

AUTOREFERAT

dr inż. Daria Sikorska

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Instytut Inżynierii Środowiska
Katedra Teledetekcji i Badań Środowiska
ul. Nowoursynowska 159
02-787 Warszawa

Spis treści

1. Imię i nazwisko	3
2. Dyplomy i stopnie naukowe	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce.....	4
4.1 Tytuł osiągnięcia	4
4.2 Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych stanowiących osiągnięcie naukowe.....	4
4.3 Omówienie merytoryczne osiągnięcia naukowego	8
4.3.1 Wstęp	8
4.3.2 Cel i zakres pracy.....	10
4.3.3 Metodyka badań.....	11
4.3.4 Omówienie wyników	15
4.3.5 Wnioski z pracy	22
4.3.6 Literatura	24
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej	25
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę	29
6.1 Osiągnięcia dydaktyczne.....	29
6.2 Działalność organizacyjna na rzecz jakości kształcenia.....	31
6.3 Działania popularyzujące naukę.....	31
6.3.1 Promocja SGGW	31
6.3.2 Projekty popularyzujące naukę	31
6.3.2.1 Uniwersytet Młodego Odkrywcy	31
6.3.2.2 Projekt zieleni oczyszczającej pyły dla szkoły podstawowej.....	32
6.3.3 Aktywność w mediach.....	32
7. Inne ważne informacje dotyczące kariery zawodowej.....	33
7.1 Pozostała część dorobku naukowego	33
7.1.1 Różnorodność florystyczna ekosystemów leśnych i mokradłowych	33
7.1.2 Zastosowanie badań fitosocjologicznych w ekosystemach miejskich	34
7.1.3 Problematyka hydrofobowości roślinności i intercepcji	34
7.1.4 Badania usług ekosystemowych	34
7.1.5 Badania teledetekcyjne ekosystemów.....	35
8. Nagrody i wyróżnienia uzyskane za działalność naukową	35

Załącznik nr 3

Autoreferat

1. Imię i nazwisko

Daria Sikorska

2. Dyplomy i stopnie naukowe

- 2014** **doktor nauk rolniczych** w dyscyplinie ochrona i kształtowanie środowiska, tytuł rozprawy: „Zróżnicowanie i kierunki zmian roślinności starorzeczy Wisły w okolicach Warszawy”, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, promotor: prof. dr hab. Piotr Hewelke
- 2008** **magister** ochrony środowiska, tytuł pracy: „Zmiany siedliskowe w Parku „Olszyna” oraz ich wpływ na roślinność”, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Międzywydziałowe Studium Ochrony Środowiska, promotor: prof. dr hab. Piotr Hewelke
- 2006** **inżynier** ochrony środowiska, tytuł pracy: „Zastosowanie gatunków wskaźnikowych starych lasów w waloryzacji przyrodniczej”, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Międzywydziałowe Studium Ochrony Środowiska, promotor: prof. dr hab. inż. Czesław Wysocki

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 2012-2020** asystent w Katedrze Kształtowania Środowiska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
- 2017-2020** adiunkt (postdoc) w Europejskim Regionalnym Centrum Ekohydrologii PAN w Łodzi, w ramach projektu H2020 “Enabling Green and Blue Infrastructure Potential in Complex Social-Ecological Regions”
- kwiecień 2017** wykładowca kontraktowy w University of Greenwich, Wielka Brytania; prowadzenie dwutygodniowych praktyk terenowych dla studentów w Hiszpanii (Almeria)
- październik - grudzień 2022** specjalista naukowo-techniczny; Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska, zatrudnienie etatowe w projekcie H2020 „Innowacyjne i nowoczesne rozwiązania zrównoważonego korzystania z wód opadowych w mieście oparte na procesach naturalnych” nr umowy 101003765 – NICE
- 2020 - obecnie** adiunkt w Katedrze Teledetekcji i Badań Środowiska, Instytut Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce

4.1 Tytuł osiągnięcia

Różnorodność biologiczna jako wskaźnik oceny skuteczności rozwiązań opartych na przyrodzie w miastach

4.2 Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych stanowiących osiągnięcie naukowe

Jako podstawę osiągnięcia naukowego wskazałam cykl 6 powiązanych tematycznie publikacji naukowych (Tab. 1), opublikowanych w czasopismach zawartych w części A wykazów czasopism punktowanych MNiSW i MEiN, zgodnie z komunikatami w sprawie ujednoczonego wykazu czasopism, które ukazywały się w czasie objętym wykazem oraz są indeksowane w Journal Citation Reports (JCR). Wybrane publikacje ukazały się w latach 2018-2021. Wszystkie artykuły są pracami wieloautorskimi i jestem w nich pierwszym autorem (4 artykuły), ostatnim autorem (1 artykuł) oraz autorem korespondencyjnym we wszystkich wskazanych pracach. Wykazałam również znaczący, indywidualny wkład w ich powstanie.

Wszystkie publikacje wykazane przeze mnie jako elementy osiągnięcia naukowego są pracami interdyscyplinarnymi z zakresu nauk technicznych, przyrodniczych, rolniczych, ekonomicznych, a także społecznych. Tematyka wszystkich artykułów dotyczy zagadnienia wdrażania tzw. rozwiązań opartych na przyrodzie (ang. *Nature-based Solutions*, NbS) omówionego na przykładach zróżnicowanych pod względem wspieranej bioróżnorodności i w różnych skalach przestrzennych. Na podstawie własnych prac badawczych, identyfikuję komponenty niezbędne do skutecznego wdrażania NbS, począwszy od warunków przyrodniczych – pomiarów terenowych roślinności oraz parametrów siedliska (A1-A5), uwzględniając istotne uwarunkowania społeczne (A1, A3, A4), po korzyści, w porównaniu do rozwiązań tradycyjnych, analizowane przez pryzmat usług ekosystemowych (A3, A5). Dokonuję również analizy potencjału i możliwości stosowania wybranych rozwiązań w skali całego miasta i przedstawiam narzędzia, opracowane z wykorzystaniem m.in. technik satelitarnych, wspomagające proces planistyczny we wdrażaniu NbS (A1 i A6). Dzięki kompleksowemu podejściu, uwzględniającemu innowacyjne rozwiązania w zakresie wykorzystania, przekształcania i ochrony zasobów środowiska, stanowiącymi niejako fundament inżynierii środowiska, niniejsza praca stanowi znaczący wkład w rozwój dyscypliny **inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka**. Prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego były dotychczas cytowane 143 razy wg Web of Science. Żaden z przedstawionych artykułów nie był wcześniej przedmiotem postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora ani doktora habilitowanego.

Tabela 1. Cykl 6 publikacji powiązanych tematycznie, wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

Nr	Informacje bibliograficzne oraz opis oryginalnego wkładu autorki	IF*	Punkty MNiSW	Liczba cytowań		
				WoS	Scopus	Scholar
A1	Sikorski, P., Wińska-Krysiak, M., Chormański, J., Krauze, K., Kubacka, K., Sikorska, D. (2018). Low-maintenance green tram tracks as a socially acceptable solution to greening a city. <i>Urban Forestry & Urban Greening</i> , 35, 148-164.	3,04	100	23	24	29

Mój oryginalny wkład w powstanie artykułu obejmował:

- opracowanie koncepcji artykułu, która polegała na zestawieniu realnej różnorodności biologicznej zielonych torowisk oraz parametrów jakościowych roślinności z percepcją mieszkańców, co posłużyło do analizy potencjału tego rozwiązania jako skutecznej metody na zwiększenie udziału powierzchni biologicznie czynnej w miastach,
- opracowanie metodyki badań przyrodniczych i społecznych oraz przeprowadzenie analizy ilościowej i jakościowej danych terenowych dotyczących składu gatunkowego roślinności torowisk i ich interpretacji,
- określenie parametrów roślinności istotnych z punktu widzenia użytkowników oraz wskazanie na możliwości zagospodarowania i użytkowania torowisk w sposób ekstensywny dla zwiększenia różnorodności biologicznej,
- autorstwo znaczącej części manuskryptu, w tym tłumaczenia na język angielski, oraz przeprowadzenie całości korekty po uwagach recenzentów.

Wkład w pracę nad artykułem wynosi **70%**.

A2	Sikorska D. , Garnis J., Dąbrowski Z., Sikorski P., Gozdowski D., Hopkins R.J. (2019). Thus far but no further: predatory mites do not migrate effectively into strawberry plantations, <i>Experimental and Applied Acarology</i> , vol. 77, nr 3, s. 359-373.	4,53	100	4	4	5
----	---	------	-----	---	---	---

Mój oryginalny wkład w powstanie artykułu obejmował:

- opracowanie koncepcji artykułu, który miał na celu analizę ograniczeń w stosowaniu metod biologicznej ochrony plonów poprzez wprowadzanie marginesów śródpolnych dla rozwoju naturalnych wrogów szkodników upraw truskawek i oceny efektywności tego rozwiązania,
- przeprowadzenie części prac polowych, w trakcie których dokonałam inwentaryzacji roślinności marginesów śródpolnych, przeprowadziłam analizę składu gatunkowego roślinności pod kątem różnorodności biologicznej oraz interpretacji wyników odnośnie skutecznego gospodarowania marginesami śródpolnymi dla różnorodności biologicznej roślin oraz liczebności naturalnych wrogów szkodników,
- autorstwo znaczącej części manuskryptu, w tym tłumaczenia na język angielski oraz przeprowadzenie całości korekty po uwagach recenzentów.

Wkład w pracę nad artykułem wynosi **55%**.

Nr	Informacje bibliograficzne oraz opis oryginalnego wkładu autorki	IF*	Punkty MNiSW	Liczba cytowań		
				WoS	Scopus	Scholar
A3	Sikorska, D., Sikorski, P., Archiciński, P., Chormański, J., Hopkins, R.J. (2019). You can't see the woods for the trees: invasive <i>Acer negundo</i> L. in urban riparian forests harms biodiversity and limits recreation activity. <i>Sustainability</i> , 11(20), 5838.	2,96	100	16	16	22

Mój oryginalny wkład w powstanie artykułu obejmował:

- stworzenie koncepcji artykułu, która polegała na wykorzystaniu nieformalnych szlaków jako wskaźnika intensywności presji rekreacyjnej oraz zestawienie go z różnorodnością biologiczną drzewostanu dla zrównoważonego gospodarowania obszarami cennymi w dolinach rzek,
- przeprowadzenie badań terenowych dotyczących presji turystycznej, w tym pomiarów zagęszczenia gleby oraz udział w badaniach terenowych dotyczących pomiarów drzew,
- przeprowadzenie analiz statystycznych oraz interpretacja wyników badań,
- napisanie głównej części manuskryptu oraz przeprowadzenie korekty po uwagach recenzentów.

Wkład w pracę nad artykułem wynosi **80%**.

A4	Sikorski, P., Gawryszewska, B., Sikorska, D., Chormański, J., Schwerk, A., Jojczyk, A., Ciężkowski, W., Archiciński, P., Łepkowski, M., Dymitryszyn, I., Przybysz, A. (2021). The value of doing nothing – How informal green spaces can provide comparable ecosystem services to cultivated urban parks. <i>Ecosystem Services</i> , 50, 101339.	5,45	140	14	9	16
----	---	------	-----	----	---	----

Mój oryginalny wkład w powstanie artykułu obejmował:

- stworzenie koncepcji artykułu, którego celem była ocena efektów celowego zarzucania pielęgnacji w terenach zieleni miejskiej na podstawie porównania usług ekosystemowych i różnorodności biologicznej w parkach i nieużytkach,
- stworzenie ujednoliconego podejścia metodycznego do porównania wyników badań terenowych dotyczących m.in. wyłapywania pyłów, wychładzania, jakości gleby czy obecności różnych grup gatunków roślin i zwierząt oraz preferencji społecznych, które przedstawiłam w ramach koncepcji usług ekosystemowych oraz różnorodności biologicznej, a także analizowanie ich wzajemnych powiązań,
- współtworzenie metodyki badań terenowych różnorodności biologicznej oraz wykorzystania danych teledetekcyjnych, przeprowadzenie części badań terenowych roślinności oraz całkowite przeprowadzenie analizy wskaźników różnorodności biologicznej oraz analizy zdjęć satelitarnych i obliczenia wskaźnika NDVI,
- przeprowadzenie całkowitej interpretacji wyników analiz statystycznych,
- autorstwo znaczącej części manuskryptu wraz z tłumaczeniem na język angielski oraz całkowitą korektą po recenzjach, jako autor korespondencyjny.

Wkład w pracę nad artykułem wynosi **60%**.

Nr	Informacje bibliograficzne oraz opis oryginalnego wkładu autorki	IF*	Punkty MNiSW	Liczba cytowań		
				WoS	Scopus	Scholar
A5	Sikorska, D., Ciężkowski, W., Babańczyk, P., Chormański, J., Sikorski, P. (2021). Intended wilderness as a Nature-based Solution: Status, identification and management of urban spontaneous vegetation in cities. <i>Urban Forestry & Urban Greening</i> , 62, 127155.	4,53	100	14	14	16

Mój oryginalny wkład w powstanie artykułu obejmował:

- pomysł na publikację – wykorzystanie algorytmu do identyfikacji roślinności spontanicznej do oceny zjawiska w skali miasta,
- konceptualizacja celowego zarzucania pielęgnacji jako zamierzonego działania wpisującego się w rozwiązania oparte na przyrodzie (NbS),
- współtworzenie metodyki do stworzenia algorytmu detekcji roślinności i jego kalibracji – analizowałam możliwości wykorzystania danych ogólnodostępnych, w tym metod teledetekcyjnych oraz danych terenowych do identyfikacji cech roślinności spontanicznej,
- wykonanie części badań terenowych i analiza składu gatunkowego i cech roślinności w nieużytkach do wyznaczenia punktów treningowych i do weryfikacji działania algorytmu,
- interpretacja wyników algorytmu i krytyczna ocena możliwości jego aplikacji w szerszej skali.
- autorstwo znaczącej części manuskryptu oraz jego tłumaczeniem na jęz. angielski,
- całkowita korekta artykułu po uwagach recenzentów, jako autor korespondencyjny.

Wkład w pracę nad artykułem wynosi **60%**.

A6	Sikorska, D., Łaskiewicz, E., Krauze, K., Sikorski, P. (2020). The role of informal green spaces in reducing inequalities in urban green space availability to children and seniors. <i>Environmental Science & Policy</i> , 108, 144-154.	5,58	140	69	70	99
----	--	------	-----	----	----	----

Mój oryginalny wkład w powstanie artykułu obejmował:

- stworzenie całościowej koncepcji artykułu, analizującego różnice w dostępie do zieleni mieszkańców dwóch miast Łodzi i Warszawy, ze szczególnym uwzględnieniem wrażliwych grup społecznych,
- przeprowadzenie analizy istniejących danych o zieleni i dokonałam przeglądu literatury odnośnie systemów klasyfikacji,
- stworzenie nowego autorskiego podziału typów zieleni, biorącego pod uwagę dane literaturowe, ale także typy roślinności,
- analiza zobrażeń satelitarnych do zweryfikowania udziału powierzchni z roślinnością w obrębie jednostek wyodrębnionych w BDOT (Baza Danych Obiektów Topograficznych), będących podstawą planowania przestrzennego, co pozwoliło określić realną ilość zieleni dostępną dla mieszkańców,
- dokonanie interpretacji wyników (analiz przestrzennych i statystycznych), szczególnie w kontekście możliwości wykorzystania nieużytków jako rezerwuaru zieleni,
- napisanie znaczącej części manuskryptu, w tym jego tłumaczenie na język angielski oraz przeprowadzenie w całości korekty na podstawie uwag od recenzentów, jako autor korespondencyjny.

