

Zmiany żyzności trofii w ekosystemach miękkowodnych jezior Borów Tucholskich

Krystyna Milecka*, Bożena Bogaczewicz-Adamczak**



K. Milecka



B. Bogaczewicz-Adamczak

Changes of trophy in soft water lakes of Tuchola Pinewoods (N Poland). *Prz. Geol.*, 54: 81–86.

S u m m a r y. Soft water lakes are mostly acid, poor in minerals and have a lot of free CO₂ in their water and bottom sediments. So called Lobelia lakes, containing *Lobelia dortmanna* L., *Isoëtes lacustris* L., and *Littorella uniflora* (L.) Ascherson, are a type of soft water lakes. These species are rare in Poland and in Europe mainly because of eutrophication and anthropopression. Lobelia lakes and ecology of isoetids were described in many scientific articles, but their history is poorly recognised. Thus, for some years palaeoecological research has been done in the Tuchola Pinewoods to reveal the time of migration, spreading and development of Lobelia lakes. Pollen analysis and diatom analysis were done for the sediments of lakes: Nierybno, Okoń Duży, Linowskie, Moczadło and Nawionek (Fig. 1). Content of plant remains of *Lobelia dortmanna* nad *Isoëtes lacustris*, fossil diatoms and *Pediastrum* indicates

phases of low and high trophy of Lake Nierybno (Fig. 5). The highest trophy was found in the Younger Dryas, in the middle Boreal Period and the oldest time of Subboreal Period. The lowest trophy was observed at the beginning of the Holocene, in the Atlantic Period and in modern times. Low trophy of the lake is related to acid or neutral pH of the water. Reconstruction of the lake history based on diatom analysis shows two main phases of the Nierybno ecosystem existence. In the early stages of the lake's development it was an eutrophic basin with elevated pH. At the beginning of the Atlantic Period the pH decreased and content of nutrients in the water was reduced. *Navicula radiosa*, *N. leptostriata* and *N. heimansioides*, species typical for Lobelia lakes have been present since then. Generally Lobelia lakes are well preserved in the Tuchola Pinewoods due to low anthropopression and conservation activity of the Tuchola Pinewoods National Park and the Zaborski Landscape Park.

Key words: soft water lakes, pollen analysis, diatom analysis, trophy changes, Holocene, Tuchola Pinewoods

Jeziora miękkowodne są ubogie w sole mineralne, często kwaśne, charakteryzują się niskim przewodnictwem elektrolitycznym oraz dużą koncentracją wolnego dwutlenku węgla w wodzie i osadach dennych (Szmeja, 1997; Smolders i in., 2002). Wśród wielu typów zbiorników miękkowodnych (Murphy, 2002) wyróżniają się jeziora lobeliowe z udziałem isoetydów (zakorzenionych roślin wodnych z krótką łodygą i rozetą sztywnych, sztyldastych liści): *Lobelia dortmanna* L., *Isoëtes lacustris* L. i *Littorella uniflora* (L.) Ascherson. Współcześnie, głównie ze względu na eutrofizację, gatunki te rzadko występują w Polsce i w Europie, a ich populacja zmniejsza się (Bobowicz i in., 1994; Zajac & Zajac, 1997; Szmeja, 1997, 2001a, b). Obniżanie liczby stanowisk ze skąpożywnymi składnikami jezior lobeliowych jest skutkiem oddziaływań antropogenicznych, głównie zwiększania żyzności i podniesienia odczynu wody w jeziorach. Proces odmienny, obniżania pH i dystrofizacji, ostatecznie również prowadzący do eliminacji isoetydów jest skutkiem gospodarki człowieka lub naturalnych procesów zachodzących w całej zlewni jeziora (Szmeja, 1997; Banaś, 1998; Murphy, 2002; Smolders i in., 2002). Jeziora lobeliowe stanowią interesujący obiekt naukowy, a ich obecne funkcjonowanie oraz stan i rozwój zbiorowisk roślinnych są przedmiotem licznych opracowań

(np.: Szmal, 1959; Dąbska, 1965; Arts i in., 1990; Roelofs i in., 1996; Kłosowski & Szańkowski, 1997; Szmeja, 1992, 1997; Murphy, 2002). Niedosyt budzi natomiast dostępna literatura paleoekologiczna, gdyż do końca ubiegłego wieku postglacjalną historię jezior lobeliowych rozpoznano dla pojedynczych zaledwie stanowisk w Polsce (Hjelmroos-Ericsson, 1981; Milecka, 1998) i niewiele większej liczby w Europie (np. Fredskild, 1973; Odgaard, 1994; Birks, 2000).

