

## Reakcja roślinności na chłodne oscylacje klimatyczne podczas holocenu – wstępne wyniki analizy pyłkowej osadów Jeziora Boczego (Kraina Wielkich Jezior Mazurskich)

Edyta Żuk-Kempa<sup>1</sup>, Magdalena Fiłoc<sup>2</sup>, Mirosława Kupryjanowicz<sup>2</sup>



E. Żuk-Kempa



M. Fiłoc



M. Kupryjanowicz

**Vegetation response to cold climate oscillations during the Holocene – preliminary results of the pollen analysis of the sediments of Lake Boczne (the Great Masurian Lakes District, NE Poland).** *Prz. Geol.*, 71: 530–532; doi: 10.7306/2023.42

*A b s t r a c t.* This article presents the preliminary results of palynological research, the main objectives of which were to study the climate changes impact on the vegetation from end last glaciation to the present day in the Great Masurian Lakes District. In the pollen diagram from the Lake Boczne profile, 12 local pollen assemblage zones (L PAZ) were distinguished. The pollen zones and subzones illustrate successive stages of vegetation development around Lake Boczne. The existence of a sedimentary gap in the analysed profile cover-

ing a significant part of the Middle Holocene was documented, which could be associated with a cooling and/or a more humid climate. Moreover, some changes in the pollen record may have reflected changes in vegetation due to cold climate oscillations.

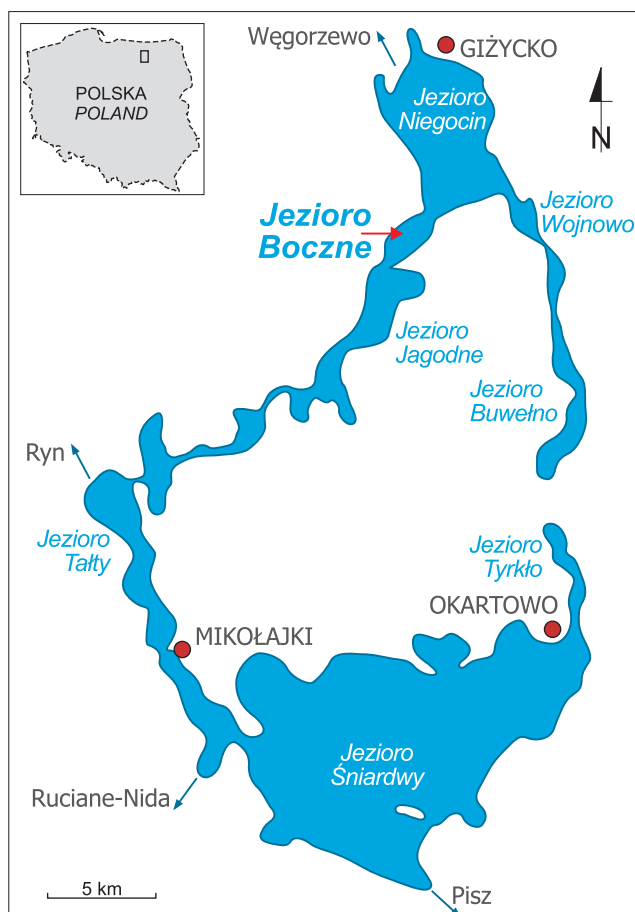
**Keywords:** *Holocene, climate changes, pollen analysis, NE Poland*

Holocen, podobnie jak inne czwartorzędowe interglacjały, charakteryzuje się klimatem, który najpierw stopniowo ocieplał się, a następnie ochładzał. Jednak wiele wyników najnowszych badań wskazuje, że w epoce tej dość regularnie pojawiały się nagłe, krótkotrwałe (ok. 50–150 lat) ochłodzenia, które tworzą serię zmian klimatycznych powtarzających się z cyklicznością co ok.  $1470 \pm 500$  lat. Epizody te zostały szczegółowo rozpoznane zarówno w rdzeniach lodowych z Grenlandii, jak i w osadach oceanicznych, a także w innych rejonach świata (Bond i in., 2001; Wanner i in., 2011).

Od wielu lat są prowadzone badania paleoekologiczne nad zmianami roślinności i klimatu północno-wschodniej Polski podczas późnego glacjału ostatniego zlodowacenia i holocenu (Kupryjanowicz, 2007; Szal i in., 2014, 2017). Część z tych badań, prowadzona na Pojezierzu Suwalskim, dotyczy reakcji roślinności na chłodne oscylacje klimatyczne, które wystąpiły w holocenie (Fiłoc i in., 2017, 2018). Kontynuacją tego nurtu badawczego są prace podjęte ostatnio w Krainie Wielkich Jezior Mazurskich. Ich celem jest ustalenie wpływu krótkotrwałych ochłodzeń klimatu na przebieg postglacialnej sukcesji roślinności tego regionu. Szczególnie interesującym aspektem jest sprawdzenie, czy reakcja roślinności na przejściowe ochłodzenia ograniczała się wyłącznie do czasu ich trwania, czy też ochłodzenia te inicjowały nowe, długotrwałe etapy w przemianach roślinności.

