

## **ŁÓDZKIE TOWARZYSTWO NAUKOWE**

90-505 Łódź, ul. M. Skłodowskiej-Curie 11  
tel. 42 66 55 459, fax 42 66 55 464  
<http://www.ltn.lodz.pl/> e-mail: [biuro@ltn.lodz.pl](mailto:biuro@ltn.lodz.pl)  
sprzedaż wydawnictw tel. 42 66 55 448  
księgarnia internetowa <http://sklep.ltn.lodz.pl>

NACZELNA RADA WYDAWNICZA ŁTN  
Krystyna Czyżewska, Wanda M. Krajewska (redaktor naczelna),  
Edward Karasiński, Henryk Piekarski, Jan Szymczak

REDAKCJA TOMU  
Danuta Dzieduszyńska, Juliusz Twardy

RECENZENT TOMU  
Jacek Forysiak

KOLEGIUM REDAKCYJNE  
Ryszard K. Borówka, Piotr Gębica, Paweł Jokiel, Maria Łanczont,  
Małgorzata Roman, Ewa Smolska, Urszula Somorowska, Juliusz Twardy

SEKRETARZ REDAKCJI  
Danuta Dzieduszyńska

KOREKTA JĘZYKOWA  
Ewa Komorowska-Jędrzejczak

Czasopismo jest indeksowane w bazie CEJSH Copernicus  
i znajduje się na liście ministerialnej czasopism punktowanych.  
Artykuły czasopisma w elektronicznej wersji są dostępne w bazach:  
CEEOL, EBSCOhost, Proquest i na portalu i IBUK.

ISSN 0065-1249

© Copyright by Łódzkie Towarzystwo Naukowe – Łódź 2014

Wydanie pierwsze, wersja drukowana pierwotna  
Projekt okładki: Agnieszka Roman  
Skład: Karolina Piechowicz  
Druk: 2K Łódź sp. z o.o., ul. Płocka 35/45, [www.2k.com.pl](http://www.2k.com.pl), [2k@2k.com.pl](mailto:2k@2k.com.pl)  
Nakład: 130 egz.

## **BADANIA INTERDYSCYPLINARNE JAKO PODSTAWA DLA PALEOGEOGRAFII**

Prekursorką badań interdyscyplinarnych w łódzkim ośrodku geomorfologicznym była Profesor Anna Dylikowa. Współpraca badaczy reprezentujących różne obszary nauki została nawiązana podczas archeologicznych badań obozowisk ludności późnopaleolitycznej, które stwierdzono na powszechnie znanym stanowisku w Witowie, także w Skaratkach oraz w innych miejscach położonych w pradolinie warszawsko-berlińskiej. W badaniach interdyscyplinarnych, zwanych przez Prof. A. Dylikową „badaniami zespołowymi”, następował samoistny podział ról, adekwatny do zakresu problematyki pojawiającej się na danym stanowisku. Geomorfolog analizował morfologię i strukturę wydmy na których bytowali późnopaleolityczni myśliwi i zbieracze, archeolog badał odnalezione artefakty i obiekty, zaś paleobotanik studiował ewolucję roślinności w otoczeniu stanowiska na podstawie kopalnych sporomorf. Trójosobowy zespół badaczy wydawał się w latach 50. i 60-tych ubiegłego wieku wystarczającym do kompleksowego spojrzenia na paleogeografię badanego stanowiska. Podkreślić należy, że współpraca naukowa była w ośrodku łódzkim bardzo często inicjowana przez archeologów skupiających się w trzech instytucjach – Muzeum Archeologicznym i Etnograficznym w Łodzi, Instytucie Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego oraz w Instytucie Historii Kultury Materialnej Polskiej Akademii Nauk. Taka organizacja badań utrzymywała się do końca XX wieku; analizy prowadzono ze zmienną intensywnością, w przeważnie niewielkich zespołach, niekiedy poszerzanych o innych specjalistów. Wielokrotnie konfrontowano świadectwa geomorfologiczne, archeologiczne, palinologiczne i wyniki radiometrycznych datowań osadów. Zazwyczaj ich wymowa była zbliżona, ale szczególnie wiele uczyły sytuacje, gdy geomorfolog, archeolog, paleobotanik i fizyk przedstawiali rozbieżne wyniki i wnioski. Sytuacje braku zgodności prowadzonych równoległe analiz specjalistycznych zmuszały do pogłębiania studiów literatury przedmiotu, sięgania do kolejnych źródeł i analiz, reinterpretacji danych. Paradoksalnie, rewizję panujących wówczas poglądów i postęp w paleogeografii udawało się uzyskać właśnie w sytuacji sprzeczności wyników poszczególnych analiz, która na początku badań wydawała się niemożliwa do pokonania, a później okazywała się jedynie pozorna.

Istotny przełom w badaniach interdyscyplinarnych w ośrodku łódzkim nastąpił w pierwszej dekadzie XXI wieku w związku z eksploracją unikalnego, małego torfowiska wysoczyznowego „Żabieniec”, położonego na Wzniesieniach Łódzkich w odległości kilku kilometrów na północ do podłódzkich Brzeziny. Tym razem inicjatywa badawcza była po stronie badaczy z Instytutu Nauk o Ziemi Uniwersytetu Łódzkiego, a obiekt torfowiskowy w którym zostały zbadane osady o miąższości blisko 16,5 m, dawał nadzieję na kompleksowe odtworzenie zmian środowiskowych obejmujących Wzniesienia Łódzkie pomiędzy górnym plenivistulianem a współczesnością. Zespół badawczy uległ znacznemu poszerzeniu – oprócz geomorfologów, archeologa i paleobotanika w jego skład weszli także: geochemik i hydrochemik, hydrogeolog, diatomolog, torfoznawca, gleboznawca, fizyk, historyk oraz specjaliści prowadzący analizy makroszczątków roślinnych, a także analizy paleozoologiczne: kopalnych wioślarek, ameb skorupkowych i muchówek. Badania interdyscyplinarne torfowiska „Żabieniec” nie polegały na nieuzasadnionym multiplikowaniu kolejnych analiz. Żadna analiza wykonana w oparciu o osady organogeniczne z „Żabienca” nie okazała się niepotrzebna. Szkoda jedynie, że własności ekosystemu jezioro-torfowiskowego nie pozwoliły na rozwój niektórych spośród badanych mikroorganizmów przez całe minione 20 000 lat i nie udało się osiągnąć wyższej rozdzielczości analiz.

Badania interdyscyplinarne miały na celu odtworzenie zmienności szeregu konkretnych parametrów środowiska, w tym niektórych o charakterze ilościowym, uzyskanych z różnych źródeł za pomocą odpowiednich metod badawczych. Zbiór tak zgromadzonych danych, zwanych w literaturze danymi multi-proxy, obrazował ewolucję systemu torfowiskowego w funkcji czasu, odwzorowując tym samym zmiany środowiskowe. Osiągnięto dzięki temu m. in. ciągły obraz zmian roślinności, stosunków wodnych, zmian termicznych, wilgotnościowych, trofii, odczynu, denudacji mechanicznej i chemicznej oraz szeregu innych parametrów. Podstawę dla śledzenia zmian i ich analizy stanowił precyzyjnie sekwencjonowany rdzeń uzyskany z torfowiska, w którym wyróżniono łącznie 23 poziomy, z których 11 przy-

*pada na schyłek vistulianu, a 12 na holocen. Dzięki wykorzystaniu matematycznego modelu wiek-głębokość można było wyróżnione poziomy dokładnie ulokować w czasie. Tym razem na poziomie syntezy, jakościowy opis zmian środowiskowych, który jest zazwyczaj subiektywny ze swej natury, został zastąpiony interpretacją wyników ilościowych, zestawionych w kolejne diagramy, wykresy i krzywe. Takie podejście umożliwi bardziej ściśle odwoływanie się do uzyskanych wyników. Można zakładać, że w przyszłości badania interdyscyplinarne będą nabierały w coraz większym stopniu charakteru ilościowego, gdyż takie ujęcie gwarantuje tak potrzebny w nauce obiektywizm.*

*W generalnie podobnym do wymienionego składzie specjalistów przeprowadzono badania interdyscyplinarne stanowiska Koźmin Las, przedstawiane w niniejszym tomie. W odróżnieniu od badań torfowiska „Żabieniec”, na którym analizowano mięszką serię organogeniczną, w Koźminie zetknęliśmy się z problemem uzyskania maksimum informacji z serii biogenicznej o niewielkiej, zaledwie kilkudziesięciocentymetrowej miąższości i innej genezie. Pozycja stratygraficzna analizowanej serii osadów organicznych i organiczno-mineralnych, a szczególnie jej znaczne rozprzestrzenienie i fakt, że zawiera ona dobrze zachowane i liczne świadectwa funkcjonowania późnovistuliańskiego lasu na dnie Kotliny Kolskiej, stanowią o jej unikalności. Występowanie grubego detrytusu organicznego pod postacią kilkuset pni powalonych in situ drzew oraz ich karp spowodowało konieczność włączenia do zespołu badawczego dendrochronologia, antrakologa oraz przedstawicieli z obszaru nauk leśnych. Wyrażamy nadzieję, że przedstawione w niniejszym tomie treści przyczynią się do postępu paleogeografii i pozwolą lepiej zrozumieć naturalne podłoże oraz kierunek, skalę i dynamikę zmian środowiskowych, które nastąpiły w środowisku doliny stosunkowo dużej rzeki nizinnej z chwilą ostatecznego ustępowania warunków peryglacjalnych.*

