

Studia Limnologica et Telmatologica (STUD LIM TEL)	9	2	37-48	2015
---	---	---	-------	------

# *Cladium mariscus* i *Lobelia dortmanna* – zagadkowe współwystępowanie w jeziorze Krzywce Wielkie

*Cladium mariscus* and *Lobelia dortmanna* – enigmatic coexistence in the Lake Krzywce Wielkie

Krystyna Milecka, Kazimierz Tobolski

Zakład Biogeografii i Paleoekologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań  
[e-mail: milecka@amu.edu.pl](mailto:milecka@amu.edu.pl)

---

**Abstrakt:** Park Narodowy Bory Tucholskie jest obszarem, który łączy kilka typów form ochrony przyrody w Polsce. Nakładanie się różnych form ochrony świadczy o wyjątkowych walorach przyrody w obrębie Borów Tucholskich, w tym o nagromadzeniu wyjątkowych gatunków roślin, ekosystemów i siedlisk o dużej specyfice. Do cennych gatunków podlegających ochronie należą *Lobelia dortmanna* oraz *Cladium mariscus*. Współwystępowanie tych gatunków na jednym stanowisku ze względu na odmienne wymagania ekologiczne i typy siedlisk zajmowanych przez te gatunki wzbudziło zainteresowanie autorów. Analizie paleobotanicznej podlegał rdzeń osadów, dla których z dużą rozdzielczością wykonano analizy palinologiczne i makroszczątkowe. Stwierdzono, że *Cladium mariscus* występuje w zbiorowiskach roślinnych jeziora od ponad dwóch tysięcy lat. Nasion ani ziaren pyłku *Lobelia dortmanna* nie znaleziono, co oznacza, że jest ona nowym przybywcem. Na fakt współwystępowania lobelii i kłoci wiechowatej na jednym stanowisku miały prawdopodobnie wpływ złożone czynniki środowiskowe, lokalne i regionalne, do których należą trofia wód, inne zbiorowiska roślin wodnych, sąsiedztwo zespołów leśnych, zmienna w czasie antropopresja. Na obecnym etapie badań rozwiązanie tego problemu jest jednak niemożliwe.

**Słowa kluczowe:** *Lobelia dortmanna*, *Cladium mariscus*, Bory Tucholskie, analiza pyłkowa, makroszczątki

---

---

**Abstract:** In Poland nature conservation includes plant and animal species protection and areas protection in forms of national and landscape parks. National Park Bory Tucholskie contains few such forms: National Park, Landscape Park, Biosphere Reserve because of exceptional value of some species, plant communities and habitats. *Lobelia dortmanna* and *Cladium mariscus* belong to the rare and precious plants, protected by law. The authors got interest in their coexistence in the Lake Krzywce Wielkie, because they are species of quite different ecological requirements. High resolution, palynological and macrofossil analyses were done for a core of sediments taken in NE bay of the lake. It was found, that *Cladium mariscus* has occurred in Krzywce Wielkie from over 2000 years. However neither pollen nor seeds of *Lobelia dortmanna* were found, which reveals, that this is a new component of the lake plant communities, the most likely since 2010. Coexistence of *Cladium* and *Lobelia* in close neighborhood has probably been influenced by local and regional, environmental factors such as habitat trophy, the other aquatic plant communities, existence of the forest in the catchment and fluctuating human activity.

**Key words:** *Lobelia dortmanna*, *Cladium mariscus*, Bory Tucholskie, pollen analysis, macrofossil analysis

---

## Wstęp

System ochrony przyrody w Polsce obejmuje zarówno ochronę gatunkową roślin i zwierząt, jak i ochronę obszarową w postaci parków narodowych, krajobrazowych, rezerwatów i innych form. Ponadto na terenie kraju funkcjonują jednostki utworzone na podstawie prawa Unii Europejskiej wydzielane na zasadach podobnych kryteriów całej wspólnoty. Obszarem, który łączy kilka typów form ochrony przyrody w Polsce jest Park Narodowy Bory Tucholskie położony w północnej części kraju po zachodniej stronie dolnego biegu Wisły (ryc. 1). Istniejący od 1998 r. Park Narodowy sąsiaduje z Tucholskim Parkiem Krajobrazowym oraz stanowi część Światowego Rezerwatu Biosfery utworzonego w 2012 r. Nakładanie się różnych form ochrony świadczy o wyjątkowych walorach przyrody w obrębie Borów Tucholskich, w tym o nagromadzeniu wyjątkowych gatunków roślin, ekosystemów i siedlisk o dużej specyfice.

Do cennych gatunków podlegających ochronie należy *Lobelia dortmanna* oraz *Cladium mariscus*. Są one także gatunkami wskaźnikowymi siedlisk przyrodniczych europejskiej sieci ochrony przyrody Natura 2000: lobelia dla jezior lobeliowych, siedlisko 3110, kłoc dla zespołu *Cladium marisci*, siedlisko 7210 Torfowiska nakredowe (*Cladium marisci*, *Caricetum buxbaumi*, *Schoenetum nigricantis*).

*Lobelia dortmanna* należy do tzw. isoetydów, roślin wodnych o budowie rozetowej. Występuje w NW Europie w strefie o klimacie umiarkowanym i borealnym (Moen 1999; Szymeja 2001; Milecka 2005). Lobelia spotykana jest w skąpożywnych jeziorach miękkowodnych, w strefie płytkowodnej do około 2 m głębokości (Szymeja 1992; Hannon, Gaillard 1997; Farmer 1989). Rośnie w wodach kwaśnych i lekko zasadowych, zakres pH podawany jest w zmiennych granicach około 4-7,2 według różnych autorów (Zarzycki i in. 2002; Hannon, Gaillard 1997; Heegard i in. 2001). Seddon (1972) zalicza lobelię, obok kilku innych gatunków roślin, do wskaźników jezior oligotroficznych i dystroficznych. Przynależność do tej ostatniej grupy jest niejednoznaczna i została przedyskutowana w opracowaniu Mileckiej (2005).

*Cladium mariscus* jest rośliną szuwarową, o dużej wrażliwości na zmiany stosunków wodnych (Herbichowa, Wołejko 2004). W większości opracowań uważana jest za roślinę kalcybiontyczną, występującą na gytii wapiennej lub podłożu podścielonym gytia wapienną (Jasnowski i in. 1972; Jasnowska, Jasnowski 1991; Marek 1991; Buczek 2005). Pojawia się jednak także na siedliskach kwaśnych (Grosse-Brauckmann 1964; Brande 2008). Zróżnicowane są również doniesienia dotyczące wymagań troficznych kłoci (Podbielkowski, Tomaszewicz 1996; Zarzycki i in. 2002). Ze względu na swoje wymagania ekologiczne i zasięg wzbudza ostatnio pewne zainteresowanie, a badania dotyczą m.in. dynamiki pojawiania się i zaniku kłoci w procesie wypełniania (ładowania) jezior oraz przemian roślinności telmatycznej w naturalnym procesie sukcesji (Brande 1980; Gałka, Tobol-

ski 2012; Tobolski, Gałka 2008; Karcz 2007a,b, 2008, 2013).

W 2014 roku podjęto badania paleobotaniczne jeziora Krzywce Wielkie w Borach Tucholskich, których powodem była wcześniejsza obserwacja współwystępowania lobelii jeziornej i kłoci wiechowatej w kilku płatach roślinności telmatycznej tego jeziora (Kochanowski, Tobolski 2010). Lobelia występowała pomiędzy owocującymi pędami kłoci wiechowatej. Od 2010 r. zaobserwowano liczne, kwitnące egzemplarze, a w roku 2013 znaczny wzrost populacji lobelii. Nie był to pierwszy przypadek współwystępowania tych gatunków na jednym stanowisku. Podobne zjawisko opisywali Ceynowa i Rejewski (1969) z jeziora Nawionek, a ze względu na odmienne wymagania ekologiczne i typy siedlisk zajmowanych przez te gatunki wzbudziło ono zainteresowanie Dyrekcji Parku Narodowego Bory Tucholskie oraz autorów niniejszego opracowania.