### OBSZAR BADAŃ

Badaniom poddano osady Jeziora Boczego, które znajduje się w Krainie Wielkich Jezior (ryc. 1), na pograniczu strefy klimatu oceanicznego i kontynentalnego. Przez



**Ryc. 1.** Lokalizacja Jeziora Boczego  
**Fig. 1.** Location of Lake Boczne

<sup>1</sup> Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Uniwersytet w Białymstoku, ul. K. Ciołkowskiego 1K, 15–245 Białystok; [ezuk@uwb.edu.pl](mailto:ezuk@uwb.edu.pl); ORCID ID: 0000-0003-4199-3216

<sup>2</sup> Wydział Biologii, Uniwersytet w Białymstoku, ul. K. Ciołkowskiego 1J, 15–245 Białystok; ORCID ID: M. Fiłoc – 0000-0003-1226-2676; M. Kupryjanowicz – 0000-0003-0629-6247

pojezierze to przebiegają granice zasięgów występowania wielu gatunków roślin, w związku z tym w jego szacie roślinnej wyjątkowo wyraźnie odzwierciedlają się wszelkie zmiany klimatu, nawet krótkotrwałe (Woś, 1995). Sprawia to, że Kraina Wielkich jezior Mazurskich jest szczególnie predysponowana do badań nad relacją klimat – roślinność w przeszłości, w tym także nad reakcją roślinności na krótkotrwałe, chłodne oscylacje klimatyczne.

