

Sukcesja jeziorno-torfowiskowa na stanowisku interglacjału mazowieckiego (Holsteinian) w Nowinach Żukowskich (SE Polska) jako tło dla ustalania warunków referencyjnych współczesnych jezior

The attempt to define reference conditions for Mazovian/Holsteinian Interglacial lacustrine-peat bog sediments from Nowiny Żukowskie (SE Poland)

Anna Hrynowiecka, Andrzej Obidowicz

W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, Department of Palaeobotany,
ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków, Poland; e-mail: a.hrynowiecka@botany.pl, a.obidowicz@botany.pl

Abstrakt: Doskonale zachowany i bogaty materiał z Nowin Żukowskich pozwolił na przeprowadzenie licznych analiz paleobotanicznych, których wyniki umożliwiły podjęcie próby określenia warunków referencyjnych tego zbiornika. Wykonana wcześniej analiza pyłkowa w połączeniu z wynikami analizy makroskopowych fosyliów roślinnych daje szczegółowy obraz naturalnych przemian paleośrodowiska tego terenu wywołanych wyłącznie zmianami klimatycznymi zachodzącymi w interglacjale mazowieckim. Jest to więc doskonały przykład na zmienność warunków referencyjnych bez wpływu człowieka. Początkowo wody zbiornika były siedliskiem głównie roślin wskazujących na niską trofę. Licznie reprezentowane rośliny szuwarowe wskazują na zmianę warunków hydrologicznych odpowiadającą intra-interglacjalnej oscylacji klimatycznej. W dalszej części optimum nastąpiła ekspansja szuwarów z *Aracites interglacialis* i *Dulichium arundinaceum*. Rozwijało się tu także torfowisko porośnięte m.in. *Sphagnum* sp., *Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifolia*. Rozwój roślinności szuwarowej i torfowiskowej spowodował prawie całkowity zanik roślinności wodnej, poza typowymi dla optimum klimatycznego interglacjału mazowieckiego *Brasenia borysthénica* i *Aldrovanda dokturovskyi*. U schyłku interglacjału nastąpił silny rozwój zbiorowisk szuwarowych z *Carex rostrata*, *Menyanthes trifoliata* i *A. interglacialis* oraz innych zbiorowisk torfotwórczych. W jeziorze ważną rolę odgrywał *Myriophyllum spinulosum*. Intensywny wzrost *A. interglacialis* w czasie tzw. „oscylacji brzozonej” potwierdza tezę o znacznej zmianie warunków hydrologicznych w tym czasie. Koniec tego okresu cechuje pogorszenie warunków klimatycznych – wzrost wartości *Betula humilis*, *B. nana*, *Juniperus communis*.

Słowa kluczowe: interglacjał mazowiecki, analiza pyłkowa, makroczątki roślin, tkanki torfotwórcze, paleośrodowisko, SE Polska

Abstract: The perfectly preserved and abundant material from Nowiny Żukowskie in SE Poland was subjected to numerous palaeobotanical analyses, which results made possible undertaking the attempt of qualification of reference conditions of this lake. The results of the performed analysis provided a detailed view of changes in the palaeoenvironment of this area called out with strictly by climatical changes during the Mazovian/Holsteinian interglacial. This is the perfect example on changeability of reference conditions without the human impact. Originally, the water basin was mostly the habitat of plants indicating low trophic. Frequently found swamp plants evidence a change in hydrological and climatical conditions conformable with the intra-interglacial climatic oscillation. In the subsequent part of the optimum, an expansion of swamps with *Aracites interglacialis* and *Dulichium arundinaceum* was recorded. Development of a peat bog overgrown by i.a. *Sphagnum* sp., *Eriophorum vaginatum*, and *Andromeda polifolia* was observed as well. The growth of swamp and peat vegetation resulted in the nearly complete disappearance of aquatic vegetation, apart from species typical of the climatic optimum of the Mazovian/Holsteinian interglacial: *Brasenia borysthénica* and *Aldrovanda dokturovskyi*. The close of the interglacial was marked by an intensive development of a peat bog and swamp communities with *Carex rostrata*, *Menyanthes trifoliata*, and *A. interglacialis*. The intensive increase in the number of *A. interglacialis* during the period described as the „birch oscillation” supports the hypothesis of readable changes in hydrological conditions at that time. The end of the described period is typified by a deterioration of climatic conditions, indicated by the increase in values for *Betula humilis*, *B. nana*, and *Juniperus communis*.

Key words: Mazovian Interglacial, pollen analysis, plant macroremains, tissue of peat-plants, palaeoenvironment, SE Poland

Wstęp

Zbiornik jeziorno-torfowiskowy powstały w Nowinach Żukowskich w interglacjale mazowieckim jest przykładem na naturalną zmienność uwarunkowaną wyłącznie czynnikiem klimatycznym (Koutsodendris et al. 2010) i być może aktywnością wulkaniczną (Nitychoruk 2000, 2002). Ulegał on ciągłym przemianom bezwzględnie bez możliwości wpływu człowieka, ponieważ powstał ok. 430 ka (Müller 1974). Warunki panujące w interglacjale mazowieckim (Holsteinian) były niezwykle zbliżone do tych występujących w Holocenie (Nitychoruk et al. 2006). Określenie warunków referencyjnych zbiornika w Nowinach Żukowskich, jako zachodzących w zupełnie naturalny sposób, jest istotne dla zrozumienia zmian zachodzących we współczesnych jeziorach.

Plejstocénskie osady organiczne Wyżyny Lubelskiej, sąsiadującego z nią od północy Polesia i wschodniego krańca Nizin Środkowopolskich były od dawna przedmiotem badań, zarówno geologicznych, jak i paleobotanicznych (m.in. Dyakowska 1952, Brem 1953, Sobolewska 1956, Janczyk-Kopikowa 1981, 1983, Krupiński 1984-1985, Pidek 2003, Hrynowiecka-Czmielewska 2010). Jednym z najwcześniej zlokalizowanych i zbadanych stanowisk są Nowiny Żukowskie. Pierwsze badania geologiczne na tym stanowisku były prowadzone w latach 50. minionego stulecia (Rühle 1952), a pozyskany w ich wyniku materiał został zbadany metodą analizy palinologicznej i makroszczątków roślin przez Dyakowską (1952). Na tej podstawie wiek osadów w Nowinach Żukowskich ustalono na interglacjal mazowiecki, a samo stanowisko zostało uznane przez Szafera (1953) za stratotypowe dla tego interglacjału ze względu na pełną i niezaburzoną sekwencję osadów jeziornych i doskonale zachowany materiał roślinny.

Po upływie 60 lat dokonał się ogromny postęp i udoskonalenie metod badawczych stosowanych w paleobotanice. W 2005 roku wykonano powtórne wiercenie w miejscu sąsiadującym z otworem z 1950 r. i pobrano materiał do badań, mających na celu rozpoznanie poziomów palinostraficznych.

