

Załącznik 2

Dr inż. Piotr Andrzej Dąbrowski

Autoreferat

Warszawa, 2018

Spis treści

1. Imię i Nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
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. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):	3
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	3
4.2. Autor, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy	4
4.3. Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	4
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych	14
5.1. Główne kierunki działalności naukowej	14
5.2. Udział w projektach badawczych	22
5.3. Dorobek publikacyjny	23
5.4. Udział w konferencjach naukowych	25
5.5. Najważniejsze wyróżnienia	25
5.6. Staże w jednostkach naukowych	25
6. Ekspertyzy i opracowania wykonane na zamówienie	25
7. Osiągnięcia dydaktyczne	26
8. Działalność organizacyjna	27

1. Imię i nazwisko

Piotr Andrzej Dąbrowski

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

2007 – stopień zawodowy inżynier, studia I-go stopnia na Międzywydziałowym Studium Ochrony Środowiska SGGW w Warszawie. Kierunek: Ochrona Środowiska.

2009 – tytuł magistra inżyniera, studia II-go stopnia na Międzywydziałowym Studium Ochrony Środowiska SGGW w Warszawie. Kierunek: Ochrona Środowiska. Specjalność: Technologie w Ochronie Środowiska. Uzyskanie tytułu z wynikiem bardzo dobrym, praca dyplomowa wyróżniona.

2010 – dyplom ukończenia studiów podyplomowych: „Zarządzanie obszarami Natura 2000”. Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

2013 - stopień naukowy doktor nauk rolniczych w zakresie ochrony i kształtowania środowiska. Tytuł rozprawy: *Wpływ wybranych warunków środowiskowych na zbiorowiska trawiaste zieleni miejskiej (The influence of selected environmental conditions on grasslands communities in urban green areas)*. Studia doktoranckie w latach 2009 – 2013 na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Adiunkt w Zakładzie Przyrodniczych Podstaw Inżynierii Środowiska, Katedra Kształtowania Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, od 1 października 2014 r. do chwili obecnej.

Asystent w Zakładzie Przyrodniczych Podstaw Inżynierii Środowiska, Katedra Kształtowania Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, od 1 października 2013 r. do 30 września 2014 r.

Samodzielny referent w Zakładzie Przyrodniczych Podstaw Inżynierii Środowiska, Katedra Kształtowania Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, od 28 czerwca 2012 r. do 30 września 2013 r.

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. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 16 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) jest monografia o tytule wymienionym poniżej.

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Reakcje ekofizjologiczne *Lolium perenne* L. i *Festuca rubra* ssp. *commutata* na wybrane czynniki stresowe w aspekcie kształtowania zielonej infrastruktury miejskiej.

4.2. Autor, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy

Piotr Andrzej Dąbrowski. Reakcje ekofizjologiczne *Lolium perenne* L. i *Festuca rubra* ssp. *commutata* na wybrane czynniki stresowe w aspekcie kształtowania zielonej infrastruktury miejskiej, 2018. Wydawnictwo SGGW. Strony: 130. Recenzenci: prof. dr hab. inż. Andrzej Misztal, prof. dr hab. inż. Krzysztof Szoszkiewicz.

4.3. Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Za osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego uznaję monografię pt. „Reakcje ekofizjologiczne traw *Lolium perenne* L. i *Festuca rubra* ssp. *commutata* na wybrane czynniki stresowe w aspekcie kształtowania zielonej infrastruktury miejskiej”.

Przyczynkiem do podjęcia badań nad wpływem niekorzystnych czynników na stan i funkcjonowanie powierzchni zadarnionych na obszarach miejskich jest pełnienie przez nie wielu funkcji ekologicznych i społecznych. Powierzchnie te, jako element zielonej infrastruktury, uznawane są za istotną część przestrzeni publicznej miast – na równi z placami czy ulicami, i podlegają zagospodarowaniu przestrzennemu.

Środowisko miejskie nie sprzyja prawidłowemu funkcjonowaniu zbiorowisk trawiastych. Według wielu autorów stan powierzchni zadarnionych nie jest zadawalający (Van der Zee 1990, Zipperer i in. 1997, O'Brien i in. 2010). Wynika to z faktu, że rośliny tworzące te zbiorowiska narażone są na działanie czynników stresowych, przez co dochodzi do ograniczenia procesów wzrostu i rozwoju. Do ważniejszych czynników stresowych należy zaliczyć zanieczyszczenie gleby związkami ropopochodnymi i związkami soli, a także niedobór wody. Źródłami zanieczyszczeń związkami ropopochodnymi są przemysł i transport drogowy (Smreczak 1997, Małachowska – Jutsz i Miksch 2010, Wang i in. 2012). Szacuje się, że na terenie Stanów Zjednoczonych Ameryki całkowity średni strumień dziesięciu związków z grupy WWA do środowiska glebowego wynosi $0,7 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}$ rocznie (Simonich i Hites 1994). Johnsen i Karlson (2005) stwierdzili, że na terenie Danii całkowity średni strumień tych samych związków wynosi $2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}$ rocznie. Autorzy Ci podkreślają, że ilość depozycji związków z grupy WWA zależy od odległości od źródła.

Zasolenie jest wynikiem stosowania związków soli w celu odładzania dróg i chodników podczas zim, działania te rozpoczęło już w 1940 r. Od tego czasu chlorek sodu jest szeroko stosowany w północno-wschodniej Europie oraz Ameryce Północnej (Kelly i in. 2008). W Stanach Zjednoczonych Ameryki w pierwszych latach odładzania za pomocą soli używano ok. 170 tys. ton NaCl rocznie, ale w 2009 r. już 15 mln. ton. (Hopkins i in. 2013). W Szwecji wykorzystanie soli do odładzania jezdni szacuje się na 200 do 300 tys. ton rocznie (Thunqvist 2004).

Niedobór wody w glebie jest natomiast wynikiem zmian klimatu, które skutkują stałym lub czasowym występowaniem braku wody (Rampino i in. 2006, Sarah i in. 2015).

Należy dodać, że gleby terenów zurbanizowanych, jako przekształcone w wyniku np.: nadmiernego zagęszczenia, cechują się zdecydowanie mniejszą możliwością retencji wód opadowych. Przeciwdziałanie tym zjawiskom jest wyzwaniem nie tylko dla poszczególnym miast czy państw, stało się strategicznym celem Unii Europejskiej (Prawo Ochrony Środowiska 2001, Rezolucja Parlamentu Europejskiego 2008).

Tolerancja gatunków i odmian roślin na te czynniki środowiskowe może zapewnić ich dłuższe utrzymanie się w runi oraz trwałość całego zadarnienia. Jednak działanie tych czynników na gazonowe odmiany traw pozostaje dla nauki nadal istotnym wyzwaniem. Badania ich wpływu ograniczały się bowiem do roślin rolniczych, a nie stosowanych w kształtowaniu środowiska terenów miejskich. Tymczasem gazonowe odmiany traw wykazują się innymi cechami niż odmiany pastewne. Znalazły one szerokie zastosowanie w kształtowaniu środowiska obszarów miejskich. Wykorzystuje się je m.in. do tworzenia powierzchni zadarnionych w miastach. Coraz częściej wykorzystywane są one także do zadarniania terenów trudnych, takich jak hałdy kopalniane czy skarpy (Przydatek i in. 2006). Odmiany gazonowe powinny odznaczać się cechami, dzięki którym będą one tworzyły powierzchnie zadarnione w niekorzystnych warunkach, jakie panują na terenach miejskich. Połączenie tych cech jest trudne, ale możliwe (Pawluśkiewicz 2009). O utrzymywaniu się traw w warunkach środowiska miejskiego w znacznym stopniu decydują specyficzne cechy ekofizjologiczne gatunków, a nawet odmian. Dzięki nim staje się możliwe zadarnienie powierzchni „trudnych”, jakim są parkowe lub przyuliczne powierzchnie zadarnione zielni miejskiej. Niezadawalająca jakość powierzchni trawiastych w miastach, planowany rozwój szlaków komunikacyjnych sprawia, że istniejące gazonowe odmiany traw powinny być wykorzystane do poprawy funkcjonowania powierzchni zadarnionych na tych terenach (Pawluśkiewicz 2009). Najczęściej stosowane do tworzenia powierzchni zadarnionych na terenach miejskich są: życica trwała i kostrzewa czerwona (Thorogood 2003, Prończuk i Prończuk 2008, Jankowski i in. 2011). W rozprawie habilitacyjnej przedstawiłem wyniki badań nad tymi dwoma gatunkami. Praca ta jest kontynuacją badań prowadzonych nad doborem gatunków i odmian traw na tereny zurbanizowane, które były prowadzone w Zakładzie Przyrodniczych Podstaw Inżynierii Środowiska Katedry Kształtowania Środowiska SGGW w Warszawie.

Do określania stanu roślin pod wpływem stresów stosowanych jest wiele metod. Dotychczas w badaniach mających na celu określenie wpływu warunków miejskich na trawy stosowano głównie metody biometryczne (Chen i in. 2013). Obecnie coraz szersze zastosowanie znajdują metody oparte o analizę przebiegu fotosyntezy, co wynika z faktu, że jest to proces szczególnie wrażliwy na działanie czynników stresowych (Kalaji i Łoboda 2010). Są to metody zaliczane do fizjologicznych. Ich zastosowanie pozwala na wykrywanie działania stresu jeszcze przed wystąpieniem dostrzegalnych objawów. Informacje o wpływie czynników stresowych na proces fotosyntezy można uzyskać na kilka sposobów. Pierwszym jest pomiar wymiany gazowej (asymilacja CO₂ i transpiracja H₂O). W ostatnich latach, jako wskaźnik wydajności aparatu fotosyntetycznego roślin coraz częściej wykorzystywana jest także technika pomiaru fluorescencji chlorofilu (Singh – Tomar i Jajoo 2014).

Metody analizy przebiegu procesu fotosyntezy są nieinwazyjne, szybkie i bardzo czułe. Należy jednak zauważyć, że nie było dotąd przeprowadzonych badań mających na celu określenie zmian cech ekofizjologicznych u gazonowych odmian traw wywołanych

niekorzystnymi czynnikami środowiska terenów zurbanizowanych przy zastosowaniu tych technik. Nie przeprowadzono również kompleksowej oceny poszczególnych parametrów otrzymanych na podstawie pomiarów biometrycznych i fizjologicznych.

Cel i zakres badań

Celem badań naukowych przedstawionych w monografii będącej osiągnięciem naukowym była próba oceny parametrów reakcji gazonowych odmian życicy trwałej (Roadrunner i Nira) i kostrzewy czerwonej (Nimba) w różnych fazach wzrostu i rozwoju na najczęściej występujące niekorzystne warunki środowiska miejskiego. Zaliczono do nich: zanieczyszczenie gleby naftalenem i fluorantem, zasolenie gleby oraz niedobór wody. Wykonywano pomiary biometryczne oraz fizjologiczne (wymiana gazowa i fluorescencja chlorofilu *a*). Podjęto także próbę oceny metod pomiaru parametrów reakcji gazonowych odmian traw na zadane stropy i określenia progowych poziomów zadanych stresów, przy których badane zachowują one swoją funkcjonalność. Praca ta jest także próbą opracowania wskazań w zakresie zarządzania zieloną infrastrukturą w niekorzystnych warunkach środowiskowych. Praca ta może być przyczynkiem do próby stworzenia narzędzia mogącego wykrywać zanieczyszczenia gleby za pomocą szybkich i niedestrukcyjnych pomiarów wykonywanych na roślinach.