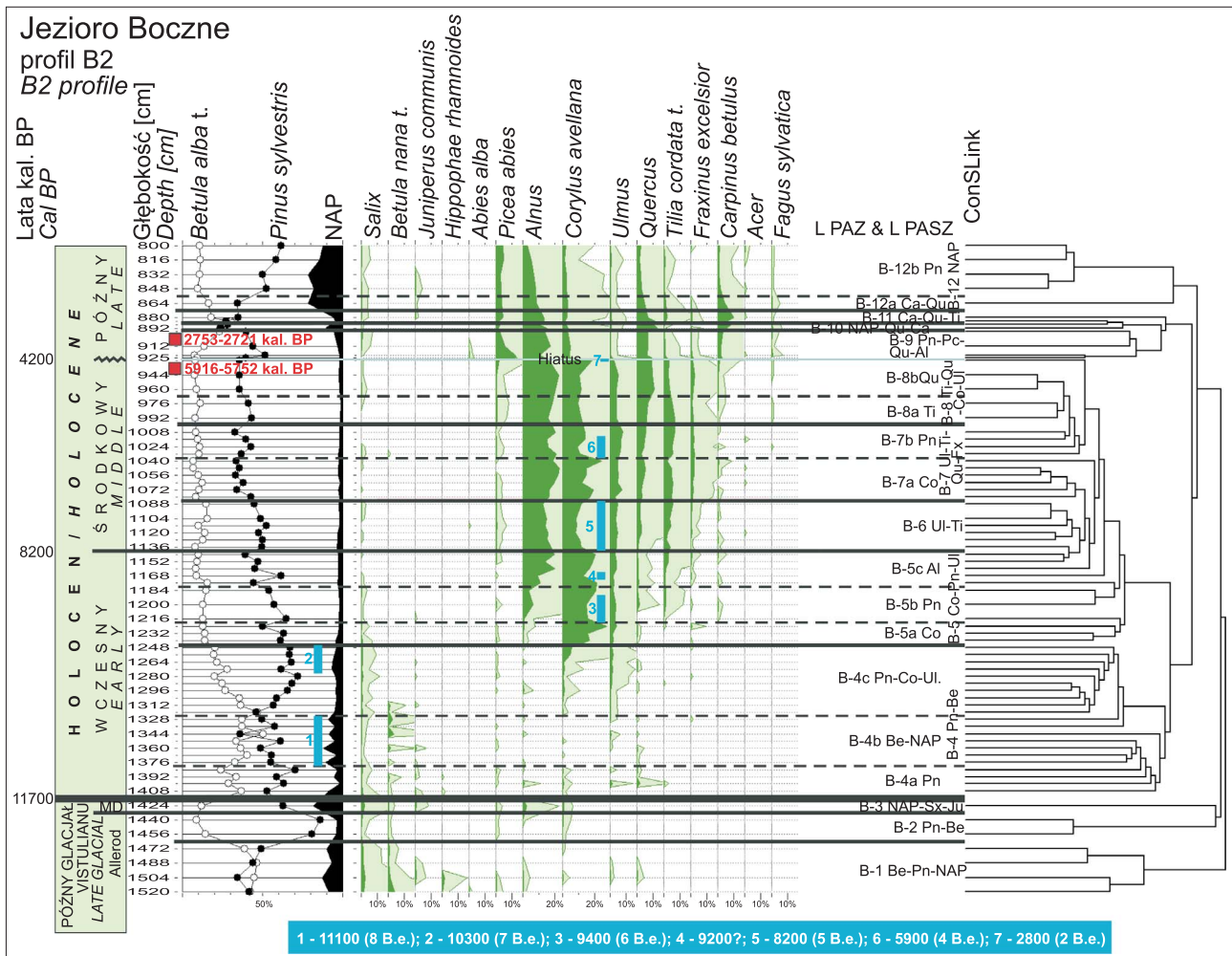
## METODYKA

Wykonano jakościową i ilościową analizę składu sporomorf (pyłek roślin nasiennych i zarodniki), które zachowały się w stanie kopalnym w osadach Jeziora Boczego. Próby macerowano metodą acetolizy Erdtmanna (Faegri, 1975). Z każdej próbki zliczono ponad 500 ziaren pyłku roślin lądowych oraz inne palinotaksy. Ich udziały procentowe obliczono na podstawie sumy łącznej, obejmującej drzewa i krzewy (AP), a także rośliny zielne (NAP).

Wyniki przedstawiono w postaci uproszczonego wykresu procentowego zaliczeń ziaren pyłku wybranych taksonów (ryc. 2) za pomocą programu POLPAL (Nalepka, Walanus, 2003). Wykresy podzielono na lokalne poziomy i podpoziomy pyłkowe, wyznaczone za pomocą analizy *ConSLink*. Wiek badanych osadów określono na podstawie korelacji zmian roślinności, porównując z innymi stanowiskami na badanym terenie (Jezioro Miłkowskie – Wacnik, 2009; Jezioro Wojnowo – Wacnik i in., 2012; Jezioro Sałęt – Szal, 2014, 2017), oraz metodą radiowęglową w Laboratorium Datów Bezwzględnych w Skale.

## WYNIKI

Wstępne wyniki badań osadów Jeziora Boczego wykazały, że ich akumulacja rozpoczęła się podczas allerołu. Zapis palinologiczny (B-1 Be-Pn-NAP, B-2 Pn-Be, ryc. 2) w pierwszym okresie sedymentacji rejestruje dominację borealnych lasów sosnowo-brzozowych oraz obecność



**Ryc. 2.** Uproszczony procentowy diagram pyłkowy (krzywe wybranych taksonów) profilu osadów Jeziora Boczego. Objaśnienia: L PAZ – lokalne poziomy pyłkowe (B-1 Be-Pn-NAP, *Betula-Pinus*-rośliny zielne; B-2 Pn-Be, *Pinus-Betula*; B-3 NAP-Sx-Ju, rośliny zielne-*Salix-Juniperus*; B-4 Pn-Be, *Pinus-Betula*; B-5 Co-Pn-Ul, *Corylus-Pinus-Ulmus*; B-6 Ul-Ti, *Ulmus-Tilia*; B-7 Ul-Ti-Qu-Fx, *Ulmus-Tilia-Quercus-Fraxinus*; B-8 Ti-Qu-Co-Ul, *Tilia-Quercus-Corylus-Ulmus*; B-9 Pn-Pc-Qu-Al, *Pinus-Picea-Quercus-Alnus*; B-10 NAP-Qu-Ca, rośliny zielne-*Quercus-Carpinus*; B-11 Ca-Qu-Ti, *Carpinus-Quercus-Tilia*; B-12 NAP, rośliny zielne)