Lokalizacja i budowa geologiczna

Nowiny Żukowskie jest to miejscowość położona ok. 23 km na południowy-zachód od Lublina, w północnej części Wyżyny Lubelskiej. Leży ona w obniżeniu terenu, w którym zalegają osady czwartorzędowe, podścielone kredową opoką wapienno-krzemionkową, sięgają nawet 30 m miąższości (Rühle 1952, Hrynowiecka-Czmielewska 2010).

Osady reprezentujące odcinek plejstocenu nazwany przez Rühlego (1952) zlodowaczeniem Cracovien (= zlodowacenie Sanu 2, Elsterian, Ber et al. 2007, Lindner & Marks 2008) zalegają bezpośrednio nad osadami najstarszego interglacjału. Stanowią je piaski grubo- i drobnoziarniste ze

żwirem. Leżące nad nimi jeziorne osady mułku i torfu z warstwą drewien (ok. 6 m miąższości) oraz mułku ilastego w stropie to interglacjal mazowiecki (Holsteinian, Ber et al. 2007, Lindner & Marks 2008).

Ostatnią warstwą pochodzenia jeziornego są mułki z domieszką piasku o ok. 7 m miąższości, uznane przez Rühlego za zlodowacenie Cracovien (= zlodowacenie Liwca, zlodowacenia środkowopolskie, Saalian, Ber et al. 2007, Lindner & Marks 2008). Powierzchniowa warstwa profilu to żółtobrunatna, zapiaszczona glina ze znaczną zawartością lessów i mułek lessowaty.

Historia badań paleobotanicznych

Szczątki makroskopowe roślin z Nowin Żukowskich opracowane przez Dyakowską (1952), znajdujące się w Muzeum Paleobotanicznym IB PAN w Krakowie, zostały ponownie przeanalizowane przez Wieliczkiwicza i Mamakową (Mamakowa & Velichkevich 1993 a, b, Velichkevich & Mamakowa 2003). Uzyskane wyniki wzbogaciły wiedzę na temat składu flory makroszczątków interglacjału mazowieckiego na badanym obszarze. Autorzy stwierdzili m.in. występowanie na tym stanowisku *Aracites interglacialis* Wieliczki., taksonu o niezidentyfikowanej przynależności botanicznej występującego tylko w interglacjale mazowieckim oraz wiele innych taksonów, nie ujętych we wcześniejszej analizie przez Dyakowską.

Na terenie Lubelszczyzny, poza Nowinami Żukowskimi, przeanalizowano palinologicznie wiele stanowisk, w których rozpoznano interglacjal mazowiecki. Należą do nich m.in.: Krępiec (Janczyk-Kopikowa 1981) – uznawany współcześnie za profil stratotypowy dla tego interglacjału (Janczyk-Kopikowa 1991), Ciechanki Krzesimowskie (Brem 1953), Rokitno (Janczyk-Kopikowa 1983), Syrniki (Sobolewska 1956), Brus (Pidek 2003). Jednakże pełny profil reprezentujący interglacjal mazowiecki oraz towarzyszące mu zlodowacenia, występuje niezwykle rzadko na tym terenie.

Materiał i metody

Wszystkie próby przeznaczone do analizy pyłkowej - 79 prób (w całym profilu 119), poddano acetolizacji wg metody Erdtmanna (1960). 74 Próby do analizy makroszczątków roślin i tkanek torfotwórczych pobierano w ściślejszej korelacji z próbami do analizy pyłkowej, co 5 cm. Wszystkie próby zostały poddane maceracji z zastosowaniem 10% roztworu KOH i detergentów a uzyskany materiał umieszczano w mieszance złożonej z gliceryny, wody i alkoholu etylowego w stosunku 1:1:1 z dodatkiem tymolu (Stachowicz-Rybka 2011).

Zmacerowany materiał poddano także analizie składu botanicznego na podstawie zachowanych tkanek i organów roślin torfotwórczych. Podany stopień humifikacji tor-

fu jest orientacyjny, ustalony szacunkowo w oparciu o stan zachowania szczątków roślinnych. Zasadniczym kryterium było podobieństwo do torfów holocenijskich o znanym stopniu rozkładu. Jeżeli jest on wysoki, a więc zawartość humusu przekracza 45% (45-60%), zachowane szczątki roślinne są często trudne do oznaczenia lub nieoznaczalne. W kolejnych odcinkach analizowanego profilu silnie zhumifikowany detrytus roślinny przypomina nieokreślony humotorf holocenijski (bez rozpoznawalnych cech palinologicznych – patrz Tobolski 2000). Znajdują się w nim jedynie drobne fragmenty tkanek o niekiedy zachowanej strukturze komórkowej, a zawartość humusu jest nie mniejsza niż 70-80%, co uzasadnia zaliczenie go do humotorfu (Obidowicz 1990). W odróżnieniu od humotorfu holocenijskiego jest on zwykle sprasowany w płytki o grubości do 1.5 (2.0) cm.

Ze względu na brak informacji o zbiorowiskach torfotwórczych badanego interglacjału, a także wysoki stopień humifikacji i zmetamorfizowania poszczególnych warstw torfu, jednostki torfów wyróżniane były w oparciu o dominujące gatunki.

Jakościowe i ilościowe wyniki oznaczeń są prezentowane na skróconym diagramie pyłkowym podzielonym na 8 L PAZ (Local Pollen Assemblage Zones), waloryzowanym diagramie makroszczątków roślin podzielonym na 6 L MAZ (Local Macrofossil Assemblage Zones) i uproszczonym diagramie tkanek roślin torfotwórczych. Diagramy wykreślono przy użyciu programu POLPAL for Windows (Walanus & Nalepka 1996).

Opis zmian paleośrodowiska

Wyniki analiz palinologicznych (ryc. 1) (dokładny opis L PAZ: Hrynowiecka-Czmielowska 2010), makroszczątków roślin (ryc. 2) i tkanek torfotwórczych (ryc. 3) ukazały szczegółowy obraz wielokrotnych zmian paleośrodowiska zachodzących od początku do schyłku interglacjału mazowieckiego na obszarze Nowin Żukowskich.

NŻ05 MAZ 1

Carex rostrata – *Potamogeton natans* – *P. rutilus*

Zbiornik w Nowinach Żukowskich otaczały dość zwarte borealne lasy brzoza-sosnowe ze znaczną domieszką *Larix*. O panującym całkiem niedawno chłodnym klimacie przypominały *Betula nana*, *B. humilis* i *Juniperus*. Nadal jeszcze występowały zbiorowiska roślin zielnych głównie z Poaceae i Cyperaceae oraz Apiaceae i *Thalictrum*.

W początkowym okresie funkcjonowania jezioro porastały zbiorowiska makrofitów z udziałem *Potamogeton natans*, *P. pectinatus*, *P. filiformis*, *P. rutilus* i *Myriophyllum spicatum*. Obecność preferujących niezbyt głębokie wody gatunków *Potamogeton*, w tym szczególnie *P. pectinatus*, osiągającego swoje optimum w bardzo płytkich wodach (Moss 1983), choć wyjątkowo w bardzo przejrzystych wodach sięgającego nawet 10 m (Kantrud 1990) sugeruje,

że był on wtedy stosunkowo płytki. Niewielki udział w fitocenozach *P. filiformis* wskazuje, że wody jeziora były chłodne i mezotroficzne (Velichkevich & Zastawniak 2006; Kolstrup 1979; Matuszkiewicz 2001), odznaczały się także dużą przejrzystością, obecnością CaCO_3 (Bennike et al. 1994) i $\text{pH} > 7$ (Lang 1994). Mezotroficzny wówczas charakter wód zbiornika potwierdza także obecność preferującego takie warunki *P. rutilus* (Preston & Croft 1997). Szuwary, w starszej części poziomu budowane głównie przez *Phragmites australis* i *Carex rostrata* były słabo rozwinięte.

