

# TRÓJDZIELNOŚĆ MŁODSZEGO DRYASU OBSERWOWANA W ROZWOJU ROŚLINNOŚCI W OTOCZENIU TORFOWISKA ŻABIENIEC W ŚRODKOWEJ POLSCE

Three phases of vegetation development during the Younger Dryas at Żabieniec mire,  
central Poland

KRYSTYNA MILECKA<sup>1</sup> 

**Zarys treści.** Torfowisko Żabieniec położone jest w środkowej Polsce. Duża miąższość osadów biogenicznych pozwoliła na przeprowadzenie badań paleoekologicznych i odtworzenie historii roślinności oraz zmian klimatu podczas późnego glacjału i holocenu. Na podstawie wyników analizy pyłkowej zaprezentowano przebieg rozwoju roślinności podczas młodszego dryasu. Przebieg krzywych pyłkowych pozwolił na wydzielenie trzech faz, a datowanie radiowęglowe umożliwiło określenie ich ram czasowych. Pierwsza z nich, obejmująca 50 cm osadu, była najdłuższa i trwała prawie 900 lat. Ilustruje ona ochłodzenie, rozwój zbiorowisk zimnolubnych, odlesienie i wzrost trofii ekosystemu jeziornego. Druga, pomimo znacznej miąższości osadów (50 cm), była znacznie krótsza, trwała tylko około 230 lat i ilustruje stabilizację zimnolubnej roślinności okolic Żabiańca oraz wysoki status troficzny jeziora. Trzecia, obejmująca około 120 lat (30 cm osadu) ilustruje ustępowanie zbiorowisk otwartych, zimnolubnych, zanik taksonów światłolubnych, glacialnych i zimnego stepu oraz wyraźnie niższą trofję wód zbiornika. Porównanie danych palinologicznych kilku stanowisk na terenie Polski sugeruje, że wyznaczana czynnikami makroklimatycznymi sukcesja roślinności jest w istotnym zakresie modyfikowana cechami lokalnymi środowiska, a czynniki: topograficzne, geomorfologiczne i fizykochemiczne podłoża decydują o tempie oraz szczegółowych kierunkach pojawiania się różnych zbiorowisk roślinnych.

**Słowa kluczowe:** młodszy dryas, torfowisko Żabieniec, fazy zmian roślinności, analiza pyłkowa

**Abstract.** The Żabieniec mire is located in central Poland. Its high thickness of organic sediments enabled paleoecological analyses and a description of environmental history during the Late Glacial and the Holocene. This article presents the record of vegetation development during the Younger Dryas in terms of pollen analysis. It is divided into three phases and the chronology is determined by radiocarbon dating. The first phase lasted *ca* 900 years and shows a cooling, the development of cold-demanding plant communities, deforestation and an increase in trophy. The second phase lasted not longer than 230 years and shows the preservation of cold-demanding vegetation and high trophy of the lake. The third phase lasted *ca* 120 years and shows a decrease of cold- and light-demanding tundra and steppe taxa. Trophy was clearly decreasing. Pollen analysis results for several other sites in Poland suggest that vegetation succession driven by macro-climatic features is significantly modified by local factors such as geomorphology, topography and physico-chemical properties of the ground.

**Key words:** Younger Dryas, Żabieniec mire, phases of vegetation changes, pollen analysis

## Wstęp

Torfowisko Żabieniec w środkowej Polsce jest obiektem badań od kilkudziesięciu lat. Pierwsze wyniki koncentrowały się jednak na zagadnieniach botanicznych i dotyczyły roślinności torfowiska (Cieślak 2000). Szersze opracowanie dotyczące różnych aspektów funkcjonowania tego

obiekту ukazało się w pierwszej dekadzie drugiego tysiąclecia w postaci zwartej monografii pod redakcją Twardego i in. (2010). Żabieniec jest swoistą osobliwością, gdyż położony w centralnej Polsce, a więc poza zasięgiem ostatniego zlodowacenia (vistulianu), zdołał zgromadzić bardzo miąższe pokłady osadów organicznych. Obejmują one warstwy akumulowane podczas interglacjału eemskiego, vistulianu oraz holocenu

<sup>1</sup> Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Pracownia Badań Antropocenu, ul. Bogumiła Krygowskiego 10, 61-680 Poznań; e-mail: milecka@amu.edu.pl, ORCID: 0000-0002-9822-4867

(Forysiak, Twardy 2010). Należy podkreślić duże znaczenie miąższości osadów organicznych i ciągłość ich akumulacji, gdyż pozwala to na szczegółowe odtworzenie uwarunkowań środowiskowych przez cały ten okres. Analiza zapisu przyrodniczego, przy pomocy takich metod paleoekologicznych jak: analiza pyłkowa, szczątków makroskopowych roślin, okrzemek, wioślarek i innych mikrofosyliów na tle zrekonstruowanych uwarunkowań geologicznych, geomorfologicznych i fizykochemicznych ukazuje historię przemian przyrody oraz wzajemne sprzężenie czynników abiotycznych i biotycznych wpływających na funkcjonowanie całego ekosystemu. W przypadku torfowisk szczególnie istotne są czynniki hydrologiczne, bowiem bez stale występującego wysokiego poziomu wody, warstwy osadów nie tylko nie będą przyrastać, ale postępujący w warunkach tlenowych rozkład materii organicznej zniweluje ciągłość informacji zapisanych w akumulowanych wcześniej sedymentach (Tobolski 2003a). Zachowaniu korzystnych warunków wodnych sprzyjało położenie na wododziale, w bezodpływowym obniżeniu o genezie wytopiskowej (Nowacki 1993).

Celem niniejszego opracowania jest charakterystyka zmian roślinności podczas młodszego dryasu, czyli ostatniego ochłodzenia późnego glacjału. Wyniki analizy palinologicznej zestawione w postaci diagramu pyłkowego pozwoliły na wyróżnienie trzech faz rozwoju zbiorowisk roślinnych spowodowanych zmianami klimatycznymi zachodzącymi w tym okresie na Niżu Środkowo-europejskim. Trójfazowy przebieg poszczególnych krzywych udziału procentowego podstawowych składników roślinności późnoglacialnej wydaje się na tyle odrębny od szeregu innych stanowisk z tego okresu, że zdecydowano się na ich omówienie.