Wkład w pracę nad artykułem wynosi **85%**.

SUMA	22,27	680	140	157	216
-------------	--------------	------------	------------	------------	------------

*zgodnie z rokiem publikacji, liczba cytowań wg baz danych: Web of Science, Scopus oraz Google Scholar, stan na dzień 20.03.2023.

4.3 Omówienie merytoryczne osiągnięcia naukowego

4.3.1 Wstęp

Polskie miasta zamieszkuje ponad 60% całej jej populacji, choć zajmują one powierzchniowo zaledwie 5% powierzchni kraju (GUS 2021). Duże zagęszczenie ludzi na małej powierzchni obserwuje się też w innych krajach (Ritchie, Roser 2018). Rozwój i ekspansja przestrzenna miast pociągają za sobą jednak skrajne przeobrażenie środowiska, wykraczające bezwzględnie poza jego zdolności do regeneracji (Hobbs et al. 2013) oraz deficyty w dostępie do zasobów, co w rezultacie prowadzi do stworzenia warunków negatywnie oddziałujących na zdrowie i życie mieszkańców ponad połowy populacji globu (Bai 2018). Miasta są ponadto szczególnie narażone na negatywne konsekwencje globalnych procesów wynikających m.in. ze zmian klimatu, jak ekstremalne zjawiska pogodowe (Ebi i in. 2017), co z kolei przekłada się na zdrowie i bezpieczeństwo mieszkańców oraz generuje znaczne straty dla wielu sektorów, w tym dostaw żywności. Aby zatem wyjść naprzeciw potrzebom, oczekiwaniom i nasilającym się kryzysom z jakimi borykają się metropolie i ich rosnąca liczba mieszkańców, na rozwój miast należy spojrzeć w sposób holistyczny i adaptacyjny. Niezbędna jest do tego zintegrowana i użyteczna wiedza o miejskich systemach ekologiczno-społecznych, będąca efektem wyťažonych wysiłków społeczności naukowej, decydentów i praktyków w pokonywaniu podziałów koncepcyjnych, metodologicznych i dyscyplinarnych.

Podczas gdy dotychczasowy rozwój miast napędzany był głównie przez rozwój gospodarczy, ostatnie dziesięciolecie przyniosły przytłaczającą liczbę dowodów na nadmierne wykorzystanie zasobów i konieczność przekierowania priorytetów w kierunku adaptacji do zmian klimatu, zapewnieniu zdrowia i bezpieczeństwa mieszkańcom, i zwiększenia roli jaką w tym procesie może odgrywać przyroda (Rodrigues, Franco 2022). Kluczowe w procesie tworzenia miast przyjaznych mieszkańcom, odpornych na współczesne zagrożenia cywilizacyjne stają się zatem ekosystemy miejskie, w tym nie tylko parki i zieleńce, ale też agroekosystemy czy obszary o szczególnie o wysokich walorach przyrodniczych, tworzące tzw. zielono-błękitną infrastrukturę (Gill i in. 2007). Owa strategicznie zaplanowana sieć powiązanych ze sobą funkcjonalnie terenów zielonych oraz ogół korzyści, jakie świadczy przyroda (tzw. usługi ekosystemowe), stanowią niejako przeciwwagę dla skrajnie zdegradowanych komponentów środowiska miejskiego. Zdrowie i cywilizacja ludzka zależą od rozwoju tych naturalnych systemów i właściwego zarządzania nimi (Whitmee i in., 2015). Skuteczność działań w zakresie rozwoju na tym polu jest uwarunkowana nie tylko realnymi potrzebami, ale też opłacalnością stosowanych rozwiązań i oczekiwaniami społecznymi. Aby zatem pobudzać rozwój zintegrowanego podejścia do zarządzania systemami ekologiczno-społecznymi niezbędne są inicjatywy generujące popyt, co z kolei przekłada się na ich upowszechnienie i pozwala uzyskać efekt w większej skali (Daily 2000).

Takie zintegrowane podejście do zarządzania środowiskiem można traktować jako potrzebne novum w klasycznym rozumieniu inżynierii środowiska, jako dyscypliny technicznej, zorientowanej na te przedsięwzięcia, które mają jednocześnie stan środowiska utrzymywać lub go odtwarzać. Konieczność integracji zabiegów technicznych z przywracaniem różnorodności biologicznej, obniżaniem kosztów oraz uwzględnianiem w całym procesie potrzeb i preferencji społecznych, wyznaczają przyszłe trendy rozwoju zarówno miast jak i samej dyscypliny. Odpowiedzią na to zapotrzebowanie jest także, oprócz udoskonalania rozwiązań technicznych, zwiększanie w tym procesie udziału sił natury (m.in. zdolność do samoregulacji i naturalnej sukcesji), co znalazło swoje odzwierciedlenie we wprowadzeniu terminu Nature-based Solutions (NbS), czyli w dosłownym tłumaczeniu rozwiązań opartych na naturze. NbS to szeroki wachlarz działań

inspirowanych i/lub wspieranych przez naturę, które są efektywne kosztowo i zapewniają korzyści środowiskowe, społeczne i ekonomiczne (KE 2015). NbS wykraczają poza klasyczne podejście inżynierskie, które polega na stosowaniu przede wszystkim technologicznych rozwiązań, i zwracają uwagę na rolę naturalnych procesów i zjawisk w rozwiązaniu problemów środowiskowych. Takie holistyczne podejście pozwala na wprowadzanie do miast i całych krajobrazów wartości przyrodniczych w sposób zorientowany na rolę ekosystemów i korzyści wynikające z elementów przyrodniczych, wyznaczając współczesne trendy w rozwoju inżynierii środowiska. NbS stanowią działania (ang. *actions/interventions*), które mają za zadanie stawienie czoła współczesnym wyzwaniom społecznym, z jakimi borykają się społeczeństwa na całym świecie, takim jak zmiany klimatu, racjonalna gospodarka wodna, zmiany użytkowania terenu czy rozlewanie się miast (ang. *urban sprawl*). Muszą jednocześnie zapewniać dobrostan człowieka oraz korzyści dla różnorodności biologicznej (Cohen-Shacham i in., 2016, IUCN 2020). Należy tu jednak wskazać, że NbS stanowią nowe, szersze ujęcie ogółu proprzyrodniczych konceptów, takich jak wspomniana wcześniej błękitno-zielona infrastruktura czy działania wpisujące się w szeroko pojętą inżynierię ekologiczną (Kowalik 2004, Schaubroeck 2017, Seddon i in. 2020). Nowum w NbS jest natomiast wskazanie na działania (procesy), a nie stricte rozwiązania techniczne, oraz konieczność systemowego ujęcia problemu przy uwzględnieniu warunków lokalnych oraz udziale społeczeństwa w całym procesie. Partycypacja społeczna stanowi tu kluczowy komponent wdrażania NbS dla osiągnięcia zamierzonych korzyści. Koncept NbS jest powszechnie stosowany w dokumentach strategicznych UE i terminologii specjalistycznej (termin Nature-based Solutions w wyszukiwaniu Google Scholar zwraca niemalże 100 000 dokumentów, przy czym w samym 2022 jest to ponad 10 000, stan na dzień 15.11.2022), do lokalnej nomenklatury jest adaptowany w bardzo ograniczony sposób, tłumaczony jako rozwiązania oparte na przyrodzie/zasobach przyrody (np. cordis.europa.eu¹, Wójcik-Madej, Sowińska-Świerkosz 2022), dosłownie, jako rozwiązania oparte na naturze (np. [ClimatScience](https://climatescience.org)²), jednak termin nie doczekał się jeszcze oficjalnie przyjętej nazwy. Na potrzeby niniejszego opracowania stosuję zatem anglojęzyczny skrót NbS, szeroko rozpowszechniony w naukowej literaturze oraz najwierniejsze tłumaczenie terminu jako „rozwiązania oparte na przyrodzie”.

Wdrażanie NbS uwzględnia obecnie stale rosnący wachlarz działań, zarówno tych w małej skali, jak ogrody deszczowe, niecki retencyjne, zielone ściany, dachy czy parki kieszonkowe, poprzez rozwiązania w skali ponadlokalnej, jak nasadzenia przeciwoerozyjne, przywracanie marginesów czy zadrzewień śródpolnych, po szeroko zakrojone zabiegi renaturyzacyjne rzek, czy też odtwarzanie korytarzy ekologicznych (World Bank 2021). W obecnej chwili szeroka definicja NbS stwarza raczej ramy dla działań niż tworzy katalog możliwych interwencji, pozwalając jednocześnie na szeroką interpretację konceptu. Umożliwia to zatem włączenie w wachlarz NbS np. działań edukacyjnych, wspierających partycypację społeczną czy racjonalne wykorzystanie zasobów (takie podejście zastosowano np. tworząc katalog NbS w projekcie URBiNAT³). Lawinowo rośnie też liczba wdrożeń NbS w Europie i na świecie, silnie wspierana przez strumienie finansowe UE i m.in. Banku Światowego, który to podając za przykład raport IPBES, wskazuje, że to właśnie dzięki NbS możemy osiągnąć

¹ CORDIS wyniki badań wspieranych przez UE <https://cordis.europa.eu/article/id/421771-nbs-benefits-and-opportunities-wild-et-al-2020/pl>. Dostęp: 15.11.2022

² [ClimatScience](https://climatescience.org/pl) – platforma edukacyjna o zmianach klimatu <https://climatescience.org/pl>. Dostęp: 15.11.2022

³ URBiNAT katalog rozwiązań NbS projektu <https://urbinat.eu/nbs-catalogue/> URBiNAT NBS Catalogue. Nature-Based Solutions that citizens can co-select and co-create according to their needs and aspirations, and local environmental conditions. Dostęp: 15.11.2022

poziom 37% redukcji negatywnych skutków presji antropogenicznej, zdefiniowanych jako cel w porozumieniu paryskim (Diaz i in. 2019).

Kluczowym wyzwaniem w skutecznym wdrażaniu NbS jest jednak rygorystyczna ocena ich efektywności, zwłaszcza w zakresie niezawodności i opłacalności w porównaniu z alternatywnymi rozwiązaniami technicznymi (Seddon i in. 2020). Istnieje również ryzyko, że stosowanie NbS jako elementu wdrażania globalnej polityki np. adaptacji do zmian klimatu, będzie zachęcać do masowego wprowadzania NbS o nikłej jakości dla bioróżnorodności, czy też nieakceptowalnych społecznie. Wypracowywane są zatem wskaźniki np. identyfikujące bariery i korzyści z wdrażania NbS (Kabish i in. 2016), czy też mające na celu ocenę efektywności odpowiedniego rozwiązania dostosowanego do konkretnych warunków (np. Sowińska-Świerkosz, Garcia 2021, Chausson et al. 2022). Jednak, z definicji, NbS jest pojęciem niezmiernie pojemnym, co utrudnia opracowanie wskaźników sukcesu, które podobnie jak sama koncepcja, muszą być dostosowane do warunków lokalnych (Seddon i in. 2020). W szczególności dotyczy to efektów w zakresie poprawy warunków przyrodniczych, które są ściśle związane ze specyfiką danego terenu i wymagają szczegółowego rozpoznania. W tym duchu w najnowszym podręczniku Komisji Europejskiej dotyczącym ocen wpływu NbS „*Evaluating the impact of nature-based solutions a handbook for practitioners*” (European Commission 2021) przedstawiono rozbudowane propozycje wskaźników oceny, gdzie utrzymanie lub wręcz poprawa różnorodności biologicznej stanowią jeden z filarów sukcesu NbS (European Commission 2021). Samo stosowanie wskaźników biologicznych do oceny stanu ekologicznego ekosystemów czy skutków działań renaturyzacyjnych ma długą historię, zostało sformalizowane i jest szeroko aplikowane zarówno w Polsce jak i na świecie. Narzędzia takie jak np. Makrofitowa Metoda Oceny Rzek (Szozkiewicz i in. 2010), wykorzystujące dane o różnorodności biologicznej oraz warunków siedliska, stały się podstawą oceny stanu ekosystemów w skali całego kraju. Dlaczego zatem stosowanie już dostępnych metodyk nie jest wystarczające i poszukuje się nowych metod do oceny efektów wprowadzania NbS? Rozwiązania oparte na przyrodzie ze względu na swoją interdyscyplinarność wymykają się ocenie z zastosowaniem klasycznych metod, co generuje konieczność tworzenia bardziej kompleksowych wskaźników oceny, uwzględniających opłacalność, korzyści środowiskowe i społeczne, a także złożoność relacji pomiędzy nimi (Chausson i in. 2020). Takie myślenie wyznacza nowy etap w rozwoju inżynierii środowiska, wpisując się w światowe trendy, w których NbS staje się podstawą reagowania na globalne zagrożenia.

4.3.2 Cel i zakres pracy

W zbiorze prac, będących podstawą osiągnięcia naukowego, badano wytypowane przykłady NbS w warunkach miejskich i podmiejskich, wprowadzane w różnych skalach przestrzennych. Analizie poddano sześć przykładów NbS lub ich wdrożeń, spełniających kryteria NbS sformułowane przez IUCN, analizowane w skali lokalnej: 1) zielone torowiska z roślinnością ekstensywną, 2) wprowadzanie marginesów ekologicznych do miejskich upraw ogrodniczych, 3) adaptacja roślinności z gatunkami inwazyjnymi dla celów rekreacji, 4) celowe zarzucanie pielęgnacji w nieużytkach dla świadczenia usług ekosystemowych; oraz w skali całego miasta 5) ograniczanie pielęgnacji i wykorzystanie naturalnej sukcesji (opracowanie wskaźnika spontaniczności), 6) zwiększanie dostępności do zieleni dla mieszkańców poprzez włączanie nieużytków do systemu zieleni miejskiej.

Celem pracy była analiza możliwości wykorzystania różnorodności biologicznej jako wskaźnika efektywności wdrażania wybranych NbS oraz określenie wzajemnych relacji pomiędzy wskaźnikami społecznymi, ekonomicznymi oraz przyrodniczymi przy wdrażaniu rozwiązań opartych na przyrodzie w różnych skalach przestrzennych (Rys. 1).



Rysunek 1. Diagram obrazujący wskaźniki efektywności rozwiązań opartych na przyrodzie oraz wzajemnych relacji pomiędzy nimi

4.3.3 Metodyka badań

W pracach przedstawionych jako elementy osiągnięcia naukowego, podejmowano problematykę różnej skali działań, zróżnicowania ekosystemów miejskich i stopnia ich przekształcenia, a także zakresu zastosowanych rozwiązań. Do oceny wdrażania NbS w ekosystemach miejskich i podmiejskich wybrano tylko te interwencje, które miały istotnie dużą powierzchnię, co pozwoliło uzyskać miarodajne wyniki oraz określić wskaźniki oceny istotne dla sukcesu NbS oraz umożliwiłoby zaimplementowanie ich na znaczącej powierzchni w przyszłości. Wyselekcjonowane typy NbS w skali lokalnej były związane z działaniami polegającymi na wprowadzaniu nowych elementów przyrodniczych do przestrzeni miejskiej lub dotyczyły adaptacji i zmiany sposobu użytkowania istniejących ekosystemów. W skali ponadlokalnej przedmiotem badań były działania związane z zarzucaniem pielęgnacji i adaptacją nieużytków jako terenów wypoczynkowych.

