

**AUTOREFERAT PRZEDSTAWIAJĄCY CYKL PUBLIKACJI
POWIĄZANYCH TEMATYCZNIE ORAZ POZOSTAŁE OSIĄGNIĘCIA
NAUKOWE, ORGANIZACYJNE I DYDAKTYCZNE**

Dr inż. Artur Serafin

Katedra Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji

Wydział Inżynierii Produkcji

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Lublin, 2019

Spis treści

1. Imię i nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	3
2.1. Inne formy kształcenia	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych i dydaktycznych	4
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tj. Dz. U. 2017 poz. 1789)	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	4
4.2. Wykaz prac składających się na jedno tematyczny cykl publikacji	4
4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	6
4.3.1. Cel badań	11
4.3.2. Hipotezy badawcze	12
4.3.3. Omówienie wyników badań	13
4.3.4. Wskazanie najważniejszych osiągnięć cyklu publikacji oraz możliwości i perspektywy ich wykorzystania	26
4.4. Piśmiennictwo	28
5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze	31
6. Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego	35

1. Imię i nazwisko

Artur Krzysztof Serafin

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- Dyplom magistra inżyniera ochrony środowiska z dnia 13.09.1995r., Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie), Wydział Zootechniczny (obecnie Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki) – indywidualny tok studiów. Dyplom za wybitne osiągnięcia w nauce. Tytuł pracy: *Wpływ czynników gospodarczych na zmiany ekosystemów wodnych wybranych obszarów Polesia Zachodniego*. Promotor: Prof. dr hab. Iwo Wojciechowski;
- Stopień doktora nauk rolniczych w zakresie ogrodnictwa, w specjalności ekologia stosowana z dnia: 09.07.2004r., Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie) Wydział Ogrodniczy. Tytuł rozprawy doktorskiej: *Wpływ wieloletnich zmian środowiska przyrodniczego zlewni na status limnologiczny jeziora Piaseczno*. Promotor: Prof. dr hab. Iwo Wojciechowski, recenzenci: Prof. dr hab. Andrzej Górniak, Prof. dr hab. Andrzej Prejs.

2.1. Inne formy kształcenia

- Ukończenie studiów podyplomowych: *Zarządzanie projektami badawczymi i pracami rozwojowymi*, świadectwo z dnia: 03.07.2009 r., Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, OIC Poland, Lublin;
- Ukończenie szkolenia dla kandydatów na egzaminatorów okręgowych komisji egzaminacyjnych do prowadzenia egzaminu maturalnego z biologii z ochroną środowiska, zaświadczenie z dnia: 27.12.2001 r.;
- Uzyskanie stopnia nauczyciela mianowanego z biologii i ochrony środowiska. Społeczne Liceum Ogólnokształcące im. P.J. Frassatiego w Niedrzwicy Kościelnej. Akt nadania z dnia: 12.04.2000 r.;
- Ukończenie szkolenia pedagogicznego dla nauczycieli akademickich. Międzywydziałowe Studium Pedagogiczne. Akademia Rolnicza w Lublinie. Zaświadczenie z dnia: 27.06.1996 r.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych i dydaktycznych

- **Asystent** – Katedra Ekologii Ogólnej Akademii Rolniczej w Lublinie: 16.10.1995r. – 30.09.2004r.;
- **Adiunkt** – Katedra Ekologii Ogólnej Akademii Rolniczej w Lublinie (od 01.11.2009r. przemianowana na Zakład Ekologii Ogólnej): 01.10.2004r. – 31.07.2017r.;
- **Adiunkt** – Katedra Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Zakład Inżynierii Ekologicznej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie: od 01.08.2017r.;
- **Nauczyciel przedmiotu:** biologia z ochroną środowiska SLO w Niedrzwicy Kościelnej (praca dydaktyczna): 01.09.1996r. – 01.07.2003r.

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tj. Dz. U. 2017 poz. 1789)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie będące podstawą do złożenia wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego wskazuję jedno tematyczny cykl publikacji zatytułowany:

**Wpływ jakości płytkich wód gruntowych na występowanie
wybranych gatunków roślin torfowisk Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego**

4.2. Wykaz prac składających się na monotematyczny cykl publikacji

Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego udokumentowane jest cyklem **6** monotematycznych publikacji naukowych o łącznej sumie punktów MNiSW – **115 pkt. (wkład własny 80% – 92 pkt.)** oraz z sumarycznym **impact factor (IF)** wg bazy Journal Citation Reports (JCR) – **5,518 (IF_{5-letni} = 5,887)**. Na osiągnięcie naukowe składają się następujące prace:

[A1] **Serafin A.**, Pogorzelec M., Bronowicka-Mielniczuk U.* **2019**. *Hierarchisation of abiotic environmental properties – methodical study for research on the ecology of plants*

conducted in peat bog habitats. Applied Ecology and Environmental Research. 17(2): 4081-4096. DOI:10.15666/aeer/1702_40814096.

MNiSW - 15 pkt., IF = 0,721, IF_{5-letni} = 0,583

[A2] **Serafin, A.**, Urban, D., Bronowicka-Mielniczuk, U.* , Szczurowska, A. **2018**. *To what degree can the specifics of occurrence of glacial relict *Betula humilis* Schrank be an indicator of habitat conditions of moderate climate peatlands?*. Water, 10, 1062: 1-19. DOI:10.3390/w10081062

MNiSW - 30 pkt., IF = 2,069, IF_{5-letni} = 2,25

[A3] **Serafin A.**, Pogorzelec M., Bronowicka-Mielniczuk U.* **2018**. *Habitat preferences of *Oxycoccus palustris* Pers. on peatlands in East Poland in the perspective of shaping the conditions of ecological cultivation of the species*. Applied Ecology and Environmental Research. 16(4): 4015-4028. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1604_40154028

MNiSW - 15 pkt., IF = 0,721, IF_{5-letni} = 0,583

[A4] **Serafin A.**, Pogorzelec M.*, Bronowicka-Mielniczuk U. **2017**. *The specificity of natural habitats of *Menyanthes trifoliata* L. in peat bogs of the central part of Eastern Poland*. Applied Ecology and Environmental Research 15(3): 849-859. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1503_849859

MNiSW - 15 pkt., IF = 0,721, IF_{5-letni} = 0,583

[A5] **Serafin A.***, Pogorzelec M., Banach B., Mielniczuk J. **2015**. *Habitat conditions of the endangered species *Salix myrtilloides* in Eastern Poland*. Dendrobiology, 73: 55–64 <http://dx.doi.org/10.12657/denbio.073.006>

MNiSW - 20 pkt., IF = 0,643, IF_{5-letni} = 0,944

[A6] **Serafin A.***, Pogorzelec M., Banach B., Szczurowska A., Mielniczuk J. **2015**. *Physico-chemical groundwater conditions at *Salix lapponum* stands in Eastern Poland*. Dendrobiology, 73: 65–74. <http://dx.doi.org/10.12657/denbio.073.007>

MNiSW - 20 pkt., IF = 0,643, IF_{5-letni} = 0,944

* autor korespondencyjny

Punkty MNiSW wg załączników do komunikatu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego za odpowiedni rok (wg roku opublikowania).

Przy publikacjach z lat 2018 i 2019 podano liczbę punktów zgodną z komunikatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 25 stycznia 2017 r. jako wykaz czasopism naukowych obowiązujący podczas ewaluacji za lata 2017-2018.

Impact Factor (IF) - zgodnie z rokiem opublikowania (przy publikacjach z lat 2018-2019 uwzględniono ostatni dostępny IF).

Indywidualny wkład habilitanta w powstanie przedstawionych powyżej prac naukowych jest wiodący, co wykazano w załączniku nr 3. Oświadczenia współautorów prac wraz z określeniem indywidualnego wkładu w ich powstanie stanowią załącznik nr 4. Kopie prac zostały zebrane w załączniku nr 5. Ponadto żadna z wyżej wymienionych prac nie była częścią monotematycznego cyklu prac w innym postępowaniu habilitacyjnym. Wymienione powyżej prace (cykl 6 publikacji naukowych) wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, cytowane są poniżej zgodnie z nadaną im numeracją [A1] – [A6].

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

W latach 2010-2014 (wraz z poprzedzającymi terenowymi badaniami rekonesansowymi) prowadziłem prace badawcze, dotyczące wybranych parametrów jakościowych płytkich wód gruntowych w aspekcie występowania rzadkich i chronionych roślinnych reliktyw borealnych: brzoza niska (*Betula humilis*), wierzba borówkolistna (*Salix myrtilloides*) i wierzba lapońska (*Salix lapponum*) zagrożonych ekstynkcją na terenie Polski. W toku prowadzonych badań w tym samym aspekcie zainteresowałem się również leczniczymi gatunkami roślin torfowiskowych o wysokim potencjale użytkowym: bobrek trójlistkowy (*Menyanthes trifoliata*), żurawina błotna (*Oxycoccus palustris*) i siedmiopalecznik błotny (*Comarum palustre*). Większość z tych badań jako badania główne i uzupełniające została zrealizowana w ramach projektu badawczego pt. *Ekologia populacji i czynna ochrona reliktyw borealnych z rodziny Salicaceae (Salix lapponum i Salix myrtilloides) na Polesiu Lubelskim* (N N304 385239) pod kierownictwem dr inż. Magdaleny Pogorzelec, realizowanym w latach 2010-2014 (zał. 3), gdzie **byłem głównym pomysłodawcą, wykonawcą badań terenowych i koordynatorem chemicznych badań laboratoryjnych w tej części projektu, oraz autorem tekstów wszystkich publikacji poświęconych niniejszej tematyce.**

Tożsame badania kontynuuję również obecnie w ramach programu unijnego (POIS.02.04.00-00-0008/17) – zał. 3.

Zawartość składników materii w wodach powierzchniowych i gruntowych kształtowana jest przez czynniki fizyczno-geograficzne i klimatyczne oraz uwarunkowania antropogeniczne związane ze sposobem zagospodarowania terenu (BAJKIEWICZ-GRABOWSKA 2002; GRZYWNA 2014; KOWALIK ET AL. 2014).

Skład chemiczny wód jest zatem wypadkową geochemii krajobrazu uzależnionej od jego cech geologicznych i topograficznych - spływ powierzchniowy i retencja krajobrazowa (SZAFRAŃSKI ET AL. 1998); specyfikacji klimatycznej - temperatura, wilgotność, ciśnienie atmosferyczne; składu chemicznego oraz rozkładu opadów atmosferycznych; regionalnej i lokalnej gospodarki wodnej; sposobu zagospodarowania i intensywności użytkowania danego obszaru; a także typu roślinności (RYSZKOWSKI 1992, MARCINEK ET AL. 1994, GRZYWNA 2014). Skład gatunkowy i formy życiowe flory oraz mozaikowatość fitocenozy decydują o potencjale bariery biogeochemicznej zbiorowisk roślinnych - retencja substancji biogennych i innych zanieczyszczeń (SERAFIN ET AL. 2019).

Wśród oddziaływań antropogenicznych największą rolę w zanieczyszczeniu wód odgrywają przemysł, rolnictwo, gospodarka komunalna, komunikacja oraz turystyka i rekreacja (GEERTSEMA ET AL. 2002; SOOMERS ET AL. 2013; [A2]). W przypadku ekosystemów seminaturalnych i naturalnych, jakimi są torfowiska to właśnie sąsiedztwo terenów rolniczych stanowi zasadnicze źródło substancji biogennych i zanieczyszczeń poprodukcyjnych dla tego typu środowiska, powodujące zmianę jego stanu żyźności w kierunku eutrofii (MISZTAL AND SMAL 1994; oraz SERAFIN AND POGORZELEC 2011, SERAFIN ET AL. 2019 – zał. 3).

Intensywne, uprzemysłowione rolnictwo zmienia również strukturę samego krajobrazu (fragmentacja naturalnych siedlisk), dlatego wymieniane jest na pierwszym miejscu w globalnych ocenach przyczyn ubożenia przyrody (KUJAWA ET AL. 2017, oraz SERAFIN ET AL. 2019 – zał. 3). Jakość wód gruntowych w zdecydowany sposób związana jest także z osadnictwem wiejskim (punktowe źródła zanieczyszczeń), odpowiedzialnym za najwyższe stężenia zanieczyszczeń organicznych, azotu amonowego ($N-NH_4$), fosforu całkowitego (P_{total}), fosforanów (PO_4) i chlorków (Cl). Ponadto wieś uznano za mające największy wpływ na jakość wód powierzchniowych (ORZEPOWSKI ET AL. 2014).

Liczne badania naukowe oraz monitoring środowiska dostarczają wielu danych o migracji zanieczyszczeń do wód powierzchniowych, natomiast słabiej rozpoznany jest stan jakościowy wód gruntowych pierwszego poziomu (ZBIERSKA ET AL. 2011).