Od kilku lat są prowadzone badania paleoekologiczne osadów dennych jezior lobeliowych na terenie Borów Tucholskich (Milecka i in., 2002; Milecka & Obremaska, 2002; Bubak & Bogaczewicz-Adamczak, 2003; Milecka, 2005). Zmierzają one do rozszerzenia stanu wiedzy o przeszłości tych zbiorników oraz opracowania skutecznych metod ich ochrony.

Obiektem badań paleoekologicznych były osady dennie jezior lobeliowych zachodniej części Borów Tucholskich: Nierybno, Okoń Duży, J. Linowskie, Moczadło i Nawionek (ryc. 1). Dla jeziora Nierybno wykonano analizę pyłkową i opisano historię roślinności w schyłkowej fazie późnego glacjału oraz w holocenie. Wykonano także analizy kopalnych okrzemek (Milecka i in., 2002; Bubak & Bogaczewicz-Adamczak, 2003; Milecka, 2005). Użyte dane paleolimnologiczne pozwoliły na prześledzenie zmian środowiskowych w rozwoju tego zbiornika, w tym zmian jego stanu troficznego oraz jego otoczenia. Ponadto dla stropowych warstw osadów pozostałych jezior wykonano analizę pyłkową i szczątków makroskopowych roślin oraz analizę subfosylnych okrzemek, co stało się podstawą oceny ich rozwoju w najmłodszej fazie holocenu do czasów współczesnych (Milecka, 2005; Bubak niepubl.).

*Zakład Biogeografii i Paleoekologii, Instytut Paleogeografii i Geoekologii UAM, ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań; milecka@amu.edu.pl

**Zakład Funkcjonowania Ekosystemów Morskich, Instytut Oceanografii UG, ul. Marszałka Piłsudskiego 46, 81-372 Gdynia; bozena@sat.ocean.univ.gda.pl

Metody

Próbki do badań pyłkowych o objętości 1 cm³ pobrano w odstępach 5 lub 10 cm. Przed analizą mikroskopową poddano je standardowemu przygotowaniu laboratoryjnemu, usuwając składniki mineralne, węglany oraz nierozłożone fragmenty roślin (Berglund & Ralska-Jasiewiczowa, 1986). Preparaty mikroskopowe liczone do uzyskania co najmniej 500 ziaren pyłku drzew, krzewów i roślin zielnych oraz wszystkie towarzyszące im sporomorfy siedlisk wilgotnych i glony *Pediastrum*. Ilościowe i jakościowe wyniki analiz paleobotanicznych przedstawiono w formie diagramów pyłkowych i szczątków makroskopowych roślin stosując program Tilia-Graph i Corel Draw.

Próbki do badań okrzemkowych o objętości 1 cm³ pobierano z rdzeni w odstępach 10 cm. W celu usunięcia materii organicznej z osadów, a przede wszystkim treści komórkowej z pancerzyków okrzemek, próby zalewano 10% HCL, a następnie spalano w 30% perhydrolu na łaźni wodnej w temperaturze 60–90°C do uzyskania opalizującego osadu. Preparaty mikroskopowe przygotowano w żywicy Naphrax o współczynniku załamania światła 1,72. Jakościową i ilościową analizę okrzemek przeprowadzono pod mikroskopem świetlnym Nikon–Eclipse 80i używając obiektów 100× z imersją. W każdym preparacie liczone do 500 okryw okrzemek, a następnie obliczono procentowy udział poszczególnych taksonów. Do oznaczeń taksono-

micznych okrzemek wykorzystano standardowe klucze, monografie i inne opracowania.

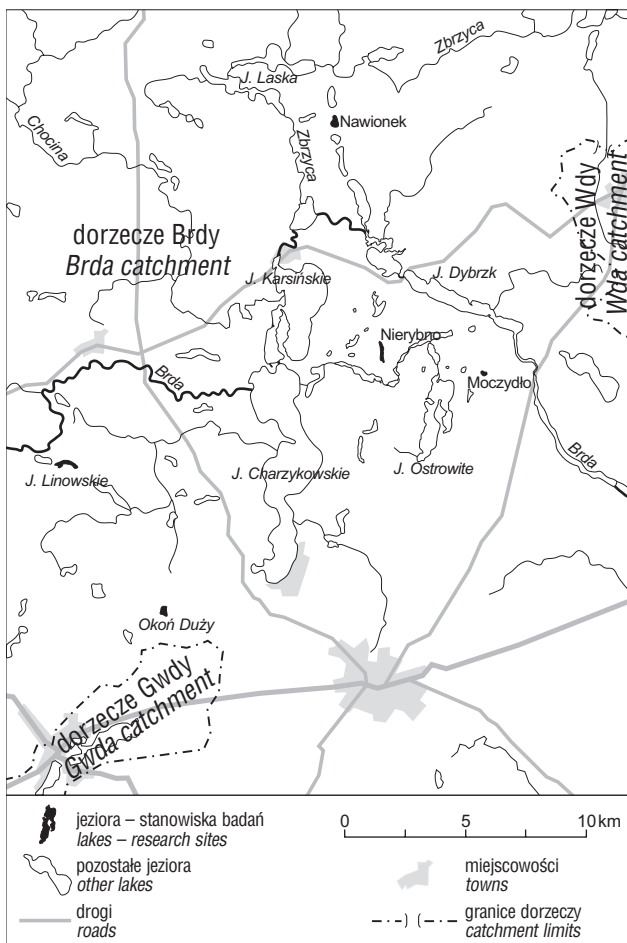
Ponadto, wyróżniono wskaźnikowe grupy okrzemek (plankton/bentos, grupy pH, grupy troficzne) skupiające gatunki o podobnych wymaganiach w odniesieniu do określonych cech środowiska wodnego, korzystając z opisanych w literaturze wartości bioindykacyjnych dla poszczególnych taksonów.

