

Załącznik nr 2a

Autoreferat

Dr Marcin W. Woch

Instytut Biologii

Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

Kraków 2018

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

Doktor nauk biologicznych w zakresie biologii, Międzynarodowe Studium Doktoranckie Instytutu Botaniki im. Władysława Szafera Polskiej Akademii Nauk, Kraków, 2009 r., tytuł rozprawy doktorskiej: Przemiany flory i roślinności terenów współcześnie opuszczonych osad (promotor – prof. dr hab. Helena Trzcńska-Tacik).

Magister ochrony środowiska, specjalność: biologia środowiska, Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, 2003 r. (promotor – prof. dr hab. Helena Trzcńska-Tacik).

Licencjat ochrony środowiska, Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Wrocławski, 2001 r. (promotor – prof. dr hab. Aleksandra Samecka-Cymerman).

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

Od **01.10.2010 r.**, **adiunkt**, Instytut Biologii, Wydział Geograficzno-Biologiczny, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie.

01.02.2010 – 30.09.2010 r., **adiunkt**, Instytut Archeologii, Wydział Historyczny, Uniwersytet Warszawski.

01.10.2009 – 31.01.2010 r., **asystent**, Instytut Archeologii, Wydział Historyczny, Uniwersytet Warszawski.

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) tytuł osiągnięcia naukowego

Czynniki kształtujące różnorodność i skład gatunkowy zbiorowisk roślinnych na usypiskach skały odpadowej historycznego górnictwa rud Zn-Pb

b) cykl publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe/artystyczne

Jako podstawę osiągnięcia naukowego wskazuje cykl czterech, spójnych tematycznie, oryginalnych publikacji naukowych. W dwóch pracach jestem jedynym autorem, w pozostałych pracach moi współpracownicy sprecyzowali swój udział w załączonych deklaracjach.

1) **Woch M.W.**, Kapusta P., Stefanowicz A.M. 2016. Variation in dry grassland communities along a heavy metals gradient. *Ecotoxicology* 25(1): 80–90.

IF₂₀₁₆ = 1.951 / Pkt MNiSW₂₀₁₆ = 30

2) **Woch M.W.** 2017. Species trait-environment relationships in semi-dry *Brachypodium pinnatum* grasslands on old waste heaps left by Zn-Pb mining in the western Małopolska region (S Poland). *Tuexenia* 37(1):247–270.

IF₂₀₁₇ = 1.325 / Pkt MNiSW₂₀₁₇ = 25

3) **Woch M.W.**, Stefanowicz A.M., Stanek M. 2017. Waste heaps left by historical Zn-Pb ore mining are hotspots of species diversity of beech forest understory vegetation. *Science of The Total Environment* 599-600: 32–41.

IF₂₀₁₇ = 4.900 / Pkt MNiSW₂₀₁₇ = 40

4) **Woch M.W.** 2018. Factors of variation in beech forest understory communities on waste heaps left by historical Zn-Pb ore mining. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 164: 681–689.

IF₂₀₁₈ = 3.974 / Pkt MNiSW₂₀₁₈ = 30

c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Główny problem badawczy, którym się zajmowałem po uzyskaniu stopnia doktora wiązał się z określeniem wpływu różnych czynników abiotycznych i biotycznych na kształtowanie się różnorodności i składu gatunkowego zbiorowisk roślinnych na silnie skażonych metalami ciężkimi hałdach pozostałych po historycznym górnictwie Zn-Pb w zachodniej Małopolsce. Badania te prowadzone były w ramach projektu przyznanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Właściwości fizykochemiczne gleby oraz różnorodność i skład gatunkowy roślinności jako czynniki determinujące funkcjonowanie mikroorganizmów glebowych starych hałd (warpii) okolic Trzebini, Jaworzna i Olkusza” (2011-2014), w którym byłam wykonawcą, a także w ramach funduszy Uniwersytetu

Pedagogicznego im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie oraz Instytutu Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk w Krakowie.

Wielowiekowe wydobywanie ród cynku, ołowiu, srebra i żelaza pozostawiło w rejonie Chrzanowa, Jaworzna, Krzeszowic i Olkusza znaczną ilość niewielkich usypisk ze skalnego materiału odpadowego, określanych jako warpie (warpia). Wykształcone gleby na takim podłożu cechują się bardzo wysokimi, wielokrotnie przekraczającymi normy, zawartościami metali ciężkich, takich jak As, Cd, Pb, Tl i Zn. Szacuje się, że liczna starych hałd może osiągnąć 50 hałd/km². Najwięcej takich obiektów występuje w kompleksach leśnych, głównie 80-120 letnich lasach bukowych. Niezadrzewione relikty po pracach górniczych, porośnięte murawami kserotermicznymi, spotyka się bliżej zabudowań miejscowości, co jest związane z rolniczym i przemysłowym wykorzystywaniem sąsiadujących z nimi terenów. Rozrzucone w krajobrazie rolniczym bądź leśnym usypiska, stanowią siedliska o charakterze wyspowym, wyróżniające się z otoczenia specyficznymi warunkami.

Istotnym zagadnieniem było określenie czynników determinujących różnorodność gatunkową starych hałd oraz jaka jest rola takich obiektów w kształtowaniu różnorodności roślin na poziomie lokalnym. Różnorodności na poziomie lokalnym jest jednym z kluczowych elementów studiów i praktyki ochrony europejskiej różnorodności gatunkowej. Największa różnorodność roślin jest często związana z miejscami o wysokim stopniu heterogeniczności siedlisk, obejmującej mikroskalowe zróżnicowanie topograficzne, glebowe i klimatyczne. Działania ludzkie nie zawsze prowadzą do zmniejszenia różnorodności roślin. Istnieje znaczna liczba półnaturalnych ekosystemów, takich jak ekstensywnie zarządzane łąki i murawy kserotermiczne, które zaliczają się do najbogatszych zbiorowisk roślinnych w Europie. Ponadto, w ostatnich dziesięcioleciach podkreślane jest znaczenie w utrzymaniu bioróżnorodności również antropogenicznych siedlisk, takich jak tereny rolnicze (roślinność segetalna) i niektóre ruderalne, które stanowią ostoje, dziś krytycznie zagrożonych gatunków roślin towarzyszących człowiekowi już od czasów Neolitu (archeofity). Szczególne znaczenie mają wyrobiska i hałdy pozostałych po działalności górniczej, zwłaszcza stare, minimum stuletnie relikty, na których doszło do naturalnego rozwoju pokrywy roślinnej. Studia nad czynnikami kształtującymi rozwój gleby i roślinności takich obiektów mają duże znaczenie w opracowywaniu lepszych metod rekultywacji coraz liczniejszych powstających współcześnie usypisk skały odpadowej przy ciągłym wzroście światowej eksploatacji surowców.

Obiekty pozostawione przez górnictwo, mogą stanowić siedliska sprzyjające różnorodności roślin. Miejsca, które nie zostały zrekultywowane po zakończeniu wydobywania, ale pozostawione do spontanicznej sukcesji są często bogatsze w gatunki roślin w porównaniu

z otoczeniem, a nawet porównywalne z naturalnymi cennymi przyrodniczo siedliskami. Cechują się one większą heterogenicznością mikrosiedlisk oraz warunkami sprzyjającymi występowaniu gatunków tolerujących stres o niskich zdolnościach konkurencyjnych. Cechy te często wykazują gatunki rzadkie i zagrożone, dlatego hałdy mogą mieć istotne znaczenie w ochronie różnorodności. Liczne badania dotyczące roślinności na siedliskach metalonośnych wykazały, że bogactwo gatunków roślin dramatycznie spada pod wpływem zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi. Z drugiej strony, studia przeprowadzone w różnych częściach świata wskazują, że na niektórych siedliskach metalonośnych występuje unikatowa roślinność z rzadkimi gatunkami przywiązanymi tylko do tego typu siedlisk.

Dlatego, głównym zagadnieniem rozpatrywanym w trakcie moich badań było poznanie czynników i mechanizmów kształtujących skład murawowych i leśnych zbiorowisk roślinnych porastających stare hałdy. Początkowo metale ciężkie obecne w glebie w podwyższonych stężeniach mogą być nadrzędnym czynnikiem determinującym rozmieszczenie gatunków roślin i kształtowanie się zbiorowisk (murawy). Wraz z postępującą sukcesją, rozwojem gleby i wzrostem złożoności zbiorowisk roślinnych znaczenie metali może ustępować na rzecz populacyjnych procesów ekologicznych (lasy).

