ACTA GEOGRAPHICA LODZIENSIA
113 (2023): 157-173
https://doi.org/10.26485/AGL/2023/113/10

OSADY BIOGENICZNE TORFOWISK REGIONU ŁÓDZKIEGO JAKO MATERIAŁ DO BADAŃ KOPALNYCH CLADOCERA

Biogenic sediments of peatlands in the Łódź region as material for research on fossil Cladocera

MARTA RUDNA[1], JACEK FORYSIAK[2]

Zarys treści. Artykuł przedstawia zróżnicowanie genezy i cech geomorfologicznych form zajętych przez torfowiska regionu łódzkiego oraz zmienną litologię osadów wypełniających ich misy. Podjęto ocenę przydatności osadów biogenicznych zdeponowanych w takich formach do analiz paleoekologicznych. W ramach przeglądu dotychczasowych badań przedyskutowane zostały walory i słabości analizy szczątków kopalnych wioślarek, a także zakres takich analiz w okresie ostatnich kilkunastu lat i ich znaczenie dla rekonstrukcji paleogeograficznych zmian w późnym vistulianie i holocenie. Innymi istotnymi celami syntezy jest przedstawienie znaczenia badań o wysokiej rozdzielczości opróbowania osadów i ocena zasadności ich wykonywania.

Słowa kluczowe: osady jeziorne, torf, warunki siedliskowe, wioślarki, rekonstrukcje paleoekologiczne, środkowa Polska

Abstract. This paper shows the origin and geomorphological diversity of peatlands in the Łódź region and the variable lithology of the sediments filling their depressions. The suitability of biogenic sediments deposited in such forms for paleoecological analyzes was assessed. A review of previous research highlights analyzes of cladoceran fossil remains. The content indicates the scope of such analyzes over the last dozen or so years and their importance for the reconstruction of paleogeographic changes in the Late Vistulian and Holocene. Other important goals of the synthesis are to indicate the importance of high-resolution studies and to assess the validity of their performance.

Key words: lacustrine deposits, peat, habitat conditions, cladocerans, paleoecological reconstructions, central Poland

Wprowadzenie

Torfowiska w regionie łódzkim do końca XX wieku rzadko stanowiły obiekt badań paleogeograficznych i paleobotanicznych, nakierowanych na analizy osadów biogenicznych i rekonstrukcje paleośrodowiskowe. W tamtym okresie zaledwie kilka z takich obiektów przebadano metodami paleobotanicznymi, między innymi: Bartochów (Krauźlis 1974), Napoleonów (Balwierz 1980); Dolina Świętojanki (Goździk, Konecka-Betley 1992). W najlepiej rozpoznanym paleobotanicznie stanowisku regionu – Witów (Wasylikowa 1964) badane profile osadów nie pochodzą z torfowiska, ale z podłoża niewielkiej wydmy, przyległej do mokradła Silne Bagno, z którego profil palinologiczny opublikowany został znacznie później (Wasylikowa 2011). Taki stan badań torfowisk regionu wynikał ze stosunkowo niewielkiego odsetka mokradeł w regionie (zdaniem Żurka (1987) było to około 2% powierzchni terenu), ale znacznie ważniejszą przyczyną jest bardzo zły stan ich zachowania. Przeprowadzone szczegółowe prace

[1] Uniwersytet Łódzki, Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geografii Fizycznej, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; e-mail: marta.rudna@geo.uni.lodz.pl, ORCID: 0000-0002-6772-9723
[2] Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geologii i Geomorfologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; e-mail: jacek.forysiak@geo.uni.lodz.pl, ORCID: 0000-0002-0084-4436

na kilkudziesięciu stanowiskach, gdzie procesy torfotwórcze nadal funkcjonowały, wykazały brak torfowisk, których stosunki wodne, złoże osadów biogenicznych czy pokrywa roślinna, są zachowane w stanie naturalnym (Forysiak 2012). Problemem w analizach paleoekologicznych w regionie jest niemal brak profili, gdzie jest zachowany zapis ciągłości akumulacji biogenicznej do współczesności. Do nielicznych takich obiektów zaliczyć można torfowisko Żabieniec (Twardy i in. 2010). Analizy osadów holocenu, a zwłaszcza młodszego holocenu, w profilach torfowisk z regionu łódzkiego utrudnia lub wręcz uniemożliwia silny rozkład przypowierzchniowych warstw torfu, często objętych już murszeniem, albo wręcz wyeksploatowanych. Jednak długotrwały rozwój wypełniania mis torfowisk w regionie – sięgający nawet schyłku plenivistulianu (Forysiak 2012) – – powoduje, że profile utworów biogenicznych bardzo dobrze nadają się do analiz paleoekologicznych późnego vistulianu i starszego holocenu.

Wśród przebadanych ponad trzydziestu torfowisk regionu zdecydowana większość ma charakter limnogeniczny (Forysiak 2012), czyli proces torfotwórczy rozpoczął się w zbiornikach, gdzie występowały jeziora podlegające zatorfieniu (Tobolski 2000). Takie zmiany na ogół miały miejsce w holocenie, ale w kilku stanowiskach rozpoczęcie akumulacji torfu dokonało się już u schyłku późnego vistulianu (Forysiak 2012).

Bardzo ważną cechą mis torfowisk regionu łódzkiego jest duże zróżnicowanie genezy form geomorfologicznych i ich cech morfologicznych; wyróżnionych zostało kilkanaście typów, w których akumulacja osadów biogenicznych mogła rozpocząć się w późnym vistulianie i trwać stabilnie nawet przez kilkanaście tysięcy lat, lub dopiero w holocenie, po pojawieniu się odpowiednich warunków do zabagnienia (Forysiak 2012). Poza warunkami klimatycznymi, geologicznymi oraz biologicznymi to zróżnicowanie genezy i cech geomorfologicznych wpływa na odmienne sposoby zasilania wodami (różny chemizm i reżim zasilania) określonych obiektów (Charmann 2002; Rydin, Jeglum 2005). To przekłada się na cechy siedliskowe jezior czy torfowisk, które w takich misach funkcjonują, oraz różnice w składzie gatunkowym roślin i fauny żyjącej w tych ekosystemach (Stańczykowska 1986; Tobolski 2000).

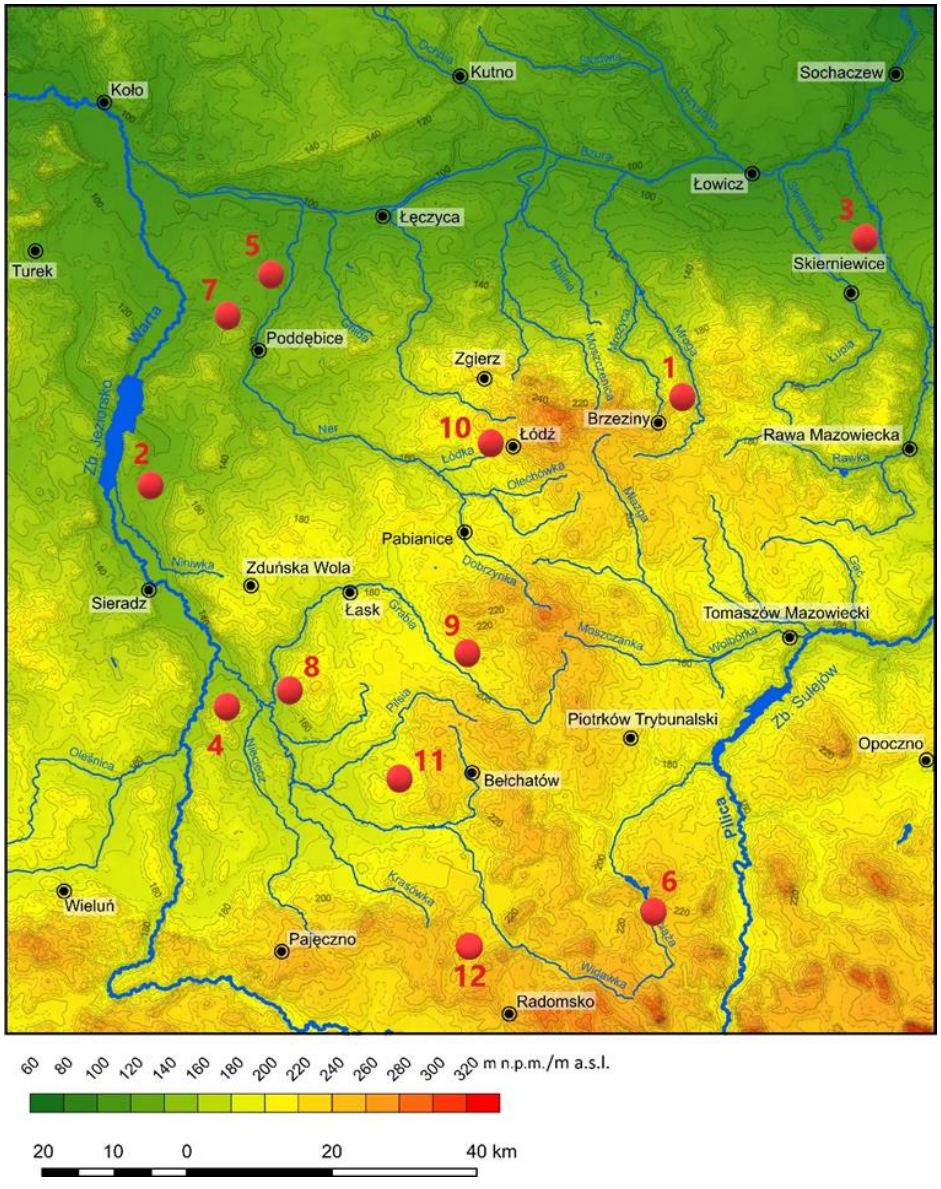
Analizą objęto kopalne wioślarki (Cladocera), które są jednym ze składników planktonu jezior i dobrze funkcjonujących torfowisk. Organizmy te mają bardzo ważne znaczenie wskaźnikowe w badaniach kopalnych szczątków odkładanych w osadach biogenicznych i są ważnym źródłem danych do tworzenia rekonstrukcji paleośrodowiskowych późnego czwartorzędu, ponieważ ich wymagania ekologiczne nie zmieniły się co najmniej od ostatniego zlodowacenia (Szeroczyńska 1998, 2002). Te małe skorupiaki są wrażliwe na takie czynniki środowiskowe jak zmiany: głębokości wody (Korhola i in. 2005), pH (Locke i in. 2000), trofii (Szeroczyńska 1991) i temperatury (Lotter i in. 1997). W związku z tym szczątki subfosylnej fauny wioślarek mogą dostarczać informacji o długoterminowych zmianach środowiskowych. Analiza subfosylnych szczątków Cladocera sprawdza się bardzo dobrze w analizach paleośrodowiskowych, co potwierdzają liczne badania prowadzone na całym świecie. Pierwszą analizę kopalnych Cladocera w osadach torfowisk regionu łódzkiego wykonał Pawłowski (2010) dla profilu Żabieniec. W kolejnych latach opracowanych zostało kilkanaście profili dla innych obiektów (tab. 1), dzięki czemu badania kopalnych wioślarek są wraz z analizami palinologiczną i geochemii osadów najczęściej wykonywanymi analizami paleoekologicznymi dla profili biogenicznych regionu.