Zakres badań obejmował w pierwszym etapie określenie wpływu badanych czynników środowiskowych na początkowy wzrost i rozwój gazonowych odmian traw. W tym celu przeprowadzono 3 doświadczenia laboratoryjne, podczas których mierzono takie parametry, jak energia i zdolność kiełkowania, tempo kiełkowania, cechy biometryczne siewek. Proces kiełkowania wywoływano w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Nasiona wykiełkowane prawidłowo zliczano dwa razy na dobę przez 21 dni. Po zakończeniu liczenia siewki były przenoszone na skaner w celu przeprowadzenia analizy programem WinRhizo. Czynniki badawczymi były gazonowe odmiany traw (życica trwała i kostrzewa czerwona) i czynniki stresowe: zawartość w podłożu naftalenu (0, 20 i 40 mg·kg⁻¹ s.m.) i fluorantenu (0, 20 i 40 mg·kg⁻¹ s.m.), zasolenie podłoża (0, 0,15 i 0,30 M NaCl) i susza fizjologiczna (0, - 0,5 i -1,0 MPa).

W pracy określano też wpływ badanych czynników środowiskowych na cechy fizjologiczne gazonowych odmian traw po zasiewie (faza pełni krzewienia). W tym celu przeprowadzono 4 doświadczenia wazonowe. Były one przeprowadzane w hali wegetacyjnej SGGW w warunkach naturalnego oświetlenia. Nasiona wszystkich odmian były wysiewane w wazonach wypełnionych podłożem - mieszaniną piasku luźnego (70%) i gliny lekkiej (30%). Czynnikiem stresowym zadawano 8 tygodni po wysiewie. Pomiary fizjologiczne były wykonane na 6 losowo wybranych liściach flagowych. Pomiary fluorescencji chlorofilu były wykonywane po ich zacienieniu przez 30 min. Zastosowano aparat pomiarowy M-PEA (Hansatech Instruments, Wielka Brytania) wraz z następującym protokołem pomiarowym: czas pomiaru - 1.0 s, intensywność światła aktywnego - 3000 μmol m⁻²·s⁻¹, długość fali - 635 ± 10 nm. Mierzono następujące parametry: F_O, F_M, F_v, F_v/F_M, F_v/F_O, A_M i test OJIP. Pomiary wymiany gazowej wykonano za pomocą analizatora gazów Lcpro+ (ADC BioScientific Ltd., Wielka Brytania) przy ustalonym przepływie strumienia gazów na poziomie 150 mmol·s⁻¹. Mierzone parametry to: asymilacja CO₂, transpiracja H₂O, przewodność szparkowa

i międzykomórkowe stężenie CO₂. Czynnikiem badawczymi były te same gazonowe odmiany traw i czynniki stresowe: zawartość w podłożu naftalenu lub fluorantenu (0, 20 i 40 mg·kg⁻¹ s.m.) i współdziałanie tych zanieczyszczeń (tylko odmiana Nira), zasolenie podłoża (0, 0,15 i 0,30 M NaCl) i wilgotność względna podłoża (70, 50 i 30%).

W kolejnym etapie podjęto próbę określenia wpływu zasolenia gleby wzrost i rozwój gazonowych odmian życicy trwałej w kolejnych latach po zasiewie. W tym celu przeprowadzono doświadczenie lizymetryczne. Doświadczenie to prowadzono w hali wegetacyjnej SGGW w Warszawie w latach 2016 – 2017. Czynnikiem badawczymi były te same gazonowe odmiany życicy trwałej i kostrzewy czerwonej oraz czynnik stresowy (sól NaCl w postaci roztworu wodnego), którą zadano w każdym sezonie - w pierwszym przed wysiewem nasion, w kolejnych – przed rozpoczęciem wegetacji. Określano następujące parametry biometryczne traw: wschody, zadarnienie i przezimowanie. Oceniono je w skali punktowej 1 – 9, gdzie 1 to ocena bardzo słaba a 9 – bardzo dobra. Ocenę wschodów przeprowadzono po 30 dniach od wysiewu. Zadarnienie określono jako procent pokrycia liśćmi. Parametr ten był określany w pierwszym i drugim roku trwania doświadczenia po osiągnięciu pełni zwarcia runi. Przezimowanie było określane jako procent roślin martwych i ocenione na początku drugiego roku badań. Pomiarów parametrów fizjologicznych były wykonane na 6 losowo wybranych liściach flagowych. Pomiar fluorescencji chlorofilu były wykonane po zacieleniu próbki przez 30 min. Wykorzystano aparat pomiarowy OS5-p (Delta – T Device, Wielka Brytania) z następującym protokołem pomiarowym: czas pomiaru - 1.0 s, intensywność światła aktywnego - 3000 μmol·m⁻²·s⁻¹, długość fali - 635 ± 10 nm. Mierzono następujące parametry: F_O, F_M, F_V, F_V/F_M, F_V/F_O i A_M. Pomiar wymiany gazowej były wykonywane za pomocą analizatora gazów Lcpro+ (ADC BioScientific Ltd., Wielka Brytania). Wszystkie pomiary fizjologiczne były wykonane 3 razy w okresie wegetacyjnym.

Przydatność odmian traw *Lolium perenne* L. i *Festuca rubra* ssp. *commutata* i technik pomiarów ich reakcji ekofizjologicznych na czynniki stresowe dla potrzeb zarządzania zieloną infrastrukturą określono metodą listy kontrolnej (Cetner 1996). Poszczególne parametry pomiarów ekofizjologicznych, będące kryteriami oceny, posiadają różne jednostki miary, dlatego aby określić ich wartość diagnostyczną posłużono się skalą pięciopunktową (5 to ocena bardzo wysoka, 1 - bardzo niska). Poszczególnym parametrom przypisano wagi względne, określając ich znaczenie w ocenie całościowej. Zbiorczą (kompleksową) ocenę przydatności odmian traw i metod pomiarów ekofizjologicznych określono według formuły:

$$V = \sum a_i \cdot v_i$$

gdzie:

a_i - ocena cząstkowa i – tego kryterium w skali pięciopunktowej,

v_i - waga i -tego parametru. $\sum v_i = 1$.

Reakcje biometryczne i fizjologiczne wybranych gazonowych odmian traw na zanieczyszczenie podłoża naftalenenem i fluorantenenem

Fluoranten nie powodował istotnego obniżenia energii i zdolności kiełkowania badanych odmian. Naftalen spowodował obniżenie energii kiełkowania odmiany Roadrunner życicy trwałej, jednak nie stwierdzono istotnego wpływu ilości tego związku na ten parametr. Odmiana Nira życicy trwałej zareagowała w sposób bardziej dynamiczny na obecność

naftalenu. Energia kiełkowania odmiany Nimba kostrzewy czerwonej była obniżona tylko przez naftalen w ilości $40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Zdolność kiełkowania była parametrem mniej wrażliwym niż energia kiełkowania – u wszystkich odmian parametr ten został obniżony tylko przez naftalen w ilości $40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Oba związki miały istotny wpływ na cechy biometryczne siewek. U wszystkich odmian naftalen powodował większe obniżenie średniej długości pędu i jego powierzchni niż fluoranten. Największe zmiany zachodziły u odmiany Nimba, najmniejsze – u odmiany Roadrunner. Długość korzenia zarodkowego była zredukowana przez naftalen u wszystkich odmian, jednak u Roadrunner inhibicja tego parametru nastąpiła tylko przy ilości $40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. tego związku. Fluoranten nie spowodował zmian u odmiany Nimba, zaś u odmiany Roadrunner zmiany nastąpiły tylko przy zanieczyszczeniu $40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., u odmiany Nira spowodował reakcję przy obydwu wielkościach zanieczyszczenia. Powierzchnia rzutu korzenia zarodkowego była parametrem wrażliwym na obydwie związki w podobnym stopniu u wszystkich badanych odmian.

Obecność naftalenu i fluorantenu miała istotny wpływ na parametry fluorescencji chlorofilu *a*. U wszystkich odmian naftalen powodował istotne zmiany w parametrach F_O , F_M , F_v/F_O i A_M już w stężeniu $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Parametr F_v/F_M był mniej wrażliwy od pozostałych parametrów. Także reakcje na zadany stres były stwierdzane we wcześniejszym terminie pomiarowym u roślin traktowanych naftalenem niż fluorantenenem. Większość parametrów ulegała zmianie już po 240 godzinach, podczas gdy u roślin traktowanych fluorantenenem reakcja była obserwowana po 480 godzinach. Obydwie związki w mniejszym stopniu wpływały na większość parametrów odmiany Roadrunner niż Nira i Nimba. Istotnej zmianie uległ także przebieg krzywej indukcji chlorofilu *a* (krzywa OJIP). Zmiany te nastąpiły u roślin traktowanych obydwoma związkami już po 240 godzinach od zadania stresu. U wszystkich odmian najmniejsze zmiany spowodował fluoranten w stężeniu $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., natomiast największe naftalen w stężeniu $40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. W pierwszym terminie pomiarowym najmniejsze zmiany przebiegu krzywej stwierdzono u odmiany Nira. W czasie 480 godzin po zadaniu stresu różnice pomiędzy odmianami były mniej wyraźne.

Zanieczyszczenie gleby obydwoma związkami z grupy WWA miało istotny wpływ na parametry wymiany gazowej. W czasie 240 godzin po zadaniu stresu u wszystkich trzech odmian stwierdzono mniejsze niż u roślin kontrolnych wartości asymilacji CO_2 i transpiracji H_2O , jednak nie wykazano istotnych różnic pomiędzy odmianami oraz pomiędzy związkami. W czasie 480 godzin po zadaniu stresu stwierdzono silniejsze oddziaływanie obydwu związków na parametry odmian Nira i Nimba niż odmiany Roadrunner.

Asymilacja CO_2 i transpiracja H_2O u wszystkich badanych odmian traktowanych naftalenem była skorelowana dodatnio z większością parametrów fluorescencji chlorofilu *a*. Jedyne parametry F_M był skorelowany ujemnie. Podobna zależność została stwierdzona u roślin traktowanych fluorantenenem. Jedyne u odmiany Nimba nie stwierdzono istotnych korelacji pomiędzy tymi dwoma parametrami wymiany gazowej a parametrami F_v i F_v/F_M .

Doświadczenie współoddziaływania obydwu związków na odmianę Nira miało na celu zbadanie, czy obydwie związki są w stanie oddziaływać silniej na stan fizjologiczny rośliny niż każdy z osobna. Odmianę Nira wybrano, ponieważ cechowała się ona bardziej wyraźną reakcją na obydwie związki zadawane osobno. Stwierdzono, że naftalen ma większe negatywne oddziaływanie na stan fizjologiczny niż fluoranten. Nie stwierdzono jednak, aby naftalen we współdziałaniu z fluorantenenem miał silniejsze działanie niż sam naftalen.

Reakcje biometryczne i fizjologiczne wybranych gazonowych odmian traw na zasolenie podłoża

Energia kiełkowania u wszystkich badanych odmian była parametrem obniżanym przez roztwór soli. Wielkość oddziaływania była zależna od wysokości stężenia roztworu i samej odmiany. Pozostałe parametry procesu kiełkowania (tempo i zdolność kiełkowania) były także obniżane przez stres solny, przy czym odmiana Nira była najbardziej odporna na ten stres. Stwierdzono także istotny wpływ roztworu NaCl na cechy biometryczne siewek. U wszystkich odmian w podobnym stopniu została zredukowana średnia długość pędu i jego powierzchnia. Długość korzenia zarodkowego i jego powierzchnia także uległy zredukowaniu pod wpływem roztworu soli u wszystkich odmian, jednak u Roadrunner i Nimba inhibicja tych parametrów była zależna od stężenia roztworu, natomiast u odmiany Nira nie stwierdzono zmian u roślin traktowanych roztworem 0,15 M, a u roślin traktowanych roztworem 0,30 M nie stwierdzono wytworzenia korzenia.