Badania, które zostały przeprowadzone na świecie na różnego typu siedliskach metalonośnych dotyczące zależności pomiędzy zawartością metali ciężkich w glebie i wzorców rozmieszczenia gatunków były zwykle oparte na dość gęsto próbkowanych pojedynczych i stosunkowo niewielkich obiektów (np. na pojedynczej hałdzie). Wpływ metali ciężkich na roślinność może być trudny do oceny, ponieważ ich oddziaływanie jest często związane z innymi właściwościami gleby, takimi jak pH, zawartość Ca, czy grubością warstwy organicznej. Ponadto, znaczne przestrzenne powiązania (małe odległości) pomiędzy badanymi płatami roślinności zwiększa ryzyko autokorelacji. Struktura zbiorowiska roślinnego może być rezultatem nie tylko lokalnych warunków środowiskowych, ale także procesów populacyjnych zachodzących w sąsiadujących ze sobą płatach roślinności (rozprzestrzenianie się gatunków). To komplikuje analizę statystyczną i interpretację wyników. Aby zrozumieć, co dzieje się w tych zbiorowiskach w gradiencie rosnącej zawartości metali ciężkich w glebie, należy wyznaczyć wiele powierzchni badawczych w szerokim gradiencie zanieczyszczenia (inne parametry siedliska nie powinny ulegać znacznym wahaniom, przez co unika się interakcji). Poletka powinny być oddzielone odpowiednimi odległościami (aby spełnić założenie o niezależności). Takie idealne warunki występują rzadko w terenie. Liczne niewielkie hałdy pozostałe po wielowiekowej eksploatacji

rud w dużym stopniu spełniają te założenia. Odległości między sąsiednimi obiektami są duże (kilka kilometrów) lub małe (kilkaset metrów). Jednak nawet w tym ostatnim przypadku, tworzą one pojedyncze wyspy siedliskowe w krajobrazie, zarówno pod względem geologii jak i roślinności. Tak, więc mogą one być traktowane jako niezależne powtórzenia. To pozwoliło na miarodajną ocenę, w jakim stopniu roślinność odzwierciedla zmienność różnych parametrów siedliska.

Pierwszy etap badań polegał na analizie źródeł historycznych, odnajdywaniu i identyfikacji starych hałd w terenie. Następnie na wybranych obiektach wyznaczono powierzchnie (poletka), w obrębie, których pobierano próbki glebowe i przeprowadzono analizy botaniczne. Drugi etap polegał na szacowaniu zmienności stężenia metali ciężkich oraz pozostałych właściwości fizykochemicznych gleb, a także innych parametrów siedliskowych, zarówno w obrębie terenów dawnego górnictwa jak i pomiędzy nimi. Trzeci etap wiązał się z analizowaniem roślinności pokrywającej obiekty i ocenianiu korelacji pomiędzy parametrami fizykochemicznymi gleby (w tym poziomem skażenia), a udziałem określonych typów roślin i zbiorowisk.

Studia dzieliły się na dwie zasadnicze części: (1) Przeprowadzone na bezleśnych starych hałdach pokrytych murawami kserotermicznymi oraz (2) Przeprowadzone na starych hałdach pokrytych 80-120 letnimi lasami bukowymi.

Bezleśne stare hałdy pokryte murawami kserotermicznymi

1) **Woch M.W.**, Kapusta P., Stefanowicz A.M. 2016. Variation in dry grassland communities along a heavy metals gradient. *Ecotoxicology* 25(1): 80–90.

Główne cele badań dotyczyły następującej problematyki: (1) w jakim zakresie stężeń w glebie Cd, Pb i Zn dochodzi do rozwoju murawy galmanowej, (2) jakie są najważniejsze różnice między metalo-tolerancyjnymi i wrażliwymi na metale murawami pod względem składu i bogactwa gatunkowego, (3) w jakim stopniu roślinność murawowa odzwierciedla zmienność innych parametrów siedliska?

Badania przeprowadzono na bezleśnych hałdach rozrzuconych na obszarze około 750 km². Odległość pomiędzy najbardziej wysuniętymi na północ i południe obiektami wynosiła 25 km, a położonymi najbardziej na wschód i zachód 30 km. Celem powiązania parametrów roślinności z właściwościami siedliska, wyznaczono na 65 stałych powierzchni (4 m²), w obrębie, których pobierano próbki gleby i dane roślinne. Gleby zanalizowano pod względem

grubości poziomów (O, A lub AC) i właściwości fizykochemicznych – pH, składu granulometrycznego, ilości oraz dostępności pierwiastków, w tym metali ciężkich. Dla każdej powierzchni określono bogactwo gatunkowe i pokrycie roślin oraz liczbę gatunków reprezentujących różne typy rozsiewania, strategie życiowe wg. Grime (CSR), grupy funkcjonalne, formy życia oraz reprezentujące poszczególne klasy fitosocjologiczne. Część hałd znajdowało się w pobliżu granicy lasu, co wiązało się z prawdopodobieństwem wpływu zbiorowisk leśnych. Dlatego zmierzono także odległość wszystkich 65 stałych powierzchni od granicy najbliższego lasu.

Wykazano, że gleba badanych warpii zawierała podwyższone zawartości metali ciężkich, a większość z nich była zanieczyszczona silnie lub bardzo silnie. Średnie stężenia ogólnych Cd, Pb, Tl i Zn w glebach hałd wyniosły odpowiednio 86, 2828, 23 i 15127 mg kg⁻¹, a maksymalne 522, 23006, 51 i 70435 mg kg⁻¹. Na najbardziej zanieczyszczonych punktach normy zawartości metali Komisji Wspólnoty Europejskiej zostały przekroczone ponad: Cd 170 razy, Pb 70 i Tl 18 oraz Zn ponad 230 razy. Cd był najbardziej, a Tl najmniej mobilnym metalem ciężkim. Cd, Pb i Zn, zarówno ilości całkowite, jak i dostępne, były ze sobą silnie dodatnio skorelowane. Dlatego w dalszych korelacjach z parametrami roślinnymi używano jedynie Cd, jako najlepszego reprezentanta skażenia metalami ciężkimi. Podłoże warpii stanowiły szkieletowe, porowate gleby, które sklasyfikowano jako gliny piaszczyste. Charakteryzowały się one dużym udziałem części szkieletowych, alkalicznym odczynem, wysoką zawartością Ca i Mg, niską dostępnością P i N. Wapń i magnez pochodziły z dolomitowej skały płonnej (węglan wapnia i magnezu – CaCO₃, CaMg[CO₃]₂), natomiast źródłem azotu i fosforu była materia organiczna, której ilość zależy od czasu, który upłynął od porzucenia obiektu i stopnia rozwoju roślinności.

Zbiorowiska roślinne pokrywające warpie zostały zaklasyfikowane do zespołu *Carlino acaulis-Brometum erecti* Oberdorfer 1957 (związek *Bromion erecti* Koch 1926, klasa *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tüxen ex Soó 1947), który występował w trzech wariantach: 1) typowy z *Brachypodium pinnatum* (CB), 2) z *Festuca ovina* agg. (CBF), oraz 3) z *Rubus caesius* (CBR). Rezultaty regresji wielorakiej wskazały, że zawartość metali ciężkich w glebie i odległość do lasu były głównymi czynnikami wpływającymi na różnice w składzie gatunkowym. Wariant CBF (wyróżniony na podstawie obecności gatunków metalotolerancyjnych) zastępował zbiorowisko typowe, gdy skażenie metalu było wysokie. Natomiast wariant CBR (wyróżniający się obecnością roślin ruderalnych i leśnych) dominował na hałdach znajdujących się w bliskiej odległości od lasu. Na bogactwo gatunkowe (średnio 20, 20 i 17 gatunków na 4 m², w wariantach odpowiednio CBF i CB,

CBR) największy wpływ miały właściwości siedlisk. Parametry te w znacznie mniejszym stopniu wpływały na skład gatunkowy. Najważniejszym czynnikiem zmienności składu gatunkowego muraw była zawartość metali ciężkich w glebie (ujemny związek). Wariant *CB*, pod wieloma parametrami siedliskowymi jak i roślinnymi był pośredni pomiędzy wariantami *CBF* i *CBR*.

Pomimo dominowania *Brachypodium pinnatum*, wariant *CB* odznaczał się dużym bogactwem gatunkowym. Najwięcej występowało w nim roślin charakterystycznych dla muraw z klasy *Festuco-Brometea* (60-70%), a także *Molinio-Arrhenatheretea* (20-30%). Zbiorowisko *CBF* z *Festuca ovina* wykazywało mniej ustabilizowany skład gatunkowy w stosunku do poprzedniego. Odznaczało się ono domieszką gatunków z różnych klas, jak np. *Koelerio-Corynepherea*, *Calluno-Ulicetea* lub *Asplenieta trichomanis*. Wariant ten wyróżniał się najwyższą liczbą zielnych roślin nietrawiastych (ang. *forbs*), z których dużo było gatunkami tolerującymi stres (w tym fakultatywne metalofity), natomiast najniższą liczbą roślin rozsiewanych przez zwierzęta. Wariant *CBR* z *Rubus caesius*, który rozwijał się w pobliżu lasu, miał podwyższony udział gatunków o konkurencyjnej strategii życiowej – głównie roślin typowych dla siedlisk leśnych, a także ruderalnych. Zbiorowisko to cechowało także najniższy udział roślin rozsiewanych przez wiatr w stosunku do wariantów *CB* i *CBF*.

Murawy, które się rozwinęły zarówno przy niskich jak i wysokich zawartościach metali ciężkich w glebie były w dużej mierze podobne. Skład gatunkowy ulegał znacznej zmianie wraz ze wzrostem zanieczyszczenia metalami ciężkimi. Gatunki wrażliwe na metale ustępowały, podczas gdy udział roślin metalotolerancyjnych wzrastał. Wskazuje to na to, że murawy galmanowe są ściśle związane z murawami kserotermicznych z klasy *Festuco-Brometea*. Murawa galmanowa może być wcześniejszym stadium sukcesji nawapiennej murawy kserotermicznej, charakterystycznej dla niskich zanieczyszczeń metalami. Dlatego, murawy galmanowe powinny zostać przyporządkowane jako niższa jednostka syntaksonomiczna w obrębie muraw stepowych z klasy *Festuco-Brometea*. W przypadku badanego terenu były to środkowoeuropejskie pół-suche (ang. *semi-dry*) murawy *Brachypodium pinnatum*.