Wedle europejskiego poradnika oceny NbS ich wprowadzanie oraz późniejsze efekty mogą zachodzić w różnej skali przestrzennej, w zależności od zastosowanego rozwiązania. Oddziaływanie może obejmować cały krajobraz lub region, możliwe są również interwencje w wybranych ekosystemach, możemy również mieć do czynienia z lokalnymi inicjatywami o niewielkiej powierzchni, i/lub oddziałujące np. na określoną grupę odbiorców, np. pieszych (Komisja Europejska 2021). Działania NbS są zatem realizowane w różnych skalach i powiązane w myśl zasady – działaj lokalnie, myśl globalnie. W przedstawionych pracach skupiono się na skali

lokalnej, tj. **pojedynczego platu ekosystemu** oraz skali **miasta**, co ma odzwierciedlenie w podejściu projektowym i planistycznym.

Badane przypadki wprowadzania NbS były analizowane w ten sam sposób za pomocą trzech grup wskaźników – **przyrodniczych, społecznych** oraz **ekonomicznych** (Rys. 1, Rys. 2, Tab. 2). Dla każdego NbS, identyfikowano w jaki sposób zastosowane rozwiązanie przyczyniło się do poprawy różnorodności biologicznej, jakie były korzyści ekonomiczne z jego wprowadzenia (monetarne, lub analizowane przez pryzmat usług ekosystemowych) oraz na ile dane rozwiązanie było społecznie akceptowalne. Najistotniejszym elementem analizy było zidentyfikowanie interakcji pomiędzy tymi komponentami (Tab 2). Stopień w jakim tematyka w danym obszarze (wskaźników przyrodniczych, ekonomicznych lub społecznych) był podejmowany w artykułach, wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, przedstawiono na Rysunku 2.

Za wskaźniki **przyrodnicze** efektywności NbS przyjęto wskaźniki różnorodności biologicznej, będące miarą jakości przyrodniczej. Zastosowano powszechnie stosowane wskaźniki, jak liczba gatunków w ekosystemach oraz indeksy bioróżnorodności np. Shanonna-Wienera (Magurran 2013). Wyselekcjonowane NbS analizowano pod kątem liczby gatunków roślin naczyniowych oraz stosowano wskaźniki jakościowe ekosystemów, z wykorzystaniem liczb wskaźnikowych (Ellenberg 1991, Matuszkiewicz 2014).

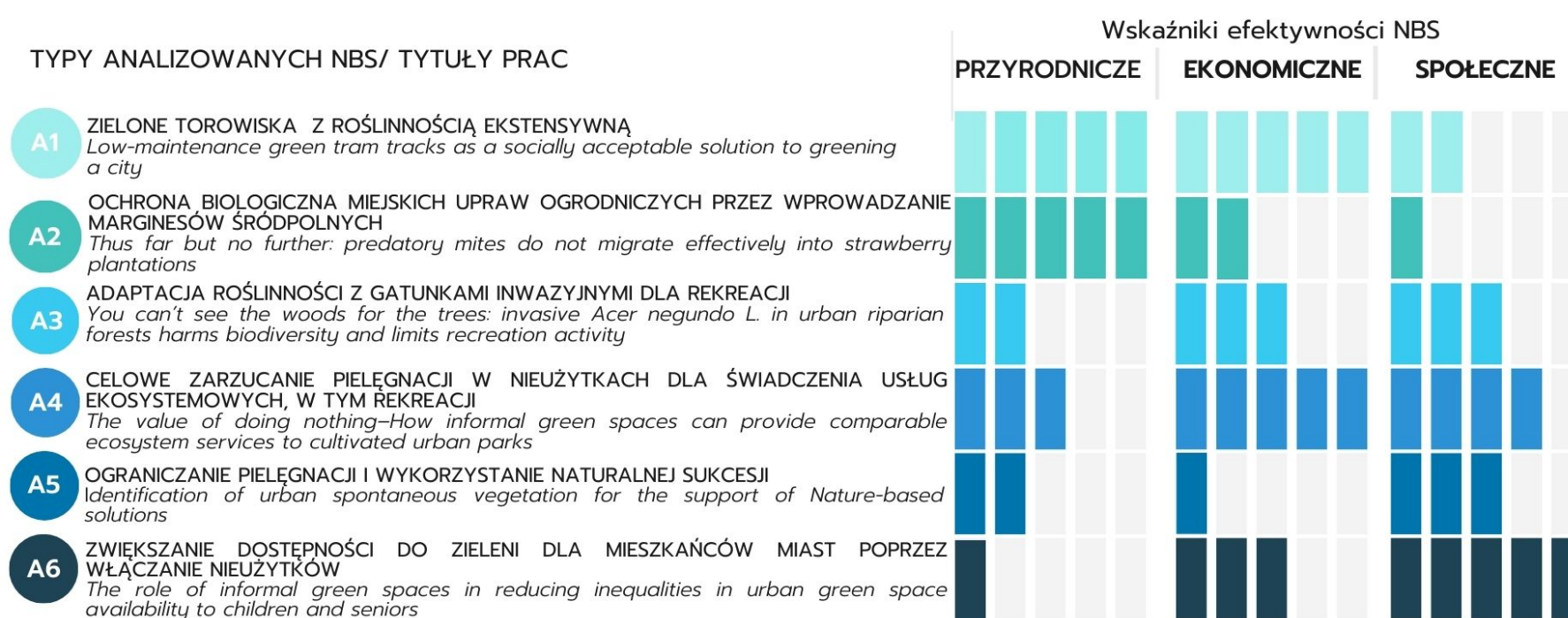
Wskaźniki **ekonomiczne** przedstawiono na podstawie wyceny kosztów alternatywnych dla rozwiązań opartych na przyrodzie, analiz ekonomicznych z zastosowaniem porównania zysków i strat, oraz analiz usług ekosystemowych. Porównano koszty utrzymania tradycyjnych form zieleni i NbS oraz korzyści z tego płynące, przyjmując, że cechą niezbędną NbS jest ich ekonomiczna opłacalność.

Na podstawie powszechnie stosowanych badań sondażowych, m.in. z wykorzystaniem kwestionariuszy czy wizualizacji NbS, opracowano **wskaźniki społeczne**, dzięki którym wskazane zostały preferencje społeczne, przekładające się na ich akceptację dla NbS. Działania, aby były skuteczne, muszą bowiem odpowiadać na społeczne oczekiwania (Barton, Grant 2013). W badaniach uwzględniano zróżnicowany dobór respondentów uwzględniający zarówno ekspertów, jak i użytkowników, bez szerokiej wiedzy z zakresu nauk przyrodniczych, co pozwala określić możliwości jak i bariery we wdrażaniu NbS z uwzględnieniem różnych grup interesariuszy.

Zestawienie badań sondażowych z realnymi wskaźnikami różnorodności biologicznej, a także skorelowanie korzyści ekonomicznych z NbS z akceptacją społeczną i różnorodnością biologiczną pozwoliło na przeanalizowanie **interakcji** pomiędzy wszystkimi grupami wskaźników efektywności. Określano zatem związek preferencji mieszkańców z różnorodnością biologiczną, w badaniach roślinności natomiast uwzględniano również cechy będące związane z estetyką (wysokość, zróżnicowanie struktury), które mogłyby być związane z percepcją społeczną. Wyniki analiz interpretowano w kontekście wdrażania NbS w większej skali uwzględniając zarówno ich potencjał jak i bariery stojące na przeszkodzie upowszechniania się rozwiązań opartych na przyrodzie.

Różnorodność biologiczna jako wskaźnik oceny skuteczności wdrażania rozwiązań opartych na przyrodzie w miastach

Zakres tematyczny podjęty w pracach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego*



*Zaciemnione prostokąty odnoszą się do stopnia w jakim dany obszar tematyczny został podjęty w poszczególnych publikacjach

Rysunek 2. Tematyka podjęta w poszczególnych artykułach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego w zakresie wskaźników efektywności NbS – przyrodniczych, ekonomicznych oraz społecznych

Tabela 2. Analizowane przykłady NbS i ich wskaźniki efektywności na podstawie wyników uzyskanych w artykułach A1-A6, stanowiących elementy osiągnięcia naukowego

PRZYKŁAD NbS i potencjalna skala wdrożenia	WSKAŹNIKI EFEKTYWNOŚCI NbS			
	PRZYRODNICZE	SPOŁECZNE	EKONOMICZNE	INTERAKCJE
Skala ekosystemu				
A1 zielone torowiska z roślinnością ekstensywną (niepielęgowaną przez okres 2, 5 i 10 lat) powierzchnie buforowe terenów zieleni w Warszawie to około 200 ha	bioróżnorodność – większa niż w przypadku tradycyjnych trawników na torowisku, w płacie notowano 15 gatunków roślin	rozwiązanie akceptowane przez 80% ankietowanych osób	koszt zakładania porównywalny do tradycyjnego trawnika, ale znacznie niższe koszty pielęgnacji	60% respondentów oczekuje wyrównanych trawników i tym samym o niskiej różnorodności, różnorodność jest istotna tylko dla 23% respondentów; rozwiązanie korzystne przyrodniczo i ekonomicznie, konieczne działania edukacyjne – percepcja może stanowić barierę we wdrażaniu w większej skali
A2 ochrona biologiczna miejskich upraw ogrodnich przez wprowadzanie marginesów śródpolnych potencjalne powierzchnie buforowe w terenach zieleni w Warszawie wynoszą około 20% powierzchni miasta	strefy ekotonowe przy uprawach powodują wzrost bioróżnorodności o średnio 16 gatunków roślin w płacie oraz różnorodność gatunkowa roślinności jest skorelowana z różnorodnością i liczebnością innych grup organizmów (tj. drapieżnych roztoczy, których różnorodność wzrastała do 14 gatunków)	nie badano bezpośrednio, akceptacja jest uzależniona od postawy proprzyrodniczej i poparcia dla rezygnacji z części plonu na rzecz niestosowania chemicznych środków ochrony roślin	rozwiązanie pozwala zmniejszyć koszty zakupu środków ochrony roślin uprawnych, ale może negatywnie wpłynąć na wielkość plonu, zasięg metody jest silnie ograniczony przestrzennie (do 1,5 m)	NbS godzi potrzeby producentów upraw, zwiększając bezpieczeństwo żywnościowe i jakość produktów przy stosowaniu produkcji ekologicznej, zróżnicowane marginesy śródpolne poprawiają estetykę krajobrazu, korzystnie wpływając na jego percepcję
A3 adaptacja roślinności z gatunkami inwazyjnymi dla rekreacji powierzchnia takich nieużytków w Warszawie to ponad 1% miasta	inwazyjne gatunki ograniczają bioróżnorodność o około 5 gatunków roślin w płacie	rozwiązanie akceptowane przez większość, choć 40% respondentów wolałoby naturalne łągi	rozwiązanie pozwala osiągnąć zysk, jest tańsze od alternatywnych rozwiązań	NbS godzi potrzeby respondentów, nie zmienia status quo, jest trudny do zaakceptowania z punktu widzenia bioróżnorodności; brak skutecznych metod ograniczania inwazyjnych drzew; dane o wzroście bioróżnorodności z wiekiem każą NbS traktować z rezerwą
A4 celowe zarzucanie pielęgnacji w nieużytkach dla świadczenia usług ekosystemowych, w tym rekreacji powierzchnia: badano 200 ha, powierzchnia potencjalnych obszarów to 13% Warszawy	bioróżnorodność płatów z gatunkami inwazyjnymi jest większa niż trawników, ale porównywalna do terenów zieleni ekstensywnej, np. zadrzewień parkowych i łąk kwietnych	rozwiązanie akceptowane przez 100% respondentów	koszty pielęgnacji terenów spontanicznych są znacznie niższe niż zieleni urządzonej	NbS godzi potrzeby respondentów, sprzyja usługom ekosystemowym, jest neutralny dla bioróżnorodności i sprzyjający pewnym grupom organizmów; duży potencjał do wdrożenia tego NbS
Skala miasta				
A5 ograniczanie pielęgnacji i wykorzystanie naturalnej sukcesji powierzchnia – możliwości wprowadzenia na 10% powierzchni Warszawy	wspieranie globalnej bioróżnorodności poprzez ograniczenie pielęgnacji	wysoka akceptacja społeczna, poprawa powszechnego dostępu do dzikiej przyrody w skali miasta, wdrożenie w Warszawskim Indeksie Różnorodności Biologicznej (2021) wskaźnik jakości, tzw. zielony PKB	oszczędności na pielęgnacji, głównie koszeniu (1 ha 500 zł, w skali Warszawy ok. 26 mln zł/rok)	NbS w postaci zintegrowanego minimalizowania pielęgnacji jest oczekiwany społecznie; potrzeba badań społecznych nad identyfikacją miejsc celowego zarzucania i ich propagowania
A6 zwiększanie dostępności do zieleni dla mieszkańców miast poprzez włączenie nieużytków powierzchnia – możliwości wprowadzenia – 25% powierzchni Warszawy	zwiększenie trwałości nieużytków sprzyja bioróżnorodności	dostęp do zieleni jest ważnym wskaźnikiem używanym w Strategii dla miasta Warszawy	poprawa dostępu do zieleni bez konieczności budowania kosztownych terenów zieleni	NbS wysoko akceptowany społecznie; potrzeba identyfikacji koniecznych mikrointerwencji umożliwiających dostęp do nieużytków

4.3.4 Omówienie wyników

W pracach A1-A4 przedstawiono wyniki badań nad NbS w **skali ekosystemów**. Pozwalają one na wstępną ocenę mechanizmu współdziałania projektantów i zarządców na obszarach publicznych z mieszkańcami – odbiorcami tych działań – w taki sposób, aby efekty przyrodnicze były mierzalne.

W pracy A1 przedmiotem badań był NbS polegający na wprowadzeniu **zielonych torowisk ze spontaniczną roślinnością**. Tworzenie zielonych torowisk stało się powszechnym rozwiązaniem w wielu miastach europejskich, najczęściej stosowane są torowiska rozchodnikowe lub z darnią. Zielone torowiska z rozchodnikami generują jednak większe koszty założenia oraz są krytykowane ze względu na ograniczone efekty środowiskowe tj. niską różnorodność biologiczną. Wariant z trawnikiem jednak, mimo niższych kosztów założenia, generuje wysokie koszty utrzymania wysokiej jakości nawierzchni, ze względu na konieczność regularnej pielęgnacji, co w efekcie ogranicza możliwości wdrażania tego rozwiązania w większej skali. W tym badaniu oceniano możliwość zarządzania zielonymi torowiskami w sposób ekstensywny, łączący akceptację społeczną i działania na rzecz różnorodności biologicznej, przy jednoczesnym ograniczaniu kosztów pielęgnacji. Technologia umożliwiająca wprowadzenie na torowisko roślinności, zakłada umieszczenie około 10 cm warstwy substratu, który następnie obsadza się, lub obsiewa roślinnością, w przypadku wariantu z darnią, są to mieszanki traw. Tego typu rozwiązanie przewiduje trwałość około 3 - 4 lat, aż do okresu zubożenia materii organicznej. Na tych powierzchniach, skład roślinności jest efektem wprowadzonych gatunków, ale także naturalnej sukcesji, w efekcie której zmienia się skład gatunkowy. W niniejszym badaniu analizowano roślinność wzdłuż istniejących torowisk z roślinnością niepielęgowaną, w wieku przed oraz po upływie okresu eksploatacji. W celu uzyskania odpowiedzi na pytania, jak bioróżnorodne są ekosystemy zielonych torowisk i jak postrzegane są przez mieszkańców. Z założenia badane powierzchnie nie były podlewane i nawożone przez okres od roku do 11 lat. Zbadano tym samym NbS w postaci nowo założonych zielonych torowisk, pokrytych darnią oraz powierzchni torowisk już po ich okresie eksploatacji (powyżej 4 lat) pielęgnowanych ekstensywnie. Wykonano badania terenowe na 20 losowo wytypowanych powierzchniach badawczych, gdzie rejestrowano skład gatunkowy roślinności oraz zawartość metali ciężkich w glebie. Zdjęcia powierzchni badawczych, wykonane z bliska oraz z większej odległości, wykorzystano również do stworzenia ankiety preferencji użytkowników, którzy wskazywali na akceptację roślinności o różnych cechach wizualnych oraz jakości przyrodniczej wyrażonej wskaźnikami różnorodności biologicznej.