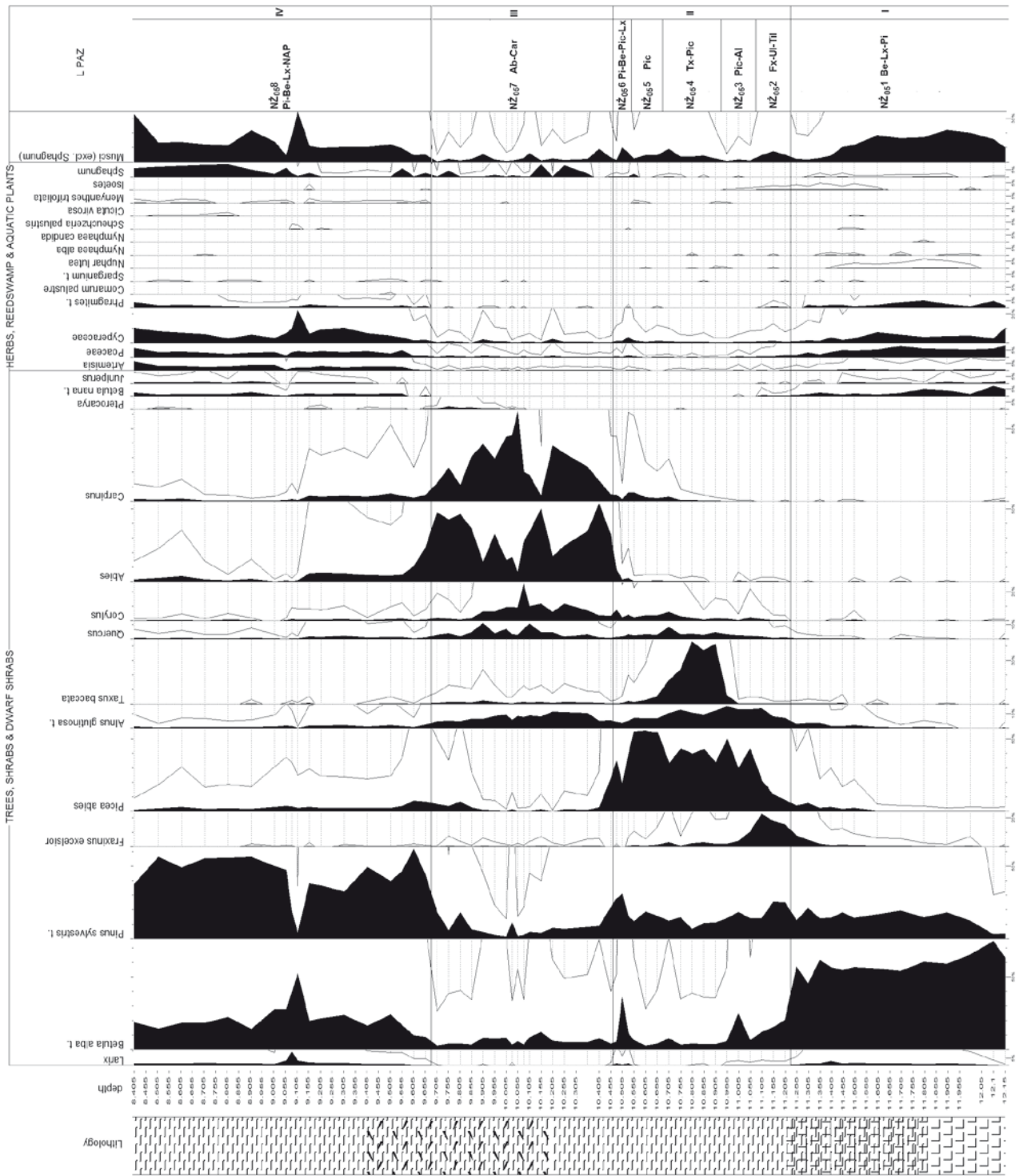
W młodszej części poziomu nastąpił wzrost zalesienia. Rozwojowi uległ także pas szuwarów, którego skład gatunkowy wzbogacił się o m.in. *Comarum palustre* oraz torfowiska, wśród których pojawiła się *Andromeda polifolia*, co może wskazywać na nieznaczny spadek pH. Rozwój szuwarów z *Schoenoplectus lacustris*, a także rozprzestrzenienie się zróżnicowanych zbiorowisk nymfheidów, w tym *Nymphaea alba*, *N. candida* i *Nuphar luteum*, wskazuje na postępujące wypływanie zbiornika. Stopniowym zmianom uległy jednocześnie właściwości fizyko-chemiczne jego wód. Rozwój torfowiska i obecność nie tolerującego węgla wapnia i charakterystycznego między innymi dla brzegów kwaśnych wód *Comarum palustre* (Kłosowski & Kłosowski 2006), wskazuje na spadek pH. Trend ten potwierdza także obecność *Nymphaea candida*, współcześnie osiągającego swoje optimum w dystroficznych zbiornikach, ubogich w wapń (Kłosowski & Kłosowski 2006). Ta zmiana warunków umożliwiła zasiedlenie zbiornika przez *Isoetes lacustris*, który z czasem coraz silniej zaznaczał swoją obecność.

Reprezentacja diaspor między innymi *Ranunculus sceleratus* i *Potentilla repens* sugeruje, że przynajmniej miejscami brzegi płytkiego zbiornika były płaskie, podmokłe, a być może okresowo tylko zalewane na skutek sezonowych zmian poziomu wody.