*Juliusz Twardy*

Stanowisko KOŹMIN LAS



poziom  
2-S



poziom  
3-S



poziom  
4-S



## TREŚĆ

Danuta Dzieduszyńska, Juliusz Twardy Ogólna charakterystyka stanowiska Koźmin Las (Characteristics of the Koźmin Las site).....	11
Juliusz Twardy Litologiczna charakterystyka osadów w stanowisku Koźmin Las i ich interpretacja paleogeograficzna (Lithological characteristics of deposits of the site Koźmin Las and their palaeogeographical interpretation).....	23
Joanna Petera-Zganiacz, Karol Andrzejak Uwarunkowania rozprzestrzenienia i właściwości serii organicznej zawierającej szczątki lasu z młodszego dryasu w Kotlinie Kolskiej (Determinants of the spread and properties of the organic series containing remains of the Younger Dryas forest).....	39
Renata Stachowicz-Rybka, Katarzyna Korzeń Rozwój roślinności w późnym vistulianie oraz funkcjonowanie i zanik ekosystemu leśnego w stanowisku Koźmin Las (Vegetation development in the Late Vistulian and functioning and end of the forest ecosystem in Koźmin Las site).....	53
Dominik Pawłowski Warunki ekologiczne rozwoju późnovistuliańskiego zbiornika Koźmin Las w świetle analizy Cladocera (Ecological conditions of the small Late Vistulian pond of Koźmin Las site in the light of Cladocera analysis).....	65
Daniel Okupny, Ryszard K. Borówka, Anna Fortuniak, Julita Tomkowiak Skład chemiczny osadów organicznych ze stanowiska Koźmin Las (Chemical composition of organic sediments from the Koźmin Las site).....	71
Dominik Kacper Płaza, Juliusz Twardy, Piotr Kittel Z badań nad schyłkowo paleolitycznym osadnictwem w Kotlinie Kolskiej (From the research on the final Palaeolithic settlement in the Koło Basin).....	87
Danuta Dzieduszyńska Zmiany środowiska u schyłku vistulianu w Polsce Środkowej w świetle badań w stanowisku Koźmin Las (Environmental changes at the Vistulian decline in Central Poland as seen from the Koźmin Las site).....	97



## OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA STANOWISKA KOŹMIN LAS<sup>1</sup>

### ZARYS TREŚCI

Stanowisko Koźmin Las zlokalizowane jest na obszarze dobrze rozpoznanym w trakcie studiów geologicznych i geomorfologicznych prowadzonych przez badaczy z ośrodka łódzkiego od lat 90. ub. wieku w odkrywkach węgla brunatnego Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów”. Od 2010 roku realizowane były tutaj wieloskaźnikowe badania nad znaleziskiem kopalnego lasu ze schyłku późnego vistulianu. Pozostałość *in situ* bardzo dobrze zachowanych szczątków drzew z tego okresu jest rzadkością w skali europejskiej. Uzyskane wyniki stały się podstawą wniosków paleośrodowiskowych i paleogeograficznych.

**Słowa kluczowe:** Kotlina Kolska, dolina środkowej Warty, badania interdyscyplinarne, subfosylny las

### POŁOŻENIE STANOWISKA

Stanowisko Koźmin Las położone jest w mezoregionie fizycznogeograficznym Kotlina Kolska (318.14), wchodzącym w skład makroregionu Nizina Południowowielkopolska (318.1), tworzącym środkowo-zachodnią część podprovincji Niziny Środkowopolskie (318) – por. Kondracki (1994). Według geomorfologicznego podziału Polski, przedstawionego przez Gilewską (1986), Kotlina Kolska (A V. a5) jest częścią Niziny Południowowielkopolskiej (A V. a), stanowiącej składową Nizin Środkowopolskich (A V). Obszar leży w dolinie Warty, w obrębie basenu uniejowskiego, którego cechą jest tendencja do subsydencji określająca specyfikę cech morfologicznych doliny, wyrażone jej rozległością i dominacją powierzchni najmłodszych (Klatkova, Załoba 1991).

Położenie matematyczne badanego stanowiska określają współrzędne geograficzne:  $\varphi = 52^{\circ} 04' 52''$  N,  $\lambda = 18^{\circ} 40' 03''$  E. Administracyjnie wieś Koźmin należy do sołectwa Koźmin, gminy Brudzew, powiatu Turek, województwa wielkopolskiego.

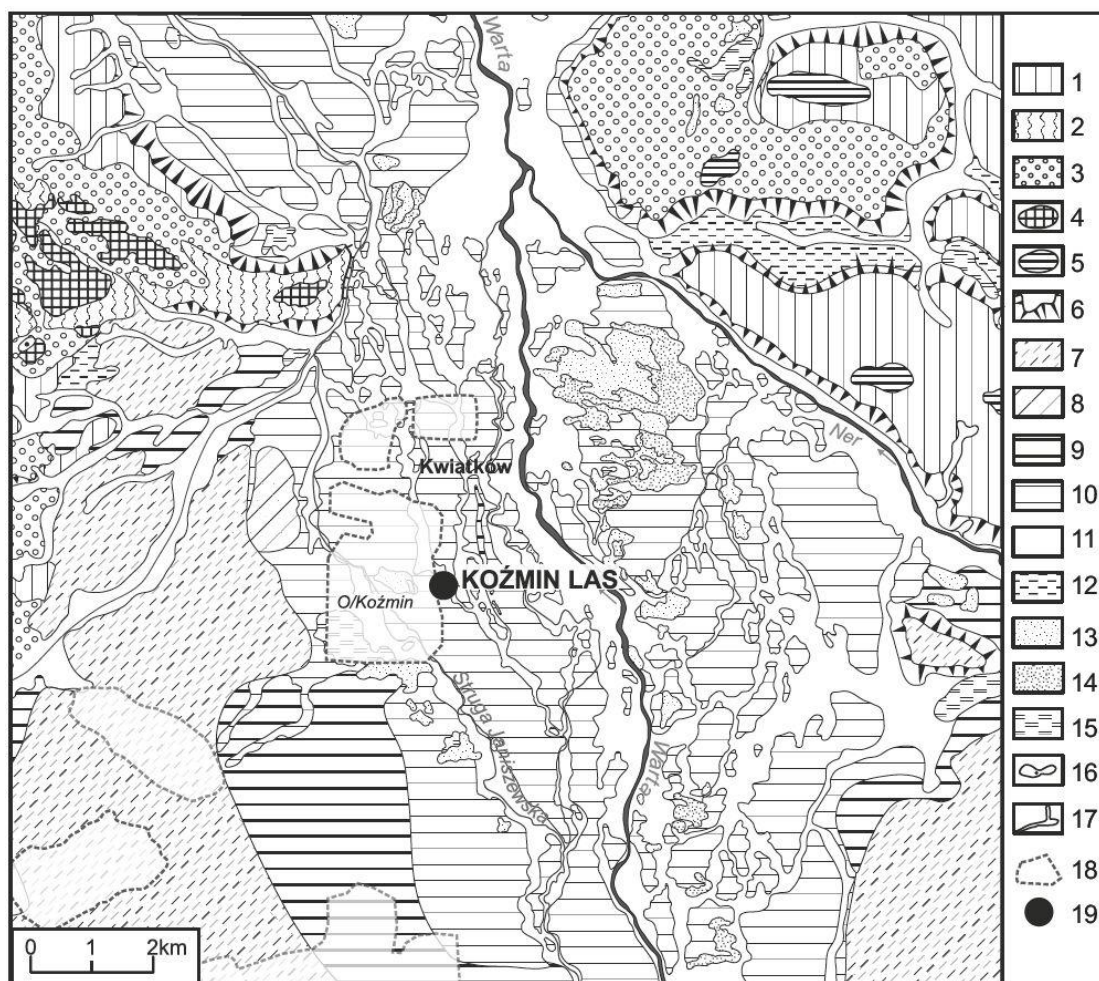
Na tle zasięgów zlodowaceń plejstocenijskich stanowisko położone jest w strefie ukształtowanej przez łądolód warciański, wchodzący w skład kompleksu zlodowaceń środkowopol-

skich (Lindner, Marks 2012). Podczas ostatniego zlodowacenia okolice Koźmina znalazły się około 20 km na południe od linii jego maksymalnego zasięgu (Stankowska, Stankowski 1988; Petera, Forysiak 2003). Kotlina Kolska otoczona jest od N, W, SW i SE wysoczyznami morenowymi (Turecką, Łaską i Kłodawską), a główną cechą jej ukształtowania jest równinność. Najważniejszym elementem hydrograficznym w Kotlinie Kolskiej jest rzeka Warta, która kończy tutaj swój południkowy bieg i w okolicach Koła przyjmuje przebieg równoleżnikowy, wykorzystując do tego celu pradolinę warszawsko-berlińską. Monotonną rzeźbę obszaru urozmaicają trzy główne formy ukształtowania terenu: (rys. 1): 1 – terasy rzeczne Warty, to znaczy zachowana jedynie w brzeźnych częściach Kotliny górnoplenivistuliańska terasa wyższa oraz bardzo rozległa, wielokilometrowej szerokości, późnovistuliańska (młodszy dryas) terasa niska, 2 – liczne, kręte i płytkie, w większości suche koryta rzeczne, wycięte w terasie niskiej, tworzące w przeszłości system wielokorytowej Warty i 3 – kilkumetrowej wysokości późnovistuliańskie i holocenijskie wydmy śródładowe. Stanowisko Koźmin Las zlokalizowane jest na wydłużonym, południkowo zorientowanym

\* Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, e-mail: dadziedu@geo.uni.lodz.pl; twardy@geo.uni.lodz.pl.