Porównywanie wyników analiz kopalnych wioślarek w stanowiskach z regionu łódzkiego pozwoli określić, czy w osadach zdeponowanych w tym samym czasie – a więc zbliżonych w skali regionu warunkach klimatycznych – ale w zbiornikach o innych cechach siedliskowych, żyły podobne lub inne taksony Cladocera. W odniesieniu do współczesnych badań zgrupowań wioślarek takie zróżnicowanie gatunkowe w odniesieniu do różnic w cechach siedliskowych jezior i torfowisk jest sprawą oczywistą (Szeroczyńska 1991; Lotter i in. 1997; Locke i in. 2000; Korhola i in. 2005). Uznano, że obiekty o różnej genezie i cechach geomorfologicznych, a także odmiennej paleogeografii, dadzą możliwość porównania różnic w zapisie składu gatunkowego szczątków wioślarek w takich obiektach.

Zebrano najważniejsze informacje dotyczące większości z dotychczas opracowanych i opublikowanych diagramów kopalnych wioślarek z różnych torfowisk regionu (rys. 1; tab.1). Jednak porównywanie ich wyników przysparza znacznych problemów. Okolicznością sprzyjającą porównaniom jest fakt, że większość cytowanych analiz wykonał Pawłowski (między innymi: Pawłowski 2010; Pawłowski i in. 2010, 2012, 2015, 2016). Jednak istotny problem stanowi zmienna rozdzielczość poboru próbek w badanych profilach, zwłaszcza w odniesieniu do odstępu czasu w ich akumulacji, co powoduje, że charakterystyczne fazy klimatyczne są w przypadku niektórych rdze-

ni wydzielane na podstawie pojedynczych próbek. Analizowane stanowiska mają na ogół wykonaną analizę palinologiczną, która jest podstawą do stratygraficznego usytuowania badanych profili. Wątpliwości co do wieku poszczególnych LPAZ często są rozstrzygane dzięki datowaniom radiowęglowym, jednak ich ilość w poszczególnych profilach także jest niewystarczająca (por. Forysiak 2012). Trudno więc na takim materiale podejmować próby precyzyjnego synchronizowania lokalnych faz Cladocera pomiędzy stanowiskami o ustalonych różnicach siedliskowych.

Prezentowany artykuł ma na celu przedstawienie zakresu wykonanych dotychczas analiz kopalnych wioślarek z profili holoceńskich i późnovistuliańskich na torfowiskach w regionie łódzkim oraz wskazanie potrzeby podjęcia analizy Cladocera o wysokiej rozdzielczości opróbowania osadów dla wybranych stanowisk, dających możliwości większej precyzji rekonstrukcji paleoekologicznych, ale też oceny zasadności wykonywania takich oznaczeń. Analizy kopalnych wioślarek o wysokiej, jednocentymetrowej rozdzielczości opróbowania rozpoczęte zostały dla dwóch stano-



Rys. 1. Lokalizacja badanych torfowisk na tle ukształtowania rzeźby regionu łódzkiego.
1– Żabieniec, 2 – Ługi, 3 – Kopanicha, 4 – Korzeń, 5 – Ner-Zawada, 6 – Bęczkowice, 7 – Wilczków, 8 – Świerczyna, 9 – Pawłowa, 10 – Rąbień, 11– Podwódka, 12 – Woźniki

The location of the studied peatlands against the background of the relief of the Łódź region

Tabela 1

Podstawowe dane na temat cech morfologicznych i litologicznych torfowisk regionu łódzkiego, posiadających wyniki analiz kopalnych wioślarek i dane o zakresie badań wioślarek

Basic data on morphological features of peat bogs in the Łódź region, with results of fossil Cladocera analyses and data on the extent of Cladocera research

Torfowisko/ *Peatland*	Położenie, typ, powierzchnia/ *Location, type, area*	Rodzaj i wiek osadów biogenicznych/ *Type of biogenic sediment and age*	Zakres analizy Cladocera/ *Scope of the analysis*	Rozdzielczość próbek/ *Sample resolution*	Publikacje/ *Publications*
Żabieniec	wysoczyznowe; przejściowe; 2,5 ha	gytia: 1260–380 cm; torfy: 380 – 0 cm; późny vistulian i holocen	1610–30 cm	4–10 cm	Pawłowski 2010, Pawłowski 2012, Pawłowski 2017,
Ługi	dolinne, w nieczynnym odcinku doliny rzecznej; niskie; 28 ha	gytia: 300–140 cm; torfy: 140–0 cm; późny vistulian i holocen	150 cm	5–10 cm	Forysiak i in. 2023, Pawłowski 2017
Kopanicha	dolinne, w odciętym fragmencie doliny Rawki; niskie; 72 ha	torf; od okresu atlantyckiego do subatlantyckiego	0–380 cm; szczątki od 350 cm	5 cm	Pawłowski i in. 2012
Korzeń	dolinne, w odciętym korycie Widawki; niskie; 9,3 ha	gytia: 85–178 cm; torf niski: 178–110 cm; torf przejściowy: 110–0 cm	90–200 cm	5–10 cm	Pawłowski 2012, Pawłowski 2017
Ner-Zawada	dolinne, w basenie powodziowym na terasie doliny Neru; niskie; 6 ha	torf niski: 470–390 cm; gytia: 390–220 cm; torf niski: 220–0 cm	475 cm	10 cm	Forysiak i in. 2010
Bęczkowice	dolinne, dno doliny Luciąży; niskie; 202 ha	gytia: 275–290 cm; torf zielny i mszysty: 275–30 cm	290 cm	10 cm	Płóciennik i in. 2021, Forysiak 2012
Wilczków	dolinne, w nieczynnym odcinku doliny rzecznej; niskie; 296 ha	torf: 450–0 cm; późny vistulian i holocen	450 cm	5 cm	Płóciennik i in. 2015, Forysiak 2012
Świerczyna	dolinne, starorzecze i basen powodziowy w dolinie Grabi; niskie; 26,1 ha	gytia, torf; późny vistulian i holocen	340 cm	4 cm	Pawłowski i in. 2015
Pawłowa	dolinne, w obrębie równiny zalewowej; niskie; 7,7 ha.	gytia, torf; późny vistulian i holocen	450 cm	4 cm	Pawłowski i in. 2016
Rąbień	wysoczyznowe, w obniżeniu śródwydmowym; przejściowe; 42,5 ha	gytia: 620–220 cm; torfy 220–0 cm; późny vistulian i holocen	65–250 cm	4–10 cm	Słowiński i in. 2016, Pawłowski 2017
Podwódka	dolinne, w dnie rozległej kotliny; przejściowe; 65 ha	torf: 450–0 cm; późny vistulian i holocen	0–450 cm	10 cm	Domińczak (niepublikowane)

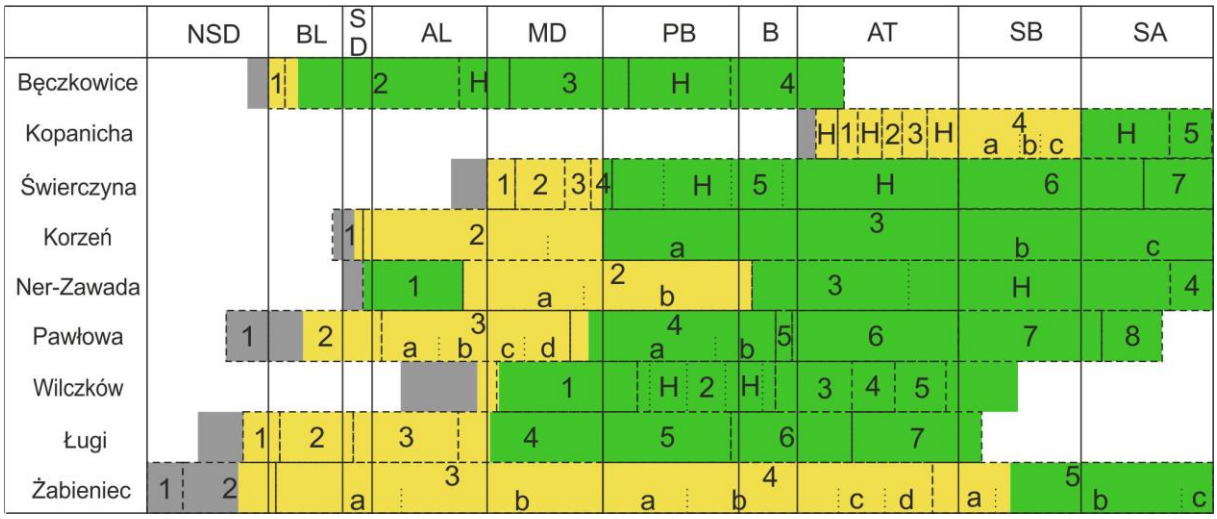
wisk, Żabieniec i Ługi, dla których analizy Cladocera już zostały wcześniej wykonane (między innymi Pawłowski 2010; Forysiak i in. 2023) i są ujęte przedstawionych zestawieniach (tab. 1; rys. 2). Wybór tych profili uzasadnia dobra jakość materiału geologicznego, stosunkowo rozbudowane fragmenty rdzeni odłożone w wybranym do analizy okresie, ale także różne cechy geomorfologiczne i siedliskowe obu stanowisk. Te wysokorozdzielcze oznaczenia dla obu stanowisk obejmują tylko wyselekcjonowane odcinki rdzeni badawczych, odpowiadające stratygraficznie charakterystycznym i dobrze zdefiniowanym zmianom klimatycznym w późnym vistulianie i przejściu do holocenu. Wstępne wyniki analizy ze stanowiska Żabieniec zostały już opublikowane (Rudna i in. 2023), a dalsze są w opracowaniu. W prezentowanej pracy autorzy skupiają się na przedstawieniu warunków geomorfologicznych i geologicznych torfowisk, podejmując próbę uzasadnienia wyboru stanowisk Żabieniec i Ługi, jako reprezentatywnych obiektów do realizacji analiz kopalnych Cladocera. Natomiast interpretacje wielowskaźnikowych badań osadów torfowisk ujęte są w już opublikowanych pracach (między innymi: Forysiak i in. 2010, 2023; Pawłowski 2010; Pawłowski i in. 2010, 2012, 2015, 2016; Płóciennik 2015, 2021) lub są w trakcie opracowywania.