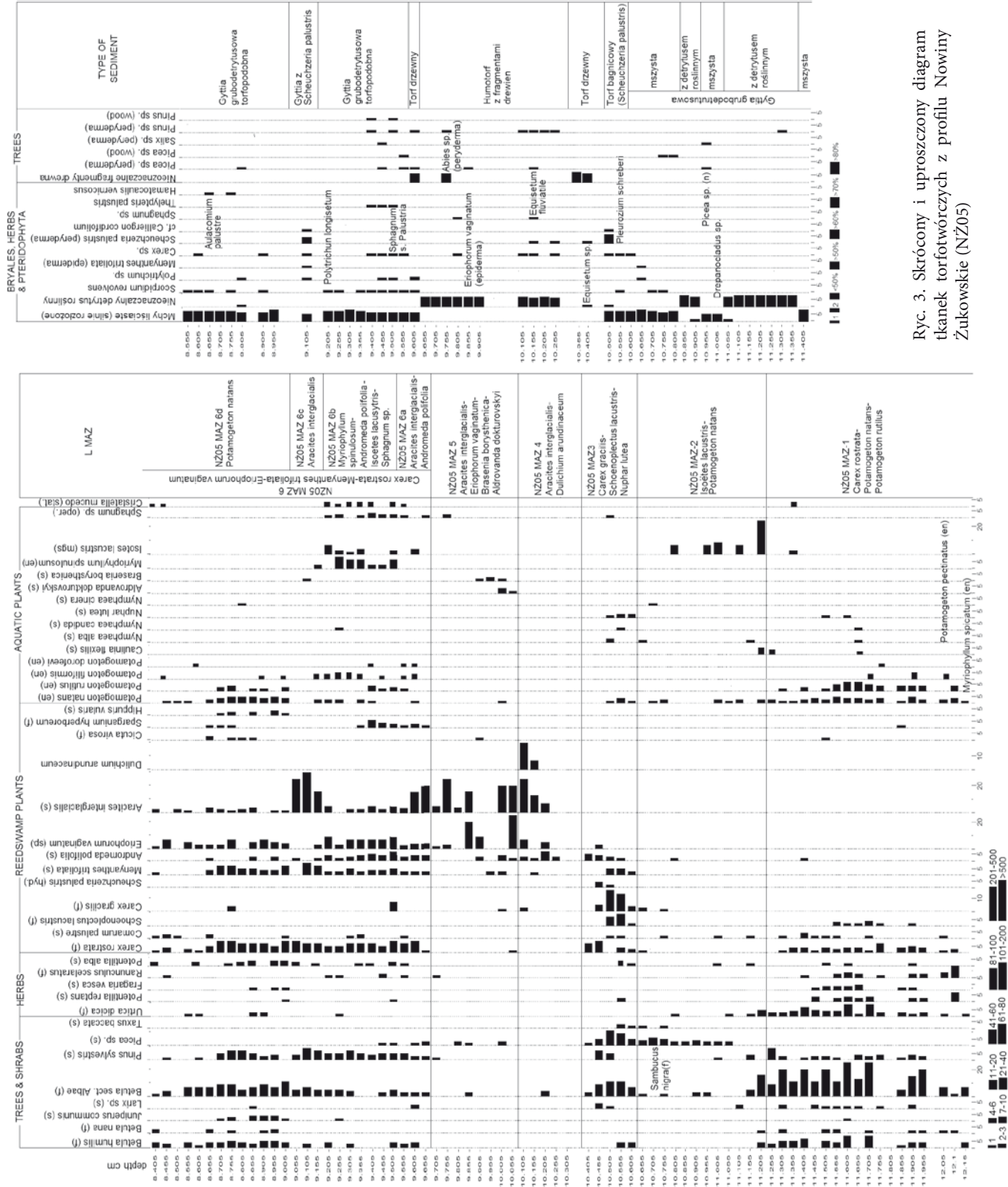
Zróżnicowanie wymagań ekologicznych roślin lądowych reprezentowanych w makroszczątkach pochodzących z tej części poziomu sugeruje, że zbiornikowi towarzyszyła niezwykle mozaika siedlisk od żyznych, wilgotnych ziołorośli z *Urtica dioica* do ciepłolubnych i związanych z miejscami suchymi zbiorowisk z *Fragaria vesca* i *Potentilla alba*. Taka mozaika siedlisk na niewielkim obszarze może wskazywać na urozmaiconą rzeźbę terenu wokół zbiornika i obecność nachylonych stoków, z których spływ powierzchniowy umożliwiał dostawę nasion roślin suchych siedlisk do zbiornika.

Pod koniec poziomu zbiornik stopniowo uległ pogłębieniu. Świadczy o tym między innymi ustępowanie większości nymfheidów, zbiorowisk z *Schoenoplectus lacustris* oraz regresja szuwarów. Pogłębienie zbiornika oraz intensywny rozwój fitocenoz z *Isoetes lacustris* wskazuje na dalszy spadek pH w nadległym poziomie.

Osad formowała gytia grubodetrytusowa.



Ryc. 1. Skrócony diagram pyłkowy z profilu Nowiny Żukowskie (NZ05)



NŻ05 MAZ 2

Isoëtes lacustris – *Potamogeton natans*

Stopniowe ocieplenie klimatu i wzrost wilgotności sprzyjały rozwojowi lasów z dużym udziałem *Fraxinus*, *Ulmus*, *Tilia*. W krajobrazie zaczęła się dominacja *Picea*, w którego cieniu rósł *Taxus baccata*. W bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika bardzo nielicznie występowała tworząca niewielkie płyty łęgów *Alnus glutinosa*, której towarzyszyły takie nitrofilne gatunki jak *Sambucus nigra* i *Urtica dioica*. Wody zbiornika w tym poziomie charakteryzowały się najniższą trefią i były pozbawione węglanu wapnia (Tab. 1). Swoje optimum rozwoju w takich warunkach osiągnęły fitocenozy z *Isoëtes lacustris*. W toni wodnej towarzyszyły mu *Potamogeton natans* i nieliczna *Caulinia flexilis*, a zbiorniki nymfheidów ograniczone były wyłącznie do strefy przybrzeżnej. Zbiorniki szuwarowe prawie całkowicie zanikły i tworzyły płyty niewielkich fitocenoz budowanych głównie przez *Phragmites australis*. Nastąpił również zanik lub zubożenie suchych siedlisk m.in. z *Fragaria vesca*, co potwierdza tezę o znacznym wzroście wilgotności.

Osad formowała gytia grubodetrytusowa z nieoznaczonym detrytusem roślinnym i szczątkami mchów.

NŻ05 MAZ 3

Carex gracilis – *Schoenoplectus lacustris* – *Nuphar lutea*

Dalsza dominacja *Picea* w krajobrazie. Zmiany klimatyczne, szczególnie zmniejszenie wilgotności, doprowadziły do wycofania się *Taxus baccata*. W schyłkowej fazie poziomu doszło do intra-interglacialnej oscylacji klimatycznej, wyrażonej znacznym wzrostem znaczenia *Pinus sylvestris* i *Betula alba* oraz pojawieniem się *Larix*, a nawet *Betula humilis*. Zbiornik ponownie ulegał w tym poziomie stopniowemu wypłycaaniu, co dokumentuje rozwój fitocenoz z *Schoenoplectus lacustris* oraz ekspansja nymfheidów (*Nuphar*, *Nymphaea*

alba, *N. candida*, *N. cinera*). Stopniowo rozbudowała się strefa wysokich turzyc, którą tworzyły głównie *Carex gracilis* i *C. rostrata*. Dobrze wykształciły się także sąsiadujące ze zbiornikiem torfowiska, w których obok *Scheuchzeria palustris* i *Andromeda polifolia*, pojawiła się *Eriophorum vaginatum*. Znaczny udział *Menyanthes trifoliata* sugeruje, że torfowiska te mogły tworzyć nasuwające się na lustro wody pło. Pojawienie się w szuwarach *C. gracilis*, ekspansja nymfheidów, w tym głównie *Nymphaea alba* preferującego wody mezo- do eutroficznych (Kłosowski & Kłosowski 2006), przy jednoczesnym zaniku fitocenoz z *Isoëtes lacustris* sugeruje, że trefia wód w tym poziomie wzrosła. Nadal jednak był to prawdopodobnie zbiornik z wodami pozbawionymi węglanów i dość niskim pH. Świadczy o tym między innymi obecność *N. candida*. W związku z rozwojem torfowisk i dużym udziałem w drzewostanach zlewni *Picea* i *Pinus* zbiornik mógł ulegać także stopniowej humotrofizacji.

