

Załącznik 2a

Dr Krzysztof Banaś

Autoreferat

Uniwersytet Gdański  
Wydział Biologii

## 1. Imię i nazwisko

Krzysztof Banaś

## 2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

1996 – magister ochrony środowiska

Wydział Chemii Uniwersytetu Gdańskiego,

promotor: prof. dr hab. Józef Szymeja, na podstawie pracy *Hydrochemia jezior lobeliowych zachodniej części Pomorza*.

2001 – doktor nauk biologicznych w zakresie biologii

Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego,

Katedra Ekologii Roślin,

promotor: prof. dr hab. Józefa Szymeja, na podstawie rozprawy *Wpływ substancji humusowych na warunki siedliskowe roślin podwodnych* (doktorat z wyróżnieniem).

## 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

01.10.2002 – 30.09.2012: adiunkt w Katedrze Ekologii Roślin, Wydział Biologii UG.

01.10.2012 – 30.09.2018: starszy wykładowca w Katedrze Ekologii Roślin,  
Wydział Biologii UG.

## 4. Osiągnięcie naukowe jako podstawa ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

Osiągnięciem naukowym, pt. **Główne regulatory struktury roślinności podwodnej w jeziorach północno-zachodniej Polski**, w myśl art. 16, ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 59 z późn. zm.), jest monografia: Banaś K. 2016. *The principal regulators of vegetation structure in lakes of north-west Poland. A new approach to the assembly of macrophyte communities*. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 237 pp.

Funkcjonowanie ekosystemu jeziora oparte jest na naturalnych i spontanicznych procesach, które są wysoce zależne od struktury roślinności wodnej, zwłaszcza podwodnej. Zasadniczy zręb takiej roślinności tworzą rośliny naczyniowe (Spermatophyta) i ramienice (Charophyta), w mniejszym stopniu mszaki (Bryophyta) i paprotniki (Pteridophyta), zwyczajowo ujmowane jako makrofity (ang.: *macrophytes*). Są to rośliny unoszące się na powierzchni wody lub dryfujące w toni, a także zakotwiczone w podłożu lub nie kotwiczące się, ale utrzymujące z nim stały kontakt, wynoszące lub nie wynoszące organy asymilacji i rozmnażania ponad wodę (Szmeja 2006). Część z nich to zimozielone rośliny, tworzące przyziemne rozety złożone z krótkich i sztywnych liści, które są odporne na presję sił hydrodynamicznych, np. *Littorella uniflora*, *Lobelia dortmanna*, *Isoëtes lacustris*, *Juncus bulbosus* i *Ranunculus reptans*, a także niezimozielone o wysokich pędach z centralnie ułożoną tkanką mechaniczną, przez co są elastyczne, odporne na zginanie i rozciąganie, np. *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis*, *Stuckenia pectinata*, *Potamogeton crispus* lub *Nuphar* i *Nymphaea sp. div.*

Warto zaznaczyć, że obecność makrofitów jest powszechnie uznanym kryterium klasyfikowania i oceny jezior, czego dowodem są stosowne zapisy w Europejskiej Ramowej Dyrektywie Wodnej (dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego z dn. 23 października 2000 roku; np. Pall, Moser 2009), w analogicznej ustawie USA (Beck i in. 2010) oraz w innych dokumentach i postanowieniach, dotyczących ochrony i racjonalnego użytkowania zasobów przyrody, przyjętych m.in. przez International Union for Conservation of Nature, a także Ramsar Convention on Wetlands, które Polska ratyfikowała i realizuje. Jednym z zadań przedłożonej do oceny monografii, jako osiągnięcia naukowego w postępowaniu habilitacyjnym, jest wyłonienie zbiorowisk makrofitów z północno-zachodniej Polski oraz warunków środowiskowych ich występowania, w celu doprecyzowania metod oceny, ochrony i racjonalnego użytkowania jezior w pasie środkowoeuropejskich nizin. Wyniki prezentowanych badań mogą być przydatne w doskonaleniu metod renaturalizacji jezior i rewitalizacji ich biocenoz.

Makrofity tworzą trwałe w czasie i przestrzeni zbiorowiska. Ich wspólną cechą jest prosta struktura z dominacją jednego gatunku, rzadziej dwóch lub większej ich liczby, niezależnie od tego, którą część środowiska wodnego zajmują: nawodną,

podwodną, płytko- lub głębokowodną. Tworzenie się zbiorowisk o takiej strukturze jest najprawdopodobniej wynikiem aktywności filtra środowiskowego (Kraft i in. 2014) i biotycznego (Grime 1998), zwłaszcza konkurencji międzygatunkowej i wewnątrzpopulacyjnej (Lodge i in. 1998; Mitchell, Perrow 1998; Szmeja 2006). W jeziorach powszechnie uznanymi czynnikami abiotycznymi są światło, natlenienie, temperatura, a także inne fizyczne i chemiczne cechy wody, i osadu (Chambers, Kalff 1985; Lodge 1991; Capers 2003; Madsen i in. 2001; Feldmann 2012). Rola i ranga takich czynników, zwłaszcza tych, które mogą pełnić funkcję istotnych regulatorów struktury roślinności wodnej, jest słabo rozpoznana. Większość dotychczasowych badań była oparta na opisach ilościowych relacji między składnikami fitocenozy oraz na kojarzeniu ich struktury z warunkami środowiskowymi, przeważnie w oparciu o standardowe metody analiz statystycznych, rzadziej z uwzględnieniem najnowszych analiz numerycznych i specjalistycznych programów komputerowych.

Głównym **celem badań naukowych**, prezentowanych w przedłożonej do oceny monografii, jest **wyłonienie czynników środowiskowych odpowiedzialnych za strukturę zbiorowisk (skład gatunkowy) roślin podwodnych w jeziorach**. W tym celu, na bazie danych florystycznych oraz fizycznych i chemicznych cech wody przyosadowej, toni i osadu, zmierza się do wyłonienia czynników w najwyższym stopniu kształtujących podwodną roślinność jezior.

**Podstawą do ustalenia regulatorów struktury roślinności podwodnej były 15.143 próbki roślinności**, każda o powierzchni 0,1 m<sup>2</sup>, pobrane w latach 2005 – 2014 techniką nurkowania w 775 strefach dna (pasach co 1,0 m głębokości), w **161 jeziorach na Pojezierzu Pomorskim**, metodami proponowanymi przez Madsen (1993) i Szmeja (1994, 2006). Próbki te służyły do analizy kombinacji gatunkowych w strefach dna oraz do analizy związku danej kombinacji z warunkami środowiskowymi, a także do utworzenia stosownych modeli i wzorców roślinności.

**Materiałem do oceny warunków środowiskowych było 4.650 próbek, w tym 2.325 wody przyosadowej i tyle samo osadu**. W próbkach wody oznaczano 15 cech, w osadzie – 10. W wodzie zmierzono pH, potencjał redoks, przewodnictwo elektrolityczne, barwę, twardość, stężenie jonów wapnia, azotu i fosforu całkowitego, kwasów

humusowych,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , temperaturę, natlenienie i natężenie światła fotosyntetycznie aktywnego (PAR). Ponadto określono widzialność w wodzie (krążkiem Secchiego) oraz głębokość występowania roślin. W próbkach osadu zmierzono pH, przewodnictwo, potencjał redoks, zawartość wapnia, azotu i fosforu całkowitego, kwasów humusowych, materii organicznej i mineralnej oraz uwodnienie.