<sup>1</sup> Nazwa stanowiska Koźmin Las została przyjęta na użytek badań nad pozostałością kopalnego lasu i nie ma bezpośredniego odpowiednika w urzędowej nazwie miejscowości.





Rys. 1. Szkic geomorfologiczny doliny Warty w okolicach Koźmina (za Forysiakiem 2005)

1 – wysoczyzna płaska; 2 – wysoczyzna pagórkowata; 3 – równiny wodnolodowcowe; 4 – pagórki czołowomorenowe; 5 – kemy; 6 – stoki; 7 – poziom pradolinny niższy; 8 – terasa erozyjna; 9 – terasa nadzalewowa wysoka; 10 – terasa nadzalewowa niska; 11 – dna dolin; 12 – równiny rozlewiskowe; 13 – pola piasków eolicznych; 14 – wydmy; 15 – torfowiska; 16 – zagłębienia bezodpływowe różnej genezy; 17 – dolinki różnej genezy; 18 – zasięg odkrywki Koźmin KWB „Adamów”; 19 – lokalizacja stanowiska Koźmin Las

Geomorphological sketch of the Warta valley near Koźmin (after Forysiak 2005)

1 – morainic plain; 2 – hummocky morainic plain; 3 – fluvio-glacial plain; 4 – end-morainic hillocks; 5 – kames; 6 – slopes; 7 – lower terrace of marginal valley; 8 – erosional terrace; 9 – alluvial high terrace; 10 – alluvial low terrace; 11 – valley floor; 12 – lacustrine plain; 13 – aeolian plain; 14 – dunes; 15 – peatlands; 16 – closed depressions; 17 – valleys of various origin; 18 – outcrops of the “Adamów” Lignite Mine; 19 – location of Koźmin Las site

płacie terasy niskiej, wyodrębnianym od W i E wspomnianymi korytami rzecznyymi. Rzędne terenu w okolicy stanowiska Koźmin Las osiąga 97,5 m n.p.m., a lustro wody w Warcie,

przepływającej o 1,9 km na E od Koźmina, występuje w czasie średnich stanów na rzędnej 95,8 m n.p.m.

## HISTORIA BADAŃ

Badania doliny Warty w basenie uniejowskim prowadzone są przez zespoły łódzkich geomorfologów od lat 90. ub. wieku. Atrakcyjność terenu dla badań geologicznych i geomorfologicznych oraz różnorodność podejmowa-

nych wątków wynika z dostępności profili całego kompleksu czwartorzędowego dzięki odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów”. Miąższość utworów plejstocenu wynosi tutaj średnio około

30 m, a w miejscach obniżeń powierzchni podczwartorzędowej (w rowach tektonicznych) osiąga maksymalnie 60 m.

Na początku lat 90. ub. wieku badania były prowadzone pod kierownictwem Profesor Haliny Klatkowej i dotyczyły litostratygrafii horyzontów glin morenowych. Realizowano je za pomocą analiz cech diagnostycznych osadu: składu mechanicznego, petrograficznego i pomiarów kierunkowych gładzików. Szczególną uwagę poświęcono tzw. glinie górnej, stanowiącej świadectwo najmłodszej transgresji lodowcowej i dyskusji na temat pozycji stratygraficznej tego okresu, tj. transgresji warty (Klatkowa i in. 1993; Czubła, Załoba 1994; Forysiak, Czubła 2004). Zgromadzony materiał nie pozwolił na potwierdzenie tezy weryfikowanej od lat 70 ub. wieku przez H. Klatkową o odrębności piętra warty w podziale zlodowaceń środkowopolskich.

Na wyżej wspomnianej glinie zalegają osady wykształcone w postaci mułków i ilów o miąższości kilkunastu metrów, akumulowane w rynnach glacialnej od schyłku okresu warciańskiego (Czubła i in. 2010). Poddano je badaniom identyfikującym ich cechy litologiczne i sedimentologiczne, oraz analizom paleoekologicznym. Wyniki analiz zinterpretowano jako świadectwo jeziora zastoiskowego (tzw. zastoisko koźmińskie) o przypuszczalnie schyłkowo-warciańskim wieku. Udokumentowane zaburzenia warstw w postaci sejsmitów, uznano za wynik aktywności tektonicznej obszaru podczas ich depozycji (Pawłowski i in. 2013).

Następny wątek badawczy skupiał się na tematyce fluwialnej, od schyłku zlodowaceń środkowopolskich po holocen, rozpatrywanej pod kątem faz erozji i agradacji oraz typu rozwinięcia koryta (Petera 2002; Forysiak 2005). Duża miąższość osadów, stanowiących geoarchiwum postwarciańskiej historii Warty w basenie uniejowskim, jest wynikiem wykorzystywania przez rzekę obniżenia tektonicznego rowu Adamowa i zjawiska subsydencji podłoża (Petera-Zganiacz 2007). Poza dowodami reakcji systemu rzecznej na zmieniające się warunki vistulianu, badania dotyczyły ogólnych zmian środowiskowych w warunkach klimatu peryglacialnego. Paleogeograficznym świadectwem vistuliańskich fal chłodu, korelowanych z nasunięciami lądolodu skandynawskiego w Polsce Północnej w okresie dolnego i górnego plenivistulianu, są struktury kontrakcji termicznej w osadach dolinnych basenu uniejowskiego (Petera-Zganiacz 2008, 2011). Obecność

w profilu serii dolinnej osadów organicznych akumulowanych podczas stabilizacji środowiska fluwialnego, datowanych radiowęglowo na czas od ok. 36 do 26 ka BP, uznano za dokumentujące środkowoplenivistuliańskie ocieplenia hengele i denekamp (Petera 2002).

Seria organiczna, odsłaniająca się w stropie profilu czwartorzędu w osadach dna doliny Warty na głębokości około 2–3 m p.p.t., zawierająca przewarstwienia torfu i horyzont subfosalnych pni drzew, wstępnie zakwalifikowana jako holoceńska (Klatkowa i in. 1996), nie była początkowo przedmiotem szczegółowych zainteresowań badawczych. Wynikało to m.in. z jej ograniczonej dostępności na ścianach kopalnianej odkrywk. Seria, charakteryzująca się małą miąższością (0,2 m, maksymalnie do 0,5 m), ale dużą rozciągłością horyzontalną, rozcięta jest przez paleokoryta wypełnione piaskiem, niejednokrotnie z bryłami rozmytego torfu i fragmentami redeponowanych pni (Turkowska i in. 2000, 2004; Petera-Zganiacz, Dzieduszyńska 2007). Opisane zjawisko oraz analiza palinologiczna, wykonana przez G. Miotk-SzpiGANowicz, a ponadto rozpoznana chronologia ( $11\ 850 \pm 80$  BP i  $10\ 200 \pm 430$  BP – Petera 2002), stały się we wcześniejszych rekonstrukcjach paleogeograficznych podstawą tezy o wykształceniu się w analizowanym odcinku doliny Warty systemu wielokorytowego w reakcji na ochłodzenie młodszego dryasu (Turkowska i in. 2000, 2004). Stwierdzono silne tendencje agradacyjne na rozległym dnie doliny, które określiło strukturę obecnej terasy niskiej od 1 do 4,5 m ponad dzisiejszym dnem. Zgromadzona dokumentacja geologiczna oraz interpretacja zdjęć lotniczych doprowadziły do korekty wieku elementów morfologicznych doliny środkowej Warty. Wyróżniana na arkuszach Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000: Warta (Klatkowa, Załoba 1992) i Zduńska Wola (Bezowska 1995) rozległa terasa zalewowa okazała się obejmować płyty niskiej terasy późnovistuliańskiej (Forysiak 2005).