W osadzie zachowały się znaczne ilości tkanek mchów, *Scheuchzeria palustris* (w czasie trwania intra-interglacialnej oscylacji klimatycznej) oraz fragmenty drewna, co dowodzi stopniowego porostania torfowiska lasem.

NŻ05 MAZ 4

Aracites interglacialis – *Dulichium arundinaceum*

Struktura lasów zmieniła się – tworzyły je naprzemiennie dominujące *Abies* i *Carpinus* z niewielką domieszką *Corylus* i *Quercus*. Na początku poziomu (głębokość 10.305 i 10.355) próby osadu składały się wyłącznie z drewna, co jest przyczyną całkowitego braku makroszczątków roślin wodnych i szuwarowych. Prawdopodobnie nastąpiło wówczas obniżenie poziomu wody. W młodszej części poziomu doszło do powstania bardzo płytkiego zalewiska, które nie stwarzało dogodnych siedlisk dla roślinności zanurzonej w wodzie i zostało szybko zdominowane przez

Tab. 1. Próba określenia warunków referencyjnych dla zbiornika w Nowinach Żukowskich w odniesieniu do L MAZ

L MAZ		Głębokość (m)	pH	Głębokość zbiornika	Klimat	Trefia zbiornika
NŻ05 MAZ-6	NŻ05 MAZ-6d	9.005 – 8.405	> 7	Pogłębienie	Borealny, umiarkowany chłodny	Mezotroficzny
	NŻ05 MAZ-6c	9.155 - 9.055	< 7	Zbiornik płytki	Stopniowe ochłodzenie	Mezo- do eutroficznego
	NŻ05 MAZ-6b	9.505 – 9.205	< 7	Wypłycaenie	Umiarkowany ciepły, stopniowe ochłodzenie	Oligo-, humotroficzny
	NŻ05 MAZ-6a	9.655 – 9.555	< 7, wzrost	Pogłębienie	Umiarkowany ciepły, stopniowe ochłodzenie	Mezotroficzny
NŻ05 MAZ-5		10.055 – 9.705	< 7	Zbiornik płytki, torfowisko	Ocieplenie – optimum klimatyczne	Humotroficzny
NŻ05 MAZ-4		10.455 – 10.105	< 7	Torfowisko	Umiarkowany ciepły	Humotroficzny
NŻ05 MAZ-3		10.755 – 10.405	< 7	Wypłycaenie	Umiarkowany ciepły	Mezo- do eutroficznego
NŻ05 MAZ-2		11.205 – 10.805	< 7	Pogłębienie	Umiarkowany ciepły	Oligotroficzny
NŻ05 MAZ-1		12.1 – 11.255	> 7, malejące	Dość płytki, wypłycający	Borealny, umiarkowany chłodny	Mezotroficzny

roślinność szuwarową. Tworzyły ją głównie wymarły *Aracites interglacialis* (Łańcucka-Środoniowa 1966, Mamakowa & Velichkevich 1993 a, b) i nie występujący współcześnie w Europie *Dulichium arundinaceum*. *D. arundinaceum* to gatunek północnoamerykański, neogeński relikw w plejstocennych florach Europy, roślina termofilna, tworząca zazwyczaj jednogatunkowe zbiorowiska efemeryczne na brzegach płytkich zbiorników (Środoń 1987). W obrębie kompleksu szuwarów lub w ich obrzeżeniu tworzyły się płyty torfowisk zdominowane przez *Eriophorum vaginatum*, charakteryzującą się dużą odpornością na sezonowe zmiany poziomu wody (Wein 1973, Gore & Urquhart 1966).

Postępujący rozwój torfowiska a następnie porośnięcie go lasem doprowadziło do powstawania torfu drzewnego. Prawdopodobnie wahania poziomu wody doprowadziły do silnego zhumifikowania nagromadzonych warstw torfu (humotorf ze szczątkami drzew).

NŻ05 MAZ 5

Aracites interglacialis – *Eriophorum vaginatum* –
Brasenia borysthena – *Aldrovanda dokturovskyi*

W zbiorowiskach leśnych nadal dominowały *Abies* i *Carpinus*. Klimat uległ ociepleniu. Otaczające zbiornik siedliska wilgotne i okresowo zalewane porastała *Pterocarya fraxinifolia* i *Alnus*, natomiast siedliska suche zlokalizowane na wyniesieniach lub zboczach zajmował m.in. *Buxus*.

W początkowej fazie miało miejsce zwilgotnienie prowadzące do powstania płytkiego zbiornika wodnego, otoczonego prawdopodobnie mozaiką zadrzewień *Alnus glutinosa* i *Carpinus betulus* (ryc. 1). Jak wskazują rosnące w nim rośliny był on bardzo płytki, kwaśny i ubogi w biogeny. Występowały w nim tylko *Brasenia borysthena*, która preferuje ciepłe, płytkie jezioro o odczynie kwaśnym (Muenscher 1944, Środoń 1987), *Aldrovanda dokturovskyi* (wymarła owadożerna roślina termofilna, Velichkevich & Zastawniak 2008) i *Potamogeton natans*. Budujący szuwar *Aracites interglacialis* mógł razem z *Menyanthes trifoliata* także tworzyć nasuwające się na taflę jeziora pło. W drugiej części MAZ 5 funkcjonował kompleks szuwarowo-torfowiskowy, budowany głównie przez *A. interglacialis* oraz kępy *Eriophorum vaginatum*.

Osad tworzony jest przez humotorf z fragmentami drewnien.

NŻ05 MAZ 6

Carex rostrata – *Menyanthes trifoliata* –
Eriophorum vaginatum

NŻ06 MAZ-6a

Aracites interglacialis – *Andromeda polifolia*

W otoczeniu zbiornika zaczęły dominować ponownie borealne lasy sosnowo-brzozowe z *Larix* oraz początkowo z *Picea*. Zaczęła pojawiać się również *Betula humilis*. Zmiany klimatyczne wpływały również na dalsze pogłę-

bienie zbiornika. Pas szuwarów otaczających jezioro budowany nadal głównie przez *Aracites interglacialis* wzbogacił się o inne gatunki, w tym *Sparganium hyperboreum*. Istotną rolę w jego budowie zaczęła odgrywać *C. rostrata*. W dalszym ciągu funkcjonowało torfowisko z *E. vaginatum*, *M. trifoliata* i *A. polifolia*, wśród których pojawiło się więcej turzyc. W głębszym już zbiorniku pojawiły się także *Potamogeton rutilus*, *P. dorofeevi* i *P. filiformis* i ponownie nieliczny *Isoetes lacustris*. Taki skład flory, gdzie obok preferujących mezotroficzne warunki *P. rutilus* i *P. filiformis* występował osiągający optimum w warunkach oligotrofii *Isoetes lacustris*, świadczy o ciągle niewielkiej trofii wód jeziora. Wstępowanie *P. filiformis* wskazuje także na wzrost odczynu i pojawienie się węglanów (Bennike et al. 1994, Lang 1994). Niewielki udział współwystępujących *Isoetes lacustris* i *P. filiformis* sugeruje, że zmiany odczynu wody były jednak niewielkie, a obydwa te gatunki egzystowały na granicy tolerancji ekologicznej.