Wyniki

Uproszczony diagram pyłkowy z osadów jeziora Nierówno wskazuje funkcjonowanie zbiorowisk z udziałem isoetydów od początku holocenu. Najwcześniej pojawiły się zarodniki *Isoëtes lacustris*, następnie ok. 8500 lat BP ziarna pyłku *Littorella uniflora* (ryc. 2). Poryblin jeziorny ponownie zaznaczył swoją obecność u schyłku okresu atlantyckiego i na początku okresu subborealnego. *Lobelia dortmanna* wystąpiła jedynie w najmłodszej fazie holocenu, podczas ostatnich dwóch tysięcy lat. Analiza szczątków makroskopowych nie wykazała obecności makrospor *Isoëtes* w badanym profilu. Prawdopodobnie jest to skutek pobrania rdzenia osadów w głębokowodnej części jeziora (Strzelczyk, 2004; Milecka, 2005). Nasiona lobelii jeziornej podobnie jak ziaren pyłku, stwierdzono od 2000 BP.

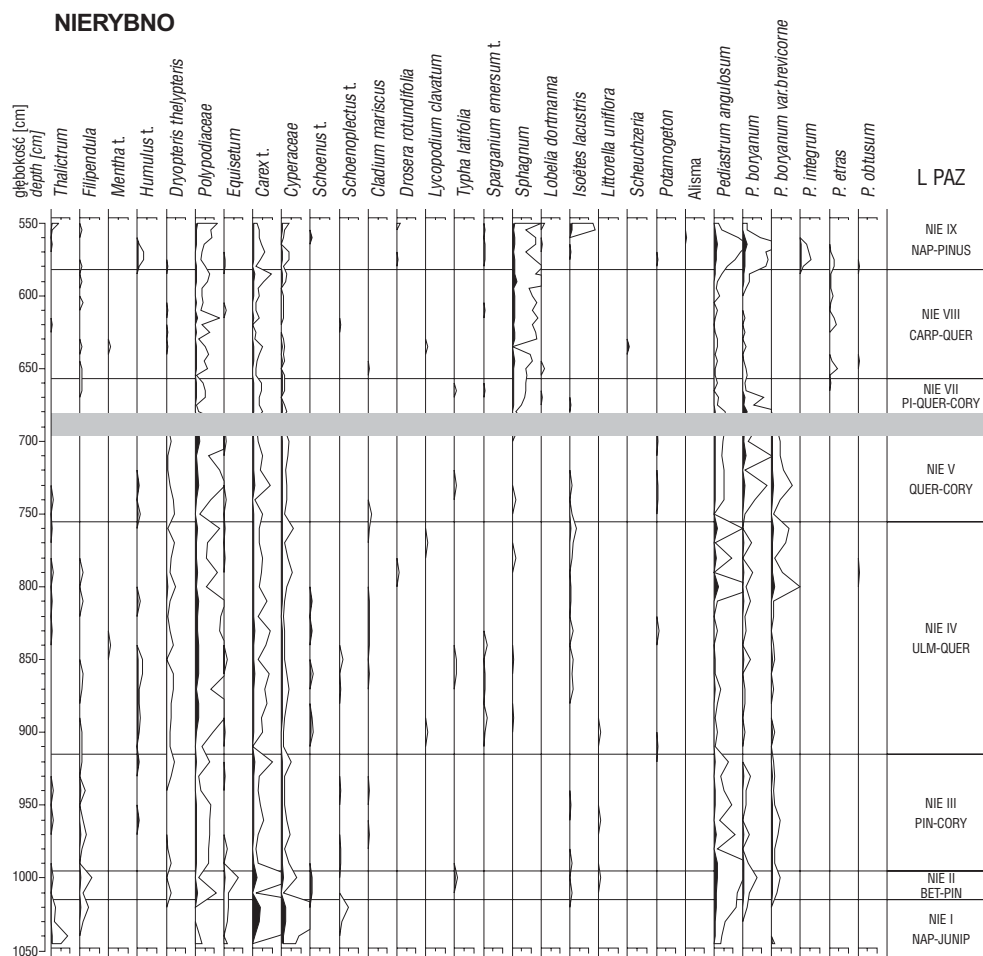
Wśród oznaczanych podczas analizy mikroskopowej glonów, zielenica *Pediastrum angulosum* jest gatunkiem gwiazdoszka najbardziej charakterystycznym dla ekosystemów skąpożywnych, w tym jezior lobeliowych oraz osadów późnoglacialnych (Nielsen & Sorensen, 1992; Komarek & Jankovska, 2001). W osadach jeziora Nierówno gatunek ten występuje w warstwach akumulowanych podczas późnego glacialu, schyłku okresu atlantyckiego oraz w osadach najmłodszych (ryc. 2). Jego obecność w allerödzie oraz młodszym dryasie jest wskaźnikiem chłodnych warunków klimatycznych; pojawia się wtedy, pomimo relatywnie wysokiej zasobności wód jeziora. Natomiast pozostałe dwie fazy występowania *P. angulosum* są zbieżne z obecnością mikro i makropozostałości isoetydów.