**W celu ustalenia struktury roślinności obliczono biomasę gatunków, ich frekwencję w próbkach i wskaźnik dominacji.** Wzorce występowania gatunków określono metodą ordynacji pośredniej (*Correspondence Analysis*; CA), natomiast wzorce uwzględniające występowanie gatunków łącznie z ich biomasą, metodą klasyfikacji hierarchicznej (aglomeracyjnej) metodą Warda z zastosowaniem odległości Manhattan (w programie *MVSP*). Trafność wyróżnionych w ten sposób grup gatunków, jako zbiorowisk, oceniono metodą *ANOSIM* z wykorzystaniem odległości Bray-Curtisa (Bray, Curtis 1957). **W charakterystyce zbiorowisk uwzględniono wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona–Wienera ( $H'$ ) i wskaźnik równomierności Pielou ( $J$ ), a także wskaźniki wierności gatunku ( $FI$ ), jego dominacji ( $DI$ ), stałości ( $CI$ ) i znaczenia ekologicznego w zbiorowisku ( $II$ ), a ponadto frekwencję gatunków i ich grup ( $F$ ).** Dla każdego zbiorowiska obliczono frekwencję gatunków wynurzonych oraz zanurzonych, w tym roślin naczyniowych, mszaków i ramienic, a także frekwencję płatów jedno-, dwu-, trój-, ... n-gatunkowych. Wyliczono również frekwencję zrzeszeń dla gatunków o stałości  $CI > 5\%$ , przy czym uwzględniono tylko te zrzeszenia, których frekwencja ( $F$ ) była wyższa od 1% liczby próbek roślinności pobranych w danym zbiorowisku.

Zróznicowanie warunków środowiskowych określono z wykorzystaniem analizy PCA (*Principal Components Analysis*). Wpływ czynników środowiskowych na występowanie roślin zanurzonych, wynurzonych, naczyniowych, mszaków i ramienic (liczbę gatunków i biomasę) oraz bogactwo gatunkowe zbiorowisk określono metodą RDA (*Redundancy Analysis*) w programie Canoco 4.5. Znaczenie zmiennych środowiskowych w różnicowaniu zbiorowisk określono za pomocą analizy dyskryminacyjnej (*Canonical Correspondence Analysis*; CCA), natomiast rangę regulatorów środowiskowych w formowaniu zbiorowisk ustalono metodą C&RT (*Classification and Regression Tree*), według współczynnika ważności (validity coefficient).

W 15.143 próbkach roślinności, pobranych ze 161 jezior, **odnotowano 122 gatunki roślin wodnych**, w tym 84 podwodne (47 naczyniowych, 20 mszaków i 17 ramienic), 3 nawodne (pleustofity) i 35 wynurzonych (tab. 2, 3; str. 20-23). Istotne znaczenie strukturotwórcze w formowaniu zbiorowisk ma 15 gatunków ( $F > 5\%$ ): *Chara delicatula*, *C. globularis*, *C. tomentosa*, *Nitella flexilis*, *Drepanocladus sordidus*, *Fontinalis antipyretica*, *Warnstorfia exannulata*, *Sphagnum denticulatum*, *Littorella uniflora*, *Lobelia dortmanna*, *Isoëtes lacustris*, *Myriophyllum alterniflorum*, *M. spicatum*, *Elodea canadensis* i *Ceratophyllum demersum*.

W 161 jeziorach odnotowano **12 zbiorowisk** (powtarzalnych jednostek roślinności), wyróżnionych metodami podanymi na str. 13 i 14. Są to: (1) *Sphagnum denticulatum*–*Warnstorfia exannulata*; (2) *Isoëtes lacustris*–*Lobelia dortmanna*–*Littorella uniflora*; (3) *Myriophyllum alterniflorum*–*Littorella uniflora*; (4) *Chara delicatula*–*Drepanocladus sordidus*; (5) *Fontinalis antipyretica*–*Drepanocladus sordidus*; (6) *Myriophyllum alterniflorum*–*Chara delicatula*; (7) *Elodea canadensis*; (8) *Ceratophyllum demersum*; (9) *Myriophyllum spicatum*; (10) *Nitella flexilis*; (11) *Chara globularis*; (12) *Chara tomentosa* (ryc. 3, str. 33).

Wspólną cechą zbiorowisk jest mała liczba gatunków wyróżniających i typowych, lecz duża towarzyszących zbiorowisku lub dla niego obcych (terminy: „gatunek wyróżniający”, „typowy”, „towarzyszący” i „obcy” wyjaśniono na str. 14). **Różnorodność gatunkowa zbiorowisk jest niska – indeks  $H'$  na ogół nie przekracza wartości 0,6.** Warto zaznaczyć, że rośliny wynurzone trafiają się rzadko ( $F < 5\%$ ), natomiast wśród zanurzonych dominują zimozielone (89,1%), rzadziej występują letnie z obligatoryjną diapauzą (53,5%). Frekwencja roślin naczyniowych jest wysoka (67,9%), niższa mszaków (43,0%) i ramienic (42,7%). Biomasa roślin w zbiorowiskach jest zróżnicowana, lecz na ogół niezbyt wysoka. Jest ona najwyższa w zbiorowiskach ramienic (*Chara tomentosa* oraz *C. globularis*), znacznie niższa w utworzonych przez rośliny naczyniowe, natomiast najniższa w płatach mszaków (*Fontinalis*–*Drepanocladus* oraz *Sphagnum*–*Warnstorfia*). Analiza wartości indeksu znaczenia gatunku w zbiorowisku (indeks  $II$ ; metoda na str. 15) wykazała, że **istotnym składnikiem każdego zbiorowiska (indeks  $II > 30\%$ ) jest zawsze tylko jeden gatunek.** Charakteryzuje się on wysoką wartością wskaźnika dominacji i stałości. Na

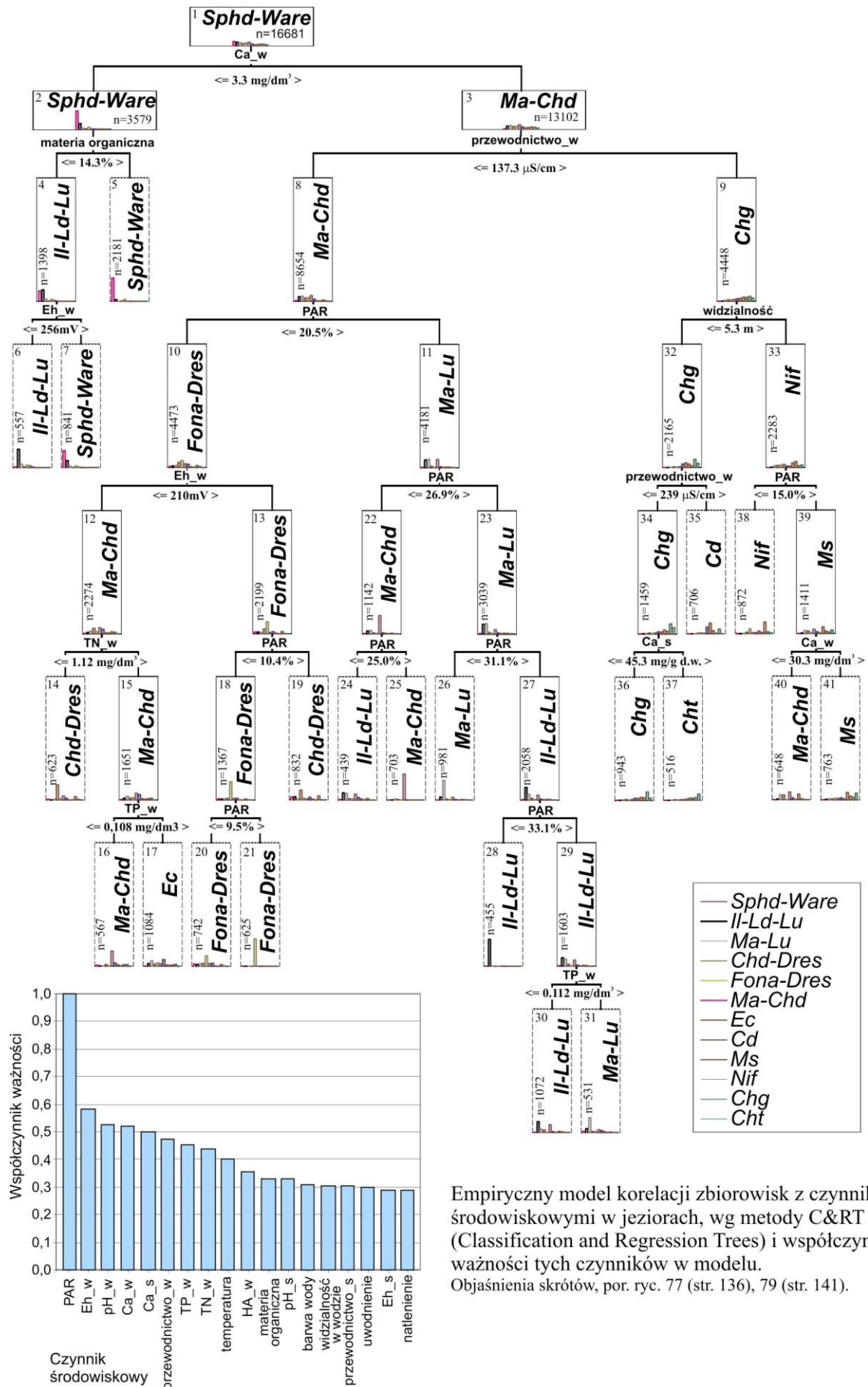
podkreślenie zasługuje fakt, że w zbiorowiskach licznie reprezentowane są gatunki o niskiej wartości indeksu znaczenia (tab. 26, str. 94), w tym **do pewnego stopnia przypadkowi recedenci**.

