makroskopowych i mikroskopowych. Zastosowanie proponowanej, wskazanej metody transplantacji w wytypowanych miejscach ekspozycji pozwala na porównanie wyników badań mchów pozyskiwanych z obszarów ich naturalnych siedlisk z wybranymi obszarami badawczymi. Zaletą tej metody jest wyeliminowanie wpływu naturalnych zapór w postaci koron drzew i warstwy zielnej występującej w ekosystemach leśnych na kumulację zanieczyszczeń, co ma bezsporny wpływ na intensywność i tempo immisji toksyn do tkanek. Proponowana metoda pozwala również na ściśle określenie czasu ekspozycji.

Kontrola czystości wód zbiorników śródlądowych może odbywać się poprzez ocenę składu chemicznego takich elementów biotopu jak woda lub osad denny. Niemniej istotnym elementem ekosystemu wód są organizmy zamieszkujące zbiorniki śródlądowe. Dlatego wydaje się słusznym łączenie analiz aparaturowych wody i osadów dennych z dynamiką liczebności populacji organizmów biowskaźnikowych, zwłaszcza jeśli wymagania siedliskowe gatunku pozostają w ścisłym związku z zasiedlanym biotopem. Potwierdziły to wykonane w tym zakresie badania, w których posłużono się nowym, niestosowanym w biomonitoringu gatunkiem ślimaka rozdętką zaostrzoną (*Physella acuta*), gatunkiem detrytofagicznym żerującym na osadach dennych. Przedstawiono zależność w kumulacji metali ciężkich wskazując na układ woda – osad denny (detrytus) - mięczaki i wykazano w jakim stopniu wytypowany ślimak spełnia wymogi stawiane bioindykatorom oceniając w ten sposób wartość wskaźnikową gatunku. Niezwykle cennym wynikiem badań, zdaniem autorki, była stwierdzona, zróżnicowana kolejność poziomu koncentracji pierwiastków (dla Zn w kolejności: woda < osad < mięczak, dla Pb woda < mięczak < osad dla Cd występują rozbieżności w zależności od terminu prowadzonych badań dla II kwartału roku przyjmuje on postać: mięczak < woda < osad, III kwartału roku woda < osad < mięczak. Przedstawione zależności upoważniają do stwierdzenia, że w przypadku Zn głównym jego źródłem w organizmie biowskaźnika jest detrytus stanowiący osad denny, w przypadku Pb i Cd zarówno woda jak i pobierany w postaci pokarmu detrytus. Stan ekologiczny zbiorników oceniano również na podstawie ilości zebranego materiału biologicznego w korelacji

z terminem poboru próbek , pH wody oraz zanalizowano wyniki konduktywności wody i wpływ tego parametru na liczbę odłowionych ślimaków z rodzaju *Lymnaea*, *Physella*, *Planorbarius*. Otrzymane wyniki w sposób jednoznaczny wykazały najbardziej dynamiczny wzrost liczebności populacji ślimaka z rodzaju *Physella* w stosunku do pozostałych, analizowany na tle tych samych warunków biotopowych. Nisza ekologiczna zasiedlana przez ślimaki z rodzaju *Physella* to strefa ekotonu płytkich obrzeży zbiornika z preferencją wystawy pd-zach , o stosunkowo wysokiej temperaturze wody na żerowisku (14 °C w miesiącach wczesnowiosennych do 17°C w miesiącach letnich). Cechy morfometryczne badanych zbiorników stanowiące obszar badań wskazują , że są one akwenami o niewielkiej głębokości z dużą powierzchnią lustra wody. Ze względu na stosunkowo niewielką głębokość nie występują w nich procesy stratyfikacji, co powoduje ogrzewanie wody w jednakowym stopniu w całym słupie wody. Efektem tych procesów są wysokie temperatury panujące w zbiornikach co wykorzystuje, dynamicznie zwiększająca swój zasięg występowania *Physella acuta* .

Nowym elementem badań bioindykacyjnych zaproponowanym w niniejszym opracowaniu są eksperymenty z wykorzystaniem *Eisenia fetida*, w których testowano przeżywalność , rozrodczość i zdolności kumulacyjne dżdżownic wobec toksyn dotychczas nie badanych pod tym kontem, a stanowiących poważny problem środowiskowy, takich jak kauczuk dienowy cis 1,4-polibutadien (BR) oraz kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy (NBR). W badaniach zanieczyszczenia środowiska glebowego z wykorzystaniem *Eisenia fetida* zwrócono uwagę na zawartość Ca i C w tkankach, koprolitach i wermikompoście wytwarzanym przez dżdżownice. Wapń ma istotne znaczenie w procesach trawiennych *Eisenia fetida*, a węgiel w budowie tkanek tego organizmu. Analiza poziomu kumulacji wyrażona w procencie wagowym w tkankach wzrastała wraz z czasem w odniesieniu do węgla i po upływie 9-ciu miesięcy żerowania na podłożu zanieczyszczonym olejem napędowym stwierdzono zwiększenie o 30% jego ilości, co wskazuje na wbudowywanie wymienionego pierwiastka w tkanki organizmu. Nastąpiła również kumulacja metali ciężkich w tkankach dżdżownic. Najwyższy poziom kumulacji toksyn stwierdzono w przypadku Pb 24,75 razy więcej w stosunku do próby kontrolnej oraz kolejno Cd-1,44 razy więcej i Zn 0,55 razy więcej. Ze względu na wysoki poziom toksyczności wymienionych pierwiastków i przeżywalność dżdżownic w tych warunkach należy wskazać na zdolności adaptacyjne i odporność indykatora na wprowadzone do biotopu zanieczyszczenia.

Ocena zastosowania *Eisenia fetida* do kontroli środowiska zanieczyszczonego kauczukiem dienowym cis 1,4-polibutadienu (BR) na podstawie badania współczynnika urodzeń, który wykazał tendencję wzrostową mimo stałej obecności toksyny w środowisku potwierdza zdolności adaptacyjne dżdżownicy kalifornijskiej. W badaniach wykorzystano analizy statystyczne, w których równanie liniowego wykresu trendu dla próbki kontrolnej ($y = 2,7743x + 8,6733$, przy $R^2 = 0,272$) i dla próbki badawczej ($y = 3,6514x + 0,6867$, przy $R^2 = 0,4214$) potwierdzają przyjęte hipotezy.

Stwierdzono zachodzenie pełnego cyklu rozwojowego z zachowaniem wszystkich jego etapów (stadium kokonów, nie wybarwionych postaci młodocianych i wybarwionych form dojrzałych rozrodczo). Uzyskano wzrost liczebności populacji dżdżownicy kalifornijskiej dla każdego etapu cyklu rozwojowego, co świadczy o tym, że wprowadzenie wulkanizatu kauczuku butadienowego do gleby z hybrydą kalifornijską, dzięki jej aktywności troficznej powoduje całkowity jego rozkład, i nie hamuje procesów rozrodczych dżdżownicy. Rozkład wulkanizatu kauczuku butadienowego potwierdzono wykonując analizę derywatograficzną badanych próbek.