Potencjalnym wskaźnikiem zanieczyszczeń obszarowych, w tym pochodzenia rolniczego może być zatem zawartość składników biogennych, tj. związki azotu i fosforu,

decydująca o jakości płytkich wód gruntowych (FOY, WHITHERS 2002; SAPEK 1997; IRGAS, JADCZYSZYN 2008).

Zmiana parametrów jakości wód związana z użyciem środowiska w ekosystemach rolniczych, naturalnych i półnaturalnych miała miejsce w drugiej połowie XX wieku (LAMERS ET AL. 2014; BANASZUK, KAMOCCI 2016) wraz z rozwojem mechanizacji i chemizacji produkcji rolniczej. Stosowanie nawozów mineralnych i organicznych spowodowało zwiększony dopływ azotu i fosforu, także do ekosystemów torfowiskowych, ale dodatkowym źródłem biogenów były również eutroficzne wody gruntowe i depozycja z atmosfery (KOERSELMAN ET AL. 1990, BANASZUK, KAMOCCI 2016).

Mobilizacja składników pokarmowych roślin wewnątrz samego systemu torfowiskowego jest również dodatkowym źródłem eutrofizacji środowiska (SMOLDERS ET AL. 2006). Kluczem do takiej sytuacji są zmiany reżimu wodnego związane z modyfikacjami hydrotechnicznymi regulującymi stosunki wodne na terenie ekosystemów mokradłowych.

Przedsięwzięcia melioracyjne powodują zasadnicze zmiany w kształtowaniu bilansu substancji biogennej całego Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego już od połowy XIX w. (WILGAT ET AL. 1991). Jednak dopiero budowa (1954-1961) i eksploatacja odwadniającego Kanału Wieprz-Krzna, w tym przekształcenie kilku jezior w zbiorniki retencyjne spowodowało zwiększenie tempa odpływu wody i obniżenie zwierciadła wody gruntowej średnio o 50-80 cm. Dodatkowo, wspomnianym Kanałem prowadzone są wody o obcej dla regionu specyfikacji chemicznej, co przyczynia się do zmian warunków siedliskowych tutejszych torfowisk. Innym antropogenicznym elementem powodującym drenaż wód jest działalność Lubelskiego Zagłębia Węglowego prowadząca do obniżenia poziomu wód gruntowych w całym regionie (JANIEC 1984, MICHALCZYK 1992 [A1]; [A2]).

Efektem obniżenia się zwierciadła wody gruntowej jest dehydratacja osadów biogenicznych, co z kolei jest przyczyną intensywnej mineralizacji materii organicznej zawartej w utworach powierzchniowych. Zdeponowana uprzednio materia organiczna stopniowo zanika uwalniając znaczne ilości substancji biogennej (głównie azotu) i siarki. Powoduje to zakwaszenie gleb hydrogenicznych na skutek utleniania związków tych pierwiastków, a także ubywania kationów zasadowych na skutek bioretencji flory oraz wymywania z profilu glebowego (MACIAK 1995; SAPEK 2014). Obniżenie odczynu prowadzi może w dalszym czasie do stopniowego uwalniania się fosforu na skutek wzrostu rozpuszczalności jego związków, np. apatytu, strengitu, czy waryscytu, co w ostatnim przypadku powoduje uruchomienie również toksycznego dla roślin glinu (STUMM, MORGAN 1981; BANASZUK, KAMOCCI 2016).

Zwiększenie zasobności gleb hydrogenicznych w fosfor, przy zwiększonej jego reaktywności daje realne zagrożenie jego dyspersji do zasobów wodnych wywołując zmiany w specyfikacji chemicznej i wpływając na status trofii wielu ekosystemów (BRYSIWICZ ET AL. 2013). Stan zanieczyszczenia wód gruntowych wpływa zatem na stopień zagrożenia eutrofizacją wód powierzchniowych, zasilanych przez odpływy podpowierzchniowe i drenarskie (GRZYWNA 2014). Przenikanie zanieczyszczeń do wód gruntowych stwarza również ryzyko zanieczyszczenia wód podziemnych, stanowiących źródło wody pitnej (ZBIERSKA ET AL. 2011).

Wzrost trofizmu i produktywności siedlisk determinowany zmianą specyfikacji chemicznej wód gruntowych wpływa na przebudowę jakościową składu biocenotycznego fitocenoz ([A2]). Konsekwencją tego stanu jest monotypizacja biocenoz determinowana rozwojem konkurencyjnych szybko rosnących roślin (WASSEN ET AL. 2005) – np. trzciny pospolitej (*Phragmites australis*) i utrata różnorodności biologicznej (BANASZUK, KAMOCCI 2016). W dalszej perspektywie nastąpić może przekształcenie darniowych ekosystemów torfowiskowych w zbiorowiska leśne (JASNOWSKI 1972, OLACZEK ET AL. 1990, HERBICH 2001). Dzieje się tak na skutek wejścia na torfowiska gatunków drzew wysoko rosnących (np. wierzb - *Salix aurita*, *Salix cinerea*, *Salix pentandra*, czy brzoza: *Betula pendula*, *Betula pubescens*), o wysokich zdolnościach konkurencyjnych i dzięki rozbudowanemu aparatowi asymilacyjnemu - o wysokim współczynniku ewapotranspiracji. Przyczynia się to do dodatkowego drenażu torfowiska i jeszcze bardziej nasila procesy sukcesyjne ([A2]). Efektem takich przemian na torfowiskach Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego jest zatem zmiana warunków hydrologicznych dotycząca gospodarowania zasobami wody, jak i samej jakości wód gruntowych ([A2]).

Dalszą konsekwencją takich zmian siedliskowych jest utrata lokalnych stanowisk gatunków roślin, nie wytrzymujących rewolucyjnych zmian w środowisku, którymi są często rzadkie i chronione plejstocenyjskie relikty borealne: gatunki wierzb: *Salix lapponum*, *Salix myrtylloides* i brzoza niska - *Betula humilis* (SOŁTYS, RÓŻYCKI 1996, POGORZELEC 2008, 2009; [A1]; [A2]; [A5]; [A6]), pełniące niebagatelną rolę w aspekcie zachowania bogactwa gatunkowego flory (GRANDCOLAS ET AL. 2014).

Charakterystyczną cechą reliktyw borealnych jest fakt, że ich występowanie na stanowiskach naturalnych jest ściśle uwarunkowane preferencjami siedliskowymi (ELVEN, KARLSSON 2000), dlatego specyfika ich obecności jest bezpośrednio powiązana ze zmianami właściwości abiotycznych siedlisk - m. in. jakością płytkich wód gruntowych, które dodatkowo wpływają na zachodzące tam zmiany biocenotyczne (URBAN, WAWER 2001; CHURSKI,

DANIELEWICZ 2008). Ma to zasadnicze znaczenie w planowaniu strategii i metod ich czynnej ochrony, bowiem na skuteczność takich działań mają równorzędny wpływ: stabilizacja układu hydrologicznego siedliska, restytucja układów biocenotycznych, ekstensywna gospodarka hamująca sukcesję roślinności zaroślowo-leśnej, prawidłowo przeprowadzone metody reintrodukcji gatunku oraz zasadniczo - optymalne cechy siedliska kształtowane jakością torfowiskowej wody gruntowej ([A2]).

Warto dodać, że warunki siedliskowe nie są z pewnością jedynym czynnikiem warunkującym prawidłowe funkcjonowanie i przetrwanie populacji gatunków zagrożonych wyginięciem. Wieloletnie badania struktury i charakterystyki ekologicznej fitocenozy w badanych lokalizacjach, w których brałem udział pozwalają jednak przypuszczać, że to właśnie zaburzenia w siedlisku odgrywają znaczącą rolę w osłabieniu kondycji populacji reliktywów borealnych (POGORZELEC ET AL. 2014; [A1]; [A2]; [A5]; [A6]).

Poznanie wpływu parametrów fizyczno-chemicznych wód gruntowych - na specyfikę występowania rzadkich i chronionych reliktywów borealnych stanowi zatem zasadniczy element skuteczności ich czynnej ochrony - reintrodukcja, restytucja gatunków (element ochrony środowiska).

Regionalne zmiany środowiskowe powodują dodatkowo kurczenie się naturalnych stanowisk występowania potencjalnie cennych użytkowych gatunków roślin torfowiskowych, tj. bobrek trójlistkowy (*Menyanthes trifoliata*), żurawina błotna (*Oxycoccus palustris*) ([A3]; [A4]), czy siedmiopalecznik błotny (*Comarum palustre*) ([A1]), co spowodowało moje zainteresowanie się tymi gatunkami dla dalej formułowanych celów badawczych.

Ekosystemy mokradłowe, w tym torfowiskowe na skutek gospodarki hydrotechnicznej podlegają na terenie większości krajów Europy sukcesywnemu zmniejszaniu swojej powierzchni (ILNICKI 2002, SMITS ET AL. 2001). Z tego względu notuje się brak możliwości retencjonowania wód wezbraniowych, zasilania wód podziemnych, akumulacji zasobów węgla organicznego, bioretencji substancji biogennych, a przede wszystkim - niszczenie siedlisk bytowania specyficznych gatunków roślin i zwierząt (DEMBEK ET AL. 2016). Istnieje zatem realna groźba ekstynkcji wielu gatunków roślin związanych z tego typu siedliskami. Ten problem dotyczy również większości gatunków roślin torfowiskowych, których występowanie i potencjał użytkowy kształtowane są modyfikacyjną zmiennością środowiskową (SENDERSKI 2015). Weryfikacja parametrów jakości wód gruntowych naturalnych siedlisk pozwala zatem na znalezienie optymalnej specyfikacji hydrochemicznej podłoża do ich przyszłej uprawy ekologicznej.

Poznanie zakresu wartości wskaźników fizyczno-chemicznych płytkich wód gruntowych w aspekcie występowania gatunków zielarskich w naturalnych siedliskach pozwala zatem na zaplanowanie półnaturalnych ekologicznych stanowisk ich uprawy, a zatem na tworzenie warunków środowiska rolniczego (element kształtowania środowiska).

Przedstawione przeze mnie „osiągnięcie naukowe” dotyczy więc uwarunkowań abiotycznych składników środowiska - wartości wskaźników fizyczno-chemicznych płytkich wód gruntowych, w kontekście występowania populacji roślinnych reliktyw borealnych i torfowiskowych roślin zielarskich.

W przedmiotowej literaturze nie podejmowano dotychczas kompleksowych badań jakości wód gruntowych w aspekcie występowania reliktywnych gatunków wierzby w siedliskach poza obszarem ich zwartego zasięgu, a w przypadku brzozy niskiej były to nieliczne próby.

Dla wybranych gatunków roślin pozyskiwanych głównie z natury, jak dotąd nie analizowano hydrochemicznej specyfiki ich występowania w kontekście perspektywicznej uprawy ekologicznej.

4.3.1. Cel badań

Badania parametrów jakości płytkich wód gruntowych na torfowiskach, na stanowiskach występowania badanych gatunków roślin obejmowały następujące cele: naukowy, praktyczny i metodyczny.

Cel naukowy wiązał się z określeniem optymalnych wartości badanych parametrów fizyczno-chemicznych płytkich wód gruntowych, istotnych dla prawidłowego funkcjonowania borealnych gatunków roślin chronionych na terenie Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (ich większego procentowego udziału w fitocenozach): wierzby lapońskiej (*Salix lapponum*) i wierzby borówkolistej (*Salix myrtylloides*) – w aspekcie planowania strategii czynnej ochrony gatunkowej (reintrodukcja i restytucja gatunków) oraz brzozy niskiej (*Betula humilis*), dodatkowo w kontekście analizy występowania gatunku, jako wskaźnika cech siedliskowych torfowisk kształtujących się w klimacie umiarkowanym (specyfikacja hydrochemiczna siedliska).

W przypadku roślin leczniczych: bobrek trójlistkowy (*Menyanthes trifoliata*), żurawina błotna (*Oxycoccus palustris*) i siedmiopalecznik błotny (*Comarum palustre*) pozyskiwanych z natury było to określenie naturalnych wartości parametrów jakości wód gruntowych sprzyjających występowaniu takich gatunków w perspektywie ich uprawy ekologicznej na naturalny surowiec zielarski.

Dla obu grup roślin ogólnym celem naukowym było ustalenie zakresu wartości każdego parametru fizyczno-chemicznego wód gruntowych, w którym dany gatunek jest zdolny do realizacji swojej strategii życiowej (tolerancja ekologiczna) - specyfikacja hydrochemiczna siedlisk na terenie Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego.

Cel praktyczny niniejszych badań to optymalizacja hydrochemiczna stanowisk dla czynnej ochrony - reintrodukcji gatunków rzadkich roślin borealnych (osobniki pozyskiwane z hodowli *in vitro*) poprzez wybór lokalizacji o parametrach jakości płytkiej wody gruntowej, zbliżonych do wartości referencyjnych - wynikających z wyników badań. Jest to element czynnej ochrony przyrody, przy wykorzystaniu analiz wartości wskaźników fizyczno-chemicznych wód gruntowych z torfowisk w odniesieniu do zakresu walencji ekologicznej restytuowanych gatunków i ich procentowego udziału w fitocenozach.