Cechy geomorfologiczne, litologiczne i paleohydrologiczne torfowisk

Wśród przeanalizowanych torfowisk w regionie najbardziej liczne są torfowiska dolinne, które jednocześnie zajmują największą powierzchnię (Forysiak 2012). Rozwinięte są w dolinach rzecznych, kształtowanych współcześnie przez procesy fluwialne, ale funkcjonują także w dolinach, które są wyłączone z systemu rzecznego (Forysiak 2012). W pierwszej grupie znajdują się niewielkie torfowiska, powstałe w starorzeczach, często podlegające jeszcze silnym wpływom procesów rzecznych, jak i większe obiekty zajmujące na przykład część dna dolinnego albo całą jego szerokość. Przykładem takiego torfowiska jest mokradło w Bęczkowicach, jedno z największych torfowisk regionu (tab. 1). W analizowanym rdzeniu dominują torfy, osady jeziorne złożone są jedynie w ich podłożu, i to tylko w przegłębieniach zatorfionego dna doliny (Forysiak 2012; Płóciennik i in. 2021). Obiekt ten ma charakter torfowiska niskiego, z wydajnym zasilaniem soligenicznym. Jednak torfy w takich stanowiskach są w znacznym stopniu rozłożone, zaś analizy makroszczątków zwierzęcych, między innymi wioślarek, w ich profilach wykazują bardzo zły stan zachowania szczątków, utrudniający rekonstrukcję warunków siedliskowych (Płóciennik i in. 2021). Wśród omawianej grupy torfowisk dominują mokradła położone w obrębie den dolin, w basenach powodziowych, i zajmują często fragmenty starorzeczy. Funkcjonują one dzięki zasilaniu wodami topogenicznymi lub soligenicznymi, choć wysoki poziom lustra wody w tych torfowiskach jest uzależniony od poziomu wód rzecznych. Do tej grupy należą: torfowisko Kopanicha w dolinie Rawki, Korzeń w dolinie Widawki, Świerczyna w dolinie Grabi oraz torfowisko Bartochów w dolinie Warty. W badanych profilach tych torfowisk dominują torfy niskie o różnej miąższości i składzie gatunkowym, ale spągowe części tworzą różne rodzaje gytii (Forysiak 2012), potwierdzając znaczenie lokalnych uwarunkowań dla rozpoczęcia akumulacji utworów biogenicznych i transformacji siedlisk jeziornych w bagienne.

W dużej reprezentacji torfowisk dolinnych bardzo ważne są torfowiska powstałe w dolinach wyłączonych z systemów rzecznych. Mogą być to fragmenty dolin odciętych przez procesy rzeczne, jak w przypadku torfowiska Ługi. Zajmuje ono część dna doliny, z przegłębieniami po korytach rzecznych (Forysiak 2012), opuszczonych przez Wartę na przełomie plenivistulianu i późnego vistulianu (Forysiak i in. 2023). Spągową część wypełnienia biogenicznego stanowią gytie, potwierdzające późnovistuliański etap jeziorny w tym zagłębieniu. Innym przykładem jest torfowisko Wilczków rozwinięte w dolinie stanowiącej element systemu pradoliny warszawko-berlińskiej. Dolina ta została na początku późnego vistulianu porzucona przez przepływ wód rzecznych Neru, ale dzięki wydajnemu zasilaniu gruntowemu uległa zatorfieniu już w allerødzie (Forysiak 2012; Płuciennik i in. 2015).

Torfowiska o położeniu wysoczyznowym mają również zróżnicowaną genezę form morfologicznych, w których występują (Forysiak 2012). Niewiele jest przykładów obiektów, które powstały w bezodpływowych zbiornikach o polodowcowej genezie, a więc uwarunkowanych przebiegiem procesów glacjalnych lub fluwioglacjalnych, ponieważ zbiorniki takie, obecne w krajobrazie postwarciańskim (Klatkowa 1990; Roman 2017), uległy niemal zupełnemu zanikowi w okresie vistulianu. Udokumentowano jednak kilka takich zbiorników, które zachowały się dzięki sprzyjają-



Rys. 2. Zestawienie faz i subfaz rozwojowych wioślarek w rdzeniach osadów biogenicznych wybranych torfowisk regionu łódzkiego, na tle faz klimatycznych późnego vistulianu i holocenu
(NSD – najstarszy dryas, BL – bølling, SD – starszy dryas, AL – allerød, MD – młodszy dryas, PB – okres preborealny, B – okres borealny, AT – okres atlantycki, SB – okres subborealny, SA – okres subatlantycki).
Kolorami zaznaczono podstawowe rodzaje badanych osadów: szary – piaski lub mułki z materiałem organicznym, żółty – gytie, zielony – torfy. Litera H oznacza hiatus w profilu

Summary of development phases of Cladocera in biogenic sediment cores of selected peatlands of the Łódź region, on the background of climatic phases of the Late Vistulian and Holocene
(NSD – the Oldest Dryas, , BL – Bølling, SD – Older Dryas, AL – Allerød, MD – Younger Dryas, PB – Preboreal, B – Borea, AT – Atlantic, SB – Subboreal, SA – Subatlantic).
Colours indicate basic types of sediments studied: grey – sands or silts with organic material, yellow – gyttja, green – peat. The letter H stands for hiatus in profile

cemu przebiegowi procesów peryglacjalnych i termokrasowych, oferując obecnie bardzo cenny materiał biogeniczny do badań. Jednym z takich obiektów jest misa torfowiska Żabieniec, gdzie wypełnienie osadami biogenicznymi ma około 12 m, obejmując czas od końca górnego plenivistulianu do współczesności. Tempo ich akumulacji było dość wyrównane, co daje możliwość wykonania reprezentatywnych analiz paleoekologicznych dla całego profilu (Twardy i in. 2010; Forysiak 2012). Zlewnia bezpośrednia i otoczenie tego torfowiska nie podlegało dynamicznym procesom geomorfologicznym, nawet w surowszych warunkach klimatycznych (Petera-Zganiacz i in. 2022), co także daje pewność niewielkiego wpływu czynników morfogenetycznych działających w zlewni zbiornika na siedliska funkcjonującego tam jeziora i torfowiska.

Ważną grupę stanowią torfowiska zajmujące kopalne obniżenia w rozległych, słabo drenowanych dolinach o poligenicznych założeniach, w których powstaniu znaczącą rolę odegrał etap formowania w warunkach peryglacjalnych. Takie obiekty udokumentowane zostały przede wszystkim w obrębie Kotliny Szczercowskiej, ale także w pradolinie warszawsko-berlińskiej. Obniżenia dolinne sięgać mogą swoją genezą schyłku zlodowacenia warty, kiedy formowany był system odwodnienia przedpola lądolodu. Następnie, już przed albo w czasie interglacjału eemskiego, zostały one wyłączone z systemu rzecznego, na przykład Napoleonów (Goździk 1974; Forysiak 2012) czy dolina Świętojanki (Goździk, Konecka-Betley 1992), a w warunkach klimatu peryglacjalnego w vistulianie stały się basenami dla sedymentacji osadów mineralnych, mineralno-organicznych, a w sprzyjających warunkach także lodu. W wyniku ocieplenia w późnym vistulianie i wytopieniu zagrzebanych warstw lodu, a następnie osiadania złożonego wcześniej zestawu warstw, obniżenia takie dały możliwość akumulacji utworów biogenicznych – jeziornych lub torfów (Goździk, Konecka-Betley 1992; Forysiak 2012). Przykładami takich obiektów mogą być Woźniki i Podwódka (Domińczak niepublikowane).

Torfowiska regionu łódzkiego oraz misy ich zagłębień wykazują duże zróżnicowanie warunków geomorfologicznych, były one kształtowane przez wiele procesów rzeźbotwórczych, w zróżnicowanych warunkach litologicznych. To w dużym stopniu wpłynęło na warunki hydrogeologiczne

kopalnych jezior i mokradeł, a także na powstanie odpowiednich warunków do funkcjonowania siedlisk roślinnych i życia organizmów zwierzęcych, co dzięki trwałemu procesowi akumulacji biogenicznej dało możliwość badania zapisu paleoekologicznego w nich zawartego.

Zapis zmian składu gatunkowego kopalnych wioślarek w wybranych torfowiskach regionu

W analizowanych opracowaniach paleoekologicznych dla większości stanowisk badania kopalnych wioślarek realizowane były zgodnie z powszechnie przyjętą, standardową metodyką (Frey 1986; por. Pawłowski 2010; Pawłowski i in. 2010, 2012, 2015, 2016). Obejmuje ona gotowanie 1 cm^3 osadu w 10% roztworze KOH, następnie mieszanie próbek na mieszadle magnetycznym oraz przepłukiwanie na sicie. Opcjonalnie, jeśli próba zawiera węglany, stosuje się roztwór kwasu solnego. Pozyskany w ten sposób materiał przenoszony jest do próbówek i barwiony safraniną, a z tak przygotowanych próbek wykonuje się preparaty (0,1 cm^3) i poddaje analizie mikroskopowej, stosując powiększenia x100, x200, x400. Identyfikację gatunków Cladocera opierano głównie na kluczu do oznaczania Cladocera według Szeroczyńskiej i Saemaja-Korjonen (2007). Współautorka niniejszej publikacji stosuje taką samą metodykę, z jedyną różnicą, polegającą na użyciu w preparatyce sit o innych wielkościach oczek – 38 µm, natomiast Pawłowski używał sit o wielkości oczek 50 µm (na przykład: Pawłowski 2010; Pawłowski i in. 2010, 2012, 2015, 2016). Kolejną różnicą jest oczywiście stosowanie innej rozdzielczości poboru próbek w prowadzonych analizach. W podjętych na nowo analizach stosuje się rozdzielczość 1 cm, natomiast w opracowaniach Pawłowskiego stosowana jest zmienna rozdzielczość od 4 cm do kilkunastu cm (tab. 1). Niejednokrotnie rozdzielczość poboru prób również różni się w obrębie jednego profilu, co prawdopodobnie wynikało z ograniczonej dostępności lub jakości materiału czy też z priorytetów danego opracowania.