Mając powyższe na uwadze, wskazując wartość wskaźnikową gatunku, należy brać pod uwagę wieloczynnikowe oddziaływanie elementów biotopu zgodnie z założeniami ciągle aktualnego i obowiązującego w ekologii prawa Shelforda. Dowodzi ono, że zakres tolerancji gatunku na określony parametr środowiskowy kształtowany jest w ścisłej zależności od pozostałych zmiennych środowiskowych. Należy przy tym pamiętać, że czynniki środowiskowe działają kompleksowo, dlatego zakres tolerancji względem jednego czynnika jest zależny od aktualnego natężenia pozostałych.

Przeprowadzone i udokumentowane badania wykazały charakterystyczne reakcje biowskaźników na tle koncentracji toksyn, co należy uznać za system wczesnego ostrzegania i brać pod uwagę w kontekście ochrony warunków życia człowieka.

Bibliografia

- Barker M.J. 1976:** Biological monitoring principles methods and difficulties (in) M.J Barker (ed.) Marine ecology and oil pollution, Wiley and Sons. Inc. New York, : 41-53
- Berger B., Dallinger R., 1993:** Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental metal pollution. Environ. Monit. Assess. 25: 65–84.
- Białońskiej D., Dayan F.E., 2005:** Chemistry of the lichen *Hypogymnia physodes* transplanted to an industrial region. Journal of Chemical Ecology, Vol. 31, No. 12, : 2975-2991.

- Bick H., 1982 :** Bioindikatoren und Umweltschutz, Dechemniana – Beichefte, Berlin
- Błaszczyk M. K., 2007:** Mikroorganizmy w ochronie środowiska, PWN, Warszawa
- Brodo I.M., 1961:** Transplanted experiments with corticolus lichens using a new technique. Ecology 42, : 838-841.
- Budka D., Przybyłowicz W.J., Mesjasz-Przybyłowicz J., Sawicka-Kapusta K., 2002:** Elemental distribution in lichens transplanted to polluted forest sites near Kraków (Poland). Volume: 189, Issue: 1-4, April, 2002, : 499-505.
- Burton R.M. 1983:** Flora of the London Area. 225pp. London Natural History Society
- Burton M.A.S., 1986:** Biological monitoring of environmental contaminants (plants), Rapost 32, GEMS – Monitoring and Assessment Research Centre, King's College London, University of London
- Calatayud A., Temple P. J., Barrend E., 2000:** Chlorophyll a fluorescence emission, xanthophyll cycle activity, and net photosynthetic rate responses to ozone in some foliose and fruticose lichen species, [w:] Photosynthetica 38, : 281-286
- Calvelo S., Liberatore S., 2004:** Applicability of In Situ or Transplanted Lichens for Assessment of Atmospheric Pollution in Patagonia, Argentina, Journal of Atmospheric Chemistry 49: 199- 210
- Carreras H.A., Pignata M.L., 2002:** Biomonitoring of heavy metals and air quality in Cordoba City, Argentina, using transplanted lichens. Environmental Pollution, 117, : 77-87.
- Chitmanat C., Pracobsin N., Chaibu P., Traichaiyapom S., 2008:** The use of acetylcholinesterase inhibition in river snails (*Sinotaia ingallsiana*) to determine the pesticide contamination in the Upper Ping River, International Journal of Agriculture and Biology, 10 (6), :658-660
- Coeurdassier M., Scheifler R., de Vaufléury A., Crini N., Saccomani C., Salomon Du Mont L., Badot P.M., 2007:** Earthworms influence metal transfer from soil to snails, Applied Soil Ecology, 35(2), :302-310
- Conti M.E., Cecchetti G., 2001:** Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review, Environmental Pollution 114, :471-492
- Conti M.E., Tudino M., Stripeikis J., Cecchetti G., 2004:** Heavy Metal Accumulation in the Lichen *Evernia prunastri* Transplanted at Urban, Rural and Industrial Sites in Central Italy. Journal of Atmospheric Chemistry 49: 83–94,
- Cortés E., 2003:** Investigation of air pollution in Chile using biomonitors, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 262, No. 1 : 269-276
- Czerniawska-Kusza I., Szoszkiewicz K. 2007:** Biologiczna i hydromorfologiczna ocena wód płynących na przykładzie rzeki Mała Panew. Katedra Ochrony Powierzchni Ziemi, Uniwersytet Opolski.
- De Jonie H., Freijer J.I. 1997:** Relation between bioavailability and fuel oil hydrocarbon composition in contaminated soils. Environ. Sci. Technol., 7, :389-402
- Ehmke W., 1982:** Erfassung von Immissions-schadwirkungen an Pflanzen und Tieren mit Bioindikatoren .
- Elder J.F., Collins J.J., 1991:** Freshwater molluscs as indicators of bioavailability and toxicity of metals in surface-water systems Rev. Environ. Contam. Toxicol., 122: 37-79.
- Ellenberg H., 1972 :** Belastung und Belastbarkeit von Ökosystemen, Tagungsbericht der Gesellschaft für Ökologie, Giessen
- Ellenberg H., 1979:** Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas, 2. Aufl., „Scripta Geobotanica“, 9, : 1–122.
- Garty J., 1987:** Metal amounts in the lichen *Ramalina duriaei* (De Not) Bagl. transplanted at biomonitoring sites around a new coal-fired power station after 1 year operation. Environ. Res. 43, : 104-116.