## Stanowisko badań

Torfowisko Żabieniec położone jest w środkowej Polsce (51°51'01,5''N; 19°46'39,3''E), w północnej części Wzniesień Łódzkich (Kondracki 1994), 70 km od maksymalnego zasięgu zlodowacenia wisły. Usytuowane jest na wododziale pomiędzy dorzecziami rzek Mrogi i Mrożycy w niewielkim zagłębieniu bezodpływowym na wysokości 183 m n. p. m. Formy powierzchni ziemi w otoczeniu Żabieńca zostały ukształtowane podczas zlodowacenia warty (Twardy 2010). Zagłębienie torfowiska otaczają pagórki wodnolodowcowe oraz morenowe. Torfowisko

zasilane jest głównie przez opady, ale dochodzi również do spływu powierzchniowego oraz zasilania podpowierzchniowego, co ma wpływ na wahania poziomu wody (Walisch, Ziulkiewicz 2010). Współcześnie w otoczeniu obiektu przeważają gleby płowe, które wykształciły się pod lasami liściastymi i mieszanymi (Tołoczko, Twardy 2010). Na południowy wschód od torfowiska występują osady pochodzenia eolicznego, na których pod lasami iglastymi wykształciły się gleby bielcowe. Misę akumulacji biogenicznej otaczają gleby murszowate. Wiek gleb, według Tołoczki i Twardego (2010), jest zróżnicowany: stoki wyniesień podlegały denudacji w klimacie peryglacialnym podczas zlodowacenia wisły, dopiero poprawa warunków termicznych pozwoliła na późniejsze wykształcenie się gleb. Dno obszaru bezodpływowego pokryte jest warstwą osadów vistuliańskich, na których pod holocenią szatą leśną rozwinęły się różne typy współcześnie zalegających gleb. Najmłodsze gleby zalegają na powierzchni torfowiska, gdzie wciąż ma miejsce akumulacja osadów biogenicznych. Średnia roczna temperatura powietrza w regionie klimatycznym środkowopolskim (Woś 2010) wynosi 7,9°C, temperatura stycznia -2,5°C, a lipca 17,9°C. Suma opadów to średnio 576 mm rocznie.

Okolice torfowiska aż do późnego holocenu były bardzo słabo użytkowane przez człowieka. Ślady osadnictwa zaznaczają się w wynikach badań paleobotanicznych i archeologicznych dopiero w górnej warstwie osadów, tj. od około kilkuset lat, czyli w czasach historycznych (Baliwierz 2010; Kittel, Sygulski 2010). Silne odlesienie miało miejsce od początku XIX wieku. Obecnie funkcjonują tam tereny rolnicze oraz niewielkie ośrodki osadnicze.

Analizie palinologicznej poddano późnoglacialne warstwy osadów, akumulowane podczas młodszego dryasu. Tworzyły je mułek jeziorny oraz ilasta gytia detrytusowa (Forysiak, Twardy 2010). Ramy czasowe zostały ustalone na podstawie dat radiowęglowych wykonanych w Laboratorium Radiowęglowym Instytutu Fizyki Uniwersytetu Śląskiego w Gliwicach (Peters-Zganiacz i in. 2022).

## Metody badań

Próbki do badań palinologicznych o objętości 1 cm<sup>3</sup> pobrano z rdzenia Z-3 w odstępach co 4 cm, a następnie zagęszczono co 2 cm w wybranych odcinkach dla bardziej szczegółowej

analizy. Poddano je standardowemu przygotowaniu laboratoryjnemu wg procedury Berglunda i Ralskiej-Jasiewiczowej (1986). Materiał mineralny usunięto kwasem fluorowodorowym i przez dekantację. Części organiczne usunięto działaniem wodorotlenku potasu i filtrowaniem na sączkach. Acetolizę materiału organicznego wg metodyki Erdtmanna (za Berglund i Ralska-Jasiewiczowa 1986) przeprowadzono przy użyciu mieszaniny stężonego kwasu siarkowego i bezwodnika kwasu octowego przez 3 minuty na gorąco. Następnie próbki zalano gliceryną bezwodną, a bezpośrednio przed wykonaniem preparatu mikroskopowego barwiono safraniną. Podczas oznaczeń posługiwano się kluczem Beuga (2004). Dla każdej warstwy osadów liczone spektrum do uzyskania co najmniej 400 ziaren pyłku drzew i krzewów (AP). Tylko pojedyncze próbki o bardzo niskiej frekwencji były liczone do 300 ziaren AP. Równolegle liczone wszystkie towarzyszące im ziarna pyłku lądowych roślin zielnych (NAP), wodnych, zarodniki mchów i paproci oraz glony *Pediastrum*. Podstawowe wyniki przedstawiono w postaci diagramu procentowego udziału w relacji do sumy drzew, krzewów i lądowych roślin zielnych oraz krzewinek  $AP+NAP=100\%$ .

Granice allerød/młodszy dryas i młodszy dryas/holocen zostały wyznaczone na podstawie datowania makroszczątków roślinnych z kilku warstw osadów oraz wyników palinologicznych. Oznaczenia wieku wykonano w Laboratorium Radiowęglowym Instytutu Fizyki Uniwersytetu Śląskiego w Gliwicach. Szczegółowa charakterystyka krzywej wyznaczającej chronologię stanowiska zawarta jest w opracowaniu Petery-Zganiacz i in. (2022).

## Wyniki i interpretacja

Prezentowane w diagramie (rys. 1) warstwy osadów zawierają spektra pyłkowe akumulowane w okresie młodszego dryasu oraz kilka próbek nadległych i poniżej leżących, tj. zawierających zarówno końcowy okres allerødu, jak i przejście młodszego dryasu/początek holocenu.

Końcowy okres allerødu charakteryzował się ponad 50% udziałem ziaren pyłku sosny oraz około 20% zawartością pyłku brzozy (rys. 1). Było to odzwierciedlenie panowania luźnych lasów sosnowo-brzozowych charakterystycznych dla tego ciepłego okresu późnego glacjału. Jednocześnie wzrastał udział roślin zielnych, głównie bylicy, zapowiadając ochłodzenie i zmianę