W spągowych osadach rdzenia Nierówno jest notowane zbiorowisko okrzemek z dominacją epifitycznych form alkalicznych



Ryc. 1. Położenie stanowisk badawczych w Borach Tucholskich

Fig. 1. Location of the research area in the Tuchola Pinewoods

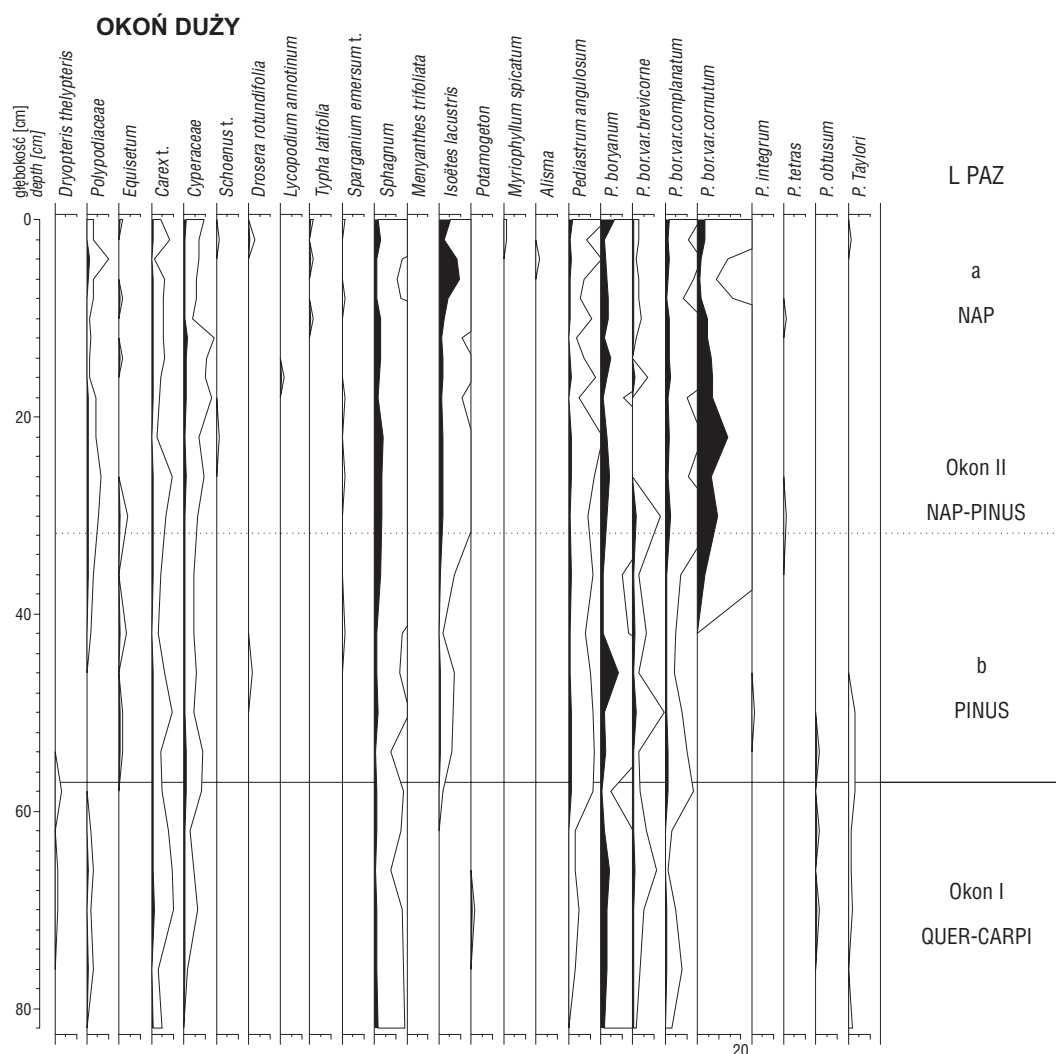


Ryc. 2. Uproszczony diagram pyłkowy rdzenia osadów z jeziora Nierybno
Fig. 2. Simplified pollen diagram from Lake Nierybno