Wyniki tej części badań wskazują, że zbiorowiska metalo-tolerancyjne (w tym przypadku murawy galmanowe) mogą powstawać zarówno przy niskich jak i wysokich zawartościach metali ciężkich w podłożu. W tym drugim przypadku, zbiorowiska takie porastają łąki z płytkimi, szkieletowymi glebami. Podczas gdy zbiorowiska metalo-sensytywne występują na łąkach z dobrze rozwiniętą glebą. Sugeruje to, że murawy galmanowe kolonizujące podłoża ze stosunkowo niską toksycznością metali są zbiorowiskami

przejściowymi, które z czasem zanikają. W przypadku wysokiego zanieczyszczenia metalami, proces ten może ulec znacznemu spowolnieniu. Kierunek sukcesji jest warunkowany przez roślinność występującą w otoczeniu. Bliskość lasu, najprawdopodobniej poprzez wzbogacenie przez ściółkę i diaspory gatunków leśnych, przyspiesza procesy formowania się gleby sukcesje roślinności w kierunku zbiorowisk zaroślowych i leśnych.

2) **Woch M.W.** 2017. Species trait-environment relationships in semi-dry *Brachypodium pinnatum* grasslands on old waste heaps left by Zn-Pb mining in the western Małopolska region (S Poland). *Tuexenia* 37(1): 247–270.

Cele tej części badań, obejmowały następujące zagadnienia: (1) zdefiniowanie pozycji syntaksonomicznej pokrywającej hałdy roślinności w kontekście europejskich muraw kserotermicznych, (2) określenie najbardziej metalo-sensytywnych i metalo-tolerancyjnych taksonów, (3) Przeprowadzenie analizy składu gatunkowego wszystkich pozostałych hałd obecnych w regionie, nie objętych stałymi powierzchniami w poprzedniej części badań.

Po przeprowadzeniu analiz porównawczych składu gatunkowego trzech wariantów zespołu *Carlino acaulis-Brometum erecti* z podobnymi środkowoeuropejskimi murawami, obok podzespołu typowego *Carlino-Brometum typicum*, wyróżniono i opisano dwa nowe podzespoły: *Carlino-Brometum festucetosum ovinae* subass. nova, oraz *Carlino-Brometum rubietosum caesi* subass. nova.

Te trzy podzespoły reprezentują różne stadia sukcesyjne zespołu *Carlino acaulis-Brometum erecti*, których skład jest silnie związany zarówno z parametrami edaficznymi jak i relacjami przestrzennymi. Nawet skład gatunkowy typowego podzespołu może być wynikiem specyficznego, antropogenicznego charakteru siedliska, dlatego określenie “*typicum*” ma raczej charakter umowny – opisowy względem dwóch pozostałych podzespołów. Należy ponadto pamiętać, że nawet na najniższej skażonych siedliskach zawartości metali w podłożach były wysokie. Zawartość całkowitego Cd w glebach siedlisk z podzespołem typowym wahała się w granicach 6 to 57 mg kg⁻¹. Mógł to być czynnik, który uniemożliwił wzrost niektórych taksomów wrażliwych na metale lub zaburzył populacje części gatunków. Pomimo tego, wkraczanie roślinności *Carlino -Brometum* na podłoże dolomitowego odpadu jest typowym zjawiskiem w warunkach klimatycznych badanego obszaru.

Podzespół *Carlino-Brometum festucetosum ovinae* subass. nova, który wystąpił na największej liczbie hałd jest podobny do opisanych przez innych autorów na wapiennych metalonośnych siedliskach min. stuletniej hałdy w Bolesławiu oraz w Niemczech. Podzespół

Carlino-Brometum rubietosum caesi subass. nova, który rozwinął się w bliskiej odległości od lasu, jest z kolei podobny do subatlantyckich muraw *Brachypodium* zarastanych przez krzewy oraz termofilnych zbiorowisk okrajkowych. Było w nim obecnych wiele gatunków okrajkowych pełniących dużą rolę w zbiorowiskach przejściowych od murawowych do zaroślowych. Obecność gatunków synantropijnych o szerokiej amplitudzie ekologicznej oraz niektórych leśnych wskazuje na ekotonalny charakter tego zbiorowiska.

Analiza frekwencji i pokrycia poszczególnych gatunków w gradiencie rosnącego zanieczyszczenia metalami ciężkimi, dała możliwość wskazania potencjalnie najbardziej metalo-sensytywnych i metalo-tolerancyjnych taksonów. Sześćdziesiąt pięć stałych powierzchni zostało zgrupowanych w trzech kategoriach na podstawie poziomu zanieczyszczenia gleby przez Cd (najlepszy reprezentant zawartości metali ciężkich), tj. 5-10, 10-30 i > 30 mg Cd kg⁻¹, potencjalnie odzwierciedlającego toksyczność metali ciężkich dla roślin. Na tej podstawie zanotowano występowanie najczęstszych gatunków (stwierdzonych w co najmniej 20% powierzchni badawczych) w każdej kategorii zanieczyszczenia gleby. Część gatunków, np. *Brachypodium pinnatum*, *Peucedanum oreoselinum* i *Rubus caesius*, zostały zaliczone do wrażliwych na metale, gdyż ich frekwencja i/lub pokrycie istotnie spadały wraz ze wzrostem zawartości metali ciężkich w podłożu. Z kolei wzrost frekwencji i pokrycia wraz ze wzrostem zanieczyszczenia stwierdzono w przypadku *Carex caryophylla*, *Dianthus carthusianorum*, *Euphorbia cyparissias*, *Festuca ovina* agg., *Galium album*, *Scabiosa ochroleuca* i *Thymus pulegioides*, co wskazuje na ich metalo-tolerancyjność. Niektóre gatunki, na przykład *Asperula cynanchica*, *Coronilla varia*, *Festuca rubra* i *Medicago falcata*, wykazały najwyższą frekwencję lub/pokrycie na siedliskach charakteryzujących się pośrednimi wartościami zanieczyszczenia.

Przeprowadzono także analizę florystyczną wszystkich bezleśnych starych łąd występujących w regionie, zarówno tych, na których wyznaczono stałe powierzchnie badawcze jak i pozostałych obiektów. W sumie całkowita powierzchnia starych łąd objętych badaniami wyniosła ok. 20 ha. Na ocenę właściwości całkowitej flory obiektów składały się udziały gatunków reprezentujących takie parametry jak: gatunki obce, strategie CSR, grupy funkcjonalne, formy życiowe, typy rozsiewania, klasy zbiorowisk, gatunki tzw. starych lasów, gatunki pionierskie oraz taksony zagrożone.

Na badanych starych łądach ogółem występowały 222 gatunki roślin naczyniowych, należące do 49 rodzin. Całkowita liczba gatunków pozytywnie korelowała z liczbą gatunków określanych jako pionierskie. Największa liczba gatunków należała do rodziny *Asteraceae*, a także do *Poaceae*, *Fabaceae* i *Rosaceae*. Domunującymi formami życiowymi były

hemikryptofity oraz geofity. Warpie charakteryzowała duża przewaga taksonów rodzimych, gatunki obce stanowiły jedynie 6%. Anemochoria była głównym typem rozsiewania, na drugim miejscu była zoochoria. Dominującą strategią życiową była strategię mieszana: konkurencyjno-tolerująca stres-ruderalna (CSR), a także konkurencyjna (C). Ponad połowa flory stanowiły gatunki pionierskie, z których najwięcej występowało w murawach na najbardziej skażonych siedliskach. Pomimo przewagi gatunków muraw kserotermicznych (*Festuco-Brometea*), jedna piąta składu gatunkowego stanowiły gatunki łąkowe (*Molinio-Arrhenatheretea*). Blisko trzy czwarte flory stanowiły zielne rośliny nietrawiastych (ang. *forbs*). Spośród zanotowanych gatunków było 8 objętych ochroną ścisłą (np. *Gentiana cruciata*, *Gymnadenia conopsea* subsp. *densiflora* i *Malaxis monophyllos*), 4 częściowo (*Epipactis atrorubens*, *E. helleborine*, *Ononis spinosa* i *Orobanche lutea*) oraz 9 zamieszczonych w polskich czerwonych księgach (np. *Biscutella laevigata*, *Carex praecox* i *Verbascum chaixii* subsp. *austriacum*).

Powyższe badania wykazały, że porozrzucane w rolniczym krajobrazie stare łądy z fragmentami muraw kserotermicznych stanowią ostoje dla rzadkich i chronionych gatunków roślin. Proporcje poszczególnych typów roślin (ang. *species traits*), a zwłaszcza obfitość zagrożonych gatunków, przy bardzo niskim udziale gatunków obcych wskazują, że badane pogórnice obiekty mają poziom naturalności porównywalny z cennymi przyrodniczo murawami kserotermicznymi na nie metalonośnych siedliskach. Dlatego można je zaliczyć do wartościowych obiektów przy ochronie różnorodności roślinnej. Specyficzne układy fitocenotyczne tych muraw wyraźnie odróżniają warpie od otoczenia. Miejsca te są także ważnym punktem, z którego roślinność kserotermiczna kolonizuje sąsiadujące odłogi. Relikty dawnego górnictwa powinny być chronione zarówno z uwagi na potrzebę ochrony różnorodności genetycznej populacji gatunków zagrożonych, jak i ze względu na fakt, że warpie te stanowią dziedzictwo przemysłowej tradycji regionu.