Obecność grubego detrytus organicznego pod postacią pni drzew pogrzebanych w aluwkach, stwierdzano powszechnie w wielu dolinach rzecznych. Pnie drzew dostają się do aluwów podczas normalnej pracy rzek o jedno- lub wielokorytowym rozwinięciu (KobojeK 2009). Jednak szczególnie często następuje to podczas znaczniejszych wezbrań i powodzi (Krąpiec 2001); sądzi się, że nagromadzenia pni w aluwkach mogą świadczyć o zwiększeniu aktywności systemów fluwialnych i wskazywać fazy

paleopowodzi (Starkel i in. 2013). Większe zainteresowanie grubym detrytusem drzewnym na analizowanym obszarze nastąpiło po odnalezieniu przez J. Peterę-Zganiacz (Petera-Zganiacz, Dzieduszyńska 2007) karpki dużego drzewa, tkwiącej w nienaruszonej pozycji w osadach organicznych (fot. 1), podścielonych i nakrytych piaszczystymi i piaszczysto-mułkowymi aluwiami mineralnymi. Rozpoznanie poziomu z grubym detrytusem organicznym potwierdziło występowanie innych karpki w pozycji *in situ*. Dodatkowo zaobserwowano nagromadzenia pni drzew w bardzo drobnoziarnistych osadach organicznych, co wykluczało możliwość przyjęcia transportu pni przez wody Warty i wskazywało na pogrzebanie lasu w jego pierwotnej pozycji. Stwierdzone fakty wskazywały jednoznacznie, że wśród mineralnych aluwii Warty na obszarze Kotliny Kolskiej zachowały się wyjątkowo liczne świadectwa funkcyjowa-

nia formacji leśnej na dnie dolinym. Pozycja stratygraficzna serii organicznej wstępnie lokowała okres funkcjonowania lasu na późny wistulian, ściślej alleröd i młodszy dryas. Czynnikiem zachęcającym do pogłębienia badań była znaczna ciągłość lateralna (rzędu co najmniej setek metrów) poziomu organicznego z grubym detrytusem drzewnym, co wskazywało, że kopalny las w okolicach Koźmina nie tworzył jedynie małej izolowanej enklawy, lecz był istotnym elementem środowiska Kotliny Kolskiej u schyłku ostatniego glacjału. Dotychczasowe studia literaturowe wykazały, że jedyną znaną autorom analogię na obszarze Niżu Europejskiego może tworzyć odkrycie sfosylizowanego lasu o podobnym wieku w okolicach Cottbus (Niemcy), dokonane także – co charakterystyczne – w odkrywce dużej kopalni węgla brunatnego (Friedrich i in. 1999, 2001; Spurr i in. 1999).



fot. J. Petera-Zganiacz, 2007

Fot. 1. Karpa w pozycji *in situ* w odsłonięciu KWB „Adamów” w Koźminie

*In situ* tree trunk in the outcrop of the Adamów Lignite Mine

W 2010 roku, dzięki pomocy władz KWB „Adamów”, przygotowano sondażowy wykop o rozmiarach około 5x10 m, zlokalizowany kilkadziesiąt metrów na E od miejsca, w którym odnaleziono pierwszą z karpki. Potwierdzono

w nim następstwo stratygraficzne osadów rozpoznane wcześniej na ścianach odkrywek kopalnianych oraz, co szczególnie ważne, stwierdzono występowanie bardzo licznych grubych detrytusów organicznych, stanowiących dobrze zachowa-

ną pozostałość po późnoglacialnym lesie. Z inicjatywy pracowników Katedry Geomorfologii i Paleogeografii Uniwersytetu Łódzkiego, w latach 2011–2013 badania w stanowisku Koźmin Las prowadzone były w ramach grantu finanso-

wanego przez Narodowe Centrum Nauki N N306 788 240 pt. „Warunki paleogeograficzne funkcjonowania i destrukcji późnovistuliańskiego lasu w dolinie Warty”.

## CELE I GŁÓWNE WĄTKI BADAŃ

Celami badań w stanowisku Koźmin Las było:

- określenie warunków panujących podczas rozwoju i funkcjonowania lasu w dolinie Warty ze szczególnym uwzględnieniem paleoklimatu, stosunków paleohydrologicznych w dolinie oraz paleoekologii lasu (w tym jego struktury gatunkowej, wiekowej, przestrzennej);

- określenie przyczyn i warunków oraz konsekwencji i tempa, w jakim nastąpiła destrukcja badanej formacji leśnej.

Zrealizowanie tego celu wymusiło zastosowanie szerokiego spektrum paleoekologicznych metod badawczych i tym samym zorganizowanie dużego, interdyscyplinarnego zespołu badaczy, obejmującego łącznie 22 osoby. Podczas realizacji badań w naturalny sposób wyłoniło się szereg innych wątków, które po opracowaniu, zaprezentowaniu i przedyskutowaniu na międzynarodowych i krajowych konferencjach już znalazły, bądź znajdą, swój wydzźwięk w publikacjach:

- zagadnienie chronologii bezwzględnej serii osadowych badanych w stanowisku Koźmin Las (Dzieduszyńska i in. 2011, 2013, 2014b),

- problematyka późnovistuliańskich (młodszy dryas) powodzi w Kotlinie Kolskiej (Petersa-Zganiacz i in. w druku),

- problematyka paleopedologiczna w stanowisku Koźmin Las (Jankowski i in. 2013, 2014),

- geochemia osadów organicznych ze stanowiska Koźmin Las (Okupny i in. 2014, w tym tomie),

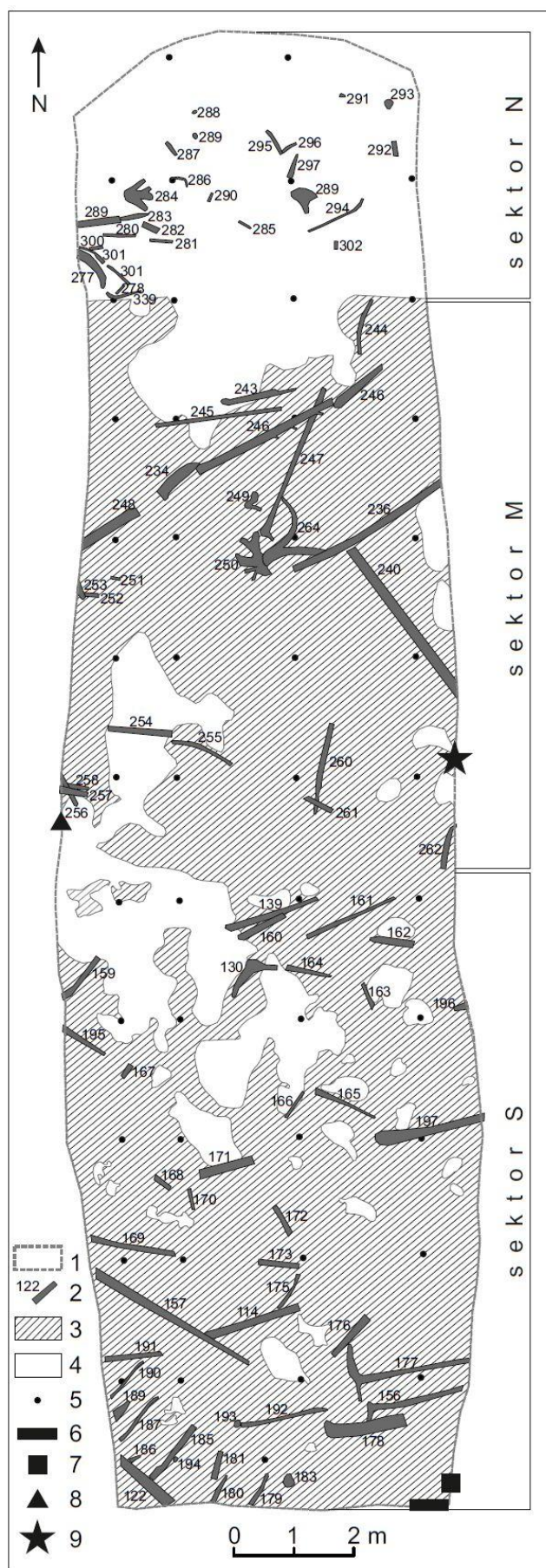
- problem funkcjonowania górnopaleolitycznych społeczności na obszarze Kotliny Kolskiej, bazujących na późnovistuliańskim lesie zajmującym jej dno (Płaza i in. 2013, 2014, w tym tomie, w druku),

- ocena stopnia rozkładu sfosylizowanych pni sosen (Fejfer i in. w druku).

## METODY BADAŃ

Podstawą przedstawianych w niniejszej pracy badań był wykop opisany w rozdziale „Historia badań”. Latem 2011 roku poszerzono wykop do rozmiarów 6x20 m (rys. 2). Szczegółowej rejestracji poddano gruby detrytus organiczny, osady organiczne, w których był on zakonserwowany oraz mineralne osady podścielające i nakrywające serię biogeniczną z pniami drzew. Odslonięcie poszerzano w kierunku południowym jeszcze dwukrotnie – w 2012 roku w związku z przygotowaniem stanowiska Koźmin Las do prezentacji podczas konferencji „Czynniki różnicowania rzeźby Niżu Polskiego” (Dzieduszyńska i in. 2012a) oraz na potrzeby konserwacji okazów późnovistuliańskich drzew, przeprowadzanej w Dziale Konserwacji Muzealiów Muzeum Archeologicznego w Biskupinie (M. Fejfer). Wstępne prace polegały na częściowym usunięciu za pomocą koparki warstwy piaszczystych aluwii nakrywających serię organiczną.