- Garty J., Levin T, Lehr H., Tomer S., Hochman A., 2004:** Interactive Effects of UV-B Radiation and Chemical Contamination on Physiological Parameters in the Lichen *Ramalina lacer*, *Journal of Atmospheric Chemistry* 49: 267–289.
- Godinho R.M., Freitas M.C., Wolterbeek H.Th., 2004:** Assessment of Lichen Vitality During Transplantation Experiment to a Polluted Site. *Journal of Atmospheric Chemistry*. Vol. 49, Issue: 1-3, November 2004, : 355 – 361.
- Godzik B., Kiszka J., 1998:** Concentration of heavy metals In thalluses of *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. In the Czarna Wisłoka and Biała Wisłoka catchments, W: S. Wróbel (red.) *Environmental degradation of the Czarna Wisłoka and Biała Wisłoka catchments, Western Carpathians*, *Studia Nature* 44, :73-80
- Godzik B., Szarek-Łukaszewska G., 2005:** Plant bioindicators In the environmental monitoring, *Ecological Chemistry and Engineering*, Vol. 12, No. 7, :677-693
- Gomot-de Vaufleury A., Kerhoas I., 2000:** *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 64 (3), : 0434 - 0442
- González C.M., Orellana L.C., Casanovas S.S., Pignata M. L., 1998:** Environmental conditions and chemical response of a transplanted lichen to an urban area. Vol. 53, : 73-81.
- Grodzińska K., 1978:** Mosses as a bioindicators of heavy metal pollution In Polish National Parks. *Water, Air, and Soil Pollut.* 9 ss. 83-97
- Grodzińska K., Szarek G., Godzik B., 1990:** Heavy metal deposition in Polish National Parks. Changes during ten years. *Water, Air Soil Pollut.*, 49, :409-419,
- Grodzińska K., Szarek G., Godzik B., Braniewski S., Chrzanowska E. 1994:** Mapping air pollution in Poland by measuring heavy metal concentration in mosses. W: *Climate and Atmospheric Deposition Studies in Forests*. (eds: J.Solon, E.Roo-Zielińska, A. Bytnerowicz). *Conference Papers IGSO PAS 19*, Warszawa: 197–209.
- Grodzińska K., Szarek-Łukaszewska G., Godzik B., Braniewski S., Budziakowska E., Chrzanowska E., Pawłowska B., Zielonka T., 1997:** Ocena skażenia Polski metalami ciężkimi przy użyciu mchów jako biowskaźników. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. Instytut Botaniki im W. Szafera PAN. *Bibl. Monit. Środ.*, Warszawa, s. 83,
- Jensen M., Chakir S., Feige G.B., 1999:** Osmotic and atmospheric dehydration effects in the lichens *Hypogymnia physodes*, *Lobaria pulmonaria*, and *Peltigera aphthosa*: an in vivo study of the chlorophyll fluorescence induction, *Photosynthetica* 37 (3), :393-404
- Jeran Z., Byrne A.R., Batić F., 1995:** Transplanted epiphytic lichens as biomonitors of air – contamination by natural radionuclides around the Žirowski VRH Uranium Mine, Slovenia. *Lichenologist* 27(5), : 375-385
- Jóźwiak M., 2007:** Kumulacja metali ciężkich i zmiany morfologiczne porostu *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 8/07, :51-56
- Jurkiewicz-Karnkowska E., Krolak E., 1996:** Heavy metal concentrations in molluscs from the Zegrzynski Reservoir and the rivers supplying it, *Pol. Arch. Hydrobiol.* 1996, 43(3), 335-346.
- Jurkiewicz – Karnkowska E., Królak E., 2000:** Stężenia metali ciężkich (Cu, Zn, Mn, Fe, Pb, Cd) w mięczakach ze zbiornika Zegrzyńskiego na tle poziomu tych pierwiastków w innych elementach ekosystemu, *Chemia i Inżynieria Ekologiczna* t. 7, nr 11, : 1189 - 1198
- Kosiba P., 2004:** Biomonitoring of Air Reactions of Mosses in Conditions of Pollution with Industry Emissions. , *Bot., U Wroc.*, : 74-77,
- Malkholm M.M., Bennett J.P., 1998:** Mercury accumulation in transplanted *Hypogymnia physodes* lichens downwind of Wisconsin chloralkali plant, *Water, Air, and Soil Pollution* 102: 427–436
- Majstrik V., 1992:** Principles of Bioindication and Biomonitoring Theoretical Problems and Practical Applications. [In:] J. Bohac (ed). *Bioindicators Deterioration in Regions*. Ceske Budejovice: 11–23.

- Mizera A., 2007:** Gleba. Mechanizmy jej degradacji oraz metody rekultywacji” Publikacja GreenWorld – Ochrona Środowiska i Ekologia. 1.
- Motiejūnaitė J., 2007:** Epiphytic lichen community dynamics in deciduous forests around a phosphorus fertiliser factory in Central Lithuania, *Environmental Pollution*, 146 :341-3
- Nalęcz-Jawecki G., 2003:** Badanie toksyczności środowiska wodnego metodą bioindykacji, *Biul. Wyd. Farm.AMW*, 2.
- Parleman H., Meili M., 1993:** Mercury in macroinvertebrates from Swedish forest lakes: influence of lake type, habitat, life cycle and food quality. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, nr 50 s. 521–534.
- Piotrowski S., 1999:** Heavy metal contents in shells of *Lymnaea peregra* (O.F. Müll.) and *Lymnaea stagnalis* (L.) from a fish pond in the area of Kłęby near Nowogard. *Quaternary Studies in Poland, Special Issue*: 281–288.
- Piotrowski S., 2006:** Zależność koncentracji metali ciężkich i węgla organicznego w muszlach mięczaków słodkowodnych : *Lymnaea peregra* (Müller, 1774), *Lymnaea stagnalis* (L.) i *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) od ich wielkości, *Przegląd Geologiczny*, vol. 54, nr 6, : 501 – 508
- Piotrowski S., Wiertlewska A., 1999:** Koncentracje metali ciężkich (Cu, Pb, Zn, Co, Cd, Hg) w muszlach mięczaków słodkowodnych z Rostoki Odrzańskiej.[In:] XV Krajowe Seminarium Malakologiczne. Łódź: 49–50.
- Poličnik H., Batič F.,Cvetka R.L., 2004:** Monitoring of Short-Term Heavy Metal Deposition by Accumulation in Epiphytic Lichens (*Hypogymnia Physodes* (L.) Nyl.) *Journal of Atmospheric Chemistry*. Vol. 49, Issue: 1-3, November 2004, : 223 – 230.
- Rühling A., Tyler G., 1973;** Heavy metal deposition in Scandinavia, *Water, Air Soil Pollut.*, ss. 2, :445-455
- Rühling A., Brumelis G., Goltsovva N., Kvietkus K., Kubin E., Liiv S., Magnusson S., makinen A., Pilegaard K., Rasmussen L., Sander E., Steinnes E. 1992;** Atmospheric heavy metal deposition in Northern Europe 1990. *Nord* 1992, : 12-41,
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Gdula-Argasińska J., 2005:** Air pollution in the base stations of the Environmental Integrated Monitoring System in Poland, *Air Pollution XIII*, :465-475
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Bydłoń G., 2007:** Biological monitoring – the useful method for estimation of air and environment quality, *Air Pollution XV*, : 353-362
- Scott-Fordsmand J.J., Weeks J.M., Hopkin S.P., 2000:** Importance of contamination history for understanding toxicity of copper to earthworm *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Annelida), using neutral-red retention assay, *Environ.Toxicol. Chem.*, vol. 19, s.1774–1780.
- Sloof J.E., 1995:** Lichens as quantitative biomonitors for atmospheric trace-element deposition, using transplants. *Atmospheric Environment*. Vol. 29, Issue: 1, January, 1995, : 11-20.
- Tyler G., 1990;** Bryophytes and heavy metals: a literature review. *Bot. Jourin. Linnea. Soc.*, ss. 104, : 231-253,
- Van-Balognah K., Fernandez D.S., Salanki J., 1988:** Heavy metal concentrations of *Lymnaea stagnalis* L. in the environs of lake Balaton (Hungary), *Wat. Res.* 22, : 1205-1210
- Vestergaard N.K. , Stephansen U. , Rasmussen L., Pilegaard K., 1986:** Airborne heavy metal pollution in the environment of a danish steel plant, *Water, Air, & Soil Pollution*, Vol. 27, No 3-4, :363-377
- Vinogradov B.V. 1992:** Remote sensing bioindication errors. (in) J. Bohac (ed.) *Bioindicators ReVIth Int. Conf. Ceskie Budejovice*, : 53-59.