Wiodącym dla analiz kopalnych wioślarek w regionie jest profil Żabieniec. Analizą Cladocera objęty został cały rdzeń osadów Z-2 o miąższości 16 metrów, obejmujący wiekowo okres od końca górnego plenivistulianu do współczesności (rys. 2). Próbki pobierano z rozdzielczością 10 cm i na postawie zmienności składu gatunkowego i frekwencji Cladocera wydzielonych zostało pięć faz rozwoju zbiornika (Pawłowski 2010). Zidentyfikowano 29 gatunków należących do pięciu rodzin (Bosminidae, Daphnidae, Sididae, Chydoroidae). Faza I to inicjalny okres rozwoju zbiornika, gdzie początkowo dominowały gatunki litoralne (na przykład: *Chydorus sphaericus, Coronatella rectangula, Alona affinis, Acroperus harpae*), a pod koniec fazy wzrósł udział gatunków planktonowych. Faza I korelowana jest z górnym plenivistulianem i starszą częścią najstarszego dryasu. Faza II charakteryzowała się bujnym rozwojem wioślarek przy dominacji form planktonowych głównie z rodziny Bosminidae; faza ta korelowana jest z początkiem późnego glacjału. Faza III wyróżnia się dużymi zmianami w udziale form planktonowych oraz litoralnych, początkowo zauważalna była znacząca redukcja udziału gatunków planktonowych i dominacja gatunku *Chydorus sphaericus*. W drugiej części fazy III nastąpił stopniowy wzrost udziału gatunków planktonowych, a pod koniec tej fazy nastąpił ogólny spadek ilości gatunków oraz frekwencji Cladocera. Fazę III związano ze straszym dryasem, allerødem i młodszym dryasem. Faza IV reprezentuje okres największego zróżnicowania form wioślarek. Charakteryzuje się początkowym wzrostem udziału form planktonowych, a następnie przewagą form litoralnych. W fazie tej, wiązanej z wczesnym i środkowym holocenem, zauważalny jest także ogólny spadek ilości gatunków wioślarek. Faza V to okres związany z pogarszającymi się warunkami dla rozwoju Cladocera, cechuje się ona dominacją gatunków litoralnych, następnie spadkiem liczebności osobników i gatunków, aż wreszcie zupełnym zanikiem występowania Cladocera. W ostatniej podfazie fazy V pojawiają się nielicznie reprezentowane gatunki, takie jak: *Alona guttata, Alonella exigua, Alonella excisa, Chydorus sphaericus* oraz *Bosmina longirostris* (Pawłowski 2010); faza ta korelowana jest z okresami subborealnym i subatlantyckim.

Spośród torfowisk położonych w dolinach do bliższej prezentacji wybrano kilka. Dla torfowiska Ługi przeanalizowany został rdzeń Ł-1 (o długości 300 cm) z rozdzielczością 5 cm obejmujący wiekowo okres od najstarszego dryasu do środkowego holocenu (Forysiak i in. 2023). Wyznaczonych zostało siedem faz rozwoju Cladocera (LCAZ). Wyróżniono szczątki 20 gatunków Cladocera należących do czterech rodzin: Bosminidae, Daphniidae, Sididae i Chydoridae. Inicjalna faza (LCAZ I) rozwoju zbiornika miała miejsce w najstarszym dryasie, gdzie dominował *Chydorus sphaericus*. Faza LCAZ II to okres stopnio-

wego wzrostu liczby gatunków Cladocera, wśród których nadal dominowały gatunki litoralne; faza ta prawdopodobnie związana jest z bøllingiem (Forysiak i in. 2023). Zbiornik posiadał strefę otwartej toni wodnej, na co wskazuje obecność planktonicznych gatunków z rodziny Daphniidae. Faza III (LCAZ III) związana jest ze znaczącym wzrostem ilości gatunków i frekwencji Cladocera, dominują gatunki litoralne, natomiast gatunki planktonowe zanikają. Na początku fazy obecne są gatunki preferujące cieplejsze wody, następnie zanikają one i dominantami stają się gatunki dobrze znoszące stres środowiskowy, takie jak *Alona affinis* i *Chydorus sphaericus*. Owe zmiany mogą sugerować zimny okres jakim jest starszy dryas, a następnie przejście w allerød (pod koniec fazy III), gdyż widoczny jest wzrost liczebności Cladocera i pojawiają się ponownie gatunki ciepłolubne. Faza LCAZ IV odpowiada wiekowo przejściu z allerødu w młodszy dryas, gdzie widoczny jest znaczący wzrost frekwencji osobników Cladocera oraz pojawiają się gatunki planktoniczne z rodziny Bosminidae i Daphniidae. W końcowym etapie fazy IV frekwencja osobników Cladocera spada, co wskazuje na mniej korzystne warunki środowiskowe. Faza V (LCAZ V) korelowana jest z przejściem z młodszego dryasu w holocen. Początek holocenu charakteryzuje się wciąż dość wysoką frekwencją wioślarek. Wzrasta frekwencja gatunków litoralnych oraz nadal występują gatunki planktonowe. W fazie LCAZ VI warunki dla rozwoju Cladocera stają się niekorzystne, obecne są gatunki tolerujące niskie pH i wysoką gęstość makrofitów. W fazie LCAZ VII występuje najniższa frekwencja gatunków Cladocera, sporadycznie pojawiają się gatunki takie jak: *Alona affinis, Alona guttata* i *Chydorus sphaericus.*

Na torfowisku Kopanicha pobrano rdzeń Kop-1, zaś do analizy subfosylnej fauny Cladocera wykorzystano odcinek o miąższości 380 cm, wiekowo odpowiadający okresom od atlantyckiego do subatlantyckiego (Pawłowski 2012). Próbki do analizy pobrano z rozdzielczością 5 cm. Zidentyfikowanych zostało 15 gatunków wioślarek, należących do trzech rodzin (Bosminidae, Chydoridae i Sididae). Wydzielonych zostało pięć faz rozwoju Cladocera, które rozdzielają warstwy, gdzie wioślarki nie występowały. Wioślarki nie występowały w spągowej warstwie rdzenia (380––350 cm), co prawdopodobnie spowodowane było ciągłym wpływem wód rzeki Rawka (Pawłowski 2012). Faza I (KI I) to etap kolonizacji zbiornika przez wioślarki, zbiornik był wtedy bardzo płytki i dominowały w nim gatunki litoralne. Warunki dla rozwoju Cladocera były bardzo korzystne, występowała duża różnorodność gatunkowa i wysoka, jak na inicjalną fazę zbiornika, frekwencja osobników. Faza Kl II korelowana jest z etapem zarastania starorzecza, dominują w niej gatunki związane z roślinnością oraz tolerujące niższe pH. Zbiornik w tym czasie był bardzo płytki i funkcjonował tylko przez krótki czas (Pawłowski 2012). Ponowne pojawienie się wioślarek nastąpiło w fazie Kl III. Występowały wówczas gatunki litoralne, najbardziej odporne na niekorzystne warunki i gatunki z grupy Pleuroxus, czyli sugerujące ciepłe warunki klimatyczne. W początkowej fazie IV (Kl IV) przypadającej na początek okresu subborealnego ponownie pojawiły się wioślarki, co związane było prawdopodobnie z wyższym poziomem wód gruntowych zasilających zbiornik (Pawłowski 2012). Występuje tu najwyższa frekwencja osobników wioślarek w całym profilu. Ponowne pojawienie się wioślarek w fazie Kl V korelowane jest z okresem subatlantyckim. Występowały tu trzy gatunki wioślarek żyjących wśród roślinności i tolerujących niskie pH.

Torfowisko Korzeń wykazuje podobne warunki geomorfologiczne jak Kopanicha. Profil osadów z tego stanowiska (Kr-1) datowany jest na późny vistulian i górny holocen. Analizie poddany został rdzeń osadów o długości 200 cm, zaś próbki do analizy Cladocera pobrane zostały w rozdzielczości 5 cm. Zidentyfikowanych zostało 16 gatunków Cladocera, trzy rodziny (Bosminidae, Chydoridae i Sididae), a zmienność składu gatunkowego i frekwencji osobników pozwoliły na wydzielenie IV faz rozwoju wioślarek. W spągowej części rdzenia nie występowały szczątki Cladocera, pojawiają się one na głębokości około 195 cm. Faza I (Kr I) charakteryzuje się występowaniem sześciu gatunków, w tym jednego planktonicznego. Wiekowo odpowiada przejściu z bøllingu w starszy dryas. W następnej fazie – Kr II pojawia się dziesięć gatunków, a wśród nich największą rolę odgrywają gatunki litoralne. Faza ta podzielona jest na trzy podfazy (Kr II a, b, c). Podfaza Kr II a rozpoczyna się w starszym dryasie i kończy na początku młodszego dryasu. Natomiast podfazy Kr II a i b korelowane są z młodszym dryasem, dominują tu gatunki zimnolubne, takie jak *Chydorus sphaericus, Alona affinis* i *Eurycercus lamellatus*. Na początku holocenu (faza Kr III) doszło do zróżnicowania składu oraz frekwencji występowania wioślarek, występowały wyłącznie gatunki litoralne. W fazie Kr IV nastąpił spadek ilości gatunków Cladocera, a wiodącą rolę odgrywają gatunki litoralne, zaś dominantem jest *Alonella excisa*. Od głębokości 45 cm wioślarki zanikają (Forysiak 2012).