Stare łądy pokryte 80-120 letnim lasem bukowym

Kontynuacją opisanych powyżej studiów, były badania prowadzone na starych łądach odpadów pogórnicych (podobnych do bezleśnych pod względem genezy i budulca), na których doszło do rozwinięcia się zbiorowisk dojrzałych lasów bukowych. Część drzewostanu mogło pochodzić z nasadzenia (gospodarka leśna), jednakże roślinność runa wkroczyła na warpie drogą spontanicznej sukcesji. Jak dotąd na porośniętych zbiorowiskami dojrzałych lasów starych łądach przeprowadzono niewiele badań ekologicznych. Światowe

badania skupiały się głównie na otwartych (bezleśnych) siedliskach metalonośnych, gdzie sukcesja roślin znajdowała się we wczesnych stadiach. Obiekty te były stosunkowo młode (kilkudziesięcioletnie), albo starcze (ponad stuletnie), gdzie lokalne trudne edaficzne i klimatyczne warunki sprawiły, że sukcesja również była słabo zaawansowana. Brakowało badań nad czynnikami kształtującymi różnorodność gatunkową i skład zbiorowisk wykształconych na siedliskach metalonośnych reprezentujących złożoną roślinność późnych stadiów sukcesji, jak lasy liściaste. Dlatego niniejsze studia miały w dużym stopniu charakter pionierski.

3) **Woch M.W.**, Stefanowicz A.M., Stanek M. 2017. Waste heaps left by historical Zn-Pb ore mining are hotspots of species diversity of beech forest understory vegetation. *Science of The Total Environment* 599-600: 32–41.

Główne cele tej części badań obejmowały (1) porównanie różnorodności gatunkowej, pokrycia i składu runa leśnego pomiędzy hałdami a ich otoczeniem, (2) określenie wpływu właściwości gleb, w tym skażenia metalami ciężkimi, oraz innych czynników na runo, a także (3) oszacowanie poziomu naturalności zbiorowisk runa lasu bukowego pokrywającego hałdy.

Badania przeprowadzono w kompleksach tzw. starych lasów (istniejących w tych samych granicach co najmniej od drugiej połowy 18 wieku) pomiędzy miastami Bukowno, Krzeszowice i Trzebinia. W celu porównania parametrów glebowych i roślinnych pomiędzy hałdami i terenami przyległymi, założono po 25 trzech typów stałych powierzchni badawczych (25 m²): (1) na hałdzie, (2) w sąsiedztwie hałdy (5–10 m od podstawy hałdy z naturalną glebą bez odpadu skalnego, ale potencjalnie w zasięgu wód opadowych spływających z hałdy) oraz (3) w odległości co najmniej 100 m od hałdy (pseudo-kontrola, z uwagi na to, że nie można całkowicie wykluczyć wpływu bardzo dawnego górnictwa, którego ślady są już nieczytelne). Gleby zanalizowano pod względem właściwości fizykochemicznych – pH, składu granulometrycznego, ilości oraz dostępności wapnia i metali ciężkich. Dla każdej powierzchni określono bogactwo gatunkowe i pokrycie roślin oraz liczbę gatunków reprezentujących różne typy rozsiewania, strategie życiowe wg. Grime (CSR), grupy funkcjonalne, formy życia oraz reprezentujące poszczególne klasy fitosocjologiczne. Na niektórych powierzchniach lub w ich pobliżu występowały pojedyncze drzewa *Pinus sylvestris*, co wiązało się z prawdopodobieństwem wpływu na glebę i zbiorowiska. Dlatego zmierzono także odległość wszystkich 75 stałych powierzchni od najbliższego dorosłego egzemplarza tego drzewa.

Wykazano, że gleba prawie wszystkich badanych warpii zawierała ilości metali ciężkich wielokrotnie przekraczające normy zanieczyszczeń gleb. Stare hałdy cechowały się najwyższymi zawartościami metali ciężkich, pH, zawartością Ca, materii organicznej w porównaniu z pozostałymi dwoma typami powierzchni.

Roślinność wszystkich powierzchni badawczych zaklasyfikowano do zespołu *Cephalanthero damasonii-Fagetum sylvaticae* Oberdorfer 1957 (związek *Sorbo-Fagion sylvaticae* Hofmann in Passarge 1968, klasa *Carpino-Fagetea* Jakucs ex Passarge 1968). Warstwę drzew tworzył *Fagus sylvatica*, niekiedy w towarzystwie pojedynczych okazów *Pinus sylvestris*, *Acer pseudoplatanus* lub *Picea abies*. Warstwę podszytu tworzyły najczęściej: *Sorbus aucuparia*, *Euonymus europaea*, *Daphne mezereum*, *Sambucus racemosa*, *Cornus sanguinea* i *Corylus avellana*. W runie najliczniejsze były *Asarum europaeum*, *Mercurialis perennis* i *Maianthemum bifolium*. Jak również, *Oxalis acetosella*, *Vaccinium myrtillus*, *Epipactis helleborine*, *Melica nutans*, *Hepatica nobilis*, *Aegopodium podagraria* i *Galium odoratum*. Na samych hałdach stwierdzono występowanie 102 gatunków roślin naczyniowych, z których 17 było regionalnie rzadkich, zamieszczonych na polskich czerwonych listach lub objętych jakąś formą ochrony np. *Cephalanthera damasonium*, *C. rubra*, *Epipactis atrorubens*, *Melittis melissophyllum* i *Lilium martagon*.

Hałdy cechowały się największą liczbą gatunków oraz pokryciem roślin zielnych, podczas gdy najniższym pokryciem krzewów. Głównym ekologicznym czynnikiem modyfikującym skład gatunkowy było pH gleby i zawartość w niej Ca. Drugim istotnym czynnikiem siedliskowym był stopień zacienienia przez drzewa. Skład gatunkowy różnił się istotnie pomiędzy trzema typami powierzchni. Hałdy charakteryzowały się największym udziałem zielnych roślin nietrawiastych (ang. *forbs*), geofitów, hemikryptofitów oraz gatunków rozsiewanych przez wiatr, głównie o konkurencyjnej (C) lub konkurencyjno-tolerującej stres-ruderalnej (CSR) strategii życiowej. Na hałdach najliczniejsze również były rośliny z rodzin *Ranunculaceae* i *Rubiaceae* oraz z klasy *Carpino-Fagetea*, w tym gatunki zagrożone i starych lasów.

Obfitsza flora runa lasów bukowych na hałdach wynikała z korzystnego wpływu wyższego pH i większej zawartości Ca pochodzącego z dolomitowych i wapiennych skał odpadowych, a także większej heterogeniczności siedlisk (obecność różnej wielkości frakcji skalnych, strome zbocza). Wysokie pH redukuje mobilność i biodostępność metali ciężkich, gdyż w środowisku alkalicznym metale te wytrącają się w postaci słabo rozpuszczalnych węglanów i fosforanów. Pomimo, że Cd był relatywnie mobilnym metalem nawet w zasadowych glebach hałd, możliwe jest, że jony Ca są w stanie zastąpić Cd w mechanizmach

wiązek przewodzących roślin, przez co wchłanianie Cd przez rośliny mogą być hamowane przez nadmiar kationów Ca. Ponadto metale ciężkie są wiązane przez materię organiczną, której w ekosystemach lasów bukowych produkowane są szczególnie duże ilości. Podłoże warpii charakteryzowała szkieletowa struktura, ponadto stopień zwietrzenia skał odpadowych różnił się znacznie w obrębie i między hałdami. Wszystkie te czynniki okazały się sprzyjające dla rozwoju zespołu ciepłolubnej nawapiennej buczyny *Cephalanthero-Fagetum*. Lokalne populacje roślin, które skolonizowały hałdy mogły też mieć już wykształconą, przynajmniej częściową, tolerancję na metale, podobnie jak niektóre gatunki muraw galmanowych o metalowych podgatunkach lub ekotypach. W przypadku formacji metalonośnych Triasowych dolomitów lasy bukowe są zbiorowiskami naturalnie wykształcającymi się w toku sukcesji. Wskazuje to na zarówno czasową jak i przestrzenną możliwość wykształcenia się metalotolerancji u roślin. Możliwość ta wiąże się nie tylko z ostatnim, ponadtysiącletnim tworzeniem siedlisk przez górnictwo, ale także z występowaniem naturalnych wychodni rud Zn-Pb tysiące lat przed nim.

Tzw. gatunki starych lasów są ważnymi indykatorami wartości przyrodniczej lasów. Charakteryzują się one ograniczonymi możliwościami rozprzestrzeniania, przez co powrót na zniszczone siedliska może im zajmować nawet setki lat. Dlatego obecność ich wskazuje na wysoki poziom „naturalności” i walory przyrodnicze lasu. Gatunkom tym sprzyja duża zawartość Ca w glebie i wysokie pH, jak to miało miejsce w przypadku badanych hałd. Ich obfite występowanie na hałdach można wytłumaczyć także, że wielkość powstałych za sprawą górnictwa ubytków w kompleksach starych lasów (polan) była z reguły niewielka – w granicach możliwości kolonizacyjnych tych roślin.

Odległość od najbliższego dorosłego egzemplarza sosny zwyczajnej w niewielkim stopniu wpływała na strukturę badanych zbiorowisk runa. Drzewo to z reguły wpływa na warunki chemiczne gleby poprzez jej zakwaszanie ściółką, co powoduje zmiany cyklach biogeochemicznych i roślinności runa. Roztwory glebowe pod *P. sylvestris* zawierają więcej jonów H, natomiast mniej jonów Ca, a także mają niższe and pH w stosunku do tych pod bukiem. Może to powodować wzrost mobilności i biodostępności metali ciężkich.