Podstawowym celem zaproponowanych badań było udzielenie odpowiedzi na następujące pytania: (1) kiedy pojawiły się we florze jeziora Krzywce Wielkie *Cladium mariscus* oraz *Lobelia dortmanna*; (2) jaki był stan troficzny jeziora przed ich pojawieniem się; (3) czy ich występowanie i/lub okresy nasilonej obecności miały związek z czynnikami lokalnymi, wynikającymi z funkcjonowania zlewni w Borach Tucholskich, czynnikami klimatycznymi, czy oddziaływaniem człowieka na zbiorowiska roślinne i sieć hydrologiczną w regionie.

## Stanowisko badań

Jezioro Krzywce Wielkie położone jest w Parku Narodowym Bory Tucholskie (PNBT) w obszarze krajobrazu sandrowego (Dysarz 1998). Z jeziorami Olbrachta oraz Małe Krzywce wypełnia fragment odgałęzienia rynny subglacialnej, wykształconej podczas okresu późnoglacialnego. W tym czasie tworzył się system hydrologiczny Borów Tucholskich. Jezioro Krzywce Wielkie ma powierzchnię 25 ha, położone jest na wysokości 121 m n.p.m. i posiada głębokość maksymalną 15 m (Marszelewski, Jutrowska 1998). Przez wymienionych autorów zostało sklasyfikowane jako okresowo odpływowe. Obszar PNBT należy do zlewni Strugi Siedmiu Jezior, a największą rzeką jest Brda (Marszelewski, Jutrowska 1998). Siedliska borowe w PNBT zajmują 99,6% powierzchni, stąd współczesną szatę roślinną otoczenia jeziora Krzywce Wielkie tworzą lasy z bezwzględną dominacją sosny *Pinus sylvestris* (Grzywacz 1998).

## Metody badań

### Prace terenowe

Osady dennie z jeziora Krzywce Wielkie pobrano w formie rdzeni sondą Więckowskiego zamocowaną na pływającej platformie. Prace terenowe przeprowadzono w północno-wschodniej zatoce w lipcu 2014 r. (ryc. 1). Pobra-



Ryc. 1. Położenie stanowiska badań: 1 – granica Parku Narodowego Bory Tucholskie, 2 – miejsce poboru rdzenia osadów do analiz paleobotanicznych.

Fig. 1. Location of the investigation site: 1 – border of „Bory Tucholskie” National Park, 2 – location of the core point.

no 6 odcinków osadów o długości 110 cm każdy – łącznie 660 cm osadów od poziomu współczesnego dna. Następnie podjęto próbę pobrania profilu z przybrzeżnej części jeziora w pobliżu płatów z lobelią jeziorną i kłocią wiechowatą. Niestety, pomimo kilkakrotnych powtórzeń nie udało się pobrać osadów strefy telmatycznej. Ze względu na półpłynną konsystencję, osad wylewał się ze świdra. Pobranie takich materiałów wymaga specjalnych urządzeń umożliwiających np. zamrożenie profili, co w danym przypadku, ze względów technicznych, było niemożliwe. Pobrane rdzenie osadów przetransportowano do laboratorium Zakładu Biogeografii i Paleoekologii UAM w Poznaniu i przechowywano w chłodni w temperaturze około 4°C.

### Prace kameralne

Do analiz mikroskopowych metodą analizy pyłkowej pobrano 207 prób z pierwszych trzech odcinków osadów do głębokości 314 cm. Próby o objętości 1 cm<sup>3</sup> pobierano w odstępach jednocentymetrowych z pierwszego metra profilu, a następnie co 2 cm z kolejnych dwóch metrów, ostatni fragment profilu przeliczono co 4 cm. W ten sposób uzyskano wysoką rozdzielczość diagramu pyłkowego, co – w połączeniu z oznaczeniem wieku analizowanych warstw osadów – pozwala na dokładne ustalenie chronologii poszczególnych zdarzeń w latach kalendarzowych.

Pobrane próby osadów poddano obróbce chemicznej według standardowej procedury (Berglund, Ralska-Ja-

siewiczowa 1986). Polegała ona na usunięciu części mineralnych kwasem fluorowodorowym (HF), przeprowadzeniu acetolizy mieszaniną kwasu siarkowego i bezwodnika octowego w relacji 1:10 przez 3 min., płukaniu kwasem octowym oraz wodą destylowaną. Następnie próby zalewano gliceryną i bezpośrednio przed przygotowaniem preparatu mikroskopowego barwiono safraniną.

Analizę mikroskopową przeprowadzoną używając mikroskopu świetlnego firmy Zeiss i stosując powiększenie 400×. W każdej próbie liczono ziarna pyłku drzew, krzewów i roślin zielnych oraz wszystkie towarzyszące im sporomorfy roślin wodnych i błotnych. Liczono również węgielki drzewne wskazujące aktywność gospodarczą człowieka oraz występowanie pożarów. Ponadto zidentyfikowano glony *Pediastrum*, *Scenedesmus* i *Coelastrum*, ułatwiające interpretację zmian trofii w zbiorniku jeziornym.

W toku analizy mikroskopowej dla każdej próby powstał protokół zawierający ilościowe i jakościowe zestawienie wszystkich zidentyfikowanych w osadzie taksonów. Następnie dane liczbowe zostały wprowadzone do tabeli w programie Tilia umożliwiającym przeliczenia udziału procentowego i graficzne opracowanie wyników (Tilia Graph) (Grimm 1992). Udział procentowy wyliczono na podstawie sumy kalkulacyjnej zawierającej sumy drzew, krzewów i łądowych roślin zielnych, które łącznie stanowiły 100%. Była ona również podstawą przeliczeń procentowych udziału pyłku roślin lokalnych: wodnych i błotnych.

Analizę szczątków makroskopowych roślin, podobnie jak palinologiczną, wykonano co 1 cm bieżący dla pierwszego metra osadów, następnie co 2 cm, łącznie 204 próby. Każdą pobraną próbę poddano kilkustopniowej procedurze, obejmującej: rozmiękczenie i rozdrobnienie osadu w ciepłej wodzie, przesiewanie na sitach o średnicy 0,20 lub

0,35 mm (w ciepłej, bieżącej wodzie) i przeniesienie residuum na szklane szalki Pietriego. Przy użyciu mikroskopu binokularnego o małych i średnich powiększeniach przeglądano, segregowano i liczono znaleziska oraz wybierano okazy, w tym przeznaczone do oznaczeń wieku radiowęglowego techniką akceleratorową AMS (tab. 1). Następnie sporządzono tabelaryczne zestawienia wyników i wykonano diagram z wykorzystaniem programu TiliaGraph (Grimm 1992).

## Wyniki

### Osady

Podczas odwiertów nie osiągnięto pierwotnego dna misy akumulacyjnej. Dolna część profilu, poniżej 6 m, zawiera podwyższoną zawartość substancji mineralnych, zmienia się również barwa na osad jaśniejszy o szaro-niebieskawym kolorze. Pozostała część osadów aż do stropu tworzy bezwapienna gytia drobnodetrytusowa (Ld4).