Na badanych torowiskach zidentyfikowano wysoki wskaźnik bioróżnorodności w pierwszym roku eksploatacji, z uwagi na liczne rośliny pionierskie, który z czasem istotnie malał, by po 3-4 latach wzrosnąć wraz z jałowieniem warstwy próchnicznej, ale też pojawianiem się gatunków spontanicznych. Zachodziły istotne zmiany składu gatunkowego roślinności w czasie, ubywało traw i rosła liczba gatunków towarzyszących. Z punktu widzenia społecznego, najważniejszą cechą zielonych torowisk było pokrycie roślinności, a tylko nieliczni respondenci wskazywali na takie czynniki jak nierównomierny kolor (33,9%) lub obecność chwastów (7,1%). Postrzeganie ekstensywnych torowisk zależało również od wieku murawy i jej bioróżnorodności. Dodatkowo największy wpływ na postrzeganie tras tramwajowych miała perspektywa obserwacji torowiska – w miarę oddalania się od roślinności braki w jakości stawały się mniej widoczne i uznawane za nieistotne. Trasy tramwajowe z ekstensywną roślinnością były postrzegane o 19% korzystniej podczas oglądania ich z daleka niż z bliska. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że ekstensywne zielone torowiska są łatwe w utrzymaniu i stanowią ekonomicznie i społecznie uzasadnione rozwiązanie, które może być wprowadzane na szerszą skalę

w miastach. Pomimo niedostatków w jakości darni, takie podejście może stać się akceptowanym społecznie rozwiązaniem, pozwalającym na pokrycie powierzchnią biologicznie czynną dużej powierzchni miasta, rozbudowujący tym samym system zielono-błękitnej infrastruktury. Wyniki badań były też przedmiotem wskazań praktycznych do wprowadzania i pielęgnowania torowisk w miastach, wykonanych na zlecenie Tramwajów Warszawskich (Zał. 4, cz. IV, pkt 2). W świetle wyników przeprowadzonych badań rekomendowano dywersyfikację typów roślinności – intensywnie pielęgnowane trawniki i maty rozchodnikowe z koniecznością kosztownego nawadniania i czyszczenia zaleca się jedynie w miejscach reprezentatywnych, eksponowanych i widocznych z bliska, podczas gdy pozostałe powierzchnie mogą być z powodzeniem pielęgnowane ekstensywnie, także po okresie eksploatacji.

W pracy A2 przeanalizowano NbS dotyczący wykorzystania biologicznej ochrony roślin poprzez wprowadzanie marginesów ekologicznych w miejskich uprawach ogrodnich. Skracanie łańcucha dostaw i zapewnienie wysokiej jakości żywności staje się coraz istotniejszym kierunkiem rozwoju współczesnych miast, które są w dużej mierze uzależnione od żywności dostarczanej z obszarów wiejskich. Uprawy rolnicze na obrzeżach miast oraz w samym mieście, a także ograniczanie stosowania chemicznych środków ochrony roślin stają się zatem coraz bardziej powszechne. Jedną z metod wchodzących w wachlarz rozwiązań NbS, jest tzw. ochrona biologiczna, która bazuje na m.in. poprawie warunków bytowania dla pożytecznych organizmów, które ograniczają populację szkodników upraw (Simelton et al. 2021). W pracy A2 analizowano skuteczność ochrony biologicznej na przykładzie podmiejskich plantacji truskawek. Wielogatunkowa roślinność marginesów śródpolnych stanowi siedlisko bytowania drapieżnych roztoczy (*Acari: Phytoseidae*), których główne źródło pokarmu stanowi szkodnik upraw ogrodnich i sadowniczych – przędziorek chmielowiec *Tetranychus urticae*. Stworzenie warunków bytowania dla jego naturalnych wrogów poprzez wprowadzanie marginesów śródpolnych może zatem skutecznie ograniczać populację tego szkodnika i ograniczyć konieczność stosowania chemicznych środków ochrony roślin. W pracy analizowano możliwości wykorzystania ochrony biologicznej do ochrony plantacji truskawek przez przędziorkiem chmielowcem. Badano w jaki sposób struktura otoczenia może korzystnie wpłynąć na zasiedlanie plantacji przez drapieżne roztocza (*Acari: Phytoseidae*). Analizowano czynniki przyczyniające się do zwiększenia liczebności drapieżnych roztoczy, takie jak: zagospodarowanie brzegów pól, skład gatunkowy roślinności marginesów oraz wpływ obecności drzew w najbliższym. Badano również efektywność penetracji roztoczy z obrzeży pól do samej uprawy jako wskaźnika efektywności kontroli biologicznej. Badania prowadzono na 14 ekstensywnych plantacjach truskawek w Polsce w pobliżu miast Czerwińsk nad Wisłą, Nowy Dwór Mazowiecki, Puławy, Lubartów. Stwierdzono, że w bogatych gatunkowo marginesach śródpolnych licznie występowały drapieżne roztocza, zidentyfikowano 14 taksonów. Jednak tylko dwa gatunki *Amblyseius andersoni* i *Euseius finlandicus* były w stanie przemieszczać się w głąb uprawy, przez co mogły efektywnie kontrolować populację przędziorka chmielowca. Odległość ta jednak nie przekraczała 1,5 m. Stwierdzono, że różnorodności gatunkowej i zagęszczeniu drapieżnych roztoczy sprzyjało ekstensywne gospodarowanie marginesami śródpolnymi; najwyższe wyniki notowano w uprawach, gdzie marginesy koszone co 2-3 lata i występowała tam roślinność spontaniczna. Ograniczone przenikanie drapieżnych roztoczy do uprawy wskazuje, że środki ochrony biologicznej mogą nie być wystarczające do zwiększenia wpływu drapieżnych roztoczy w środku plantacji. Jednocześnie z analiz rynkowych wynika, że koszt ochrony plantacji truskawek przekracza 6% kosztów uprawy i może on zostać znacząco obniżony przez wprowadzenie odpowiednio zarządzanych marginesów śródpolnych. Upowszechnienie się takiego rozwiązania wiąże się również

z tworzeniem plantacji o niewielkiej szerokości, ale przede wszystkim z większym popytem na ogrodnictwo ekologiczne i poparciem społecznym do akceptacji wyższej ceny dla produktów takiego pochodzenia. Wprowadzenie marginesów śródpolnych mogłoby ponadto generować także korzyści rekreacyjne.

W pracy A3 przeanalizowano NbS dotyczący **adaptacji roślinności z gatunkami inwazyjnymi w dolinie rzeki** pod kątem ich wykorzystania rekreacyjnego. Publiczny dostęp do wysokiej jakości terenów zielonych stał się kluczową kwestią dla zarządców miast i kwestią tzw. sprawiedliwości ekologicznej. Jednocześnie rośnie zapotrzebowanie mieszkańców do bliskiego kontaktu z dziką przyrodą, o wysokiej naturalności. Z kolei zwiększona presja w reliktach dawnych ekosystemów, jakie przetrwały w przestrzeni miejskiej, wiąże się z ich degradacją. Pogodzenie zatem potrzeb mieszkańców z ochroną przyrody stanowi zatem ogromne wyzwanie dla zarządzających. Doskonałym przykładem obrazującym zjawisko presji antropogenicznej w obszarach cennych przyrodniczo stanowią łągi nadrzeczne wzdłuż Wisły na odcinku warszawskim. Obszar ten w ostatnich kilkunastu latach został udostępniony odwiedzającym i jest popularnym obiektem rekreacji. Jednocześnie presja miejska sprzyja tu ekspansji gatunków inwazyjnych, wpływając negatywnie na walory przyrodnicze tego obszaru. Pomimo wysokiej wartości ekologicznej, lasy topolowe i wierzbowe są w coraz większym stopniu zajmowane są przez inwazyjny gatunek drzewa klon jesionolistny (*Acer negundo*). Zbadano stan procesu inwazji oraz zależności pomiędzy usługami rekreacyjnymi, a cechami drzewostanów – składem gatunkowym drzewostanu, gęstością drzew, wiekiem i wskaźnikiem NDVI, obliczonym na podstawie zobrażeń satelity Sentinel-2. Stwierdzono, że las wierzbowy jest bardziej podatny na inwazję *A. negundo* niż las topolowy, co było widoczne w istotnie wyższym udziale osobników klonu i ich większym zagęszczeniu na jednostkę powierzchni. Klony jesionolistne przeważały częściej w młodszych drzewostanach (< 10 lat) niż w starszych. Wskazuje to na potencjał możliwych działań zmierzających do utrzymywania naturalnych procesów akumulacji materii organicznej oraz stabilizowanie ekosystemów z dojrzałym drzewostanem. Wykazano, że obecność *A. negundo* ma negatywny wpływ na różnorodność roślinności, powodując zmniejszenie zagęszczenia runa i występujących tam gatunków roślin naczyniowych. Intensywność użytkowania przez mieszkańców, oceniana na podstawie stopnia ubicia gleby na istniejących nieformalnych szlakach, jak wykazała analiza GLM, była negatywnie związana z ilością inwazyjnego klonu i odległością od głównego szlaku, co pozwala na wnioskowanie, że obecność gatunków inwazyjnych może negatywnie wpływać na postrzeganie i użytkowanie rekreacyjne obszaru przez mieszkańców. Nie była to zależność silna i ludzie często przemierzali płaty inwazyjnych lasów, jeśli była tam ścieżka, co świadczy jednak o tolerancji dla mniej bioróżnorodnych ekosystemów. Działania NbS obejmujące adaptowanie ksenospontanicznych zbiorowisk leśnych do celów rekreacyjnych są uzasadnione społecznie i ekonomicznie, ale sankcjonują spadek bioróżnorodności. Całkowite usuwanie gatunków inwazyjnych spowodowałoby utratę wartości rekreacyjnych i generowałoby znaczące koszty, dodatkowo długofalowe efekty przyrodnicze takiego zabiegu są nieprzewidywalne. Badanie pomogło opracować metodę postępowania z gatunkami inwazyjnymi w dolinie Wisły na odcinku warszawskim w ramach projektu Szuwar Warszawski (Zał 4, poz. III.f.2). Polegała ona na ograniczeniu cięcia gatunków inwazyjnych do terenów najbardziej cennych i szczególnych sytuacji, gdzie wspierane są gatunki rodzimych drzew kosztem inwazyjnych. W ekspertyzie dla ZZW w Warszawie przedstawiono zasady podejmowania decyzji w konkretnych przypadkach. Badania w pracy A3 są wynikiem prac w ramach 3-letniego projektu NCN OPUS (Zał. 4, poz. III.f.3).

W pracy A4 przedstawiono **celowe zarzucanie pielęgnacji w nieużytkach dla świadczenia usług ekosystemowych, w tym rekreacji**, które w nowatorski sposób ujęto jako celowe działanie wpisujące się

w definicję NbS. Tereny zielone w miastach są szczególnie istotne dla mieszkańców ze względu na szeroki wachlarz usług ekosystemowych jakie świadczą. Jednocześnie zasoby formalnych terenów zieleni, jak parki czy lasy miejskie, są niewystarczające, aby mieszkańcy mogli w równym stopniu z nich korzystać. Ten niedostatek mogą uzupełnić nieformalne tereny zieleni, powszechnie nazywane nieużytkami. Są to zróżnicowane obszary, których pielęgnacja została zaniechana z różnych przyczyn (jak m.in. nieuregulowany status prawny, lub zamierzone działania), na skutek czego występująca tam roślinność rozwija się samoczynnie w toku naturalnej sukcesji. Praca A4 stanowi interdyscyplinarne badania świadczenia usług ekosystemowych przez nieużytki oraz ich bioróżnorodności w porównaniu z pielęgnowanymi parkami miejskimi. W obszarach wskazanych przez Zarząd Zieleni Miejskiej m.st. Warszawy, wytypowano tereny bez pielęgnacji, co weryfikowano *in-situ*. Przeprowadzono szczegółowe pomiary w reprezentatywnych powierzchniach w nieużytkach zlokalizowanych na dwóch różnych typach siedlisk (w dolinie i na wysoczyźnie), oraz dla porównania w młodych parkach założonych na analogicznych siedliskach. Zmierzono wskaźniki biofizyczne związane z usługami ekosystemowymi oraz przeprowadzono badania społeczne akceptacji mieszkańców dla obszarów bez pielęgnacji i pielęgnowanych. Zastosowano analizę wieloczynnikową, aby zidentyfikować czynniki istotnie związane z usługami ekosystemowymi, różnorodnością biologiczną i percepcją społeczną oraz by przeanalizować wzajemne powiązania między nimi. Stwierdzono, że nieużytki świadczą usługi ekosystemowe w podobnym stopniu co tereny pielęgnowane. Dotyczyło to przede wszystkim usuwania pyłów z powietrza, wychładzania podłoża oraz retencjonowania wody. Wskaźniki różnorodności w obszarach zarzuconych były również zbliżone do pielęgnowanych. Różnice wynikały głównie ze stopnia rozwoju drzewostanu i biomasy, a nie koszenia czy usuwania biomasy. Pomimo braku infrastruktury umożliwiającej swobodną rekreację, jak utwardzone ścieżki czy ławki, badane nieużytki z gęstą roślinnością były postrzegane lepiej niż tradycyjnie pielęgnowane parki. Stwierdzono również różnice w sposobie w jaki poszczególne usługi ekosystemowe oraz różnorodność były ze sobą wzajemnie powiązane – w nieużytkach najsilniejszy związek dotyczył usług regulacyjnych i wspierających, podczas gdy w parkach dominowały usługi kulturowe, których związki z innymi usługami i różnorodnością biologiczną były słabe. Wyniki badań nad celowym zarzucaniem jako NbS dostarczyły cennych mierzalnych danych dających przesłanki do implementowania tego rozwiązania w większej skali, jako opłacalnego ekonomicznie (brak pielęgnacji), wspierającego różnorodność biologiczną przy wysokiej akceptacji społecznej, Stanowi to modelowy przykład wysokiej efektywności NbS wykazanej za pomocą wskaźników przyrodniczych, ekonomicznych i społecznych. Badania przedstawione w publikacji A4 to wynik prac prowadzonych w ramach 3-letniego projektu dotyczącego usług ekosystemowych i adaptacji nieużytków na zlecenie m. st. Warszawy (Zał. 4. poz. III.f.3).

W publikacjach A5 i A6 przedstawiono wyniki badań nad NbS w **skali miasta**. Pozwalają one na wstępną ocenę mechanizmu współdziałania na obszarach publicznych pomiędzy planistami, władzami miast a mieszkańcami – odbiorcami tych działań – by osiągać mierzalne efekty środowiskowe.