Osad zdominowany jest przez nieoznaczalne fragmenty drewna oraz mchów liściastych.

NŻ06 MAZ 6b

Myriophyllum spinulosum – *Andromeda polifolia* –
Isoetes lacustris – *Sphagnum* sp.

Skład gatunkowy zbiorowisk leśnych nie uległ w tym poziomie zasadniczym zmianom. Dalszemu wzbogaceniu uległy szuwar, które stały się bardziej urozmaicone. Zmalała rola *A. interglacialis*, nadal znaczny udział miały *Carex rostrata*, *Phragmites australis* i *S. hyperboreum*. Pojawiły się natomiast *Carex gracilis*, *Sparganium emersum*, *S. minimum*, a także gatunki z rodzaju *Typha*, które limituje średnia minimalna temperatura lipca wynosząca w przypadku *T. latifolia* 13°C (Isarin & Bohncke 1999) i 14°C w przypadku *T. angustifolia* (Kolstrup 1979). Wśród rozwijających się nadal torfowisk okalających zbiornik, w których ciągle znaczny udział miała *Eriophorum vaginatum*, coraz liczniejsza była *Andromeda polifolia*. Obrzeżom torfowiska towarzyszył licznie reprezentowany *Menyanthes trifoliata* mogący miejscami tworzyć pło. Mimo że pojawiły się nowe gatunki, takie jak *Batrachium* sp., *Nymphaea candida*, warunki w zbiorniku nie uległy istotnym zmianom. W tworzeniu ówczesnych fitocenoz istotną rolę odgrywał *Myriophyllum spinulosum*, takson wymarły, jednak przez bardzo duże podobieństwo do północnoamerykańskiego *Myriophyllum pinnatum* można, że preferował niezbyt głębokie wody, które porastał masowo, zwłaszcza przy zmiennym poziomie (Velichkevich & Zastawniak 2006). Bogactwo roślinności zanurzonej, porastającej zbiornik w tamtym okresie, potwierdza stała obecność *Cristatella mucedo* (Økland & Økland 2000), która jest jednocześnie indykatorem średniej temperatury lipca powyżej 10°C (Birks 2000, Eide et al. 2006). Trofia była bardzo niska – liczne występowanie *Isoetes lacustris*.

Osad tworzony przez gytie grubodetrytusową o charakterze utworu torfopodobnego zawiera liczne szczątki

silnie rozłożonych mchów liściastych, nieliczne fragmenty drewnien oraz *Sphagnum* s. *Palustria*.

NŻ05 MAZ 6c

Aracites interglacialis

Poziom odpowiada „oscylacji brzozowej”. Zaznacza się w nim wzrost znaczenia *Betula* i *Larix*. Zbiornik powrócił w tym poziomie do fazy płytkiego zalewiska otoczonego przez szuwar zdominowany ponownie przez *Aracites interglacialis*. Istotną rolę w tworzeniu fitocenoz szuwarowych odgrywała nadal *Carex rostrata*. Zmianie uległy towarzyszące zbiornikowi zespoły torfotwórcze, m.in. przynajmniej częściowo wycofała się *Eriophorum vaginatum* i *Menyanthes trifoliata*. Dużemu zubożeniu uległa roślinność wodna. Prawdopodobnie na skutek wzrostu trofii i nagromadzenia osadów wycofał się *Isoëtes lacustris*, a ponownie pojawiła się *Brasenia borysthena*.

Gytia detrytusowa tworzona była w tym czasie głównie przez mchy liściaste oraz znaczne ilości fragmentów epidermy *Scheuchzeria palustris* (ryc. 3), co jednak nie zostało odzwierciedlone, ani w zapisie palinologicznym, ani analizie makroszczątków generatywnych.

„Oscylacja brzozowa”, jak dotąd, nie została uchwycona w żadnym innym zapisie palinologicznym. Być może jest to zjawisko lokalne, wywołane zmianami hydrologicznymi, jednakże wyniki analizy makrofosyliów roślinnych wskazują zdecydowanie na dłuższą jego rozpiętość w czasie. Powód nierozpoznania tej oscylacji w innych profilach może leżeć w zbyt rzadkim opróbowaniu rdzeni. Przy bardzo powolnym przyroście, zwłaszcza osadów torfowych, konieczna jest analiza o dużej rozdzielczości, która pozwoli rozpoznać możliwie największą liczbę wahań klimatycznych. Częste zmiany zachodzące w okresie telokratycznym interglacjału mazowieckiego są wywołane prawdopodobnie przez aktywność wulkaniczną (Nitychoruk 2000, 2002).

NŻ05 MAZ 6d

Potamogeton natans

W krajobrazie ponownie zaczęła dominować *Pinus sylvestris*. Ponownie doszło do podniesienia poziomu wody w zbiorniku. Spowodowało to istotną poprawę warunków, w tym wzrost odczynu wód i zapewne trofii, na co wskazuje obecność *P. obtusifolius* preferującego wody eutroficzne z grubą warstwą osadów organicznych (Kłosowski & Kłosowski 2006). Zmiana ta umożliwiła odbudowę zróżnicowanych fitocenoz z *Batrachium* sp., *Potamogeton natans*, *P. rutilus*, *P. filiformis*, *P. pusillus* i *P. obtusifolius*, których skład gatunkowy sugeruje, że wody miały charakter mezotroficzny. W dość dobrze wykształconych zbiorowiskach szuwarowych wzbogaconych m.in. o *Cicuta virosa* i *Hippuris vulgaris*, którą limituje minimalna temperatura lipca wynosząca +10°C (Wasylikowa 1964), zdecydowanie zmalało znaczenie *Aracites interglacialis*. Stopniowy proces ubożenia torfowisk spowodował, że w schyłkowej części poziomu spośród

taksonów je budujących zachowała się tylko *E. vaginatum*. Osad budowany był głównie przez mchy liściaste.

Czy badania interglacialnych ekosystemów jeziornotorfowiskowych mogą być pomocne w ustalaniu warunków referencyjnych współczesnych jezior?

Zbiornik w Nowinach Żukowskich funkcjonował w interglaciale mazowieckim ok. 430 tys. lat temu przez okres ok. 15-16 ka (Müller 1974) a nawet od ok. 25 do 50 ka (Krupiński 2000). Liczne wahania klimatyczne i hydrologiczne były czynnikiem wpływającym na zachodzące w nim częste zmiany. Był to zbiornik o zmiennych poziomach wody, jednak raczej płytki, zdominowany przez roślinność szuwarową i otoczony płem torfowisk. Rozwój tych ostatnich warunkował niską trofię – od dys- i humotroficznego do mezotroficznego, oraz niskie pH – przeważnie wody były kwaśne i bardzo kwaśne. W czasie trwania oscylacji klimatycznych żywność wód wzrastała nawet do warunków eutroficznych.