Niezależnie od odmiany, wszystkie parametry fluorescencji chlorofilu uległy zmianie, oprócz F_0 . Mniejsze zmiany stwierdzono u odmiany Roadrunner i Nimba niż u Nira. Istotnej zmianie uległ także przebieg krzywej indukcji chlorofilu *a* (krzywa OJIP). Zmiany te nastąpiły już po 96 godzinach od zadania stresu. W pierwszym terminie pomiarowym odmiana Nira wykazała się najmniejszymi zmianami przebiegu krzywej pod wpływem roztworu 0,15 M, jednak w kolejnych terminach i na roztworze 0,30 M odmianą o większej tolerancji była Roadrunner. Stosunkowo wysoką tolerancją wykazała też odmiana Nimba.

Roztwór soli spowodował obniżenie wartości asymilacji CO_2 po 96 godzinach od zadaniu stresu u odmian Roadrunner i Nimba, oraz po 48 godzinach u odmiany Nira. Transpiracja H_2O uległa zmianie pod wpływem stresu solnego, podobnie jak asymilacja CO_2 .

Stwierdzono istotną korelację pomiędzy niektórymi parametrami stanu fizjologicznego roślin poddanych stresowi zasolenia. Asymilacja CO_2 i transpiracja H_2O u odmiany Roadrunner były skorelowane ze wszystkimi parametrami fluorescencji chlorofilu *a*, natomiast u odmiany Nira stwierdzono istotną korelację pomiędzy tymi dwoma parametrami wymiany gazowej a parametrami F_v , F_v/F_M , F_v/F_0 i A_M . Asymilacja CO_2 i transpiracja H_2O u odmiany Nimba były skorelowane ze wszystkimi parametrami fluorescencji chlorofilu *a* poza parametrem F_0 .

Reakcje biometryczne i fizjologiczne wybranych gazonowych odmian traw na działanie niedoboru wody

Potencjał wodny roztworu w doświadczeniu szalkowym został wywołany za pomocą związku PEG 8000. Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ suszy na przebieg procesu kiełkowania nasion odmian Roadrunner i Nimba, nie stwierdzono takiego wpływu na odmianę Nira. Energia kiełkowania odmian Roadrunner i Nimba była obniżana przez stres suszy w podobny sposób. U odmian tych stwierdzono także obniżenie zdolności kiełkowania. Stwierdzono też istotny wpływ niedoboru wody na cechy morfologiczne siewek. Średnia długość pędu wzrosła u wszystkich odmian, u odmiany Roadrunner miała miejsce wyłącznie u roślin traktowanych roztworem o ciśnieniu -1,0 MPa, podczas gdy u odmian Nira i Nimba stwierdzono wzrost wartości tego parametru u roślin traktowanych roztworem -0,5 MPa. Średnia powierzchnia pędu natomiast była najmniejsza u odmiany Roadrunner. Długość

korzenia zarodkowego była parametrem ulegającym zmniejszeniu tylko u odmiany Roadrunner traktowanej roztworem o ciśnieniu -1,0 Mpa.

Niedobór wody w podłożu miał istotny wpływ na parametry fluorescencji chlorofilu *a*. Istotną wrażliwością wykazały wszystkie parametry poza parametrem A_M . Parametrem najbardziej czułym był F_v/F_o . Wszystkie parametry ulegały zmianom po 240 godzinach od zadaniu stresu. W przypadku pozostałych parametrów także nastąpiło zjawisko regeneracji, ale wartości tego parametru były nadal niższe niż u roślin kontrolnych. Istotnej zmianie uległ przebieg krzywej indukcji chlorofilu *a* (krzywa OJIP). Zmiany te nastąpiły u wszystkich odmian po 240 godzinach. Odmiana Nira w obydwu wariantach uwilgotnienia podłoża wykazała się mniejszymi zmianami przebiegu krzywej niż odmiana Roadrunner. Stosunkowo dobrą tolerancją cechowała się też odmiana Nimba. Odmiany Nira i Nimba cechowały się podobną zdolnością do regeneracji.

Niedobór wody w podłożu miał istotny wpływ na parametry wymiany gazowej już po 240 godzinach. Parametrem, który nie był istotnie zmieniany przez ten czynnik stresowy było międzykomórkowe stężenie CO_2 . Jedynie u odmiany Roadrunner stwierdzono zwiększenie wartości tego parametru u roślin rosnących na podłożu o wilgotności względnej 30%.

Stwierdzono także istotny wpływ tego czynnika stresowego na ciśnienie ssące wszystkich badanych odmian. Zmiany były odnotowane w czasie 240 godzin po zadaniu stresu. W tym czasie najbardziej dynamicznie zareagowała odmiana Roadrunner – już na podłożu o wilgotności względnej wynoszącej 50% wartość tego parametru była istotnie wyższa niż u roślin kontrolnych.

Stwierdzono istotną korelację pomiędzy niektórymi parametrami stanu fizjologicznego roślin poddanych stresowi niedoboru wody, jednakże u każdej z odmian wymiana gazowa była skorelowana z innymi parametrami fluorescencji chlorofilu *a*, natomiast zarówno asymilacja CO_2 , transpiracja H_2O i przewodność szparkowa u wszystkich odmian były skorelowane ujemnie z ciśnieniem ssącym.

Ewaluacja metod pomiaru parametrów reakcji ekofizjologicznych badanych gazonowych odmian traw na zadane czynniki stresowe

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że pomiary cech biometrycznych w początkowej fazie rozwoju gazonowych odmian traw są metodą dobrą do oceny wpływu zanieczyszczenia podłoża naftalenem i wpływu zasolenia i do oceny wpływu obniżenia wilgotności względnej podłoża. Pomiary wymiany gazowej zostały ocenione jako bardzo dobre do oceny wpływu zanieczyszczenia podłoża fluorantem, dobre do oceny wpływu zanieczyszczenia podłoża naftalenem, słabe do oceny wpływu obniżenia wilgotności względnej podłoża oraz bardzo słabe do oceny wpływu zasolenia podłoża. Pomiary fluorescencji chlorofilu zostały ocenione jako bardzo dobre do oceny wpływu wszystkich badanych czynników stresowych.

Pod względem reakcji parametrów biometrycznych w początkowej fazie rozwoju (doświadczenie szalkowe) jako wskaźnika oddziaływania zanieczyszczenia podłoża naftalenem odmiana Roadrunner została oceniona jako bardzo dobra, Nira i Nimba zostały ocenione jako dobre. Wszystkie badane odmiany zostały ocenione jako bardzo dobre pod względem reakcji na zanieczyszczenie fluorantem. Zasolenie podłoża miało największy wpływ na parametry biometryczne u odmiany Roadrunner. Odmiana ta została oceniona jako

średnia, natomiast odmiany Nira i Nimba jako dobre. Wszystkie odmiany zostały ocenione jako bardzo dobre w warunkach obniżonej wilgotności podłoża.

Pod względem parametrów wymiany gazowej (doświadczenie wazonowe) jako wskaźnika oddziaływania zanieczyszczenia podłoża naftalenem odmiana Roadrunner została oceniona jako bardzo dobra, Nira jako dobra, a Nimba jako dostateczna. W warunkach zanieczyszczenia fluorantem wszystkie badane odmiany zostały ocenione jako bardzo dobre. Odmiana Roadrunner została oceniona jako średnia, natomiast odmiany Nira i Nimba jako dobre pod względem reakcji na zasolenie podłoża. Wszystkie badane odmiany zostały ocenione jako bardzo dobre w warunkach obniżonej wilgotności podłoża.

Pod względem parametrów fluorescencji chlorofilu *a* (doświadczenie wazonowe) jako wskaźnika oddziaływania zanieczyszczenia podłoża naftalenem lub fluorantem wszystkie badane odmiany zostały ocenione jako bardzo dobre. W warunkach zasolenia podłoża odmiany Roadrunner i Nira były bardzo dobre, natomiast odmiana Nimba dobra. W warunkach obniżonej wilgotności podłoża wszystkie odmiany były bardzo dobre.

Pod względem parametrów biometrycznych mierzonych w kolejnych latach użytkowania (doświadczenie lizymetryczne) odmiany Nira i Nimba zostały ocenione jako dostateczne, natomiast odmiana Roadrunner jako słaba.

Należy zauważyć, że niezależnie od odmiany, omawiane metody zostały ocenione podobnie pod kątem ich przydatności do szybkiego i niedestrukcyjnego określania reakcji na zadany stres. Obie metody wykazały także różnice występujące pomiędzy poszczególnymi odmianami. Należy podkreślić, że w literaturze przedmiotu (Rampino i in. 2006, Kalaji i Łoboda 2010) panuje pogląd, że badania określające zmiany w wydajności pracy aparatu fotosyntezującego u roślin powinny uwzględniać obie te metody.

Propozycja ewentualnego wykorzystania wyników

Problematyka przedstawiona w rozprawie habilitacyjnej obejmuje zagadnienia gospodarowania zieloną infrastrukturą na obszarach miejskich, które stanowi jeden z elementów dyscypliny naukowej określanej jako ochrona i kształtowanie środowiska. Praca wpisuje się w trend badań nad oceną wpływu środowiska miejskiego na podstawowy element budujący zieloną infrastrukturę – roślinność. Przedstawione w rozprawie wyniki uzupełniają dotychczasową wiedzę o wpływie najważniejszych czynników stresowych występujących na terenach zurbanizowanych na gazonowe odmiany traw, szczególnie w zakresie ich reakcji biometrycznych i fizjologicznych. Dzięki tym wynikom stanie się możliwym lepszy dobór odpowiednich gatunków i odmian roślin w miejscach, gdzie warunki środowiskowe są trudne. Wyniki badań mają charakter zarówno poznawczy, jak użyteczny, ważny z punktu widzenia realizacji celu 2 „Strategii ochrony różnorodności biologicznej UE do roku 2020” - *Utrzymanie i odbudowy ekosystemów i ich funkcji oraz wspieranie zielonej infrastruktury*. Kluczowym elementem ochrony i kształtowania jednego z ważniejszych elementów zielonej infrastruktury terenów miejskich, jakim są trawniki, jest analiza prawidłowego funkcjonowania roślin tworzących zadarnienia. Opracowane zależności pomiędzy natężeniem poszczególnych niekorzystnych czynników środowiskowych a funkcjonowaniem roślin tworzących dane zbiorowisko umożliwia precyzyjne prognozowanie zmian zachodzących w tym zbiorowisku.

Uzyskane wyniki badań cech biometrycznych i fizjologicznych dwóch gazonowych odmian życicy trwałej (Roadrunner i Nira) i jednej odmiany gazonowej kostrzewy czerwonej (Nimba) w połączeniu z osiągnięciami nauki z zakresu ekologii muraw miejskich mogą być wykorzystane do opracowania precyzyjnych wytycznych zrównoważonego gospodarowania obiektami zielonej infrastruktury w różnych warunkach środowiskowych. Pozwoliłoby to na podjęcie przez instytucje zarządzające (wydziały ochrony środowiska urzędów miejskich) działań mających na celu zwiększenie odporności muraw miejskich na utratę funkcjonalności. Ostatecznie, opracowane w rozprawie charakterystyki poszczególnych parametrów fizjologicznych gazonowych odmian traw mogą stanowić przyczynek do opracowania narzędzia służącego do szybkiego wykrywania stresów roślinnych *in situ*, bez potrzeby zakładania doświadczeń w warunkach kontrolowanych.