**Fig. 2.** Simplified percentage pollen diagram (curves of selected taxa) from Lake Boczne. Explanations: L PAZ – local pollen assemblage zones (B-1 Be-Pn-NAP, *Betula-Pinus*-non-arboreal plants; B-2 Pn-Be, *Pinus-Betula*; B-3 NAP-Sx-Ju, non-arboreal plants-*Salix-Juniperus*; B-4 Pn-Be, *Pinus-Betula*; B-5 Co-Pn-Ul, *Corylus-Pinus-Ulmus*; B-6 Ul-Ti, *Ulmus-Tilia*; B-7 Ul-Ti-Qu-Fx, *Ulmus-Tilia-Quercus-Fraxinus*; B-8 Ti-Qu-Co-Ul, *Tilia-Quercus-Corylus-Ulmus*; B-9 Pn-Pc-Qu-Al, *Pinus-Picea-Quercus-Alnus*; B-10 NAP-Qu-Ca, non-arboreal plants-*Quercus-Carpinus*; B-11 Ca-Qu-Ti, *Carpinus-Quercus-Tilia*; B-12 NAP, non-arboreal plants)

zbiorowisk otwartych, a także zbiorowisk krzewiastych. W drugim okresie zaczynają dominować borealne lasy sosnowe. Następnie zapis palinologiczny jest kontynuowany w młodszym dryasie (B-3 NAP-Sx-Ju – ryc. 2) i obrazuje znaczne, krótkotrwałe poszerzenie arealu zbiorowisk otwartych (maksimum pyłku roślin zielnych), będące reakcją na ochłodzenie klimatu.

W zapisie pyłkowym reprezentującym wczesny holocen (B-4 Pn-Be, B-5 Co-Pn-Ul – ryc. 2) zmiany klimatyczne związane z ociepleniem na przełomie późnego glacjału i holocenu spowodowały ograniczenie zbiorowisk otwartych. Wskazuje na to zmniejszenie procentowego udziału roślin zielnych oraz zwiększenie udziału pyłku brzozy. W szacie roślinnej zaczęły dominować lasy z przewagą sosny i dużym udziałem brzozy. Później w okolicy tego rejonu dotarły pierwsze drzewa i krzewy o większych wymaganiach termicznych, takie jak wiąz i leszczyna.

Na początku holocenu na terenie badań zarejestrowano znaczne, okresowe rozprzestrzenienie się brzozy, powiązane z przejściowymi zmianami arealu występowania sosny. Zmiany tego typu zwykle są interpretowane jako reakcja roślinności na krótkotrwałe ochłodzenia klimatu, znane jako preborealne oscylacje klimatyczne (PBO). Opisane zwiększenie liczebności pyłków brzozy odpowiada globalnemu ochłodzeniu, datowanemu na ok. 11 100 kal. lat BP. Natomiast młodsze ochłodzenie, datowane na ok. 10 300 kal. lat BP, odzwierciedla się w zapisie pyłkowym jako wzrost udziału roślin zielnych, któremu towarzyszy fluktuacja udziału brzozy i sosny.

Kolejna zmiana roślinności, która może odzwierciedlać krótkotrwałą oscylację klimatu, jest widoczna w zapisie pyłkowym jako zmniejszenie udziału leszczyny, odnotowane zaraz po jej pojawieniu się i pierwszej kulminacji. Zmiana ta może być reakcją na globalne ochłodzenie klimatu, datowane na ok. 9400 kal. lat BP.

Na samym początku środkowego holocenu, w czasie optimum klimatycznego, doszło do ekspansji leszczyny, która prawdopodobnie tworzyła warstwę podszytu w zbiorowiskach leśnych (B-6 Ul-Ti, B-7 Ul-Ti-Qu-Fx, B-8 Ti-Qu-Co-Ul, ryc. 2). Coraz liczniej występowała leż olsza, formująca lasy olszowe na podmokłych brzegach licznych jezior. Drzewa termofilne, takie jak lipa, jesion, wiąz i dąb, osiągnęły maksymalny zasięg występowania na północy.

W okresie dominacji wielogatunkowych, ciepłolubnych lasów liściastych ochłodzenia odzwierciedlają się zwykle uszczupleniem udziału leszczyny w zapisie palinologicznym. Możliwe, że etapowe zmniejszanie się procentowego udziału pyłków tego krzewu, zaobserwowane w osadach Jeziora Bocznego, odpowiada reakcji roślinności na globalne ochłodzenia klimatu, datowane kolejno na 9200, 8200 i 5900 kal. lat BP (Ghilardi, O'Connell, 2013; Fiłoc i in., 2017).

Największa zmiana szaty roślinnej, zaznaczająca się w zapisie pyłkowym z Jeziora Bocznego, która może być efektem chłodnej oscylacji klimatu, jest wyrażona głęboką depresją procentowego udziału pyłku leszczyny oraz wielkimi kulminacjami pyłku sosny i brzozy. Zmiana ta może odpowiadać ochłodzeniu znanemu jako wydarzenie 8,2 ka BP (Bond i in., 2001; Wanner i in., 2011), ale może też być wynikiem obecności w tym rejonie mezolitycznych grup ludzkich.