Roślinność podwodna jest mozaiką płatów przede wszystkim dwu-, trój- lub jednogatunkowych, znacznie rzadziej trafiają się czterogatunkowe lub złożone z większej liczby gatunków. Oznacza to, że **cechą analizowanych zbiorowisk jest krótka sekwencja gatunków zrzeszonych** (najczęściej dwu- lub trójgatunkowe), częste są agregacje jednogatunkowe (ryc. 56, str. 95). **Może to wskazywać na słabe relacje międzygatunkowe w zbiorowiskach roślin wodnych**.

Zbiorowiska roślin podwodnych wykształcają się w specyficznych, czyli sobie właściwych, warunkach środowiskowych, w przedziale głębokości od 0,5 do 11,5 m. Z przeprowadzonych badań jednoznacznie wynika, że **wpływ cech wody przyosadowej oraz cech toni na kombinacje gatunkowe**, liczbę gatunków, ich frekwencję i biomasę **jest większy niż osadu**. Struktura zbiorowisk roślin zakotwiczonych w osadzie zależy głównie od cech wody przyosadowej (tab. 47, str. 122; ryc. 77, str. 136; dyskusja wyników, str. 162).

**Regulatorami struktury roślinności podwodnej są: natężenie światła PAR, odczyn wody przyosadowej i ściśle z nim związane stężenie jonów wapnia, a także stężenie odpowiedniej formy węgla nieorganicznego w tej warstwie wody.** Na dwanaście zbiorowisk tylko jedno, utworzone przez mszaki (*Sphagnum denticulatum*–*Warnstorfia exannulata*), jest w większym stopniu zależne od cech osadu, niż wody przyosadowej i tworzącej toń jeziora (ryc. 77, str. 136). Warto podkreślić, że stężenie azotu i fosforu (w wodzie i osadzie), jako miara trofii, nie wpływa w statystycznie istotny sposób na zrzeszanie się roślin w zbiorowiska, chociaż bez wątpienia kształtuje warunki środowiskowe, zwłaszcza w zbiorowiskach *Chara*–*Drepanocladus*, *Myriophyllum*–*Chara*, *Isoëtes*–*Lobelia*–*Littorella* i *Myriophyllum*–*Littorella* (ryc. 78, str. 139 i model podany poniżej).

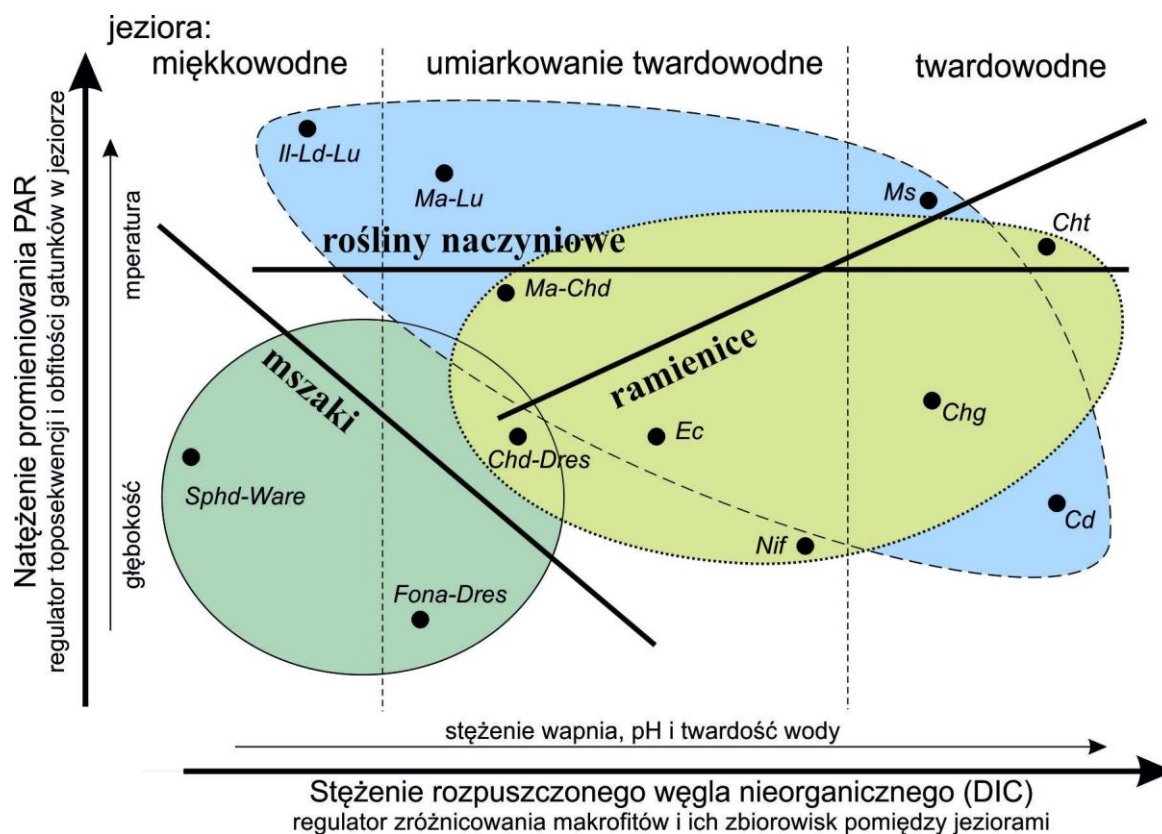




Empiryczny model korelacji zbiorowisk z czynnikami środowiskowymi w jeziorach, wg metody C&RT (Classification and Regression Trees) i współczynnik ważności tych czynników w modelu. Objaśnienia skrótów, por. ryc. 77 (str. 136), 79 (str. 141).