Literatura

- Chen L., Liu X., Zhang X., Liu S., Wei J., Xu G. 2013: Response characteristics of seed germination and seedling growth of *Acorus tatarinowii* under diesel stress. *Plant Soil* 368: 355–363.
- Hopkins G.R., French S.S., Brodie E.D. 2013: Increased frequency and severity of developmental deformities in rough-skinned newt (*Taricha granulosa*) embryos exposed to road deicing salts (NaCl & MgCl₂). *Environmental Pollution*: 173, 264–269.
- Jankowski K., Czełusciński W., Jankowska J., Sosnowski J. 2011a: Wpływ hydrożelu oraz różnych rodzajów nawozów na tempo odrostu runi trawników założonych na bazie życicy trwałej. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie* 11 (2): 73–82.
- Johnsen A.R., Karlson U. 2005: PAH degradation capacity of soil microbial communities—does it depend on exposure? *Microbial Ecology* 50: 488–494.
- Kalaji H.M., Łoboda T. 2010: Fluorescencja chlorofilu w badaniach stanu fizjologicznego roślin. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, ss: 116.
- Kelly V.R., Lovett G.M., Weathers K.C., Findlay S.E., Strayer D.L., Burns D.J., Liekens G.E. 2008: Long-term sodium chloride retention in a rural watershed: Legacy effects of road salt on streamwater concentration. *Environmental Science and Technology* 42: 410-415.
- Małachowska-Jutczak A., Miksch K. 2010: Przydatność wybranych bioindykatorów do oceny efektywności bioremediacji gruntów zanieczyszczonych węglowodorami. Monografia nr 54, Polska Akademia Nauk, Komitet Inżynierii Środowiska, Gliwice 2010.
- O'Brien L., Williams K., Stewart A. 2010: Urban health and health inequalities and the role of trees, woods and forests in Britain. Report to the Forestry Commission, Edinburgh.
- Pawluśkiewicz B., 2009: Analiza możliwości wykorzystania gazonowych odmian traw do poprawy powierzchni trawiastych na obszarach zurbanizowanych. Wydawnictwo SGGW, ss: 131.
- Prończuk S., Prończuk M., 2008: Ocena przydatności odmian życicy trwałej (*Lolium perenne*) na trawniki okresowo zacieniane. *Biul. IHAR* nr 248: 135-145.
- Prawo Ochrony Środowiska 2001: Ustawa z dnia 27 kwietnia, DzU nr 62, poz. 627.
- Przydatek T., Jurkowski M., Gawęcki J., Gierula A. 2006: Znaczenie gatunków i odmian traw w zadarnieniu i rekultywacji terenów o różnym przeznaczeniu. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Rolnictwo* LXXXVIII nr 545: 249-253.

- Rampino P., Pataleo S., Gerardi C., Mita G., Perotta C. 2006: Drought stress response in wheat: physiological and molecular analysis of resistant and sensitive genotypes. *Plant Cell and Environment* 29: 2143-2152.
- Rezolucja Parlamentu Europejskiego 2008 w sprawie dalszych działań dotyczących agendy terytorialnej i karty lipskiej – europejski program działania na rzecz rozwoju przestrzennego i spójności terytorialnej (2007/2190 (INI)).
- Sarah P., Zhevelev H.M., Oz A. 2015: Urban park soil and vegetation: effects of natural and anthropogenic factors. *Pedosphere* 25 (3): 392–404.
- Simonich S.L., Hites R.A. 1994: Importance of vegetation in removing polycyclic aromatic hydrocarbons from the atmosphere. *Nature* 370: 49–51.
- Singh-Tomar R., Jajoo A. 2014: Fluoranthene, a polycyclic aromatic hydrocarbon, inhibits light as well as dark reactions of photosynthesis in wheat (*Triticum aestivum*). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 109: 110–115.
- Thorogood D. 2003: Rozdział 7. Perennial ryegrass. *Turfgrass Biology, Genetics, and Breeding*. John Wiley and sons: 75-105.
- Thunqvist E.L. 2004: Regional increase of mean chloride concentration in water due to the application of deicing salt. *Science of the Total Environment* 325: 29–37.
- Wang Z., Liu Z., Yang Y., Li T., Liu M. 2012: Distribution of PAHs in tissues of wetland plants and the surrounding sediments in the Chongming wetland, Shanghai, China. *Chemosphere* 89: 221–227.
- Van der Zee D. 1990: The complex relationship between landscape and recreation. *Landscape Ecology* vol. 4 no. 4: 225-236.
- Zipperer W.C., Sisinni S.M., Pougat R.W., Foresman T.W. 1997: Urban tree cover: an ecological perspective. *Urban Ecosystem* No 1 (4): 229-246.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

5.1. Główne kierunki działalności naukowej

Prowadzona przeze mnie działalność naukowa obejmuje zagadnienia z zakresu ochrony i kształtowania środowiska, w tym głównie wpływu warunków miejskich na szatę roślinną tworzącą zieleni miejską. Przedmiotem moich zainteresowań jest także zarządzanie obszarami Natura 2000. Główną tematykę moich dotychczasowych badań można zgrupować w następujące obszary:

1) Kształtowanie się zbiorowisk roślinnych zieleni miejskiej w zróżnicowanych warunkach środowiskowych

Moje zainteresowania naukowe były i są nadal skoncentrowane głównie na funkcjonowaniu zieleni miejskiej w aspekcie ochrony i kształtowania zasobów przyrodniczych tych terenów. W ramach prac do doktoratu zająłem się problemem wpływu warunków siedliskowych (ze szczególnym uwzględnieniem warunków świetlnych) na rozwój i funkcjonowanie wybranych gatunków roślin, które tworzą zadarnienia na terenach miejskich. Prowadziłem badania, których celem było określenie stopnia, w jakim niekorzystne warunki świetlne wpływały na zbiorowiska roślinne muraw parkowych. Badania były przeprowadzone w dwóch warszawskich parkach: Muzeum Łazienki Królewskie i park miejski im. Paderewskiego (Park Skaryszewski). Wykonano następujące pomiary: zadarnienie, wysokość runi, współczynnik ulistowienia (LAI), oraz skład botaniczny metodą botaniczno-wagową. Stwierdzono, że istnieje możliwość utrzymywania trawników o wysokich walorach w warunkach ograniczonego promieniowania słonecznego pod warunkiem odpowiedniego doboru gatunków. Rekomenduje się do tych celów takie gatunki jak: *Agrostis stolonifera* czy *Poa trivialis*. Otrzymane wyniki zostały opublikowane w czasopiśmie posiadającym Impact Factor *Plant Soil and Environment* (**II.A.1.**). Praca ta była dotychczas cytowana 5 razy.

Problematykę funkcjonowania zadarnień w warunkach ograniczonego promieniowania słonecznego kontynuowałem badając możliwości adaptacyjne aparatu fotosyntezującego wybranych gazonowych odmian życicy trwałej. Badania te obejmowały pomiary fluorescencji chlorofilu *a*, wymiany gazowej oraz indeksu zieloności. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że ze względu na różnice we wrażliwości aparatu fotosyntezującego na długotrwałe zacinienie, istnieje możliwość doboru odmian życicy trwałej pod tym kątem. Otrzymane wyniki ze względu na obszerny zakres zostały zawarte w dwóch niezależnych publikacjach, które ukazały się w czasopiśmie posiadającym Impact Factor *Zemdirbyste – Agriculture* (**II.A.5.**) – praca była dotychczas cytowana 10 razy, a także w *Annals of Warsaw University of Life Sciences – Land Reclamation* (**II.D.8.**).

Kolejnym podjętym problemem kształtowania się zbiorowisk trawiastych na terenach zurbanizowanych była ocena możliwości rozwoju gazonowych odmian życicy trwałej w zależności od udziału piasku w warstwie nośnej tych muraw. Stwierdzono, że udział frakcji piasku w podłożu muraw sportowych miał wpływ przede wszystkim na całkowitą powierzchnię blaszki liściowej. Stwierdzono, że badane gazonowe odmiany życicy trwałej wykazywały się różną wrażliwością na udział piasku w podłożu. Wnioski te są bardzo istotne, szczególnie przy zakładaniu muraw sportowych, gdzie udział poszczególnych frakcji w podłożu powinien być zgodny z normą DIN 18035. Wyniki tych badań zostały

opublikowane w czasopiśmie *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* (II.D.1.).

Ważnym dla poprawy funkcjonowania środowiska miejskiego jest również problematyka poprawy stanu zbiorowisk trawiastych zadarnień przyulicznych. Kluczowym elementem jest tu ocena metod rekultywacyjnych i szybkość tworzenia nowych zadarnień. W tym celu przeprowadzono badania laboratoryjne, których celem było określenie wpływu osadu ściekowego i hydrożelu na kiełkowanie traw. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że osad ściekowy zaaplikowany w dużych dawkach może ograniczać proces kiełkowania niektórych gazonowych odmian traw. Wyniki zostały opublikowane w czasopiśmie *TEKA Ochrony i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego – OL PAN* (II.D.2).

Właściwe funkcjonowanie zieleni w miastach wiąże się również z problemem zasolenia gleby. Negatywny wpływ zasolenia gleby na rośliny najczęściej obserwowany jest na podstawie nekroz blaszek liściowych drzew przydrożnych. W celu poszerzenia wiedzy z tego zakresu jeszcze na studiach doktoranckich podjąłem współpracę dr hab. Wojciechem Dmuchowskim (Polska Akademia Nauk Ogród Botaniczny – Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej w Powsinie). W ramach współpracy były prowadzone badania nad wpływem zasolenia gleby na zawartość lipidów prenolowych w liściach lipy krymskiej. Przyczynkiem do przeprowadzenia tych badań było przypuszczenie, że poliizoprenoidy mogą odgrywać szczególną rolę w przystosowaniu się roślin do niekorzystnych warunków klimatycznych i siedlisk, w tym wykazują działanie ochronne w odpowiedzi na stresy biotyczne i abiotyczne. Celem tych badań była ocena wpływu stresu solnego na zawartość lipidów prenylowych w liściach lipy krymskiej (*Tilia 'Euchlora'*). Zawartość Cl w liściach drzew „zdrowych” wynosiła średnio 0,96%, a w „chorych” 2,02%. Drzewa kontrolne zawierały średnio 0,57% i 0,56% Cl. Zawartość Na wynosiła odpowiednio 208 mg·kg⁻¹ i 1038 mg·kg⁻¹, a na terenach kontrolnych odpowiednio 62 i 64 mg·kg⁻¹. W liściach lipy krymskiej zidentyfikowano cztery lipidy prenylowe: preno-9, preno-10, preno-11 i preno-12. Analizowane liście charakteryzowały się najwyższą zawartością preno-10 (2,16–6,90 mg·g⁻¹), a najniższą – preno-12 (0,08–0,23 mg·g⁻¹). Najwyższą zawartość lipidów prenylowych stwierdzono w liściach drzew „zdrowych” (średnio 13,31 mg·g⁻¹), niższą w przypadku drzew „chorych” (9,18 mg·g⁻¹), a najniższą w kontrolnych (3,96 mg·g⁻¹). Podana tendencja dotyczyła wszystkich zidentyfikowanych prenoli. Wyciągnięcie ostatecznych wniosków na tym etapie badań jest niemożliwe. Uzyskane wyniki sugerują, ochronną rolę prenoli ograniczającą kumulowanie Cl w liściach. Może świadczyć o tym wysoka zawartość prenoli w liściach drzew „zdrowych” ale rosnących w warunkach zasolenia gleby oraz ich niższa zawartość w liściach drzew „chorych” i kontrolnych. Badania zostały opublikowane w czasopiśmie *Dendrobiology* (II.A.3.). Praca ta była dotychczas cytowana 7 razy.