W analizowanym profilu osadów początkowi późnego holocenu (B-9 Pn-Pc-Qu-Al, B-10 NAP-Qu-Ca, B-11 Ca-Qu-Ti, B-12 NAP, ryc. 2) odpowiada luka sedymentacyjna, obejmująca także znaczną część środkowego holocenu. Datowanie radiowęglowe osadów leżących bezpośrednio pod i nad tym hiatusem pozwoliło stwierdzić, że obejmuje on ok. 3 tysięcy lat (od ok. 5916–5752 do ok. 2753–2721 kal. lat BP).

Ustalenie przyczyn powstania luki sedymentacyjnej i jej ewentualnego związku z globalnym ochłodzeniem lub i też zwilgotnieniem klimatu, datowanym na ok. 2800 kal. BP, będzie przedmiotem dalszych analiz. Dane pyłkowe z tego okresu wskazują na niemal całkowitą degradację większości drzew o większych wymaganiach termicznych, takich jak lipa, wiąz i jesion, oraz na rozprzestrzenienie się sosny. Procentowy udział pyłku roślin zielnych, głównie uprawnych i związanych z człowiekiem, podwyższony w stosunku do występującego we wcześniejszych okresach, odzwierciedla największe w całym holocenie ograniczenie arealu zbiorowisk leśnych i rozszerzenie obszaru pól, łąk i siedlisk ludzkich. W związku z tym określenie, co było decydującym czynnikiem zmian roślinności, czy były to zmiany klimatu czy działalność człowieka, nie jest obecnie możliwe.

Badania zostały częściowo sfinansowane przez Uniwersytet Warszawski w ramach projektu BOB 662-73/2022 IDUB IV.4.1.

## LITERATURA

- BOND G., KROMER B., BEER J., MUSCHELER R., EVANS M., SHOWERS W., HOFFMANN S., LOTTI-BOND R., HAJDAS I., BONANI G. 2001 – Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. *Science*, 294: 2130–2136.
- FAEGRI K., IVERSEN J. 1975 – *Textbook of pollen analysis*. Blackwell Scientific Publications, Copenhagen.
- FIŁOC M., KUPRYJANOWICZ M., RZODKIEWICZ M., SUCHORA M. 2018 – Response of terrestrial and lake environments in NE Poland to Preboreal cold oscillations (PBO). *Quatern. Intern.*, 475: 101–117.
- FIŁOC M., KUPRYJANOWICZ M., SZEROCZYŃSKA K., SUCHORA M., RZODKIEWICZ M. 2017 – Environmental changes related to the 8.2 ka event and other climate fluctuations during the middle Holocene: Evidence from two dystrophic lakes in NE Poland. *The Holocene*, 27: 1550–1566.
- GHILARDI B., O'CONNELL M. 2013 – Early Holocene vegetation and climate dynamics with particular reference to the 8.2 ka event: pollen and macrofossil evidence from a small lake in western Ireland. *Vegetation History and Archaeobotany*, 22: 99–113.
- KUPRYJANOWICZ M. 2007 – Postglacial development of vegetation in the vicinity of the Lake Wigry. *Geochronometria*, 27: 53–66.
- NALEPKA D., WALANUS A. 2003 – Data processing in pollen analysis. *Acta Palaeobotanica*, 43: 125–134.
- SZAL M., KUPRYJANOWICZ M., WYCZÓLKOWSKI M., TYLMANN W. 2014 – The Iron Age in the Mragowo Lake District, Masuria, NE Poland: the Salet settlement microregion as an example of long-lasting human impact on vegetation. *Veget. Hist. Archaeobot.*, 23: 419–437.
- SZAL M., KUPRYJANOWICZ M., TYLMANN W., PIOTROWSKA N. 2017 – Was it “terra desolata”? Conquering and colonizing the medieval Prussian wilderness in the context of climate change. *The Holocene*, 27: 465–480.
- WACNIK A. 2009 – Vegetation development in the Lake Miłkowskie area, north-eastern Poland, from the Plenivistulian to the late Holocene. *Acta Palaeobot.*, 49: 287–335.
- WACNIK A., GOSLAR T., CZERNIK J. 2012 – Vegetation changes caused by agricultural societies in the Great Mazurian Lake District. *Acta Palaeobot.*, 52: 59–104.
- WANNER H., SOLOMINA O., GROSJEAN M., RITZ P.S., JETEL M. 2011 – Structure and origin of Holocene cold events. *Quatern. Scie. Rev.* 30: 3109–3123.
- WOŚ A. 1995 – *Zarys klimatu Polski*. Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań.

Praca wpłynęła do redakcji 25.09.2023 r.  
Akceptowano do druku 6.10.2023 r.