Znajomość procesów naturalnych zachodzących w takich ekosystemach jak zbiornik w Nowinach Żukowskich jest konieczna dla zrozumienia procesów zaburzonych przez działalność antropogeniczną. Określenie kierunków sukcesji w środowisku przekształconym przez człowieka jest możliwe tylko dzięki znajomości zmian zachodzących w całkowicie naturalnych środowiskach. Badanie sukcesji zbiorników płytkich, układów najbardziej dynamicznych, jest szczególnie ważne, a zbiorowiska makrofitów bardzo dobrze wskazują kierunki sukcesji. W zbiorniku w Nowinach Żukowskich zachodziły wielokrotne przejścia między różnymi stanami trofii oraz zmianami uwarunkowanymi termicznie, co w kontekście efektu cieplarnianego jest nadzwyczaj ważne. Było to albo płytkie jezioro albo torfowisko, co podkreśla istotną wagę tego profilu jako bardzo dobrego materiału referencyjnego dla diagnozy współczesnych, zaburzonych układów jeziorno-torfowiskowych.

Wnioski

Badany materiał okazał się bardzo bogaty zarówno pod względem pyłkowym, jak i makrofosyliów. Pozwolił na oznaczenie licznych taksonów wymarłych (m.in. *Aracites interglacialis*, *Myriophyllum spinulosum*, *Aldrovanda dokturovskyi*), jak również taksonów nie występujących współcześnie w Europie (m.in. *Dulichium arundinaceum*, *Brasenia borysthena*). Rzadkie znaleziska makroszczątków, takie jak np.: *Pterocarya fraxinifolia* czy *Taxus baccata* potwierdzają duże znaczenie tych charakterystycznych dla interglacjału mazowieckiego taksonów.

Określenie warunków referencyjnych dla zbiornika funkcjonującego od ok. 15 do nawet 50 tys. lat jest bardzo trudne. Wstępne wyniki badań paleobotanicznych stanowiska w Nowinach Żukowskich określają warunki referencyjne tego zbiornika na płytkie, oligotroficzne i kwaśne jezioro o zmien-

nych poziomach wody. Przez znaczną część jego sukcesji rozwijało się u jego brzegów torfowisko o różnej genezie.

Zbiornik ten był podatny na liczne zmiany klimatyczne i hydrologiczne tego okresu. Bardzo wyraźnie w zachowanych szczątkach roślinności zbiornika zaznaczają się okresy oscylacji klimatycznych, co podkreśla głębokość zachodzących przemian klimatycznych lub wpływ aktywności wulkanicznej badanego okresu plejstocenu.

Perspektywy

Trwają dalsze badania nad makrofosyliami roślinnymi, tkankami torfotwórczymi, zarodnikami grzybów, drewnami i igłami drzew szpilkowych oraz palinomorfami niepyłkowymi. Analiza drewnien i igieł niewątpliwie wyjaśni zagadkowe zachowanie drzew w poziomie NŻ05 MAZ 4 i 5 (torf drzewny) oraz dodatkowo uszczegółowi makroflorę tego stanowiska, a analiza zarodników grzybów wskaże i pomoże zinterpretować poziomy przesuszenia torfu a więc poziomy wahania wody oraz poziomy, w których brak makroszczątków roślin. Będzie to pierwszy tak szczegółowo opracowany profil pochodzący z okresu interglacjału mazowieckiego w Polsce.

Podziękowania

Podziękowania należą się Ministerstwu Nauki i Szkolnictwa Wyższego (grant nr 3646/B/P01/2007/33 i N N307 155538) za finansowe wsparcie. Niezwykle pomocne okazały się sugestie dr Grzegorza Kowalewskiego z Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu, dr Renaty Stachowicz-Rybki z Instytutu Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, dr Artura Szymczyka z Uniwersytetu Śląskiego oraz dr hab. Mirosławy Kupryjanowicz z Uniwersytetu w Białymstoku. Chcielibyśmy ponadto podziękować serdecznie Krzysztofowi Stachowiczowi i Barbarze Kurdziel za udział w opróbowaniu i przygotowaniu laboratoryjnym tego bogatego materiału.

References

Bennike O., Houmark-Nielsen M., Bocher J. & Heinberg E. O. 1994. A multi-disciplinary macrofossil study of Middle Weichselian sediments at Kobbeldgard, Mon, Denmark. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.* 111: 1-15.

Ber A., Lindner L. & Marks L. 2007. Propozycja podziału stratygraficznego czwartorzędu Polski. *Przegl. Geol.* 55(2): 115-118.

Birks H. H. 2000. Aquatic macrophyte vegetation development in Kråkenes Lake, western Norway, during the late-glacial and early-Holocene. *J. Paleolimnol.* 23: 7-19.

Brem M. 1953. Flora interglacialna z Ciechanek Krzesimowskich (summary: Interglacial flora from Ciechanek Krzesimowski by Łęczycą). *Acta Geol. Pol.* 3(3): 475-479.

Dyakowska J. 1952. Roślinność plejstocenska w Nowinach Żukowskich: (summary: Pleistocene flora of Nowiny Żukowskie on

the Lublin Upland). *Biul. Inst. Geol.* 67:115-181.

Eide W., Birks H. H., Bigelow H. N., Peglar M. S., Birks H. J. B. 2006. Holocene forest development along the Setesdal valley, southern Norway, reconstructed from macrofossil and pollen evidence. *Veget Hist Archaeobot* 15: 65-85.

Erdtman G. 1960. The acetolysis method. *Svensk. Bot. Tidskr.* 54: 561-564.

Gore A.P.J. & Urquhart C. 1966. The effects of water logging on the growth at *Molinia caerulea* and *Eriophorum vaginatum*. *Journal of Ecology* 54: 617-633.

Hrynowiecka-Czmielewska A. 2010. History of vegetation and climate of the Mazovian (Holsteinian) Interglacial and the Liviecian (Saalian) Glaciation on the basis of pollen analysis of palaeolake sediments from Nowiny Żukowskie, SE Poland. *Acta. Palaeobot.* 50(1): 18-54.

Isarin R. F. B., Bohncke S. J. P. 1999. Mean July Temperatures during the Younger Dryas in Northwestern and Central Europe as Inferred from Climate Indicator Plant Species. *Quat Res* 51: 158-173.

Janczyk-Kopikowa Z. 1981. Analiza pyłkowa plejstocenskich osadów z Kaznowa i Krępcza (summary: Pollen analysis of the Pleistocene sediments at Kaznów and Krępiec). *Biul. Inst. Geol.* 321: 249-258.

Janczyk-Kopikowa Z. 1983. Analiza pyłkowa osadów z Rokitna nad Wieprzem (summary: Pollen analysis of sediments from Rokitno near Wieprz River). *Arch. Państw. Inst. Geol.*: 1-6, Warszawa.