Powyższe wyniki wskazują, że zaburzenie środowiska spowodowane przez dawną działalność górnictw rud metali doprowadziło do wykształcenia się specyficznych punktów – centrów różnorodności gatunkowej (ang. *biodiversity hotspots*), cechujących się zwiększoną frekwencją i pokryciem przyrodniczo cennych gatunków, normalnie wiązanych z obszarami o najwyższej „naturalności”. Roślinność pokrywająca badane stare hałdy była podobna do (pół)naturalnych centralno- europejskich wyżynnych lasów bukowych. Wysoki udział

gatunków starych lasów i brak gatunków obcych wskazuje, że lasy pokrywające stare hałdy po górnictwie Zn-Pb mają wysoki walor w ochronie przyrody.

4) **Woch M.W.** 2018. Factors of variation in beech forest understory communities on waste heaps left by historical Zn-Pb ore mining. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 164: 681–689.

Ta część studiów dotyczyła warunków kształtowania się zbiorowisk runa w obrębie siedlisk samych starych hałd w gradiencie zanieczyszczenia metalami ciężkimi, w szczególności zagadnień: (1) czy istnieją różnice w składzie gatunkowym zbiorowisk runa pomiędzy hałdami? (2) jakie są najważniejsze czynniki kształtujące zbiorowiska runa? (3) czy wpływa na nie obecność metali ciężkich w podłożu? (4) jak właściwości siedliska wpływają na różne gatunki leśne?

Wyznaczono 31 powierzchni (25m^2) na 31 warpiach rozrzuconych w 80-120 letnich lasach bukowych zachodniej Małopolski. Na każdej z nich przeprowadzono analizy gleb (pH, skład granulometryczny, ilości oraz dostępności wapnia i metali ciężkich, grubości poziomów O, A lub AC) i zbiorowisk roślinnych. Wydzielone typy zbiorowisk porównywano następnie pod kątem: właściwości siedliskowych, stopnia zacienienia przez drzewa i krzewy, liczby gatunków, udziału gatunków zagrożonych oraz reprezentujących poszczególne typy rozsiewania, wskaźniki Ellenberga, strategię CSR, grupy funkcjonalne, strategię życiowe i klasy roślinności.

Wszystkie badane hałdy pokrywało zbiorowisko nawapiennej ciepłolubnej buczyny storczykowej *Cephalanthero damasonii-Fagetum sylvaticae*, które występowało w trzech wariantach: 1) z *Galium odoratum* (*Go*), 2) ubogie w gatunki runo z *Mercurialis perennis* (*Mp*) oraz 3) zbiorowisko z *Mycelis muralis* (*Mm*), w którym występowało najwięcej gatunków.

Pomimo wysokich zawartości w podłożu Cd, Pb i Zn, stopień zacienienia przez drzewa był najważniejszym czynnikiem determinującym skład gatunkowy i pokrycie zbiorowisk runa. Zbiorowiska, które rozwinęły się przy niskim i silnym zacienieniu (*Mp* i *Go*) były podobne do pewnego stopnia: posiadały dużą liczbę gatunków oraz wysoki udział hemikryptofirów, gatunków rozsiewanych przez wiatr oraz roślin starych lasów. Skład gatunkowy znacznie się zmienił wraz ze wzrostem pokrycia drzew (*Go*): rośliny o strategii mieszanej (CSR) i geofity zanikały, podczas gdy liczniejsze stawały się gatunki wyższym wskaźniku wilgotności Ellenberga oraz tolerujące stres (S). Drugorzędnym czynnikiem

wpływającym na skład zbiorowisk był stosunek zawartości Cd (najlepszy reprezentant zawartości metali ciężkich) w podłożu do Ca (zbiorowisko *Mm*): był on odpowiedzialny za zanik fanerofitów oraz gatunków zagrożonych oraz wzrost udziału chamefitów i gatunków samosiewnych.

Stres powodowany przez metale ciężkie był przyczyną podobnego jakościowego przekształcenia się składu gatunkowego do zbiorowiska *Mm*, jak zacienienie w przypadku zbiorowiska *Go*. Jednakże nie doszło do spadku liczby gatunków – zbiorowisko to posiadało najwięcej gatunków w porównaniu do pozostałych. Jest to odmienny wynik w porównaniu z poprzednimi studiami, gdzie rośliny runa rosły obficie przy wysokich zawartościach Cd, Pb i Zn w podłożu, jeśli stosunki metali do wapnia były niskie. Prawdopodobnie odpowiedzialne za to była materia organiczna w podłożu, z której zawartością negatywnie korelowała liczbą gatunków. Analiza czynnikowa zgrupowała zawartość materii organicznej w jednym czynniku z dostępnym Cd i Zn, co jest związane z tym, że te metale są mniej podatne na kompleksowanie przez rozpuszczony węgiel organiczny. Gleby hałd znajdujących się w lasach bukowych posiadały dwukrotnie większą zawartość materii organicznej oraz kilkakrotnie mniejsze skażenie metalami ciężkimi w porównaniu do bezleśnych warpii porośniętych murawami. Prezentowane w pierwszej części autoreferatu badania wykazały, że zawartość materii organicznej, której odpowiada stopień rozwoju gleby, był głównym czynnikiem determinującym skład roślinności przy niskich i umiarkowanych zawartościach metali ciężkich (murawa galmanowa rozwinęła się na płytkich inicjalnych glebach, podczas gdy typowa murawa kserotermiczna występowała na dobrze rozwiniętej glebie). Oznacza to, że przy niższym stresie powodowanym przez metale roślinność inicjalna może przejść poprzez sukcesję do bardziej złożonych zbiorowisk równoległe z trwającym procesem formowania gleby.

Ta część badań ukazała, że w przypadku złożonych i produktywnych ekosystemów, takich jak lasy bukowe, nawet przy wysokim stopniu zanieczyszczenia podłoża metalami ciężkimi, główną rolę odgrywają czynniki biotyczne. Skład zbiorowisk runa pokrywające warpie był zależny przede wszystkim od populacyjnych procesów ekologicznych, jak zacienienie przez drzewa, które w lasach bukowych stanowi krytyczny czynnik siedliskowy. Obecność metali w podłożu, takich jak Cd, Pb i Zn, wpływały na występowanie niektórych gatunków, ale było to zależne od ich stosunków ich zawartości do Ca oraz stopnia ich związania przez materię organiczną. Biorąc powyższe pod uwagę, wraz z porównywalnymi do naturalnych lasów cechami roślinności, można uznać hałdy pokryte lasami bukowymi stanowią naturalnie „zrekułtywowane” środowisko antropogeniczne. Zajmowanie niewielkiej

powierzchni przez stare hałdy, będącymi rozproszonymi wśród kompleksów starych lasów wyspowymi źródłami polimetalicznych zanieczyszczeń, prawdopodobnie przyczyniło się do przyspieszenia tego procesu.

Za najważniejsze wyniki moich badań stanowiących osiągnięcie habilitacyjne uważam wykazanie, że:

1. Rozrzucone na znacznych obszarach stare hałdy stanowią unikatowe, wyspowe siedliska, znacznie się wyróżniające od otoczenia zarówno pod względem wysokich zawartości metali ciężkich, jak i innymi właściwościami fizykochemicznymi podłoża (duży udział części szkieletowych, alkaliczny odczyn, wysoka zawartość Ca i Mg, niska dostępność P i N).

2. Na hałdach bezleśnych właściwości siedliskowe (poziom zanieczyszczenia i odległość od lasu) w dużo większym stopniu determinowały kompozycję gatunkową niż bogactwo gatunkowe zbiorowisk.

3. Na hałdach bezleśnych zawartość metali ciężkich w podłożu była najważniejszym czynnikiem zmienności zbiorowisk roślinnych.

4. Zbiorowiska muraw galmanowych zachodniej Małopolski stanowią wariant muraw nawapiennych zmienionych na siedliskach silnie zanieczyszczonych poprzez ograniczanie obecności gatunków wrażliwych na metale.

5. Stosunki przestrzenne, takie jak odległość hałd od lasu, mają istotny wpływ na skład gatunkowy roślinności oraz kierunek i tempo sukcesji poprzez wzbogacenie podłoża w ściółkę i diaspory gatunków leśnych.

6. Porozrzucane w rolniczym krajobrazie stare hałdy z fragmentami muraw kserotermicznych stanowią ostoje dla rzadkich i chronionych gatunków roślin, co przy bardzo niskim udziale gatunków obcych wskazuje, że obiekty te mają porównywalną wartość dla ochrony różnorodności z najcenniejszymi przyrodniczo murawami kserotermicznymi na siedliskach niemetalonośnych.

7. Stare hałdy w lasach bukowych stanowią tzw. gorące punkty różnorodności gatunkowej roślinności runa, która cechuje się na tych obiektach większą liczbą gatunków i pokryciem w porównaniu z otoczeniem.

8. Na hałdach leśnych stopień zacienienia przez drzewa był najważniejszym czynnikiem zmienności zbiorowisk runa.

9. Podobnie jak na hałdach bezleśnych, właściwości siedliskowe (w tym przypadku stopień zacieniania i stosunki zawartości metali ciężkich do wapnia w glebie) w dużo

większym stopniu determinowały kompozycję gatunkową niż bogactwo gatunkowe zbiorowisk runa.

10. W przypadku złożonych i produktywnych ekosystemów, takich jak lasy bukowe, nawet przy wysokim stopniu zanieczyszczenia podłoża metalami ciężkimi, główną rolę w kształtowaniu zbiorowisk runa odgrywają czynniki biotyczne.