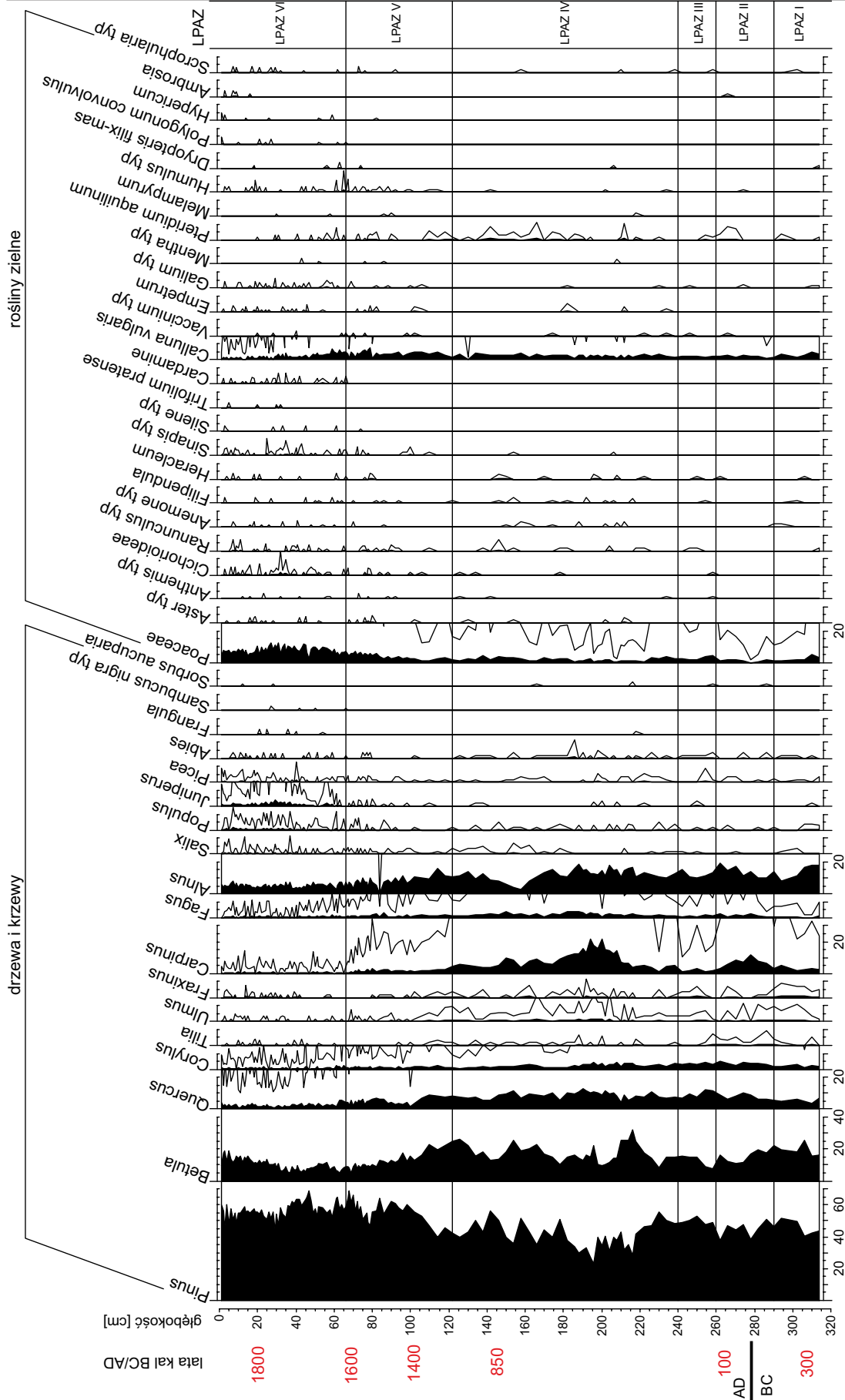
### Chronologia

Z profilu osadów pobrano 6 prób do oznaczeń wieku metodą radiometryczną AMS izotopu węgla  $^{14}\text{C}$ . Materiał do badań chronologicznych stanowiły makroszczątki roślinne wybrane i oznaczone podczas wykonywanych analiz. Stanowiły je: łądźki *Sphagnum*, fragmenty kory, makroszczątki brzozy i sosny. Kalibrację wykonano w programie OxCal v4.2.3 (Bronk Ramsey, Lee 2013) oraz IntCal13 (Reimer i in. 2013). Wyniki oznaczeń wieku (tab. 1) dobrze korelują się z wynikami analizy palinologicznej. Akumulacja spągowej części analizowanego profilu nastąpiła ok. 2300 lat BP.

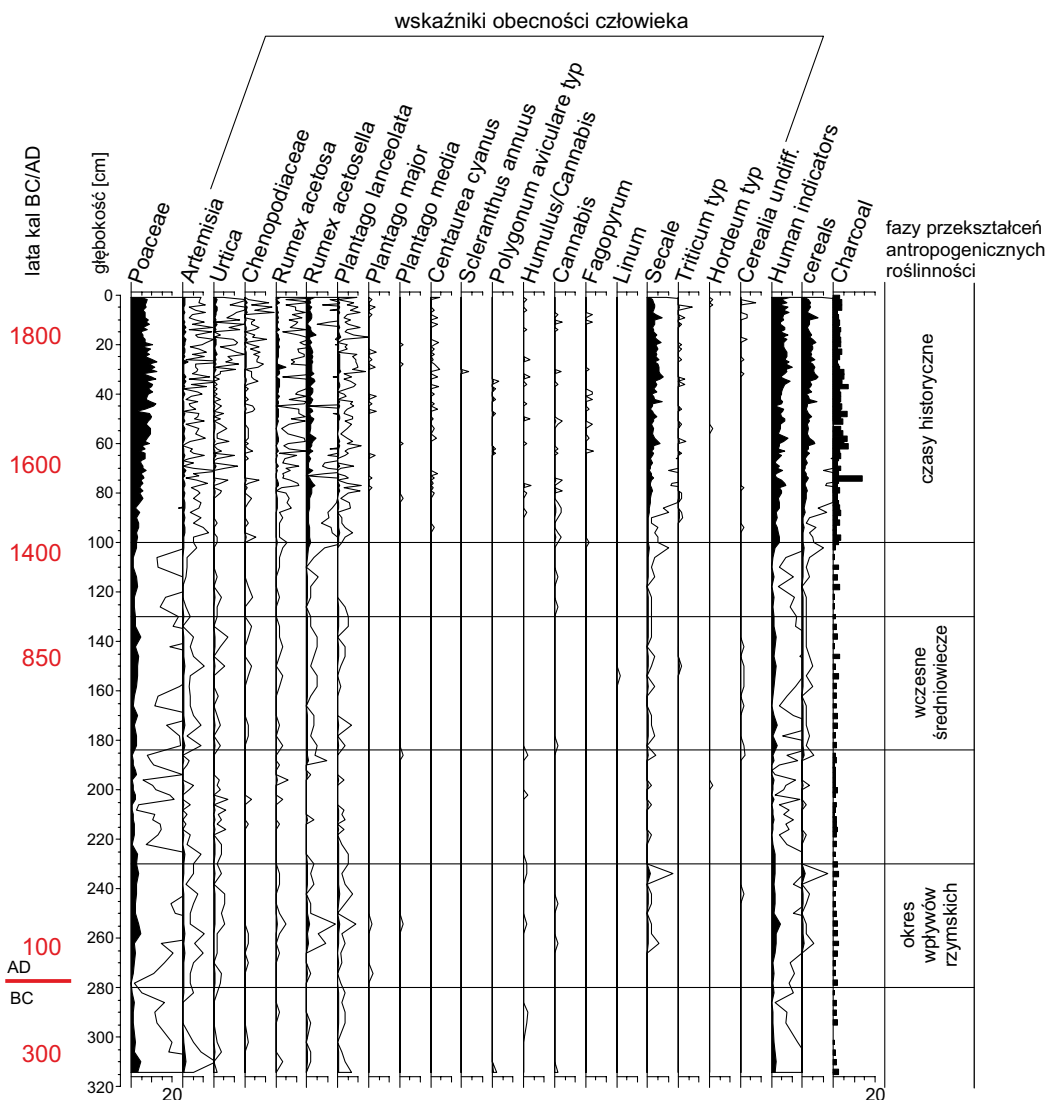
Tab. 1. Oznaczenie wieku makroszczątków z jeziora Krzywce Wielkie oraz kalibracja dat wykonana w programie OxCal v4.2.3 Bronk Ramsey (2013) oraz IntCal13 (Reimer et al 2013).