W pracy A5 przeanalizowano NbS dotyczący wykorzystania naturalnej sukcesji, na podstawie **opracowanego wskaźnika spontaniczności**, pozwalającego ocenić efekty celowego zarzucania pielęgnacji w skali miasta, wspierając bioróżnorodność w skali globalnej. Jednym z szerzej stosowanych NbS jest celowa rezygnacja z pielęgnacji terenów zielonych i promowanie dzikiej przyrody (tzw. „czwartej przyrody”, Kowarik 2005), umożliwiając tym samym mieszkańcom kontakt z dziką przyrodą, przekładając się na korzyści dla ich zdrowia i samopoczucia. Jednocześnie takie rozwiązanie znacząco redukuje koszty pielęgnacji terenów zielonych.

W niniejszej pracy opracowano algorytm identyfikacji roślinności spontanicznej w mieście na podstawie indeksu NDVI obliczonego z obrazów satelitarnych Sentinel-2, a także ogólnodostępnych danych topograficznych oraz weryfikacji w terenie (2863 punktów referencyjnych do identyfikacji roślinności spontanicznej oraz zieleni urządzonej). Założono, że roślinność pielęgnowana w danym typie siedliska cechuje się niższym ulistnieniem oraz pośrednio biomasą, w porównaniu do tej rozwijającej w toku naturalnej sukcesji, co należy prześledzić na przestrzeni od roku do 3 lat, identyfikując brak ciągłości wzrostu biomasy. Analizowano uśrednione miesięczne wartości NDVI, które weryfikowano o dane referencyjne z terenu o znanej intensywności pielęgnacji. Osiągnięto 74% dokładność dla identyfikacji zieleni spontanicznej i 70% dla identyfikacji roślinności kulturowanej. W pracy oceniono zasięg przestrzenny roślinności spontanicznej w skali miasta oraz w obrębie różnych typów zieleni miejskiej. Określono stopień rozwoju roślinności oraz ciągłość procesu naturalnej sukcesji (brak usuwania biomasy). Za spontaniczne uznano obszary, w których przez 3 lata nie nastąpił spadek biomasy, wyrażony wskaźnikiem NDVI. Klasyfikacja roślinności Warszawy wykazała, że 54% zieleni miejskiej jest pielęgnowana, a pozostała część charakteryzuje się różnym poziomem spontaniczności. Tylko w przypadku 34,7% roślinności zaklasyfikowanej jako spontaniczna, nie stwierdzono przerwy w rozwoju spowodowanej zabiegami pielęgnacyjnymi przez co najmniej 3 lata. Roślinność rozwijająca się spontanicznie była powszechna zarówno w parkach miejskich, gdzie stanowiła 46,6% roślinności, ale także w nieużytkach, gdzie zajmowała 55,3% powierzchni. Zaproponowana metodyka detekcji roślinności spontanicznej może być skutecznym narzędziem oceny efektywności restytucji roślinności oraz wspierać ograniczanie lub całkowite zarzucanie pielęgnacji jako NbS – zamierzone działanie promujące dzikość. Uzyskaną mapę spontaniczności wykorzystano w przygotowaniu Warszawskiego Wskaźnika Różnorodności Biologicznej (2022), jako narzędzie do monitorowania zarzucanych powierzchni terenów zieleni w mieście.

W pracy A6 przeanalizowano NbS dotyczący **zwiększania dostępności do zieleni dla mieszkańców miast poprzez włączanie nieużytków** do systemu zieleni. Wraz ze zwiększaniem się populacji miast poszukuje się rozwiązań, które zapewniłyby mieszkańcom metropolii komfortowe warunki do życia. Zyskują na znaczeniu takie koncepcje rozwoju miast, jak miasto 15-minutowe, w którym do każdego istotnego miejsca mieszkańcy są w stanie dotrzeć w ciągu 15 minut. Dotyczy to także dostępu do przyrody i możliwości rekreacji. W tym kontekście za najbardziej istotne dla mieszkańców należy zatem uznać tereny zielone, znajdujące się blisko miejsca zamieszkania. Jednocześnie parki i inne formalnie wyznaczone tereny zieleni są w miastach nierównomiernie rozmieszczone, co czyni je niewystarczającymi dla zapewnienia mieszkańcom możliwości rekreacji i kontaktu z przyrodą. W pracy A6 zbadano potencjał nieformalnych terenów zieleni dla poprawy dostępności zieleni dla mieszkańców miast. Skupiono się tu na grupach społecznych, które są najbardziej wrażliwe na m.in. skutki zanieczyszczeń, tj. dzieciach i seniorach, a dla których właśnie możliwość korzystania z terenów zieleni odgrywa szczególnie istotną rolę. Badanie zostało przeprowadzone w 2 miastach Polski – Warszawie i Łodzi – reprezentujących dwa przykłady miast Europy środkowo-wschodniej o stosunkowo dużym udziale terenów zieleni, ale o ich zróżnicowanym rozmieszczeniu przestrzennym, a także odmiennych warunkach społeczno-gospodarczych. W pracy dokonano klasyfikacji terenów zieleni nieformalnej, rozumianych jako wszystkich obszarów z roślinnością, poza formalnie wyznaczonymi parkami, skwerami, cmentarzami czy lasami miejskimi. Dostępność terenów zieleni łączono z usługami ekosystemowymi, szczególnie rekreacyjnymi, takimi jak możliwość bezpośredniego kontaktu z przyrodą. Na podstawie publicznie dostępnych danych o użytkowaniu terenu oraz wykorzystując zdjęcia satelitarne i wskaźnik NDVI, wyróżniono różne kategorie formalnych

i nieformalnych terenów zieleni, które posłużyły do analizy dostępności w odległości 300 m dla każdego budynku mieszkalnego. Stwierdzono, że tereny zieleni nieformalnej są równie istotne jak zieleń formalna w zapewnianiu mieszkańcom możliwości korzystania z zieleni i mogą przyczynić się do lepszego dostępu do usług ekosystemów miejskich. Oba analizowane miasta charakteryzowały się nierównomiernym rozmieszczeniem zieleni formalnej, w Łodzi to dzieci miały do nich najłabszy dostęp, z kolei w Warszawie najbardziej wykluczoną grupą byli seniorzy. W obu miastach to właśnie tereny zieleni nieformalnej, takie jak te związane z ciągami komunikacyjnymi, zieleń osiedlowa czy uprawy rolne, łąki i pastwiska mają największy potencjał by uzupełniać deficyty zieleni i stać się zasobem uzupełniającym istniejące tereny formalne. Proponuje się zatem pozostawienie różnego rodzaju niezagospodarowanych terenów z roślinnością w miastach, aby pomóc w ograniczeniu dysproporcji w dostępie do zieleni, a także zwiększyć możliwości świadczenia przez nie usług ekosystemowych, w tym wykorzystania rekreacyjnego. Badania przeprowadzone w publikacji A6 były wstępnym etapem prac w ramach 3-letniego projektu dotyczącego adaptacji nieużytków (Zał. 4, poz. III.f.3), a także stały się przyczynkiem do ubiegania się o finansowanie w ramach projektu NCN OPUS, w którym analizowano zagadnienie nierównego dostępu dzieci do zieleni podczas ich drogi do szkoły (Zał. 4, poz. III.b.5).

Skuteczność NbS ściśle zależy od zakresu jego oddziaływania (przyrodniczego, społecznego, ekonomicznego) oraz powierzchni samego wdrożenia. Wytypowane w Warszawie działania NbS w skali ekosystemowej, w tym zielone torowiska, o istotnej z założenia powierzchni, dają możliwości oddziaływania na powierzchni 100 - 6000 ha. NbS wdrażane w skali miasta, takie jak celowe zarzucanie pielęgnacji, mogą zostać potencjalnie zaimplementowane na powierzchni 5000 -12 500 ha, są zatem bardziej pożądane niż te lokalne, ale barierą do ich wprowadzania jest uzyskanie akceptacji społecznej. Znaczący potencjał wdrożenia w dużej skali w Warszawie mają biologiczne metody ochrony upraw, które w Warszawie mogą stanowić nawet 20% powierzchni. Stosowanie biologicznych metod ochrony roślin przed szkodnikami charakteryzuje się również dużą skalowalnością, od upraw w warunkach domowych, poprzez ogródki działkowe czy ogrody społecznościowe, po zieleń przyuliczną czy miejskie tereny zieleni. W przypadku upraw sadowniczych i ogrodniczych, głównym determinantem wdrożenia praktyk ograniczania stosowania insektycydów i innych środków ochrony roślin jest popyt na żywność ekologiczną i upowszechnianie się troski o jakość żywności, przy akceptacji wyższych cen produktów rolnych. W przypadku zieleni miejskiej, ograniczanie stosowania środków ochrony roślin (w tym herbicydów) jest związane z akceptacją bardziej nieuporządkowanej estetyki zieleni i poparciem dla mniejszej pielęgnacji.

Zielone torowiska z kolei zajmują obecnie w Warszawie około 200 ha. Sieć ta jest wciąż rozbudowywana. Stosowana technologia umożliwiająca wprowadzanie roślinności cechuje się dużym wyciszeniem hałasu – nowe torowiska są budowane tylko w takiej technologii, przy czym najczęściej stosowane są maty rozchodnikowymi, choć potencjał roślinności ekstensywnie pielęgnowanej dla uzyskiwania efektów środowiskowych, ekonomicznych i społecznych jest znacznie większy. Z kolei powierzchnia z roślinnością ze znacznym udziałem gatunków inwazyjnych w dolinach rzek w Warszawie, gdzie można byłoby wprowadzać zabiegi wspierające wykorzystanie rekreacyjne, wynosi około 500 ha i jest to wartość nie podlegająca znaczącym zmianom. Największy potencjał do wdrożenia w większej skali ma adaptacja roślinności spontanicznej nieużytków oraz celowe zarzucanie pielęgnacji. Skala miejska reprezentowana przez wskaźnik spontaniczności zmierzający do zaniechania pielęgnacji obejmuje około 5000 ha obszaru Warszawy, a zwiększanie dostępności do zieleni dla mieszkańców miast poprzez włączanie nieużytków obejmuje powierzchnię około 12 500 ha. Skala

miasta daje od razu duże efekty przestrzenne, łatwo zatem zaplanować powiązanie działań z poprawą bioróżnorodności. Na działania zwiększające naturalność i ograniczanie kosztów jest duże przyzwolenie społeczne, ale w kwestii podtrzymywania bioróżnorodności wymagane są działania dostosowawcze i edukacyjne, aby percepcja mieszkańców nie stanowiła czynnika ograniczającego możliwości replikacji rozwiązania.

W Polsce zazwyczaj wprowadzanie NbS nie jest skoordynowane systemowo – działania te są raczej przypadkowe. Większość interwencji, jakie można byłoby skategoryzować jako NbS dotyczy głównie wprowadzania pojedynczych drzew i zakładania zieleni urządzonej, co ma niewielkie znaczenie dla bioróżnorodności. Osobno traktowane są zaś działania typowo ochronne, nakierowane na ochronę różnorodności biologicznej. Koncept NbS ma, wobec tego potencjał uspołnić te dwie kategorie działań, umożliwiając powstanie w miastach bardziej zróżnicowanej przyrody o naturalnych cechach (Cohen-Shacham i in. 2016), ale nakierowanych na korzyści dla ludzi. W NbS traktuje się cele przyrodnicze i społeczne jako nierozdzielnie połączone (Komisja Europejska 2021). Nie są przy tym na ogół wykonywane pogłębione analizy społeczne, a włączanie społeczeństwa ma bardzo ograniczony zakres, w postaci np. jedynie konsultacji społecznych. Rzadko też gromadzi się dane o preferencjach ludzi. Są to okazjnie zlecane badania sondażowe lub dane z czujników natężenia ruchu pieszego/rowerowego umieszczanych na trasach. Upowszechnienie się konceptu NbS ma zatem potencjał wypracowanie mechanizmów, które będą zwiększały udział społeczny w procesie wprowadzania interwencji.

Na podstawie analizowanych przypadków NbS wskazują się na silną interakcję wskaźników społecznych i przyrodniczych. W przypadku zielonych torowisk [A1] 60% respondentów oczekiwało wyrównanych trawników o niskiej różnorodności, podczas gdy wysoka różnorodność jest istotna była jedynie dla 23% respondentów. Nie ulega wątpliwości, że rozwiązania wpisujące się w tradycyjną estetykę, o wysokiej atrakcyjności wizualnej, są mało korzystne dla różnorodności biologicznej. Wdrażanie NbS nakierowanego głównie na wspieranie bioróżnorodności wymaga zmiany postaw społecznych i długotrwałej edukacji w tym zakresie. W przypadku ochrony biologicznej miejskich upraw ogrodniczych przez wprowadzanie marginesów śródpolnych [A2] istniejące sposoby są one korzystne z punktu widzenia bioróżnorodności, opłacalne ekonomicznie i akceptowalne społecznie. Opracowanie mieszanek biocenotycznych i zestawień krzewów w celu wspierania bioróżnorodności, mogłoby przyczynić się do upowszechniania takiego rozwiązania i poprawy jego odbioru wizualnego w monokulturach ogrodniczych. NbS dotyczący adaptowania lasów z inwazyjnymi gatunkami na potrzeby rekreacyjne [A3] godzi potrzeby mieszkańców, nie zmieniając statusu *quo*, ale z punktu widzenia ochrony przyrody i różnorodności biologicznej jest trudny do zaakceptowania, ponieważ de facto utrwała stan obniżania wartości przyrodniczej ekosystemów potencjalnie cennych przyrodniczo, jednocześnie oswajając mieszkańców z ich obecnością. Brak skutecznych metod ograniczania rozprzestrzeniania się inwazyjnych drzew i dane o wzroście bioróżnorodności wraz z wiekiem pozwalają na wdrażanie takich NbS jak adaptacja dla potrzeb rekreacji, ale należy je traktować z rezerwą. NbS związany z adaptacją nieużytków [A4] spełnia potrzeby respondentów, sprzyja usługom ekosystemowym, jest neutralny dla bioróżnorodności, a dla pewnych grup organizmów nawet sprzyjający. Ten NbS ma duży potencjał do wdrożenia w większej skali, co jest w tej chwili realizowane na terenie Warszawy. Doskonałym tego przykładem jest zaadaptowanie nieużytku przy Kopcu Powstania Warszawskiego, gdzie silnie zdegradowane tereny z drzewostanem zdominowanym przez klon jesionolistny zostały udostępnione jako tereny rekreacyjne dla warszawiaków, przy minimalnych nakładach finansowych, obejmujących jedynie wprowadzenie podstawowej infrastruktury technicznej. NbS związany ze

skalą planistyczną, realizowany przez ograniczanie pielęgnacji zieleni [A5] wymaga szerszych badań społecznych nad identyfikacją miejsc celowego zarzucania i ich propagowania. Z kolei NbS związany z adaptowaniem nieużytków [A6] jest akceptowany społecznie i może znacząco poprawić dostęp do terenów wypoczynkowych, ale wymaga z kolei identyfikacji koniecznych mikrointerwencji umożliwiających korzystanie z tych terenów.