Niniejsze badania pokazują, że **regulatorem wymiany gatunków między zbiorowiskami są różnice w oświetleniu przestrzennej mozaiki płatów roślinności (ryc. 79, str. 141). Istotne funkcje regulacyjne pełni także stężenie dostępnej formy nieorganicznego węgla do fotosyntezy (ryc. 83, str. 153). Zmiana formy węgla (z wolnego dwutlenku węgla na wodorowęglany), skutkuje wzrostem wymiany gatunków, co prowadzi do przebudowy składu gatunkowego zbiorowisk, np. spadku liczby gatunków mszaków i ich biomasy, lecz wzrostu udziału ramienic i/lub bazyfilnych roślin naczyniowych (ryc. 84, str. 161 i model poniżej).**



Model koncepcyjny zbiorowisk roślinnych w jeziorach.

Zbiorowiska: *Sphd-Ware* (*Sphagnum denticulatum*–*Warnstorfia exannulata*); *Il-Ld-Lu* (*Isoetes lacustris*–*Lobelia dortmanna*–*Littorella uniflora*); *Ma-Lu* (*Myriophyllum alterniflorum*–*Littorella uniflora*); *Chd-Dres* (*Chara delicatula*–*Drepanocladus sordidus*); *Fona-Dres* (*Fontinalis antipyretica*–*Drepanocladus sordidus*); *Ma-Chd* (*Myriophyllum alterniflorum*–*Chara delicatula*); *Ec* (*Elodea canadensis*); *Cd* (*Ceratophyllum demersum*); *Ms* (*Myriophyllum spicatum*); *Nif* (*Nitella flexilis*); *Chg* (*Chara globularis*); *Cht* (*Chara tomentosa*), wg Banaś (2016).

Natężenie światła decyduje o występowaniu lub niewystępowaniu pewnych gatunków roślin w jeziorach, przede wszystkim płytkowodnych (np. *Eleocharis acicularis*, *Ranunculus reptans*, *Juncus bulbosus*, *Littorella uniflora*), a także z reguły głębokowodnych (np. *Nitella flexilis*, *Drepanocladus sordidus*, *Fontinalis antipyretica*), **ujmowanych jako stenotopowe pod względem zapotrzebowania na światło**. Dla roślin o szerokim spektrum wymagań w zakresie oświetlenia (pod tym względem – eurytopowych), do których należy większość makrofitów, ważne znaczenie ma przede wszystkim minimalne natężenie światła, które – zgodnie z wykonanymi badaniami – mieści się w pobliżu granicy 5% PAR (str. 121). Dobitnie świadczy o tym roślinność jezior humusowych, którą tworzą niemal wyłącznie cienioznośne (stenotopowe pod względem światła) mszaki, takie jak *Warnstorfia exannulata*, *Sphagnum denticulatum* i *S. cuspidatum*. W jeziorach humusowych strukturotwórcza rola eurytopowych makrofitów, w tym większości roślin naczyniowych, jest niewielka i ograniczona do roli składników wysoce przypadkowych. Warto dodać, że taki czynnik, jak **natlenienie wody** – z biologicznego punktu widzenia niezmiernie ważne – **jest bardzo słabym regulatorem struktury roślinności** (ryc. 79, str. 141).

Takie atrybuty środowiska wodnego, jak odczyn, stężenie jonów wapnia, przewodnictwo elektrolityczne i głębokość usytuowania zbiorowiska, współtworzą „tło warunków środowiskowych”, które stwarza (lub nie stwarza) warunki do zrzeszania się gatunków i formowania zbiorowisk. Warunki „tła” w najwyższym stopniu zdają się decydować o liczbie gatunków tworzących zbiorowisko, warto jednak zwrócić uwagę, że różnorodność gatunkowa zbiorowisk, mierzona indeksem  $H'$  oraz obfitość ich składników (biomasa) są dość słabo zależne od cech „tła środowiskowego”.

Oprócz fizycznych i chemicznych cech środowiska, istotne znaczenie najprawdopodobniej mają też czynniki biotyczne, głównie dynamika populacji gatunków uczestniczących w tworzeniu zbiorowisk, a także czas ich rezydencji w jeziorze. W najbliższej przyszłości planuję rozwinąć moje dotychczasowe badania o strukturotwórczą rolę (funkcję) czynnika biotycznego, w tym konkurencji

międzygatunkowej i wewnątrzpopulacyjnej oraz czasu rezydencji poszczególnych gatunków w jeziorach i zbiorowiskach.

## 5. Pozostałe osiągnięcia naukowe

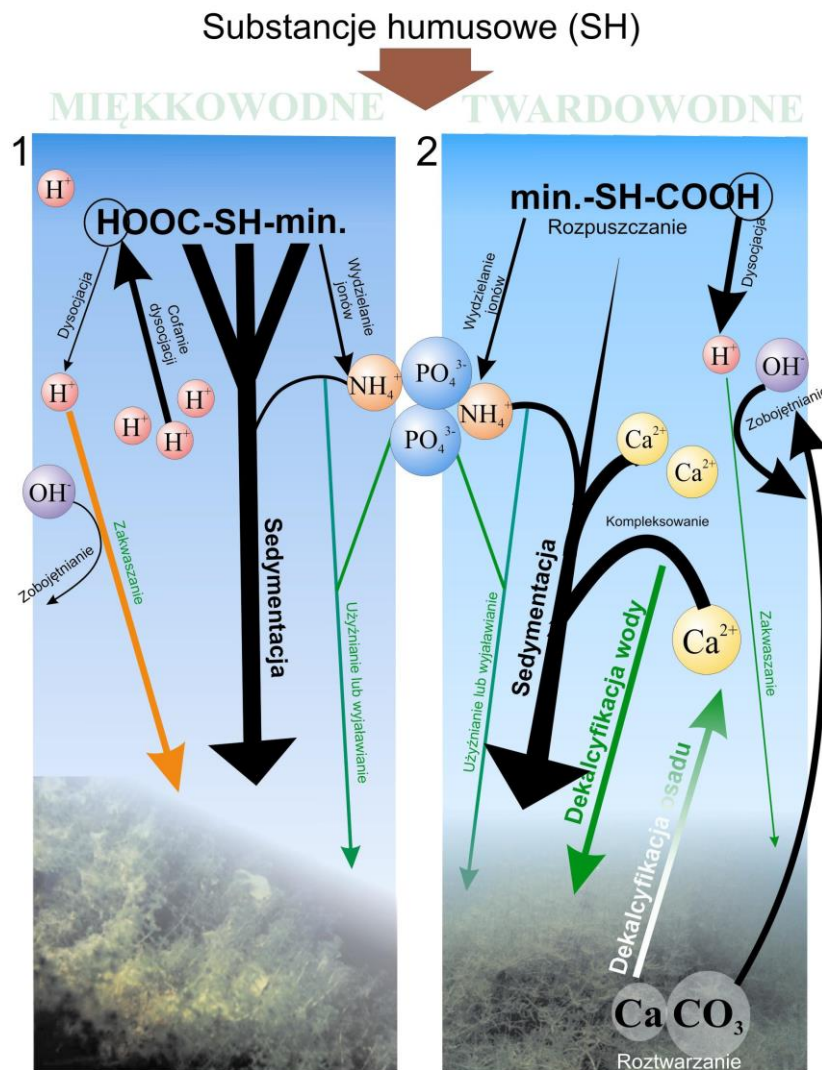
Moje dotychczasowe badania dotyczą głównie takich zagadnień, jak:

- A/ Wpływ substancji humusowych na warunki siedliskowe roślin podwodnych.
- B/ Warunki środowiskowe oraz organizacja przestrzenna roślinności w jeziorach mezo- i eutroficznym.
- C/ Historie życiowe roślin wodnych.
- D/ Wpływ warunków środowiskowych na roślinność jezior śródotfowiskowych.
- E/ Fenotypowa plastyczność klonalnych roślin wodnych.
- F/ Istota zrzeszania się gatunków roślin wodnych w zbiorowiska oraz różnorodność funkcjonalna roślinności w jeziorach.