Prace te przerywano w związku z rejestracją odsłaniających się powierzchni wyróżnienia, a zakończono w chwili pojawienia się w „podłodze” wykopu pierwszych kłód drzew, tkwiących na wtórnym złożu w piaszczystych osadach powodziowych. Od tego momentu wykorzystywano wyłącznie pracę ręczną, prowadzoną w myśl metody stosowanej podczas wykopaliskowych badań archeologicznych. Zaletą metod archeologicznych, zastosowanych w badaniach geologicznych i geomorfologicznych, było wyeliminowanie niszczenia (kruszenia) świadectw kopalnego lasu w Koźminie oraz duża szczegółowość i dokładność prowadzonej rejestracji wydobywanego grubego detrytusu drzewnego. Metody archeologiczne w badaniach osadów czwartorzędowych stosował wcześniej Dylík (1969) (por. także Wieczorkowska 2013). Pewnym ograniczeniem takiego podejścia metodycznego jest duża pracochłonność i powiązane z nią wysokie koszty, dlatego



Rys. 2. Plan wykopu w stanowisku Koźmin Las wraz z lokalizacją opróbowania osadów

1 – zasięg wykopu; 2 – zarejestrowany detrytus organiczny wraz z numeracją; 3 – osady organiczne; 4 – podłoże mineralne; 5 – punkty pomiarowe; 6 – miejsce poboru próbek do analiz paleoekologicznych; 7 – profil litologiczny osadów; 8 – miejsce poboru próbek do datowań OSL; 9 – analizy gleboznawcze

Situation of the test pit in the study site Koźmin Las and sampling location

1 – test pit extent; 2 – organic detritus; 3 – organic deposits; 4 – mineral background; 5 – measurement marks; 6 – location of sampling for palaeoecological analyses; 7 – lithological profile; 8 – sampling for OSL dating; 9 – palaeopedological analysis

sporządził: P. Krąpiec

odsłonięto i udokumentowano stosunkowo niewielką powierzchnię rzędu 150 m<sup>2</sup>. Szczegóły przeprowadzonych rejestracji przedstawiono we wcześniejszych pracach (Dzieduszyńska i in. 2012b; Kittel i in. 2012). Próbkę drewna z 339 obiektów (por. rys. 2, sygnatura 2) szczelnie pakowano i zamrażano w bazie terenowej w Koźminie, po czym kierowano je do dalszych analiz w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (analizy dendrochronologiczne – M. Krąpiec) oraz na Wydział Leśny Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (M. Zasada, Sz. Bijak i K. Bronisz). Datowania radiowęglowe przeprowadzono w Laboratorium Datowań Bezwzględnych w Skale (M. Krąpiec) oraz Poznańskim Laboratorium Radiowęglowym (T. Goslar).

Oprócz zabezpieczenia preparatów drewna i innych makroszczątków (szyszki, kora, płyty mchów, drobny detrytus organiczny, itp.) we wschodniej ścianie wykopu opróbowano osady pod kątem badań uziarnienia, przeprowadzonych w Laboratorium Katedry Geomorfologii i Paleogeografii UŁ oraz analizy antrakologicznej

(K. Cywa). Osady serii biogenicznej, zawierającej gruby detrytus organiczny, pobrano z zachowaniem nienaruszonej struktury do metalowych rynienek w dwóch miejscach wykopu, tam gdzie miąższość serii była największa (rys. 2, sygnatura 6). Profile te posłużyły do przeprowadzenia następujących analiz paleoekologicznych: palinologicznej i makroszczątków (Stachowicz-Rybka, Korzeń 2014, w tym tomie), wioślarek (Pawłowski 2014, w tym tomie), okrzemek (M. Lutyńska – por. Petera-Zganiacz i in. w druku), muchówek (M. Płóciennik – por. Dzieduszyńska i in. 2014a) oraz analizy geochemicznej (Okupny i in. 2014, w tym tomie). W podobnej lokalizacji opróbowano profil litologiczny (rys. 2, sygnatura 7). Dodatkowo, ze środkowej części zachodniej ściany wykopu, pobrano materiał mineralny do datowań OSL (Dzieduszyńska i in. 2013, 2014b; por. także rys. 2, sygnatura 8). Materiał do analiz paleopedologicznych (Jankowski i in. 2013, 2014) pochodził ze środkowej części wschodniej ściany wykopu (rys. 2, sygnatura 9).

## UWAGI KOŃCOWE

Ze względu na monograficzny charakter tomu w niniejszym artykule skupiono się na omówieniu ogólnej charakterystyki stanowiska Koźmin Las. Zasadniczą treść tomu stanowi prezentacja dorobku osiągniętego na podstawie wyników wybranych specjalistycznych analiz, zarówno litologicznych, jak i paleoekologicznych oraz ich paleogeograficzna interpretacja. Chronologia rekonstruowanych zdarzeń opiera się na serii datowań radiowęglowych (konwencjonalnych oraz AMS) dla próbek osadów organicznych oraz szczątków roślin i fragmentów drzew. Osady mineralne datowane były metodą optycznie stymulowanej luminescencji (OSL). Zestawienie oznaczeń wieku wykonanych dla stanowiska w ramach prac nad pozostałością subfosalnego lasu przedstawiają tabele 1 i 2.

Jak wspomniano, w trakcie badań poszczególne realizowane wątki były dyskutowane w szeregu tematycznych artykułach. Skrót całości

wyników ze stanowiska i interpretację kształtowania środowiska w dolinie Warty podczas dynamicznych zmian klimatu końca wistulianu zasygnalizowano na forum międzynarodowym w czasopiśmie *Quaternary International* (Dzieduszyńska i in. 2014a; Petera-Zganiacz i in. w druku). Uzasadnieniem prezentacji pełnych materiałów ze stanowiska Koźmin Las i ich interpretacji, w świetle specyfiki funkcjonowania geosystemu doliny środkowej Warty w niniejszym tomie *Acta Geographica Lodziana*, jest zainteresowanie, jakie stanowisko to budzi w Polsce wśród badaczy zajmujących się rekonstrukcjami paleogeograficznymi schyłku wistulianu. Pomimo, iż wyniki zawarte w niniejszym tomie nie są kompletne, zespół redakcyjny ma nadzieję na powodzenie próby wykazania cech okresu schyłku plejstocenu w skali ponadregionalnej.

## Wyniki datowań radiowęglowych dla profilu Koźmin Las

## Radiocarbon datings from the Koźmin Las profile

	Wiek conv. (lat BP)	Wiek cal. (lat BP) (prob. 68,2 %)	Wiek cal. (lat BP) (prob. 95,4 %)	Nr laboratoryjny	Datowany materiał
1.	9780 ± 110	11 340–10 870	11 600–10 770	MKL-1077	mulek piaszczysty z materiałem organicznym
2.	9780 ± 150	11 400–10 790	11 750–10 710	MKL-1076	mulek organiczny
3.	10 000 ± 80	11 690–11 310	11 820–11 240	Poz-50361	<i>Betula sect. Albae</i> – 2 łuski nasienne + 9 owoców
4.	10 200 ± 430	12 430–11 270	12 940–10 660	Gd-9740	mulek organiczny
5.	10 310 ± 90	12 380–11 980	12 520–11 770	Lod-1402	fragment drewna
6.	10 350 ± 90	12 390–12 060	12 540–11 950	Lod-1389	mulek organiczny
7.	10 430 ± 80	12 520–12 150	12 570–12 070	Poz-50360	<i>Betula sect. Albae</i> – 2 łuski nasienne <i>Pinus sylvestris</i> – 1 krótkopędów
8.	10 480 ± 50	12 550–12 230	12 580–12 140	MKL-1655	fragment drewna
9.	10 570 ± 50	12 590–12 430	12 630–12 410	MKL-1653	fragment drewna
10.	10 570 ± 50	12 590–12 430	12 630–12 410	MKL-1654	fragment drewna
11.	10 570 ± 50	12 590–12 430	12 630–12 410	Poz-50359	<i>Pinus sylvestris</i> – 3 szpilki + 3 łuski pączkowe
12.	10 580 ± 50	12 600–12 430	12 640–12 420	MKL-1662	fragment drewna
13.	10 650 ± 60	12 640–12 550	12 710–12 430	MKL-1660	fragment drewna
14.	10 660 ± 50	12 640–12 560	12 710–12 450	MKL-1070	fragment drewna
15.	10 680 ± 100	12 700–12 530	12 840–12 400	Lod-1396	mulek organiczny
16.	10 700 ± 60	12 660–12 570	12 740–12 550	MKL-1657	fragment drewna
17.	10 710 ± 50	12 660–12 580	12 720–12 550	MKL-1071	fragment drewna
18.	10 710 ± 60	12 670–12 570	12 740–12 550	MKL-1651	fragment drewna
19.	10 710 ± 60	12 670–12 570	12 740–12 550	Poz-50358	<i>Betula sect. Albae</i> – 4 łuski nasienne + 8 owoców
20.	10 730 ± 60	12 680–12 580	12 760–12 550	MKL-1072	fragment drewna
21.	10 780 ± 80	12 730–12 590	12 870–12 560	MKL-1659	fragment drewna
22.	10 830 ± 70	12 780–12 610	12 900–12 590	MKL-1650	fragment drewna
23.	10 830 ± 170	12 910–12 580	13 120–12 420	Lod-764	mulek organiczny
24.	10 840 ± 100	12 830–12 620	12 970–12 560	MKL-1075	mulek organiczny
25.	10 850 ± 60	12 790–12 630	12 900–12 600	Poz-50356	<i>Pinus sylvestris</i> – 8 krótkopędów + fragment szpilki
26.	10 900 ± 50	12 850–12 680	12 930–12 630	MKL-1661	fragment drewna
27.	10 940 ± 50	12 890–12 710	13 050–12 640	MKL-1656	fragment drewna
28.	11 260 ± 70	13 250–13 100	13 310–12 950	MKL-1652	fragment drewna
29.	11 420 ± 160	13 430–13 130	13 660–12 940	MKL-1644	fragment drewna
30.	11 850 ± 80	13 820–13 600	13 880–13 450	MKL-256	fragment drewna
31.	11 870 ± 170	12 940–12 600	12 140–12 520	Lod-699	mulek organiczny