2. Główne osiągnięcia naukowe, elementy nowości naukowej

Za najcenniejsze osiągnięcia naukowe uważam:

1. Wykazanie ektohydryczności porostów i znaczenia szczelin pseudocyfeli w tym procesie

Publikowane w naukowych opracowaniach lichenologicznych informacje wskazujące na drogi immisji zanieczyszczeń w głąb plech porostowych jednoznacznie opisują bezskuteczność ochronną warstwy dermalnej lub wręcz jej brak na powierzchni porostów jako podstawową przyczynę ich dużej wrażliwości na zanieczyszczenia. Przeprowadzone przeze mnie badania z zastosowaniem mikroskopii elektronowej i analizy EDS zmieniają pogląd na wcześniejsze założenia. Analiza mikroskopowa komórek grzybni tworzących warstwę kory górnej wykazuje dużą zwartość i grubościennność komórek, co daje jej dużą skuteczność w ochronie przed zanieczyszczeniami, weryfikując w ten sposób przyjęte wcześniej poglądy. Natomiast główne obszary wnikania zanieczyszczeń w głąb plechy odbywają się przez naturalne odslonięcia plechy w postaci licznych pęknięć pełniących funkcję w wymianie gazowej. Przeprowadzone badania wykazały występowanie wyższych wartości toksyn w szczelinach i na ich dnie, w stosunku do powierzchni plechy.

2. Wykazanie zależności między budową morfologiczną a własnościami bioindykacyjnymi mchu *Pleurozium schreberi*

Dobór organizmów spełniających wymagania biowskaźników obwarowany jest wieloma wymaganiami. Jednym z nich jest specyficzna dla gatunku wskaźnikowego budowa morfologiczna i anatomiczna, która może sprzyjać lub utrudniać wnikanie zanieczyszczeń czyniąc badany organizm bardziej lub mniej skutecznym wskaźnikiem. Liczne obserwacje mikroskopowe zmian morfologicznych występujące w listkach mchu wykazały zmiany w ściśle określonych obszarach badanych listków. Zmiany nekrotyczne przejawiające się zmianami barwnymi wzdłuż żeber liściowych i nasady listków wymusiły dokładną analizę miejsca kumulacji zanieczyszczeń. Kumulacja, a więc zaleganie toksyn oddziałujących na komórki asymilacyjne i przewodzące wynika z rynienkowatego kształtu blaszki listka, stąd zmiany i kumulacja zanieczyszczeń następuje w głębi listków a nie na ich obrzeżach. Brak skórki górnej listka wzmacnia ektohydryczność mchu, co jest pełnym uzasadnieniem wykorzystania tego gatunku w metodach bioindykacji.

3. Opracowanie metody transplantacji mchu *Pleurozium schreberi*

Mech *Pleurozium schreberi* w bioindykacji był wykorzystywany od 1979 roku, kiedy po raz pierwszy zastosowała go prof. Krystyna Grodzińska. Gatunek ten był zawsze stosowany w metodach pasywnych. W metodzie tej wykorzystuje się organizm biowskaźnikowy występujący w jego naturalnych warunkach. Stosowanie tej metody ma duże ograniczenia związane z brakiem występowaniem biowskaźnika. Zaproponowana i sprawdzona przez mnie metoda polegająca na transplantacji darni mchu w skrzynkach i jej ekspozycja w punktach badania zanieczyszczenia powietrza umożliwia pełną kontrolę czasu ekspozycji i odległości od źródła emisji, jednocześnie nie powodując stresu środowiskowego wynikającego z przeniesienia darni z warunków naturalnych do miejsc eksperymentu naukowego.

4. Wprowadzenie na listę biowskaźników nowego gatunku ślimaka *Physella acuta*
Physella acuta jest ślimakiem, który ze względu na dynamiczne rozszerzenie zasięgu występowania i ścisły detrytofagizm spełniania warunki stawiane biowskaźnikom. Rozszerzanie zasięgu z obszarów ciepłych wód strefy śródziemnomorskiej na obszary północnej Europy i zasiedlanie śródlądowych zbiorników wodnych w szczególności ich płytkich stref przybrzeżnych - miejsc żerowania tego gatunku wynika z notowanego ocieplania klimatu, co jest podstawową cechą wskaźnikowości opisywanego gatunku.

3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-dydaktycznych

Poza głównym nurtem moich zainteresowań naukowych związanych z bioindykacją swoją aktywność po uzyskaniu stopnia naukowego doktora akcentowałam aktywnym udziałem w projektach badawczych, międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych, wyprawach naukowych, pracy dydaktycznej ze studentami oraz działalności na rzecz środowiska.

3.1. Udział w projektach badawczych

W latach 2009-2011 uczestniczyłam w międzynarodowym projekcie realizowanym przez Centrum Badań Kosmicznych PAN pt. Monitoring of Soil, Water and Energy Exchange (SWEX) in Poland for Validation of SMOS, CAL/VAL A.O. ID 3275. W ramach projektu prowadziłam pomiary naziemne przy wykorzystaniu LAI.W modelach tworzonych dla hiperspektralnych danych satelitarnych głównym źródłem informacji są krzywe odbicia

spektralnego. Wprawdzie wskaźniki oblicza się za pomocą matematycznych zależności wartości odbicia w poszczególnych kanałach, to jednak muszą one zostać poddane dokładnej weryfikacji bazującej na danych naziemnych. Problemem badawczym w programie była analiza związków między wskaźnikami roślinnym LAI pozyskiwanym z poziomu naziemnego i obrazu satelitarnego. Mimo, że projekt się skończył, aktualnie prowadzone są jeszcze analizy zdjęć satelitarnych terenu Gór Świętokrzyskich i przygotowywana będzie publikacja.