11. Wysoka zawartość metali ciężkich w podłożu wpływa na występowanie niektórych gatunków runa, zależne od stosunków zawartości metali do Ca oraz stopnia ich związania przez materię organiczną.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.

Podjęmowana problematyka badawcza dotyczyła szeregu różnych zagadnień, takich jak: przemiany zbiorowisk roślinnych opuszczonych osad, trwałość glebowego banku nasion roślinności synantropijnej, gatunki obce, roślinność kserotermiczna, halofity śródlądowe, archeobotaniczne analizy roślinności średniowiecznego Krakowa, akumulacja metali w tkankach roślin występujących na hałdach pozostałych po dawnym górnictwie Zn-Pb (obiekty bezleśne i leśne), wpływ starych hałd na obecność metali ciężkich w środowisku, zmienność mrówki *Lasius niger* w gradiencie skażenia metalami ciężkimi oraz roślinność i mikroorganizmy glebowe na składowiskach odpadów po produkcji i spalaniu węgla kamiennego.

Przed uzyskaniem stopnia doktora moje zainteresowania naukowe głównie wiązały się z sukcesją roślinności na opuszczonych niewielkich śródleśnych osadach, prowadzonych w ramach doktoratu na Międzynarodowym Studium Doktoranckim Instytutu Botaniki im. Władysława Szafera Polskiej Akademii Nauk pod kierunkiem prof. dr hab. Heleny Trzczińskiej-Tacik z Zakładu Ekologii Roślin Instytutu Botaniki UJ. Praca była poświęcona badaniom procesów przemian zachodzących we florze i roślinności na terenie osad do niedawna zamieszkałych przez ludzi, a obecnie opuszczonych i podlegających spontanicznej, naturalnej sukcesji. Zbadano florę i roślinność trzech osad opuszczonych 40 – 60 lat temu. Chcąc zobaczyć, jaki był „stan wyjściowy – stan 0” przed opuszczeniem osady przez jej mieszkańców przed rozpoczęciem procesów sukcesji wtórnej, tj. procesów renaturyzacji, przebadano podobnie położone i zbliżone wielkością, obecnie zamieszkałe i zagospodarowane trzy osady. Celem określenia wpływu dłuższego okresu czasu na procesy sukcesji na badanym terenie, wyszukano trzy posterunki graniczne na dawnej granicy

austriacko-rosyjskiej analogiczne do później opuszczonych osad, których zabudowania zostały wysadzone w powietrze w 1914 r., i których tereny przez następne prawie 100 lat od tamtego zdarzenia podlegały spontanicznej sukcesji. Interesujące było stwierdzenie wkraczania na ruiny budynków gatunków leśnych, rzadkich np. *Lilium martagon*, *Cephalanthera rubra*, a także miejscami bardzo licznie przez *Convallaria majalis*. Ciekawe było też stwierdzenie przeżywania bez uprawy gatunków dawniej hodowanych, jak np. *Asparagus officinalis*, *Colchicum autumnale*, *Dianthus barbatus*. Wraz z postępującym upływem czasu od opuszczenia osady przez jej mieszkańców, zmniejsza się udział gatunków obcych (antropofitów) i udział anemochorów, a zwiększa udział trwałych gatunków lasów liściastych, rozsiewanych z udziałem zwierząt.

Ważnym aspektem tych badań było zagadnienie trwałości glebowego banku nasion krótkotrwałej roślinności synantropijnej na terenach osad, po około 50 letnim czasie od ich porzucenia. W miejscach dawnych przydomowych ogródków i podwórek wyznaczono poletka badawcze, w których usunięto pokrywę roślinną. W kolejnych latach na powierzchniach uprzednio pokrytych wieloletnią roślinnością zespołu *Urtico-Aegopodietum podagrariae*, z odsłoniętego glebowego banku nasion były notowane gatunki zbiorowisk upraw i terenów ruderalnych ze związków *Aperion spicae-venti*, *Polygono-Chenopodion* oraz *Sisymbrium officinalis*. Z badań tych wynika, że uszkodzenie pokrywy roślinnej po upływie ok. 50 lat od ustania antropopresji, może ponownie ujawnić część jedno- i dwuletnich gatunków synantropijnych przetrwałych w postaci glebowego banku nasion, pomimo zaawansowanej sukcesji zbiorowisk leśnych.

W tym czasie prowadziłem także fitogeograficzne analizy rozmieszczenia nowo przybyłych gatunków obcych, takich jak *Typha laxmannii* i *Papaver albiflorum*. Ten drugi został przeze mnie odkryty i opisany, jako nowy takson we florze Polski.

W latach 2005-11 badałem wkraczanie roślinności kserotermicznej na odłogi w rejonie Trzebini i Jaworzna. Celem podjętych studiów była odpowiedź na pytanie, czy antropogeniczne siedliska porolne mogą w sprzyjających warunkach mikrosiedliskowych stanowić wtórne siedlisko dla roślinności kserotermicznej? Na polach porzuconych od 10–15 lat dominował kserotermiczny zespół ruderalny *Dauco-Picridetum hieracioidis*, na młodszych odłogach ze znacznym udziałem *Malva alcea* i gatunków z rodzaju *Verbascum*. Jednakże charakteryzował się on już występowaniem taksonów kserotermicznych muraw i okrajków z klas *Festuco-Brometea* i *Trifolio-Geranietaea sanguinei*. Najstarsze odłogi (20–25 letnie), miejsca płytkiego zalegania podłoża skalnego oraz miedze porastał zespół *Geranio-Peucedanietum cervariae*, w którym występowały chronione rzadkie w regionie gatunki

kserotermiczne. Studia te wykazały, że wtórne siedliska terenów porolnych są ważnym elementem, który należy brać pod uwagę przy studiach nad występowaniem gatunków kserotermicznych oraz rozważaniach dotyczących ich ochrony.

W latach 2004-2014 razem z prof. dr hab. Heleną Trzcińską-Tacik zajmowałem się populacjami halofitów śródlądowych w zachodniej Ukrainie. Odbyliśmy szereg wyjazdów terenowych w okolice Drohobycza, Iwano-Frankowska i Odessy. W związku ze znacznymi zmianami gospodarczymi zeszłymi w ciągu ostatniego wieku, większość naturalnych (słone źródła i bagna) stanowisk śródlądowych słonorośli uległo destrukcji europejskie populacje halofitów śródlądowych są grupą roślin szczególnie narażoną na wyginiecie i zostały objęte specjalną unijną Dyrektywą Siedliskową. Obecnie zbiorowiska te występują głównie na wtórnych siedliskach antropogenicznych jak słone hałdy, słone wypływy z nieczynnych szybów kopalnianych, czy glebach zanieczyszczonych solą w wyniku działalności przemysłu przetwórstwa soli. Na siedliskach opuszczonych kopalń soli i zakładów sodowych w rejonie Drohobycza, Kałusza i Iwanofrankowska stwierdziliśmy obfite występowanie rzadkich zespołów halofitów śródlądowych: *Salicornietum prostratae*, *Spergulario marginatae-Suaedetum prostratae*, *Puccinellietum limosae*, com. *Puccinellietum limosae* - wariant z *Aster tripolium* subsp. *pannonicus* i *Astero pannonici-Bolboschoenetum compacti*. Stwierdzone stanowiska są pojedynczymi „wyspami siedliskowymi”, których istnienie nie było znane nauce do dziś. Staraliśmy się ustalić syntaksonomiczną pozycje znalezionych zbiorowisk oraz pozycję taksonomiczną niektórych taksonów krytycznych, jak *Aster tripolium* subsp. *pannonicus*, *Limonium gmelinii* i *Suaeda prostrata*. Z gatunków halofitów wcześniej nie znanych w tym regionie zostały odkryte: *Aster tripolium* subsp. *pannonicus*, *Bolboschoenus maritimus*, *Gypsophila paniculata*, *Limonium gmelinii*, *Lotus tenuis*, *Puccinellia distans*, *Sonchus palustris*, *Suaeda prostrata*, *Trifolium fragiferum* var. *bonannii*, *Triglochin maritima*, *Typha laxmannii* and *Zannichellia palustris* subsp. *pedicellata*. Wzrost i skład gatunkowy zbiorowisk roślin jest ściśle zależny od wartości koncentracji soli w glebie. Dlatego są one zagrożone przez kurczenie się zasolonych siedlisk w związku z zakończeniem przemysłu soli w badanym rejonie.

W latach 2004-2012 współpracowałem z dr hab. Aldoną Bieniek i prof. dr hab. Krystyną Wasylikową z Zakładu Paleobotaniki PAN w Krakowie w interpretowaniu danych uzyskanych w trakcie badań paleobotanicznych osadów średniowiecznych w Krakowie. Przy okazji przebudowy ulic (w latach 2003–2007) przeprowadzono największe jak dotąd badania sondażowe i ratownicze na terenie Rynku Głównego oraz Małego Rynku. Analiza szczątków roślin znalezionych w trakcie badań archeobotanicznych średniowiecznych nawarstwień

przyniosła odkrycie pośród nich 93 obcych gatunków roślin we współczesnej florze określanych jako antropofity. Dominowały wśród nich przede wszystkim archeofity, czyli taksony zawleczone najdawniej, tj. w okresie od neolitu do XVI wieku – 90 gatunków. Jest to liczba zbliżona do liczby archeofitów znajdujących w innych badaniach na terenie Polski. Pozostałe trzy znaleziska *Calamintha sylvatica*, *Ficus carica* oraz *Glaucium corniculatum* subsp. *corniculatum* należą do grupy roślin przejściowo zawlekanych na teren Polski, czyli efemerofitów. Analiza właściwości użytkowych roślin wskazała, że większość gatunków, które we współczesnej florze Polski są archeofitami, to rośliny wykorzystywane przez człowieka, które niegdyś były źródłem pokarmu dla ludzi i zwierząt, bądź stosowano je w medycynie i obrzędach.