Dla roślin zielarskich celem praktycznym jest optymalizacja hydrochemiczna podłoża dla ich eksperymentalnej uprawy ekologicznej w celu stworzenia naturalnego leku ziołowego o naturalnej kompozycji składników leczniczych.

Cel metodyczny obejmował opracowanie i opublikowanie procedury metodologicznej (kombinacja metod badawczych), pozwalającej na optymalizację parametrów jakościowych płytkich wód gruntowych sprzyjających funkcjonowaniu i występowaniu różnych gatunków roślin torfowiskowych na terenie danego regionu.

4.3.2. Hipotezy badawcze

W ramach podejmowanych badań przyjęto następujące hipotezy badawcze, które zostały zweryfikowane przez uzyskane wyniki:

1. Parametry fizyczno-chemiczne płytkich wód gruntowych na torfowiskach wpływają na występowania borealnych reliktywów roślinnych.
2. Występowanie brzozy niskiej (*Betula humilis*) jest wskaźnikiem stanu hydrochemicznego siedlisk torfowiskowych klimatu umiarkowanego.
3. Jakość wód gruntowych na torfowiskach determinuje występowanie i perspektywiczny potencjał leczniczy torfowiskowych gatunków roślin zielarskich.

Przyjęte hipotezy badawcze i próby ich weryfikacji pozwoliły na sprecyzowanie konkretnych problemów badawczych w formie pytań:

1. Czy charakterystyka hydrochemiczna stanowisk występowania badanych gatunków roślin jest odzwierciedleniem ich preferencji siedliskowych?

2. Czy przy zachowaniu cech siedliska związanych z preferencjami danego gatunku istnieją czynniki hydrochemiczne różnicujące jego występowanie?
3. Czy w warunkach z założenia kształtowanych naturalnie (tereny związane z obszarowymi formami przyrody) można w specyfikacji hydrochemicznej siedlisk znaleźć wpływ antropopresji?
4. Czy cechy występowania danego gatunku rośliny mogą być wykorzystywane jako wskaźnik postępujących zmian warunków siedliskowych?
5. Czy uzupełniające analizy botaniczne i ekologiczne potwierdzają założone naturalne warunki występowania badanych gatunków roślin?

4.3.3. Omówienie wyników badań

W 2010 r. w związku z prowadzeniem przeze mnie badań w ramach wspomnianego projektu N N304 385239 w oparciu o terenowe badania rekonesansowe poparte analizami laboratoryjnymi płytkich wód gruntowych na torfowiskach, dokonano wyboru reprezentatywnych lokalizacji, dla różnego typu regionalnych badań ekologicznych, na obszarze Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego.

Były to miejsca seminaturalne o potencjalnie ograniczonym wpływie antropopresji oraz o prawdopodobnie uregulowanych stosunkach hydrologicznych (weryfikacja na podstawie informacji naukowych z Poleskiego Parku Narodowego).

Umieszczenie wyznaczonych lokacji wiązało się bezpośrednio z zasadniczą formą ochrony obszarowej - Poleskim Parkiem Narodowym lub z jego sąsiedztwem:

- kompleksy jeziorno-torfowiskowe: jezioro Bikcze (**B**), jezioro Karaśne (**K**), jezioro Długie (**D**), jezioro Moszne (**M**), Lubowierz (**L**);
- torfowisko śródleśne Blizionki (**BZ**), oraz
- uroczysko Dekowina (**DK**).

W zależności od obiektu wyznaczono stanowiska badań o potwierdzonej badaniami botanicznymi naturalności siedliskowej (spisy gatunkowe, wstępne analizy fitosocjologiczne i podobieństwa gatunkowego, a niekiedy wyliczenie wskaźników zmian antropogenicznych we florze) celowo zróżnicowane pod względem jego zasobności w badany gatunek (liczebność poszczególnych osobników lub procentowy udział gatunku w fitocenozie) lub nawet z jego niedawną ekstynkcją i przeprowadzono procedurę badawczą.

W centrum stanowisk badań w marcu 2011 r. dokonano montażu piezometrów (perforowana rura PCV, długości 1 m i średnicy 10 cm z zatyczką) do poboru prób płytkich wód gruntowych przeznaczonych do badań laboratoryjnych.

Próby wód gruntowych z piezometrów na torfowiskach do analiz laboratoryjnych pobierano trzykrotnie ([A5]; [A6]) lub siedmiokrotnie ([A2]; [A3]; [A4]) w sezonie wegetacyjnym, przez trzy ([A3]; [A4]; [A5]; [A6]) do czterech sezonów badań ([A2]).

Badania parametrów jakościowych płytkich wód gruntowych istotnych dla funkcjonowania fitocenoz torfowiskowych w kontekście siedliskowym obejmowały określanie 14 wskaźników fizyczno-chemicznych, takich jak: odczyn (pH), przewodnictwo elektrolityczne (EC lub CON), ogólny węgiel organiczny (OWO), frakcje azotu: azot ogólny (N_{total}), azot amonowy (N-NH₄), azot azotynowy (N-NO₂), azot azotanowy (N-NO₃), frakcje fosforu: fosfor ogólny (P_{total}), fosfor fosforanowy (P-PO₄), stężenie siarczanów (SO₄) oraz wybranych kationów: sód (Na), potas (K), wapń (Ca), magnez (Mg).

Badania laboratoryjne wykonywano każdorazowo certyfikowanymi metodami w Centralnym Laboratorium Agroekologicznym Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

Wyniki badań laboratoryjnych przeanalizowano pod względem statystycznym dla wszystkich stanowisk (tabela lub zbiorcze wykresy pudełkowe), co pozwoliło na określenie tolerancji ekologicznej badanego obiektu w stosunku do każdego wskaźnika fizyczno-chemicznego płytkich wód gruntowych.

Dla określenia czynników istotnych dla funkcjonowania (liczniejszego występowania) populacji badanego gatunku - ze względu na fakt, że rozkłady zmiennych nie są zgodne z rozkładem normalnym zastosowano nieparametryczny test Kruskal-Wallis.

Wykresy pudełkowe (kwartyle górny i dolny) odniesione do testowania K-W (wartość p-value) dały informacje o zakresie wartości wskaźników fizyczno-chemicznych wód istotnych dla wyższego procentowego udziału danego gatunku.

Podsumowaniem analizy statystycznej były metody ordynacji pośredniej lub bezpośredniej (PCA lub RDA) uzupełniające informacje o powiązaniach pomiędzy grupami badanych elementów.

W związku z faktem, że analizy jakości parametrów fizyczno-chemicznych płytkich wód na torfowiskach, w odniesieniu do liczebności osobników lub procentowego udziału badanych gatunków roślin nie miały wymogu fenologicznej kwantyfikowalności, analizowano je w odniesieniu dla całego okresu badań.

Szeregi zasobności poszczególnych miejsc występowania gatunków roślin w wybranych lokacjach na stanowiskach badań kształtowały się następująco:

- brzoza niska: $K > B > M = D = L = DK$;
- wierzba borówkolistna: $M > DK > B$;
- wierzba lapońska: $K > L > BZ$ (niedawna ekstynkcja gatunku);

- bobrek trójlistkowy: $B = D = DK > M > K = BZ$;
- żurawina błotna: $M = K = D = DK > B = BZ$;
- siedmiopalecznik błotny: $M = B = D > K = BZ = DK$.

Określenie wpływu jakości siedliska na strukturę i funkcjonowanie populacji różnych gatunków roślin, w tym rzadkich i zagrożonych gatunków flory stanowi podstawową problematykę badań siedliskowych (JUŚKIEWICZ-SWACZYNA, CHOSZCZ 2012; TILAKI ET AL. 2013). Charakter tych badań obejmuje szereg różnych zależności ekologicznych, dla których kwestią wiążącą jest określenie parametrów jakościowych wód gruntowych w miejscach ich występowania (POGORZELEC 2008, POGORZELEC ET AL. 2014; [A1] - [A6]).

Lokacje badawcze wiązały się z siedliskami torfowiskowymi na glebach organogenicznych, których cechy hydrochemiczne są odzwierciedleniem ich typologii, wewnętrznego metabolizmu i wpływu zewnętrznych czynników kształtowanych głównie antropogenicznie (ILNICKI 2002).

Pierwszym elementem weryfikowanym już przy badaniach rekonesansowych związanych z wyborem lokacji regionalnych do dalszych badań siedliskowych były stosunki hydrologiczne. Jakkolwiek, ze względu na brak możliwości technicznych dokonywania kompetentnych pomiarów dynamiki zmian położenia zwierciadła wód gruntowych na torfowiskach posługiwano się jej subiektywną oceną (dostępność wody w piezometrach gruntowych weryfikowana w terminach poboru prób).

Na tej podstawie, w odniesieniu do regionalnych informacji naukowych (Poleski Park Narodowy) ustalono, że wysokość wód gruntowych na torfowiskach kształtowała się na stałym poziomie, zbliżonym do poziomu torfu i wykazywała zasadniczo niewielkie oscylacje związane jedynie z okresami pór roku, kiedy większe uwodnienie notowano po roztopach w sezonie wiosennym, a nieco niższe w okresie letnim (nie był to zatem czynnik ograniczający). Niższy poziom wód gruntowych, przy podobnej dynamice charakteryzował stanowiska nie tworzące kompleksów jeziorno-torfowiskowych - Blizionki (**BZ**), a także Dekowina (**DK**) i Lubowierz (**L** - pozostałość po zarośniętym jeziorze) ([A2]).

Wszystkie stanowiska badań cechowało zatem znaczne uwodnienie, którego intensywność związana była z charakterem samej lokalizacji (jej powiązania z bliską obecnością jeziora) oraz porami roku (roztopy, dynamika opadów atmosferycznych). Potwierdzono zatem tezę, że są to stanowiska znacznie uwilgotnione, o uregulowanych stosunkach hydrologicznych.

Odczyn wód gruntowych na stanowiskach występowania wszystkich badanych gatunków roślin przybrał wartości od kwaśnego do obojętnego determinując średnio lekko

kwaśne pH wód gruntowych na torfowiskach (pH = 5,61-5,67), odpowiednie dla siedlisk torfowisk występujących na obszarze Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (WOJCIECHOWSKI 1997).

Typologiczna klasyfikacja torfowisk wiąże się również z ich stanem trofii. Najbardziej żyzne są torfowiska niskie, status mezotroficzny - zwykle torfowiska przejściowe, a oligotroficzny - torfowiska wysokie (WOJCIECHOWSKI 1997, ILNICKI 20002).

Pod względem zasobności w substancje biogenne stężenia N_{total} na stanowiskach badań kształtowały się w szerokim zakresie średnich wartości: 16,92 - 45,31 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; $N\text{-NH}_4$ (0,55-0,76 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$); $N\text{-NO}_2$ (0,06-4,33 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$); a $N\text{-NO}_3$ nie przekraczały 0,2 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, a stężenie P_{total} przyjęło średnie-wartości w granicach: 0,22-0,42 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ([A2] - [A6]).

Wyższe średnie wartości frakcji azotu i fosforu zanotowano dla stanowisk występowania reliktowych gatunków wierzb: *Salix myrtilloides* - Biczce (**B**), Dekowina (**DK**) i Moszne (**M**) ([A5]) i *Salix lapponum* - Karaśne (**K**), Blizionki (**BZ**) i Lubowierz (**L**) ([A6]). Na taki stan rzeczy wpływ miały incydentalnie wysokie pojedyncze wyniki znacząco odbiegające od mediany dla wszystkich uzyskanych wartości substancji biogennej oraz różnie kształtujące się ich wartości dla poszczególnych stanowisk badań ([A5]; [A6]). Takie kwestie należy wiązać z dynamiką metabolizmu wewnętrznego ekosystemów torfowiskowych, kształtowaną przez zachodzące jednocześnie procesy mineralizacji materii organicznej i bioretencji składników pokarmowych przez zbiorowiska roślinne. Cechują się one labilną równowagą uzależnioną od różnej aktywności metabolicznej mikroorganizmów, zróżnicowanymi możliwościami produktywnymi flory oraz odmiennym w czasie i przestrzeni kształtowaniem kompleksu abiotycznych czynników siedliska (BANASZUK, KAMOOCKI 2016).

Niebagatelną kwestią jest również tempo wymiany wody gruntowej - w lokalizacjach nie tworzących kompleksów jeziorno-torfowiskowych (niskie tempo wymiany wody gruntowej) wartości substancji biogennej były znacznie wyższe (por. [A1]; [A2]; [A5]; [A6]).

Kryterium oceny jakości siedliskowej badanych parametrów fizyczno-chemicznych wód gruntowych powinno być odniesienie wyników badań do wymagań siedliskowych badanych gatunków.