4.3.5 Wnioski z pracy

Wyniki badań przedstawione w publikacjach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego pozwoliły na identyfikację czynników efektywności NbS, przetestowanych na wybranych przykładach wprowadzania NbS oraz wykazały powiązania społeczno-ekonomiczno-przyrodnicze w przypadku analizowanych interwencji. Oceniono, że różnorodność biologiczna jest kluczowym elementem oceny efektywności rozwiązań opartych na przyrodzie, silnie związanym z pozostałymi miarami: społecznymi i ekonomicznymi. Wykazane zastosowania praktyczne przedstawionych osiągnięć naukowych wskazują, że tylko podejście interdyscyplinarne pozwala na zwiększenie skuteczności i skali oddziaływania wprowadzanych NbS. Wobec postępującej antropopresji i konieczności przystosowania ekosystemów miejskich do celów związanych z powstrzymaniem spadku bioróżnorodności i zmian globalnych, należy opracowywać działania możliwe do wdrożenia, które mogą zostać upowszechnione i powszechnie dostępne. Przeprowadzona analiza wskazuje na konieczność wdrożenia rozwiązań, których kryteria przyrodnicze poddane rygorystycznej ocenie naukowej uzyskują wyższy niż dotychczas priorytet.

Wdrażanie NbS polegających na wprowadzeniu całkiem nowego typu ekosystemu, jak zielone torowiska [A1] czy marginesy ekologiczne w uprawach ogrodniczych [A2], wiąże się z przywróceniem zieleni w miejsca standardowo jej pozbawione i zdegradowane, a w przypadku odpowiednio dobranego rozwiązania, np. stosując zróżnicowane mieszanki nasion z gatunków rodzimych, wprowadzając NbS na tereny o niskich walorach przyrodniczych, może znacząco poprawić wskaźniki różnorodności biologicznej. Rozwiązania prowadzące do wydłużenia czasu używalności są z kolei ograniczone technologicznie. Największe wyzwanie stanowią jednak oczekiwania społeczne. Brak akceptacji jest bowiem główną barierą w skutecznym wdrażaniu NbS w miastach. Rozpowszechnienie i wdrażanie NbS w większej skali zależy zatem od rozwoju technologii, ale też edukacji przyrodniczej i zmiany postaw społecznych mieszkańców, co będzie generowało większy popyt.

Bardziej wyrównane i pozytywne oceny działań uzyskiwano w NbS związanych z celowym zarzucaniem lub ograniczaniem pielęgnacji. Dotyczyło to przypadku adaptacji zbiorowisk z roślinnością inwazyjną [A3] i nieużytków [A4]. Zysk ekonomiczny związany z ponoszeniem niższych kosztów utrzymania powierzchni nie przekłada się jednoznacznie na poprawę pozostałych wskaźników. W pierwszym przypadku [A3] mieszkańcy otrzymują przeciętnej jakości tereny rekreacyjne (ekosystemy naturalne charakteryzują się znacznie wyższymi walorami), ale o obniżonej bioróżnorodności. Nie opracowano jednak dotąd skutecznych metod odtwarzania ekosystemów silnie zainfekowanych, więc nie istnieje sposób na szybką poprawę bioróżnorodności. Z kolei przypadek adaptacji nieużytków jako terenów rekreacyjnych [A4] dostarcza pełnych danych, że takie działanie nieużytków nie tylko nie przyczynia się do utraty różnorodności biologicznej, może ją wręcz poprawiać, przy jednoczesnym wsparciu społecznym i opłacalności. NbS wdrażane w skali miasta charakteryzują się *a priori* dużą skalą oddziaływania, ale są też związane z wieloma trudnościami dotyczącymi skuteczności działań, np. uzyskaniem społecznej akceptacji. To działania w skali planistycznej wytyczają jednak kierunek działań wdrażanych później w skali lokalnej. Większy nacisk należy jednak położyć na lepsze rozpoznanie lokalizacji

możliwych i potrzebnych działań. Jedną z takich analiz jest wskazanie terenów o niskiej dostępności ludzi do terenów rekreacyjnych. Zaadaptowanie nieużytków pozwala zwiększyć dostępność zieleni nawet 2-krotnie.

Upowszechnienie się NbS w przyszłości zależy głównie od skuteczności działań pilotażowych wprowadzanych obecnie do miast, wspieranych przez promocję i działania edukacyjne. Aby wdrożenie NbS mogło odnieść sukces niezbędne jest stosowanie NbS o największej efektywności. Aspekty przyrodnicze, społeczne i ekonomiczne muszą być jednak traktowane równie priorytetowo dla osiągnięcia zamierzonych efektów. Dla skutecznego wprowadzania NbS konieczne jest zarówno szczegółowe rozpoznanie warunków lokalnych, ale także poszukiwanie mierzalnych wskaźników efektywności, dostosowanych do danej sytuacji. Powszechnie stosowane miary różnorodności biologicznej, jak wykazano na badanych przykładach, mogą stanowić zatem skuteczne narzędzie w ocenie efektów wprowadzenia NbS i zaleca się je jako niezbędny komponent oceny, pozwalający m.in. uniknąć marginalizowania bioróżnorodności na rzecz aspektów technologicznych.

4.3.6 Literatura

- Bai, X. (2018). Advance the ecosystem approach in cities. *Nature*, 559, 1-7.
- Barton, H., Grant, M. (2013). Urban Planning for Healthy. *Cities*, 90, 129-141.
- Chausson, A., Turner, B., Seddon, D., Chabaneix, N., Girardin, C.A., Kapos, V., Key, I., Roe, D., Smith, A., Woroniecki, S., Seddon, N. (2020). Mapping the effectiveness of nature-based solutions for climate change adaptation. *Global Change Biology*, 26(11), 6134-6155.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., Maginnis, S. (2016). Nature-Based Solutions to Address Societal Challenges. International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland.
- Daily, G.C. (2000). Ecology: The value of nature and the nature of value. *Science*, 289, 395-396.
- Ellenberg, H., 1991. Zeigerwerte von pflanzen in Mitteleuropa. *Scr geobot*, 18, pp.1-248.
- Ebi, K.L., Frumkin, H., Hess, J.J. (2017). Protecting and promoting population health in the context of climate and other global environmental changes. *Anthropocene*, 19, 1-12.
- Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R., Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115-133.
- GUS (2021). Ludność. Stan i struktura ludności oraz ruch naturalny w przekroju terytorialnym (stan w dniu 30.06.2021).
- Hobbs, R.J.; Higgs, E.S.; Hall, C.M. (2013). Novel Ecosystems (Intervening in the New Ecological World Order) Towards a Conceptual Framework for Novel Ecosystems 10.1002/9781118354186, 16–28.
- IPBES (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Diaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- IUCN (2020). Global Standard for Nature-Based Solutions. A User-Friendly Framework for the Verification, Design and Scaling up of NbS, 1st ed. IUCN: Gland, Switzerland. Pobrano z: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-020-En.pdf>, dostęp: 5.11.2022.
- Komisja Europejska (2015). Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities. European Commission, Bruksela.
- Komisja Europejska (2021). Directorate-General for Research and Innovation, Evaluating the impact of nature-based solutions: a handbook for practitioners. Publications Office of the European Union. Pobrano z: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/244577>; dostęp 25.11.2022.
- Kowarik, I. (2005). Wild urban woodlands: Towards a conceptual framework. In *Wild urban woodlands* (pp. 1-32). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Magurran A.E. (2013) *Measuring biological diversity*. Wiley, New Jersey.
- Matuszkiewicz W. (2014). *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*, PWN Warszawa, wydanie III.
- Ritchie, H., Roser, M. (2018). Urbanization. Pobrano z: <https://ourworldindata.org/urbanization>, dostęp: 5.12.2022.
- Rodrigues, M., Franco, M. (2022). Bibliometric review about eco-cities and urban sustainable development: trend topics. *Environment, Development and Sustainability*, 24, 1-22.
- Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C.A.J., Smith, A., Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B37520190120*.
- Schaubroeck, T. (2018). Towards a general sustainability assessment of human/industrial and nature-based solutions. *Sustainability Science*, 13(4), 1185-1191.
- Simelton, E., Carew-Reid, J., Coulier, M., Damen, B., Howell, J., Pottinger-Glass, C., Tran, H.V., Van Der Meiren, M. (2021). NBS Framework for agricultural landscapes. *Frontiers in Environmental Science* 9:678367.
- Sowińska-Świerkosz, B., García, J. (2021). A new evaluation framework for nature-based solutions (NBS) projects based on the application of performance questions and indicators approach. *Science of the Total Environment*, 787, 147615.
- World Bank (2021) *Catalogue of Nature-Based Solutions for Urban Resilience*. City Development Strategy. World Bank. <https://doi.org/10.1596/36507>, dostęp: 25.11.2022
- Wójcik-Madej, J., Sowińska-Świerkosz, B. (2022). Wpływ rozwiązań opartych na zasobach przyrody (ROZP) na jakość krajobrazu miejskiego. [w] *Przestrzeń kulturowa i środowisko przyrodnicze na tle zmian klimatu*. II Międzynarodowa Konferencja Naukowa Gospodarowanie Przestrzenią a Zasoby Przyrodnicze. Książka Abstraktów. Kazimierz Dolny 9-10 czerwca.
- Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A.G., de S. Dias, B.F., ... Yach, D. (2015). Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of the Rockefeller Foundation – Lancet Commission on Planetary Health. *The Lancet*, 386, 1973-2028.

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

W swoim dorobku naukowym prowadziłam i prowadzę współpracę naukową z wieloma ośrodkami krajowymi i międzynarodowymi, która zaowocowała pobytami stażowymi, wspólnymi publikacjami oraz projektami naukowymi oraz dydaktycznymi. Poniżej przedstawiam zestawienie mojej działalności wraz z opisem mierzalnych efektów współpracy.

a) Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) Uppsala, Szwecja

Formalną współpracę międzynarodową rozpoczęłam dzięki otrzymaniu dofinansowania na staż naukowy w ramach Własnego Funduszu Stypendialnego SGGW na studiach doktoranckich w **SLU** (Sveriges lantbruksuniversitet) Uppsala w Szwecji w 2012 roku (Zał. 9), gdzie wcześniej byłam studentką w ramach wymiany Erasmus i miałam możliwość zapoznania się z interdyscyplinarną tematyką badawczą prowadzoną przez Centrum Ekologii (Ecologic Centre). W czasie studiów nawiązałam współpracę naukową z tą jednostką, a badania naukowe nad gatunkami starych lasów i wykorzystaniem w ocenie ciągłości siedliska przeprowadzone przeze mnie w Szwecji w ramach projektu naukowego, posłużyły mi jako materiał porównawczy do analogicznych siedlisk w Polsce i zostały wykorzystane w mojej pracy inżynierskiej. Zaproszenie do SLU oraz przyznane stypendium umożliwiło mi pracę w międzynarodowym zespole, zostałam włączona do prac przy prowadzonym przez instytucję projekcie dotyczącym rozprzestrzeniania się gatunków inwazyjnych w dolinach rzek. Doświadczenie to znacząco wzbogaciło moją rozprawę doktorską i było przyczynkiem do nawiązania stałej współpracy z **prof. Richardem Hopkinsem**, której efektem było też opublikowanie współautorskiego artykułu z IF na bazie wyników doktoratu (Zał. 4, poz. 31). Współpracę kontynuowaliśmy prowadząc badania dotyczące wykorzystania marginesów śródpolnych jako rezerwuaru drapieżnych roztoczy i ich potencjału do ograniczania liczebności szkodników upraw ogrodniczych, których efektem była publikacja A2, stanowiąca element przedstawionego osiągnięcia naukowego i która zainspirowała mnie do dalszego poszukiwania powiązań pomiędzy roślinnością, a innymi komponentami środowiska i badań interdyscyplinarnych nad wprowadzaniem rozwiązań opartych na przyrodzie.

b) University of Greenwich, Wielka Brytania (współpraca naukowa i dydaktyczna)

W 2014 roku prof. Hopkins objął stanowisko kierownika grupy badawczej w **Natural Resources Institute, University of Greenwich** w Wielkiej Brytanii, a zaraz potem kierownikiem Katedry Rolnictwa, Zdrowia i Środowiska – interdyscyplinarnego, ponad 50-osobowego zespołu. Po objęciu przez niego nowego stanowiska zostałam zaproszona do kontynuowania naszej współpracy badawczej w nowym ośrodku. Korzystając z Własnego Funduszu Stypendialnego SGGW, już jako doktor nauk rolniczych, w 2015 roku otrzymałam finansowanie i odbyłam 6-tygodniowy staż w Wielkiej Brytanii (*Investigating floristical richness on wetlands as potential habitats for invasive mosquito occurrence*) (Zał. 8). W ramach pobytu zostałam włączona w wprowadzone w NRI badania nad występowaniem i lęgiem komarów na zmeliorowanych mokradłach w Kent, które do swojej rozprawy doktorskiej

prowadził pod kierunkiem prof. Hopkinsa Anthony Abott. W ramach współpracy wspierałam go w badaniach terenowych inwentaryzacji roślinności, która może sprzyjać występowaniu poszczególnych gatunków komarów. Badania zostały włączone do jego rozprawy doktorskiej, dostarczyły mi cennych doświadczeń i poszerzyły mój warsztat badawczy. To doświadczenie, oprócz nabycia nowych umiejętności i rozszerzenia mojego zakresu działalności, zainspirowało mnie do rozpoczęcia badań pilotażowych w Warszawie. Ponieważ tematyka zieleni miejskiej i korzyści jakich dostarcza przewijała się przez mój dorobek naukowy od rozpoczęcia studiów doktoranckich, zauważałam, że temat negatywnych aspektów związanych z przyrodą pozostawał jednak słabo zbadany. Obecność komarów doskonale wpisywała się w tę lukę i to zainspirowało mnie do zaproszenia dr. Abotta do SGGW i włączenia tego komponentu do działalności, jaką prowadziłam w Katedrze Kształtowania Środowiska nad funkcjonowanie naturalnych ekosystemów w mieście. W 2019 roku dr Abott otrzymał finansowanie NAWA na badania komarów w łąkach nadwiślańskich w Warszawie. Wyniki jego inwentaryzacji komarów w powiązaniu z badaniami roślinności oraz percepcji społecznej, jakie przeprowadziłam z zespołem stanowiły nowatorskie ujęcie tematu, który jest w trakcie opracowywania i będzie podstawą wspólnej publikacji dot. tzw. *ecosystem disservices*, czyli negatywnych skutków przyrody w mieście. Moje długoletnia współpraca z NRI i doświadczenie w pracach o zróżnicowanej tematyce zaowocowało również tym, że byłam kilkakrotnie zaproszona do prowadzenia zajęć dydaktycznych z angielskimi studentami jako nauczyciel kontraktowy. Zostałam zatrudniona do przeprowadzenia zajęć w trakcie tygodniowych praktyk terenowych odbywających się w Almerii w Hiszpanii (2017), gdzie prowadziłam zajęcia z teledetekcji i nadzorowałam projekty studentów, później również prowadziłam wykłady na zaproszenie dyrektora Natural Resources Institute prof. Jerremiego Hagara, zajęcia z ekologii roślin (Plant Ecology) i ekologii mokradeł, także w formie kontraktu nauczyciela akademickiego (wykłady i ćwiczenia w 2017 r.) – łącznie 90 godzin dydaktycznych (Zał. 7). Współpraca z NRI trwa do tej pory w formie konsultacji, wizyt studyjnych oraz wspólnych publikacji i w znaczącym stopniu rozszerza moje umiejętności, w tym językowe, oraz zakres możliwości badawczych. W najbliższym czasie, ze względu na doświadczenie NRI w zakresie globalnych problemów, w tym epidemii i zapewnienia żywności krajom trzeciego świata, planuję włączyć te komponenty do wspólnego projektu badawczego i tematyki jaką się zajmuję, tj. w kontekście tworzenia miast odpornych, w tym ich bezpieczeństwa.

c) **Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii PAN, Łódź (3- letni postdoc w projekcie H2020 Biodiversa)**