Od roku 2009 do chwili obecnej uczestniczę w realizacji programu Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. W programie realizuję badania dotyczące oceny stanu środowiska w centralnej części Gór Świętokrzyskich na podstawie biegaczowatych (*Carabidae*), dynamiki i chemizmu opadu organicznego, bioty porostów występujących na stałych powierzchniach doświadczalnych oraz stopnia defoliacji i odbarwienia organów asymilacyjnych. Wyniki przekazywane są do Centrum ZMŚP w Poznaniu i m.in. na ich podstawie przygotowywany jest raport oceny stanu geoeosystemów Polski na potrzeby Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska.

Badania *Carabidae* prowadzę na dwóch powierzchniach na północnym stoku Łyśca: w lesie górskim i lesie wyżynnym. Wyniki wieloletnich badań (2009-2013) wskazują, że na obydwu powierzchniach dominują sztuki duże. W ogóle nie stwierdzono występowania chemizoofagów. Wskaźnik łowności kształtował się na przeciętnym poziomie (średnia dla badanych powierzchni wynosiła $L=0,51$), natomiast daje się zauważyć zróżnicowanie między powierzchniami. Wskaźnik łowności w lesie górskim jest niższy w stosunku do lasu wyżynnego. Kolejnymi parametrami wskazującymi na kondycję ekosystemu, które przyjęto do analizy były: wskaźnik dominacji Simpsona, wskaźnik różnorodności H' Shannona-Wieniera, oraz wskaźnik równomierności Shanonna i Weavera. Wskaźnik dominacji Simpsona stwierdzony na poziomie 0,1541 dla lasu górskiego i 0,1945 dla lasu wyżynnego świadczy o niewielkiej różnorodności badanych zbiorowisk.

W cyklu biogeochemicznym ekosystemu leśnego opad organiczny odgrywa bardzo istotną rolę. Jest bowiem ogniwem obiegu pierwiastków w systemie roślina gleba. Badania dynamiki i chemizmu opadu organicznego prowadzę na stałych powierzchniach, w dwóch biogrupach: jodłowo-bukowej i bukowej. Na powierzchni z drzewostanem jodłowo-bukowym, średnia masa opadu z wielolecia 2009-2013 wynosiła $282,20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s.m.}$ Na powierzchni z dominującym drzewostanem bukowym, masa opadu była wyższa i wynosiła $320,10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s.m.}$ Istotnym składnikiem w ogólnej masie opadu organicznego, o największym

znaczeniu edaficznym, są organy asymilacyjne i ich skład botaniczny, ze względu na wysoką i zróżnicowaną zawartość w nich składników mineralnych łatwo wracających do obiegu biologicznego oraz specyficzne zróżnicowanie w nich stosunków kationowo - anionowych, bezpośrednio wpływających na właściwości gleb. Analizowane powierzchnie różnią się między sobą udziałem poszczególnych organów w całkowitej masie. Zarówno w drzewostanie jodłowo-bukowym, jak i bukowym dominują liście, odpowiednio 5,4% i 96,54%. Igły procentowo miały swój większy udział w drzewostanie jodłowo-bukowym (43,64%). Przeprowadzona analiza składu chemicznego zebranego materiału wskazuje, że wraz z opadem organicznym do gleby dostają się w kolejności: $\text{Na} > \text{C}_{\text{org}} > \text{N}_{\text{ogól}} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}_{\text{ogól}} > \text{S}_{\text{ogól}}$

W przypadku porostów wykonuję badania dynamiki powierzchni plech porostów występujących na stałych powierzchniach i określám czynniki naturalne i antropogeniczne mające wpływ na występowanie bioty porostów. Dotychczasowe badania wskazują, że w zależności od zmieniających się warunków środowiskowych, głównie warunków meteorologicznych (temperatury powietrza, nasłonecznienia, wilgotności względnej powietrza, opadów), ale także stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego plechy porostów wykazują zmienną dynamikę przyrostu.

Również na stałych powierzchniach doświadczalnych corocznie dokonuję oceny stopnia defoliacji oraz stopnia odbarwienia organów asymilacyjnych korelując uzyskane dane z warunkami meteorologicznymi (wielkość opadu, temperatura, wilgotność względna powietrza) oraz danymi dotyczącymi chemizmu powietrza (SO_2 , NO_2 , O_3).

Wyniki badań były opublikowane w czasopismach z listy JCR (Zał. 3 poz.5,8,13) oraz w czasopismach punktowanych znajdujących się na liście B MNiSzW (Zał. 3 poz. 15,17,20).

W latach 2010 - 2013 uczestniczyłam jako główny wykonawca w realizacji projektu badawczego MNiSzW NN 305 061 839, pt. "Znaczenie bioindykacyjne porostów w ocenie zanieczyszczeń terenów kolejowych WWA i metalami ciężkimi". Wykonywałam badania bioty porostów (materiał dokumentacyjny dotyczący głównie porostów epilitycznych nitrofilnych jest aktualnie opracowywany) oraz warunków edaficznych ich występowania. Efektem projektu są publikacje z listy JCR (Zał. 3 poz. 5, 9, 10) oraz z listy B MNiSzW Załącznik 3 (Zał. 3 poz. 2).

W roku 2011 otrzymałam projekt badawczy własny MNiSzW, do realizacji w latach 2011-2014, NN 305 2980 40 pt. Wykorzystanie bioakumulatorów *Hypogymnia physodes* (L.)Nyl. i *Pleurozium schreberi* [Brid.] Mitt. do oceny zanieczyszczenia powietrza wielopierścieniowymi węglowodorami

aromatycznymi i metalami ciężkimi pochodzącymi z emisji liniowej. Etap badań terenowych został zakończony w kwietniu 2014r. Przez okres 3 lat w cyklach półrocznych były eksponowane porosty *Hypogymnia physodes* i mech *Pleurozium schreberi* na autostradzie A4 i drodze ekspresowej S7. W transplatach były oznaczane metale ciężkie i WWA. Część wyników jest już opublikowana w czasopiśmie z listy JCR (Załącznik 3 poz.2, 4,7, 12) i z listy B MNiSzW (Zał. 3 poz. 3,7, 8, 9, 10, 11).

Od wielu lat współpracuję z Uniwersytetem Opolskim. Efektem jest projekt badawczy NCN na lata 2012-2015 (nr umowy: DEC-2011/03/D/NZ9/00051), pt. "Głony *Spirogyra* sp. – biosensor zanieczyszczenia wód powierzchniowych metalami ciężkimi" realizowany na Uniwersytecie Opolskim. W projekcie jestem głównym wykonawcą. Dotychczasowym efektem są dwie publikacje z listy JCR (Zał. 3 poz. 1, 3).