Janczyk-Kopikowa Z. 1991. Problemy palinostratygrafii glacialnej plejstocenu Polski z uwzględnieniem wyników analizy pyłkowej osadów interglacialnych z Besiekierza, Środkowa Polska (summary: Palynostratigraphy of the Pleistocene in Poland and the problem of the age of deposits from Besiekierz, Central Poland). *Annales UMCS, Suppl. I*, 46.

Kantrud H. A. 1990. Sago Pondweed (*Potamogeton pectinatus* L.): A Literature Review. United States Dept. of the Interior, Fish and Wildl. Serv., Resource Publication 176, Washington, D.C.

Kłosowski S. & Kłosowski G. 2006. Rośliny wodne i bagienne. *Seria Flora Polski, Multico Oficyna Wydawnicza, Warszawa.*

Kolstrup E. 1979. Herbs as July temperature indicators for parts of the Pleniglacial and the Late-glacial in the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw* 59: 337-380.

Koutsodendris A., Müller U.C., Pross J., Brauer A., Kotthoff U., Lotter A.F. 2010. Vegetation dynamics and climate variability during the Holsteinian interglacial based on a pollen record from Dethlingen (northern Germany). *Quat. Sci. Rev.* 29: 3298-3307.

Krupiński K.M. 1984-1985. Wyniki wstępnych badań palinologicznych osadów interglacjału mazowieckiego w Białej Podlaskiej. *Roczn. Międzyrzecki* 16-7: 144-171.

Krupiński K.M. 2000. Korelacja palinostratygraficzna osadów interglacjału mazowieckiego z obszaru Polski (summary: Palynostratigraphic correlation of deposits of the Mazovian interglacial in Poland). *Prace Państw. Inst. Geol.* 169: 1-61.

Lang G. 1994. Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Lindner L. & Marks L. 2008. Pleistocene stratigraphy of Poland and its correlation with stratotype sections in the Volhynian Upland (Ukraine). *Geochronometria* 31: 31-37.

- Łańcucka-Środoniowa 1966. Tortonian flora from "Gdów Bay" in the south of Poland. *Acta Paleobot.* 7(1): 1-135.
- Matuszkiewicz W. 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. *Vademecum Geobotanicum*, PWN, Warszawa.
- Mamakowa K. & Velichkevich F. Yu. 1993 a. Exotic plants in the floras of the Mazovian (Alexandrian) Interglacial of Poland and Belarus. *Acta Palaeobot.* 33(2): 305-319.
- Mamakowa K. & Velichkevich F. Yu. 1993 b. *Aracites interglacialis* Wielicyk. + Extinct plant found in the floras of the Mazovian (Alexandrian, Likhvinian) Interglacial in Poland, Belarus, Russia and the Ukraine. *Acta Palaeobot.* 33(2): 321-341.
- Nitychoruk J. 2000. Climate reconstruction from stable-isotope composition of the Mazovian interglacial (Holsteinian) lake sediments in eastern Poland. *Acta Geol. Pol.* 50(2): 247-294.
- Nitychoruk J. 2002. Volcanic impact on climatic changes during the Mazovian interglacial. *Przeegl. Geol.* (50)9: 810-811.
- Nitychoruk J., Bińska K., Ruppert H. & Schneider J. 2006. Holsteinian Interglacial - Marine Isotope Stage 11? *Quaternary Science Reviews* 25: 2678-2681.
- Moss E.H. 1983. *The Flora of Alberta*, 2nd edition. University of Alberta Press, Edmonton.
- Muenscher W.C. 1944. *Aquatic plants of the United States*. Comstock Publ. Comp., Ithaca, New York.
- Müller H. 1974. Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählungen an der holstein-zeitlichen Kieselgur von MunstereBreloh. *Geologisches Jahrbuch A* 21: 107-140.
- Obidowicz A. 1990. Eine pollenanalytische und moorkundliche Studie zur Vegetationsgeschichte des Podhale-Gebietes (West-Karpaten). *Acta Palaeobot.* 30(1,2): 147-219.
- Økland K. A. & Økland J. 2000. Freshwater bryozoans (Bryozoa) of Norway: distribution and ecology of *Cristatella mucedo* and *Paludicella articulate*. *Hydrobiologia* 421: 1-24.
- Pidek I.A. 2003. Mesopleistocene vegetation history in the northern foreland of the Lublin Upland based on palaeobotanical studies of the profiles from Zdany and Brus sites. Maria Curie-Skłodowska University Press, Lublin.
- Preston C.D. & Croft J.M. 1997. *Aquatic plants in Britain and Ireland*. Harley Books, Colchester.
- Rühle E. 1952. Profil geologiczny utworów plejstocenijskich w Nowinach Żukowskich: (summary: The geological profile of pleistocene deposits at Nowiny Żukowskie). *Biul. Inst. Geol.* 67: 99-114.
- Sobolewska M. 1956. Roślinność plejstocenijska z Syrnika nad Wieprzem (summary: Pleistocene vegetation of Syrniki on the River Wieprz). *Biul. Inst. Geol.* 100: 143-192.
- Stachowicz-Rybka R. 2011. Flora and vegetation changes on the basis of plant macroremains analysis from an early Pleistocene lake of the Augustow Plain, NE Poland. *Acta Palaeobot.* 51(1): 39-104.
- Szafer W. 1953. Stratygrafia plejstocenu w Polsce na podstawie florystycznej: (summary: Pleistocene Stratigraphy of Poland from the Floristical Point of View). *Rocznik Pol. Tow. Geol.* 11: 1-238.
- Środoń A. 1987. Dlaczego *Brasenia* nie rośnie dziś w Polsce? Why *Brasenia* doesn't grow in Poland today. *Wiadomości Botaniczne* 31: 181-184.
- Tobolski K. 2000. Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Walanus A. & Nalepka D. 1996. POLPAL. Program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis. *Acta Palaeobot.*, Suppl. 2: 659-661.
- Wasylikowa K. 1964. Roślinność i klimat późnego glacjału w środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie koło Łęczycy (summary: Vegetation and climate of the Late-Glacial in central Poland based on investigations made at Witów near Łęczycza). *Biul. Perygl.* 13: 261-382.
- Wein R.W. 1973. Biological flora of the British Isles: *Eriophorum vaginatum* L. *Journal of Ecology* 61: 601-615.
- Velichkevich F. Yu. & Mamakowa K. 2003. Revision of plant macrofossils from the Mazovian Interglacial locality Nowiny Żukowskie (SE Poland). *Acta Palaeobot.* 43(1): 61-76.
- Velichkevich F. Yu. & Zastawniak E. 2006. Atlas of the Pleistocene vascular plant macrofossils of Central and Eastern Europe, Part 1 - Pteridophytes and monocotyledons. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- Velichkevich, F. Yu. & Zastawniak E. 2008. Atlas of the Pleistocene vascular plant macrofossils of Central and Eastern Europe. Part 2 - Herbaceous dicotyledons. W. Szafer Institute of Botany. Polish Academy of Sciences, Kraków.