2) Zanieczyszczenia metalami ciężkimi w miastach i ich bioindykacja

Badania (wykonywane także we współpracy z dr hab. Wojciechem Dmuchowskim) dotyczące tej tematyki badawczej podjąłem w celu ustaleniem tła zanieczyszczenia SO₂ i wybranymi metalami ciężkimi (Cd, Cu, Pb i Zn) w centralnej Polsce z wykorzystaniem metod bioindykacji. W ramach tych badań została wykonana ocena wpływu zmian ogólnych emisji krajowych na zanieczyszczenie środowiska wyrażonych jako nagromadzenie zanieczyszczeń

w roślinach (igły sosny zwyczajnej). Badania te zostały wykonane w Lasach Chojnowskich. Stwierdzono, że zanieczyszczenie środowiska przez siarkę i metale ciężkie w Lasach Chojnowskich, z wyjątkiem północnej części, można uznać za obszar tła naturalnego dla centralnej Polski. W części północnej zauważalny jest wpływ zanieczyszczeń z okolic Warszawy. Zmiany zawartości analizowanych pierwiastków w igłach sosny zwyczajnej w okresie 2006-2014 (w igłach z ubiegłego roku) w Lasach Chojnowskich, obszarze z zanieczyszczeniem tła dla centralnej Polski, można ułożyć w malejącej serii: Pb>Cd>Zn>Cu>S. Zmiany w całkowitej emisji SO₂ i metali w Polsce można ułożyć w następujący sposób: Cd>SO₂>Cu>Zn>Pb. Zmiany zawartości siarki i metali ciężkich w igłach sosny zwyczajnej nie były tożsame z poziomem zmian globalnych emisji w Polsce. Przyczyny tego zjawiska mogą wynikać z dostępności emitowanych form zanieczyszczeń dla roślin, rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w niewielkich odległościach od źródeł emisji, historyczne zanieczyszczenie środowiska na badanym obszarze, zdolność roślin do pobierania składników odżywczych z gleby i utrwalanie biologiczne w glebie nieaktywnych form. Zmiany emisji każdego pierwiastka należy rozpatrywać osobno. Największy spadek zanieczyszczeń w igłach stwierdzono dla Pb (61,4%), znacznie większy niż redukcja globalnych emisji (8,0%). Przyczyną tego może być zanieczyszczenie gleby pochodzące z historycznych emisji z benzyny ołowiowej. Brak zgodności emisji i zawartości w roślinach nie wprowadza w błąd metod bioindykacji. Oszacowanie poziomów zanieczyszczeń w roślinach odzwierciedla ich włączenie do procesów biologicznych, a nie poziomy zanieczyszczenia powietrza lub gleby. Spalanie węgla jest głównym źródłem emisji siarki i innych badanych pierwiastków. W latach 2006-2014 zaobserwowano spadek zużycia węgla o 3,8 %. Wynik ten jest znacznie niższy od redukcji emisji, co może być spowodowane instalacją technologii odsiarczania gazu w elektrowniach i wyższą redukcją emisji zanieczyszczeń w sąsiednich krajach, a tym samym zmniejszeniem zanieczyszczeń z transportu trans granicznego. Wyniki tych badań zostały opublikowane w czasopiśmie *Plus One* (A.II.13.).

W ramach współpracy z prof. dr hab. inż. Barbarą Gworek (Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy) uczestniczyłem w badaniach nad wpływem ruchu drogowego na zanieczyszczenia gleb i roślin rtęcią oraz ołowiem i chromem. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że istnieje wyraźna akumulacja rtęci w wierzchniej warstwie gleb, jednak oznaczone zawartości nie przekroczyły norm. Stwierdzono także występowanie dwóch stref zwiększonej akumulacji tego pierwiastka w glebach: pierwsza wynosiła do 10 m od jezdni, a druga 50 – 100 m. Największa akumulacja w roślinach miała miejsce w odległości 5 m od jezdni. W próbach gleby pobranych wzdłuż tras komunikacyjnych zawartość ołowiu i chromu nie przekroczyła dopuszczalnych prawem zawartości. Zawartość całkowita ołowiu i chromu była większa w glebie pobranej przy trasie E30, która charakteryzuje się większym natężeniem ruchu w porównaniu do trasy E372. Współczynnik akumulacji badanych pierwiastków (Pb i Cr) niezależnie od trasy największy był w odległości 5 m od jezdni i malał wraz ze wzrostem odległości. Jednocześnie zawartość ołowiu w roślinie była największa przy punktach zlokalizowanych w odległości 5 i 10 m od jezdni. Badania wykazały, że niezależnie od lokalizacji pobranej gleby, głębokości i podstawowych właściwości fizykochemicznych ołów w przeważającej ilości związany był z tlenkami żelaza i manganu (FIII), a chrom z materią organiczną (FIV). Występowanie

chromu w tej frakcji na głębokości 80 – 100 cm sugeruje prawdopodobieństwo jego połączenia z siarczkami a nie z materią organiczną. Oddzielenie form siarczkowych pierwiastka od powiązanych z materią organiczną za pomocą zastosowanej metody jest niemożliwe, co jest jej wadą. Ponadto, przeprowadzone badania wykazały zależność pomiędzy zawartością w glebie frakcji V obydwu metali a zawartością w niej materii organicznej. Otrzymane wyniki zostały opublikowane jako dwa niezależne prace w czasopiśmie *Przemysł chemiczny* (II.A.1., II.A.7. i II.A.8.).

Badania nad zanieczyszczeniem roślin i gleb rtęcią na obszarze Warszawy kontynuowałem w ramach grantu przyznanego przez JM Rektora SGGW w Warszawie: „Zależność pomiędzy zawartością rtęci w glebach zlokalizowanych w aglomeracji warszawskiej a wybranymi gatunkami roślin” (505-10-052700-N00461-99), realizowanego w Katedrze Kształtowania Środowiska. Celem tych badań było określenie zależności pomiędzy zawartością rtęci całkowitej w glebach i wybranych roślinach pobranych z obszaru aglomeracji warszawskiej. Materiał roślinny stanowiły liście: brzozy (*Betula sp.*) i mniszka pospolitego (*Taraxacum officinalis*). Liście brzozy były pobierane z wysokości około 3 m, z zewnętrznego pasa korony, z czterech stron obwodu koła. Liście mniszka były pobierane w bezpośrednim sąsiedztwie brzoź. Analizy obejmowały też podpowierzchniowe warstwy gleb z terenów o zróżnicowanej antropopresji. Próbkę gleby były pobierane pod badanymi brzozami w strefie oddziaływania opadów podkoronowych z wierzchniej warstwy do głębokości 30 cm. Gleba była pobrana ze wszystkich stron drzewa i uśredniana tworząc próbkę laboratoryjną. W pierwszej kolejności dokonano scharakteryzowania właściwości fizyczno-chemicznych wierzchnich warstw badanych gleb. Zawartość rtęci całkowitej w analizowanym materiale badawczym oznaczana była w aparacie AMA-254. Badanie były prowadzone przy wykorzystaniu aparatu będącego na wyposażeniu Pracowni Chemii Wód i Osadów Ściekowych, Laboratorium Centrum Wodne SGGW. W oznaczeniach tych znaczący udział mieli dr inż. Ilona Małuszyńska i dr inż. Marcin Małuszyński (Katedra Kształtowania Środowiska SGGW w Warszawie). Ocena całkowitej zawartości rtęci w glebach i roślinach była oparta o obowiązujące ustawodawstwo. Ponadto wyznaczony został współczynnik biokoncentracji rtęci w badanych roślinach.

Ilość rtęci w glebie wahała się od 0,0334 mg·kg⁻¹ do 0,4004 mg·kg⁻¹ na terenie Ursynowa, podczas gdy gleby z obszaru Mokotowa zawierały od 0,2320 mg·kg⁻¹ do 1,3098 mg·kg⁻¹. Dla porównania próbka pochodząca z terenu Puszczy Solskiej zawierała 0,2544 mg·kg⁻¹ tego metalu. Porównując uzyskane zawartości rtęci w analizowanych glebach do obecnie obowiązującego Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz. U poz. 1395 z 1 września 2016 r.) należy stwierdzić, iż gleby te nie przekraczały dopuszczalnego progu dla rtęci w glebie. Akumulacja rtęci w roślinach łądowych wzrasta wraz ze zwiększaniem jej zawartości w glebie. Znaczący wpływ na ten proces mają przede wszystkim właściwości fizyczno-chemiczne gleb. Występowanie wysokiej zawartości materii organicznej w glebach zmniejsza dostępność tego pierwiastka dla roślin. W glebach o odczynie kwaśnym i słabo alkalicznym rtęć jest silnie związana z substancją organiczną.

Analiza zawartości rtęci w próbkach roślin na przykładzie brzozy (*Betula sp.*) i mniszka pospolitego (*Taraxacum officinalis*) została wykonana w próbkach pobranych na terenie dzielnicy Ursynów oraz w Puszczy Solskiej. W analizowanych próbkach liści brzozy

stwierdzony zakres zawartości rtęci całkowitej mieścił się w przedziale od 0,1537 do 0,2771 mg·kg⁻¹ na terenie Ursynowa (0,2359 mg·kg⁻¹), podczas gdy liście zebrane w Puszczy Solskiej zawierały 0,2881 mgHg/kg s. m. Współczynnik biokoncentracji wyrażany jest jako stosunek stężenia substancji chemicznej w organizmie do jej stężenia w otaczającym środowisku-glebie kształtował się na poziomie od 0,61 do 3,56 czyli był stosunkowo niski. W analizowanych próbach liści mniszka stwierdzony zakres zawartości rtęci całkowitej wynosił od 0,0775 do 0,1221 mg·kg⁻¹ na terenie Ursynowa (średnio 0,1016 mg·kg⁻¹), podczas gdy liście mniszka w rejonie Puszczy Solskiej zawierały 0,0600 mg Hg/kg s. m. Współczynnik biokoncentracji kształtował się na poziomie od 0,19 do 3,66 czyli był stosunkowo niski. Średnia wartość tego wskaźnika była na poziomie 0,48.