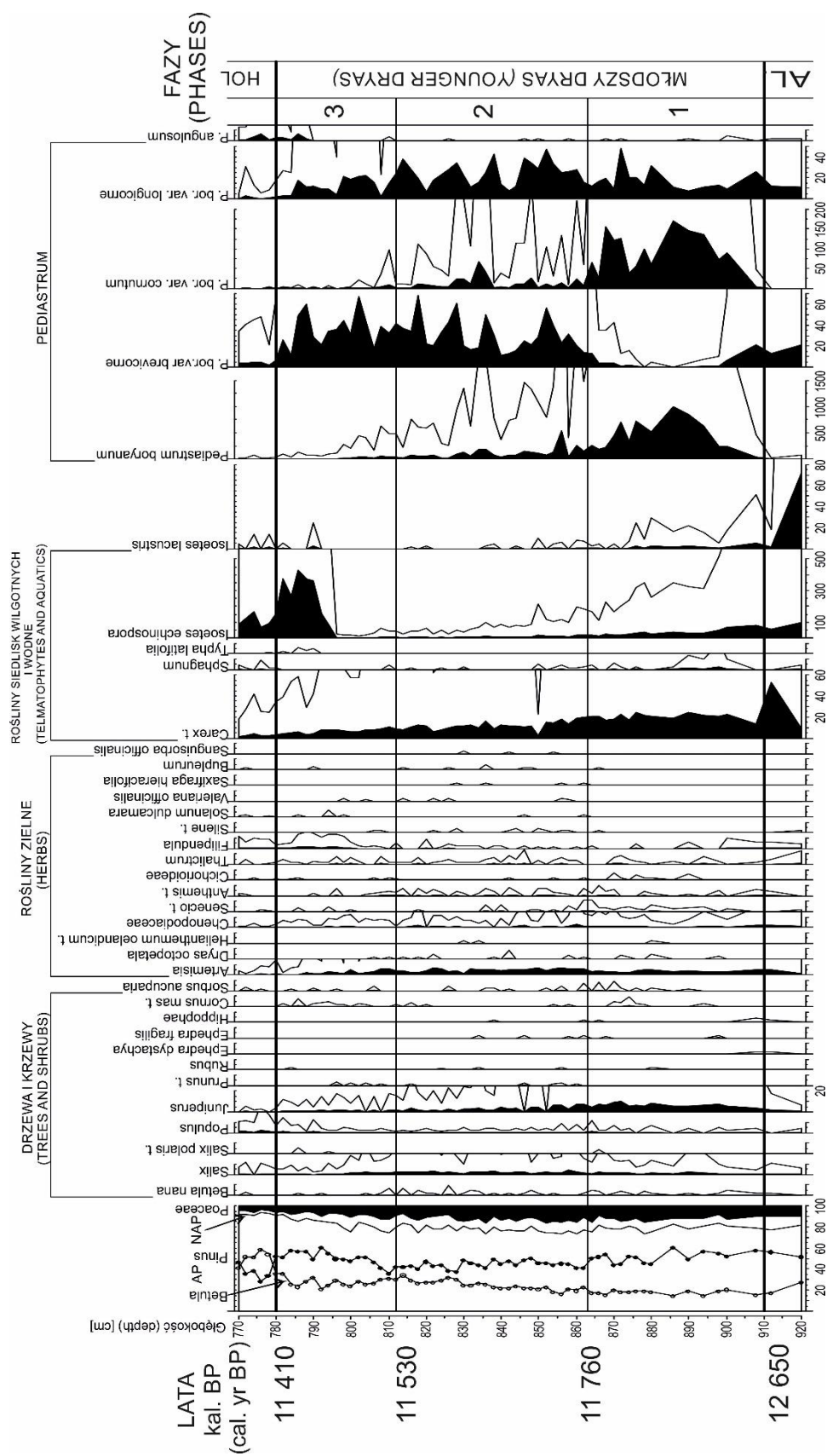
proporcji zbiorowisk leśnych do otwartych. Najmłodsza faza allerødu charakteryzowała się wysokim udziałem poryblinu (*Isoëtes echinospora* i *I. lacustris*), wskazując niską trofię wód jeziora (Szmeja 2001a, b).

Ze względu na wyraźnie odmienny przebieg krzywych ilustrujących występowanie różnego typu zbiorowisk roślinnych podczas młodszego dryasu oraz dominujących składników roślinności identyfikowanych w spektrach (sosna, brzoza, trawy, bylica, składniki zimnego klimatu i inne) wyróżniono trzy fazy rozwoju szaty roślinnej.

### Faza 1

Początek młodszego dryasu wyznacza maksimum udziału ziaren pyłku roślin zielnych NAP, w tym traw Poaceae (rys. 1). Zawartość procentowa sosny stopniowo obniżała się, wykazując jednak znaczne wahania w poszczególnych spektrach. Udział pyłku brzozy po skokowym spadku pod koniec allerødu utrzymywał się jednostajnie poniżej 20%. Najsilniejsze sygnały ochłodzenia stanowiły wzrosty udziałów jałowca oraz bylicy. Jałowiec jest najbardziej charakterystycznym składnikiem roślinności młodszego dryasu na północy Polski w zasięgu strefy młodoglacjalnej i na jej pograniczu (Okuniewska-Nowaczyk i in. 2004). W przypadku Żabienca obecność *Juniperus* zaznacza się również bardzo wyraźnie, a maksimum udziału w spektrum pyłkowym podczas pierwszej fazy ochłodzenia sięgało 10%. Świadczy to o rozprzestrzenieniu zarośli jałowca na suchych i piaszczystych terenach w otoczeniu ówczesnego jeziora oraz o znacznym lub całkowitym zaniku zbiorowisk leśnych w okolicy, co umożliwiło panowanie tego światłożądnego krzewu. Huntley i Birks (1983) uważają wartość 5% za sygnał licznej lokalnej obecności. Również na podstawie danych o sile pylenia można wnioskować brak obecności lasów, gdyż *Juniperus* wykazuje wskaźnik pylenia 2,1 w stosunku do traw (Sugita i in. 1999), ale proces kwitnienia i owocowania jest wyraźnie ograniczony w warunkach zacienienia.

Brak zacienienia sygnalizują również pojedyncze ziarna pyłku rokitnika pojawiające się na przełomie allerødu i młodszego dryasu oraz później. *Hippophaë rhamnoides*, jako gatunek pionierski i światłożądny, występuje przede wszystkim w starszych fazach późnego glacjału (Tobolski 2003b; Sobkowiak-Tabaka i in. 2022), ale nieliczna obecność sygnalizowana jest również w późniejszych fazach i zawsze oznacza bezleśność szaty roślinnej.