Kalibrację datowań radiowęglowych wykonano z zastosowaniem programu OxCal 4.1

Tabela 2

## Wyniki datowań OSL dla profilu Koźmin Las

## OSL datings from the Koźmin Las profile

	Wiek (lat BP)	Nr laboratoryjny	Datowany materiał
1.	14 260 ± 660	GdTL-1515	drobny piasek i mulek (gł. 1,25 m)
2.	13 640 ± 680	GdTL-1516	drobny piasek i mulek (gł. 1,35 m)
3.	12 730 ± 620	GdTL-1410	drobny piasek i mulek (gł. 1,4 m)
4.	5700 ± 350	GdTL-1411	drobny piasek i mulek (gł. 1,7 m)
5.	14 280 ± 740	GdTL-1517	drobny piasek i mulek (gł. 1,75 m)
6.	13 090 ± 920	GdTL-1413	przewarstwienie piaszczyste w serii organicznej (gł. 2,24 m)
7.	13 080 ± 730	GdTL-1412	piasek spod serii organicznej (gł. 2,58 m)

## LITERATURA

- Bezowska G., 1995 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Zduńska Wola. PIG, Warszawa.
- Czubla P., Załoba M., 1994 – Adamów-Smulsko. The deformation structures within the pre-Wartian deposits. INQUA-SEQS Symposium „The Cold Warta Stage – Lithology, Palaeogeography, Stratigraphy”, Excursion Guide Book, Łódź: 5-8.
- Czubla P., Forysiak J., Petera-Zganiacz J., 2010 – Lithologic and petrographic features of tills in the Koźmin region and their value for stratigraphical interpretation of the deposits of the Koźmin glacial lake. *Geologija*, 52: 1-8.
- Dzieduszyńska D., Petera-Zganiacz J., Krąpiec M., 2011 – The age of the subfossil trunk horizon in deposits of the Warta River valley (central Poland) based on  $^{14}\text{C}$  dating. *Geochronometria*, 38(4): 334-340.
- Dzieduszyńska D., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Twardy J., Adamiec G., Moska P., 2013 – Results of isotope age determination of the mineral and organic deposits (sequence) of the river Warta (Central Poland). Abstracts & Programme 11th International Conference "Methods of absolute chronology", 15–18th May 2013, Podlesice, Poland: 104.
- Dzieduszyńska D.A., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Brooks S.J., Korzeń K., Krąpiec M., Pawłowski D., Płaza D.K., Płóciennik M., Stachowicz-Rybka R., Twardy J., 2014a – Environmental influence on forest development and decline in the Warta River valley (Central Poland) during the Late Weichselian. *Quaternary International*, 324: 99-114.
- Dzieduszyńska D., Petera-Zganiacz J., Twardy J., Kittel P., Moska P., Adamiec G., 2014b – Optical dating and sedimentary record from the terrace depositional profile of the Warta River (Central Poland). *Geochronometria*, 41 (4): 361-368.
- Fejfer M., Zborowska M., Adamek O., Dzieduszyńska D., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Twardy J., w druku – Properties and dimensional stability of 12,500-year-old subfossil pine wood. *Drewno*.
- Forysiak J., 2005 – Rozwój doliny Warty między Burzeninem i Dobrowem po zlodowaczeniu warty. *Acta Geographica Lodziensia*, 90: 116 s.
- Forysiak J., Czubla P., 2004 – Pozycja stratygraficzna glin morenowych w odkrywce „Smulsko” (KWB „Adamów”) w świetle analiz petrograficznych. *Przegląd Geologiczny*, 52, 7: 574-578.
- Friedrich M., Kromer B., Spurk M., Hofman J., Kaiser K.F., 1999 – Paleo-environment and radiocarbon calibration as derived from Lateglacial/Early Holocene tree-ring chronologies. *Quaternary International*, 61: 27-39.
- Friedrich M., Kromer B., Kaiser K.F., Spurk M., Hughen K.A., Johnsen S.J., 2001 – High resolution climate signals in the Bölling-Alleröd Interstadial (Greenland Interstadial I) as reflected in European tree-ring chronologies compared to marine varves and ice-core records. *Quaternary Science Reviews*, 20: 1223-1232.
- Gilewska S., 1986 – Podział Polski na jednostki geomorfologiczne. *Przegląd Geograficzny*, 58, (1-2): 15-40.
- Jankowski M., Budek A., Dzieduszyńska D., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Twardy J., 2013 – Paleopedological interpretation of the soil sequence and buried forest remains at the Koźmin Las site in Central Poland. Materials of the XIIth International Symposium and Field Workshop on Paleopedology (ISFWP) "Paleosols, pedosediments and landscape morphology as environmental archives", Kursk, Russia, August 10 –15, 2013, Moscow-Kursk, 2013: 27.
- Jankowski M., Budek A., Petera-Zganiacz J., Kittel P., Dzieduszyńska D., Twardy J., 2014 – Site Koźmin-Las. Paleosol sequence and remnants of the Weichselian Late Glacial forest in alluvial sediments of the Koło Basin. XIIIth International Symposium and Field Workshop on Paleopedology (ISFWP) "Paleopedological record of postglacial soil and landscape evolution", 1–6 September 2014 Toruń, Poland: 30-33.
- Klatkowska H., Załoba M., 1991 – Kształtowanie budowy geologicznej i rzeźby południowego obrzeżenia basenu uniejowskiego. W: W. Stankowski (red.), Przemiany środowiska geograficznego obszaru Konin-Turek. Instytut Badań Czwartorzędu UAM, Poznań: 33-44.
- Klatkowska H., Załoba M., 1992 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Warta. PIG, Warszawa.
- Klatkowska H., Załoba M., Forysiak J., 1996 – Nowy profil osadów plejstoceniowych w środkowej Polsce. III Konferencja „Stratygrafia plejstocenu Polski”, Wigry 2–4 września 1996 r.: 17.
- Klatkowska H., Czyż J., Załoba M., 1993 – Adamów-Smulsko. Pierwsze wyniki badań litostratygraficznych w odkrywce kopalni węgla brunatnego. Konferencja „Stratygrafia i paleogeografia zlodowaczenia warty”, Przewodnik terenowy, Łódź: 12-20.
- Kobojek E., 2009 – Naturalne uwarunkowania różnych reakcji rzek nizinnych na antropopre-