3) Możliwość szybkiego wykrywania reakcji roślin na zmieniające się środowisko

W związku z tym, że funkcjonowanie roślin ściśle związane jest z ich mechanizmami fizjologicznymi na abiotyczne czynniki środowiska problem kształtowania zieleni. W dalszej swojej pracy naukowej zająłem się możliwością szybkiego i niedestrukcyjnego wykrywania stresów roślinnych za pomocą pomiaru fluorescencji chlorofilu *a*, wymiany gazowej i indeksu zieloności liścia. Techniki te znalazły już zastosowanie w agronomii czy ogrodnictwie, dotychczas nie były jednak wykorzystywane w ochronie i kształtowaniu środowiska terenów zurbanizowanych. W 2014 roku w Katedrze Kształtowania Środowiska wykonałem cykl badań, których celem było określenie wpływu zasolenia na gazonowe odmiany traw wykorzystywanych do zakładania zadarnień na terenach zurbanizowanych. Zagadnieniem stresu solnego w aspekcie utrzymania trawników zająłem się, ponieważ zanieczyszczenie gleby NaCl spowodowane zwalczaniem zimowej śliskości ulic jest uznawane za jedną z głównych przyczyn złego stanu zdrowotnego wszystkich roślin budujących zieleń miejską. Prace te obejmowały początkowy rozwój (kiełkowanie i wschody) oraz fazę pełni krzewienia. Obiektem badań były dwie gazonowe odmiany życicy trwałej (Roadrunner i Nira) i jedna odmiana kostrzewy czerwonej (Nimba). Prace te w znacznym stopniu były możliwe dzięki dr hab. Hazemowi Kalaji (Katedra Fizjologii Roślin SGGW w Warszawie), który udostępnił potrzebną aparaturę pomiarową (M – PEA firmy Hansatech). Aparaturą tą można było pomierzyć fluorescencję bezpośrednią (test OJIP), fluorescencję opóźnioną, jak również sygnał z fotoukładu I. Dokładna metodyka wykonania tego doświadczenia została przedstawiona w rozdziale 4.3. Otrzymane wyniki zostały opracowane przy współpracy z prof. Vasilijem Goltsevem z Katedry Biofizyki i Radiobiologii, St. Kl. Ohridski University of Sofia. Część wyników (podstawowe parametry fluorescencji *a*, krzywa OJIP) została opublikowana w monografii będącej podstawą do wszczęcia procedury. Wyniki te zostały przedstawione w rozdziale 4.3, natomiast normalizacja i podwójna normalizacja krzywej OJIP, sygnał z fotoukładu I i sygnał fluorescencji opóźnionej zostały opublikowane w wysoko punktowanych czasopismach *Journal of Photochemistry and Photobiology, B: Biology* (II.A.6.) i *Journal of Luminescence* (II.A. 10.). Na uwagę zasługuje fakt, że prace te są już wielokrotnie cytowane (odpowiednio 17 i 8 razy), mimo krótkiego czasu od ich ukazania się.

Równocześnie z badaniami nad zasoleniem były prowadzone badania nad określeniem wpływu naftalenu oraz fluorantenu (związków chemicznych z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych) na wyżej wymienione gazonowe odmiany traw. Obejmowały one początkowy rozwój (kiełkowanie i wschody) oraz fazę pełni krzewienia. Podjąłem

decyzję o podjęciu tego rozwiązania tego problemu badawczego, ponieważ zanieczyszczenia środowiska wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA) są nadal istotnym problemem terenów zurbanizowanych. Związki te trudno ulegają degradacji i dotychczas brak jest technologii umożliwiającej ich skuteczne usuwanie. Badania te były realizowane dzięki finansowaniu JM Rektora SGGW jako zadanie badawcze pt: "Określenie stresu wywołanego obecnością w glebie fluorantenu na trawy w aspekcie ich przydatności do rekultywacji gleb zanieczyszczonych tym związkiem". Część otrzymanych wyników (podstawowe parametry fluorescencji a , krzywa OJIP) została opublikowana w monografii będącej podstawą do wszczęcia procedury. Wraz prof. Marianem Bresticem (Katedra Fizjologii Roślin, Slovak University of Agriculture in Nitra), dr hab. Markiem Zivcakiem (Katedra Fizjologii Roślin, Slovak University of Agriculture in Nitra), dr hab. Hazemem Kalaji i dr hab. Bogumiłą Pawluśkiewicz, prof. SGGW współpracujemy nad opublikowaniem danych otrzymanych na podstawie normalizacji i podwójnej normalizacji krzywej OJIP, sygnału z fotoukładu I i sygnału fluorescencji opóźnionej. Dane te będą opublikowane w najbliższym czasie w czasopiśmie posiadającym Impact Factor.

Prowadzone badania obejmowały również zagadnienia wpływu niedoboru wody na wyżej wymienione gazonowe odmiany traw. Obejmowały one początkowy rozwój (kiełkowanie i wschody) oraz fazę pełni krzewienia. Część otrzymanych wyników (podstawowe parametry fluorescencji a , krzywa OJIP) została opublikowana w monografii będącej podstawą do wszczęcia procedury. Wraz z dr hab. Wojciechem Bąbą (Instytut Botaniki, UJ), dr hab. Hazemem Kalaji i dr hab. Bogumiłą Pawluśkiewicz, Prof. SGGW współpracujemy nad opublikowaniem danych otrzymanych na podstawie normalizacji i podwójnej normalizacji krzywej OJIP, sygnału z fotoukładu I i sygnału fluorescencji opóźnionej. Dane te będą opublikowane w najbliższym czasie w czasopiśmie posiadającym Impact Factor.

Podjąłem też współpracę z międzynarodowym zespołem pod przewodnictwem Abdellaha Akhkha (Department of Biology, University of Taibach). W ramach tej współpracy były prowadzone badania nad możliwością wykrywania za pomocą pomiarów fluorescencji chlorofilu stresu suszy u czterech odmian pszenicy saudyjskiej, Sindy-1, Sindy-2, Hab-Ahmar i Al-gaimi. Badano parametry fluorescencji chlorofilu, takie jak F_0 , F_M , F_V , F_V/F_0 i F_V/F_M . Parametry F_0 i F_V/F_M nie zmieniły się u żadnej z odmian w umiarkowanych i ciężkich warunkach suszy. Natomiast F_M i F_V/F_0 zmniejszyły się u odmiany Sindy-2, jednak wzrosły u odmiany Sindy-1 i nie zmieniły się u odmian Hab-Ahmar i Al-gaimi. Stwierdzono, że fluorescencja chlorofilu a jest skutecznym narzędziem do wykrywania stresu suszy u roślin. Otrzymane wyniki zostały opublikowane w czasopiśmie *SOAJ of NanoPhotoBioScences* (**II.D.6.**). Doświadczenie, jakie wyniosłem podczas współpracy nad tym materiałem wykorzystałem w swoich badaniach nad możliwością wykorzystania fluorescencji chlorofilu do szybkiego wykrywania stresu suszy u gazonowych odmian traw.

W ramach współpracy w międzynarodowych zespołach, którym przewodniczył dr hab. Hazem Kalaji powstała publikacja, której celem było przedstawienie praktycznych informacji na temat sprzętu, metodologii, i technik stosowanych przy pomiarach fluorescencji chlorofilu. Artykuł ten został napisany w formie pytań i odpowiedzi, ukazał się w wysoko punktowanym czasopiśmie *Photosynthesis Research* (**II.A.4.**). Należy zauważyć, że praca ta w czasie trzech lat (została opublikowana w sierpniu 2014 r.) była cytowana już 115 razy.

Rozpowszechnienie wiedzy na temat tej nowej i bardzo zaawansowanej technologii określania stanu aparatu fotosyntezującego, jaką jest fluorescencja chlorofilu było również celem rozdziału w książce *Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance* (II.D.7.), wydanej przez czasopismo Elsevier, publikacji w czasopiśmie *KOSMOS* (II.D.10.), oraz w czasopiśmie *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* (II.D.15.).

W ramach współpracy z zespołem dr hab. Hazema Kalaji, brałem także udział w prowadzeniu doświadczeń, których celem było porównanie dostępnych na rynku chlorofilomierzy w aspekcie ich przydatności do szybkiego wykrywania stresów roślinnych. Urządzenia te są z powodzeniem wykorzystywane do niedestruktywnej oceny zawartości chlorofilu w liściach u różnych gatunków roślin poddanych stresom, takich jak składniki odżywcze niedobór. Porównano wyniki pomiarów dokonanych czterema urządzeniami (CL-01, SPAD-502, Dualex i CCM-200) dokonanych na dwóch gatunkach roślin (kukurydza i pomidor) będących pod wpływem niedoboru 7 najważniejszych makro i mikroelementów (Ca, S, Mg, K, N, P, Fe). Otrzymane dane porównano do wyników pomiarów wykonanych metodą destrukcyjną (kontrola). U kukurydzy wszystkie wykorzystane urządzenia wykazały się wysoką dokładnością przy niedoborze potasu i azotu oraz niską dokładnością przy niedoborze fosforu i magnezu. U pomidora potwierdzono wysoki stopień dokładności przy niedoborach wapnia, potasu i żelaza, oraz małą dokładnością przy niedoborach fosforu. Należy zauważyć, że wszystkie urządzenia wykazały się dużą dokładnością oszacowania zawartości chlorofilu w warunkach optymalnych (u roślin nie poddanych stresowi). Badania te zostały opublikowane w czasopiśmie *Journal of Plant Nutrition* (II.A.11.). Praca ta była dotychczas cytowana 3 razy.

Brałem także udział w badaniach nad możliwością szybkiego wykrywania stresu niedoboru azotu u traw za pomocą nowoczesnych technik pomiarowych (fluorescencja chlorofilu i wymiana gazowa). Badania te były prowadzone przez pracowników Katedry Agronomii Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego – dr inż. Grażynę Mastalerczuk i dr inż. Barbarę Borawską – Jarmułowicz. Wyniki otrzymane z eksperymentów polowych zostały opublikowane w dwóch artykułach o międzynarodowym zasięgu (II.A.9. i II.A.12.).

4) Gospodarowanie na obszarach Natura 2000

Do moich zainteresowań naukowych zaliczam także zagadnienia związane problemami gospodarowania na obszarach Natura 2000 jako element zielonej infrastruktury. W ramach prac prowadzonych w Zakładzie Przyrodniczych Podstaw Inżynierii Środowiska SGGW w Warszawie brałem udział w badaniach nad oceną zagrożeń właściwego stanu ochrony obszarów Natura 2000 na obszarach zurbanizowanych na przykładzie Lasu Natolińskiego w Warszawie. Wyniki tych prac zostały opublikowane w monografii pt.: *Gospodarowanie w dolinach rzecznych na obszarach Natura 2000* (redakcja: B. Pawluśkiewicz) (II.D.4.). Brałem także udział w opracowaniu drugiego rozdziału tej monografii (II.D.5.).

W ramach zagadnień związanych z zarządzaniem obszarami Natura 2000 brałem udział w badaniach nad oceną zmian sukcesyjnych gatunków roślin łąkowych na obszarze Natura 2000 zlokalizowanym w zmeliorowanej dolinie małej rzeki nizinnej. Obiektem badań były ekstensywnie użytkowane niżowe łąki świeże (6510) zlokalizowane na specjalnym obszarze ochrony siedlisk - Łąki Soleckie (PLH140055). Obszar ten położony jest w dolinie rzeki Małej (centralna część województwa mazowieckiego). Intensywne użytkowanie rolnicze tego

terenu kontynuowano do początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Obecnie głównym użytkownikiem tego obszaru jest właściciel stadniny koni. Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy dokumentacji stwierdzono występowanie na tym obszarze dwóch typów florystycznych charakterystycznych dla siedliska 6510 - *Arrhenatherum elatius* i *Festuca rubra* występują najczęściej na łąkach koszonych wcześniej. Zbiorowiska z dominacją *Holcus lanatus* i *Alopecurus pratensis* występowały lokalnie. Opóźnienie koszenia lub sporadyczne koszenie prowadziło do istotnych zmian w składzie gatunkowym, a także do zmniejszenia wartości paszowej. Opóźnienie wykonania pokosu lub brak pokosu spowodowało dominację *Deschampsia caespitosa* i *Elymus repens*. Gatunki ekspansywne *Urtica dioica* i gatunki obce *Solidago canadensis* i *Solidago gigantea* występowały tylko na niezagospodarowanych obszarach. Skuteczne utrzymanie właściwego stanu siedliska przyrodniczego 6510 - ekstensywnie użytkowane niżowe łąki świeże powinno być zapewnione w Planie Zadań Ochronnych w oparciu o umowy między użytkownikami tych terenów a Regionalnym Dyrektorem Ochrony Środowiska. Proponowane stawki płatności w ramach rozwoju obszarów wiejskich na utrzymanie i przywrócenie właściwego stanu ochrony takich siedlisk przyrodniczych w warunkach obszaru Natura 2000 Laki Soleckie nie pokrywałyby kosztów działań ochronnych, a w szczególności działań zaradczych. Badania te były wykonywane w ramach pracy doktorskiej mgr inż. Macieja Brzanka, gdzie moją rolą, jako promotora pomocniczego, była pomoc przy tworzeniu koncepcji pracy oraz przy interpretacji otrzymanych wyników. Należy wspomnieć, że wyniki te (poza wykorzystaniem we wspomnianej pracy doktorskiej) zostały opublikowane w czasopiśmie *Polish Journal of Environmental Studies* (w druku).