Rys. 1. Procentowy diagram pyłkowy, wybrane krzywe ilustrujące zmiany roślinności omówione w tekście, wartości procentowe – czarne, przewyższenia 10x (%) – bez koloru. Z lewej strony diagramu przybliżone lata kalendarzowe na podstawie chronologii Petery-Zganiacz i in. (2022)

Percentage pollen diagram, selected curves showing the vegetation changes discussed in the text, percentages shown in black, per million shown in no colour. Left: approximate chronology after Petera-Zganiacz *et al.* (2022)

Drugim ważnym sygnałem ochłodzenia było pojawienie się gatunków stepowych, głównie bylicy. *Artemisia* jest gatunkiem wiatropylnym, ale pomimo znacznej produkcji pyłku jest podreprezentowana w diagramach pyłkowych (Makohonienko i in. 2004) na skutek rozprzestrzeniania się pyłku tej rośliny zielnej na niewielkich wysokościach ponad powierzchnią gleby (von Wahl, Puls 1989). Udział 2–3% w sumie podstawowej AP+NAP świadczy o lokalnej obecności bylicy w otoczeniu stanowiska badań. Jest też dowodem odlesienia ze względu na światłożądność tej pochodzącej ze zbiorowisk stepowych rośliny. Pojawily się również inne gatunki stepowe, takie jak np. przęśl (*Ephedra*). Ziarno pyłku *Ephedra fragilis* oznaczono w spektrum pyłkowym przypisanym okresowi na przełomie allerødu i młodszego dryasu, a *Ephedra distachya* pod koniec pierwszej fazy. Przęśl rośnie na skalistych, ubogich glebach oraz na stepach i jest wskaźnikiem klimatu kontynentalnego (Szweykowska, Szweykowski 1992). Wyższą zawartość tego taksonu odnotowują jedynie stanowiska na południu Europy ze względu na wymagania wyższej temperatury. Wśród gatunków stepowych sporadycznym występowaniem ziaren pyłku odznacza się jeszcze *Helianthemum oelandicum* typ, a ponadto elementy stepowe zawierają typy pyłkowe, takie jak: *Chenopodiaceae*, *Senecio* typ, *Anthemis* typ, *Galium* typ i inne.

Ochłodzenie młodszego dryasu wskazywały dobitnie takie taksony jak brzoza karłowata i karłowate wierzby, które rozwijały się na wilgotnych lub wręcz podmokłych siedliskach. Dębik ośmiopłatkowy sugerował obecność siedlisk zasobnych w węglan wapnia, którego obecność wykazały analizy geochemiczne (Peters-Zganiacz i in. 2022).

Początek młodszego dryasu wiąże się ze stopniowym podwyższeniem trofii wód jeziora, co jest sygnalizowane obniżaniem się udziału poryblinu w podwodnych zbiorowiskach roślinnych oraz wzrostem zawartości glonów. Równocześnie, stwierdzono bardzo znaczny i związany wyłącznie z pierwszą fazą młodszego dryasu wysoki udział *Pediastrum boryanum*, w tym dominację przede wszystkim *P. boryanum* var. *boryanum* oraz *P. boryanum* var. *cornutum*. Obie odmiany uważane są za wskaźniki wód eutroficznych (Kornarek, Jankovska 2001). Tak więc można wnioskować, że zmniejszenie zawartości szaty roślinnej spowodowało zwiększony dopływ substancji biogennych ze zlewni i wzrost żyzności wód, a tym samym wypieranie składników skąpożywnych przez eutroficzne.

Faza 1 była najdłuższa i trwała prawie 900 lat, ilustruje ona: ochłodzenie, rozwój zbiorowisk zimnolubnych, przekształcenie zbiorowisk leśnych w tundrę parkową i wzrost trofii ekosystemu jeziornego (tab. 1).

## Faza 2

Wyrównany udział wykazują trawy, bylice oraz suma roślin zielnych. Na siedliskach suchych zbiorowiska z udziałem *Artemisia* i *Poaceae* wzbogacały liczne gatunki innych rodzin reprezentowane przez różne typy pyłkowe: *Gypsophila repens* typ, *Rumex acetosella*, *Bupleurum*, *Senecio* typ, *Anthemis* typ, *Cichorioideae*. W grupie AP największą stabilność wykazuje *Salix*, której krzywą należy wiązać z funkcjonowaniem krzewiastych wierzby na obszarach mokradłowych i wilgotnych. Wyrównana wydaje się również zawartość brzozy karłowatej, która pojawia się regularnie, choć zwykle na bardzo niskim poziomie. Wierzbowi i brzozie karłowatej na wilgotnych siedliskach towarzyszyły prawdopodobnie *Thalictrum*, *Valeriana officinalis*, *Solanum dulcamara*, *Rumex acetosa*. Rzadko występowała również wiazówka (*Filipendula*), ale jako bardziej wymagająca termicznie roślina, wiazówka liczniej pojawiła się dopiero podczas schyłkowej fazy młodszego dryasu i na początku holocenu. Jest to zjawisko typowe właśnie dla początku holocenu (Miotk-Szpiganowicz i in. 2004). Wyłącznie w tej fazie młodszego dryasu stwierdzono ziarna pyłku *Saxifraga hieraciifolia* typ. Skalnica jastrzębcowata współcześnie należy do arktyczno-alpijskich elementów geograficznych (Zajac, Zajac 2009) i występuje na obszarach o klimacie zimnym lub w wysokich piętrach roślinności górskiej (Matuszkiewicz 2001). W stabilnej zimnej fazie młodszego dryasu rozwijała się na wilgotnych, mało zasobnych stanowiskach o wapiennym podłożu.

Obok tej wyrównanej obecności wymienionych elementów zaznacza się delikatny spadek kilku istotnych składników flory. Bardzo wyraźnie jest to widoczne w przypadku jałowca, który obniża krzywą od 7,1% do 1,7%. Tak istotne obniżenie sugeruje znacznie mniejszą rolę *Juniperus* w okolicznych zbiorowiskach roślinnych. Pod koniec tej fazy zauważa się także zanik „zimnych” składników, takich jak: *Hippophaë*, *Helianthemum oelandicum* typ oraz *Ephedra*. Jedyna krzywa rosnąca to *Betula* (od 19,8% do 31,6%), przy czym wzrost jest regularny i zauważalny podczas trwania całej fazy drugiej.

Zwiększenie udziału procentowego brzozy wynika z dominacji tego taksonu w zaroślowych zbiorowiskach otoczenia Żabieńca. Prawdopodobnie brzoza lokalnie zwiększała swój zasięg,

wchodząc na tereny wcześniej zajęte zarówno przez składniki siedlisk wilgotnych, w tym turzycę, jak i siedlisk suchych, w tym głównie jałowce.