należących do rodzaju *Fragilaria*, którym towarzyszą formy planktonowe *Stephanodiscus medius* i *Cyclostephanos dubius*. Taki skład flory okrzemkowej świadczy o środowisku alkalicznym i eutroficznym typie wód w jeziorze (Gaillard & Hakansson, 1984; Van Dam i in., 1994; Bogaczewicz-Adamczak, 1990). W kolejnej warstwie osadów wzrasta udział planktonowych okrzemek z rodzaju: *Cyclotella* spp., charakterystycznych dla zimnych wód oligotroficznych (Hakansson, 1989; Bogaczewicz-Adamczak, 1990). Ponowny wzrost udziału, w nadległej warstwie osadów epifitycznych form z rodzaju *Fragilaria*, wskazuje na zmianę zarówno pH wody (wzrost pH), jak i zmianę jej stopnia troficznego (wzrost żyzności). W kolejnej warstwie osadów jeziora Nierybno notowane jest zbiorowisko w skład którego wchodzi epifityczne gatunki z rodzaju *Navicula*: *N. radiosa*, *N. heimansioides*, *N. laevis-sima*, *N. leptostriata* właściwe dla jezior lobeliowych (Lange-Bertalot & Metzeltin, 1996). W stropowej części rdzenia Nierybno dominującymi składnikami w zbiorowisku okrzemek są: *Fragilaria construens*, *Tabellaria flocculosa* i *Stauroneis anceps* typowe dla wód oligotroficznych lekko zakwaszonych (Mannion, 1986; Bogaczewicz-Adamczak, 1990; Wojtal i in., 1999).

Analizy paleobotaniczne stropowych warstw osadów jezior lobeliowych wykazały obecność zarodników poryblinu oraz nasion lobelii w najmłodszych pokładach gytyi. Diagram pyłkowy jeziora Okoń Duży obejmuje historię roślinności w czasach historycznych (ryc. 3). Mikrospory poryblinu pojawiają się pojedynczo prawdopodobnie od ok. 500 lat BP, następnie zwiększają frekwencję, największy udział prezentując w czasach współczesnych. Makrospory *Isoetes lacustris* i nasiona *Lobelia dortmanna* pojawiają się pojedynczo, również w młodszej części diagramu szczątków makroskopowych (ryc. 4).

Analiza kopalnych okrzemek jeziora Okoń Duży wskazuje na zmiany środowiska wodnego przejawiające się w składzie gatunkowym i udziale ilościowym wskaźnikowych grup okrzemek (Bubak informacja ustna). W całym profilu dominują epifityczne formy bentosowe, jedynie w stropowej warstwie osadów wzrasta udział okrzemek planktonowych z rodzaju *Cyclotella*. W spektrum grup pH, w spągowej partii rdzenia dominują alkalifile. Wraz ze wzrostem głębokości jeziora wzrasta udział okrzemek indyferentnych z rodzaju *Achnanthes*, a nawet acidofilnych z rodzajów *Pinnularia* i *Eunotia* (Wojtal i in., 1999). Dominującą grupą troficzną są okrzemki charakte-



Ryc. 3. Uproszczony diagram pyłkowy rdzenia osadów z jeziora Okoń Duży
 Fig. 3. Simplified pollen diagram from Lake Okoń Duży

rystyczne dla wód eutroficznych z tendencją do acydyfikacji (dystrofizacji) należące do rodzajów *Naviculadicta* i *Navicula* (Lange-Bertalot & Metzeltin, 1996). Udział oligotrofów jest większy w spągowej części rdzenia, po czym maleje i ponownie wzrasta w jego partii środkowej.

W Jeziorze Linowskim, osady zawierające mikro- i makrospory poryblinu oraz nasiona lobelii jeziornej były akumulowane podczas ostatnich 2000 lat BP. W warstwach wcześniejszych nie wystąpiły pozostałości isoetydów. Podobny obraz sugerujący obecność zespołów roślin skąpożywnych stwierdzono w diagramach jeziora Nawionek, jednak ze względu na brak charakterystycznych epizodów pyłkowych, nie można określić dokładniej ich przynależności chronologicznej jak: najmłodszy okres holocenu, prawdopodobnie ostatnie kilkadziesiąt lat.