Wraz z zespołem prowadzonym przez dr hab. Jarosława Chormańskiego, prof. SGGW (Katedra Inżynierii Wodnej SGGW w Warszawie) brałem udział jako wykonawca w jednym z zadań badawczych projektu BIOSTRATEG II (NCBiR ID: 297915) HabitARS. „Innowacyjne podejście wspierające monitoring nieleśnych siedlisk przyrodniczych Natura 2000, z wykorzystaniem metod teledetekcyjnych” (I.2.). Celem zadania było dostosowanie wskaźnika stresu wodnego do wykorzystania go na torfowiskach i torfowiskach strefy przejściowej klimatu umiarkowanego. Jak obiekt badawczy wytypowano torfowiska doliny Biebrzy, uroczyska Puszczy Drawskiej i Janowskiego Parku Krajobrazowego – wszystkie lokalizacje chronione są w ramach sieci Natura 2000 i uznane za siedlisko 7140 lub 7230. W celu uzyskania zestawu danych wykonano loty UAV za pomocą kamery termowizyjnej z czujnikiem hiperspektralnym. Pomiarów terenowe obejmowały zbieranie zarówno parametrów meteorologicznych, jak i biofizycznych – pomiary frakcji promieniowania fotosyntetycznie czynnego (fAPAR) i indeksu zieloności liści (CCI). Wykonanie pomiarów fAPAR i CCI było zadaniem, które wykonywałem wraz z dr inż. Sylwią Szporak – Wasilewską (Katedra Inżynierii Wodnej SGGW w Warszawie). Celem tych pomiarów była ocena kondycji roślin poprzez określenie, jaka część promieniowania fotosyntetycznie czynnego została zaabsorbowana przez rośliny i wykorzystana w procesie fotosyntezy (pozwala ocenić sprawność aparatu asymilacyjnego). Celem pomiarów wskaźnika CCI jest obserwacja zmian stanu fizjologicznego dominujących gatunków roślin pod wpływem zmian warunków wilgotnościowych. Wykonywane były 3 razy w sezonie wegetacyjnym (na początku, w środku i pod koniec). Pomiarów frakcji absorbowanego promieniowania fotosyntetycznie czynnego (fAPAR) i względnej zawartości chlorofilu (CCI) wykonywane

były na stałych powierzchniach pomiarowych nie zagrożonych przesuszeniem (kontrola) i na obszarach potencjalnie zagrożonych przesuszeniem. Wytyczono transekty, a na każdym z nich było wyznaczonych 15 powierzchni pomiarowych o wymiarach 1x1m. Pomiar wskaźnika fAPAR wykonywane były w obrębie każdej powierzchni w 10 powtórzeniach. Użyto sensora SunScan Canopy Analysis (Delta T-Device, Wielka Brytania). Mierzono promieniowanie całkowite, odbite i w łanie. W powierzchniach pomiarowych wykonywane były także pomiary wskaźnika CCI miernikiem CCM-200 (Optiscience Inc., USA) obejmując od 1 do 3 gatunków dominujących występujących w obrębie powierzchni i gatunki wskaźnikowe (najbardziej podatne na stres wodny). Dla każdego gatunku dominującego i wskaźnikowego było wykonanych 10 pomiarów CCI (na 10 różnych osobnikach danego gatunku), a dla każdego osobnika wykonane zostały 3 pomiary CCI.

Badania zakończyły się we wrześniu 2016 roku, na chwilę obecną zostały opracowane dane zebrane w Janowskim Parku Krajobrazowym. Można na ich podstawie stwierdzić, że CWSI można wykorzystać do monitorowania stresu wodnego w badanym środowisku. Sezonowa zmienność mierzonych wartości odpowiada opadom i wykazuje małe naprężenia w okresach opadów niższych niż średnia wieloletnia. Potwierdzeniem użyteczności jest wysoka korelacja CWSI z wilgotnością gleby ($R = 0,88$) i fAPAR ($R = 0,76$). Korelacja danych CWSI i widmowych pokazuje potencjał wykorzystania tego rodzaju danych dla siedlisk chronionych w sieci Natura 2000.

5.2. Udział w projektach badawczych

W mojej dotychczasowej pracy zawodowej brałem udział w 4 grantach finansowanych ze środków publicznych. Realizacja grantu pt.: „Określenie stresu wywołanego obecnością w glebie fluorantenu na trawy w aspekcie ich przydatności do rekultywacji gleb zanieczyszczonych tym związkami” pozwoliła na przygotowanie części monografii wyszczególnionej, jako osiągnięcie naukowe i będącej podstawą wszczęcia procedury habilitacyjnej. W granicę tym pełniłem rolę kierownika. Realizacja jednego projektu finansowanego z funduszy Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) oraz Narodowego Centrum Nauki (NCN) pozwoliły na rozwój naukowy w obszarze pozostałych osiągnięć naukowych wyszczególnionych w punkcie 5.1.

Projekty w ramach, których realizowałem osiągnięcie naukowe zgodnie z art. 16 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

Grant przyznany przez JM Rektora SGGW w Warszawie: Określenie stresu wywołanego obecnością w glebie fluorantenu na trawy w aspekcie ich przydatności do rekultywacji gleb zanieczyszczonych tym związkami”, 505 – 10 – 052700 – L00408 – 99. Katedra Kształtowania Środowiska (2015). **Kierownik. (I.3.)**

Pozostałe projekty badawcze

Intercepcja-transpiracja-parowanie; współzależność procesów hydrologicznych w ekosystemie mokradłowym na przykładzie szuwarów turzycowych, praca w latach 2015 i 2016, Narodowe Centrum Nauki, id wniosku: 184550, nr rejestracyjny: 2012/05/B/NZ9/03467. **Wykonawca. (I.1.).**

NCBiR ID: 297915 HabitARS (BIOSTRATEG II). Innowacyjne podejście wspierające monitoring nieleśnych siedlisk przyrodniczych Natura 2000, z wykorzystaniem metod teledetekcyjnych. **Wykonawca. (I.2.).**

Grant przyznany przez JM Rektora SGGW w Warszawie: „Zależność pomiędzy zawartością rtęci w glebach zlokalizowanych w aglomeracji warszawskiej a wybranymi gatunkami roślin”, 505-10-052700-N00461-99. Katedra Kształtowania Środowiska (2016). **Kierownik. (I.4.)**

5.3. Dorobek publikacyjny

Mój dorobek publikacyjny obejmuje 46 publikacji naukowych i komunikatów konferencyjnych. Jestem autorem i współautorem 29 oryginalnych publikacji naukowych, w tym 13 artykułów (załącznik 3A **II.A.1.-II.A.13.**) w czasopismach ze współczynnikiem wpływu *Impact Factor* (IF) oraz 16 publikacji nieposiadających współczynnika (IF) (**II.D.1. – II.D.16.**). Z tych publikacji 1 posiadająca IF (**II.A.1.**) oraz 3 nieposiadające IF (**II.D.1. – II.D.3.**) zostały opublikowane przed doktoratem.

Bardzo ważnym osiągnięciem publikacyjnym w moim dorobku naukowym jest artykuł opublikowany w czasopiśmie *Photosynthesis Research* (**II.A.4.**), którego liczba cytowań wynosi 114. Ponadto na uwagę zasługują 2 publikacje (**II.A.6.** oraz **II.A.10.**) w czasopismach *Journal of Photochemistry and Photobiology, B: Biology* i *Journal of Luminescence*. Mój całościowy dorobek naukowy wg punktacji MNiSzW wynosi 427 punktów, z czego 29 uzyskałem przed obroną doktoratu. Sumaryczny *Impact Factor* opublikowanych przeze mnie artykułów wynosi 17,829. Liczba cytowań według bazy Web of Science wynosi 179 (166 bez autocytowań), a indeks Hirscha 5. W 11 publikacjach jestem pierwszym autorem. Publikacje z moim udziałem ukazały się w 21 recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym i krajowym. Szczegółowy wykaz publikacji z uwzględnieniem nazwy czasopism przedstawiono w załączniku 3A. Skrótowy wykaz nazw czasopism wraz z punktacją przedstawiono w tabeli poniżej. Za działalność publikacyjną byłem 2 razy nagradzany przez JM Rektora SGGW nagrody zespołowe II i III stopnia) (**J.1. i J.2.**).

Tabela. Wykaz publikacji wraz z rokiem opublikowania, liczbą punktów MNiSW i *Impact Factor*

Lp.	Czasopismo	Rok /liczba prac	Liczba punktów MNiSW*	IF/IF ₅ **
Przed doktoratem				
1	Acta Scientarum Polonorum, Formatio Circumiectus	2012/1	4	0/0
2	Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska	2011/1	5	0/0
3	Przemysł Chemiczny	2011/1	15	0,414/0,296
4	Teka Komisji Kształtowania i Ochrony Środowiska Przyrodniczego	2012/1	5	0/0
Po doktoracie				
5	Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Land Reclamation	2015/1 2016/1	14 14	0/0 0/0
6	Chiang Mai Journal of Sciences	2017/1	20	0,409/0,535
7	Dendrobiology	2014/1	15	0,556/0,653
8	Folia Forestica Polonica, series A - Forestry	2017/1	14	0/0
9	Journal of Coastal Life Medicine	2015/1	4	0/0
10	Journal of Luminescence	2017/1	35	2,732/2,557
11	Journal of Plant Nutrition	2017/1	15	0,565/0,768
12	Journal of Photochemistry and Photobiology, B: Biology	2016/1	30	2,673/2,909
13	Kosmos	2016/1	12	0/0
14	Plant Soil and Environment	2013/1	25	1,113/1,279
15	Plos One	2018/1	35	2,776/3,352
16	Photosynthesis Research	2014/1	35	3,502/3,633
17	Photosynthetica	2017/1	25	1,740/2,137
18	Polish Journal of Agronomy	2016/1	10	0/0
19	Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska	2017/2	10	0/0
20	Przemysł Chemiczny	2016/2	15	0,385/0,329
21	Rozdział w monografii: Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance, vol. 2 (redakcja: Parvaiz Ahmad, Saiema Rasool, Elsevier, Amsterdam)	2014/1	5	0/0
22	Rozdział w monografii: „Gospodarowanie w dolinach rzecznych na obszarach Natura 2000 (redakcja: Bogumiła Pawluśkiewicz, Wydawnictwo SGGW)	2013/2	4	0/0
23	Signpost Open Access J. NanoPhotoBioSciences	2013/1	4	0/0
24	Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie	2016/1	8	0/0
25	Zemdbyste - Agriculture	2015/1	20	0,579/0,652
Zestawienie sumaryczne		29	427	17,829/19,4 29

* Zgodnie z rokiem opublikowania

**Według bazy Web of Science Core Collection, zgodnie z rokiem opublikowania

5.4. Udział w konferencjach naukowych

W dotychczasowej pracy zawodowej uczestniczyłem w 14 konferencjach i kongresach naukowych, 6 z tych wydarzeń było prowadzonych w języku angielskim. Szczegółowe zestawienie przedstawiono w załączniku 3A (K.1. – K.19.).