Table 1. Results of radiocarbon dating of macrofossils from the Lake Krzywce Wielkie, calibration in OxCal v4.2.3 Bronk Ramsey (2013) and IntCal13 (Reimer et al 2013).

Nazwa próbki	Nr lab.	Wiek 14C	Prawdopodobieństwo 68.2%	Prawdopodobieństwo 95.4%
Krzywce Wlk 20	Poz-66432	215 ± 30 BP	1649AD (27.7%) 1675AD 1777AD (27.7%) 1799AD 1941AD (12.7%) ...	1644AD (33.0%) 1684AD 1735AD (46.7%) 1806AD 1931AD (15.7%) ...
Krzywce Wlk 69	Poz-66433	290 ± 30 BP	1522AD (45.3%) 1575AD 1626AD (22.9%) 1652AD	1492AD (64.6%) 1602AD 1615AD (30.8%) 1663AD
Krzywce Wlk 102	Poz-66434	515 ± 30 BP	1407AD (68.2%) 1435AD	1325AD (7.7%) 1345AD 1393AD (87.7%) 1445AD
Krzywce Wlk 146-148	Poz-66435	1135 ± 30 BP	885AD (68.2%) 969AD	777AD (4.3%) 792AD 803AD (8.0%) 844AD 857AD (83.0%) 986AD
Krzywce Wlk 262-264	Poz-66436	1890 ± 30 BP	67AD (68.2%) 136AD	56AD (95.4%) 217AD
Krzywce Wlk 306-309	Poz-66438	2230 ± 30 BP	367BC (10.1%) 351BC 300BC (58.1%) 211BC	384BC (20.8%) 339BC 328BC (74.6%) 204BC



Ryc. 2. Wyniki analizy pyłkowej, diagram procentowy ilustrujący zmiany roślinności regionalnej, wybrane krzywe.  
 Fig. 2. Pollen percentage diagram, regional plants (trees, shrubs and terrestrial herbs), selected curves.



Ryc. 3. Wyniki analizy pyłkowej, diagram procentowy ilustrujący zmiany udziału wskaźników gospodarki człowieka, wybrane krzywe.  
Fig. 3. Pollen percentage diagram, human activity indicators, selected curves

### Analiza palinologiczna

W diagramie pyłkowym na podstawie zawartości pyłku podstawowych gatunków lasotwórczych oraz sumarycznej krzywej roślin zielnych lądowych [NAP] wydzielono sześć lokalnych poziomów pyłkowych [L PAZ] (ryc. 2, 3, 4):

LPAZ I 314-290 cm

Dominują ziarna pyłku brzozy, sosny oraz olchy. Mniej licznie występują ziarna drzew liściastych dębu, grabu oraz leszczyny. Nielicznie występują taksony roślin zielnych. Stwierdzono pojedyncze ziarno pyłku *Cladium mariscus*.

LPAZ II 290-260 cm

Wysoki jest udział ziaren pyłku sosny i olchy. Wyraźnie wzrosła zawartość ziaren pyłku grabu i dębu. Zmniejsza

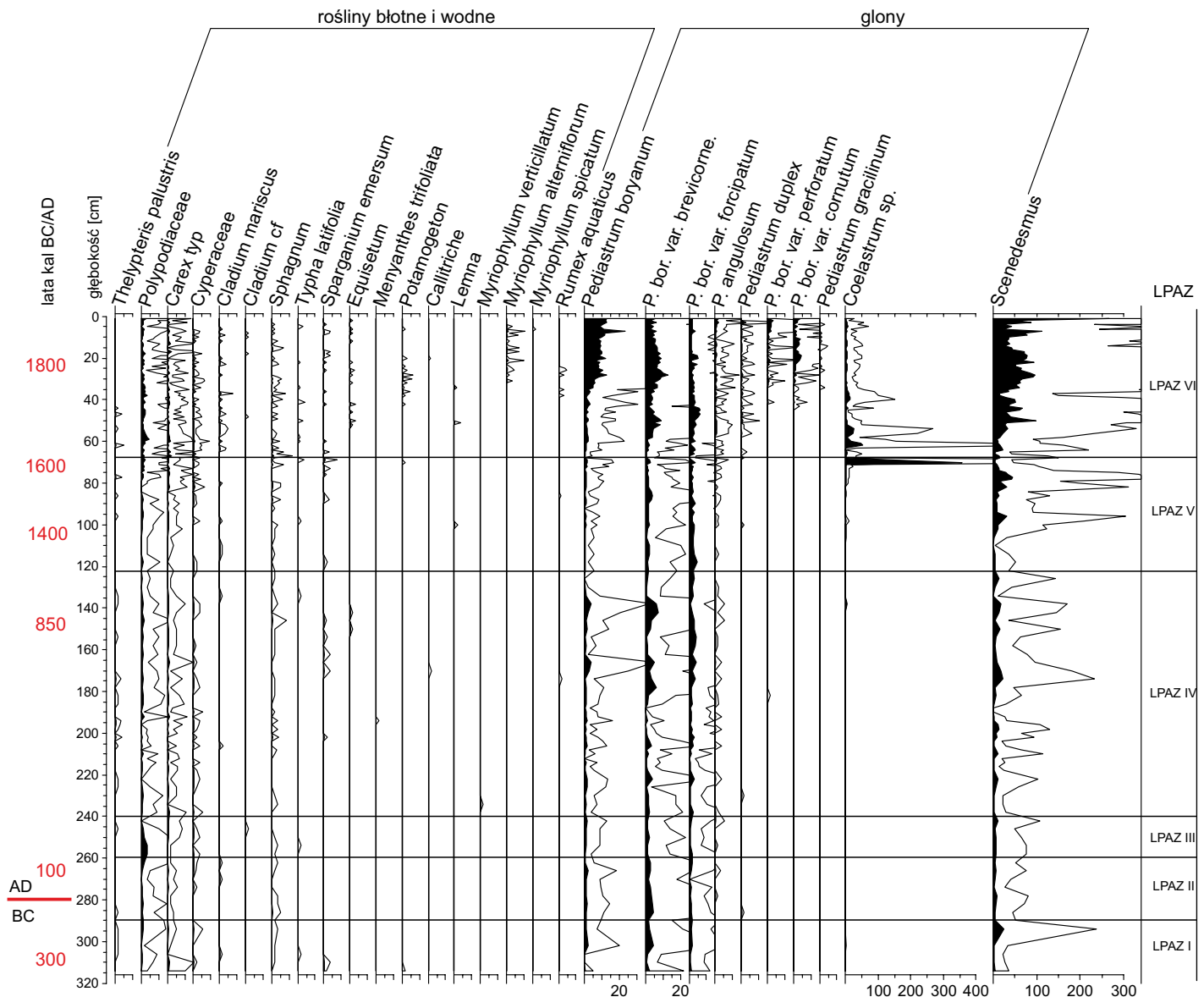
się natomiast liczebność brzozy. Stwierdzono dwa ziarna pyłku *Cladium mariscus*.

LPAZ III 260-240 cm

Wysoki jest udział sosny, również dębu, wyraźnie natomiast obniżyła się krzywa grabu. Obecność pyłku pozostałych gatunków drzew liściastych jest śladowa. Nieco zwiększyła się frekwencja traw i innych roślin zielnych. Stwierdzono pojedyncze ziarno pyłku *Cladium mariscus*.

LPAZ IV 240-122 cm

Wzrasta udział ziaren pyłku grabu. Krzywa dębu utrzymuje się na stabilnym poziomie. Zmienna krzywa sosny, brzozy i olchy. Stwierdzono pojedyncze ziarna pyłku *Cladium mariscus*.



Ryc. 4. Wyniki analizy pyłkowej, diagram procentowy ilustrujący zmiany roślinności lokalnej, wybrane krzywe.

Fig. 4. Pollen percentage diagram, local plants, selected curves.

#### LPAZ V 122-66 cm

Wyraźnie maleje udział ziaren pyłku drzew liściastych, mezofilnych oraz brzozy. Wzrosła krzywa sosny. Powoli rośnie też udział pyłku traw i innych roślin zielnych. Stwierdzono nieliczne ziarna pyłku *Cladium mariscus*.