W aspekcie siedliskowym wszystkie gatunki badanych reliktyw glacialnych preferują podobne stanowiska na glebach mineralno-próchnicznych i organogenicznych, znacząco uwilgotnione, oligotroficzne lub mezotroficzne, ale bogate w materię organiczną, obojętne pod względem zakwaszenia lub o kwaśnym i umiarkowanie kwaśnym odczynie. Na skutek dehydrogenacji siedlisk ich występowania związanych z regulacją stosunków wodnych są

narażone lub szczególnie narażone na ekstynkcję - podlegają prawnej ochronie gatunkowej (ZARZYCKI, KORZENIAK 2002; POGORZELEC 2008; 2009; POGORZELEC ET AL. 2014; [A2]; [A5]; [A6]).

Podobnie w przypadku badanych ziół. Pod względem realizacji strategii życiowej są one roślinami wieloletnimi, chamefitami lub hydrofitami (bobrek trójlistkowy). Preferują tożsame stanowiska na glebach organogenicznych związanych z torfowiskami wysokimi lub przejściowymi, chłodne, mokre, kwaśne, oligotroficzne, o umiarkowanych warunkach świetlnych. Na skutek zmiany stosunków wodnych wielu terenów (odwodnienia, melioracje) liczba ich stanowisk, jak i liczba osobników tych gatunków na stanowiskach podlega sukcesywnemu zmniejszaniu się (ZARZYCKI, KORZENIAK 2002; [A1]; [A3]; [A4]).

Siedliska o takiej specyfikacji są powszechne dla przekroju typologicznego torfowisk Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (WOJCIECHOWSKI 1997), zatem odpowiadają wybranym lokacjom badawczym odzwierciedlającym ich regionalną hydrochemiczną specyfikę.

W oparciu o przeprowadzone badania ustalono, że uzyskane wartości wskaźników fizyczno-chemicznych wód gruntowych na stanowiskach występowania badanych gatunków roślin były zbliżone do ich preferencji siedliskowych ([A1] - [A6]). Potwierdzona została zatem teza o potencjalnie korzystnych warunkach siedliskowych występowania reliktyw borealnych poza granicami ich zwartego zasięgu (JABŁOŃSKA 2009, POGORZELEC 2008; POGORZELEC ET AL. 2014).

Zakres wartości badanych parametrów fizyczno-chemicznych wód gruntowych na torfowiskach odniesiony do liczebności lub procentowego udziału badanych gatunków roślin w zbiorowiskach roślinnych informuje o stopniu ekologicznej plastyczności tych gatunków, zatem o ich zdolnościach adaptacyjnych kształtujących specyfikę ich występowania na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim.

Szeroka amplituda wartości większości parametrów jakościowych wód gruntowych na torfowiskach na stanowiskach występowania badanych gatunków roślin potwierdziła szeroki zakres ich tolerancji ekologicznej w odniesieniu do charakteru ekosystemu (torfowiska), do tych czynników i do regionalnych lokacji ([A1] - [A6]).

W zależności od stanowiska badań obserwowano rozbieżność (mijanie się) zakresów wartości niektórych parametrów jakościowych siedliska. Takimi wskaźnikami fizyczno-chemicznymi wód gruntowych dla wszystkich badanych reliktyw borealnych były frakcje fosforu, N_{total} , $N-NH_4$ i OWO [A2]; [A5]; [A6]. Część z kolei była rozbieżna tylko na stanowiskach występowania konkretnych gatunków - Mg, Ca, pH, EC dla *Betula humilis*

([A2]); Mg dla *S. myrtilloides* ([A5]) oraz pH, EC, Ca, N-NO₂ dla *Salix lapponum* ([A6]). W przypadku badanych gatunków roślin rozbieżność dotyczyła różnych kombinacji czynników jakości wód. Dla bobrka trójlistnego były to: N_{total}, P_{total}, EC i pH ([A3]), a dla żurawiny błotnej - N_{total}, P-PO₄, OWO, K i Ca ([A4]).

W oparciu o uzyskane wyniki ustalono, że rozbieżność wartości niektórych wskaźników jakości płytkich wód gruntowych poszerzyła amplitudę tolerancji ekologicznej badanych gatunków roślin na terenie torfowisk Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego, wpływając na specyfikę ich występowania (por. [A1] - [A6]).

Najistotniejszymi parametrami jakości siedliskowej płytkich wód gruntowych na torfowiskach mogą być substancje biogenne (IRGAS, JADCZYSZYN 2008).

Naturalne zbiorowiska roślinne mają dużą zdolność do samoregulacji i determinują obieg substancji biogenych (KÖSTER 2001), jednakże składniki pokarmowe uwalniane w procesie mineralizacji materii organicznej lub pochodzenia allochtonicznego nie zawsze są w pełni retencjonowane przez nisko produktywne zbiorowiska roślinne. Mogą wówczas przenikać z gleby do wód gruntowych, wtórnie kształtując ich jakość siedliskową (KIRYLUK, WIATER 2004). Dynamika procesów biofizyczno-chemicznych na torfowiskach kształtowana wpływem działalności człowieka (p. zmiany reżimu wodnego, sąsiedztwo terenów rolniczych) determinuje znaczne wahania poziomu tych substancji (BANASZUK, KAMOCCI 2016).

Ustalono, że wartości substancji biogenych w wodach gruntowych na torfowiskach związane z występowaniem badanych gatunków kształtowały się odmiennie dla różnych gatunków i różnych stanowisk badań oraz w zróżnicowany sposób świadczyły o nasileniu się procesów związanych z eutrofizacją siedliska, nie przekraczając jednak średnich wartości mezotroficznych ([A1] - [A6]). W związku z lokalizacją badanych stanowisk na obszarze o potencjalnie ograniczonej antropopresji potwierdza to tezę, o wpływie metabolizmu wewnętrznego na status trofii ekosystemów torfowiskowych (za WOJCIECHOWSKI 1997; ILNICKI 2002, BANASZUK, KAMOCCI 2016).

O możliwościach wtórnej eutrofizacji ekosystemów torfowiskowych może decydować również stopień ich zakwaszenia i zawartość związków siarki w roztworze glebowym (SAPEK 2014), a także stężenie sodu, potasu, wapnia i magnezu - głównych pierwiastków zasadowych biorących udział w kształtowaniu odczynu roztworów glebowych (LIGĘZA, SMAL 2004). Ich ilość regulowana jest sorpcją lub uwalnianiem z kompleksów sorpcyjnych torfowisk (STOLARCZYK ET AL. 2017).

Odczyn wód gruntowych na stanowiskach występowania wszystkich badanych gatunków roślin był lekko kwaśny i odpowiedni dla siedlisk torfowiskowych przejściowych i niskich, występujących na obszarze Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Wartości odczynu były ustabilizowane, optymalizując siedliskowo dostępność substancji odżywczych dla roślin. Natomiast średnie wartości stężenia jonów SO_4 oscylowały w granicach 2,51-4,94 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Szereg stężeń metali zasadowych dla wszystkich stanowisk i badanych gatunków roślin kształtował się następująco: $\text{Ca} > \text{Na} > \text{K} > \text{Mg}$ i w oparciu o uzyskane wartości nie świadczył o gwałtownych zjawiskach wymiany jonów między kompleksami sorpcyjnymi a roztworem glebowym (za wyjątkiem incydentalnych pojedynczych wyników), choć dowodził o większej obecności wodorotlenków wapnia w roztworze glebowym (uwarunkowanie regionalne). Świadczy to o naturalności procesów metabolicznych torfowisk, bowiem rolnicze użytkowanie zlewni sprzyja zwiększeniu w jej wodach stężenia magnezu, wapnia i w niewielkim stopniu sodu oraz obniżeniu zawartości potasu (POKLADEK ET AL. 2011). Obserwowany jako synteza informacji z uzyskanych wyników badań wysoki stosunek $\text{Ca}:\text{Mg}$, również potwierdza brak intensyfikacji antropopresji, bowiem niskie wartości takich kationowych relacji świadczą o wpływie zanieczyszczeń komunalnych z terenów zabudowanych (ORZECHOWSKI, PULIKOWSKI 2008).

Podobnie średnie wartości EC będące pośrednią miarą oceny mineralizacji i zanieczyszczeń wody przyjmując zakres 99,28 - 184,8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ nie przemawiały za znaczącym nasileniu się antropopresji w stanowiskach badań.

Podstawowym czynnikiem humeutrofizacji wód gruntowych na torfowiskach jest też ilość i jakość rozpuszczonej materii organicznej (OWO), decydująca o dostępności łatwo przyswajalnych form azotu i fosforu związanych z substancjami humusowymi, której ilość uzależniona jest od odwodnienia złoża torfowego (GÓRNIAK 1996). Wartości tego wskaźnika dla wszystkich badanych gatunków roślin na stanowiskach ich występowania przyjął średni zakres wartości od 40,35 do 50,21 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, nie determinując większych możliwości wtórnego uruchomienia związków biogenych dla roślin.

Wartości odczynu, zawartości substancji siarkowych, metali kształtujących odczyn oraz OWO i EC w wodach gruntowych stanowisk występowania reliktyw glacialnych nie świadczyły o nasileniu się procesów biofizyczno-chemicznych związanych z antropogeniczną dehydrogenacją złóż torfowych (por. [A1] - [A6]). Potwierdziło to przyjętą tezę o naturalności siedlisk i uregulowanych stosunkach wodnych wybranych stanowisk badawczych.

Podobnie jak w przypadku substancji biogennych, część innych parametrów analizowanych konkretnie dla danego gatunku i określonych stanowisk badań wykazywała incydentalne odchylenia wyników, dając mylący obraz intensywności danej cechy.

Dla reliktyw borealnych takimi czynnikami były: EC, OWO, SO₄, Na i Ca na stanowiskach występowania *Betula humilis* ([A2]), SO₄ i Na dla stanowisk *Salix myrtilloides* ([A5]), podczas gdy dla występowania *Salix lapponum*: jony Na ([A6]). W przypadku badanych gatunków ziół były to: EC, OWO, SO₄, Na i Ca ([A3]; [A4]).

W powiązaniu z podobnymi fluktuacjami substancji biogennych potwierdza to tezę o roli tych parametrów w kształtowaniu potencjału trofii siedlisk oraz w tym przypadku o wewnętrznej ich genezie.

Dynamika procesów biologiczno-hydrochemicznych na torfowisku powoduje, że możliwe jest pojawienie się krótkotrwałych, skrajnie wysokich wartości niektórych parametrów jakości wód. Jeżeli jednak nie przekraczają one pessimum tolerancji ekologicznej badanego gatunku, to nie będą miały w dłuższej perspektywie znaczenia limitującego dla jego występowania w danym siedlisku (FALIŃSKA 2004; [A3]).

Incydentalnie notowane wartości skrajne nie wpłynęły zatem na przekroczenie zakresu typowego dla siedlisk odpowiednich dla występowania badanych gatunków roślin, choć niekiedy występowały poza właściwym dla nich optimum (wg. FIJAŁKOWSKI 1994, ZARZYCKI AND KORZENIAK 2002, JABŁOŃSKA 2009; por. [A1] - [A6]). Potwierdziło to tezę o wpływie metabolizmu wewnętrznego na charakter przemian hydrochemicznych w siedliskach torfowiskowych (SMOLDERS ET AL. 2006).

Miarą specyfiki występowania konkretnych reliktyw borealnych jest zróżnicowanie warunków hydrochemicznych w odniesieniu do ich stanowisk. Ma to szczególne znaczenie przy analizie lokacji najbardziej zasobnych w badany gatunek.

W odniesieniu do reliktyw glacialnych wyższe wartości czynników: pH, EC i Ca w stosunku do innych stanowisk zanotowano dla punktu badawczego nad jeziorem Karaśne (**K**), będącego stanowiskiem najwyższego % udziału brzozy niskiej w fitocenozie. W przypadku N_{total}, N-NH₄ i OWO ich wartości na stanowisku Karaśne są niższe w odniesieniu do stanowisk Dekowina (**DK**) i Lubowierz (**L**). W przypadku frakcji fosforu podobne wartości odnotowano głównie na stanowiskach **K**, **D** i **M** i wyższe dla pozostałych stanowisk. Dla potasu podobne wartości znaleziono dla stanowisk **K**, **B**, **M** i **L** natomiast nieznacznie wyższe stwierdzono w przypadku stanowiska **DK**, a nieco niższe dla stanowiska **D**. Wartości jonów Mg na stanowisku **K** były porównywalne do stanowiska **B**, zaś w przypadku pozostałych stanowisk niższe. Niektóre parametry fizyczno-chemiczne wód, tj.

Na, SO₄, N-NO₂ i N-NO₃ miały porównywalne wartości na wszystkich stanowiskach badań, zatem nie miały znaczenia limitującego dla zasobności populacji brzozy niskiej ([A2]).