Ważnym elementem mojej pracy naukowej była możliwość wykorzystania, wdrażania i zastosowania w praktyce wyników prowadzonych badań. Dzięki systematycznym badaniom na zamówienie Koordynatora ZMŚP od 2009 roku przygotowuję wraz z zespołem opracowania zawierające ocenę stanu geoekosystemu w centralnej części Gór Świętokrzyskich. Na jej podstawie sporządzana jest ocena stanu środowiska w Polsce (Zał. 3 poz. M 2, 5, 7, 11,14).

Od roku 2010, na zlecenie PT "Łysogóry" włodarza jaskini Raj, uczestniczę także w badaniach mających na celu dokonanie corocznej oceny funkcjonowania środowiska Jaskini Raj. Ocena wykorzystywana jest do zarządzania jaskinią, która znajduje się pod stałą antropopresją przemysłowo-turystyczną. Opracowany materiał badawczy przekazywany jest także do Okręgowej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Kielcach. Na tej podstawie wydawane jest pozwolenie na użytkowanie jaskini. Opracowania te zawierają wskazania dotyczące intensywności ruchu turystycznego w jaskini , sposobów zmniejszania ditlenku węgla w jej wnętrzu, ograniczenia wahań temperatury i wilgotności względnej powietrza związanych z ruchem turystycznym (Zał. 3 poz. M 1, 4, 8,10).

W latach 2009-2012 na zlecenie Wydziału Ochrony Środowiska Urzędu Miasta w Kielcach wykonywałam badania w ramach projektu "Ocena zanieczyszczenia powietrza w Kielcach na podstawie biomonitoringu jako element monitoringu przyrodniczego w realizacji ekorozwoju oraz zarządzania środowiskiem miasta" (Zał. 3 poz. M 6, 9, 12, 15).

W roku 2010 na zlecenie Urzędu Miasta w Kielcach wykonałam część biotyczną do Raportu wskaźnikowego w zakresie zarządzania środowiskiem i zrównoważonym rozwojem miasta Kielce dla potrzeb opracowania programu ochrony środowiska przy wsparciu miejskiego systemu informacji przestrzennej (GIS). Opracowałam

również mapy przestrzennego zanieczyszczenia powietrza w mieście na podstawie biomonitoringu (Zał. 3 poz. M 13).

Rozwój badań przy wykorzystaniu biowskaźników pokazał fundamentalne znaczenie tej metody , ponieważ wykazał bardzo duże możliwości przełożenia wpływu stanu zanieczyszczenia środowiska na organizmy znajdujące się pod wpływem zanieczyszczeń. Biowskaźniki skutecznie posłużyły do oceny stanu zanieczyszczenia powietrza w obszarach uzdrowiskowych . Ocena taka wskazała walory zdrowotne badanych uzdrowisk.

W 2013r na zapotrzebowanie gminy Solec Zdrój we współautorstwie dokonałam oceny stopnia zanieczyszczenia powietrza w Solcu Zdroju wykazując ponownie dużą skuteczność metody badań tj. transplantacje do obszarów badanych wytypowanego przeze mnie biowskaźnika (Zał. 3 poz. M. 3).

3.2. Udział w konferencjach międzynarodowych i krajowych

Rozwój bioindykacji na świecie i prowadzone przez liczne placówki badania w tym zakresie spowodowały, że miałam możliwość uczestniczenia w wielu konferencjach naukowych podejmujących problematykę wykorzystania biowskaźników w badaniach środowiskowych. Były to zarówno konferencje krajowe , zagraniczne jak również wyprawy naukowe mające charakter warsztatów naukowych.. Łącznie, aktywnie uczestniczyłam w 24 konferencjach, w tym 14 międzynarodowych. Wygłosiłam 10 referatów na konferencjach międzynarodowych, w tym 3 zamawiane oraz 10 referatów na konferencjach krajowych, w tym 4 zamawiane. Na konferencjach międzynarodowych swoje wyniki prezentowałam również w postaci posterów. Łącznie przygotowałam 20 posterów (Zał. 3 poz. III K)

3.3. Wyprawy naukowe

Istotną częścią mojej pracy naukowej umożliwiającą poznawanie organizmów wskaźnikowych dla zróżnicowanych obszarów klimatycznych były wyprawy naukowo-badawcze w różne rejony świata (Wyprawa na Spitsbergen organizowana przez Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, 01-05. 07. 2007r.; Wyprawa do Ameryki Południowej - Peru, Chile, Boliwia organizowana przez Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, 31.01. - 15.02. 2009r.; Wyprawa na wyspy Południowo-Wschodniej Azji (Malesia, Filipiny) organizowana przez Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, 22.01. - 07.02.2010r.; III Warsztaty Geograficzne "Krym - Półwysep georóżnorodności", Simferopol , Authonomic Republic of Crimea, Ukraine 17-24.09.2010r.; Warsztaty Geograficzne "Turcja - bogactwo przyrodnicze na styku kultur" 28.04.- 07.05. 2011r.; Warsztaty Geoekologiczne

Stowarzyszenia Geomorfologów Polskich "Amazonia 2012" 14.04.-05.05.2012r.; Wyprawa na Saharę Zachodnią (Maroko, Mauretania, Senegal) organizowana przez Polskie Towarzystwo Geograficzne 15.11-02.12.2013r.. Wyprawy miały charakter zajęć warsztatowych, na których wraz ze specjalistami z takich dziedzin nauki jak hydrologia, geomorfologia, klimatologia szkoliłam się w zakresie poznawania specyfiki i wymagań ekologicznych gatunków, które w tamtych obszarach mogą pełnić funkcje biowskaźników. Dla strefy obszarów arktycznych były to organizmy tundry mszysto-porostowej, które scharakteryzowałam w publikacjach: „Charakterystyka cech gatunkowych porostów występujących na Calypsostrandzie (SW Spitsbergen)” (Zał. 3 poz. 18) oraz „Przyczynek do poznania lichenobioty Bellsundu (SW Spitsbergen)” (Zał. 3 poz. 23). Dla stref deszczowych lasów tropikalnych wytypowałam powszechnie występującą na obrzeżach kompleksów leśnych puszczy tropikalnej roślinę drzewiastą, makarangę olbrzymią (*Macaranga gigantea* (Reichb.f. & Zoll.) Müll.Arg.). Dla strefy pustynnej krzewy tamaryszku (*Tamarix gallica* L.)- (publikacja w opracowaniu), zaś warunków wysokogórskich i strefy klimatycznej Andów Peruwiańskich rodzaj „aire plants”, oplawę (*Tillandsia sp.*) - Załącznik 3.