#### LPAZ VI 66-0 cm

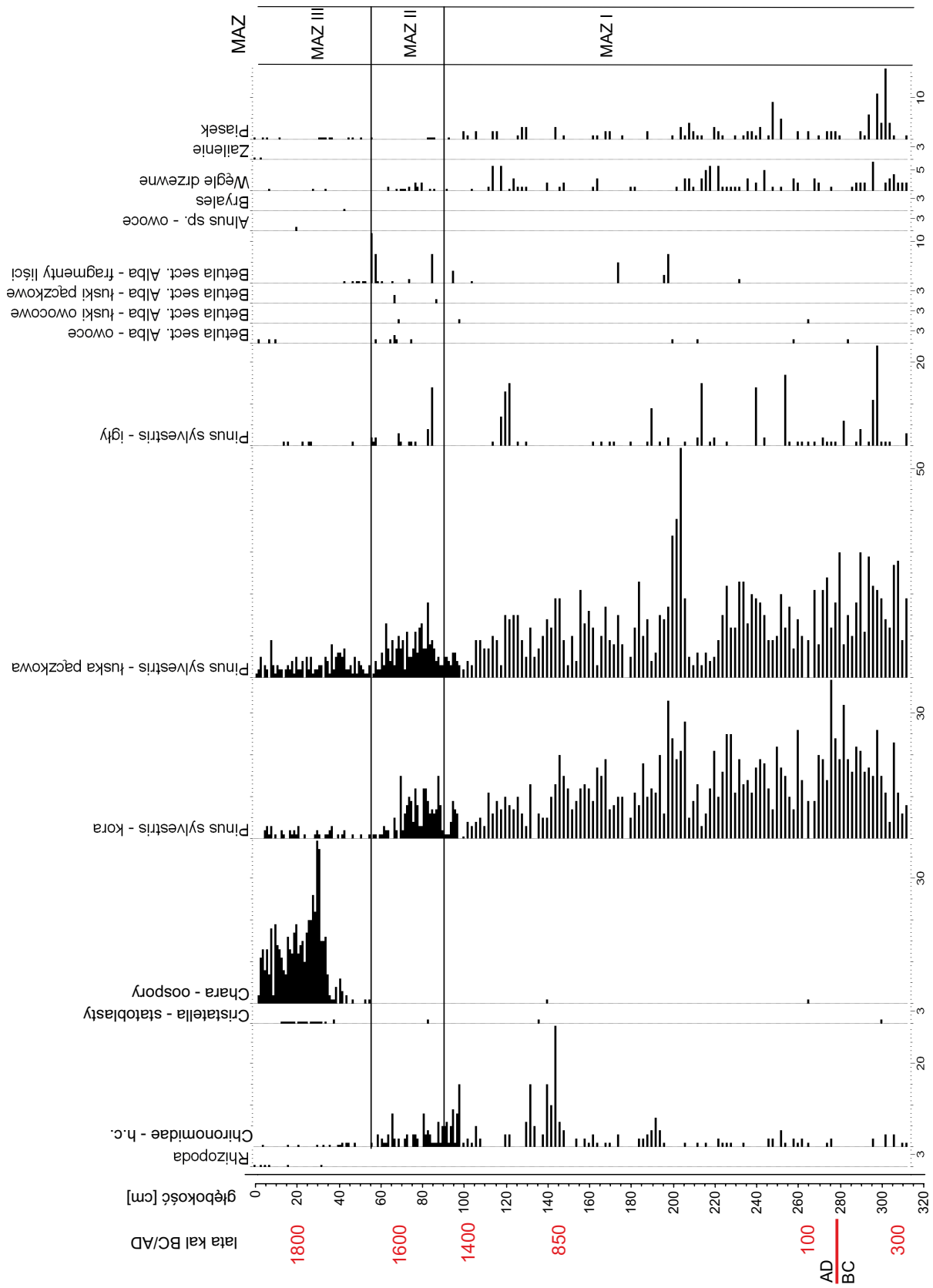
Wysoki jest udział sosny. Rośnie zawartość brzozy. Nieliczna jest obecność pyłku drzew mezofilnych. Wzrasta ilościowy i jakościowy udział sporomorf roślin zielnych, w tym wskaźników obecności człowieka. Stwierdzono nieco liczniejszą i regularną obecność pyłku *Cladium mariscus*. Liczniej występują glony *Pediastrum*, pojawiły się nie identyfikowane wcześniej nowe gatunki i odmiany zielenic.

#### Analiza szczątków makroskopowych roślin

Subfossylne znaleziska makroskopowe oznaczone podczas analizy nie są liczne (ryc. 5). Osady limniczne, zwłaszcza akumulowane w większych i relatywnie głębokich (co najmniej kilka metrów) zbiornikach wodnych zwykle, z natury rzeczy, nie zawierają bogatego inwentarza znalezisk. Diagram, na podstawie oznaczonych szczątków, został podzielony na następujące poziomy makroszczątków roślin [MAZ]:

#### MAZ I 305-90 cm

Dominują znaleziska sosny, zwłaszcza pod postacią kory i łusek pączkowych. Mniej licznie natomiast są reprezentowane igły sosen. Nieliczne są pozostałości brzozy. Wśród składników osadu wyraźnie zaznacza się udział piasku. Obecne są węgielki drzewne.



Ryc. 5. Wyniki analizy szczątków makroskopowych roślin, wartości bezwzględne.  
Results of plant macrofossil analysis, absolute values.



## MAZ II 90-55 cm

Dominują znaleziska sosny, nadal głównie pod postacią kory i łusek pączkowych. Nieco liczniej zaznacza się udział szczątków *Betula* sp., przede wszystkim w postaci owoców i fragmentów liści. Nadal obecne są węgielki drzewne.

## MAZ III 55-0 cm

W mniejszej liczbie obecne są makroszczałki *Pinus sylvestris*, głównie w postaci kory oraz łusek pączkowych. Od głębokości około 40 cm zaznacza się bardzo znaczny udział oospor ramienic Chara. Mniejsza, niż w poziomach wcześniejszych jest reprezentacja węgielków drzewnych.

W żadnej próbie profilu nie stwierdzono obecności makroszczałków roślinnych kłoci, ani lobelii jeziornej.

## Dyskusja wyników

Osad budujący badany profil jest w całości pochodzenia limnicznego i ma charakter gytyi drobnodetrytusowej. O jeziornym pochodzeniu poszczególnych warstw świadczy koloidalny, bezpostaciowy utwór tworzący osad wraz z dominującym udziałem pancerzyków *Cladocera* (wioślarek). Ponadto, w całym profilu obecne są glony *Pediastrum* oraz *Scenedesmus* charakterystyczne dla planktonu jeziornego i nieobecne w utworach organicznych pochodzenia terestrycznego. Osad taki doskonale konserwuje deponowane w nim znaleziska (Tobolski 2000), co dokumentują bardzo dobrze zachowane, delikatne z natury oskrzydłone owoce brzozy brodawkowatej i omszonej. Na podkreślenie zasługuje zatem fakt, że brak subfosylnych znalezisk nasion lobelii jeziornej wynika wyłącznie z nieobecności tego taksonu, a nie z możliwości ich zniszczenia (rozkładu).

Analiza pyłkowa wykazała, że analizowane osady były akumulowane podczas najmłodszej części holocenu – okresu subatlantyckiego, są więc relatywnie młode. Świadczą o tym relacje ilościowe poszczególnych gatunków drzew oraz występowanie ziaren pyłku gatunków roślin uznawanych za wskaźniki aktywności człowieka (ryc. 2, 3). Wiek spągowej warstwy omawianego fragmentu rdzenia osadów został oznaczony na 2 300 BC. Podobny wiek osadów sugerują niektóre krzywe pyłkowe, np. ziarna pyłku żyta pojawiają się na głębokości 265 cm czyli około 100 AD (ryc. 3). Zgodnie z licznymi opracowaniami, żyto było uprawiane w środkowej Europie od około dwóch tysięcy lat (Behre 1992; Zohary, Hopf 2001; Okuniewska-Nowaczyk i in. 2004; Lityńska-Zajac, Wasylińska 2005). Podobne obserwacje dotyczą konopi, również stwierdzonych w profilu, których obecność od okresu wpływów rzymskich na licznych stanowiskach regionu stwierdził Dörfler (1990).