Podsumowanie

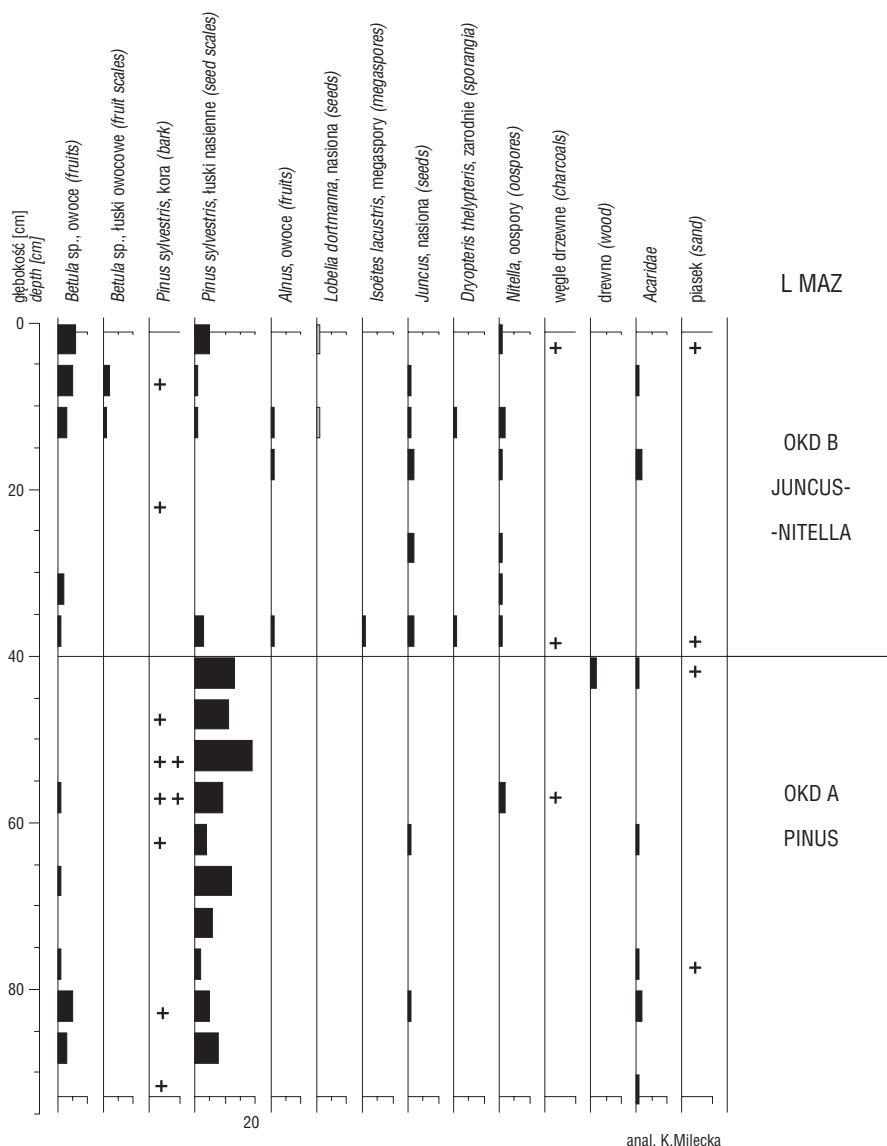
Na podstawie zawartości sporomorf i diaspor lobelii i poryblinu, wskaźnikowych gatunków okrzemek oraz glonów *Pediastrum* w historii jeziora Nierówno wydzielono fazy niskiej oraz podwyższonej zasobności wód (ryc. 5). Najwyższą trofię odnotowano w młodszym dryasie, w

środkowej fazie okresu borealnego oraz starszej fazie okresu subborealnego. Najniższą trofię bioindykatory roślinne wskazują na początku holocenu, w okresie atlantyckim oraz w czasach najmłodszych, nawiązujących do współczesności. Fazom niskiej zasobności zbiornika odpowiada kwaśny lub obojętny odczyn wód jeziora.

Przeprowadzona, na podstawie analizy okrzemek kopalnych, rekonstrukcja paleoekologiczna jeziora Nierówno wykazała, iż w rozwoju tego zbiornika w okresie późnego gólcjału i wczesnego holocenu zanotowano dwie główne zmiany warunków środowiska. We wczesnych fazach rozwoju, jezioro było zbiornikiem eutroficznym o wodzie alkalicznej, po czym z początkiem okresu atlantyckiego nastąpiła zmiana w kierunku obniżenia pH wody i jego oligotrofizacja. Ponadto, flora okrzemkowa reprezentująca okres atlantycki jest zdominowana przez liczne gatunki z rodzaju *Cyclotella*. Towarzyszą im *Navicula radiosa*, *N. heimansioides*, *N. leptostriata* charakterystyczne dla jezior lobeliowych o wodach ubogich w elektrolity, lekko kwaśnych i oligotroficznych.