Szczegółowe dane dotyczące mojej działalności naukowej zostały zaprezentowane w wykazie opublikowanych prac - Załącznik nr 4. Poniżej przedstawiam ogólny zarys poruszanej przeze mnie pozostałej tematyki (A-F).

**Ad. A. Wpływ substancji humusowych (SH) na warunki siedliskowe roślin podwodnych** temat moich pierwszym badań naukowych, trwających kilka lat i dotyczących oceny skutków humizacji jezior. Badania wykonane w 35 jeziorach na Pomorzu i źródłach ich zasilania w SH. Podstawą do analiz był obszerny materiał faktograficzny (2.172 próbki roślinności, 262 wody przyosadowej i 524 próbki osadów). Jednym z efektów tych prac było opracowanie modelu transformacji siedlisk roślin, zamieszczonego poniżej, dla: (1) jezior miękkowodnych (JM), w których woda ulega silnemu zabarwieniu i użyźnieniu, natomiast arealy populacji głębokowodnych roślin ulegają przesunięciu w stronę płytkiego litoralu, a także (2) dla jezior twardowodnych (JT), w których siedliska roślin podlegają odwapnieniu, użyźnieniu, zakwaszeniu, ocienieniu, ochłodzeniu i również przesunięciu w stronę płytkiego litoralu. Stwierdzono, że transformacja siedlisk ramienic jest zgodna z modelem dla

JT, mszaków – z modelem dla JM, natomiast siedliska roślin naczyniowych ulegają transformacji zgodnie z jednym i drugim modelem.



Model transformacji siedlisk roślin podwodnych pod wpływem substancji humusowych (SH) w jeziorach międko- (1) i twardowodnych (2).

Jednym z zadań, które wykonałem, było określenie wpływu czynników środowiskowych na tempo sedymentacji materiału osadotwórczego oraz na trwałość siedlisk roślin w jeziorach humusowych. Określono wpływ każdego z tych atrybutów na kierunki przemian roślinności i środowiska wewnątrz JM i JT. Głównym czynnikiem ograniczającym występowanie i rozwój roślin w takich jeziorach jest niedobór światła w wodzie. Fakt ten winien być wykorzystany w planach ochrony jezior, ich rewitalizacji i racjonalnego użytkowania.

Warto podkreślić, że podczas badania tempa sedymentacji udało się też ustalić wpływ odczynu, temperatury i promieniowania UV na ten proces, a także na trwałość osadów położonych na różnej głębokości w jeziorach. Stwierdzono, że tempo usuwania SH z wody jest najefektywniejsze w środowisku silnie kwaśnym, chłodnym i dobrze naświetlonym. Co więcej, tworzące się wówczas osady organiczne mają największą trwałość. W wodach o zasadowym odczynie, a przy tym względnie ciepłych, część SH ulega rozpuszczeniu, przez co siedliska bazyfilnych roślin, głównie ramienic, stają się dla nich niekorzystne. Jednym z efektów tych prac jest znalezienie kryteriów do odróżniania skutków humizacji antropogenicznej od naturalnej.

Tematy cząstkowe i źródła ich finansowania: (1) *Wpływ substancji humusowych na warunki siedliskowe makroflory jezior* (6P04G 027 15), **grant własny**, 1998-2001; (2) *Transformacja struktury i organizacji przestrzennej populacji roślin podwodnych w procesie antropogenicznej humizacji jezior* (6 PO4G 099 18), **główny wykonawca**, 2000-2002; (3) *Wpływ czynników środowiskowych na tempo sedymentacji materiału osadotwórczego i trwałość siedlisk roślin podwodnych w jeziorach humusowych* (3 P04 G 062 24), **grant własny**, 2003-2006; (4) *Różnorodność i potencjał aktywacyjny banków diaspor roślin podwodnych w jeziorach humusowych* (3 PO4 G 081 22), **wykonawca**, 2002-2005.

Wybrane publikacje z moim autorstwem lub współautorstwem, sporządzone na bazie badań wpływu SH na warunki siedliskowe roślin podwodnych.

1. Banaś K. 2002. Impact of humic substances on *Sphagnum denticulatum* habitats. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 71: 63-69.
2. Banaś K. 2004. Tendencje zmian cech fizyko-chemicznych wody w jeziorach humusowych Pomorza, p. 7-17. [W:] A. T. Jankowski M. Rzętała M. (red.) Jeziora i sztuczne zbiorniki wodne – funkcjonowanie, rewitalizacja i ochrona. Wyd. UŚ, Katowice, 234 pp.
3. Banaś K., Gos K. 2004. Effect of peat-bog reclamation on the physico-chemical characteristics of the ground water in peat. Polish Journal of Ecology 52: 69-74.
4. Merdalski M., Banaś K. 2005. The effect of allochthonous organic carbon on the hydrochemistry of hardwater lakes. p 149-159 [In:] A. T. Jankowski and M. Rzętała, Lakes and artificial water reservoirs - natural processes and socio-economic importance. Wyd. UŚ, Katowice, 284 pp.
5. Banaś K. 2005. The effect of dissolved organic carbon on pelagial and near-sediment water traits in lakes. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 74: 133-139.

**Ad. B.** *Warunki środowiskowe oraz organizacja przestrzenna roślinności w jeziorach mezo- i eutroficznych*; badania w ramach grantu KBN oraz dwóch BW/UG. Określono organizację przestrzenną roślinności, zagrożenia dla różnorodności gatunkowej flory i metody jej ochrony, a także kierunki przemian roślinności pod wpływem



czynników autogenicznych i allogenicznych w obu kategoriach jezior na Pomorzu. Ustalono m.in. preferencje siedliskowe wybranych gatunków ramienic, np. *Chara delicatula* i *Nitella flexilis* w jeziorach o dość niskim stężeniu jonów wapnia w wodzie, a także innych gatunków występujących w warunkach znacznie wyższego stężenia takich jonów. W płytkim litoralu jezior o relatywnie wysokim stężeniu wapnia rośnie przede wszystkim *Chara aspera*, głębiej *C. tomentosa*, *C. rudis*, *C. hispida* lub *C. contraria*.

Tematy cząstkowe i źródła ich finansowania: (1) *Rozmieszczenie, zasoby oraz ochrona zagrożonych i ginących gatunków roślin, porostów i grzybów makroskopowych Pomorza Gdańskiego* (6 PO4G 099 18), **wykonawca** w projekcie koordynowanym przez Katedrę Taksonomii Roślin i Ochrony Przyrody UG, 1999-2002; (2) *Warunki środowiskowe i organizacja przestrzenna populacji ramienic w jeziorach mezo- i eutroficznych* (BW/UG 1490-5-0085-7), **grant własny**, 2007; (3) *Warunki środowiskowe i organizacja przestrzenna populacji torfowców w jeziorach lobeliowych* (BW/UG 1490-5-0366-8), **grant własny**, 2008.

#### Wybrane publikacje z moim współautorstwem

1. Bociąg K., Gos K., Banaś K., 2007. Zróżnicowanie florystyczne jezior Kaszubskiego Parku Krajobrazowego, Rozdz. 14, p. 241-250, [W:] D. Borowiak (red.), Jeziora Kaszubskiego Parku Krajobrazowego, Ser. Bad. Limnol. 5, Wyd. KLUUG, Gdańsk.
2. Banaś K., Bociąg K. 2006. Roślinność podwodna i cechy środowiska w jeziorze Piecki. p. 101-117, [W:] J. Banaszak, K., Tobolski (red.) Park Narodowy „Bory Tucholskie” u progu nowej dekady, Wyd. UKW, Bydgoszcz.
3. Bociąg K., Rekowski E., Banaś K. 2011. The disappearance of stonewort populations in lobelia lakes of the Kashubian Lakeland (NW Poland). *Oceanol. and Hydrobiol. Studies* 40: 30-36.