Wyniki analizy pyłkowej ilustrują rozwój regionalnej roślinności w otoczeniu jeziora Krzywce Wielkie i wskazują, że jest to przede wszystkim historia ekosystemów leśnych. Istotną rolę w składzie okolicznych lasów przez cały okres akumulacji badanych osadów odgrywała sosna, ze

względem na ubogie, borowe siedliska z dominacją udziału utworów piaszczysto zwirowych w podłożu (Dysarz 1998). Jednak, zgodnie z regionalną historią szaty roślinnej Borów Tucholskich (Miotk-Szpiganowicz 1992, Milecka 2005, Tobolski 1998), ważnym składnikiem zbiorowisk leśnych tej części Pomorza był grab *Carpinus betulus*. W diagramie pyłkowym (ryc. 2) widoczne są dwie kulminacje krzywych procentowych grabu, które odzwierciedlają przemiany sukcesyjne związane ze wzrostem lub zmniejszeniem udziału również takich gatunków jak dąb *Quercus* sp., buk *Fagus sylvatica*, brzoza *Betula* sp., a także sosna *Pinus sylvestris* i jałowiec *Juniperus* sp. W czasach historycznych zdecydowanie zwiększył się udział sosny i jałowca, ilustrując antropogeniczne wpływy na szatę roślinną Borów Tucholskich.

W diagramie widoczne są trzy fazy podwyższonej aktywności gospodarczej człowieka w otoczeniu jeziora (ryc. 3). Pierwsza związana jest z okresem wpływów rzymskich i zaznacza się raczej słabo. Nieliczna obecność roślin ruderalnych (bylica, pokrzywa) oraz wskaźników wypasu zwierząt (szczawie, babka lancetowata), sugeruje raczej penetrację obszarów leśnych, a nie osadnictwo w bliskiej okolicy (Behre 1981). Druga faza przekształceń antropogenicznych roślinności również jest słabo zaznaczona. Wśród roślin uprawnych stwierdzono jedynie nieliczne ziarna pyłku żyta (*Secale cereale*) i pojedyncze innych zbóż. Wobec obfitego pylenia żyta, świadczy to o znacznej odległości upraw od brzegów jeziora. Osadnictwo wczesnego średniowiecza koncentrowało się w innych regionach tworzącego się Państwa Polskiego, głównie w Wielkopolsce (Jażdżewski 1981), obszar Borów Tucholskich nie podlegał intensywnemu osadnictwu (Grzelakowska 1989). Trzecia faza związana jest z okresem historycznym, rozpoczęła się w XV wieku i trwa do czasów współczesnych. Nieco intensywniejsza aktywność człowieka obserwowana jest po roku 1600 AD, ale reprezentacja wskaźników gospodarki nadal nie jest liczna, co wynika z ciągłego zalesienia regionu Borów Tucholskich. Wysoka rozdzielczość wykonanych analiz pozwala na szczegółowe prześledzenie wpływów gospodarczych na funkcjonowanie ekosystemów leśnych i ich związek z wydarzeniami lokalnymi lub regionalnymi na szczeblu państwowym (np. dzieje państwa krzyżackiego, a następnie pruskiego), ale także w wymiarze globalnym, uwzględniającym dzieje Europy i zmiany polityczno-gospodarcze po wielkich odkryciach geograficznych przełomu XV i XVI wieku. Rozważania takie będą jednak przedmiotem odrębnego opracowania.

W osadach nie stwierdzono obecności ani ziaren pyłku lobelii jeziornej *Lobelia dortmanna*, ani jej nasion (ryc. 4, 5), co wskazuje, że w strefie telmatycznej jeziora Krzywce Wielkie jest ona nowym przybyśm, nieobecnym na stanowisku przynajmniej przez ostatnie 2300 lat. Na podstawie wysokiej liczebności osobników w kilku płatach wzdłuż brzegów jeziora można ocenić, że ekspansja gatunku podczas ostatnich pięciu lat jest bardzo intensywna.

Przyczyn braku szczątków wspomnianej rośliny w analizowanych osadach może być kilka. Ziarna pyłku lobelii słabo rozprzestrzeniają się po dnie jeziora (Milecka, Obremska 2002). Ponieważ rdzeń osadów został pobrany w odległości kilkudziesięciu metrów od płata z kwitnącymi okazami roślin, prawdopodobnie pyłek nie migrował w miejsce pobrania rdzeni do badań. *Lobelia dortmanna* jest rośliną produkującą mało pyłku, pomimo, że jest zapylana przez owady (Podbielkowski, Tomaszewicz 1996). Kolejnym ograniczeniem dla obecności kopalnych szczątków jest fakt, że okazy rosnące w wodzie poniżej 1,2 m są płone (Dąbska 1965). Farmer i Spence (1987) ograniczają tę głębokość nawet do 75 cm. Ponadto, jak podaje Spence (1982) lobelia w procesie wytwarzania nasion wykazuje duże zapotrzebowanie na światło. Może więc występowanie lobelii wśród znacznie większych osobników kłoci wiechowatej ogranicza dostępność światła do tego stopnia, że wytwarzanych nasion, pomimo kwitnienia, jest bardzo niewiele. Nasiona, podobnie jak ziarna pyłku są słabo rozprzestrzeniane po dnie jeziora (Strzelczyk 2004), co w zestawieniu z oddaleniem miejsca pobrania osadów od stanowisk lobelii, stanowiłoby zapewne istotną przyczynę ograniczonej reprezentacji, ale raczej nie jej braku, ze względu na liczniejsze występowanie nasion w osadach. Wreszcie, najbardziej prawdopodobnym wyjaśnieniem braku pyłku i nasion lobelii w osadach jest wcześniejsza nieobecność tego gatunku w jeziorze i jego pojawienie się dopiero w ostatnich kilku latach.

Niemal w całym diagramie pyłkowym występują ziarna pyłku kłoci wiechowatej *Cladium mariscus*. Najstarsze ziarno pyłku oznaczono w warstwie 312 cm (ryc. 4). Oznacza to, że gatunek ten występuje na stanowisku od ponad 2000 lat, jednak jego obecność prawdopodobnie nie była ciągła lub też przez długi czas była nieliczna. Kolejne ziarna pyłku pojawiają się dopiero na głębokości 270 i 262 cm czyli w II wieku n.e. Następnie przerwa, (z jednym wyjątkiem, pojedyncze ziarno – 206 cm) trwa aż do 134 cm, około 1200 AD. Wyższą, a raczej wciąż niezbyt liczną, ale bardziej regularną frekwencję stwierdzono dopiero w młodych warstwach osadów powyżej 65 cm, to znaczy od około 1600 AD. Oznacza to trwałe zadomowienie się gatunku nad jeziorem Krzywce Wielkie w czasach historycznych.