Analiza pyłkowa pozostałych zbiorników jeziornych wykazała wysoką zawartość diaspor wskaźnikowych gatunków wód oligotroficznych *Lobelia dortmanna* i *Isoë-*

OKOŃ DUŻY



anal. K. Milecka



Ryc. 4. Diagram zawartości szczątków makroskopowych roślin w osadach jeziora Okoń Duży

Fig. 4. Diagram of plant macrofossils from Lake Okoń Duży

tes lacustris w najmłodszych warstwach osadów limnicznych. Równolegle obecne są cenobia glonów charakterystycznych dla wód ubogich *Pediastrum angulosum* oraz okrzemki należące do grupy oligotrofów, takie jak: *Achnanthes curtissima*, *Naviculadicta elorantana*, *N. digitulus*, *N. heimansii*, *N. heimansioides*, *N. schmassmannii*, *Navicula pseudoscutiformis*, *N. radiosa* i in. Oznacza to dobry stan zachowania ekosystemów jezior lobeliowych w zachodniej części Borów Tucholskich. Jest on skutkiem działań ochronnych na terenie Parku Narodowego Bory Tucholskie oraz Zaborskiego Parku Krajobrazowego, a także niewielkich wpływów antropogenicznych zarówno na obszarach objętych ochroną prawną jak i poza tym terenem.

Literatura

- BANAŚ K. 1998 — Acydyfikacja jezior pomorskich. [W:] Herbich J., Herbich M. (red.) — Szata roślinna Pomorza. Zróżnicowanie, dynamika, zagrożenia, ochrona. Przew. Sesji Terenowych, 51 zjazdu PTB 15–19 IX 1998. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk: 227–228.
- BOBOWICZ M.A., KRASKA M. & CHODYŁA K. 1994 — Zróżnicowanie populacji *Lobelia dortmanna* L. w jeziorach oligotroficznym Pojezierza Bytowskiego. [W:] Kraska M. (red.) — Jeziora lobeliowe.

Charakterystyka, funkcjonowanie i ochrona. Idee ekologiczne 6, Sorus, Poznań: 117–124.

BOGACZEWICZ-ADAMCZAK. B. 1990 — Paleolimnologia jezior Borów Tucholskich w świetle badań kopalnych okrzemek. Wyd. UG, Rozprawy i monografie, 150: 1–133.

BUBAK I. & BOGACZEWICZ-ADAMCZAK B. 2003 — Recent benthic diatom assemblages from the Tuchola Pinewoods (Bory Tucholskie) lakes as a basis for palaeoecological reconstruction. [W:] Algae and Biological State of Water. Acta Botanica Warmiae et Masuriae, 3: 155–165.

GAILLARD M. J. & HAKANSSON H. 1984 — A paleohydrological study of Kragelholmssjon (Scania, South Sweden) Regional vegetation history and water-level changes, Lundqua report, 25: 1–40.

HAKANSSON H. 1989 — Diatom succession during Middle and Late Holocene time in Lake Kragelholmssjon, southern Sweden. Nova Hedwigia: 143–166.

LANGE-BERTALOT H. & METZELTIN D. 1996 — Ecology–Diversity–Taxonomy: Indicators of Oligotrophy, Iconographia Diatomologica vol. 7 Koeltz Scientific Books, A.R.G. Ganter Verlag K.G.

MANNION A. M. 1986 — Diatoms: Algal indicators of environmental change, II. Applications, Department of Geography University of Reading, London: 1–34.

MILECKA K. 1998 — Wstępna informacja o podjęciu badań palinologicznych osadów jeziora Nierybno w Borach Tucholskich. Bory Tucholskie — ochrona biosfery, UŁ, Łódź: 95–99.

MILECKA K. 2005 — Historia jezior lobeliowych zachodniej części Borów Tucholskich na tle postglacjalnego rozwoju szaty leśnej. Wyd. UAM. Poznań: 1–246.