Najniższe wartości parametrów jakości wody gruntowej na torfowiskach (z wyjątkiem pH, EC i stężenia jonów SO₄,) odnotowano dla stanowiska najliczniejszej populacji *S. myrtilloides* nad jeziorem Moszne (M). Najmniejszą średnią amplitudą wartości badanych wskaźników fizykochemicznych wody w siedliskach, biorąc pod uwagę wszystkie badane stanowiska występowania tego reliktu na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim miały parametry: N-NO₂, N-NO₃, SO₄ i Na traktowane jako czynniki limitujące występowanie badanego gatunku, podczas gdy P_{total}, K, Ca, Mg, OWO, pH i EC wykazały największą amplitudę, a w odniesieniu do % udziału badanego gatunku w fitocenozach, różnie wpływając na możliwości jego występowania ([A5]).

Najniższe wartości substancji biogenych - większość frakcji azotu i fosforu określono dla *Salix lapponum* w najbardziej zasobnym w ten gatunek stanowisku nad jeziorem Karaśne (K). Tu również zanotowano niewielką amplitudę wartości N_{total}, N-NO₃, frakcji fosforu, OWO i pH.

Wśród parametrów jakościowych torfowiskowych wód gruntowych, to: N-NO₂, N-NO₃, SO₄ oraz K, Na i Mg cechowały się podobnym rozkładem analizowanym oddzielnie w poszczególnych stanowiskach badań - rozkład wartości tych parametrów był siedliskowo niezmienniczy ([A6]).

W odniesieniu do gatunków roślin leczniczych, duży udział *Menyanthes trifoliata* w fitocenozach powierzchni badań Bickcze (B) i Długie (D), pozwala uznać kompleks wartości badanych wskaźników fizyczno-chemicznych wód gruntowych w tej lokalizacji za jakościowo odpowiedni dla wzrostu i rozwoju badanego gatunku. Na powierzchni badań B parametry N_{total}, N-NH₄ i SO₄ miały znacznie wyższe wartości średnie w porównaniu z pozostałymi stanowiskami. Były one jednak niższe, niż w obrębie powierzchni badań D. Wykazano, że stężenia badanych frakcji fosforu oraz jonów K były znacznie podwyższone na powierzchni B, w stosunku do pozostałych stanowisk, natomiast odczyn, EC oraz jony Ca i Mg miały nieco obniżone wartości. W przypadku powierzchni badań D, jedynie zawartość jonów Na, Mg, N-NO₃ oraz pH miały podobną wartość jak na stanowisku nad jeziorem Bickcze (B). Odpowiednio niższe wartości w badanych wodach zanotowano w przypadku: N_{total}, N-NH₄, P_{total}, P-PO₄, SO₄, jonów K oraz OWO, a odpowiednio wyższe dotyczyły N-NO₂, jonów Ca i EC. Podobne zakresy wartości we wszystkich badanych stanowiskach odnotowano jedynie dla N-NO₃ i jonów Na ([A3]).

W przypadku żurawiny błotnej, podobnie wysokim udziałem tego gatunku charakteryzowały się stanowiska Moszne (**M**), Karaśne (**K**), Długie (**D**) i Dekowina (**DK**). Dla tych lokacji niższe wartości w stosunku do grupy o mniejszym jej udziale (**B+BZ**) zanotowano odpowiednio dla P_{total} , $P\text{-PO}_4$ oraz OWO, natomiast wyższe dla jonów Ca i Mg. Wartości pozostałych wskaźników (np. Na, SO_4 , N_{total} , EC) cechowały się podobnymi zakresami w odniesieniu do dwóch wyodrębnionych grup stanowisk, zatem nie miały znaczenia limitującego ([A4]).

Heterogeniczny rozkład wartości zróżnicowanych parametrów fizyczno-chemicznych wód gruntowych, pomimo podobnych wymagań siedliskowych badanych gatunków roślin w odmienny sposób cechował ich występowanie (por. [A1] - [A6]).

Pełniejszą informację o natężeniu badanych cech siedliskowych w odniesieniu do specyfiki występowania reliktywów borealnych na konkretnych stanowiskach dają wyniki statystycznych nieparametrycznych testów Kruskala-Wallisa (**KW**), na poziomie istotności 5%. Pozwoliły one na ustalenie korzystnych warunków jakości wody gruntowej dla liczniejszego występowania badanych gatunków w regionie Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego.

W przypadku brzozy niskiej najistotniejsze statystycznie różnice występowały pomiędzy stanowiskami zasobniejszymi w osobniki tego gatunku (**K**, **B**), a stanowiskami **DK** i **L** o wzajemnie podobnym i niższym procentowym udziale w fitocenozach badanego gatunku. Dotyczyły one wartości: N_{total} , $N\text{-NH}_4$, P_{total} , $P\text{-PO}_4$, OWO, pH, EC oraz Mg i Ca. W szczególności, obniżone w stosunku do innych uzyskanych wartości P_{total} w zakresie: $0,08 - 0,32 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; $P\text{-PO}_4 = 0,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; $N_{\text{total}} = 2,2 - 21,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; $N\text{-NH}_4 = 0,1 - 0,46 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; $\text{OWO} = 24,6 - 55,9 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, jak również podwyższone wartości pH w granicach: $5,34 - 5,95$ oraz stężenie Ca = $5,67 - 28,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz Mg = $0,56 - 2,41 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, jak również $\text{EC} = 72,1\text{-}142,3 \text{ } \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ mogą być traktowane jako warunek sprzyjający prawidłowemu rozwojowi populacji brzozy niskiej w regionie Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Wyższe wartości Ca i obniżone wartości $P\text{-PO}_4$ stanowiły również korzystne warunki dla większej liczebności populacji brzozy niskiej, co prawdopodobnie związane jest z obecnością gleb bogatych w wodorotlenki wapnia, które wiążą fosforany i w ten sposób ograniczają dyspersję konkurencyjnych szybko rosnących traw i gatunków drzewiastych (JABŁOŃSKA 2009) ([A1]; [A2]).

Dla wierzby borówkolistej obniżony poziom wartości frakcji azotu i fosforu, badanych kationów i OWO można uznać za zbiór warunków sprzyjających jej większemu ich występowaniu ([A1]; [A5]), podczas, gdy dla równorzędnie badanej *Salix lapponum* takie

warunki spełniały: niski poziom N_{total} , frakcji fosforu i OWO, a także podwyższony poziom Ca, pH i EC ([A1]; [A6]). Stanowi to potwierdzenie spostrzeżeń z wcześniejszych opracowań naukowych dotyczących wierzb reliktowych na terenie Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (POGORZELEC 2008, POGORZELEC ET AL. 2014).

W odniesieniu do gatunków leczniczych dla bobrka trójlistnego wyższe stężenie N_{total} , P_{total} i obniżone wartości pH i EC mogą być uznane za zespół warunków sprzyjających prawidłowemu funkcjonowaniu osobników badanego gatunku, co przekłada się także na jego liczne występowanie. Optymalne warunki parametrów jakości wód gruntowych to $N_{\text{total}} = 4,16\text{-}27,4 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; $P_{\text{total}} = 0,93\text{-}0,14 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; $\text{EC} = 70,4\text{-}112 \text{ }\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; $\text{pH} = 5,23\text{-}5,55$ ([A1]; [A3]).

Dla żurawiny błotnej różnice istotne statystycznie zaobserwowano tylko w przypadku rozkładu stężenia trzech czynników: P_{total} , P-PO_4 i OWO, które mogą mieć znaczenie ograniczające dla wielkości populacji *O. palustris*. W szczególności zmniejszone wartości powyższych parametrów w zakresach: $P_{\text{total}} = 0,17\text{-}0,36 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; $\text{P-PO}_4 = 0,1 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ i $\text{OWO} = 33,81\text{-}55,90 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ można uznać za sprzyjające większemu występowaniu badanego gatunku.

Z kolei dla populacji *Comarum palustre* są to obniżone wartości N-NH_4 , Ca, Mg, OWO, EC i pH ([A1]).

Pomimo podobnych wymagań siedliskowych o występowaniu badanych gatunków na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim decydowały w różnicowany sposób często odmienne parametry fizyczno-chemiczne określające jakość siedliskową ich stanowisk (por. [A1] - [A6]). Potwierdza to tezę o zróżnicowanych dodatkowych warunkach hydrochemicznych wpływających na występowanie roślin torfowiskowych w stanowiskach o wstępnie potwierdzonych preferencyjnych wartościach parametrów jakości wód gruntowych.

Uzupełnieniem analiz statystycznych były metody ordynacji pośredniej (PCA) mającej na celu wykrycie struktury i ogólnych prawidłowości pomiędzy badanymi czynnikami fizyczno-chemicznymi wód na określonych stanowiskach oraz metody ordynacji bezpośredniej (RDA), pozwalające na głębszą analizę wzajemnych zależności w zbiorze danych zawierających dodatkowo skład gatunkowy badanych fitocenz.

Pod tym względem torfowiska Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego stanowią charakterystyczne siedlisko decydujące o możliwościach występowania wielu gatunków roślin cennych przyrodniczo i użytecznych człowiekowi. Jednak dla ich bytowania w naturalnie zachowanych siedliskach duże znaczenie ma struktura gatunkowa zbiorowisk, a zatem obecność roślin towarzyszących (DROBNIK ET AL. 2004). W zbiorowiskach

wszystkich stanowisk badań oznaczono 43 gatunki roślin nasiennych z 23 rodzin botanicznych, różnie skonfigurowanych fitocenotycznie ([A2]).

Poszczególne stanowiska badań względem siebie cechowały się umiarkowanym podobieństwem gatunkowym (współczynnik Jaccarda w zakresie od 0,31 do 0,6 [A2] - [A4]), a wyliczone współczynniki zmian antropogenicznych we florze nie przekroczyły wartości 12,5% (dla współczynnika apofityzacji - W_{Ap-c}), co nie potwierdziło zauważalnego wpływu antropopresji na status biocenotyczny reprezentatywnych siedlisk ([A2]).

O ich naturalności świadczyły także wstępne analizy botaniczno-fitosocjologiczne oparte o dendrogramy częstotliwości wspólnego występowania gatunków roślin w zależności od stopnia hierarchicznego przyporządkowania. Potwierdziły one w składzie gatunkowym badanych fitocenozy obecność roślin z klas: *Scheuchzerio-Caricetea*, *Alnetea glutinosae* i *Oxycocco-Sphagnetea*, zasadniczo związanych z siedliskami ombrogenicznymi torfowisk wysokich i przejściowych, optymalne pod względem występowania badanych gatunków roślin ([A1] - [A4]).

Najbardziej uniwersalnym gatunkiem, licznie reprezentowanym niemal we wszystkich badanych stanowiskach torfowisk Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego bez względu na podobieństwa, bądź różnice w składzie gatunkowym roślin, była żurawina błotna, a najbardziej uniwersalnym stanowiskiem, gdzie licznie reprezentowane były wszystkie badane gatunki był kompleks jeziorno-torfowiskowy jezioro Długie (D) ([A2] - [A4]). Potwierdziła się zatem teza, że badane fitocenozy pod względem gatunkowym i fitosocjologicznym są typowe dla naturalnych siedlisk torfowiskowych centralnej części Polski Wschodniej (FIJAŁKOWSKI 1994).

Metody statystyczne analizujące zagregowane zbiory danych w zróżnicowany sposób pokazywały korelacje pomiędzy różnymi parametrami, składem gatunkowym a stanowiskami występowania badanych gatunków roślin (por. [A1] - [A6]). Potwierdziło to przyjętą tezę o heterogeniczności wpływu parametrów jakości wód na specyfikę występowania różnych gatunków roślin, przy zachowaniu potencjalnie tożsamyh warunków siedliskowych w badanych stanowiskach.

Dodatkowym aspektem badań hydrochemicznych stanowisk występowania brzozy niskiej była próba weryfikacji tezy o wskaźnikowej roli tego gatunku w ocenie zmian zachodzących w siedliskach torfowiskowych Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego, w warunkach klimatu umiarkowanego.

Brzoza niska jest jednym z gatunków reliktywów borealnych, który posiada specyficzne wymagania siedliskowe związane z ewolucyjnym przystosowaniem się do wpływu

północnego klimatu kontynentalnego (CHURSKI, DANIELEWICZ 2008, POGORZELEC 2008, 2009, [A2]; [A5]; [A6]). Podobnie jak każdy relikw zlodowaceniem posiada także liczne adaptacje morfologiczne, anatomiczne, fizjologiczne i ekologiczne, umożliwiające przetrwanie w często ekstremalnie chłodnych warunkach środowiskowych (ILNICKI 2002, [A2]). Dynamika zmian siedliskowych na terenie torfowisk Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego determinuje jednak istotne zaburzenia warunków abiotycznych i biocenotycznych siedlisk powodujące ograniczenie liczby stanowisk i osobników budujących lokalne populacje tego gatunku. W takim układzie specyfika jego występowania może być odzwierciedleniem zmian w ich siedliskach, szczególnie w odniesieniu do warunków hydrochemicznych modyfikowanych często antropogenicznie ([A2]).

Jakkolwiek optymalne wartości parametrów jakościowych wody gruntowej sprzyjające większemu udziałowi tego gatunku w zbiorowiskach roślinnych zostały opisane w poprzednim podrozdziale, to wartości te tylko częściowo zawierają się w granicach opisywanych w literaturze jako optymalne dla rozwoju brzozy niskiej, tj.: pH = 7,0; EC = 300-400 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; Ca = 10-30 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, Mg = 10-15 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (JABŁOŃSKA 2009).