**Ad. C. Historie życiowe roślin wodnych** – jeden z tematów realizowanych w latach 2004-2007, wspólnie z prof. Bernardem Clement (Laboratory of "Ecobio" University of Rennes, Francja), przez pracowników i doktorantów Katedry Ekologii Roślin UG z moim udziałem, polegającym na pobieraniu i oznaczaniu próbek środowiskowych oraz merytorycznej pomocy w interpretowaniu wyników analiz w populacjach 11 gatunków, których wybrane aspekty historii życiowych (ang.: *life histories*), sensu Stearns (1992), były badane. Temat ten uważam za istotne przedsięwzięcie badawcze z moim udziałem jako konsultantem w sprawach oceny warunków środowiskowych w jeziorach, zwłaszcza w areałach populacji takich roślin, jak *Chara delicatula* Ag. (= *Ch. fragilis* Desv. *subsp. delicatula* A. Br.), *Chara fragilis* Desv., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Juncus bulbosus* L., *Luronium natans* (L.) Raf., *Nymphoides peltata* (S.G. Gmel.),



*Potamogeton natans* L., *P. pectinatus* L., *P. perfoliatus* L., *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. i *Salvinia natans* (L.) All.

Temat realizowany w ramach projektu *Historie życiowe roślin wodnych. Analiza, synteza, zastosowanie w ochronie gatunków i ekosystemów* (2 PO4 G 001 27), w którym pełniłem funkcje **wykonawcy** powierzonych mi zadań cząstkowych, dotyczących oceny warunków środowiskowych w populacjach roślin, w latach 2004-2007.

#### Wybrane publikacje z moim udziałem

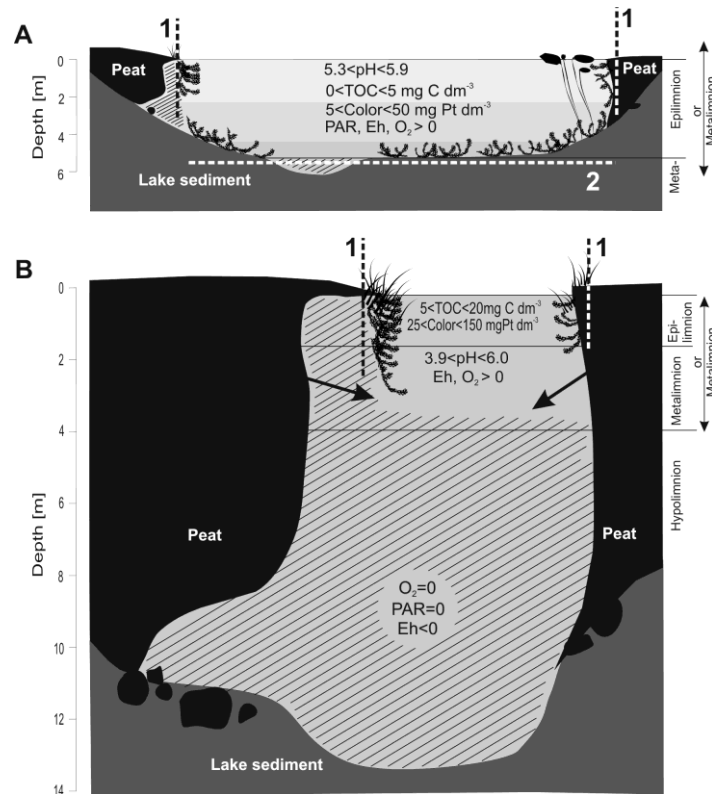
1. Bociąg K., Banaś K., Gos K., Merdalski M. 2007. Habitat conditions and underwater vegetation in Wielki and Mały Staw in the Giant Mountains. *Opera Corcontica* 44: 271-280.
2. Banaś K., Durmaj E. 2006(2007). Trwałość depozytu substancji humusowych w twardo- wodnych jeziorach humusowych. *Acta Bot. Cassub.* 6: 61-70.
3. Banaś K. 2006 (2007). Transformacja siedlisk isoetidów pod wpływem substancji humusowych. *Acta Bot. Cassub.* 6: 93-106.
4. Chobot M., Banaś K. 2008. Seasonal changes of environmental conditions in the phytolittoral zone of Lake Ostrowite in the Bory Tucholskie National Park. *Limnol. Rev.* 8: 87-96.

**Ad. D. Wpływ warunków środowiskowych na strukturę roślinności w jeziorach śródtorfowiskowych.** W badaniach uwzględniono 42 jeziora, z których pobrano 1.680 próbek roślinności, 126 próbek wody i tyle samo osadów. Rezultatem badań była ocena roślinności takich jezior w powiązaniu z cechami morfometrycznymi ich mis. Jednym z efektów badań są dwa koncepcyjne modele roślinności: (A) w płytkich i relatywnie dużych jeziorach śródtorfowiskowych z wodą lekko zabarwioną przez SH, roślinność jest zdominowana przez *Sphagnum denticulatum*, trafiają się także nymfeidy oraz (B) w głębokich i zwykle małych jeziorach, ze względu na silne zabarwienie wody przez SH i pionowo opadające podłoże, rośliny tworzą kurtynę swobodnie zwisającą z krawędzi pła torfowiskowego lub występują w formie niewielkich i rozproszonych skupisk na stromo opadających ścianach złoża torfowego.

Prace wykonane w ramach grantu *Geneza i środowiskotwórcza rola małych układów jeziorno-torfowiskowych na obszarach morenowych i sandrowych Pomorza* (2 PO4 G 066 27), **wykonawca**, w ramach współpracy z UAM w Poznaniu (2004-2007).

#### Wybrane publikacje z moim współautorstwem

1. Banaś K., Gos K. 2008. Features and diversity of pomeranian peatland lakes. p. 13-17, [In:] E. Bajkiewicz-Grabowska, D. Borowiak (eds), *Anthropogenic and natural transformations of lakes*. Vol. 2., Wyd. KLUG-PTLim, Gdańsk.
2. Banaś K. 2010. Morphology of peatland lakes. *Limnol. Rev.* 10: 3-14.
3. Banaś K., Gos K., Szmeja J. 2012. Factors controlling vegetation structure in peatland lakes. *Aquatic Botany* 96: 42-47.



Graficzny model zonacji roślin w jeziorach śródtorfowiskowych: (A) płytkie i relatywnie duże; (B) głębokie i zwykle małe. Objasnienia: 1- stromo opadające dno; 2 - poziome dno; TOC - całkowita zawartość węgla org.; Eh - potencjał redoks;  $O_2$  - stężenie tlenu; PAR - natężenie promieniowania fotosyntetycznie czynnego; obszar zakreskowany oznacza dno pozbawione makrofitów, wg Banaś i in. (2012; Aquatic Botany 96: 42-47).