3.4. Współpraca naukowa

Problemy oceny stanu środowiska przy użyciu metod bioindykacyjnych są nowoczesnymi i dynamicznie rozwijającymi się metodami badawczymi. Stąd też wzrasta zainteresowanie światowych ośrodków badawczych powyższymi zagadnieniami. Stwarza to możliwość porównywania badań własnych i wyników światowych. Moje uczestnictwo w konferencjach międzynarodowych spowodowało odzew ośrodków badawczych i propozycję współpracy w zakresie badań bioindykacyjnych. Aktualnie współpracuję z:

- prof. Evgeny M.Nestorowem z Państwowego Rosyjskiego Uniwersytetu Pedagogicznego im. A.I. Hercena w Sankt-Petersburgu (Rosja). Współpraca dotyczy wykorzystywania metod bioindykacyjnych do oceny zanieczyszczenia powietrza w aglomeracjach miejskich. Omówienie zakresu współpracy odbyło się w czasie mojej wizyty w Sankt Petersburgu w dniach 07-11.07.2010r. Prof. Nestorov był w Katedrze Ochrony i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach w czerwcu 2011r., w październiku 2012r. i w wrześniu 2014r.
- prof. Ekateriną A. Pozaczeniuk z Tauryckiego Narodowego Uniwersytetu im. W. Wernackiego w Symferopolu. Współpraca dotyczy inwentaryzacji lichenobioty południowo-wschodniej części Krymu i określenie biowskaźników dla tego terenu. Omówienie zakresu współpracy odbyło się w czasie mojej obecności na Krymie 17-24.09.2010r. prof.

Pozaczeniuk była w Kielcach w dniach 05-07 lipca 2012r. Obecnie współpraca ta jest znacznie utrudniona.

- prof. Benem Dziegielewskim z Southern Illinois-Carbondale, Geography and Environmental Resources (USA). Współpraca dotyczy hydrobiologii i organizmów wskaźnikowych wód lotycznych i lenitycznych. Z mojej inicjatywy prof. Dziegielewski wygłosił cykl wykładów na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w czasie swojego pobytu w Kielcach na zaproszenie kierownika Katedry Ochrony i Kształtowania Środowiska UJK.

- dr Manoj Makhija z Pondicherry University (Indie). Współpraca dotyczy wykorzystywania *Eisenia fetida* do wermikompostowania i utylizacji odpadów. Na aktualnym etapie wymieniamy korespondencję e-mailową. Dr Makhija zamierza przyjechać do Polski w październiku 2014r.,

W Polsce bardzo aktywnie współpracuję z Uniwersytetem Opolskim. Realizujemy wspólnie projekt badawczy NCN (Zał. 3 poz. II, I-3), mamy wspólne publikacje (Zał. 3 poz. II A-1,3), ponadto mam ścisłą współpracę z Uniwersytetem im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Uniwersytetem Wrocławskim, Uniwersytetem Łódzkim, Stacjami Bazowymi Zintegrowanego Monitoringu Środowiska w Polsce (9 stacji), Uniwersytetem Jagiellońskim, Instytutem Botaniki PAN w Krakowie, Centrum Badań Kosmicznych w Warszawie, Uniwersytetem Techniczno-Humanistycznym im. K. Puławskiego w Radomiu - wspólna publikacja (Zał. 3 poz. 12).

Zestawienie dorobku naukowego

	Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora	Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora	Łącznie
Publikacje z listy JCR	-	16	16
Publikacje recenzowane	10	23	33
Publikacje zwarte (książki)	2	2	5
Rozdział w monografii w j. angielskim	-	1	1
Rozdział w monografii w j. polskim	-	2	2
Sumaryczny impact factor (IF)	-	15,513	15,513
Punktacja MNiSzW	16	384	400
Liczba cytowań	-	40	40
Indeks Hirscha	-	4	4
Aktywny udział w konferencjach	2	14	16

międzynarodowych			
Aktywny udział w konferencjach krajowych	2	10	12

3.5. Naukowe plany na przyszłość

Dynamiczny rozwój bioindykacji oraz różnorodność badań prowadzonych przy użyciu biowskaźników, prowadzonych w zakresie badań środowiskowych stwarza konieczność wprowadzenia do nauki ochrony środowiska szeregu uporządkowań. Powinny one wyznaczyć procedury doboru organizmów wskaźnikowych stosowanych w badaniach środowiskowych. Wytypowane biowskaźniki, według ustalonych i stosowanych w terenie metodyk, umożliwią porównywalność i kryterialność uzyskiwanych wyników badań. Używane w nich organizmy mogą wówczas zostać przyjęte jako standardowe organizmy wskaźnikowe.

Sytuacja taka ma miejsce w badaniach toksykologicznych w oparciu o testy na stułbi (*Hydra attenuata*), test *Microtox*, test *Spirotox*, *Chlorella vulgaris*, jak również test przy użyciu *Daphna magna Straus*.

W związku z tym w dalszej swojej aktywności naukowej zamierzam opracować arkusze organizmów wskaźnikowych wytypowanych na podstawie jednakowych kryteriów, o ściśle określonych cechach spełniających wymogi biowskaźników dla każdego narażonego na antropopresję biotopu. Typując biowskaźniki zamierzam wskazać ich sposób reakcji na toksyny obserwowany na poziomie morfologii i anatomii organizmu, wyznaczyć punkty krytyczne koncentracji polutanta oraz opracować lub udoskonalić, w przypadku już istniejącej, metodykę badań w odniesieniu do proponowanych organizmów. Podkreślić należy, że biowskaźniki toksyczności środowiska stosowane w warunkach analizy laboratoryjnej takie jak Toxkits- system belgijski, organizmy kryptobiotyczne: wrotki w formie cyst, skorupiaki w formie jaj przetrwałych, glony unieruchomione w nośniku są sprawdzone od wielu lat, a analizy laboratoryjne przy ich użyciu dają bardzo dobre wyniki. Należy więc wytypować organizmy stosowane *in situ* zachowując w ten sposób stały monitoring warunków biotopowych narażonych na antropopresję.

Istotnym elementem w moich badaniach będzie szersze zastosowanie mikroskopii elektronowej skaningowej oraz rozszerzenie analiz z zastosowaniem mikroskopii elektronowej z zastosowaniem techniki mikroskopii środowiskowej (ESEM - Environmental Scanning Electron Microscope). Badania takie nie wymagają umieszczania próbek

w wysokiej próżni. Dzięki zastosowaniu specjalnego systemu zaworów, pomiędzy kolumną mikroskopu i komorą próbki umieszczenie próbki w środowisku o zmiennych parametrach takich jak skład gazu tworzącego atmosferę w komorze, ciśnienie do 50 Torrów czy temperaturę do 1500 °C. powoduje, że próbki nie przewodzące, zawierające wilgoć czy substancje lotne mogą być obserwowane w stanie naturalnym, bez specjalnych przygotowań. Ponadto ESEM stwarza dodatkowe możliwości badawcze takie jak obserwacji próbek emitujących światło, wykazujących fluorescencję, obserwację delikatnych struktur biologicznych, utrzymywanych przez wewnętrzne siły hydrostatyczne, obserwacji dynamicznych zmian takich jak rozciąganie, ściskanie, rozprzestrzenianie się spękań, rozwarstwianie, odwadnianie, sublimację, pochłanianie i oddawanie wilgoci do środowiska. Technika taka ma szczególne znaczenie przy analizie próbek badawczych pozyskiwanych z naturalnych warunków biotopowych.