Tabela 1

Podstawowe zmiany w zbiorowiskach roślinnych i trofii oraz ich główne bioindykatory podczas wyróżnionych w tekście faz młodszego dryasu i schyłku allerødu

Changes in vegetation and trophy discussed in the text and their main bioindicators at the end of Allerød and during the Younger Dryas

cal. yr BP	Fazy późnego glacjału <i>Late glacial phases</i>		Zbiorowiska roślinne <i>Plant communities</i>	Główne taksony <i>Main taxa</i>	Trofia/trophy	
					Niska/wysoka <i>Low/high</i>	Bioindykatory <i>Bioindicators</i>
11 410	Młodszy dryas/Younger Dryas	3	Zanik zbiorowisk tundrowych <i>Decline of tundra</i>	<i>Typha latifolia</i> <i>Pinus</i> <i>Artemisia</i>	Niska/low	<i>Isoëtes echinospora</i>
11 530			Zimny step <i>Cold steppe</i>	<i>Filipendula</i>	Malejąca/ <i>decreasing</i>	<i>Pediastrum angulosum</i>
11 760		2	Tundra/tundra  Zimny step <i>Cold steppe</i>	<i>Betula nana</i> <i>Dryas</i> <i>Artemisia</i> <i>Juniperus</i> Poaceae <i>Salix</i>	Wysoka/high	<i>Pediastrum boryanum</i>  <i>P. bor. var. longicorne</i>
12 650		1	Rozwój zimnego stepu <i>Development of cold steppe</i>  Tundra parkowa <i>Park tundra</i>	<i>Juniperus</i> <i>B. nana</i> <i>Dryas</i> <i>Artemisia</i> Poaceae <i>Pinus</i>	Rosnąca/ <i>increasing</i>	<i>Pediastrum boryanum</i>  Zanik <i>Isoëtes</i>
	Allerød		Luźny las sosnowo-brzozowy <i>Sparse pine-birch forest</i>	<i>Pinus</i> <i>Betula</i>	Niska/low	<i>Isoëtes echinospora</i>  <i>I. lacustris</i>

Wody jeziora Żabieniec podczas fazy drugiej wykazywały najwyższą trofię. Jedynie nie-licznie stwierdzono zarodniki poryblinu, natomiast wysokie są krzywe *Pediastrum*, zwłaszcza *P. boryanum* var. *brevicorne* oraz *P. bor. var. longicorne*. Ten drugi takson uważany jest za składnik planktonu „peaty lakes” (Komarek, Jan-kovska 2001), co łącznie z licznym występowaniem turzyc (*Carex* typ) oraz pojedynczymi zarodnikami mchów torfowców (*Sphagnum*) sugeruje obecność zatorfień wokół brzegów zbiornika. O wyższej trofii świadczy również obecność niektórych taksonów siedlisk wilgotnych, np. *Sanguisorba officinalis* (Zarzycki i in. 2002), stwierdzona wyłącznie podczas fazy drugiej.

Faza druga pomimo znacznej miąższości osadów (50 cm) była krótsza od pierwszej, trwała tylko około 230 lat, ilustruje stabilizację zimno-lubnej roślinności okolic Żabieńca oraz wysoki status troficzny jeziora.

### Faza 3

Końcowy okres młodszego dryasu to schyłek ostatniego ochłodzenia i stopniowe podnoszenie się temperatury rocznej odzwierciedlone przez przekształcenia zbiorowisk roślinnych. Dynamicznie zwiększyła się liczba ziaren pyłku sosny wyrażona krzywą procentową. Około 30% sumy

kalkulacyjnej stanowi pyłek brzozy. Nieznacznie zwiększyła swój udział topola. Natomiast pozostałe składniki sumy, zarówno drzewa i krzewy, jak i rośliny zielne zaznaczyły obniżenie udziału. Proporcja jałowca i bylicy na granicy z holocenem spadła poniżej 1%. Występowały tylko pojedyncze ziarna pyłku wskaźników klimatu zimnego, takie jak: *Betula nana*, *Salix polaris* typ, *Dryas octopetala*, całkowicie zanikły sporomorfy *Ephedra*, *Hippophae* i *Gypsophila repens* typ.

Schyłek młodszego dryasu zaznaczył się dynamicznym wzrostem udziału spor poryblinu w osadach. Krzywa *Isoetes echinospora* sięga 400% sumy kalkulacyjnej, zarodniki *I. lacustris* pojawiały się nielicznie. Poryblin kolczasty jest elementem geograficznym cyrkumborealnym i należy do grupy oceanicznej (Zajac, Zajac, 2009). Jest to gatunek o zdecydowanych wymaganiach związanych z bardzo niską trofią siedliska (Zarzycki i in. 2002). Występuje w zbiornikach kwaśnych, na głębokości 0,3–1,7 m, otoczonych torfowiskami, które zapewniają dopływ kwasów organicznych (Szmeja 2002). Ich liczna obecność na przełomie allerødu i młodszego dryasu oraz pod koniec młodszego dryasu świadczy o bardzo niskiej trofii środowiska wodnego i otoczenia zbiornika. Dominacja *I. echinospora*, (w przeciwieństwie do *I. lacustris*, który rośnie najchętniej na głębokości 2–4 m), sugeruje również raczej rozległą strefę litoralną, w której liczna populacja mogłaby się rozwijać. Duży udział poryblinu w zbiorowiskach roślinnych jeziora w wymienionych przedziałach czasowych potwierdza analiza szczątków makroskopowych roślin. Liczebność makrospor *Isoetes* w dwóch spektrach przekracza 500 sztuk, jednakże nie zostały one zidentyfikowane do gatunku (Petera-Zganiacz i in. 2022). O niskiej trofii wód jeziora świadczy także obniżenie udziału cenobiów *Pediastrum* (Komarek, Jankovska 2001), których sumaryczna krzywa z ponad 1000% w pierwszej fazie młodszego dryasu zmniejsza się do kilkadziesiąt procent w fazie trzeciej oraz poniżej 10% na granicy młodszy dryas/holocen. Niższą trofię sugeruje także ciągła krzywa *Pediastrum angulosum*, która pojawia się pod koniec trzeciej fazy.

Faza trzecia trwała około 120 lat (30 cm osadu), ilustruje ustępowanie zbiorowisk otwartych, zimnolubnych, zanik taksonów światłolubnych, glacialnych i zimnego stepu oraz wyraźnie niższą trofię wód zbiornika.