Wynika to prawdopodobnie z cech abiotycznych stanowisk poza obszarem zwartego zasięgu występowania, w tym klimatycznych torfowisk Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego, w których wyższa liczebność brzozy niskiej cechuje się regionalnie warunkowaną specyfiką hydrochemiczną siedlisk (prawdopodobne regionalne przystosowanie ewolucyjne).

Wobec pozyskanych wyników parametrów jakości gruntowych wód na torfowiskach w warunkach klimatu umiarkowanego stwierdza się, że brzoza niska ma relatywnie szeroki zakres tolerancji ekologicznej w obrębie poszczególnych obszarów występowania, nie może być zatem czułym indykatorem zmian w środowisku ([A2]).

Istnieją jednak istotne czynniki siedliska wpływające na specyfikę jej występowania. Są to m. in. deregulacja stosunków wodnych, wartości parametrów jakości wód związanych z preferencjami gatunkowymi oraz udział wodorotlenków wapnia i frakcji fosforu, determinująca możliwości wkraczania konkurencyjnej roślinności wyższej. Charakterystyka występowania tego gatunku w odniesieniu do parametrów hydrochemicznych siedlisk ma zatem wymiar regionalny warunkowany przez cechy abiotyczne Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego.

W oparciu o charakterystykę hydrochemiczną siedlisk, ze względu na szeroki zakres tolerancji ekologicznej gatunku specyfika występowania brzozy niskiej tylko w niewielkim stopniu może wskazywać na charakter warunków hydrochemicznych ekosystemów

torfowiskowych klimatu umiarkowanego Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (niejednoznaczna weryfikacja hipotezy badawczej).

Na podstawie dokonanej specyfikacji hydrochemicznej siedlisk występowania badanych gatunków stwierdzono ich szerokie zakresy tolerancji ekologicznej w odniesieniu do cech ekosystemu, do badanych czynników i do regionalnych lokalizacji.

Pomimo fluktuacji wartości wielu parametrów jakości wód gruntowych w badanych stanowiskach ich zmiany wiąże się z charakterem metabolizmu wewnętrznego torfowisk, bez uwidocznionego wpływu antropopresji (pozytywna weryfikacja naturalności wybranych stanowisk badań).

W oparciu o przeprowadzone badania ustalono, że przy zachowaniu cech siedliska związanych z preferencjami danego gatunku można wskazać te parametry fizyczno-chemiczne wód gruntowych, które istotnie sprzyjają występowaniu danego gatunku w badanych lokalizacjach (pozytywna weryfikacja hipotez badawczych dotyczących reliktyw borealnych i ziół).

4.3.4. Wskazanie najważniejszych osiągnięć cyklu publikacji oraz możliwości i perspektywy ich wykorzystania

Największą zaletą moich badań jest poszerzenie stanu wiedzy nt. specyfikacji hydrochemicznej płytkich wód gruntowych determinujących występowanie niektórych gatunków roślin na terenie Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (reprezentatywne lokalizacje dla regionu).

Do tej pory nie podejmowano badań naukowych dotyczących wymagań siedliskowych reliktowych gatunków wierzb poza obszarem zwartego zasięgu ich występowania (POGORZELEC 2008), a te dotyczące brzozy niskiej były podejmowane nielicznie (JABŁOŃSKA 2009). Podobnie w przypadku roślin zielarskich nie prowadzono dotąd analiz siedliskowych tych gatunków pozyskiwanych z natury w kontekście perspektyw ich ekologicznej uprawy.

Fakty te sprawiły, że głównie w ramach wspomnianego projektu NCN zaplanowałem i przeprowadziłem cykl badań terenowych oraz koordynowałem i przeanalizowałem wyniki badań laboratoryjnych. Wyniki badań opublikowałem w pracach zaliczonych do osiągnięcia naukowego, a część oczekuje na publikację (siedmiopalecznik błotny - w recenzji). Warto dodać, że badania z kolejnych lat są obecnie w opracowaniach statystycznych i będą przedmiotem kolejnych publikacji.

Analizy wartości czynników fizyczno-chemicznych płytkich torfowiskowych wód gruntowych pozwoliły mi na pozytywne zweryfikowanie postawionych hipotez badawczych

dotyczących istotnego wpływu części z nich na specyfikę występowania, tak reliktyw borealnych, jak i roślin leczniczych. Nie potwierdziłem też znaczącego wskaźnikowego charakteru występowania brzozy niskiej w kontekście cech hydrochemicznych torfowisk Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego kształtowanych przez cechy klimatu umiarkowanego.

Najważniejszymi osiągnięciami związanymi z syntezą informacji dotyczącej wpływu jakości wód siedlisk na występowanie badanych gatunków roślin było stwierdzenie i ustalenie następujących kwestii:

- 1. Parametry jakościowe płytkich wód gruntowych na torfowiskach Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (wybrane reprezentatywne miejsca) nie świadczą o nasilającej się antropopresji oraz o deregulacji stosunków hydrologicznych;**
- 2. Naturalna specyfikacja hydrochemiczna torfowisk cechuje się fluktuacjami związanymi z dynamiką metabolizmu wewnętrznego ekosystemu;**
- 3. Badane czynniki fizyczno-chemiczne płytkich wód gruntowych mieszczą się w preferencjach siedliskowych badanych gatunków;**
- 4. Tożsame preferencje siedliskowe nie odzwierciedlają tożsamy wartości parametrów fizyczno-chemicznych wód istotnych dla budowania populacji badanych gatunków;**
- 5. Występowanie badanych gatunków roślin uwarunkowane jest specyfikacją hydrochemiczną siedliska, ale charakterystyka ich występowania, tylko w niewielkim stopniu wskazuje na jego określone cechy hydrochemiczne.**

Wyżej wymienione osiągnięcia wiązały się z realizacją celu naukowego prowadzonych badań i wnoszą nowe treści do dyscypliny ochrona i kształtowanie środowiska. Kwintesencją każdego zaplanowanych badań naukowych są jednak perspektywy ich wykorzystania. Badania dotyczące charakterystyki jakości siedliskowej wód dla reliktyw borealnych zagrożonych ekstynkcją mogą być wykorzystane w praktyce do tworzenia koncepcji działań ich czynnej ochrony.

Wyniki badań nad jakością płytkich wód gruntowych w reprezentatywnych miejscach Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (POGORZELEC 2008; POGORZELEC ET AL. 2014; [A1] - [A6]) stały się elementem planu ochrony czynnej reliktyw gatunków wierzby, który realizowany jest od 2017 r. na terenie Poleskiego Parku Narodowego oraz na terenie rezerwatów przyrody znajdujących się w Puszczy Knyszyńskiej (czynne działania w ramach ochrony środowiska). Dzięki uzyskanym wynikom badań możliwe stało się przeprowadzenie selekcji lokalizacji i wybór tych o zoptymalizowanych warunkach siedliskowych

(optymalizacja hydrochemiczna siedlisk) dla wzrostu i rozwoju populacji badanych gatunków w aspekcie tworzenia nowych populacji metodą reintrodukcji.

Kolejną kwestią praktyczną jest wykorzystanie danych związanych z hydrochemiczną specyfiką występowania wybranych gatunków roślin, których pozyskiwanie z natury obarczone jest trudnościami terenowymi i związanymi z różnymi formami ochrony przyrody.

Uprawy ekologiczne z zachowaniem naturalnych dla danego gatunku wartości czynników fizyczno-chemicznych gruntowych wód torfowiskowych dają możliwość pozyskania wysokiej jakości surowca zielarskiego o naturalnej kompozycji substancji biologicznie czynnych.

Niniejsze badania nad optymalnymi dla charakterystyki występowania wybranych gatunków zielarskich czynnikami jakości siedliskowej wód gruntowych są zatem elementem pilotażowych badań nad koncepcją Roślinnego Leku Naturalnego zgodnego z zaleceniami WHO, w oparciu o surowce zielarskie z uprawy ekologicznej (zachowana naturalna specyfikacja hydrochemiczna). Wiodącym etapem eksperymentu jest optymalizacja hydrochemiczna podłoża zgodnie z opracowaną charakterystyką naturalnych siedlisk. Jest ona poprzedzona realizowanymi obecnie badaniami laboratoryjnymi dotyczącymi potencjału leczniczego surowców zielarskich.

Powyższe kwestie świadczą o zrealizowaniu celu praktycznego przeprowadzonych badań.

Wymiernym efektem wypełniającym podjęty cel metodyczny jest opracowanie i opublikowanie procedury metodycznej (kompleksu powiązanych metod badawczych) pozwalającej na hierarchizację czynników jakości wód gruntowych istotnych dla funkcjonowania i występowania różnych gatunków roślin torfowiskowych na terenie danego regionu.

Publikacja ta ([A1]) prezentuje kolejne powiązane etapy badań oraz wybrane kompetentne analizy statystyczne wraz z określeniem efektów ich zastosowania w odniesieniu do konkretnie uzyskanych wyników badań ([A2] - [A6]). Stanowi ona zatem podsumowanie prezentowanego osiągnięcia naukowego.

4.4. Piśmiennictwo

1. Bajkiewicz-Grabowska E., 2002. Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych. Uniwersytet Warszawski. Wydział Geografii i Studiów Regionalnych.
2. Banaszuk, P., Kamocki, A. K., 2016. Statyczny jakościowy bilans wodny jako podstawa renaturyzacji ekosystemów hydrogenicznych w dolinie górnej Biebrzy. Inżynieria Ekologiczna. Ecological Engineering, 48: 96–106 DOI: 10.12912/23920629/63277

3. Borkowski B., 1994. Rośliny lecznicze w fitoterapii. – Instytut Roślin i Przetworów Zielarskich, Poznań.
4. Brysiewicz A., Wesołowski P., Rawicki K., 2013. Porównanie stężenia składników chemicznych w wodzie ze śródpolnego oczka wodnego oraz w wodzie gruntowej z przylegających terenów rolniczych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 2(42): 17–31.
5. Churski M., Danielewicz W., 2008. *Salix myrtilloides* in north central Poland. Distribution, threats and conservation. *Dendrobiology*, 60: 3-9.
6. Dembek W., Kuś J., Wiatkowski M., Żurek G. (red.), 2016. Innowacyjne metody gospodarowania zasobami wody w rolnictwie. Wyd. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Brwinów.
7. Drobnik J., Bacler B., Kowalczyk B., 2004. Rola podstawowych badań florystycznych w ocenie naturalnych zasobów roślin leczniczych. 2004; *Ann. Acad. Med. Siles.* 58(2): 145–152.
8. Drozd, J., 2012. Wczoraj i dziś - ziołolecznictwa. – Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego i Narodowego Instytutu Leków w Warszawie. Rzeszów.
9. Elven R., Karlsson T., 2000. *Salix L. Flora Nordica*. Stockholm: The Bergius Foundation, 117-188.
10. Falińska K. 2004. Ekologia roślin. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
11. Foy., R., H., Withers P., J., A., 2002. The contribution of Agricultural Phosphorus to Eutrophication. *Nawozy i Nawożenie*, 3(12): 20-49.
12. Fijałkowski D., 1994. Vascular Flora of Lublin Region I. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin.
13. Geertsema W., Opdam P., Kropff M.J., 2002. Plant strategies and agricultural landscapes: survival in spatially and temporally fragmented habitat. *Landscape Ecology* 17: 263–279.
14. Górniak A., 1996. Substancje humusowe i ich rola w funkcjonowaniu ekosystemów słodkowodnych. Uniwersytet Warszawski, filia w Białymstoku, Białystok.
15. Grandcolas P., Nattier R., Trewick S., 2014. Relict species: a relict concept?. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(12): 655-663.
16. Grzywna A., 2014. Chemiczne wskaźniki jakości wody w zlewni lasów parczewskich. *Inżynieria Ekologiczna*, 36: 120–127. DOI: 10.12912/2081139X.08.
17. Herbich J., 2001. Zróżnicowanie i problemy ochrony roślinności torfowisk Pojezierza Kaszubskiego. *Acta Botanica Cassubica*, 1: 59–69.
18. Igras, J., Jadczyzyn, T. 2008. Zawartość azotanów i fosforanów w płytkich wodach gruntowych w Polsce. *Problemy inżynierii rolniczej*, 16: 91-102.
19. Ilnicki P., 2002. Torfowiska i torf. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego, Poznań.
20. Jabłońska E., 2009. Brzoza niska *Betula humilis* Schrank w Polsce – status fitocenotyczny, warunki siedliskowe, zagrożenia i ochrona. Typescript of doctoral dissertation. <https://www.researchgate.net/publication/270283403>
21. Janiec B. 1984. Naturalna i antropogeniczna ewolucja właściwości wód jezior w zachodniej części Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. Przewodnik Ogólnopolskiego Zjazdu PTG, Lublin.
22. Jasnowski M., 1972. Rozmiary i kierunki przekształceń szaty roślinnej torfowisk. *Phytocoenosis*, 1 (3): 193–209.
23. Juśkiewicz-Swaczyna B., Choszcz D., 2012. Effect of habitat quality on the structure of populations of *Pulsatilla patens* (L) Mill. (Ranunculaceae) – rare and endangered species in European flora. *Polish Journal of Ecology* 60: 567–576.
24. Kazimierzczak R., Hallmann E., Ardasińska B., Łoś B., Rembiałkowska E., 2012. The impact of organic and conventional crop production systems on phenolic compounds content in medicinal plants. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 57(3): 198-203.
25. Kiryluk A., Wiater J., 2004. Stężenie składników pokarmowych w wodach odpływających z ekstensywnych ekosystemów łąkowych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T4, z. 2a(11): 445-453.
26. Koerselman, W., Bakker, S. A., Blom, M., 1990. Nitrogen, phosphorus and potassium budgets for two small fens surrounded by heavily fertilized pastures. *Journal of Ecology*, 78: 428–442.
27. Kowalik, T., Kanownik, W., Bogdał, A., Policht-Latawiec, A., 2014. Wpływ zmian użytkowania zlewni wyżynnej na kształtowanie jakości wody powierzchniowej. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 16: 223-238.
28. Köster T., 2001. The productivity and nutrient cycle of natural grassland. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 478: 47-53.
29. Kujawa K., Kras M., Kujawa A., Nyka M., Bohdan A., 2017. Znaczenie drzew i krzewów na terenach nieleśnych. Czy wolno nam liberalizować zasady wycinki drzew i krzewów. Wyd. Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, Poznań.
30. Lamers L.P.M, Vile, M.A., Grootjans, A.P., Acreman, M.C., Diggelen, R., Evans, M.G., Richardson, C.J., Rochefort, L., Kooijman, A.M., Roelofs, J.G.M., Smolders, A.J.P., 2014. Ecological restoration of