Po ukończeniu studiów doktoranckich w 2009 r. pracowałem w Zakładzie Bioarcheologii Instytutu Archeologii Uniwersytetu Warszawskiego. W tym okresie kontynuowałem badania archeobotaniczne osadów średniowiecznych w Krakowie. Po zmianie miejsca pracy w 2010 r. na Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, moim głównym profilem naukowym była realizacja projektu przyznanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Właściwości fizykochemiczne gleby oraz różnorodność i skład gatunkowy roślinności jako czynniki determinujące funkcjonowanie mikroorganizmów glebowych starych hałd (warpii) okolic Trzebini, Jaworzna i Olkusza” (2011-2014), w którym byłem wykonawcą. Zaowocował on opisanymi wyżej czterema pracami, które wskazuje wyżej, jako swoje główne osiągnięcie naukowe oraz trzema, których jestem współautorem. Wyniki te były także prezentowane na kilku zagranicznych i ogólnopolskich konferencjach naukowych. Kontynuowałem również inne, rozpoczęte jeszcze na doktoracie i opisane poniżej, prace badawcze skupiające się wokół ekologii roślinności siedlisk antropogenicznych.

Jednym z aspektów badań prowadzonych we współpracy z dr hab. Anną Stefanowicz oraz mgr Małgorzatą Stanek z Zakładu Ekologii im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk na starych hałdach (warpiach) odpadów pogórnicych pozostawionych przez górnictwo Zn-Pb była problematyka akumulacji metali w tkankach roślin pospolicie występujących na tych obiektach. W pierwszej części przebadano korzenie oraz pędy 10 gatunków roślin murawowych występujących licznie na hałdach bezleśnych (*Achillea collina*, *Carex hirta*, *Euphorbia cyparissias*, *Fragaria vesca*, *Hieracium pilosella*, *Leontodon hispidus*, *Plantago lanceolata*, *Potentilla arenaria*, *Rumex acetosa* i *Scabiosa ochroleuca*), w większości rzadko lub w ogóle niebadanych pod kątem akumulacji metali. Badania obejmowały również analizę zależności pomiędzy poziomem zanieczyszczenia gleby, a ilością metali w tkankach.

Wykazano, że poziom akumulacji pierwiastków w tkankach roślin różnił się pomiędzy gatunkami i częściami rośliny (pęd vs. korzeń) oraz pomiędzy pierwiastkami. Makroelementy, takie jak Ca, K i Mg były akumulowane przede wszystkim w pędach roślin, a metale stanowiące zanieczyszczenie, to jest Cd, Pb, Tl i Zn, jak również Fe, głównie w korzeniach. Średnie stężenia Cd, Pb, Tl i Zn w tkankach roślin z hałd były od 2 do 540 razy wyższe niż w tkankach roślin z terenów czystych. Najwyższe średnie stężenia Cd, Pb i Zn odnotowano w korzeniach *E. cyparissias*, *F. vesca* i *P. arenaria*, a Tl w korzeniach *P. lanceolata*. Akumulacja metali ciężkich w korzeniach i ograniczanie ich translokacji do części nadziemnych rośliny jest typowe dla większości gatunków i może mieć znaczenie w fitostabilizacji metali ciężkich przez roślinność rosnącą na terenach zanieczyszczonych.

Drugą część badań prowadzono na warpiach porośniętych 80-120 letnim lasem bukowym. Zmierzono zawartość pierwiastków w pędach i korzeniach 3 gatunków roślin runa pospolicie rosnących na hałdach, czyli *Mycelis muralis*, *Melica nutans* i *Mercurialis perennis*, oraz, dodatkowo, w liściach młodych osobników *Fagus sylvatica*. Poziom akumulacji pierwiastków w tkankach roślin runa zależał od gatunku, części rośliny i pierwiastka, podobnie jak w przypadku roślin murawowych. Najwyższe średnie stężenia Cd i Zn odnotowano w korzeniach *M. nutans*, a Pb i Tl w korzeniach *M. perennis*. Ten ostatni gromadził Cd i Zn przede wszystkim w pędach. Średnie stężenia Cd, Pb, Tl i Zn w liściach młodych osobników *Fagus sylvatica* były wyższe niż wartości referencyjne, lecz znacznie niższe (z wyjątkiem Pb) niż wartości odnotowane w roślinach runa. Efektywnie translokowanie metali ciężkich z korzeni do części nadziemnych wskazuje na możliwość wykształcenia się tolerancji na metale. Obecność takich roślin może przyczynić się ich do rozprzestrzeniania zanieczyszczenia w środowisku poprzez ściółkę.

Nasze badania starych hałd miały także wątek związany z monitoringiem środowiska terenów rolniczych. Zostały porównane gleby odłogów i pól uprawnych otaczających warpie pod względem poziomu zanieczyszczenia i wybranych właściwości fizykochemicznych. Próby gleby pobrano z hałd oraz z krótkich transektów w pobliżu wybranych hałd, to znaczy u ich podnóża oraz w odległości 5 m i 10 m. Gleby zanalizowano pod względem właściwości fizykochemicznych – pH, składu granulometrycznego, ilości oraz dostępności pierwiastków, w tym metali ciężkich. Całkowita zawartość Cd, Pb Tl i Zn, jak również Ca i materii organicznej, różniła się znacznie pomiędzy hałdą a jej otoczeniem (odłogi i pola uprawne) na większości transektów. Pomimo względnie gwałtownego spadku tych parametrów w glebach pól i odłogów w porównaniu do gleb hałd, poziomy metali ciężkich w pobliżu hałd były na ogół dużo wyższe niż wartości referencyjne.

W latach 2013-2014 razem z dr hab. Ireną Grześ i dr Mateuszem Okrutnikiem z Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie analizowaliśmy zmienność wielkości ciała wewnątrz i między koloniami u mrówki hurtnicy zwyczajnej (*Lasius niger*) w gradiencie skażenia metalami ciężkimi. Była to część wieloletnich studiów prowadzonych na stałych powierzchniach badawczych założonych w zachodniej Małopolsce (rejon Olkusza). Zmienność wewnątrz i między koloniami wielkości ciała u mrówki *Lasius niger* w gradiencie skażenia metalami ciężkimi może być znaczna, dlatego parametry związane z rozmiarem ich ciała mogą odzwierciedlać wrażliwości środowiska na czynnik skażenia. Nasze badania polegały m.in. na mierzeniu szerokości głowy hurtnicy zwyczajnej, analizach zawartości metali w glebie i mrówkach oraz roślinności występującej wokół kolonii położonych wzdłuż gradientu zanieczyszczeń metali, celem oszacowania bazy pokarmowej. Okazało się, że frekwencja małych mrówek rośnie wraz ze wzrostem zanieczyszczenia. W powstałym na podstawie powyższych badań artykule zaproponowano cztery hipotezy wyjaśniające uzyskane wyniki. Odchylenie w stronę wyższej frekwencji małych robotnic może być związane z ograniczaniem energii i/lub toksyczności metali, ale może również stanowić funkcję adaptacyjną.

W latach 2011-2014 razem z mgr. Magdaleną Hawryluk (w ramach przygotowywanej pod moją opieką pracy magisterskiej) przeprowadziliśmy kompleksowe studia nad występowaniem gatunków kserotermicznych w warunkach oddziaływania rolnictwa na Specjalnym Obszarze Ochrony Natura 2000 Zachodniowołyńska Dolina Bugu. Rozsiane w krajobrazie rolniczym skupienia roślinności stepowej z reguły mają charakter wtórny i narażone są na negatywny wpływ działalności rolniczej, jak np. nadmierna eutrofizacja. Wykształciły się one bowiem na bezpośrednio sąsiadujących z polami uprawnymi trudnych do uprawy, stromych i ciepłych zboczach, które dawniej wykorzystywano na pastwiska albo łąki kośne. Celem naszych badań było poznanie flory wszystkich muraw kserotermicznych tego rejonu oraz wskazanie typów siedlisk o największej koncentracji gatunków murawowych. Stwierdzono występowanie 158 gatunków roślin należących do 37 rodzin. Natrafiono na uznany za wymarły na terenie Polski *Dianthus collinus* subsp. *glabriusculus* oraz dotąd nie notowane na badanym terenie *Allium angulosum* i *Orobanche caryophyllacea*. Blisko połowę z odnotowanych gatunków (47%) stanowiły taksony murawowe, a 13% rośliny rzadkie i/lub chronione, co czyni badany teren szczególnie cenny dla zachowania bioróżnorodności. Największą koncentracją gatunków murawowych i rzadkich cechowały się nie kontaktujące się z polami uprawnymi środkowe partie zboczy doliny Bugu o największych powierzchniach. Najmniej roślin murawowych występowało na siedliskach będących w zasięgu oddziaływania

rolnictwa, gdzie dochodziło do dominacji nitrofilnych, odpornych na działanie herbicydów gatunków roślin. Wskazuje to, że głównym przyszłym zagrożeniem dla różnorodności gatunkowej muraw może być rosnąca chemizacja rolnictwa.