## Fazy rozwoju roślinności w młodszym dryasie odzwierciedlone w różnych stanowiskach badań palinologicznych w Polsce

Początek ochłodzenia w diagramie pyłkowym z torfowiska Żabieniec zaznacza się wyraźnie, ale nie dynamicznie. Zmiany są łagodne i trwają kilkaset lat stopniowo doprowadzając do stanu pełnego rozwoju ekosystemów zimnolubnych w młodszym dryasie. Zdecydowanie zaznacza się faza schyłkowa. Najczęściej w diagramach pyłkowych odzwierciedla się właśnie schyłkowa faza młodszego dryasu, kiedy widoczny jest zanik taksonów zimnolubnych zastępowanych przez składniki klimatu cieplejszego (np. Pawłowski i in. 2015a, b). Najbardziej podobny do Żabienca obraz prezentuje stanowisko Kaniewo (Mirośław-Grabowska i in. 2020), gdzie stopniowo rośnie krzywa pyłkowa jałowca, ale sumaryczna krzywa roślin zielnych, a także krzywa bylicy już nie, stąd wydzielenie trzech faz nie byłoby uzasadnione. Do tej pory jedynie nieliczne diagramy pyłkowe odzwierciedlające rozwój roślinności podczas młodszego dryasu zostały podzielone na podfazy. Na ogół zmiany zbiorowisk roślinnych wiązały się z dynamicznym rozwojem elementów zimnolubnych po zakończeniu allerødu i po tym krótkim okresie młodszego dryasu (od kilkadziesiąt do stu lat) następowała stabilizacja ekosystemów tundrowych i zimnego stepu. Druga część młodszego dryasu to schyłek ilustrujący nadchodzące ocieplenie, stopniowe wypieranie elementów subarktycznych i pojawienie się wskaźników klimatu cieplejszego (np. *Typha latifolia*, *Filipendula*). Taki podział, nawet jeśli nie został formalnie opisany, można przeprowadzić w znacznej liczbie stanowisk analizowanych palinologicznie. W charakterystyce rozwoju roślinności na stanowisku Witów, Wasylikiowa (1964) podzieliła młodszy dryas na dwa podpoziomy pyłkowe. Pierwszy związany z panowaniem warunków zimnych i stabilnością szaty roślinnej, zakończony kulminacją procentową roślin zielnych. Drugi podpoziom sygnalizuje ewidentne ocieplenie wyrażone podniesieniem udziału sosny i brzozy, obniżenie proporcji NAP oraz zanik jałowca. Wydzielenia dwóch podpoziomów dokonano także podczas analizy osadów jeziora Gościąż, z pierwszym okresem stabilnym występowania taksonów zimnolubnych i drugim – stopniowego obniżania krzywych roślin zielnych, ale bez wzrostu sosny i brzozy (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998). Najnowsze opracowanie osadów



jeziora Gościąg na podstawie analizy mikrofacji, izotopów oraz rekonstrukcji paleoklimatycznych wykazało, że obniżanie temperatury na początku młodszego dryasu trwało 180 lat, natomiast końcowe ocieplenie tylko 70 lat (Müller i in. 2021). Są to więc okresy dosyć krótkie. Należy jednak brać pod uwagę, że przemiany roślinności zachodzą powoli i nie są reakcją natychmiastową na zmiany klimatu, a ponadto każde stanowisko ma indywidualny charakter uwarunkowań lokalnych i związaną z nimi sukcesję. Odzwierciedlenie zmian roślinności w zapisie palinologicznym osadów Gościąga również nie nawiązuje do wskazanych wyżej ram czasowych. Wydzielony okres „przejściowy” pomiędzy młodszym dryasem a holocenem trwa 54 lata (11 516–11 462 cal BP; Ralska-Jasiewiczowa i in. 2003), natomiast schyłkowa faza młodszego dryasu trwa jeszcze co najmniej kilkadziesiąt lat dłużej.

Ciekawy zapis palinologiczny prezentuje wspomniane już wyżej stanowisko Kaniewo (Mirosław-Grabowska i in. 2020). Młodszy dryas nie został przez Autorów podzielony na podpoziomy, ale dwudzielność jest widoczna. Pierwszą fazę charakteryzuje dosyć wysoki, choć mało stabilny, udział NAP, w tym traw i bylicy, oraz wysoka krzywa pyłkowa sosny. Natomiast faza druga ilustruje powolny spadek wskaźników zimnego klimatu, w tym bardzo wyraźnie obniża się udział *Betula nana*, ale jednocześnie widać znaczące obniżenie krzywej *Pinus*. Podobny przebieg krzywych ukazuje diagram pyłkowy osadów jeziora Łukie na wschodzie Polski (Zawiska i in. 2015), który także można podzielić na dwie części, pierwszą ze stabilną roślinnością po szybkiej reakcji na ochłodzenie, a następnie powolne obniżanie elementów zimnych: jałowca i NAP, w tym traw i bylicy. Wyrównane krzywe udziału taksonów podczas całego młodszego dryasu wykazuje diagram pyłkowy z Imiołek w Wielkopolsce, ale rozdzielczość wykonanych analiz jest niższa niż w później badanych stanowiskach (Tobolski i in. 1998). Być może więc zwiększenie gęstości opróbowania zmieniłoby obraz przebiegu rozwoju roślinności. Szczegółowy, ale także bardzo wyrównany, przebieg krzywych wykazuje diagram z osadów jeziora Perespilno (Goslar i in. 1999), starsza i młodsza część młodszego dryasu różnią się bardzo nieznacznie.

## Podsumowanie

Wyraźnie dostrzegalna trójdzielność diagramu pyłkowego ze stanowiska Żabieniec ilustruje

zróżnicowany czas pojawiania się poszczególnych taksonów, reprezentantów „zimnej” flory młodszego dryasu i tempo rozwoju zbiorowisk roślinnych na odmiennych typach siedlisk. Istotnie zmienia się również zasobność wód zbiornika, wskazywana pojawianiem się bioindykatorów o zdecydowanie odmiennych wymaganiach troficznych. Sukcesja roślin wodnych odzwierciedla równocześnie zmiany zbiorowisk regionalnych zachodzące w całej zlewni. Odlesienie i niepełne pokrycie terenu roślinnością umożliwiły wpływ powierzchniowy i dostawę biogenów do wód jeziora.

Na podstawie kilku wymienionych wyżej stanowisk trudno ustalić regionalną regułę przebiegu sukcesji, gdyż zróżnicowany rozwój roślinności obserwowany jest zarówno na obszarze starogłacjalnym (Żabieniec, Witów) na południowym krańcu maksymalnego zasięgu ostatniego zlodowacenia (Gościąg, Kaniewo) oraz we wschodniej i zachodniej części Polski (Łukie, Perespilno, Imiołki). Sugeruje to, że wyznaczana czynnikami makroklimatycznymi sukcesja roślinności jest w istotnym zakresie modyfikowana cechami lokalnymi środowiska, a czynniki: topograficzne, geomorfologiczne i fizykochemiczne decydują o tempie oraz szczegółowych kierunkach pojawiania się różnych zbiorowisk roślinnych.

Badania stanowiska Żabieniec były finansowane przez Narodowe Centrum Nauki jako projekt naukowy UMO-2016/21/B/ST10/02451, którego kierownikiem była dr hab. Joanna Petera-Zganiacz, prof. UŁ.

## Literatura

- Balwierz Z. 2010. Analiza pyłkowa osadów torfowiska Żabieniec. W: J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.) *Torfowisko Żabieniec warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 179-188.
- Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M. 1986. Pollen analysis. W: B.E. Berglund (red.) *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley and Sons, Chichester: 455-484.
- Beug H.J. 2004. Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.