W dolnym odcinku doliny rzeki Ner funkcjonuje kilka mokradeł. Do analiz pobrano profil opisany jako Ner-Zawada (NZ-1) o miąższości 475 cm, a utwory biogeniczne deponowane były od allerødu do holocenu, co doprecyzowane zostało dzięki analizie palinologicznej (Forysiak i in. 2009; Forysiak 2012). Rdzeń poddany został analizie Cladocera, dzięki której wyróżniono cztery fazy rozwoju zbiornika. Rozpoznane zostały 23 gatunki Cladocera, należące do czterech rodzin (Daphniidae, Bosminidae, Chydoridae i Sididae). W inicjalnej fazie (I) rozwoju zbiornika przypadającej na allerød występowało jedynie kilka gatunków litoralnych, a gatunki planktonowe występowały sporadycznie. Był to okres niekorzystnych warunków dla rozwoju wioślarek. Faza II charakteryzuje się znaczącą poprawą warunków dla rozwoju Cladocera. Przypada ona na schyłek allerødu i przejście z młodszego dryasu w preboreał. Rozpoznano 19 gatunków wioślarek, dominowały gatunki planktonowe. Zbiornik w tym czasie był stosunkowo płytki, lecz miał dobrze wykształconą strefę litoralną. Na początku fazy III następuje spadek udziału gatunków planktonowych i wzrost udziału gatunków litoralnych. Taka zmiana sugeruje spadek poziomu wody w zbiorniku i niekorzystne warunki dla rozwoju wioślarek. W ostatniej fazie (IV) zidentyfikowany został tylko *Chydorus sphaericus*, który charakteryzuje się wysoką odpornością na zmiany środowiskowe (Fryer 1968). Prawdopodobnie w tym czasie nastąpiła wzmożona aktywność człowieka związana z eksploatacją torfu i osuszaniem okolicznych terenów.

Ważnym przykładem wśród badanych torfowisk jest rozległe mokradło Bęczkowice. W jego środkowej części pobrany został rdzeń osadów biogenicznych (BE-1), wiekowo obejmujący okres od bøllingu do holocenu. Analizie kopalnych Cladocera poddany został odcinek od 80 cm do 300 cm, próbki pobrane zostały z rozdzielczością 10 cm (Płóciennik i in. 2021). Zidentyfikowanych zostało 11 gatunków wioślarek należących do rodziny Chydoridae. Wyznaczone zostały cztery fazy rozwoju rozwoju zbiornika. Faza I (CL 1) charakteryzuje się niską różnorodnością Cladocera i dominacją eurytopowego gatunku – – *Chydorus sphaericus* (Rybak, Błędzki 2010). Wskazuje to na niekorzystne warunki dla rozwoju zooplanktonu (Płóciennik i in. 2021). W fazie CL 2 wzrasta liczba występujących gatunków wioślarek, co można łączyć z rozwojem roślinności, co z kolei pozwoliło na rozwój gatunków związanych z makrofitami (Płóciennik i in. 2021). Faza III (CL 3) odznacza się systematycznym spadkiem liczebności gatunków Cladocera, dominantami są *Alona affinis* oraz *Chydorus sphaericus*. Spadek różnorodności gatunkowej może być korelowany z obniżeniem poziomu wody i fazami dostarczania osadów do torfowiska (Pawłowski i in. 2015a, b; 2016). W fazie CL 4 występują tylko dwa gatunki, które dominowały w fazie wcześniejszej (*Alona affinis, Chydorus sphaericus*). Niska różnorodność i frekwencja Cladocera sugeruje niekorzystne warunki, do czego prawdopodobnie przyczyniło się okresowe osuszanie torfowiska (Płóciennik i in. 2021).

Torfowisko Wilczków powstało w dolinie odciętej od aktywnego systemu rzecznego Neru i Warty, a o jego rozwoju decydowało zasilanie wodami gruntowymi (Forysiak 2012). Profil WIL-1 o miąższości 500 cm wiekowo odpowiada okresowi od allerødu do subatlantyku. Do analizy Cladocera próbki pobrano z rozdzielczością 5 cm. Wyróżnione zostały cztery etapy rozwoju zbiornika. Faza (X1) związana jest z występowaniem form litoralnych. Występują tu głównie gatunki związane z roślinnością wodną (*Camptocercus rectirostris*) i odporne na niekorzystne warunki, takie jak pH do 3,9 (Rybak, Błędzki 2010) (*Eurycercus lamellatus*) oraz niskie temperatury (*Acroperus harpae)*. Frekwencja osobników w tej fazie jest największa w całym profilu i miała miejsce sedentacja torfu mszystego oraz turzycowo-mszystego w allerødzie i przejściu z młodszego dryasu w holocen. Kolejny etap (Y1) powiązany jest ze zmianą warunków ekologicznych na torfowisku na początku holocenu. Frekwencja wioślarek znacznie spada, a w próbkach z głębokości 380––310 cm oraz 290–260 cm zanikają one całkowicie, co wskazuje na spadek poziomu wody w mokradle. Kolejny etap (Y2) wiązany jest z holocenem, charakteryzował się stosunkowym wzrostem liczebności wioślarek. Pojawiły się gatunki związane z roślinnością wodną, ale poziom wody w takim lokalnym zbiorniku nadal pozostawał niski. Kolejny etap rozwoju (X2), powiązany z przejściem z okresu atlantyckiego do subborealnego, zaznaczył się wzrostem frekwencji i różnorodności gatunkowej Cladocera, nastąpił wzrost poziomu wody w mokradle i zapanowały w tym czasie optymalne warunki dla rozwoju wioślarek (Płóciennik i in. 2015).

Kolejne przykładowe profile prezentują badania wykonane w torfowiskach doliny Grabi. W położonym w dolnym jej odcinku torfowisku Świerczyna analizą Cladocera objęty został rdzeń o miąższości 340 cm, wiekowo obejmujący młodszy dryas i wczesny holocen. Wyznaczonych zo-

stało siedem faz rozwoju wioślarek, zaś próbki pobierane były z rozdzielczością 4 cm (Pawłowski i in. 2015). Zidentyfikowanych zostało 13 gatunków Cladocera, należących do trzech rodzin: Bosminidae, Daphnidae i Chydoridae. Na głębokości 340–330 cm nie występowały szczątki Cladocera. Faza I (CL 1) charakteryzuje się dominacją gatunków pelagicznych (70%). Wśród gatunków litoralnych dominują gatunki z grupy *arctic species*, wszystko to wskazuje na wysoki poziom wody w zbiorniku, a także zimne warunki wodne. W fazie CL 2 następuje wzrostu udziału taksonów litoralnych, a także wahania liczebności gatunków planktonowych, które spowodowane były najprawdopodobniej zmianami poziomu wody w zbiorniku. Faza CL 3 charakteryzuje się wzrostem występowania gatunków związanych z makrofitami/osadami. Dominują gatunki takie jak: *Chydorus sphaericus* i *Alona affinis* oraz *Acroperus harpae*. Występowanie gatunków planktonowych waha się od 0% do 40%, co dowodzi zmian poziomu wody oraz jej niski poziom. W fazie CL 4 następuje spadek frekwencji Cladocera. Podzielona została na dwie podstrefy, gdzie początkowo występowały formy pelagiczne, świadczące o występowaniu strefy otwartej wody, następne próbki świadczą o tym, że poziom wody mógł sukcesywnie się obniżać i przyspieszyć zarastanie powierzchni jeziora, na co wskazuje dominacja gatunków litoralnych. W fazie V (CL 5) następuje tymczasowy wzrost poziomu wody w torfowisku, o czym świadczy między innymi występowanie gatunków *Pleuroxus*, *Alona affinis*, *Chydorus sphaericus*, *Pleuroxus uncinatus* oraz *Alona guttata*. Faza ta charakteryzuje się naprzemiennym zanikiem i pojawianiem się gatunków Cladocera. Faza VI (CL 6) charakteryzuje się gwałtownym wzrostem frekwencji i różnorodności gatunkowej wioślarek. Pojawiają się także gatunki planktonowe z rodziny Bosminidae. Obecność taksonów takich jak *Alonella excisa, Alona guttata* wskazuje na niskie pH. W ostatniej fazie – CL 7 frekwencja wioślarek spada, a także następuje czasowy zanik występowania Cladocera. Występują gatunki litoralne, odporne na niekorzystne warunki, a także niskie pH (*Alonella excisa, Acroperus harpae, Chydorus sphaericus*).

Torfowisko Pawłowa leży w dość rozległym basenowatym obniżeniu w źródłowym odcinku Grabi. Uzyskany tam rdzeń osadów o miąższości 450 cm wiekowo obejmował okres od najstarszego dryasu do subatlantyku i opróbowany został z 4-centymetrową rozdzielczością. Zidentyfikowanych zostało 20 gatunków Cladocera, należących do czterech rodzin: Bosminidae, Daphniidae, Sididae oraz Chydoridae. Na podstawie zmienności składu gatunkowego i frekwencji wioślarek wyznaczono osiem faz rozwoju. Faza I (Cl 1) korelowana z najstarszym dryasem lub nawet późnym plenivistulianem (Pawłowski 2016) charakteryzowała się niską frekwencją i różnorodnością gatunkową, dominowały w niej taksony związane z makrofitami i osadami dennymi, a gatunki pelagiczne reprezentowane były jedynie przez *Bosmina coregoni*. Faza Cl 2 to czas wzmożonego rozwoju liczebności i ilości gatunków Cladocera. Wiekowo odpowiada przejściu z bøllingu w starszy dryas oraz początkowi allerødu. Faza III (Cl 3) podzielona została na cztery podfazy (a, b, c, d). Obejmuje wiekowo przejście z młodszego dryasu w allerød. Charakteryzuje się dalszym wzrostem rozwoju wioślarek w zbiorniku, zaś udział gatunków pelagicznych waha się od 0% do 40%, co wskazuje na fluktuacje w poziomie wody w zbiorniku. Cl 4 obejmuje schyłek młodszego dryasu oraz przejście z preboreału w boreał. Faza ta podzielona jest na dwie podfazy (a, b). Występują wahania we frekwencji i w różnorodności gatunkowej wioślarek; gatunki planktoniczne występują w zakresie 0–10%, zanika także występowanie *Daphnia pulex*. Faza V (Cl 5) to znaczący spadek frekwencji i liczby gatunków Cladocera do 500 osobników/cm^3 oraz dwóch dominujących gatunków: *Alona affinis* oraz *Chydorus sphaericus*. Faza ta korelowana jest ze schyłkiem boreału. Cl 6 odpowiada wiekowo okresowi atlantyckiemu, odznacza się dalszą dominacją *Alona affinis* oraz *Chydorus sphaericus* oraz sporadycznym występowaniem trzech gatunków: *Alonella excisa*, *Alona guttata* i *Coronatella rectangula*. W fazie VII (Cl 7) występował tylko *Chydorus sphaericus*, natomiast w fazie VIII (Cl 8) pojawiają się gatunki związane z makrofitami. Obie te fazy odpowiadają wiekowo okresowi subborealnemu i subatlantyckiemu.