- rich fens in Europe and North America: from trial and error to an evidence-based approach. *Biol. Rev.* doi: 10.1111/brv.12102.
31. Ligęza S, Smal H., 2004. Odczyn, przewodnictwo właściwe oraz stężenie pierwiastków zasadowych w roztworach glebowych gleb użytkowanych jako wybiegi na fermach gęsi. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, 59(4): 1613–1619.
 32. Maciak F., 1995. Ocena aktywności biologicznej murszów i torfów na podstawie mineralizacji związków węgla i azotu. *Roczniki Gleboznawcze*. 46(3-4): 19–28 .
 33. Marcinek J., Komisarz J., Kaźmierowski C., 1994. Dynamika składników rozpuszczalnych w wodach gruntowych uprawnych gleb płowych i czarnych ziem. *Roczniki AR, Poznań. Melior. Inż. Środ.* 268(15): 69-82.
 34. Michalczyk Z., 1992. Aktualny stan środowiska w rejonie Kanału Wieprz-Krzna i propozycje ekologicznego zagospodarowania tego terenu. *Wyd. Hydrotrust, Warszawa*.
 35. Misztal M., Smal H., Górniak A., 1992. Ground water inflow of nutrients to the lake from differently utilized catchments. *Water Research*, 26: 1237-1242
 36. Olaczek, R., Kucharski, L., Pisarek, W., 1990. Zanikanie obszarów podmokłych i jego skutki środowiskowe na przykładzie województwa piotrkowskiego (zlewni Pilicy i Warty). *Stud. Ośrodka Dok. Fizjogr.*, 18: 141–199.
 37. Oliveira, S.G.D., De Moura, F.R.R., Demarco, F.F., Da Silva Nascente, P., Del Pino, F.A.B., Lund, R.G., 2012. An ethnomedicinal survey on phytotherapy with professionals and patients from Basic Care Units in the Brazilian Unified Health System.- *Journal of Ethnopharmacology* 140(2): 428-437.
 38. Orzepowski W., Paruch A.M., Pulikowski K., Kowalczyk T., Pokładek R., 2014. Quantitative and qualitative assessment of agricultural water resources under variable climatic conditions of Silesian Lowlands (Southwest Poland). *Agricultural Water Management*, 138: 45–54.
 39. Orzepowski W., Pulikowski K., 2008. Magnesium, calcium, potassium and sodium content in groundwater and surface water in arable lands in the commune (gmina) of Kąty Wrocławskie. *J. Elementol.*, 13(4): 605-614.
 40. Pogorzelec M., 2008. Influence of chosen environmental abiotic factors on *Salix lapponum* L. populations functioning in Polesie Lubelskie Region. *Polish J. of Environ. Stud.*, 17(4): 139-144.
 41. Pogorzelec M., 2009. The downy willow (*Salix lapponum* L.) as a component of different phytocoenosis in Poleski National Park. *Acta Agrobotanica*, 62(1): 107-116.
 42. Pogorzelec M., Bronowicka-Mielniczuk U., Banach B., Szczurowska A., Serafin A., 2014. Relict boreal willows (*Salix lapponum* and *Salix myrtilloides*) as an element of phytocoenoses overgrowing the water bodies in Eastern Poland. *Applied Ecology and Environmental Research*, 12(2): 441-456.
 43. Pokładek R., Kowalczyk T., Orzepowski W., Pulikowski K., 2011. Na, K, Ca and Mg concentrations in effluent water drained from agricultural catchment basins in Lower Silesia. *J. Elementol.*, 16(3): 467-480.
 44. Ryszkowski L., 1992. Rolnictwo a zanieczyszczenia obszarowe środowiska. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 4:3-14.
 45. Sapek A., 1997. Risk of water pollution as a result of agricultural activities. In: Sustainable agriculture and rural area development. Activity of Working Group reports and Conference proceeding. *Wydawnictwo IBMUZ, Falenty*, 1:79-99
 46. Sapek B., 2014. Nagromadzenie i uwalnianie fosforu w glebach – źródła, procesy, przyczyny. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, T. 14. Z. 1 (45): 77–100.
 47. Senderski, M.E., 2015. *Prawie wszystko o ziołach i ziołolecznictwie*. - Wydawnictwo własne. Podkowa Leśna.
 48. Serafin A, Pogorzelec M. 2011. Changes in the flora of the eastern and southern parts of lake Piaseczno embankment in the years 2003-2010. *Acta Agrobotanica* 64(4): 141-150.
 49. Serafin A., Sender J., Bronowicka-Mielniczuk U., 2019. Potential of shrubs, shore vegetation and macrophytes of a lake to function as a phytogeochemical barrier against biogenic substances of various origin. *Water*, Vol. 11 Issue 2 art. number 290, DOI: 10.3390/w11020290.
 50. Smolders A.J.P., Lamers L.P.M., Lucassen E.C.H.E.T., van der Velde G., Roelofs J.G.M., 2006. Internal eutrophication: How it works and what to do about it – a review. *Chemistry and Ecology*, 22(2): 93–111.
 51. Sołtys M., Różycki A., 1996. Rzadkie i zagrożone gatunki flory naczyniowej w Poleskim Parku Narodowym. In: S. Radwan (ed.). *Funkcjonowanie ekosystemów wodno-błotnych w obszarach chronionych Polesia*. Wyd. UMCS, Lublin.
 52. Smits A.J.M., Cals M.J.R., Dorst H.J., 2001. Evolution of European river basin management.(W:) *River restoration in Europe. Practical Approaches*. Nijland H.J., Cals M.J.R. (eds.). Conference on River Restoration, Wageningen, The Netherlands 2000. Proceedings. RIZA report 2001.023. Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment RIZA, Arnhem, Lelystad.

53. Soomers H., Karssenberg D., Verhoeven J.T.A., Verweij P.A., Wassen M.J.. 2013. The effect of habitat fragmentation and abiotic factors on fen plant occurrence. *Biodiversity and Conservation*, 22: 405–424.
54. Stolarczyk M., Gus M., Jelonkiewicz Ł., 2017. Zmiany we właściwościach chemicznych gleb torfowych wskutek odwodnienia na przykładzie Tarnawy Wyżnej (Bieszczady Zachodnie). *Roczniki bieszczadzkie*, 25: 387–402.
55. Stumm, W., Morgan, J.J., 1981. *Aquatic chemistry, an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters*, 2nd ed., Wiley, New York.
56. Szafranski Cz., Fiedler M., Bykowski J., 1998. Cząso-przestrzenna zmienność chemizmu wód na Pojezierzu Gnieźnieńskim na przykładzie obiektu Mokronosy. *Przegląd Naukowy SGGW Warszawa*, 16: 262-269.
57. Tilaki G.A.D., Kamarei R., Vafakhah M., 2013. Determining the relation between soil properties and spatial variability of *Nitraria schoberi* Linn. Using geostatistical analysis: a case study in Meighan Playa in Iran. *Polish Journal of Ecology*, 61: 93–104.
58. Urban D., Wawer M., 2001. *Salix lapponum* L. i *S. myrtilloides* L. in the area of Sobibór in the Łęczyńsko-Włodawskie Lake District. *Ann. UMCS*, 56(11): 83-93.
59. Wassen, M.J., Venterink, H.O., Lapshina, E.D., Tanneberger, F., 2005. Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature*, 437: 547–550
60. Wilgat T., 1991. Wstęp, czynniki terenowe kształtujące stosunki wodne, morfometria jezior, zakończenie. In: *Jeziora Łęczyńsko-Włodawskie. Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej*, Tom XIX, Kraków.
61. Wojciechowski, I., 1997. *Funkcjonowanie Ekosystemów Torfowiskowych*; Akademia Rolnicza w Lublinie—Katedra Ekologii Ogólnej: Lublin, Poland.
62. Zarzycki K., Korzeniak U., (editor). 2002. *Ecological Indicator Values of Vascular Plants of Poland*. Inst. Botaniki PAN, Kraków.
63. Zbierska J., Ławniczak A.E., Kupiec J., Zbierska A., 2011. Stężenie składników biogennych w wodach gruntowych i podziemnych w zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego narazonego na zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 5, #103.2.

5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze

W ramach współpracy z katedralnym zespołem naukowym pod kierownictwem prof. dr hab. Iwo Wojciechowskiego uczestniczyłem w badaniach dotyczących: produktywności ekosystemów jeziornych poddanych różnego typu antropopresji; funkcjonowania ekosystemów torfowiskowych w warunkach naturalnych; czy wpływu czynników ograniczających na stan środowiska przyrodniczego na terenie Polesia Zachodniego (Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie). Aktywnie uczestniczyłem w pracach dotyczących Planu Ochrony Poleskiego Parku Narodowego (analizy siedliskowe i kartograficzne).

Niniejsze badania i aktywność terenowa wiązały się częściowo z problematyką naukową mojej pracy magisterskiej - *Wpływ czynników gospodarczych na zmiany ekosystemów wodnych wybranych obszarów Polesia Zachodniego* i były następstwem realizacji projektu badawczego OKO/BW/4 – *Sterowanie przebiegiem sukcesji ekosystemów torfowiskowych Polesia Lubelskiego* oraz samodzielnie przeze mnie prowadzonego OKO/BW/2 – *Produktywność zbiorowisk glonów jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego o różnym stopniu antropopresji* - w ramach działalności naukowej Katedry Ekologii Ogólnej. Niniejszą problematykę badawczą kontynuowałem w ramach badań naukowych dotyczących pracy doktorskiej - *Wpływ wieloletnich zmian środowiska przyrodniczego zlewni na status limnologiczny jeziora Piaseczno*. Obejmowały one wielopłaszczyznową analizę stanu

hydrochemicznego (pH, EC, O₂, Na, K, Ca, Mg, frakcje azotu i frakcje fosforu) najgłębszego jeziora pojezierza w oparciu o badania laboratoryjne jego wód w podziale na wody litoralu (sektory z różnym dominującym sposobem zagospodarowania zlewni) oraz pelagialu, a także wody gruntowe zlewni. Stan trofii wód określony został na podstawie wartości biologicznych wskaźników trofii wód (produkcja pierwotna brutto fitoplanktonu, stężenie chlorofilu *a*; liczba asymilacyjna Ichimury). Badania uzupełniające objęły skład gatunkowy i liczebność fitoplanktonu oraz analizy kartograficzne dokumentujące zmiany morfometryczne oraz dotyczące zlewni jeziora na podstawie dostępnych materiałów historycznych. W oparciu o wyniki badań ustaliłem, że aktualny stan środowiska przyrodniczego jeziora Piaseczno wskazuje na destabilizację mechanizmów utrzymujących homeostazę środowiskową, o czym świadczą: skład fitoplanktonu, wysoce zróżnicowane biologiczne wskaźniki trofii i czynniki fizyczno-chemiczne wód określające jednocześnie różny stopień eutrofizacji wód jeziornych. Zmiany środowiska przyrodniczego zlewni jeziora wiązały się ze zmianami w strukturze jej użytkowania na niekorzyść form naturalnych i w związku z presją rolniczą i rekreacyjną wraz z czynnikami atmosferycznymi (opady) oddziałują na status limnologiczny jeziora. Piaseczno jednak wykazuje wyjątkową odporność na nasilającą się antropopresję, co wynika ze specyficznych cech morfometrycznych i topograficznych, a jego użytkowanie i zachowanie przynajmniej obecnego stanu winno być zgodne z zasadami ochrony szczególnie cennych obiektów przyrodniczych.