5.5. Najważniejsze wyróżnienia

W dotychczasowej pracy zawodowej zostałem wyróżniony przez JM Rektora SGGW 2 nagrodami za działalność naukową:

1. Nagroda zespołowa stopnia III, 2014.
2. Nagroda zespołowa stopnia II, 2015.

5.6. Staże w jednostkach naukowych

Podczas mojej kariery naukowej byłem dwa razy na stażach w instytucjach naukowych. Pierwszy z nich był w Instytucie Ochrony Środowiska - Naturalnym Instytucie Badawczym. Drugi był na St. Kl. Ohridski University of Sofia, Katedra Biofizyki i Radiobiologii, Wydział Biologii - Program ERASMUS+ 2017/2018 – Staff Mobility fo Teaching.

Podczas stażu odbytego w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym (Zakład Ochrony Przyrody i Krajobrazu), który trwał od października 2007 do marca 2008 (L.1.). Do moich obowiązków należało przede wszystkim opracowywanie danych o rezerwach przyrody. Materiał ten został wykorzystany w opracowaniu monografii: Rezerwy w Polsce Południowej (red. Grzegorz Rąkowski).

Głównym celem mobilności w ramach programu ERASMUS+ była prezentacja osiągnięć mojej pracy naukowej w Katedrze Kształtowania Środowiska pod kątem określenia stresu roślinnego za pomocą fluorescencji chlorofilu (L.2.). Staż ten miał miejsce w dniach 28.05. 01.06.2018. Wartością dodaną tej mobilności była wymiana wiedzy między obiema instytucjami w dziedzinie wykrywania stresu roślin. Wymiana wiedzy była wynikiem dyskusji podczas seminariów. Ta wymiana zaowocuje wspólnymi publikacjami w niedalekiej przyszłości. Podczas tego pobytu moje główne obowiązki polegały na wygłoszeniu 8 godzin wykładów, których tematy zostały podane poniżej, a także dyskusja na temat przedstawionych wyników. Pomogło mi to w przygotowaniu mojej habilitacji i przyszłych publikacji. Została również omówiona możliwość składania wspólnych grantów badawczych.

Tematy seminariów:

- 1) Prompt chlorophyll a fluorescent as a rapid tool for diagnostic physiological state of plant under different abiotic stresses. 2 godziny.
- 2) Delayed chlorophyll a fluorescence and MR 820 signal changes in plants under different abiotic stresses. 2 godziny.
- 3) Measurements of gas exchange parameters in plants under different abiotic stresses. 2 godziny.
- 4) Taxonomic classification of algae by the use of chlorophyll a fluorescence. 1 godzina.
- 5) Possibilities of using chlorophyll content meters to estimating changes in plants under abiotic stresses. 1 godzina.

6. Ekspertyzy i opracowania wykonane na zamówienie

W pracy zawodowej wykonałem 13 recenzji publikacji naukowych zleconych przez czasopismo krajowe (Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska) i czasopisma zagraniczne (P.1. – P.4.) oraz dwa opracowania będące dokumentacją badań naukowych (M.1., M.2.), które zestawiono poniżej:

1. „Wykonanie wizualnej analizy zdrowotności drzew na podstawie pomiaru uszkodzenia tkanek powierzchni liści wybranych drzew na powierzchni doświadczalnych w Nadleśnictwach: Karczmą Borowa, Krotoszyn, Piaski”. Instytut Badawczy Leśnictwa, ekspertyza finansowana z projektu Hesoff: Ocena wpływu nawozów fosforynowych na stan zdrowotny lasu zobrazowany za pomocą fotowoltaicznego SDL BSP). Umowa o dzieło z dnia 02.09.2013 r.

2. „Fluorescencja chlorofilu a i współczynnik ulistowienia (LAI) jako wskaźnik zdrowotności siewek poddanych zabiegom ochrony przeciwko patogenicznej zgorzeli”. Instytut Badawczy Leśnictwa, ekspertyza finansowana z projektu Umowa o dzieło z dnia 21.08.17 r.

7. Osiągnięcia dydaktyczne

Moje zainteresowania naukowe są powiązane z realizacją procesu dydaktycznego głównie na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW w Warszawie. Zajęcia dydaktyczne prowadzę lub prowadziłem na trzech realizowanych kierunkach studiów stacjonarnych i niestacjonarnych: Inżynieria Środowiska, Ochrona Środowiska oraz Inżynieria i Gospodarka Wodna. Zagadnienia, które realizuję w procesie dydaktycznym studentów powiązane są z wpływem działalności człowieka na zasoby przyrodnicze. Na szczególną uwagę zasługuje przedmiot:

„Plants and animal protection on urban areas” (III.I.1.), który traktuję jako jedno z ważniejszych osiągnięć dydaktycznych w moim dorobku. Jest to przedmiot prowadzony w ramach programu ERASMUS. Przedmiot ten stworzyłem od podstaw wraz z dr hab. Pawłem Oglęckim, od czasu jego powstania (2014 r.) jest co roku wybierany przez studentów z zagranicy. W ramach programu ERASMUS prowadzę także zajęcia z przedmiotu „Ecological methods”.

Ponadto prowadzę niżej wymienione przedmioty:

- „Rolnicze podstawy kształtowania Środowiska” od 2011 r. do chwili obecnej, kierunek: Inżynieria Środowiska,
- „Ocena oddziaływania na Środowisko” od 2012 r. do chwili obecnej, kierunek: Ochrona Środowiska,
- „Systemy produkcji rolniczej” od 2016r do chwili obecnej, kierunek: Inżynieria i Gospodarka Wodna,
- „Ekologia ogólna” od 2016r do chwili obecnej, kierunek: Inżynieria i Gospodarka Wodna,
- „Monitoring środowiska” od 2011 r. do 2016 r., kierunek: Inżynieria Środowiska, fakultet.

Prowadziłem lub prowadzę też zajęcia dydaktyczne na Wydziale Inżynierii Produkcji:

- „Oceny oddziaływania na środowisko” od 2012 r. do chwili obecnej, kierunek: Technologie Energii Odnawialnej,
- „Produkcja rolnicza” od 2012 r. do 2016 r., kierunek: Technologie Energii Odnawialnej.

Obecnie jestem promotorem pomocniczym 3 otwartych przewodów doktorskich (III.K.1. – III.K.3.):

1. Maciej Brzank, od 28.06.2017 do chwili obecnej, „Wpływ sposobów użytkowania na zróżnicowanie zbiorowisk łąkowych na obszarze Natura 2000”, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
2. Tomasz Horaczek, od 26.10.2017 do chwili obecnej, „Reakcja aparatu fotosyntetycznego roślin miskanta olbrzymiego (*Miscanthus x giganteus* Anders.) rosnących w warunkach niedoboru wybranych makroskładników w podłożu”, Instytut Technologiczno – Przyrodniczy w Falentach, Zakład Inżynierii Produkcji Roślinnej,
3. Katarzyna Celejewska, od 18.07.2018 do chwili obecnej, Wpływ prac regulacyjnych i utrzymaniowych na rzece Krasce na biocenozę doliny, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

W dotychczasowej pracy zawodowej byłem promotorem 8 prac dyplomowych (6 magisterskich 2 inżynierskie), prace te były broniące przez studentów kierunków: Ochrona Środowiska i Inżynieria Środowiska (Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW w Warszawie) i Inżynierii Ekologicznej (Wydział Rolnictwa i Biologii SGGW w Warszawie). Obecnie jestem także opiekunem 6 prac dyplomowych, które zostaną obronione do września 2018 r. Byłem także recenzentem 16 prac magisterskich i inżynierskich.

W roku 2017 prowadziłem zajęcia dla młodzieży gimnazjalnej w ramach projektu „EKOINŻYNIER – nowoczesne techniki badań środowiska przyrodniczego dla młodzieży” (F.1.). Zajęcia te były prowadzone na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Do projektu zrekrutowano 90 osób z 3 Gimnazjów Warszawskich, które w kameralnych grupach 15-osobowych brały udział w zajęciach, odbywających się w ciągu 2 intensywnych cykli po 4h. Tematem moich zajęć było: **Jak zobaczyć oddychanie roślin?** Celem tych zajęć było zaprezentowanie możliwości monitoringu najważniejszego procesu życiowego rośliny – fotosyntezy. Zadaniem uczniów było wykonanie pomiarów na liściach roślin poddanych trudnym warunkom (stresom) i obserwowanie zmian w intensywności tego procesu. Uczniowie mieli do dyspozycji nowoczesną aparaturę, dzięki której można było rejestrować emitowane przez roślinę gazy.

8. Działalność organizacyjna

Uczestnictwo w radach, komisjach itd.

- Od 1 października 2012 r. do 30 września 2016 r. pełniona funkcja sekretarza Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia,
- Od 2015 r. do chwili obecnej członek Polskiego Towarzystwa Łąkarskiego,
- Od 19 stycznia 2015 r. do chwili obecnej członek rady redakcyjnej czasopisma Journal of Coastal Life Medicine (College of Marine Life, Ocean University of China),
- Od 1 października 2016 r. do chwili obecnej członek Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia,
- Od 1 października 2016 r. do chwili obecnej sekretarz Zespołu ds. kontaktów z praktyką - Wydziałowa Komisja ds. Jakości Kształcenia.

Udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych

- Członek komitetu organizacyjnego II Seminarium Doktorantów: „Gospodarowanie Wodą w Warunkach Zrównoważonego Rozwoju Obszarów Niezurbanizowanych”, Warszawa, 13-14 października 2011 r.,
- Członek komitetu organizacyjnego III Seminarium Doktorantów: „Gospodarowanie Wodą w Warunkach Zrównoważonego Rozwoju Obszarów Niezurbanizowanych”, Warszawa, 10-11 października 2012 r.,
- Członek komitetu organizacyjnego Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej: „Gospodarowanie w dolinach rzecznych na obszarach Natura 2000”. Poznań, 3-4 września 2014 r.,
- Sekretarz komitetu organizacyjnego III Konferencji Naukowej: „Gospodarowanie w dolinach rzecznych na obszarach natura 2000”, Warszawa, 25 – 26 września 2015 r.,
- Sekretarz komitetu organizacyjnego Konferencji Naukowej organizowanej z okazji jubileuszu 70-lecia WBiŚ nt.: „Techniczne i przyrodnicze aspekty w budownictwie i inżynierii środowiska”, 16 – 17 czerwca 2016, Warszawa.

W dotychczasowej pracy zawodowej zostałem wyróżniony przez JM Rektora SGGW 2 nagrodami za działalność organizacyjną:

1. Nagroda zespołowa stopnia III, 2016.,
2. Nagroda zespołowa stopnia II, 2017.



Podpis wnioskodawcy