Rozpatrując zadomowienie się kłoci wiechowatej w tym czasie trzeba zauważyć, że zostało ono poprzedzone masowym pojawem glonów *Coelastrum* oraz było równoczesne z wyraźnie wyższą frekwencją rodzaju *Pediastrum*, zwłaszcza *Pediastrum boryanum* var. *brevicornis* i *P. boryanum* var. *forcipatum* (ryc. 4). Populacja *Pediastrum duplex* dopiero się rozwijała. Preferencje dwóch ostatnio wymienionych taksonów, na podstawie obserwacji z różnych stanowisk europejskich dotyczyły zbiorników eutroficznych (Jankovska, Komarek 2000; Komarek, Jankovska 2001). Jak wspomniano wyżej, w tym samym czasie (1600 AD) rozpoczęło się nieco bardziej intensywne osadnictwo w okolicy Borów Tucholskich. Suma pyłku gatunków świadczących o

penetracji lasów otoczenia wzrosła. Były to głównie wskaźniki mniejszego zwarcia zbiorowisk leśnych (Poaceae, *Betula*, *Juniperus*), ale także rośliny obszarów wypasanych (*Rumex acetosella*, *Plantago lanceolata*) i nieliczne uprawne (*Secale*, *Fagopyrum*, *Humulus* i/lub *Cannabis*). Na tej podstawie można sugerować podwyższoną trofię wód jeziora, sprzyjającą rozwojowi populacji kłoci wiechowatej. Sytuacja taka trwała 150 lat, do około 1750 roku, kiedy w zbiorowiskach roślinnych jeziora nastąpiły gwałtowne zmiany. Masowo pojawiły się wówczas ramienice, których populacja zadomowiona jest w dnie zbiornika do czasów współczesnych. Obecność dywanów ramienicowych, jak wskazują Pełechaty i in. (2007) oznacza stabilizację osadu, ale przede wszystkim zwiększenie przezroczystości wody i ograniczenie rozwoju glonów. Dwa ostatnie czynniki oznaczają zmianę warunków fizyko-chemicznych w jeziorze i stanowią sprzyjający czynnik, który umożliwił rozwój populacji *Lobelia dortmanna* w Krzywcach Wielkich. Należy jednak podkreślić, że populacje glonów identyfikowanych w osadach podczas analizy pyłkowej nie uległy ograniczeniu, natomiast zmienił się ich skład.

## Podsumowanie i koncepcja dalszych badań

Wykonane dotychczas analizy paleobotaniczne wykazały bardzo zróżnicowany, odległy w czasie moment pojawienia się dwóch omawianych gatunków roślin. Obecność kłoci wiechowatej, na podstawie ziaren pyłku w osadach została stwierdzona ponad dwa tysiące lat temu. Nie wiemy natomiast, czy występowała jeszcze wcześniej. Brak ziaren pyłku i nasion lobelii pozwala obecnie oszacować rozwój jej populacji na XXI wiek i dynamiczną ekspansję podczas ostatnich kilku lat. Na obecnym etapie badań nie można odpowiedzieć na pytanie o przyczynę wspólnego – pomimo ich odmiennych wymagań ekologicznych – występowania obu gatunków.

W świetle uzyskanych wyników istotne wydaje się pozyskanie osadów do dalszych analiz paleobotanicznych bezpośrednio z płatów lobelii jeziornej i kłoci, pozwoliłoby to upewnić się co do czasu pojawienia się lobelii w zbiorowiskach roślinnych zbiornika. Większe znaczenie dla uzyskania danych mają analizy makroszczątków roślinnych, gdyż nasiona lobelii występują w osadach liczniej, niż ziarna pyłku, a ich identyfikacja nie naraża na wątpliwości. Podobne analizy należałoby wykonać dla osadów jeziora Nawionek, stanowiska, gdzie lobelia oraz kłoc występują obok siebie co najmniej od kilkudziesięciu lat (Ceynowa, Rejewski 1969).

*Lobelia dortmanna* jest rośliną wskaźnikową wyróżniającą odrębną grupę zbiorników (jeziora lobeliowe). Obserwując ekspansję tego gatunku, a zwłaszcza rozwój zbiorowisk roślinnych z jej udziałem w odmiennych – od typowych – uwarunkowaniach siedliskowych i fitosocjologicznych, zasadne wydaje się zadanie kilku zasadniczych pytań,

o przyczyny i konsekwencje tego rzadko notowanego zdarzenia. Wyznaczają one kierunki dalszych naukowych dociekań i pozwolą odpowiedzieć na pytania: (1) czy jest ona przykładem sukcesji pierwotnej, czy też rodzajem sukcesji wtórnej, czyli regeneracji wcześniejszej koegzystencji obu gatunków; (2) jaka była przyczyna tej bardzo niedawnej ekspansji (prawdopodobnie niedługo przed 2010 rokiem); (3) jakie czynniki zdecydowały o bliskim współwystępowaniu lobelii i kłoci wiechowatej, roślin o odmiennych wymaganiach ekologicznych. Dziś już można wymienić „prostą” konsekwencję pojawienia się lobelii w jeziorze Krzywce Wielkie: wzrost liczby występujących w Polsce jezior lobeliowych, szacowanych w Polsce na zaledwie 155 stanowisk (Szmeja 2001). Fakt bardzo młodego wieku populacji lobelii z jeziora Krzywce Wielkie umożliwia dokładne prześledzenie zmian zachodzących w tym czasie w środowisku Borów Tucholskich, co być może pozwoli na wyjaśnienie tej zagadki.

## Literatura

- Behre K.E. 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores*, 23 (2): 225-245.
- Behre K.E. 1992. The history of rye cultivation in Europe. *Vegetation History and Archeobotany* 1: 141-156.
- Berglund B. E., Ralska-Jasiewiczowa M. 1986: Pollen analysis. W: Berglund B. E. (red.) *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*: 455-483.
- Brande A. 1980. Pollenanalytische Untersuchungen im Spätglazial und frühen Postglazial Berlins. *Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg* 115: 21-72.
- Brande A. 2008. Holocene Paleocology of *Cladium mariscus* (L.) Pohl in the Spree-Havel region of Berlin and Brandenburg (Germany). *Studia Limnologica et Telmatologica* 2(2): 43-46.
- Bronk Ramsey, C., Lee, S. 2013. Recent and Planned Developments of the Program OxCal. *Radiocarbon* 55, 2-3: 720-730.
- Buczek A. 2005. Siedliskowe uwarunkowania, ekologia, zasoby i ochrona kłoci wiechowatej *Cladium mariscus* (L.) Pohl. w Makroregionie Lubelskim. *Acta Agrophysica PAN* 129 Rozprawy i Monografie (9).
- Ceynowa M., Rejewski M. 1969. Roślinność jeziora Nawionek. *Stud. Soc. Scient. Tor. Sec. D*, 9, 1: 1-16.
- Dąbska I. 1965. Roślinność litoral jezior lobeliowych Pojezierza Kartuskiego. *Prace Komisji Biologicznej, PTPN*, 30: 1-51.
- Dörfler W. 1990. Die Geschichte des Hanfanbaus in Mitteleuropa aufgrund palynologischer Untersuchungen und von Grossrestnachweisen. *Prähistorische Zeitschrift* 65,2: 218-244.
- Dysarz R. 1998. Zarys geomorfologii i typy krajobrazu naturalnego w północnej części Borów Tucholskich. W: Banaszak J., Tobolski K. (red.). *Park Narodowy „Bory Tucholskie”. Stan poznania przyrody na tle kompleksu leśnego Bory Tucholskie*. Bydgoszcz: 9-17.
- Farmer A.M. 1989. *Lobelia dortmanna*. *Biological Flora of the British Isles. Journal of Ecology* 77: 1161-1173.
- Farmer A.M., Spence D.H.N. 1987. Flowering, germination and zonation of the submerged aquatic plant *Lobelia dortmanna* L. *Journal of Ecology* 75: 1065-1076.
- Gałka M., Tobolski K. 2012. Palaeoecological studies on the decline of *Cladium mariscus* (Cyperaceae) in NE Poland. *Annales Botanici Fennici* 49(5-6): 305-318.
- Grimm E.C. 1992. Tilia and Tilia-Graph. Pollen Spreadsheet and Graphics Programs. W: 8<sup>th</sup> International Palynological Congress (President: A. Pons) Aix-en-Provence, September 6-12. 1992. Program and Abstracts, 56.
- Grosse-Brauckmann G. 1964. Einige wenig beachtete Pflanzenreste in nordwestdeutschen Torfen und die Art Ihres Vorkommens. *Geologisches Jahrbuch* 81, Hannover: 621-643.
- Grzelakowska E. 1989. Środowiskowe uwarunkowania osadnictwa pradziejowego i wczesnośredniowiecznego w północnej części Borów Tucholskich. *Acta Univ. Lodzianensis, Folia Archeologica* 11: 1-150.
- Grzywacz A. 1998. Drzewostany Parku Narodowego Bory Tucholskie i ich zagrożenia przez grzyby chorobotwórcze. W: Banaszak J., Tobolski K. (red.). *Park Narodowy „Bory Tucholskie”. Stan poznania przyrody na tle kompleksu leśnego Bory Tucholskie*. Bydgoszcz: 309-318.
- Hannon G.E., Gaillard M-J. 1997. The plant macrofossil record of past lake-level changes. *Journal of Paleolimnology* 18: 15-28.
- Heegaard E., Birks H.H., Gibson C.E., Smith S.J., Wolfe-Murphy S. 2001. Species-environmental relationship of aquatic macrophytes in Northern Ireland. *Aquatic Botany* 70: 175-223.
- Herbichowa M., Wołajko L. 2004. Torfowiska nakredowe (*Cladium marisci*). W: red. Herbich J. *Wody słodkie i torfowiska. Poradnik ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2: 163-171.
- Jankovska V., Komarek J. 2000. Indicative value of *Pediastrum* and other coccal green algae in palaeoecology. *Folia Geobotanica* 35: 59-82.
- Jasnowska J., Jasnowski M. 1991. Dynamika rozwojowa roślinności torfotwórczej w rezerwacie “Kłocie Ostrowickie”, cz. III. Sukcesje roślinności w procesie torfotwórczym, historii złoza i obecnej szacie roślinnej. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie*: 37-52.
- Jasnowski M., Jasnowska J., Kowalski W., Markowski S., Radomski J. 1972. Warunki siedliskowe i szata roślinna torfowiska nakredowego w rezerwacie “Tchórzyno” na Pojezierzu Myśliborskim. *Zakład Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk, Ochrona przyrody* 37: 157-227.
- Jażdżewski K. 1981. Pradzieje Europy Środkowej. *Ossolineum, Wrocław*.
- Karcz G. 2007a. Kłoc wiechowata *Cladium mariscus* (L.) i torfowiska nakredowe jako siedlisko priorytetowe Natura 2000 w Pszczewskim Parku Krajobrazowym. W: Schubert T. (red.) *Gmina Pszczew i Pszczewski Park Krajobrazowy w obliczu europejskiej sieci ochrony przyrody Natura 2000*. Pszczew: 89-110.
- Karcz G. 2007b. O stanowiskach kłoci wiechowatej *Cladium mariscus* (L.) w Pszczewskim Parku Krajobrazowym. *Biuletyn Parków Krajobrazowych Wielkopolski* 13(15): 121-129.