**Ad. E. Fenotypowa plastyczność klonalnych roślin wodnych.** W populacjach, gildiach, jedno- i wielogatunkowych zrzeszeniach (zbiorowiskach) klonalnych roślin wodnych ustalono trendy zmian architektury równowiekowych osobników, frekwencję diapauzy, alokację biomasy do organów rozmnażania, asymilacji i kotwiczenia. Prace wykonano w 68 jeziorach i 17 ciekach na Pomorzu i Żuławach Wiślanych. Określono wpływ czynników środowiskowych, m.in. odczynu, natężenia światła fotosyntetycznie aktywnego, stężenia wapnia, substancji biogenicznych i humusowych w wodzie oraz osadzie jezior, a w ciekach, dodatkowo – prędkości przepływu wody. Określono wpływ warunków środowiskowych na cechy osobników, populacji i zbiorowisk, zwłaszcza na fenotypową plastyczność, fenologię i rozwój, architekturę i formę wzrostu, rozrodczość, śmiertelność oraz dynamikę liczebności populacji, a także na zaburzenia hydrodynamiczne i presję konkurentów.

Badania wykonano w ramach grantów: (1) *Fenotypowa plastyczność klonalnych roślin wodnych. Regulatory i normy reakcji, niestałość w populacjach i gildiach, zastosowanie w ochronie różnorodności biologicznej jezior* (N N304 4116 38), **główny wykonawca**, 2010-2013; (2) *Reakcje plastyczne ramienic na zaburzenia hydrodynamiczne i niedobór światła w litoralu jezior* (N N304 4113 33), **główny wykonawca**, 2007-2010.

#### Wybrane publikacje z moim współautorstwem

1. Bociąg K., Rekowska E., Banaś K. 2011. The disappearance of stonewort populations in lobelia lakes of the Kashubian Lakeland (NW Poland). *Oceanol. and Hydrobiol. Studies* 40: 30-36.
2. Banaś K., Gos K., Szejma J. 2012. Factors controlling vegetation structure in peatland lakes. *Aquatic Botany* 96: 42-47.
3. Bociąg K., Robionek A., Rekowska E., Banaś K. 2013. Effect of hydrodynamic disturbances on the biomass and architecture of the freshwater macroalga *Chara globularis* Thuill. *Acta Bot. Gallica* 160(2): 149-156.
4. Banaś K. 2013. The hydrochemistry of peatland lakes as a result of the morphological characteristics of their basins. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 42: 28-39.
5. Chmara R., Szejma J., Banaś K. 2014. Factors controlling the frequency and biomass of submerged vegetation in outwash lakes supplied with surface water or groundwater. *Boreal Env. Res.* 19: 168-180.
6. Chmara R., Banaś K., Szejma J. 2015. Changes in the structural and functional diversity of macrophyte communities along an acidity gradient in softwater lakes. *Flora* 216: 57-64.

**Ad. F.** *Istota zrzeszania się gatunków roślin wodnych w zbiorowiska oraz różnorodność funkcjonalna roślinności w jeziorach* – dwa obecnie realizowane tematy zespołowych badań z moim udziałem, jako wykonawcą powierzonych zadań. Dotychczas rozpoznaliśmy część sekwencji gatunków zrzeszonych, długość takich sekwencji, ich frekwencję oraz warunki środowiskowe powstawania. Jednym z efektów prac są wzorce współwystępowania gatunków i zasobności ich populacji w jeziorach północno-zachodniej Polski. Opracowano m.in. model roślinności podwodnej, oparty na założeniu modułowej (zonacyjnej) struktury zbiorowisk. Model ten wyjaśnia ograniczoną wymianę gatunków wewnątrz jezior i między nimi, a także stanowi punkt wyjścia do badań różnorodności funkcjonalnej roślinności wewnątrz jezior. Badania wykazały, że gradienty środowiskowe wpływają na strukturalne zróżnicowanie zbiorowisk, na zmiany w kompozycjach cech historii życiowych gatunków w zbiorowiskach, a także mogą mieć wpływ na różnorodność funkcjonalną roślinności. Łącząc podejście strukturalne z funkcjonalnym można pełniej i szerzej ująć różnorodność roślinności podwodnej.

Tematy cząstkowe, w których uczestniczyłem oraz źródła ich finansowania:

(1) *Regulatory formowania się par stowarzyszonych gatunków roślin podwodnych* (BW/UG/L 145-5-0403-0), **grant własny** (2010); (2) *Biologia i ekologia roślin wodnych i bagiennych* (530-L145-D024-12-17), **wykonawca** (2012-2017).

Publikacje z moim współautorstwem, w tym wykonane z wykorzystaniem bazy *AquaPlant* oraz manuskrypty z moim współautorstwem, złożone w redakcjach czasopism naukowych

1. Robionek A., Banaś K., Chmara R., Szymeja J. 2015. The avoidance strategy of environmental constraints by an aquatic plant *Potamogeton alpinus* in running waters. *Ecology and Evolution* 5(16): 3327-3337.
2. Chmara R., Szymeja J., Banaś K. 2017. The relationships between structural and functional diversity within and among. *Journal of Limnology*, online first, s. 1-19, doi: 10.4081/jlimnol.2017.1630
3. Szymeja J., Banaś K., Chmara R., Ronowski R., The light inside lakes as an environmental factor for macrophytes (manuskrypt złożony w *Journal of Limnology*).
4. Banaś K., Chmara R., Szymeja J., Rank of core and satellite species in the assembly of macrophyte communities (manuskrypt złożony w *Plant Biosystems*).
5. Banaś K., Chmara R., Ronowski R., Szymeja J., Annual photosynthetic irradiance as a regulator of vegetation inside lakes (manuskrypt złożony w *Environmental Monitoring and Assessment*).

Ponadto jednym z zadań, jakie wykonywałem od początku związania się z Katedrą Ekologii Roślin UG, był współudział w gromadzeniu materiałów do komputerowej bazy danych *AquaPlant – Roślinność Jezior Pomorza*. Założycielem bazy (w 1996 r.), pomysłodawcą i organizatorem jest Pan prof. dr hab. Józef Szymeja, kierownik Katedry, mój nauczyciel i opiekun naukowy. Baza jest corocznie uzupełniana. Pierwsza publikacja na podstawie tej bazy ukazała się w 2013 r. (Chmara R., Szymeja J., Ulrich W. 2013. Patterns of abundance and co-occurrence in submerged plants communities. *Ecological Research* 28: 387-395), czyli po 17 latach od jej założenia. Stan bazy na marzec 2018 r.: 1.311.672 rekordy (wpisy) z pomiaru cech architektury 116 gatunków roślin podwodnych (niemal każdy taki gatunek w Polsce), a także wpisy danych 10 cech osadu, 16 cech wody przyosadowej i toni, w tym natężenia światła PAR w strefach głębokości co 1,0 m (ogółem ok. 7 mln. pól w sieci danych). Trzonem bazy jest 46.118 próbek roślinności (każda o pow. 0,1 m<sup>2</sup>), w pełni powiązanych z cechami osadu, wody przyosadowej w płatach roślinności i toni 275 jezior.

## Perspektywy dalszych badań

Mechanizm powstawania czasowo i przestrzennie powtarzalnych kombinacji gatunkowych (zbiorowisk) nie jest w pełni rozpoznany. Jednym z moich najbliższych zadań badawczych będzie doskonalenie metod oceny roli czynnika biotycznego w tym procesie. Celowym byłoby pełniejsze niż dotychczas przeanalizowanie tempa wymiany gatunków wewnątrz jezior i między nimi oraz czasu rezydencji poszczególnych komponentów zbiorowisk. Ważne jest także wdrożenie części uzyskanych wyników w celu udoskonalenia naukowych podstaw ochrony jezior oraz metod prognozowania trendów rozwojowych roślinności w jeziorach, zwłaszcza w kontekście współczesnych zmian klimatu i rosnącej presji człowieka na jeziora.