Wymiernym osiągnięciem tej pracy było opracowanie strategii czynnej ochrony tego zbiornika. Część wyników badań zawarłem w publikacjach naukowych (SERAFIN, CZERNAŚ 2003; CZERNAŚ, SERAFIN 2007, SERAFIN 2008 - załącznik 3).

Po uzyskaniu stopnia doktora kontynuowałem moje zainteresowania badawcze rozszerzając zakres obiektów badań (kolejne jeziora) i ich charakter - dodatkowa analiza presji turystycznej na status limnologiczny jezior, czy określenie potencjału barier fitochemicznych roślinności pobrzeży przed biogenami różnego pochodzenia.

Od 2010 roku w ramach wspomnianych uprzednio projektów badawczych (NCN i UE) swoje zainteresowania rozszerzyłem o kwestie analizy hydrochemicznej warunków występowania reliktywów borealnych i roślin zielarskich. Moje zadania polegały na zaplanowaniu, stworzeniu infrastruktury pomiarowej (montaż piezometrów), cyklicznym poborze prób wody, doborze analizowanych czynników fizyczno-chemicznych wód, koordynacji badań laboratoryjnych oraz na analizie uzyskanych danych dokonywanych corocznie i jako sprawozdanie końcowe, a ich wymiernym efektem były publikacje naukowe stanowiące kanwę przedstawionego osiągnięcia naukowego.

W ramach wielopłaszczyznowych badań dotyczących reliktyw borealnych wierzb na terenie Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego brałem udział w badaniach i eksperymentach dotyczących problematyki ich efektywnej reprodukcji. Były to badania eksperymentalne - pionierskie dla tych gatunków roślin. W ramach tych badań po raz pierwszy ustalono zestaw czynników sprzyjających kiełkowaniu gametofitów męskich *S. lapponum* i *S. myrtilloides* w warunkach laboratoryjnych, co ma istotne znaczenie dla sukcesu przechowywania i wykorzystywania ich pyłku w warunkach *in vitro* dla reintrodukcji osobników tych gatunków (POGORZELEC ET AL. 2015; POGORZELEC ET AL. 2016 - zał. 3).

Brałem udział w wielu terenowych i kameralnych badaniach florystycznych na terenie Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. We współautorskich pracach przedstawiłem aktualny stan jakościowy i ilościowy flory wraz z analizą ekologiczną oraz zmiany zachodzące w zbiorowiskach roślinnych ekosystemów torfowiskowych, w tym w kontekście występowania badanych reliktyw (POGORZELEC ET AL. 2014 A, B; BANACH ET AL. 2014 - zał. 3), w zbiorowiskach związanych z ciekami przekształconymi przez przebudowy hydrotechniczne (POGORZELEC, SERAFIN 2010 - zał. 3) oraz naturalnymi zbiornikami wodnymi, w szczególności ich pobrzeżami (SERAFIN, POGORZELEC 2011 - zał. 3).

W ramach prowadzonych badań hydrobiologicznych dotyczących biologicznych wskaźników trofii – produkcja pierwotna brutto fitoplanktonu, koncentracja chlorofilu *a* w różnych częściach litoralu i pelagialu jeziora Piaseczna oraz w oparciu o badania źródłowe opisałem zmiany środowiska przyrodniczego zlewni oraz ich wpływ na historyczny i współczesny stan limnologiczny jeziora Piaseczno (w tym cechy morfometryczne), a także charakter zagrożeń dla ekosystemu jeziornego, stopień ich intensywności i mechanizmy oddziaływania (SERAFIN, CZERNAŚ 2003, CZERNAŚ, SERAFIN 2007, SERAFIN 2008, SERAFIN 2009 A, C; SERAFIN ET AL. 2019 – zał. 3).

W oparciu o badania struktury jakościowej i ilościowej fitoplanktonu wód litoralu i pelagialu jeziora Piaseczno stwierdziłem względne jego biocenotyczne zrównoważenie i wykazałem dominację nanoplanktonowych kryptofitów, niekiedy zielenic, a rzadko sinic oraz, że gatunkiem o dużym walorze diagnostyczno-fitosocjologicznym jest kryptofitowy dominant *Rodhomonas pusilla* (SERAFIN 2009B – zał. 3).

Produktywność ekosystemów jeziornych była również problematyką badawczą, którą realizowałem dla innych jezior Pojezierza. Były to dodatkowo jeziora: Bikcze (SERAFIN 2009A; SERAFIN, CZERNAŚ 2009), Uściwierz (SERAFIN, CZERNAŚ 2009 – zał. 3) oraz Zagłębcze (SERAFIN ET AL. 2019).

Te ostatnie również po części w tym kontekście jest wraz z jeziorem Piaseczno obiektem badań w recenzowanej obecnie pracy zatytułowanej: *Beach recreation in the context of the limnological status of a mesotrophic lake* (czasopismo *Fundamental and Applied Limnology*) oraz przygotowywanej obecnie pracy: *Wpływ parametrów fizyczno-chemicznych wód na produktywność jezior mezotroficznych*, przewidywanej do wydania jeszcze w tym roku.

Zainteresowanie statusem limnologicznym jezior rozszerzyłem o analizy liczby turystów przebywających w strefie brzegowej i na kąpieliskach jezior w aspekcie ich pojemności turystycznej oraz ilości substancji biogenych potencjalnie generowanych do ekosystemu z rekreacji plażowo-kąpielowej. Badania przeprowadziłem w latach 2008 i 2010 (SERAFIN ET AL. 2014 A, B - zał. 3) oraz 2014 i 2016 (praca w recenzji) w dwóch mezotroficznych jeziorach: Piaseczno i Zagłębcze. W przypadku tych ostatnich badań uzyskane dane odniosłem do wartości biologicznych wskaźników trofii określających status limnologiczny jezior w obu sezonach letnich. Ustaliłem, że relatywnie niewielka liczba turystów notowana w strefie brzegowej obu jezior przełożyła się na niskie wartości wskaźników ich pojemności turystycznej i małą ilość substancji biogenych potencjalnie generowanych do ekosystemów jeziornych (SERAFIN ET AL. 2014 A, B; oraz praca w recenzji – zał. 3). Wartości biologicznych wskaźników trofii wód obu jezior wskazywały na stale utrzymujący się, już od wielu dziesięcioleci, ich β -mezotroficzny charakter (praca w recenzji).

Ustaliłem także, że ilość substancji biogenych związanych bezpośrednio z turystyką plażowo-kąpieliskową ma zwykle niewielki wpływ na status limnologiczny jezior mezotroficznych. Jednakże ze względu na specyfikę ekosystemu jeziornego nawet niewielkie ilości biogenów mogą wpływać na destabilizację jego układu biocenotycznego (SERAFIN ET AL. 2014 A, B, SERAFIN ET AL. 2019, oraz praca w recenzji – zał. 3.).

Istnieje też teoretyczna możliwość wprowadzenia znacznych ilości substancji biogenych związanych z tego typu oddziaływaniem, wpływających zasadniczo na bilans substancji odżywczych zbiornika – 170,49 kg N rocznie and 77,91 kg P na rok przy utrzymującej się przez 30 dni w roku liczbie turystów wypełniającej maksimum pojemności turystycznej zbiornika - poziom obciążenia turystycznego obecnie niespotykany (SERAFIN ET AL. 2019 - zał. 3).

Aktywnością badawczą łączącą w sobie moje dotychczasowe zainteresowania jest analiza potencjału barier biogeochemicznych pobrzeży jezior przed dopływem ze zlewni substancji biogenych różnego pochodzenia (rolnictwo, turystyka, formy naturalne).

W ramach tej aktywności przeanalizowałem potencjał zbiorowisk roślinnych pobraża oraz strefy litoralu (makrofitów), ze szczególnym uwzględnieniem roślinności drzewiastej i krzewistej mezotroficznego jeziora Piaseczno, jako bariery fitochemicznej, w kontekście różnych sposobów zagospodarowania jego zlewni generujących potencjalnie ładunki substancji biogennej i w odniesieniu do jego produktywności mierzonej wartościami biologicznych wskaźników trofii wód. W toku badań ustaliłem, że zlewnia jeziora cechowała się obecnością naturalnych (lasy), jak i antropogenicznych form użytkowania gruntów (ekstensywne rolnictwo i rekreacja stacjonarna i niezorganizowana) generujących ustalone zróżnicowane ilości substancji biogennej do wód jeziora (w oparciu o wskaźniki obciążeń jednostkowych ze zlewni o różnym sposobie zagospodarowania).

Stwierdziłem, że wysoki potencjał efektywności barier fitochemicznych badanych fitocenozy w asymilacji substancji biogennej związany jest w pierwszym rzędzie z: ich bogactwem gatunkowym, różnorodnością form życiowych, obecnością specyficznych grup i gatunków roślin oraz szerokością strefy buforowej.

Stan ten jest wypadkową naturalnych cech siedliska oraz modyfikującego wpływu przekształceń antropogenicznych w zlewni wpływających na skład biocenotyczny roślinności pobraży i litoralu jeziora, a tym samym kształtujących strukturę jego stref buforowych. Cechy morfometryczne i uwarunkowania hydrologiczne zlewni w powiązaniu z różnorodną antropopresją, modyfikowane efektywnością ekotonowych barier biogeochemicznych wpływają na utrzymywanie mezotroficznego statusu limnologicznego zbiornika wodnego (SERAFIN ET AL. 2019 - zał. 3).

Dodatkowo moje badania naukowe przeprowadzone wspólnie z zespołem pracowników z Katedry obejmowały zagadnienia dotyczące np. metodologii analiz opadu atmosferycznego na terenie Polski (CUPAK ET AL. 2019 – zał. 3) oraz praca - *Application of kriging in the analysis of spatial variability of atmospheric precipitation in Poland* (Journal of Hydrology, w recenzji - zał. 3), a także problematykę erozji wodnej gleb wąwozu przylegającego do pól uprawnych (RYBICKI ET AL. 2019 – zał. 3).

6. Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego

Tabela 1. Zestawienie osiągnięć i realizowanych badań w pracy naukowo-badawczej

Wyszczególnienie	przed doktoratem	po doktoracie	łącznie
Publikacje oryginalne w czasopismach z bazy Journal Citation Report (w tym pierwszego autorstwa)	-	9 (7)	9 (7)

Pozostałe prace oryginalne (punkty wg MNiSW)	1	15	16
Publikacje popularno-naukowe	5	-	5
Liczba abstraktów i streszczeń konferencyjnych	5	12	17
Łączna liczba publikacji	11	35	46
Udział w projektach naukowych (w tym kierowanie projektami, zadaniami)	2	5(2)	7
Ekspertyzy naukowe	-	2	2
Sprawozdania naukowe	-	3	3
Udział aktywny w konferencjach krajowych (w tym międzynarodowych)	5	12(3)	17
Suma punktów MNiSW, zgodnie z rokiem opublikowania	4	280	284
Sumaryczny wskaźnik IF publikacji, zgodnie z rokiem opublikowania	-	8,727	8,727
Sumaryczny wskaźnik IF _{5-letni}	-	9,254	9,254
Liczba cytowań według bazy Web of Science*/ Scopus*/ Research Gate*	-	9/16/43	9/16/43
Indeks Hirscha według bazy Web of Science*/Scopus*	-	2/3	2/3

* dane na dzień 10.04.2019 r.

Tabela 2. Zestawienie dorobku według wskaźnika Impact Factor (IF) oraz wg oceny punktowej wykazu czasopism naukowych MNiSW

Nazwa czasopisma	Liczba publikacji	IF ¹⁾	Liczba punktów MNiSW ¹⁾	Sumaryczna liczba punktów MNiSW
		w roku wydania		
Publikacje wyróżnione w JCR (lista A)				
Applied Ecology and Environmental Research	4	0,557/ 0,721	15	60
Water	2	2,069	30	60
Dendrobiology	2	0,643	20	40
Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus	1	0,583	15	15
Publikacje w recenzowanych czasopismach krajowych (lista B)				
Teka Komisji i Ochrony Kształtowania Środowiska Przyrodniczego	5	-	4	20
Acta Agrobotanica	5	-	7/8/9/14	46
Acta Agrophisica	2	-	4	8
Journal of Ecological Engineering	1	-	12	12
Oceanological and Hydrobiological Studies	1	-	4	4
Ecohydrology & Hydrobiology	1	-	4	4
Publikacje nie posiadające współczynnika IF, indeksowane w bazie Web of Science				
E3S Web of Conferences 86, 00018 (2019) <i>Ecological and Environmental Engineering 2018</i>	1	-	15	15
RAZEM	25	8,727	-	284

Artur Serafin