- Cieślak P. 2000. Struktura przestrzenna roślinności torfowiska Żabieniec koło Brzezin. *Acta Univ. Lodz. Folia Botanica* 14:125-145.
- Forysiak J., Twardy J. 2010. Budowa geologiczna i paleogeografia torfowiska Żabieniec i jego otoczenia. W: J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.) *Torfowisko Żabieniec warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 17-42.
- Goslar T., Bałaga K., Arnold M., Tisnerat N., Starnawska E., Kuźniarski M., Chróst L., Walanus A., Więckowski K. 1999. Climate-related variations in the composition of the Late Glacial and Early Holocene sediments of Lake Perespilno (eastern Poland). *Quaternary Science Reviews* 18: 899-911.
- Huntley B., Birks H.J.B. 1983. An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0–13 000 years ago. Cambridge University Press.
- Kittel P., Sygulski M. 2010. Ślady osadnictwa pradziejowego i historycznego w otoczeniu torfowiska Żabieniec. W: J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.) *Torfowisko Żabieniec warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 97-112.
- Komarek J., Jankovska V. 2001. Review of the Green Algal Genus *Pediastrum*; Implication for Pollen-analytical Research. *Bibliotheca Phycologica* 108: 1-127.
- Kondracki J. 1994. Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne. PWN, Warszawa.
- Makohonienko M., Latałowa M., Milecka K., Okuniewska-Nowaczyk I., Nalepka D. 2004. *Artemisia L.* W: M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylkowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H.E. Wright Jr., C. Turner (red.) *Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps*. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: 253-261.
- Matuszkiewicz W. 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN, Warszawa.
- Miotk-Szpiganowicz G., Tobolski K., Zachowicz J., Nalepka D. 2004. *Filipendula* Mill. – Filipendula. W: M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylkowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H.E. Wright Jr., C. Turner (red.) *Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps*. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: 297-303.
- Mirowska-Grabowska J., Obremska M., Zawisza E., Stańczak J., Słowiński M., Muczyk A. 2020. Biological and geochemical indicators of climatic oscillations during the Last Glacial Termination, the Kaniewo palaeolake (Central Poland). *Ecological Indicators* 114, 106301.
- Müller D., Tjallingii R., Płociennik M., Luoto T.P., Kotrys B., Plessen., Ramisch A., Schwab M.J., Błaszczewicz M., Słowiński M., Brauer A. 2021. New insights into lake responses to rapid climate change: the Younger Dryas in Lake Gościąż, central Poland. *Boreas* 50: 535-555.
- Nowacki K. 1993. Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000. Arkusz Łyszkowice (592). PIG, Warszawa.
- Okuniewska-Nowaczyk I., Makohonienko M., Latałowa M., Milecka K., Krupiński K.M., Nalepka D. 2004. *Juniperus communis L.* – Juniper. W: M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylkowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H.E. Wright Jr., C. Turner (red.) *Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps*. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: 125-133.
- Pawłowski D., Kowalewski G., Milecka K., Płociennik M., Woszczyk M., Zieliński T., Okupny D., Włodarski W., Forysiak J. 2015a. A reconstruction of the palaeohydrological conditions of a floodplain: a multiproxy study from the Grabia River valley mire, central Poland. *Boreas* 44: 543-562.
- Pawłowski D., Płociennik M., Brooks S.J., Luoto T.P., Milecka K., Nevalainen L., Peyron O., Self A., Zieliński T. 2015b. A multiproxy study of Younger Dryas and Early Holocene climatic conditions from the Grabia River paleo-oxbow lake (central Poland). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 438: 34-50.
- Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Milecka K., Okupny D., Słowiński M., Michczyńska D.J., Forysiak J., Twardy J. 2022. Climate and abiotic landscape controls of Younger Dryas environmental variability based on a terrestrial archive (the Żabieniec mire, Central Poland). *Catena* 219, doi.org/10.1016/j.catena.2022.106611
- Ralska-Jasiewiczowa M., Demske D., Van Geel B. 1998. Late-Glacial vegetation histo-

- ry recorded in the Lake Gościąg sediments. W: M. Ralska-Jasiewiczowa, T. Goslar, T. Madeyska, L. Starkel (red.) *Lake Gościąg, Central Poland*. Instytut Botaniki W. Szafera, Kraków: 128-143.
- Ralska-Jasiewiczowa M., Goslar T., Różański K., Wacnik A., Czernik J., Chróst L. 2003. Very fast environmental changes at the Pleistocene/Holocene boundary, recorded in laminated sediments of Lake Gościąg, Poland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 193: 225-247.
- Sobkowiak-Tabaka I., Milecka K., Kubiak-Martens L., Pawłowski D., Kurzawska A., Janczak-Kostecka B., Kostecki R., Hildebrandt-Radke I., Apolinarska K., Goslar T. 2022. Persistent place at Lubrza – a small paradise of hunter-gatherers? Multi-disciplinary studies of Late Palaeolithic environment and human activity in the Łagów Lake District (Western Poland). *Vegetation History and Archeobotany* 31 (5): 447-465.
- Sugita S., Gaillard M.J., Broström A. 1999. Landscape openness and pollen records: a simulation approach. *The Holocene* 9 (4): 409-421.
- Szmeja J. 2001a. *Isoëtes lacustris* L. Poryblin jeziorny. W: R. Kaźmierczakowa, K. Zarzycki (red.) *Polska Czerwona Księga Roślin*. PAN, Kraków: 34-36.
- Szmeja J. 2001b. *Isoëtes echinospora* Durieu Poryblin kolczasty. W: R. Kaźmierczakowa, K. Zarzycki (red.) *Polska Czerwona Księga Roślin*. PAN, Kraków: 36-37.
- Szmeja J. 2002. Teoretyczne i metodologiczne założenia do klasyfikacji ekosystemów jeziornych w północnej części Borów Tucholskich. W: J. Banaszak, K. Tobolski (red.) *Park Narodowy Bory Tucholskie na tle projektowanego rezerwatu biosfery*. Park Narodowy Bory Tucholskie, Homini, Charzykowy: 151-164.
- Szweykowska A., Szweykowski J. 1992. Botanika. PWN, Warszawa.
- Tobolski K. 2003a. Torfowiska na przykładzie Ziemi Świeckiej. Wyd. Towarzystwo Przyjaciół Dolnej Wisły, Świecie.
- Tobolski K. 2003b. Predyspozycje kontynentalne Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej widziane przez Zygmunta Czubińskiego. W: J. Banaszak (red.) *Stepowienie Wielkopolski – pół wieku później*. Wyd. Akademii Bydgoskiej im. Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz: 43-56.
- Tobolski K., Głuszak A., Litt T. 1998. Analiza pyłkowa. W: K. Tobolski (red.) *Paleoekologiczne studium późnoglacialnych osadów Jeziora Lednica w Imiołkach (Lednicki Park Krajobrazowy)*. Biblioteka Studiów Lednickich IV, Homini, Bydgoszcz: 33-42.
- Tołoczko W., Twardy J. 2010. Gleby w otoczeniu torfowiska Żabieniec. W: J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.) *Torfowisko Żabieniec warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 89-93.
- Twardy J. 2010. Położenie i ogólna charakterystyka torfowiska Żabieniec. W: J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.) *Torfowisko Żabieniec warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 11-16.
- Twardy J., Żurek S., Forysiak J. (red.) 2010. *Torfowisko Żabieniec warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Von Wahl P. G., Puls K.E. 1989. The emission of mugwort pollen and its flight in the air. *Aerobiologia* 5: 55-63.
- Walisch M., Ziulkiewicz M. 2010. Warunki hydrologiczne torfowiska Żabieniec. W: J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.) *Torfowisko Żabieniec warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 43-48.
- Wasylikowa K. 1964. Roślinność i klimat późnego glaciału w środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie koło Łęczycy. *Biuletyn Peryglacialny* 13: 261-383.
- Woś A. 2010. Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Zajac M., Zajac A. 2009. Elementy geograficzne rodzimej flory Polski. Instytut Botaniki, Uniwersytet Jagielloński, Kraków.
- Zarzycki K., Trzcńska-Tacik H., Różański W., Szelaż Z., Wołek J., Korzeniak U. 2002. Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski. Różnorodność biologiczna Polski, vol. 2. Instytut Botaniki im. W. Szafera, PAN, Kraków.
- Zawiska I., Słowiński M., Correa-Metrio A., Obremska M., Luoto T., Nevalainen L., Woszczyk M., Milecka K. 2015. The response of a shallow lake and its catchment to Late Glacial climate changes – A case study from eastern Poland. *Catena* 126: 1-10.