Jedną z najistotniejszych aktywności naukowych na arenie zarówno krajowej jak i międzynarodowej była współpraca z **Europejskim Regionalnym Centrum Ekohydrologii PAN w Łodzi**, gdzie wygrałam konkurs na stanowisko adiunkta (*postdoc*, 2017-2020) w ramach międzynarodowego projektu finansowanego z H2020 Biodiversa *Enabling Green and Blue Infrastructure Potential in Complex Social-Ecological Regions, ENABLE / Wspieranie zielono-błękitnej infrastruktury w złożonych systemach społeczno-ekologicznych* – opracowanie systemowego podejścia dla rozwiązywania skomplikowanych problemów środowiskowych. W projekt było zaangażowanych 11 wiodących instytucji naukowych z 8 krajów partnerskich. Udział w nim pozwolił mi na pracę w międzynarodowym środowisku ze światowej klasy specjalistami w zakresie analiz układów społeczno-ekologicznych, m.in. z prof. Dagmar Haase z Berlina, prof. Erikiem Anderssonem ze Sztokholmu czy prof. Jakubem

Kronenbergiem z Łodzi, będącymi liderami w skali światowej w zakresie zielonej infrastruktury i badań dotyczących systemów społeczno-ekologicznych w miastach. O prestiżu i skali oddziaływania projektu świadczy to, że w 2021 otrzymał nagrodę „BiodivERsA for Excellence and Impact”, przyznawaną projektom ze spektakularnymi osiągnięciami, które w największym stopniu wpłynęły na politykę i społeczeństwo. Praca ta była dla mnie bogatym doświadczeniem, wymagającym wszechstronnej działalności, zarówno w zakresie planowania działań przewidzianych projekcie, opracowywania nowych metodyk, pracy z różnymi grupami interesariuszy – zarówno różnymi jednostkami administracyjnymi miasta, mieszkańcami, praktykami i naukowcami, a także zastosowania nowoczesnych metod analitycznych (modele przestrzenne, analizy statystyczne, modele wyceny usług ekosystemowych, integracja danych społecznych, przyrodniczych i ekonomicznych). Podczas wielu wizyt studyjnych w miastach partnerskich (Barcelona, Halle, Berlin) miałam możliwość pracować w międzynarodowym środowisku, rozwijając najbardziej aktualną tematykę badawczą, wypracowywać podejścia metodyczne pozwalające na uwspólnianie wyników z różnych przypadków oraz przeprowadzać meta-analizy w dużej skali, co znacząco poszerzyło mój warsztat badawczy, możliwości publikacyjne i aplikacyjne w grantach międzynarodowych. Bezpośrednim rezultatem pracy w projektach są publikacje w wysoko punktowanych czasopismach (Zał. 4, poz. 24, 26, 28).

d) Uniwersytet Łódzki, Zakład Analiz Systemów Ekonomiczno-Społecznych

W ramach współpracy nad projektem ENABLE z Uniwersytetem Łódzkim, będącym partnerem w międzynarodowym konsorcjum, rozpoczęłam również współpracę z dr Edytą Łaszkiewicz z Wydziału Ekonomiczno-Socjologicznego. Praca przy publikacjach w ramach projektu pozwoliła mi na rozszerzenie prowadzonych przeze mnie badań środowiskowych o komponenty społeczno-ekonomiczne i zaowocowała złożeniem wspólnego projektu NCN OPUS „Dostęp dzieci do terenów zieleni w trakcie drogi do szkoły: od operacjonalizacji do aplikacji dynamicznej przestrzennie koncepcji sprawiedliwości środowiskowej” w konsorcjum UŁ–SGGW, którego liderem była dr Łaszkiewicz, natomiast ja byłam liderem na SGGW. Projekt w 2021 roku otrzymał finansowanie. Ze względu na fakt, że projekt początkowo nie otrzymał finansowania, ale został wysoko oceniony przez panel ekspertów, funkcja lidera w SGGW w takim projekcie uprawniała mnie dodatkowo o wystąpienie o finansowanie z tzw. Funduszu Wsparcia SGGW, które uzyskałam w 2021 roku. W ramach przyznanych środków odbyłam 2-miesięczny staż krajowy (Zał. 6) w Zakładzie Analiz Systemów Społeczno-Ekonomicznych Uniwersytetu Łódzkiego, który pozwolił na przeprowadzenie analiz usług ekosystemowych oczyszczania powietrza przez zieleń w Warszawie w kontekście sprawiedliwości społecznej (Zał. 4, poz. 23). Współpraca z UŁ jest kontynuowana w ramach projektu OPUS (2022-2025) w postaci kolejnych publikacji (Zał. 4, poz. 27) (4 wspólne publikacje są obecnie w recenzji).

e) Politechnika Gdańska

W 2022 roku podjęłam również współpracę z **Politechniką Gdańską** w ramach Projektu H2020 NICE „Innowacyjne i nowoczesne rozwiązania zrównoważonego korzystania z wód opadowych w mieście oparte na procesach naturalnych”, gdzie w okresie październik–grudzień 2022 byłam zatrudniona na stanowisku specjalisty technicznego w zakresie inwentaryzacji roślinności i stworzenia wskazań do wykonania ogrodu deszczowego jako przykładu rozwiązania opartego na przyrodzie (Zał. 5), i który stanowił dla mnie cenne doświadczenie z zakresu wprowadzania NbS.

f) Ecosystem Services Partnership

Poza omówionymi powyżej formami współpracy utrzymuję kontakty z zagranicznymi ośrodkami naukowymi, w tym przede wszystkim w ramach działalności towarzystwa *Ecosystem Services Partnership* (ESP), zrzeszającej naukowców z całego świata w obszarze oceny i wyceny usług ekosystemowych. Regularnie uczestniczę w cyklicznych konferencjach ESP od 2015 roku i współpracuję m.in. z prof. Karstenem Grunewaldem z Dresden (Niemcy), przez którego, po wygłoszeniu referatu na konferencji ESP w Lochowie, zostałam zaproszona do bezpłatnego opublikowania badań w czasopiśmie *Sustainability* (Zał. 4 poz. 31) i z którym od tego czasu współpracuję naukowo i dydaktycznie. Byliśmy również współautorami artykułu będącego pokłosiem sesji o usługach ekosystemowych na konferencji ESP w San Sebastian, dotyczącej różnic w adaptacji konceptu usług ekosystemowych do polityki miejskiej (Zał. 4, poz. 26), zbierającym doświadczenia z 7 krajów Europejskich w zakresie implementacji usług ekosystemowych do dokumentów planistycznych. Współprowadziliśmy również sesję na konferencji ESP 2021 w Estonii pt. „Planning nature-based solutions while keeping people’s preferences in mind”. Obecnie współpracujemy w ramach wspomnianego projektu OPUS, w którym jednostka w Dresden jest wskazana jako konsultant przyjętego modelu kwantyfikacji usług i element umiędzynarodowienia wyników projektu (Zał. 4, poz. III.b.5).

g) Inne międzynarodowe doświadczenia w projektach naukowych i naukowo-dydaktycznych

Oprócz stałej współpracy nawiązanej z innymi jednostkami prowadzę szereg aktywności związanej z krajowymi i międzynarodowymi projektami realizowanymi na SGGW, zarówno naukowymi jak i dydaktycznymi, w formie prelekcji czy szkół letnich, w których przedstawiam wyniki moich prac badawczych i aplikacyjnych.

a. Czechy, IEEP, Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku (Institute for Economic and Environmental Policy)

Prowadziłam serię prelekcji podczas szkoły letniej „Ecosystem services summer school – Integrating ecosystem services into urban planning” w Ústí nad Labem w Czechach (2019), dotyczących roli różnorodności biologicznej w świadczeniu usług ekosystemowych, powiązanych z pracami badawczymi prowadzonymi wraz z czeskim zespołem w ramach Ecosystem Services Partnership. Współpraca zaowocowała kilkukrotnymi wspólnymi aplikacjami w ramach finansowania Interreg. Obecnie przygotowujemy jest wspólny wniosek projektowy w ramach Interreg Central Europe.

b. Tajlandia, Birma

Swoje zainteresowania badawcze dotycząc zastosowania technik teledetekcyjnych, szczególnie w obszarach miejskich rozwijałam w ramach projektu NEXUS Erasmus Capacity Building (Azja), w którym prowadziłam branżowe szkolenia w Bangkoku (Tajlandia) dla studentów oraz kadry naukowej w zakresie identyfikacji i oceny usług ekosystemowych zieleni miejskiej z zastosowaniem technik teledetekcyjnych, na dwóch uczelniach rolniczych w Birmie oraz Tajlandii (Bangkok oraz Phuket) (Zał. 4, poz. III.f.4).

c. UNIGreen, uniwersytet Europejski

Od 2023 SGGW przystąpiło do sojuszu „Uniwersytety Europejskie” UNIGreen, projektu mającego na celu zrzeszyć uczelnie rolnicze z całej Europy. W ramach tej sieci realizowane są zadania scalające 8 uczelni

partnerskich z całej Europy pod względem dydaktyki, nauki oraz mobilności naukowców. Od stycznia 2023 jestem koordynatorem zadania na SGGW, dotyczącego tworzenia wspólnych kierunków studiów, utworzenia szkoły doktorskiej i programów szkoleniowych dla kadry dydaktycznej i administracyjnej, ale także włączania nauki do tych działań. W ramach realizacji zadania przez kolejne 4 lata wraz z uczelniami partnerskimi wypracowuję strategie, programy oraz ścieżki uwspólniające politykę uczelni partnerskich i ich zasoby dla stworzenia jednego „Uniwersytetu Europejskiego” (Zał. 4, poz. III.f.1).

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

Za ważny aspekt aktywności naukowej (zarówno w Polsce, jak i za granicą) uważam prezentowanie i dyskusowanie wyników swoich badań na konferencjach. W latach 2010-2023 prezentowałam wyniki badań w formie prezentacji lub posterów ponad 50 razy, w tym w zdecydowanej większości były to prelekcje języku angielskim na konferencjach zagranicznych i miały one miejsce już po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. Pełen zestaw wszystkich moich wystąpień znajduje się w Załączniku nr 4, w tabeli 1.

6.1 Osiągnięcia dydaktyczne

- W ramach pracy dydaktycznej na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW w Warszawie, prowadziłam dotychczas zajęcia z 17 przedmiotów na 5 kierunkach studiów, zarówno w języku polskim, jak i angielskim (Tab. 3). W większości były to zajęcia dydaktyczne, do których opracowałam programy autorskie, gdzie w przedmiotach takich jak Ekologia krajobrazu, River ecological surveys, Case Study of Environment Protection, Spatial Planning, Environmental Impact Assessment, Green Infrastructure in Climate Change adaptation, Rola zielonej infrastruktury w adaptacji do zmian klimatu, wdrażałam zagadnienia związane z NbSami, adaptacją do zmian klimatu, usługami ekosystemowymi etc.
- W ramach utrzymywanej przeze mnie współpracy naukowej z University of Greenwich w Wielkiej Brytanii prowadziłam zajęcia dydaktyczne z zakresu ekologii i ekologii mokradel a także teledetekcji w ramach kontraktu nauczycielskiego z uniwersytetem (łącznie 90 h dydaktycznych w 2017 roku), które skutkowały dalszą wymianą pracowników obu instytucji i wspólnymi publikacjami.
- Prowadziłam szkolenia branżowe w ramach projektu Erasmus+ Capacity Building (Zał. 4, poz. III.f.4) dla kadry akademickiej z zakresu wykorzystania teledetekcji do analiz roślinności.
- Byłam wykładowcą podczas 3 szkół letnich – *Ecosystem services summer school - Integrating ecosystem services into urban planning* w Czechach, gdzie prowadziłam zajęcia z zakresu identyfikacji usług ekosystemowych (2019, 10 h dydaktyczny), szkoły letniej „*Animal Conservation – from Field to Lab*”, prowadzonej przez Wydziału Nauk o Zwierzętach SGGW, gdzie uczyłam wykorzystania narzędzi GIS do oceny siedlisk zwierząt (2022, 8 h dydaktycznych), oraz w ramach *Case Study Competition in Bioeconomy*, organizowanej przez Wydział Ekonomii SGGW w ramach ELLS, gdzie prowadziłam wykłady w zakresie rozwoju przyrodniczego obszarów wiejskich (2022, 10 h dydaktycznych i konsultacji projektów).

- Byłam promotorem 10 obronionych prac dyplomowych, w tym 8 magisterskich oraz 2 licencjackich, prowadzonych na kierunkach inżynieria środowiska oraz ochrona środowiska SGGW, w tym na specjalizacji anglojęzycznej – 3 prace magisterskie w jęz. angielskim.
- Jestem promotorem pomocniczym 4 prac doktorskich, w tym 3 prac prowadzonych w Szkole Doktorskiej SGGW oraz 1 przewodzie doktorskim w ramach Studiów Doktoranckich na SGGW :
 - 1) mgr. inż. Karolina Strzęciwiłk „Analiza świadczeń ekosystemów mokradłowych w kontekście zmian klimatu i antropopresji”
 - 2) mgr inż. Adrian Hoppa „Usługi ekosystemowe zieleni miejskiej w ujęciu dynamicznym”
 - 3) mgr inż. Marta Melon „Mapowanie regulacyjnych i kulturowych usług ekosystemowych jako narzędzie planistyczne dla obszarów zurbanizowanych”
 - 4) mgr inż. Piotr Archiciński „Wpływ roślinności spontanicznej i jej przestrzennej struktury na usługi ekosystemowe nieużytków miejskich”.

Tabela 3. Zestawienie przedmiotów dydaktycznych, prowadzonych w formie wykładów, laboratoriów lub ćwiczeń terenowych

Lp.	Przedmiot	Kierunek	Język wykładowy
1.	Ekologia (wykład i ćwiczenia) (opracowano autorski program i sylabus przedmiotu)	inżynieria środowiska	polski
2.	Zarządzanie środowiskiem (ćwiczenia) (opracowano autorski program i sylabus przedmiotu)	inżynieria i gospodarka wodna	polski
3.	Ekologia krajobrazu (wykład i ćwiczenia) (opracowano autorski program i sylabus przedmiotu)	inżynieria ekologiczna	polski
4.	River ecological surveys (wykład i ćwiczenia) (opracowano autorski program i sylabus przedmiotu)	ochrona środowiska, specjalizacja anglojęzyczna Restoration and Management of Environment	angielski
5.	Case Study of Environment Protection (opracowano autorski program i sylabus przedmiotu)	ochrona środowiska, specjalizacja anglojęzyczna Restoration and Management of Environment	angielski
6.	Ochrona środowiska (ćwiczenia) (opracowano z zespołem autorski program i sylabus przedmiotu)	architektura krajobrazu	polski
7.	Systemy informacji przestrzennej (ćwiczenia)	inżynieria środowiska ochrona Środowiska	polski
8.	Ecological methods (opracowano autorski program i sylabus przedmiotu)	ERASMUS	angielski
9.	Geoinformacja w ochronie środowiska (ćwiczenia)	ochrona środowiska	polski
10.	Spatial Planning (wykłady i ćwiczenia) (opracowano autorski program i sylabus przedmiotu)	inżynieria środowiska, studia anglojęzyczne	polski
11.	GIS in Spatial Planning (opracowano autorski program i sylabus przedmiotu)	ERASMUS	angielski
13.	Environmental Impact Assessment (opracowano autorski program i sylabus przedmiotu)	ERASMUS	angielski
14.	Environmental and manmade hazards	budownictwo, studia anglojęzyczne	angielski

15.	Ekosystemy dolin rzecznych (wykłady i ćwiczenia) (opracowano autorski program i sylabus przedmiotu)	ochrona środowiska	polski
16.	Green Infrastructure in Climate Change adaptation (opracowano z zespołem autorski program i sylabus przedmiotu)	ERASMUS	angielski
17.	Rola zielonej infrastruktury w adaptacji do zmian klimatu (wykłady) (opracowano autorski program i sylabus przedmiotu)	ochrona środowiska	polski

6.2 Działalność organizacyjna na rzecz jakości kształcenia

Od początku pracy na SGGW jestem związana z kierunkiem Ochrona Środowiska, wcześniej Międzywydziałowe Studium Ochrony Środowiska, który wspieram logistycznie, będąc regularnie opiekunem studentów kierunku. W roku 2021 zostałam powołana jako członek Zespołu ds. kierunku ochrona środowiska oraz Zespołu ds. studiów anglojęzycznych, działających przy Radzie Programowej dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka i aktywnie uczestniczę w adaptacji programów studiów prowadzonych na SGGW. Obecnie w największym stopniu realizuję działania związane z jakością kształcenia i rozwoju dydaktycznym całej uczelni w ramach koordynowania zadania w projekcie UNIGreen – uniwersytet europejski, w którym aktywizuję pracowników naukowych i jednostki administracyjne do zwiększania potencjału uczelni w ramach współpracy bilateralnej i wielostronnej z partnerami na różnych stopniach kształcenia (głównie studia magisterskie i szkoła doktorska) (Zał. 4, poz. III.b.1).