- Karcz G. 2008. Kłóc wiechowata *Cladium mariscus* (L.) i torfowiska nakredowe jako siedlisko priorytetowe Natura 2000 w Pszczewskim Parku Krajobrazowym. *Studia Limnologica et Telmatologica* 2(2): 47-53.
- Karcz G. 2013. Znaczenie kłoci wiechowatej *Cladium mariscus* L. (Pohl.) w budowaniu osadów w jeziorach i torfowiskach przy wschodniej granicy jej europejskiego zasięgu. *Studia Limnologica et Telmatologica* 7(1): 21-86.
- Kochanowski J., Tobolski K. 2010. A new locality of *Lobelia dortmanna* L. in Lake Krzywce Wielkie ("Bory Tucholskie" National Park). *Studia Limnologica et Telmatologica* 4, 2: 61-64.
- Komarek J., Jankovska 2001. Review of the Green Algal Genus *Pediastrum*; Implication for Pollen-analytical Research. *Bibliotheca Phycologica* 108: 1-127.
- Lityńska-Zajac M., Wasylkowa K. 2005. Przewodnik do badań archeobotanicznych. *Sorus*, Poznań: 1-566.
- Marek S. 1991. *Studia nad stratygrafią torfowisk w Polsce*. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- Marszelewski W., Jutrowska E. 1998. Wstępna inwentaryzacja hydrologiczna Parku Narodowego Bory Tucholskie. W: Banaszak J., Tobolski K. (red.). *Park Narodowy „Bory Tucholskie”. Stan poznania przyrody na tle kompleksu leśnego Bory Tucholskie*. Bydgoszcz: 49-68.
- Milecka K. 2005. Historia jezior lobeliowych zachodniej części Borów Tucholskich na tle postglacjalnego rozwoju szaty leśnej. *Wyd. Nauk. UAM, Poznań*: 1-249.
- Milecka K., Obremska M. 2002. Zawartość sporomorf *Lobelia dortmanna* i *Isoetes lacustris* w najmłodszych warstwach osadów jeziora Nierybno. W: Banaszak J., Tobolski K. (red.) *Park Narodowy Bory Tucholskie na tle projektowanego rezerwatu biosfery*. Park Narodowy Bory Tucholskie, Homini, Charzykowy: 99-106.
- Miotk-Szpiganowicz G. 1992. The history of the vegetation of Bory Tucholskie and the role of man in the light of palynological investigation. *Acta Palaeobotanica* 32(1): 39-122.
- Moen A. 1999. *National Atlas of Norway: Vegetation*. Norwegian Mapping Authority, Hønefoss.
- Okuniewska-Nowaczyk I., Milecka K., Makohonienko M., Harmata K., Madeja J., Nalepka D. 2004. *Secale cereale* L. – Rye. W: Ralska-Jasiewiczowa M., Latałowa M., Wasylkowa K., Tobolski K., Madeyska E., Wright H.E. Jr. & Turner Ch. (red.). *Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps*. W: Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: 347-353.
- Pełechaty M., Pełechata A., Pukacz A., 2007. Flora i roślinność ramieniowa na tle stanu troficznego jezior Pojezierza Lubuskiego (środkowo-zachodnia Polska). *Bogucki Wydawnictwo Naukowe*. Poznań.
- Podbielkowski Z., Tomaszewicz H. 1996. *Zarys hydrobotaniki*. PWN, Warszawa.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Ramsey, C.B., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haffidason, H., Hajdas, I., Hattte, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., van der Plicht, J., 2013: Intcal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55(4): 1869-1887.
- Seddon B. 1972. Aquatic macrophytes as limnological indicators. *Freshwater Biology* 2: 107-130.
- Spence D.H.N. 1982. The zonation of plants in freshwater lakes. *Adv. Ecol. Res.* 12: 37-125.
- Strzelczyk J.E. 2004. *Lobelia dortmanna* L. i *Isoetes lacustris* L. w tafocenozach jezior Nierybno i Gacno Wielkie (Park Narodowy Bory Tucholskie). *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, B, 53: 87-93.
- Szmeja J. 1992. Struktura, organizacja przestrzenna i demografia populacji isoetydów. *Studium ekologiczne roślin podwodnych*. UG, Gdańsk: 1-129.
- Szmeja J. 2001. *Lobelia dortmanna* L. *Lobelia jeziorna*. W: Kaźmierczakowa R., Zarzycki K. (red.) *Polska czerwona księga roślin*. PAN, Kraków: 361-362.
- Tobolski K. 1998. 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*. Bydgoszcz: 19-48.
- Tobolski K. 2000. *Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych*. PWN, Warszawa.
- Tobolski K., Gałka M. 2008. Kopalne stanowisko kłoci wiechowatej (*Cladium mariscus*) w dolinie Brdy przy ujściu do jeziora Witoczno (Zaborski Park Krajobrazowy). *Studia Limnologica et Telmatologica* 2(1): 27-32.
- Zarzycki K., Trzczińska-Tacik H., Różański W., Szelaż Z., Wołek J., Korzeniak U. 2002. *Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych w Polsce. Różnorodność biologiczna Polski*, Vol. 2. Instytut Botaniki im. W. Szafera, PAN, Kraków.
- Zohary, D., Hopf, M. 2001. *Domestication of plants in the Old World*. Oxford University Press.