Dyskusja

Położenie analizowanych torfowisk w środkowej Polsce w pasie rzeźby terenu formowanej od czasu ostatniego na tym terenie lądolodu (podczas zimnego piętra warty – zlodowacenia odry; Turkowska 2006) mogłoby sugerować zbliżone warunki kształtowania mis torfowisk. Jednak analiza tych obiektów wykazała znaczne rozbieżności w ich morfogenezie (Forysiak 2012). Zróżnicowane warunki geomorfologiczne przedstawionych torfowisk regionu łódzkiego wynikają przede wszystkim z odmiennego przebiegu zdarzeń geomorfo-

logicznych i paleogeograficznych. To powoduje, że zróżnicowane parametry morfologiczne oraz litologiczne mis torfowisk i ich zlewni wpłynęły na odmienne warunki siedliskowe w wielu analizowanych stanowiskach. Wśród zbadanych mokradeł znajdują się zarówno torfowiska limnogeniczne, jak i paludyfikacyjne. Badane torfowiska cechują się dobrym zapisem zmian w późnym vistulianie i początku holocenu. Jednak wyraźniejsze zróżnicowanie warunków zasilania w holocenie, skutkujące często brakiem ciągłości akumulacji utworów biogenicznych, jak też zły stan zachowania górnych odcinków badanych rdzeni, wpłynęły na ograniczenie podjętej analizy do wspomnianego powyżej przedziału czasu.

Początek późnego vistulianu, który w regionie łódzkim utożsamiany jest z najstarszym dryasem (Dzieduszyńska, Forysiak 2018), udokumentowano w kilku stanowiskach regionu, ale analizami kopalnych wioślarek objęto osady zdeponowane w tym czasie w profilach w Żabieńcu, Rąbieniu, Ługach i Pawłowej. Najlepiej rozbudowany jest profil z Żabieńca zawierający około 2 m osadów jeziornych przypisanych do pierwszej i drugiej fazy rozwoju wioślarek, zaś wśród szczątków dominują gatunki litoralne, ale okresowo suma gatunków planktonicznych sięga 40% (Pawłowski 2010). Należy jednak wziąć pod uwagę, że w tym profilu spąg osadów zaliczonych do fazy I zalega na głębokości prawie 13 m od dzisiejszej powierzchni torfowiska, a jednocześnie można przyjmować taką właśnie lub zbliżoną maksymalną głębokość jeziora. W profilu Ługi powstała wówczas inicjalna warstwa osadów jeziornych, a w wyróżnionej fazie I Cladocera dominował *Chydorus sphaericus* (Forysiak i in. 2023). Jednak ówczesny zbiornik mógł mieć maksymalnie około 3 m głębokości, co z pewnością miało wpływ na możliwość zasiedlenia przez gatunki litoralne. W osadach jeziornych w stanowisku Pawłowa ze schyłku najstarszego dryasu stwierdzono kilka gatunków wioślarek (Pawłowski i in. 2016), jednak zbiornik jeziorny mógł być tam głębszy niż w Ługach.

W bøllingu, w wyniku wyraźnego ocieplenia, w środkowej Polsce degradacji podlegała wieloletnia zmarzlina (Goździk, Konecka-Betley 1992; Manikowska 1995), przyczyniając się do odtworzenia zasilania gruntowego, dającego dobre warunki dla funkcjonowania jezior i rozwoju torfowisk, zwłaszcza w dolinach rzecznych (Forysiak 2012). Duża aktywność procesów rzecznych, prowadzących do rozcinania den dolinnych i rozwój systemu meandrowego, stwarzała z kolei możliwości powstawania nowych obniżeń jako basenów sedymentacji osadów biogenicznych. Okres ocieplenia bølling stanowił czas pełniejszego rozwoju organizmów zasiedlających zbiorniki jeziorne i mokradła, siedliska te były kolonizowane także przez nowe gatunki wioślarek. W kilku wspomnianych wyżej stanowiskach doszło do wyraźnego wzrostu liczebności gatunków i stwierdzonych osobników. W Żabieńcu kończyła się już wówczas faza II ich rozwoju, z dominacją gatunków planktonicznych, a wyróżniona następna faza IIIa wskazuje znaczący wzrost frekwencji form litoralnych (Pawłowski 2010). W stanowisku Pawłowa, gdzie ten okres zaliczono również do drugiej fazy rozwoju wioślarek, zapisany jest on w cienkiej warstwie gytii i dominują w niej gatunki związane z makrofitami, podobnie jak w starszej fazie (Pawłowski i in. 2016). W Ługach z bøllingiem związana jest także druga faza rozwoju wioślarek, z dominacją gatunków planktonowych. W kolejnych stanowiskach w tym czasie rozpoczyna się akumulacja osadów jeziornych, tak jak w stanowisku Ner-Zawada, gdzie w inicjalnej fazie rozwoju wioślarek występowało kilka gatunków litoralnych, zaś gatunki planktonowe pojawiały się sporadycznie (Forysiak i in. 2010). W stanowisku Bęczkowice także zaczyna się akumulacja biogeniczna, ale związana jest ona z zabagnieniem rozległego dna doliny Luciąży, gdzie warunki dla rozwoju wioślarek nie były zbyt korzystne (Płóciennik i in. 2021). Tak przedstawione przykłady stanowisk wykazują, że w zbliżonych warunkach klimatycznych o odmiennym składzie gatunkowym wioślarek w tych profilach decydowały lokalne warunki siedliskowe, zależne od czynników, które wpłynęły na cechy geomorfologiczne omawianych zbiorników, ale także sposób zasilania i parametry hydrologiczne ówczesnych jezior i torfowisk.

Ochłodzenie starszego dryasu udokumentowane jest w regionie łódzkim zarówno w osadach jeziorno-torfowiskowych, jak i eolicznych (Forysiak 2012). W dotychczas opracowanych profilach wioślarek nie wyróżnia się ono w sposób znaczący, co wynikać może z krótkiego czasu trwania tej fazy paleoklimatycznej i na ogół cienkich warstw osadów wówczas odłożonych. W profilach o niskiej rozdzielczości udokumentowanie takich krótkotrwałych zmian klimatycznych jest praktycznie niemożliwe. Jedynie stosunkowa wysoka rozdzielczość analizy, tak jak w profilu Pawłowa, pozwala wykazać wpływ ochłodzenia na skład gatunkowy wioślarek (Pawłowski i in. 2016). Aby jednak wykazać, czy ta krótkotrwała

faza chłodna miała odbicie w składzie gatunkowym wioślarek i jak wyglądała sekwencja wkraczania lub zaniku poszczególnych gatunków, niezbędne są badania o jeszcze większej, najlepiej jednocentymetrowej rozdzielczości, takie jak podjęto dla nowego rdzenia ze stanowiska Żabieniec (Rudna i in. 2023).

Ocieplenie podczas allerødu w wielu profilach analiz kopalnych wioślarek zaliczane jest generalnie do stosunkowo długotrwałych faz zasiedlania i ich obecności w zbiornikach. Odcinek tego ocieplenia łączony jest wspólnie z wcześniejszym okresem, tak jak w stanowisku Żabieniec, gdzie w obrębie fazy III ujęto sekwencję trwającą powyżej 3000 lat (Pawłowski 2010). Podobnie jest w stanowisku Ługi, gdzie faza trzecia obejmuje starszy dryas i allerød, ale w stanowisku Korzeń połączona jest wraz z kolejnym ochłodzeniem – młodszego dryasu (Pawłowski 2012). W profilu Ner-Zawada inicjalna faza rozwoju Cladocera w całości mieści się w allerødzie (Forysiak i in. 2010). W części z wymienionych stanowisk jest to podyktowane rzeczywiście niewielką odrębnością zapisu allerødu, lecz może to jednak wynikać także z braku możliwości precyzyjniejszego wskazania przejść między ciepłym allerødem i chłodniejszymi okresami, które ogranicza zbyt mała rozdzielczość badań. Problem ten częściowo rozwiązany jest przez wydzielanie podfaz. W profilu Żabieniec wyraźny, ale krótkotrwały wzrost udziału gatunków planktonicznych, gdzie umieszczono granicę między podfazą IIIa i IIIb może wskazywać pozycję starszego dryasu i początku allerødu (Pawłowski 2010). Jednak brak wystarczającej precyzji datowania nie daje możliwości dokładniejszego odniesienia tego epizodu do schematu stratygraficznego; może to być jednak także efekt zmian wilgotnościowych w tym właśnie czasie. W profilu Pawłowa przejście z allerødu w młodszy dryas jest bardzo wyraźnie zaznaczone zanikiem wcześniej dokumentowanych gatunków i niemal pełną dominacją *Coronatella rectangulata* (Pawłowski i in. 2018).

Ochłodzenie młodszego dryasu wyraźnie zapisane jest na stanowisku Żabieniec, gdzie następuje gwałtowny spadek frekwencji i ilości gatunków Cladocera. Dominują gatunki litoralne i zimnotolerancyjne (*Alonella nana, Alona affinis, Chydorus sphaericus*). W trakcie młodszego dryasu na stanowisku Ługi nastąpiło przekształcenie w torfowisko, co widoczne jest w składzie gatunkowym wioślarek. Skład gatunkowy na obu stanowiskach jest dość podobny. Natomiast torfowisko Korzeń w tym czasie charakteryzuje się w swojej inicjalnej fazie rozwoju znacznie niższym bogactwem gatunkowym, jednak również pojawiają się zarówno gatunki planktonowe, jak i litoralne, które zdecydowanie dominują. W przeciwieństwie do stanowisk Ługi i Żabieniec przejście od zapisu późnego vistulianu do holocenu w torfowisku Korzeń odznacza się zanikiem gatunków planktonowych i występowaniem tylko kilku gatunków litoralnych, głównie odpornych na niekorzystne warunki środowiskowe.

Przejście z młodszego dryasu w holocen jest wyraźnie zaznaczone w większości stanowisk. W torfowisku Żabieniec objawia się ona szybkim wzrostem liczby gatunków i form planktonicznych oraz pojawieniem się form ciepłolubnych. Przejście to podobnie wygląda w torfowisku Ługi. Jest to tendencja szeroko opisywana na wielu stanowiskach w całej Polsce (Szeroczyńska, Zawisza 2007; Pawłowski 2010). W przeciwieństwie do stanowisk Ługi i Żabieniec przejście w holocen w torfowisku Korzeń odznacza się zanikiem gatunków planktonowych i występowaniem tylko kilku gatunków litoralnych, głównie odpornych na niekorzystne warunki środowiskowe.