3.6. Działalność dydaktyczna

Mojej działalności naukowej towarzyszyła również działalność dydaktyczna.

W Uniwersytecie Jana Kochanowskiego w Kielcach na kierunku ochrona środowiska prowadziłam zajęcia dydaktyczne w formie wykładów, ćwiczeń, konwersatoriów i laboratoriów z 5 przedmiotów oraz pracownię magisterską. Zestawienie przedmiotów wraz z ilością godzin przedstawiają poniższe zestawienia:

Wkłady:

Lp.	Przedmiot	Kierunek i rodzaj studiów	Liczba godzin
1.	Ochrona przyrody	Ochrona środowiska, st. I stopnia, II r st. stacjonarne i niestacjonarne	15
2.	Mechanizmy ewolucji	Ochrona środowiska, st. I stopnia, II r st. stacjonarne i niestacjonarne	15
3.	Lichenologia	Ochrona środowiska, st. II stopnia, I r st. stacjonarne	30
4.	Biomonitoring środowisk lądowych i wodnych (program autorski)	Ochrona środowiska, st. II stopnia, I r st. stacjonarne	30
5.	Wykład monograficzny	Uniwersytet III Wieku	16

Laboratoria/Konwersatoria/Ćwiczenia:

Lp.	Przedmiot	Kierunek i rodzaj studiów	Liczba godzin
1.	Ochrona przyrody	Ochrona środowiska, st. I stopnia, II r st. stacjonarne i niestacjonarne	30

2.	Mechanizmy ewolucji	Ochrona środowiska, st. I stopnia, II r st. stacjonarne i niestacjonarne	30
3.	Lichenologia	Ochrona środowiska, st. II stopnia, I r st. stacjonarne	30
4.	Biomonitoring środowisk lądowych i wodnych realizowany wg. programu autorskiego	Ochrona środowiska, st. II stopnia, I r st. stacjonarne	30
5.	Funkcjonowanie obszarów arktycznych	Ochrona środowiska, st. II stopnia, II r st. stacjonarne i st. niestacjonarne	15
6.	Pracownia magisterska	Ochrona środowiska, st. II stopnia, II r st. stacjonarne	30

Średnia ocena zajęć dydaktycznych przez studentów wynosi 4,45, przy łącznej grupie oceniających 132 osoby.

Rozwijanie swojego warsztatu naukowego z uwzględnieniem najnowszych zdobyczy wiedzy w obszarze moich zainteresowań starałam się przekazać studentom I i II roku studiów II^o magisterskich na pracowni magisterskiej. Wypromowałam 16 magistrantów, byłam promotorem 30 prac licencjackich, w tym 10 inżynierskich z zakresu projektowania obiektów proekologicznych i oceny oddziaływania na środowisko.

Jestem autorem programu przedmiotu Monitoring środowisk lądowych i wodnych, do którego napisałam podręcznik akademicki (Załącznik 3 poz. 13). Program został zatwierdzony do realizacji przez Katedralną, Wydziałową i Uczelnianą Komisję ds. KRK.

Uczestniczyłam w konferencjach dydaktyków i metodyków nauczających przedmiotów przyrodniczych. W wystąpieniach konferencyjnych wskazywałam na skuteczne metody w nauczaniu przedmiotowym. Na konferencji XVII Konferencja Naukowa Dydaktyków Szkół Wyższych i Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych, Kielce, 26-27.09.2011r.) wygłosiłam referat „Hodowle i badania laboratoryjne jako element współczesnego kształcenia nauczycieli przedmiotów przyrodniczych” (referat zamawiany), a na Ogólnopolskiej Konferencji Metodycznej „Ochrona środowiska na uniwersyteckich studiach przyrodniczych, część 1 – warsztaty, (Warszawa 16-17 stycznia 2012 r.) kształciłam umiejętności tworzenia programu studiów dla kierunku ochrony środowiska będąc jednocześnie współautorem referatu pt „Budowa programu studiów na bazie efektów kształcenia dla kierunku ochrona środowiska na Uniwersytecie Jana Kochanowskiego w Kielcach” (referat zamawiany). Jestem autorką 3 rozdziałów w opracowaniach

monograficznych o charakterze dydaktycznym (Załącznik 3 poz.D6 i I 2,3) i współautorką jednego rozdziału (poz. D5).

3.7. Aktywność na rzecz środowiska

W swojej aktywności naukowej staram się nie tylko pozyskiwać środki na badania własne, ale także uczestniczyć w rozwijaniu bazy naukowo-dydaktycznej swojego miejsca pracy, tj. Katedry Ochrony i Kształtowania Środowiska. W tym zakresie aktywnie uczestniczyłam w przygotowywaniu projektu wyposażenia Laboratorium Badań Środowiska w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, działanie "Wsparcie tworzenia wspólnej infrastruktury badawczej jednostek naukowych". Z mojej inicjatywy, w ramach tego programu, został zakupiony elektronowy mikroskop skaningowy Quanta 250 z przestawką EDS oraz napylarką na węgiel i złoto.. Natomiast w ramach programu Fundusze Europejskie - dla rozwoju Polski Wschodniej, w ramach projektu Rozbudowa infrastruktury dydaktycznej Uniwersytetu Humanistyczno - Przyrodniczego Jana Kochanowskiego w Kielcach byłam pomysłodawcą i animatorem zakupu rafy koralowej (1200 litrów wraz z koralowcami miękkimi, twardymi, skałą i 6 gatunkami ryb), dla której napisałam program jej wykorzystania, mikroskopu biologicznego Zeiss Axio Image A1 z kamerą oraz wyposażenia dwóch pracowni w mikroskopy (16 mikroskopów biologicznych i 16 mikroskopów stereoskopowych).

Udzielam się również w organizacjach naukowych. Od 2007r. jestem członkiem Kieleckiego Towarzystwa Naukowego, w którym w kadencji 2009-2013 byłam członkiem Sądu Koleżeńskiego. Od roku 2009 jestem Redaktorem naczelnym Rocznika Świętokrzyskiego seria B - Nauki przyrodnicze (roczniki 30-34) wydawanego przez Kieleckie Towarzystwo Naukowe. Czasopismo wprowadziłam na listę B MNiSzW. Również od 2007r jestem członkiem Stowarzyszenia Geomorfologów Polskich.

Dr Małgorzata Anna Józwiak