## Literatura

- Banaś K. 2002. Impact of humic substances on *Sphagnum denticulatum* habitats. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 71: 63-69.
- Banaś K. 2004. Tendencje zmian cech fizyko-chemicznych wody w jeziorach humusowych Pomorza, p. 7-17. [W:] A. T. Jankowski M. Rzętała M. (red.) Jeziora i sztuczne zbiorniki wodne – funkcjonowanie, rewitalizacja i ochrona. Wyd. UŚ, Katowice, 234 pp.
- Banaś K. 2005. The effect of dissolved organic carbon on pelagial and near-sediment water traits in lakes. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 74: 133-139.
- Banaś K. 2006 (2007). Transformacja siedlisk isoetidów pod wpływem substancji humusowych. *Acta Bot. Cassub.* 6: 93-106.
- Banaś K. 2010. Morphology of peatland lakes. *Limnol. Rev.* 10: 3-14.
- Banaś K. 2013. The hydrochemistry of peatland lakes as a result of the morphological characteristics of their basins. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 42: 28-39.
- Banaś K. 2016. The principal regulators of vegetation structure in lakes of north-west Poland. A new approach to the assembly of macrophyte communities. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 237 pp.
- Banaś K., Bociąg K. 2006. Roślinność podwodna i cechy środowiska w jeziorze Piecki. p. 101-117, [W:] J. Banaszak, K., Tobolski (red.) Park Narodowy „Bory Tucholskie” u progu nowej dekady, Wyd. UKW, Bydgoszcz.
- Banaś K., Durmaj E. 2006(2007). Trwałość depozytu substancji humusowych w twarodo- wodnych jeziorach humusowych. *Acta Bot. Cassub.* 6: 61-70.
- Banaś K., Gos K. 2004. Effect of peat-bog reclamation on the physico-chemical characteristics of the ground water in peat. *Polish Journal of Ecology* 52: 69-74.
- Banaś K., Gos K. 2008. Features and diversity of pomeranian peatland lakes. p. 13-17, [In:] E. Bajkiewicz-Grabowska, D. Borowiak (eds), Anthropogenic and natural transformations of lakes. Vol. 2., Wyd. KLUG-PTLim, Gdańsk.
- Banaś K., Gos K., Szmaja J. 2012. Factors controlling vegetation structure in peatland lakes. *Aquatic Botany* 96: 42-47.
- Banaś K., Chmara R., Szmaja J., Rank of core and satellite species in the assembly of macrophyte communities (manuskrypt złożony w Plant Biosystems).
- Banaś K., Chmara R., Ronowski R., Szmaja J., Annual photosynthetic irradiance as a regulator of vegetation inside lakes (manuskrypt złożony w Environmental Monitoring and Assessment).
- Beck, A. J., Cochran, J. K., & Sañudo-Wilhelmy, S.A. 2010. The distribution and speciation of dissolved trace metals in a shallow subterranean estuary. *Marine Chemistry*, 121(1-4): 145-156.



- Bociąg K., Banaś K., Gos K., Merdalski M. 2007. Habitat conditions and underwater vegetation in Wielki and Mały Staw in the Giant Mountains. *Opera Corcontica* 44: 271-280.
- Bociąg K., Gos K., Banaś K., 2007. Zróżnicowanie florystyczne jezior Kaszubskiego Parku Krajobrazowego, Rozdz. 14, p. 241-250, [W:] D. Borowiak (red.), Jeziora Kaszubskiego Parku Krajobrazowego, Ser. Bad. Limnol. 5, Wyd. KLUG, Gdańsk.
- Bociąg K., Rekowska E., Banaś K. 2011. The disappearance of stonewort populations in lobelia lakes of the Kashubian Lakeland (NW Poland). *Oceanol. and Hydrobiol. Studies* 40: 30-36.
- Bociąg K., Robionek A., Rekowska E., Banaś K. 2013. Effect of hydrodynamic disturbances on the biomass and architecture of the freshwater macroalga *Chara globularis* Thuill. *Acta Bot. Gallica* 160(2): 149-156.
- Bray J.R., Curtis J.T. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.
- Capers R.S. 2003. Macrophyte colonization in a freshwater tidal wetland (Lyme, CT, USA). *Aquatic Botany* 77: 325-338.
- Chambers P.A., Kalff J. 1985. Depth distribution and biomass of submerged aquatic macrophyte communities in relation to Secchi depth. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42: 701-709.
- Chmara R., Banaś K., Szmeja J. 2015. Changes in the structural and functional diversity of macrophyte communities along an acidity gradient in softwater lakes. *Flora* 216: 57-64.
- Chmara R., Szmeja J., Banaś K. 2014. Factors controlling the frequency and biomass of submerged vegetation in outwash lakes supplied with surface water or groundwater. *Boreal Env. Res.* 19: 168-180.
- Chmara R., Szmeja J., Banaś K. 2017. The relationships between structural and functional diversity within and among. *Journal of Limnology*, online first, s. 1-19, doi: 10.4081/jlimnol.2017.1630
- Chmara R., Szmeja J., Ulrich W. 2013. Patterns of abundance and co-occurrence in submerged plants communities. *Ecological Research* 28: 387-395
- Chobot M., Banaś K. 2008. Seasonal changes of environmental conditions in the phytolittoral zone of Lake Ostrowite in the Bory Tucholskie National Park, *Limnol. Rev.* 8: 87-96.
- Feldmann T. 2012. The structuring role of lake conditions for aquatic macrophytes. Ph.D. thesis, Tartu: Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Estonian University of Life Sciences.
- Grime J.P. 1998. Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology* 86: 902-910.
- Kraft N.J.B., Adler P.B., Godoy O., James E.C., Fuller S., Levine J.M. 2014. Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor. *Functional Ecology* 29: 592-599.
- Lodge D.M., 1991. Herbivory on freshwater macrophytes. *Aquatic Botany* 41: 195-224.
- Lodge D.M., Cronin G., van Donk E., Froelich A.J. 1998. Impact of herbivory on plant standing crop: comparisons among biomes, between vascular and nonvascular plants, and among freshwater herbivore taxa. p. 149-174. [In:] Jeppesen E., Søndergaard M., Søndergaard M., Christoffersen K. (eds). *The Structuring Role of Submersed Macrophytes in Lakes*. New York: Springer.
- Madsen J.D. 1993. Biomass techniques for monitoring and assessing control of aquatic vegetation. *Lake and Reservoir Management* 7: 141-154.
- Madsen J.D., Chambers P.A., James W.F., Koch E.W., Westlake D.F. 2001. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia* 444: 71-84.
- Merdalski M., Banaś K. 2005. The effect of allochthonous organic carbon on the hydrochemistry of hardwater lakes. Silesia University, Faculty of Earth Sciences, Polish Limnological Society, Polish Geographical Society - Branch Katowice, Sosnowiec, p. 149-159.
- Mitchell S.F., Perrow M.R. 1998. Interactions between grazing birds and macrophytes. p. 175-195. [In:] Jeppesen E., Søndergaard M., Søndergaard M., Christoffersen K. (eds). *The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes*. New York: Springer-Verlag.
- Pall, K., & Moser, V. 2009. Austrian index macrophytes (AIM-Module1) for lakes: A Water Framework Directive compliant assessment system for lakes using aquatic macrophytes. *Hydrobiologia*, 633(1), 83-104.



- Robionek A., Banaś K., Chmara R., Szymeja J. 2015. The avoidance strategy of environmental constraints by an aquatic plant *Potamogeton alpinus* in running waters. *Ecology and Evolution* 5(16): 3327-3337.
- Stearns S.C. 1992. *The evolution of life histories*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Szymeja J. 1994. An individual's status in populations of isoetid species. *Aquatic Botany* 48: 203-224.
- Szymeja J. 2006. *A guide to the study of aquatic plants*. Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego (in Polish).
- Szymeja J., Banaś K., Chmara R., Ronowski R., The light inside lakes as an environmental factor for macrophytes (manuskrypt złożony w *Journal of Limnology*).