Brak synchroniczności zmian siedliskowych w misach torfowisk sugeruje, że globalne zmiany klimatyczne nie były decydującym czynnikiem dla zaniku otwartej toni wody w jeziorach i wkraczania zbiorowisk telmatycznych. Ważniejszą rolę odgrywać mogły lokalne zmiany hydrologiczne – wydajności i reżimu zasilania tych pierwotnych jezior, ale też procesy geomorfologiczne – głównie rzeczne, ale też eoliczne czy stokowe, które wpływały na zmiany położenia poziomów wodonośnych, zasilających zbiorniki. Współczesne różnice klimatyczne, a prawdopodobnie także w późnym vistulanie na obszarze obejmującym badane torfowiska, są i były na tyle nieznaczne, że nie mogą uzasadnić tak wyraźnych różnic w zasiedleniu mokradeł przez Cladocera. Wobec tego wynikać muszą one z różnic siedliskowych, a te mogły być spowodowane przez różne drogi zasilania wodami. W mokradłach gdzie było możliwe zasilanie wodami gruntowymi, na przykład Ner-Zawada, Świerczyna czy Pawłowa, uzasadniony jest udział gatunków zimnolubnych, gdyż wody gruntowe cechowały się relatywnie niższymi temperaturami. A z kolei zbiornik jeziorny, który znajdował się w późnym vistulianie w Żabieńcu, miał prawdopodobnie głównie zasilanie opadowe, więc i temperatury wody mogły być relatywnie wyższe w tym samym czasie niż w innych obiektach, zwłaszcza w sezonach letnich. Innym elementem, którego wpływ na warunki siedliskowe także mógł być istotny, są warunki geologiczne zlewni mokradeł. Przejawiać

się one mogły w nieco innym składzie chemicznym materiału mineralnego, jaki dostawał się wraz z wodą do mis mokradeł i modyfikował warunki siedliskowe (Okupny 2023). Z kolei cechy geomorfologiczne obszaru mokradeł i ich otoczenia wpływać mogły nie tylko na warunki zasilania wodnego, także jego stabilność i możliwości akumulacji materiału biogenicznego, ale też aktywność procesów morfologicznych, zwłaszcza w chłodniejszych fazach późnego vistulianu. To wpływało na wielkość i rozkład materiału mineralnego, jaki doprowadzany był do obniżeń przez procesy stokowe, eoliczne lub rzeczne.

Wobec powyżej sformułowanych stwierdzeń uznać należy, że jedynie wysokorozdzielcze analizy Cladocera i ich precyzyjne odniesienie do wieku osadów, a następnie do rekonstruowanych na danym terenie zmian klimatycznych, da możliwość oddzielenia przejawów fluktuacji klimatycznych (termicznych i opadowych) od zmian lokalnych warunków siedliskowych dla wioślarek. Niezbędne jest także wykonanie analizy palinologicznej osadów w podobnej rozdzielczości, dającej możliwości precyzyjnego odnoszenia się do zmian szaty roślinnej. Zastosowanie również innych analiz paleoekologicznych z pewnością umożliwi wielowskaźnikowe interpretacje. Porównanie rekonstrukcji składu gatunkowego Cladocera ze stanowisk o odmiennych cechach geomorfologicznych, geologicznych i siedliskowych pozwoli udokumentować różne reakcje zbiorowisk wioślarek żyjących w tych samych warunkach klimatycznych, zwłaszcza w okresach gwałtownych zmian klimatycznych (termiczno-wilgotnościowych), kiedy te regionalne zmiany mają takie same tendencje i zakresy. Dzięki takiemu podejściu możliwe będzie także stworzenie precyzyjnych modeli zmian w składzie gatunkowym Cladocera, które rozwijały się w różnych siedliskach, a także znalezienie prawidłowości w składzie gatunkowym wioślarek, które są charakterystyczne dla danego obszaru – w tym przypadku regionu łódzkiego. Takie modele istnieją dla analiz palinologicznych i kopalnych Chironomidae i zostały zastosowane dla stanowisk z regionu łódzkiego (na przykład Płóciennik i in. 2015, 2021), dlatego wydaje się właściwe podjęcie takich prób dla kopalnych Cladocera.

Wnioski

Torfowiska regionu łódzkiego wykazują znaczne zróżnicowanie genetyczne kopalnych obniżeń w jakich powstały. Wynika to głównie z różnic w rodzaju i przebiegu procesów geomorfologicznych jakie je uformowały, ale też różnego rozwoju paleogeograficznego tych miejsc. Dominują torfowiska położone w dolinach, choć wśród nich także zaznacza się zróżnicowanie pod względem wielkości, miąższości osadów biogenicznych i przebiegu procesów zabagniania. Znacznie mniej jest mokradeł położonych w obrębie wysoczyzn, a ich misy mogły być kształtowane pierwotnie przez procesy lodowcowe, a następnie modyfikowane zarówno przez procesy peryglacjalne, jak i stokowe czy eoliczne.

Zróżnicowanie geomorfologiczne i geologiczne badanych mokradeł, wpływając na różne warunki wilgotnościowe i sposoby zasilania mis torfowisk wodami, kształtowały warunki siedliskowe określające możliwości zasiedlania paleojezior i mokradeł przez organizmy roślinne i zwierzęce.

Osady biogeniczne w torfowiskach regionu łódzkiego reprezentowane są przez gytie i torfy o różnych rodzajach i miąższości warstw. Najstarsze warstwy sięgają przełomu plenivistulianu i późnego vistulianu, następne reprezentują kolejne fazy klimatyczne późnego vistulianu oraz holocenu do współczesności. Jednak formowanie różnych typów gytii, jako efekt funkcjonowania jezior, transformacja jezior w torfowiska czy powstawanie różnych typów torfów nie było synchroniczne w badanych stanowiskach. Wynikało to bowiem przede wszystkim z różnych warunków siedliskowych i geomorfologicznych, a w minimalnym stopniu ze zmian klimatycznych.

Wymienione warunki wpływały na zasiedlanie mokradeł i paleojezior przez organizmy zwierzęce, między innymi wioślarki, których szczątki były analizowane w prezentowanych stanowiskach regionu łódzkiego. Stwierdzono znaczne zróżnicowanie składu gatunkowego, jak i liczebności osobników w badanych rdzeniach osadów. Wyróżnione w poszczególnych profilach fazy rozwojowe zgrupowań Cladocera wykazują silne związki z lokalnymi warunkami siedliskowymi, zaś stosowane w paleoekologii vistulianu i holocenu fazy klimatyczne nie znajdują klarownego odbicia w stratygrafii kopalnych wioślarek.

Region łódzki pod względem rozpoznania historii zasiedlenia i zmienności gatunkowej wioślarek można uznać za dobrze rozpoznany. Jednak pomimo tego, rozdzielczość opracowanych profili jest w większości stanowisk zbyt niska, aby móc wnioskować o krótkotrwałych zmianach warunków czy szybkości reakcji tych organizmów na zmiany środowiskowe, w tym także na zmiany klimatyczne.

Istnieje uzasadniona potrzeba wykonywania dalszych analiz kopalnych Cladocera, zarówno w obrębie już badanych obiektów, jak i na nowo rozpoznawanych stanowiskach osadów biogenicznych, ale w wysokiej rozdzielczości, z zastosowaniem pełnego opróbowania rdzeni osadów. To pozwoli na uchwycenie całości obrazu zmian frekwencji i gatunków wioślarek i przełoży się na większe możliwości interpretacyjne takich wyników, pozwalających na szersze zastosowanie analiz Cladocera w tworzeniu modeli zmian paleoekologicznych. Podjęta próba takiego podejścia metodycznego dla profilu Żabieniec umożliwiła precyzyjne odtworzenie zmian siedliskowych w odcinkach wyraźnych zmian klimatycznych w późnym vistulianie oraz na przełomie młodszego dryasu i holocenu.

Literatura

Balwierz Z. 1980. Analiza palinologiczna późnoglacjalnych i holoceńskich osadów z torfowiska w Napoleonowie. *Acta Universitatis Lodziensis* 22(2): 151-157.

Charmann D. 2002. Peatlands and environmental change. John Wiley and Sons.

Dzieduszyńska D., Forysiak J. 2018. Chronostratigraphy of the Late Vistulian in Central Poland and the correlation with Vistulian glacial phases. *Studia Quaternaria* 36(2): 137-145.

Forysiak J. 2012. Zapis zmian środowiska przyrodniczego późnego vistulianu i holocenu w osadach torfowisk regionu łódzkiego. *Acta Geographica Lodziensia* 99.

Forysiak J., Obremska M., Pawłowski D., Kittel P. 2010. Late Vistulian and Holocene changes in the Ner river valley in light of geological and palaeoecological data from the Ner-Zawada peatland. *Geologija* 52(1-4): 25-33.

Forysiak J., Okupny D., Obremska M., Antczak-Orlewska O., Płóciennik M., Pawłowski D., Baradyn D., Kotrys B., Luoto T.P., Nevalainen L., Borówka R.K. 2023. Changes in habitat conditions in a Late Glacial fluviogenic lake in response to climatic fluctuations (Warta River valley, central Poland). *Geological Quarterly* 67: 1.

Fryer G. 1968. Evolution and Adaptive Radiation in the Chydoridae (Crustacea: Cladocera): A Study in Comparative Functional Morphology and Ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 254(795): 221-382.

Goździk J. 1974. Osady pełni würmu w zagłębieniu jeziornym w Napoleonowie. Pierwsze krajowe sympozjum paleolimnologiczne we Włocławku. Streszczenia referatów i komunikatów, Warszawa.

Goździk J., Konecka-Betley K. 1992. Późnovistuliańskie utwory węglanowe w zagłębieniach bezodpływowych rejonu kopalni Bełchatów. Część I. Geneza i stratygrafia. *Roczniki Gleboznawcze* 43(3–4): 103-112.

Klatkowa H. 1990. Występowanie eemskich osadów organicznych i uwagi o paleomorfologii środkowej Polski u schyłku warty i podczas eemu. *Acta Geographica Lodziensia* 61: 8--18.