## Summary

The Żabieniec mire is located in central Poland on the Łódź Highlands. Paleogeographical and paleoecological research have been being conducted there from a few decades. Organic sediments accumulated during the Eemian Interglacial, Vistulian Glaciation and Holocene reveal a continuous and detailed record of vegetation succession and environmental changes during these periods. Initially, a lake existed there and gyttja constitutes the sediment of the lower part of investigated core. Nowadays, there is still a small area of open water surrounded by mire. The high thickness of organic sediments, which is exceptional for old-glacial areas, enabled palaeoecological analyses and a detailed description of environmental history during the Late Glacial and Holocene. This article presents the pollen analysis record of vegetation development during the Younger Dryas, the last cold period of the Late Glacial. The chronology is based on radiocarbon dating made at the Gliwice Radiocarbon Laboratory of the Silesian University of Technology (Peters-Zganiacz *et al.* 2022).

The course and proportions of dominating taxa and important “cold” species allowed for the division of the diagram into three phases. The first one lasted *ca* 900 years (50 cm of sediments) and shows a cooling, the development of cold-demanding plant communities, deforestation and an increase in trophy. The cooling of the climate was revealed in higher curves of *Juniperus*, Poaceae and *Artemisia*. The presence of pollen grains of light-demanding *Hippophaë* proved deforestation and dominance of open plant communities. Apart from aforementioned *Artemisia*, there grew steppe plants like *Ephedra distachya* and *E. fragilis*, *Helianthemum* and some herbs of identified: Chenopodiaceae, *Anthemis* type, *Cichorioideae*. Dwarf shrubs developed in wet habitats, namely *Betula nana* type and *Salix polaris* type. *Dryas octopetala* appeared on soil patches rich in calcium carbonate.

The second phase lasted not longer than 230 years (50 cm of sediments) and shows preservation of cold-demanding vegetation and high trophy of the lake. This is the phase of stable existence of cold-demanding species. A cold steppe dominated by Poaceae and *Artemisia* was enriched by many herbal plants represented in pollen types: *Gypsophila repens* type, *Rumex acetosella*, *Bupleurum*, *Senecio* type, *Anthemis* type, *Cichorioideae*. *Thalictrum*, *Valeriana officinalis*,

*Solanum dulcamara*, *Rumex acetosa* developed next to dwarf shrubs of *Betula nana* and *Salix*. Exclusively in this phase, there appeared pollen type of *Saxifraga hieraciifolia*, a plant of calcareous habitats in subarctic regions and high mountains. At the same time, *Juniperus* and steppe elements (*Helianthemum*, *Ephedra*) decreased. High curves of *Pediastrum* and disappearance of spores of *Isoëtes* revealed high trophy of the lake during this phase.

The third phase lasted *ca* 120 years (30 cm) and shows a decrease in cold- and light-demanding tundra and steppe taxa. There were only single pollen grains of *Betula nana*, *Salix polaris* type, *Dryas octopetala*. Meanwhile, *Ephedra*, *Helianthemum* and *Gypsophila repens* type disappeared. Trophy was clearly decreasing. Significant changes in trophy are suggested mainly based on the presence of *Isoëtes*, a plant of a very nutrient-poor water.

The main changes in trophy are revealed mainly by high curve of oligotrophic *Isoëtes* found at the end of Allerød and then at the end of the Younger Dryas, while a phase of high trophy is marked by growing curves of some varieties of *Pediastrum boryanum*.

Pollen analyses of some sites in Poland suggest that vegetation succession driven by macroclimatic features is significantly modified by local factors such as geomorphology, topography and physico-chemical properties of the ground/habitat. Periods of cooling and warming at the beginning and end of the Younger Dryas have previously been defined in detail for the laminated sediments of Lake Gościąż. Micro-facies, isotops and other paleoclimatic analyses done for that site indicated that the decrease in temperature at the beginning of the Younger Dryas and its increase at the end lasted, respectively, 180 and 70 years. They are shorter periods than phases of vegetation changes, because the reaction of plants and ecosystems development takes more time. Most Younger Dryas pollen diagrams in Poland can be divided into two parts. The first, older one reveals the development of tundra and cold steppe vegetation as a result of the climate cooling. The second shows the disappearance of cold-demanding species and tundra vegetation and the development of plants of warmer climate such as *Typha latifolia* and *Filipendula*. Such a division can be found on diagrams from the Witów, Gościąż, Kaniewo, Łukie sites. Some pollen records, however, show stable curves during the entire Younger Dryas (Perespilno, Imiołki).