6.3 Działania popularyzujące naukę

6.3.1 Promocja SGGW

W trakcie studiów doktoranckich oraz pracy na SGGW aktywnie prowadziłam też działania promocyjne i upowszechniające naukę. Od roku 2015 do 2019 byłam zaangażowana w działania Zespołu do Spraw Promocji Wydziału Inżynierii Środowiska SGGW, a w latach 2016-2017 piastowałam funkcję przewodniczącego tego zespołu. W ramach jego działalności prowadziłam akcje promujące wydział oraz upowszechniające naukę w postaci organizacji stoiska na Pikniku Naukowym oraz w trakcie Dni SGGW oraz koordynacji akcji promocyjnych jak „Dziewczyny do ścisłych”. W ramach działań popularyzujących naukę podjęłam też współpracę z fundacją „Uniwersytet Dzieci”, prowadząc wykłady dla dzieci w wieku szkolnym dotyczące wykorzystania bioindykatorów do oceny stanu środowiska, zajęcia były prowadzone w latach 2016 i 2017 (Zał. 4, poz. IV.3).

6.3.2 Projekty popularyzujące naukę

6.3.2.1 Uniwersytet Młodego Odkrywcy

Moim znaczącym osiągnięciem popularyzującym naukę było otrzymanie finansowania z MNiSW w ramach projektu „Uniwersytet Młodego Odkrywcy” w roku 2018. Mój projekt „Ekoinżynier” jako jedyny z województwa mazowieckiego otrzymał finansowanie. W ramach otrzymanych środków zaplanowałam cykl zajęć przyrodniczych i technicznych dla młodzieży gimnazjalnej (z zakresu wykorzystania dronów, mikrobiologii czy

ochrony wód), które były prowadzone w formie warsztatów, obrazujących umiejętności przyszłych absolwentów kierunków oferowanych przez Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, łączących wykształcenie techniczne z wiedzą przyrodniczą. Zajęcia miały charakter bardzo interdyscyplinarny i były prowadzone przez wiodące zespoły na Wydziale, co pozwoliło wypracować nowe standardy dla zajęć studenckich (Zał. 4, poz. III.f.5).

6.3.2.2 Projekt zieleni oczyszczającej pyły dla szkoły podstawowej

Swoje badania nad wdrażaniem NbS w miastach oraz otrzymany grant NCN dot. zielonej drogi do szkoły dla dzieci i zapewnienia równego dostępu do przyrody najmłodszym przekładam także na działania praktyczne. W ramach wspierania lokalnej społeczności i promocji rozwiązań opartych na przyrodzie w 2022 napisałam wniosek dla Szkoły Podstawowej 364 w Warszawie o dofinansowanie dla ekoinicjatywy, który otrzymał dofinansowanie od m.st. Warszawy. W ramach projektu w 2023 będzie realizowany projekt nasadzeń drzew i krzewów, które charakteryzują się dużą skutecznością wylapywania pyłu zawieszonoego. Projekt został zaprojektowany pod kątem zwiększania partycypacji społecznej i udziału w tworzeniu zieleni różnych grup interesariuszy (dzieci, rodzice, nauczyciele, lokalna społeczności) ale także przedstawicieli środowiska naukowego SGGW i aplikacji badań prowadzonych w ramach projektów na SGGW (Zał. 4, poz. IV.1). Implementacja tego NbS posłuży jako projekt pilotażowy do upowszechniania takiego rozwiązania w większej skali i nawiązania współpracy z biznesem.

6.3.3 Aktywność w mediach

W działalności popularyzacyjnej skupiam się przede wszystkim na przyrodniczych podstawach inżynierii środowiska i zastosowaniu rozwiązań opartych na przyrodzie, zwłaszcza celowym zarzucaniu pielęgnacji, prezentując mierzalne wyniki, na podstawie artykułów, których jestem współautorem. Ścisłe współpracuję z Biurem Promocji SGGW, redagując treści naukowe umieszczane w mediach społecznościowych Uczelni, a także zajmuję się komunikacją wyników projektów naukowych, m.in. H2020 (Zał. 4, poz. III.b.2). Post z dnia 10.08.2021, będący graficzną syntezą prac z publikacji A4, który umieszczono na profilu Facebook SGGW, dotarł do 146 tysięcy osób, co przeliczając na tzw. ekwiwalent reklamowy (kwota jaką należałoby zapłacić za promocję, aby informacja pojawiła się w mediach z taką intensywnością) wygenerowało ponad 124 tysiące złotych zysku (na podstawie informacji Biura Prasowego SGGW).

Udzieliłam wielu zamawianych wywiadów radiowych i telewizyjne dla Radia 357 (Radio 357, 17.08, i 18.08.2021), Programu 3 Polskiego Radia (21.06.2021) oraz telewizji Polsat, (emitowanego w głównych Wiadomościach 21.06.2021). Regularnie udzielam też wywiadów do gazet, na podstawie których ukazało się 10 artykułów na łamach takich czasopism jak Gazeta Wyborcza, Gazeta Wyborcza Stołeczna, Dziennik Łódzki, Expres Ilustrowany, Magazynu Ciepła Systemowego, a także w serwisach internetowych: zawod-architekt.pl, dzienniklodzki.pl, tech.wp.pl. Działalność popularyzującą naukę prowadzę również współpracując ze środowiskiem branżowym, czego efektem są wykłady zapraszane podczas wydarzeń związanych z zielenią miejską, jak festiwal Gardenia czy Konferencja „Zielona Retencja”, przedstawione szczegółowo w Załączniku 4, tab. 1.

Duże zainteresowanie tematyką włączania badań naukowych w dyskusję o zieleni ekstensywnej w miastach przyszłości, zainspirowało mnie do podjęcia działań popularyzujących głównie to zagadnienie.

W 2022 zainicjowałam i współprowadzę profil „Fitosocjologia stosowana” na Facebooku, gdzie w przystępny sposób przedstawiane są wyniki prac badawczych zespołu oraz promuje się rozwiązania oparte na przyrodzie. Jest to dla naszego podzespołu badawczego ciekawy poligon do promocji swoich badań naukowych, ale też podejmowania polemik i wyjaśniania złożoności tych zagadnień. Naszymi obserwatorami są projektanci zieleni, działacze lokalni, edukatorzy ekologiczni, z którymi polemiki bywają konstruktywne i czasem zaskakujące. Profil stanowi platformę do budowania zaufania do wyników badań naukowych i wskazywania co jest faktem, a co interpretacją.

7. Inne ważne informacje dotyczące kariery zawodowej

7.1 Pozostała część dorobku naukowego

Moje dotychczasowe doświadczenia badawcze na wielu polach i interdyscyplinarne zainteresowania doprowadziły mnie w rezultacie do skupienia się w swojej działalności naukowej na tematyce uwarunkowań przyrodniczo-ekonomiczno-społecznych rozwiązań opartych na przyrodzie, które przedłożyłam w niniejszym opracowaniu jako „główne osiągnięcie”. W swoim dorobku posiadam szereg aktywności dotyczących pokrewnych dziedzin, które stale rozwijam w oparciu o nowe technologie oraz sukcesywnie nawiązywaną współpracę z innymi jednostkami krajowymi i międzynarodowymi. Działania, które podejmowałam i które kontynuuję w swojej pracy badawczej obejmują m.in. różnorodność florystyczną mokradeł, pozostałości naturalnych ekosystemów miejskich (ang. *remnant vegetation*), retencję wody, absorpcję pyłów zawieszonych, rekreację czy zastosowanie teledetekcji do inwentaryzacji i oceny stanu roślinności. Zbudowałam stałą współpracę z zespołami badawczymi m.in z Uniwersytetu Łódzkiego, Instytutem Nauk Ogrodniczych SGGW w Warszawie, Uniwersytetem w Greenwich, Europejskim Regionalnym Centrum Ekohydrologii PAN czy Uniwersytetem Warmińsko-Mazurskim, która dostarcza nowych wyzwań oraz możliwości zastosowania nowych technologii. Głównym obiektem moich zainteresowań pozostaje roślinność i jej powiązania z innymi elementami środowiska oraz działalnością człowieka. Moje zainteresowania i nawiązana współpraca znajdują odzwierciedlenie w zróżnicowanych publikacjach w prestiżowych czasopiśmie krajowych i międzynarodowych czy wystąpieniach konferencyjnych, w których aplikuję nowe technologie, łączę dziedziny i metody pomiarowe oraz skale przestrzenne. Poniżej przedstawiam główne kierunki badawcze i efekty przeprowadzonych badań.

7.1.1 Różnorodność florystyczna ekosystemów leśnych i mokradłowych

Problematykę różnorodności florystycznej lasów i mokradeł podejmowałam w ramach pracy magisterskiej oraz doktoratu nad wpływem presji antropogenicznej na ekosystemy wodne. Badania fitoindykacyjne bazujące na danych fitosocjologicznych posłużyły mi do oceny stopnia degradacji roślinności torfowisk niskich Biebrzy, starorzeczy Wisły czy reliktyw naturalnych ekosystemów (Zał. 4, poz. 38, 39, 41, 42). Ważnym dla mnie aspektem upowszechniania badań florystycznych była też współpraca przy tworzeniu klucza do oznaczania turzyc, będących jedną z najbardziej trudnych do identyfikacji grup roślin. Przewodnik został opublikowany z sukcesem w wydawnictwie MULTICO

(Załącznik 4, poz. 8) i stanowił ważny wkład do upowszechniania zastosowań specjalistycznej wiedzy botanicznej na innych polach.

7.1.2 Zastosowanie badań fitosocjologicznych w ekosystemach miejskich

W swoich badaniach podejmuję także tematykę roli reliktyw naturalnych ekosystemów w miastach i ich roli dla podtrzymania różnorodności biologicznej (Załącznik 4, poz. 34, 36). Zbliżonym kierunkiem były też badania nad wpływem zmiany poziomu wód gruntowych na degradację siedliska i kompozycję gatunków roślin w miejskich ekosystemach hydrogenicznych (Załącznik 4, poz. 37, 38, 39, 40) oraz analiza wpływu presji rekreacyjnej na bogactwo gatunkowe (Załącznik 4, poz. 34, 35).

7.1.3 Problematyka hydrofobowości roślinności i intercepcji

Badania nad hydrofobowością roślin mokradłowych i ich roli w procesie intercepcji wykonywałam z zespołem SGGW nad Biebrzą. Ich celem było określenie związku cech roślin (tzw. *plant traits*) i ich strategii adaptacyjnych, a retencjonowaniem wody na powierzchni liści. Efektem prac był określenie czy poszczególne gatunki przejawiają strategię odpychania wody od swojej powierzchni czy zatrzymywania jej oraz jakie są implikacje tego procesu w przypadku degradacji siedliska i zmiany składu gatunkowego zbiorowisk roślinnych (Załącznik 4, poz. 32). Ideę tą rozwijałam przy okazji prac w projekcie ENABLE, w której rozwijaliśmy ramy teoretyczne dla wykorzystania zróżnicowanych wskaźników (w tym *plant traits*) w szeroko pojętych analizach systemów społeczno-ekologicznych (Załącznik 4, poz. 24).

7.1.4 Badania usług ekosystemowych

Po doktoracie, podjęłam się badań w ramach grantu dotyczącego adaptacji nieużytków do celów rekreacyjnych (Załącznik 4, poz. III.f.2), którego motywem przewodnim były badania usług ekosystemowych. Koncepcja ta pozwala w sposób mierzalny określić korzyści jakie naturalne ekosystemy dostarczają ludziom, w tym także wskaźników do pomiaru efektywności NbS-ów, pozwalając tym samym weryfikować przyjęte działania. Wraz z współpracującymi zespołami badawczymi socjologicznymi i fizjologii roślin opracowaliśmy nowe metodyki badań, aby uzyskać wysokorozdzielcze dane zasilające koncepcję usług ekosystemowych (Załącznik 4, poz. 7, 9, 22).

W tym nurcie rozwijam aktualnie badania w ramach grantu NCN (Załącznik 4, poz. III.b.6), w którym podejmujemy z zespołem także wątek dostępności terenów zieleni w miastach w nurcie koncepcji tzw. sprawiedliwości środowiskowej, wedle której mieszkańcy miast powinni móc w równym stopniu czerpać z zasobów przyrody. Interesują mnie także nowe technologie w zakresie rozwiązań opartych na przyrodzie, zwłaszcza konieczność interdyscyplinarnego podejścia, wspierającego ich wprowadzanie na większą skalę, który rozwijam w ramach obecnie prowadzonych prac badawczych w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego.

7.1.5 Badania teledetekcyjne ekosystemów

Rozpoczynając zatrudnienie w nowotworzonej Katedrze Teledetekcji i Badań Środowiska zaczęłam wykorzystywać potencjał technik teledetekcyjnych, w tym kamer wielospektralnych, hiperspektralnych czy czujników termalnych, a także dronów (UAV) do oceny roślinności. W ramach grantów NCN (Zał. 4, poz. III.b.5 i 8) prowadziłam analizy wysokorozdzielczych danych o roślinności uzyskując obiecujące wyniki w identyfikacji roślinności starorzeczy oraz na łachach rzecznych (Zał. 4, poz. 22) należących do cennych siedlisk przyrodniczych, charakteryzujących się jednak dużą dynamiką zmian. Możliwość ich rejestracji za pomocą opracowanych przez zespół algorytmów pozwoli na szczegółowy monitoring tych wrażliwych ekosystemów. Zastosowanie teledetekcji w badaniach roślinności oraz interpretacja danych w kontekście oceny usług ekosystemowych i efektywności NbS będzie z pewnością tematyką, którą z zespołem badawczym będę rozwijać w przyszłości.

8. Nagrody i wyróżnienia uzyskane za działalność naukową

- 2022 Stypendium w ramach Systemu Motywacyjnego Systemu Wynagradzania Pracowników SGGW dla pracowników, których osiągnięcia znacząco wpływają na rozwój uczelni
- 2022 Nagroda zespołowa III stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia naukowe
- 2021 Nagroda zespołowa III stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia naukowe