Korhola A., Tikkanen M., Weckström J. 2005. Quantification of Holocene Lake-Level Changes in Finnish Lapland Using a Cladocera–Lake Depth Transfer Model. *Journal of Paleolimnology* 34: 175-190.

Kraużlis K. 1975. Wpływ młodoczwartorzędowych ruchów tektonicznych na morfologię i budowę wewnętrzną tarasów środkowej Warty. I Krajowe Sympozjum „Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce", Warszawa: 239-253.

Locke A., Sprules W.G. 2000. Effects of Acidic PH and Phytoplankton on Survival and Condition of Bosmina Longirostris and Daphnia Pulex. *Hydrobiologia* 437: 187-196.

Lotter A.F., Birks H.J.B., Hofmann W., Marchetto A. 1997. Modern Diatom, Cladocera, Chironomid and Chrysophyte Cyst Assemblages as Quantitative Indicators for the Reconstruction of Past Environmental Conditions in the Alps. I. Climate. *Journal of Paleolimnology* 18: 395-420.

Manikowska B. 1995. Aeolian activity differentiation in the area of Poland during the period 20-8 ka BP. *Biuletyn Peryglacjalny* 34: 125--165.

Okupny D. 2023 Geochemical characteristics of Late Glacial and Holocene biogenic sediments in central Poland and implications for reconstructing the palaeoenvironment. *Acta Geographica Lodziensia* 113: 47-76.

Pawłowski D. 2010. Analiza Cladocera z torfowiska Żabieniec. W: J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.) *Torfowisko Żabieniec: Warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań: 129-139.

Pawłowski D., Kloss M., Obremska M., Szymanowski M., Żurek S. 2012. Evolution of small valley mire in central Poland as a result of hydroclimatic oscillations. *Geochronometria* 39: 133-148.

Pawłowski D., Kowalewski G., Milecka K., Płóciennik M., Woszczyk M., Zieliński T., Okupny D., Włodarski W., Forysiak J. 2015. A reconstruction of the palaeohydrological conditions of a flood-plain: a multi-proxy study from the Grabia River valley mire, central Poland. *Boreas* 44(3): 543-562.

Pawłowski D., Borówka R.K., Kowalewski G.A., Luoto T.P., Milecka K., Nevalainen L., Zieliński T. 2016. Late Weichselian and Holocene record of the paleoenvironmental changes in a small river valley in Central Poland. *Quaternary Science Reviews* 135: 24--40.

Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Milecka K., Okupny D., Słowiński M., Michczyńska D., 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.

Płóciennik M., Kruk A., Forysiak J., Pawłowski D., Mianowicz K., Elias S., Borówka R.K., Kloss M., Obremska M., Coope R., Krąpiec M., Kittel P., Żurek S. 2015. Fen ecosystem responses to water-level fluctuations during the early and middle Holocene in central Europe: a case study from Wilczków, Poland. *Boreas* 44: 721-740.

Płóciennik M., Jakiel A., Forysiak J., Kittel P., Płaza D.K., Okupny D., Pawłowski D., Obremska M., Brooks S.J., Kotrys B., Luoto T.P. 2021. Multi-proxy inferred hydroclimatic conditions at Bęczkowice fen (central Poland); the influence of fluvial processes and human activity in the stone age. *Acta Geographica Lodziensia* 111: 135-157.

Roman M. 2016. Pojezierze eemskie: uwagi o genezie i zaniku jezior polodowcowych centralnej Polski. *Acta Geographica Lodziensia* 105: 11-25.

Rudna M., Wojewódka-Przybył M., Forysiak J., Milecka K., Okupny D. 2023. Cladocera Responses to the Climate-Forced Abrupt Environmental Changes Related to the Late Glacial/Holocene Transition. *Water* 15(2): 348.

Rybak J.I., Błędzki L.A. 2010. Słodkowodne Skorupiaki Planktonowe. Klucz Do Oznaczania Gatunków. Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.

Rydin H., Jeglum J. 2006. The biology of peatlands. Oxford University Press, Oxford, Nowy Jork.

Stańczykowska A. 1979. Zwierzęta bezkręgowe naszych wód. WSiP, Warszawa.

Szeroczyńska K. 1991. Impact of Prehistoric Settlements on the Cladocera in the Sediments of Lakes Suszek, Błędowo, and Skrzetuszewskie. W: V. Kořínek, D.G. Frey (red.) *Biology of Cladocera*. Springer: 105-114.

Szeroczyńska K. 1998. Wioślarki (Cladocera, Crustacea) jako źródło informacji w badaniach osadów jeziornych. *Studia Limnologica et Telmatologica* 112: 9-28.

Szeroczyńska K. 2002. Human impact on lakes recorded in the remains of Cladocera (Crustacea). *Quaternary International* 95-96: 165--174.

Szeroczyńska K., Zawisza E. 2007. Paleolimnologia – historia rozwoju jezior w Polsce w świetle badań fauny wioślarek. *Studia Limnologica et Telmatologica* 1(1): 51-60.

Tobolski K. 2000. Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. PWN, Warszawa.

Turkowska K. 2006. Geomorfologia regionu łódzkiego. Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego.

Twardy J., Żurek S., Forysiak J. 2010 Torfowisko Żabieniec: Warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach; Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań.

Wasylikowa K., 1964. Roślinność i klimat późnego glacjału w środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie koło Łęczycy. *Biuletyn Peryglacjalny* 13: 261-417.

Wasylikowa K. 2011. Wiek osadów spągowych torfowiska Silne Bagno koło Witowa w świetle analizy pyłkowej. Warsztaty Naukowe „Torfowiska w krajobrazie przekształconym – funkcjonowanie i ochrona". Wawrzkowizna, 1–3 czerwca 2011: 93-94

Żurek S. 1987. Złoża torfowe Polski na tle stref torfowych Europy. *Dokumentacja Geograficzna* 4: 1-84.

Summary

Until the end of the 20th century, peatlands in the Łódź region had rarely been the subject of palaeogeographical and palaeobotanical research focused on the analysis of biogenic sediments and palaeoenvironmental reconstructions. This state of research on the region's peatlands resulted from the relatively small percentage of wetlands in the region; according to Żurek (1987), this was about 2% of the area, but a much more important reason is the very poor state of preservation of the wetlands. The long-term development of filling peatlands depressions in the region, dating back even to the end of the Plenivistulian, makes the profiles of biogenic formations very well suited to palaeoecological analyses of the Late Vistulian and Holocene (Forysiak 2012).

Among the more than thirty peatlands in the region examined, the vast majority are limnogenic in nature (Forysiak 2012), and peat formation generally occurred in the Holocene, but at several sites peat accumulation began already at the end of the Late Vistulian. The lack of synchronicity of habitat changes in peatlands suggests that global climate changes were not a decisive determinant of the entry of telmatic communities. Rather, a more important role can be attributed to local hydrological changes and geomorphological processes that influenced changes in the position of aquifers supplying these wetlands. A very important feature of the peatlands depressions in the Łódź region is their great diversity of geomorphological forms. This translates into the habitat characteristics of lakes or peatlands that function in such depressions and differences in the species composition of plants and fauna living in these ecosystems (Tobolski 2000).

One of the components of the plankton of lakes and well-functioning wetlands are cladocerans (Cladocera), which also have a very important value as indicator species and are an important source of data for creating paleoenvironmental reconstructions of the Late Quaternary. The first analysis of fossil Cladocera in peatlands in the Łódź region was performed by Pawłowski (2010) for the Żabieniec profile. In the following years, several dozen profiles were developed for other objects (Table 1), thanks to which studies of fossil Cladocera, together with palynological analyses and characteristics of sediment geochemistry, are the most frequently performed palaeoecological analyses for biogenic profiles of the region.

Among the analysed peatlands in the region, the most numerous are valley peatlands, which also occupy the largest area. They are developed in river valleys currently being shaped by fluvial processes, but they also function in valleys that are excluded from the river system. Peatlands located on uplands also occur within morphological forms of diverse origins (Forysiak 2012). There are few examples of modern wetlands that were created in undrained basins of post-glacial origin.

The diverse morphological and lithological parameters of peatlands depressions and their catchments resulted in differences in habitat conditions among many of the analysed sites. This means that the examined wetlands include both limnogenic and paludifying peatland. The majority of peatlands in their depressions contain bottom sequences (Forysiak 2012). The beginning of the Late Vistulian, which in the Łódź region is identified with the Oldest Dryas (Dzieduszyńska, Forysiak 2018), was documented at several localities in the region, but the analyses of fossil Cladocera covered sediments deposited at that time in the profiles in Żabieniec, Rąbień, Ługi and Pawłowa. The best developed profile is from Żabieniec and contains ~2 m of lake sediments.

The Bølling warming period was a time of more complete development of biogenic accumulation basins, both in lake basins of the studied sites and in paludification peatlands, and these habitats were colonised by Cladocera. In several of the above-mentioned sites, there was a significant increase in the number of species and individuals recorded. The cooling of the Older Dryas does not stand out significantly in the cladoceran profiles (Pawłowski *et al.* 2016), which may be due to the short duration of this palaeoclimatic phase and the generally thin layers of sediments deposited at that time. The warming of the Allerød in the analysed fossil profiles of cladocerans is generally attributed to relatively long phases of colonisation of basins (Fig. 2), numerous species and quantity represented.

The cooling of the Younger Dryas is clearly recorded at the Żabieniec site, where there is a sharp decline in the frequency and number of Cladocera species. Littoral and cold-tolerant species dominate. During the Younger Dryas, the Ługi site was transformed into a peat bog, which is visible in the species composition of its Cladocera. Unlike the Ługi and Żabieniec sites, the transition to the Holocene in the Korzeń peatland is characterised by the disappearance

of planktonic species and the occurrence of only a few littoral species, mainly those resistant to unfavourable environmental conditions.

The transition from the Younger Dryas to the Holocene is clearly marked in most sites. In the Żabieniec peatbog, it is manifested by a rapid increase in the number of planktonic species and forms and the appearance of thermophilic forms. A similar situation pertains in the Ługi peatland. This is a tendency widely described at many sites throughout Poland (Szeroczyńska, Zawisza 2007; Pawłowski 2010). In contrast to the sites of Ługi and Żabieniec, the transition to the Holocene at Korzeń is characterised by the disappearance of planktonic species and the occurrence of only a few littoral species, mainly those resistant to unfavourable environmental conditions.