W latach 2012-18 razem z mgr. Magdaleną Radwańską (w ramach przygotowywanych pod moja opieką pracy licencjackiej, a następnie magisterskiej) i dr hab. Anną Stefanowicz z Zakładu Ekologii Instytutu Botaniki im. W. Szafera PAN zanalizowaliśmy warunki fizykochemiczne gleb w powiązaniu z mikroorganizmami glebowymi i roślinnością na składowiskach powstałych w wyniku produkcji i spalania węgla kamiennego. Pionierska roślinność hałd i osadników odpadów z wydobycia i przetwarzania węgla kamiennego stanowiła tematykę licznych studiów. Jednak nadal brakuje prac łączących badania botaniczne z analizami właściwości specyficznych podłoży tych antropogenicznych siedlisk.

Celem pierwszej części badań było poznanie składu gatunkowego roślin na nie badanych dotąd hałdach odpadów pogórnich i nieużytkach zamkniętej Kopalni Węgla Kamiennego Siersza w Trzebini, na których od 13 lat zachodziły procesy spontanicznej sukcesji roślin. Sklasyfikowano najważniejsze występujące na badanym terenie typy podłoży, dla których wykonano analizę właściwości fizykochemicznych jako podstawowych czynników determinujących skład flory. Pozostałymi objętymi studiami siedliskami były także obecne na terenie badań nielegalne wysypiska śmieci, składowiska gruzów po wyburzonych budynkach administracyjnych, a także pojedyncze usypiska popiołu z Elektrowni Siersza. Na badanych ok. 10 ha terenów byłej kopalni stwierdzono 197 gatunków roślin naczyniowych należących do 53 rodzin, co wskazuje na duże bogactwo gatunkowe tego niewielkiego terenu. Dominowały gatunki rodzime (69%) i wieloletnie (82%), drugą grupę pod względem udziału stanowią rośliny jednoroczne (terofity) – 18%. Siedliska z podłożem łupkowo-węglowym były słabo porośnięta roślinnością, a duży w niej udział terofitów świadczy o znajdywaniu się jej we wczesnych stadiach sukcesji. W częściach zwałowisk o najbardziej zaawansowanych stadiach sukcesji wykształciły się zbiorowiska bliskie borom mieszanym, w których warstwę runa tworzyły gatunki związane z lasami, w tym podlegające w Polsce ochronie ścisłej *Epipactis atrorubens* i *E. helleborine*. Na duże zróżnicowanie warunków siedliskowych terenów pokopalnianych wpływała zmienność parametrów fizykochemicznych podłoża, takich jak wilgotność, ekspozycja, uziarnienie, kwasowość, zawartość materii organicznej, obecność pierwiastków niezbędnych dla roślin i metali ciężkich. Badania prowadzone na tego typu obiektach pokopalnianych ujawniają ich wysokie bogactwo gatunkowe oraz występowanie na nich rzadkich, chronionych roślin. Mogą mieć

one duże znaczenie w ochronie bioróżnorodności, pod warunkiem, że zachowa się ich zróżnicowanie siedliskowe, pozostawiając je bez przeprowadzenia rekultywacji.

Kontynuacją i rozwinięciem powyższej problematyki badawczej była analiza powiązań pomiędzy właściwościami fizykochemicznymi podłoża, aktywnością mikroorganizmów glebowych a roślinnością na składowisku odpadów po górnictwie węgla i jego spalaniu na składowisku Elektrowni Sierszy. Badania przeprowadzono na 32 poletkach, które sklasyfikowano na 7 kategorii w zależności od typu podłoża i dominującej roślinności. Podłoże popiołu miało stosunkowo wysokie zawartości niektórych alkalicznych metali oraz pH, podczas gdy szlam węglowy miał wysoką zawartość wody oraz C, S, P i K. Biomasa mikroorganizmów glebowych, szczególnie aktywność enzymatyczna popiołu i szlamu węglowego były generalnie niskie. Jedynym wyjątkiem były świeżo odsłaniane przez wysychającą wodę partie osadnika szlamu węglowego, gdzie była najwyższa biomasa mikroorganizmów; prawdopodobnie ze względu na duże pokłady materii organicznej, które stały się dostępne dla drobnoustrojów, gdy poziom wody spadł. Właściwości popiołu i szlamu negatywnie wpływały na biomasę drobnoustrojów i aktywność enzymatyczną. Bogactwo gatunków roślin i ich pokrycie były stosunkowo wysokie, co może częściowo wiązać się ze złagodzeniem wpływu gleby pokrywanej popiołem. Wpływ domieszki *Robinia pseudoacacia* lub *Pinus sylvestris* na powierzchniach zdominowanych przez *Calamagrostis epigejos* był mniejszy niż oczekiwano. Drzewa te zwiększyły aktywność N-NH₄, N-NO₃ i aktywność arylosulfatazy, podczas gdy sam *C. epigejos* zmniejszał aktywność enzymatyczną mikroorganizmów glebowych.

Sumaryczny impact factor moich publikacji na dzień 29 sierpnia 2018 roku wynosi 31,335, liczba punktów MNiSW 520, liczba cytacji zgodnie z bazą Web of Science Core Collection 75, a indeks Hirscha 6, natomiast według Google Scholar odpowiednio: 134 i 7. Pełny spis moich publikacji oraz pozostałych aktywności i osiągnięć zawodowych można znaleźć w Załącznikach 3 i 4.

Bibliografia

1) Woch M.W., Radwańska M., Stanek M., Łopata B., Stefanowicz A.M. 2018. Relationships between waste physicochemical properties, microbial activity and vegetation at coal ash and sludge disposal sites. *Science of the Total Environment* 642: 264–275.

- 2) Stefanowicz A.M., Stanek M., Woch M.W. 2016. High concentrations of heavy metals in beech forest understory plants growing on waste heaps left by Zn-Pb ore mining. *Journal of Geochemical Exploration* 169: 157–162.
- 3) Stefanowicz A.M., Stanek M., Woch M.W. 2016. The accumulation of elements in plants growing spontaneously on small heaps left by the historical Zn-Pb ore mining. *Environmental Science and Pollution Research* 23: 6524–6534.
- 4) Grzes I.M., Okrutniak M., Woch M.W. 2015. Monomorphic ants undergo within-colony morphological changes along the metal-pollution gradient. *Environmental Science and Pollution Research* 22(8): 6126–6134.
- 5) Woch M.W., Trzcńska-Tacik H. 2015. High occurrence of rare inland halophytes on post-mining sites in western Ukraine. *Nordic Journal of Botany* 33(1): 101–108.
- 6) Woch M.W. 2015. Characteristics of landscape features related to mining and metallurgy in the Olkusz region. In: Godzik B. (Ed.), *Natural and historical values of the Olkusz Ore-bearing Region*, Edition: 1, Publishing House W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, pp. 43–53.
- 7) Godzik B., Woch M.W. 2015. History of mining in the Olkusz region. In: Godzik B. (Ed.), *Natural and historical values of the Olkusz Ore-bearing Region*, Edition: 1, Publishing House W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, pp.29-36.
- 8) Stefanowicz A.M., Woch M.W., Kapusta P. 2014. Inconspicuous waste heaps left by historical Zn–Pb mining are hot spots of soil contamination. *Geoderma* 235-236:1–8.
- 9) Woch M.W., Hawryluk M. 2014. Flora of xerothermic sites of the Zachodniowołyńska Dolina Bugu Special Area of Conservation (eastern Poland): the influence of habitat on rare grassland species. *Archives of Biological Sciences* 66 (1): 209–226
- 10) Woch M.W., Radwańska M., Stefanowicz A. 2013. Flora of spoil heaps after hard coal mining in Trzebinia (southern Poland): effect of substratum properties. *Acta Botanica Croatica* 72(2): 237–256.
- 11) Woch M.W. 2012. The anthropophytes found during the archaeobotanical studies of medieval Kraków. In: Mueller-Bieniek A. (Ed.), *Plants in the daily lives of the people of medieval Kraków*, pp 1-25.
- 12) Mueller-Bieniek A, Woch M.W. 2012. Useful and ecological properties of plants found in archaeological layers medieval Kraków. In: Mueller-Bieniek A. (Ed.), *Plants in the daily lives of the people of medieval Kraków*, pp 167-184.

- 13) Woch M.W. 2012. New and rare synanthropic plant species of the Polish flora on closed sedimentation ponds of the Siersza Power Plant. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 19(1): 29–38.
- 14) Woch M.W. 2011. Xerothermic vegetation of fallow lands in western Małopolska. *Annales UMCS, Biologia* 66 (1): 105-120.
- 15) Woch M.W. 2011. Persistence of soil seed bank of short-living synanthropic vegetation in contemporary abandoned settlements. *Acta Botanica Silesiaca* 6: 143–155.
- 16) Woch M.W., Mueller-Bieniek A., Urbisz A. 2008. *Glaucium corniculatum* (Papaveraceae) – średniowieczny efemerofit we florze polskiej. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 15(2): 223–230.
- 17) Woch M.W. 2008. *Papaver albiflorum* subsp. *austromoravicum* (Boiss.) Pacz. (Papaveraceae) – nowy takson we florze polskiej. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 15(1): 123–127.
- 18) Woch M.W. 2007. Szata roślinna wyrobiska Kopalni Piasku Szczakowa S.A. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 14(2): 281–309.
- 19) Woch M.W. 2005. Rozprzestrzenianie się nowego kenofita *Typha laxmannii* (Typhaceae) na Wyżynie Śląskiej. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 12(1): 176–179.

Kraków, 29 sierpnia 2018

dr Marcin W. Woch