NIERYBNO

LATA ¹⁴ C BP YEARS ¹⁴ C BP	analiza pyłkowa <i>pollen analysis</i>		szczątki makroskopowe roślin <i>macrofossils</i>	DAZ	okrzemki <i>diatoms</i>	trofia <i>trophy</i> n/l — w/h
	L PAZ	sporomorfy i zielenice <i>sporomorphs & Pediastrum</i>				
1000	NIE IX	<i>Isoëtes lacustris</i> <i>P. angulosum</i>	<i>L. dortmana</i>	8	<i>Navicula radiosa</i> <i>N. heimansioides</i> <i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Pinnularia cf gibba</i>	+
2000	NIE VIII	<i>L. dortmana</i>		7	<i>Tabellaria flocculosa</i>	+
3000	NIE VII			6	<i>Amphora pediculus</i> <i>Pinnularia subgibba</i> <i>Neidium sp.</i>	+
4000	NIE V	<i>Isoëtes lacustris</i>		5	<i>Navicula radiosa</i> <i>T. flocculosa</i>	+
5000	NIE IV	<i>Isoëtes lacustris</i> <i>P. boryanum</i> <i>P. angulosum</i>	<i>Chara sp.</i>	4	<i>Cyclotella cyclopuncta</i> <i>C. comensis</i> <i>Navicula radiosa</i>	+
6000	NIE III	<i>Littorella uniflora</i>		3	<i>Fragilaria construens</i> <i>Cyclotella distinguenda</i> <i>Navicula radiosa</i>	+
7000	NIE II	<i>Littorella uniflora</i> <i>Isoëtes lacustris</i>		2	<i>Navicula scutelloides</i> <i>Amphora pediculus</i>	+
8000	NIE I	<i>Isoëtes lacustris</i>		1	<i>Cyclotella radiosa</i> <i>C. dubius</i> <i>Fragilaria construens</i> <i>Aulacoseira subarctica</i>	+
9000		<i>P. boryanum</i> <i>P. angulosum</i>				
10000		<i>P. angulosum</i>				

Ryc. 5. Fazy niskiej i podwyższonej trofii wód jeziora Nierybno w późnym glacie i holocenie zestawione na podstawie zawartości bioindykatorów roślinnych: ziaren pyłku, nasion i zarodników, zielenic *Pediastrum* i kopalnych okrzemek
Fig. 5. Phases of low and high trophy of Lake Nierybno during the Late Glacial and Holocene based on content of plant bio-indicators: pollen grains, macrofossils, *Pediastrum* and diatoms

MILECKA K., BOGACZEWICZ-ADAMCZAK B. & BUBAK I. 2002 — Przeszłość jeziora Nierybno i jego otoczenia w późnym glacie i starszym holocenie na podstawie analizy pyłkowej i okrzemek kopalnych. [W:] Banaszak J., Tobolski K. (red.) — Park Narodowy Bory Tucholskie na tle projektowanego rezerwatu biosfery. Park Narodowy Bory Tucholskie, Homini, Charzykowy: 75–98.
MURPHY K.J. 2002 — Plant communities and plant diversity in softwater lakes of northern Europe. *Aquatic Botany*, 73: 287–324.
SMOLDERS A.J.P., LUCASSEN E.C.H.E.T. & ROELOFS J.G.M. 2002 — The isoetid environment: biogeochemistry and threats. *Aquatic Botany*, 73: 325–350.
STRZELCZYK J.E. 2004 — *Lobelia dortmanna* L. i *Isoëtes lacustris* L. w tafocenozach jezior Nierybno i Gacno Wielkie (Park Narodowy Bory Tucholskie). *Bad. Fizj. Pol. Zach.*, seria B — Botanika, 53, 87–93.
SZMEJA J. 1997 — Specyfika i zagrożenia jezior lobeliowych. [W:] Fałtynowicz W., Latałowa M., Szmeja J. (red.) — Dynamika i ochrona roślinności Pomorza. Materiały z sympozjum 28–30 września 1995. Gogucki Wyd. Nauk. Gdańsk–Poznań: 83–90.
SZMEJA J. 2001a — *Lobelia dortmanna* L. Lobelia jeziorna. [W:] Kaźmierczakowa R., Zarzycki K. (red.) — Polska czerwona księga roślin. PAN, Kraków: 361–362.

SZMEJA J. 2001b — *Isoëtes lacustris* L. Poryblin jeziorny. [W:] Kaźmierczakowa R., Zarzycki K. (red.) — Polska czerwona księga roślin. PAN, Kraków: 34–36.
TOBOLSKI K. 1993 — O potrzebie badań historii jezior lobeliowych. Jeziora lobeliowe — Charakterystyka, funkcjonowanie i ochrona. Konferencja UAM w Poznaniu, 13–16.09.1993. Streszczenia referatów: 24–26.
TOBOLSKI K. 1998a — Stan poznania historii lasów, jezior i torfowisk Borów Tucholskich. [W:] Banaszak J., Tobolski K. (red.) — Park Narodowy Bory Tucholskie. Stan poznania przyrody na tle kompleksu leśnego Bory Tucholskie. Akademia Bydgoska, Bydgoszcz: 19–47.
TOBOLSKI K. 1998b — Ekologiczna przeszłość jezior lobeliowych Borów Tucholskich. Stan poznania i potrzeby. Bory Tucholskie — ochrona biosfery, UŁ, Łódź: 89–94.
VAN DAM H., MERTENS A. & SINLELDAM J. 1994 — A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands, *Netherl. J. Aquatic Ecology*, 28: 117–133.
WOJTAL A., WITKOWSKI A. & METZELTIN D. 1999 — The diatom flora of the „Bór na Czerwonom” raised peat-bog in the Nowy Targ (Southern Poland), *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 44: 167–192.