- sję na przykładzie środkowej Bzury i jej dopływów. Wyd. UŁ, Łódź: 204 s.
- Kondracki J., 1994 – Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne. PWN, Warszawa: 340 s.
- Krąpiec M., 2001 – Holocene dendrochronological standards for subfossil oaks from the area of Southern Poland. *Studia Quaternaria*, 18: 47-63.
- Lindner L., Marks L., 2012 – O podziale stratygraficznym kompleksu środkowopolskiego w plejstocenie Polski. *Przegląd Geologiczny*, 60: 36-45.
- Okupny D., Borówka R.K., Fortuniak A., Tomkowiak J., 2014 – Skład chemiczny osadów organicznych ze stanowiska Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 71-86.
- Pawłowski D., 2014 – Warunki ekologiczne rozwoju późnovistuliańskiego zbiornika Koźmin Las w świetle analizy Cladocera. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 65-70.
- Pawłowski D., Gruszka B., Gallas H., Petera-Zganiacz J., 2013 – Changes in the biota and sediments of glacial Lake Koźmin, Poland, during the late Saalian (Illinoian). *Journal of Paleolimnology*, 49: 679-696.
- Petera J., 2002 – Vistuliańskie osady dolinne w basenie uniejowskim i ich wymowa paleogeograficzna. *Acta Geographica Lodziensia*, 83: 164 s.
- Petera-Zganiacz J., 2007 – Osady rzeki plenivistuliańskiej w Koźminie. *Acta Geographica Lodziensia*, 93: 43-56.
- Petera-Zganiacz J., 2008 – Wiek i sposób wykształcenia struktur peryglacialnych w okolicach dużej rzeki na przykładzie stanowiska Koźmin. *Landform Analysis*, 9: 167-170.
- Petera-Zganiacz J., 2011 – Changes in the development of frost wedges in the middle Warta Valley deposits (central Poland). *Geologija*, 53: 15-20.
- Petera J., Forysiak J., 2003 – The last ice sheet extent in Central Poland. *Geological Quarterly*, 47(4): 574-578.
- Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., 2007 – Wymowa paleogeograficzna horyzontu kopalnych pni w osadach późnego vistulianu. *Acta Geographica Lodziensia*, 93: 57-66.
- Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Twardy J., Pawłowski D., Płóciennik M., Lutyńska M., Kittel P., w druku – Younger Dryas flood events: A case study from the middle Warta River valley (Central Poland). *Quaternary International*. <http://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.074>.
- Płaza D.K., Dzieduszyńska D., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Twardy J., 2013 – Late Palaeolithic settlement on the background of palaeogeography of the Warta river valley in the Koło Basin. Abstract book and field guide “Geoarchaeology of river valleys”, 13–15 May 2013, Kielce-Suchedniów (Poland), Kielce: 102-106.
- Płaza D.K., Twardy J., Kittel P., 2014 – Z badań nad schyłkowo paleolitycznym osadnictwem w Kotlinie Kolskiej. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 87-95.
- Płaza D.K., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Twardy J., w druku – Late Palaeolithic settlement in palaeogeographical context of the river valleys in the Koło Basin (Central Poland). *Quaternary International*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.058>.
- Spurk M., Kromer B., Peschke P., 1999 – Dendrochronologische, palynologische and Radiocarbon-Untersuchungen eines Waldes aus der Jungeren Tunderenzeit. *Quartär*, 49/50: 34-38.
- Stachowicz-Rybka R., Korzeń K., 2014 – Rozwój roślinności w późnym vistulianie oraz funkcjonowanie i zanik ekosystemu leśnego w stanowisku Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 53-63.
- Stankowska A., Stankowski W., 1988 – Maximum extent of the Vistulian Ice Sheet in the vicinity of Konin, Poland: a geomorphological, sedimentological and radiometric evidence. *Geographica Polonica*, 55: 141-150.
- Starkel L., Michczyńska D.J., Krąpiec M., Margielewski W., Nalepka D., Pazdur A., 2013 – Progress in the Holocene chronoclimatostatigraphy of Polish territory. *Geochronometria*, 40 (1): 1-21.
- Turkowska K., Forysiak J., Petera J., Miotk-Szpiganowicz G., 2000 – Morfogenezę powierzchni Kotliny Kolskiej w okolicach Koźmina. *Acta Geographica Lodziensia*, 78: 98-134.
- Turkowska K., Forysiak J., Petera J., Miotk-Szpiganowicz G., 2004 – A Warta River system during the Younger Dryas in the Koło Basin (Middle Poland). *Quaestiones Geographicae*, 23: 83-107.

## CHARACTERISTICS OF THE KOŹMIN LAS SITE

### SUMMARY

**Abstract.** Koźmin Las site is located in the well recognized area during the geological and geomorphological studies conducted since 90s of the last century in the outcrops of the Adamów JSC Lignite Mine in Central Poland. Since 2010 have been undertaken multiproxy investigations on the sediments with relicts of former riparian forest dated back at the Vistulian Lateglacial. Well-preserved tree trunks and *in situ* stamps from this period are rare on a European scale. Obtained results were the basis of palaeoenvironmental and palaeogeographical conclusions.

**Key words:** Koło Basin, middle Warta River valley, multidisciplinary investigations, subfossil forest

The Koźmin Las site ( $\varphi = 52^{\circ} 04' 52''$  N,  $\lambda = 18^{\circ} 40' 03''$  E; 97.5 a.s.l.) is situated in Central Poland, in the Koło Basin mezoregion. The last ice sheet cover was present there during the Odranian Glaciation, Warta Stage. The area is located in the middle section of the Warta River valley, within the geological unit, the so-called Uniejów Basin – the area, which is characterized by a tendency to subsidence determining the specificity of the morphological characteristics of the valley, expressed with its extension and the domination of the youngest surface. Monotonous valley surface is varied with river terraces, dry channels cut in the low terrace and Lateglacial and Holocene dunes. The Koźmin site lies on the low terrace (Fig. 1).

Previous studies in the Uniejów Basin were carried out by geomorphologists and geologists from the Łódź University since the 90ties of the XXth century and concerned lithostratigraphy of till horizons, fluvial problems and periglacial environment. Organic unit lying 2-3 m b.g.l., whose age was set at the Alleröd and Younger Dryas, became a subject of interest after finding within it a *in situ* tree trunk (Photo 1).

Assemblages of tree remains, including trunks, stumps, branches and roots were excavated in an open test peat of about 6x20 m (Fig. 2), with use of archaeological approach. The objectives of the studies at the Koźmin Las site were (1) to determine the conditions for the development and functioning of the riparian forest in the Warta valley, with particular emphasis on palaeoclimate, palaeohydrological relations in the valley, and paleoecology of the forest, (2) to identify the causes, conditions and consequences and the rate at which the destruction of the forest formations occurred. Also other problems were studied, such as chronology of sediments, Younger Dryas floods, palaeo-pedological problems, adaptation of the Late Palaeolithic hunters to changing environmental conditions.

The main content of this volume is a presentation of the results achieved on the basis of multidisciplinary studies and their palaeogeographical interpretation. Although the results contained are not complete, the editors hope to success in attempts to demonstrate the contribution of the conducted investigations to the knowledge on the Lateglacial environment at the over-regional scale.



## LITOLOGICZNA CHARAKTERYSTYKA OSADÓW W STANOWISKU KOŹMIN LAS I ICH INTERPRETACJA PALEOGEOGRAFICZNA

### ZARYS TREŚCI

W artykule omówiono cechy osadów odsłoniętych w stanowisku Koźmin Las i w stropie odkrywek kopalnianych KWB Adamów położonych w dolinie Warty w pobliżu centrum Kotliny Kolskiej. Osady podzielono na trzy ogniwa wydzielając w ten sposób: utwory rzeki roztokowej (ogniwo dolne – „a”), organiczne i mineralno-organiczne osady facji pozakorytowej rzeki jednokorytowej, najprawdopodobniej meandrującej (ogniwo środkowe – „b”) oraz aluwia wielokorytowej rzeki *ana-branching* typu 2 (ogniwo górne – „c”). Ponadto omówiono litologiczną charakterystykę utworów poszczególnych ogniwi, na którą składała się analiza strukturalna i teksturalna oraz wyniki badań koncentracji węgla organicznego, zawartości  $\text{CaCO}_3$ , odczynu oraz udziału krzemionki bio- i terygeniczej w materii mineralnej. Osady poszczególnych ogniwi przyporządkowano facjom utworów rzecznych. Na podstawie datowań  $^{14}\text{C}$  oraz OSL określono czas ich powstawania. Szczególną uwagę zwrócono na organiczne i mineralno-organiczne osady ogniwa środkowego („c”), zawierające świadectwa funkcjonowania formacji leśnej na dnie doliny Warty w późnym vistulianie. Osady zinterpretowano w kontekście przemian typu rozwinięcia koryta Warty w górnym plenivistulianie i późnym vistulianie po początku holocenu.

**Słowa kluczowe:** dolina rzeczna, aluwia, osady korytowe, osady pozakorytowe, późny vistulian, Polska Środkowa

### CEL I METODY BADAŃ

Oprócz wielu analiz paleoekologicznych przeprowadzonych na osadach pobranych ze stanowiska Koźmin Las, istotne było zbadanie od strony litologicznej osadów biogenicznych, a także utworów mineralnych, które podścielały i nakrywały serię organogeniczną. Litologiczne analizy osadów miały na celu określenie warunków sedymentacji w obszernym basenie rozlewiskowym, rozwiniętym w okresie późnego vistulianu w dolinie Warty. Miały również pomóc scharakteryzować przemiany środowisk sedymentacyjnych, które poprzedzały akumulację serii biogenicznej i następowały po niej. Ponieważ osady odsłonięte w ścianach wykopu w Koźminie nie pozwalały na uchwycenie wszelkich faktów związanych z kilkukrotną transformacją środowisk sedymentacyjnych i warunków sedymentacji w dolinie Warty, które zachodziły poczynając od górnego plenivistulianu po wczesny holocen, w pracy wykorzystano także wyniki badań litologicznych, prowadzonych przez Turkowską i in. (2000, 2004) oraz Peterę (2002) i Peterę-Zganiacz (2007) na obszarze dna Kotliny Kolskiej.

Miejsce opróbowania profilu litologicznego Koźmin Las uwidocznił na rysunku 2 (sygnatura 7), zamieszczonym w pracy Dzieduszyńskiej i Twardego (2014, w tym tomie). Do badań teksturalnych osadów zastosowano analizę sitową (dla frakcji żwirowej i piaszczystej), połączoną z analizą areometryczną dla frakcji drobniejszych. Dla piasków i żwirów stosowano zestaw sit z interwałem 1-1,25 phi, a dla frakcji piaszczystych sita zagęszczono do interwału 0,5 phi. Następnie obliczono wskaźniki uziarnienia Folka i Warda oraz opracowano zgodnie z sugestiami Mycielskiej-Dowgiałło (1995) zestawienia wybranych parametrów, tzn. relacji średnich średnic ziaren do wysortowania osadu ( $M_z/\delta_i$ ) oraz średnich średnic ziaren do skośności rozkładu uziarnienia ( $M_z/Sk_f$ ). Analizy litologiczne przedstawiane w niniejszej pracy przeprowadzono w myśl tej samej metody w Laboratorium Katedry Geomorfologii i Paleogeografii Uniwersytetu Łódzkiego. Strukturalną analizę osadów oparto o tzw. kod litofacjalny (Miall 1978) z modyfikacjami Zielińskiego (1995, 1998) oraz Zielińskiego i Pisarskiej-Jamroży (2012).

\* Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, e-mail: [twardy@geo.uni.lodz.pl](mailto:twardy@geo.uni.lodz.pl).

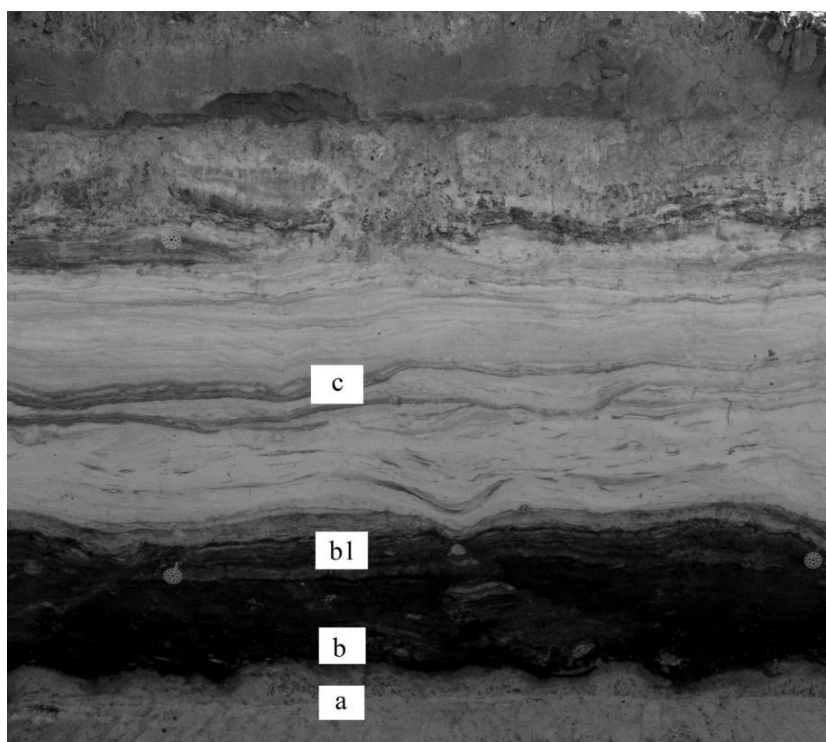
## CECHY LITOLOGICZNE OSADÓW I ICH INTERPRETACJA

W ścianach wykopu odsłonięto trójdzieloną sekwencję osadów mineralnych i biogenicznych o blisko trzymetrowej metrowej miąższości (fot. 1). Cały profil reprezentuje osady kopalnego dna dużej doliny rzecznej, które kształtowały się głównie w środowisku rzeczonym, a także – okresowo – w środowisku jeziornym (w płytkim zbiorniku rozlewiskowym). Wśród omawianych osadów zarysowuje się przynależność do trzech subśrodowisk sedymentacyjnych górnoplenivistuliańskiej i późnovistuliańskiej Warty:

- mineralne osady ogniwa dolnego (oznaczone sygnaturą „a” na fot. 1 oraz rys. 2 i 3, uwzględnione także w części „A” rys. 1), które odpowiadają górnoplenivistuliańskiej i być może także częściowo późnovistuliańskiej rzece roztokowej,
- organiczne i organiczno-mineralne osady ogniwa środkowego (oznaczone sy-

gnaturami „b” i „b1” na fot. 1 oraz na rys. 2 i 3, uwzględnione także w części „E” rys. 1), zawierające świadectwa funkcjonowania lasu na dnie Kotliny Kolskiej, odpowiadające środowisku sedymentacyjnemu późnovistuliańskiej (alleröd – młodszy dryas) rzeki jednokorytowej, najprawdopodobniej meandrującej,

- mineralne osady ogniwa górnego z domieszkami organicznymi (oznaczone jako „c” na fot. 1 oraz „c” i „c1” na rys. 2 i 3, uwidocznione także w części „E” rys. 1), odpowiadające facji pozakorytowej środowiska późnovistuliańskiej (młodszy dryas), wielokorytowej Warty – rzeki *anabran-ching* typu 2 (Turkowska i in. 2000; Petera 2002).



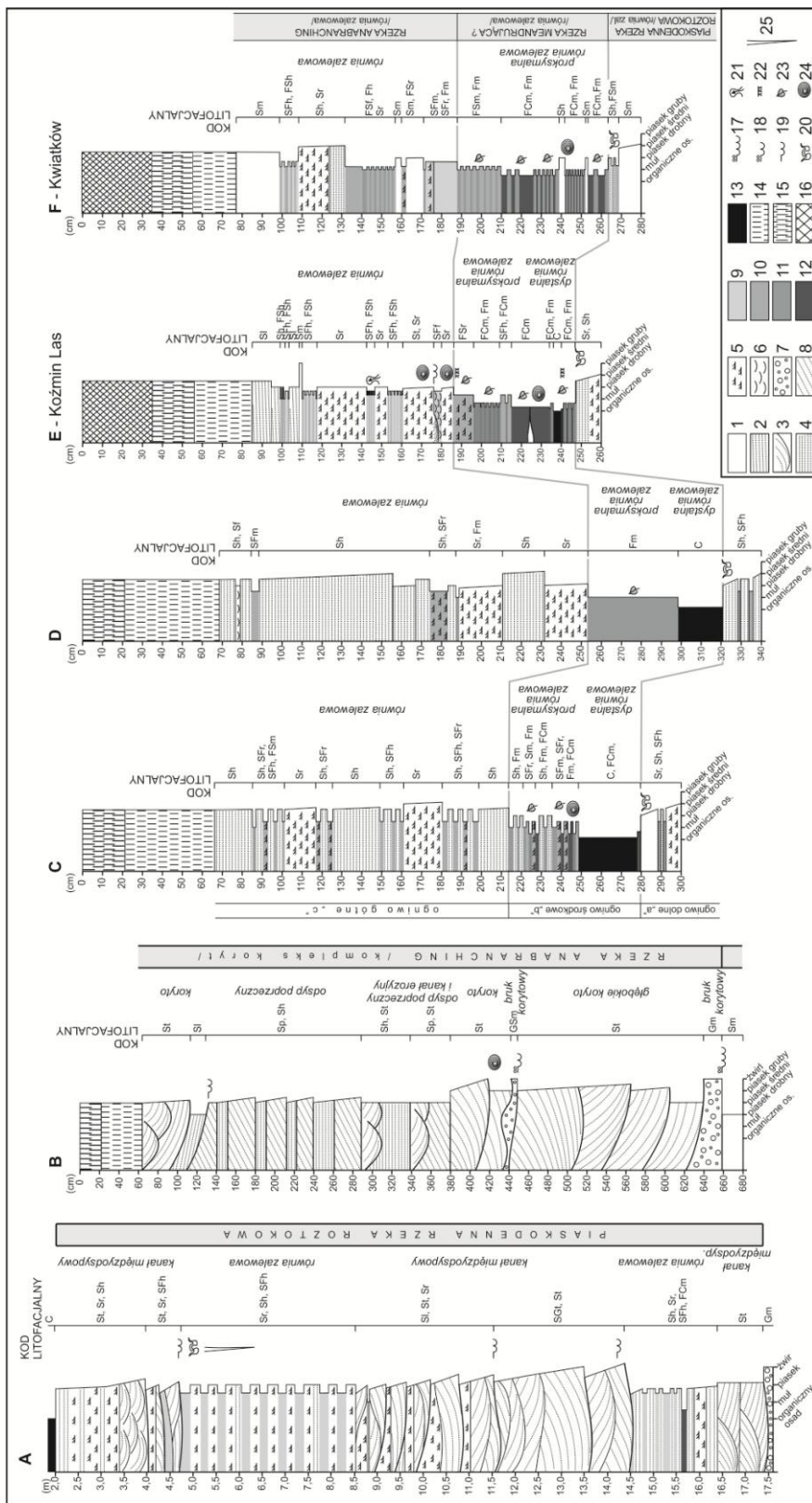
fot. J. Petera-Zganiacz, 2012

Fot. 1. Profil osadów odsłoniętych w stanowisku Koźmin Las

a – ogniwo dolne (aluwia rzeki roztokowej); b – ogniwo środkowe (utwory organiczne, facja dystalnej równi zalewowej); b1 – ogniwo środkowe (utwory mineralno-organiczne, facja proksymalnej równi zalewowej); c – ogniwo górne (aluwia wielokorytowej rzeki *anabran-ching* typu 2, facja powodziowa)

Sedimentary sequence exposed at the site Koźmin Las

a – lower unit (braided river alluvia); b – middle unit (organic deposits, distal floodplain facies); b1 – middle unit (mineral-organic deposits, proximal floodplain facies); c – upper unit (multichannel river alluvia, overbank facies)



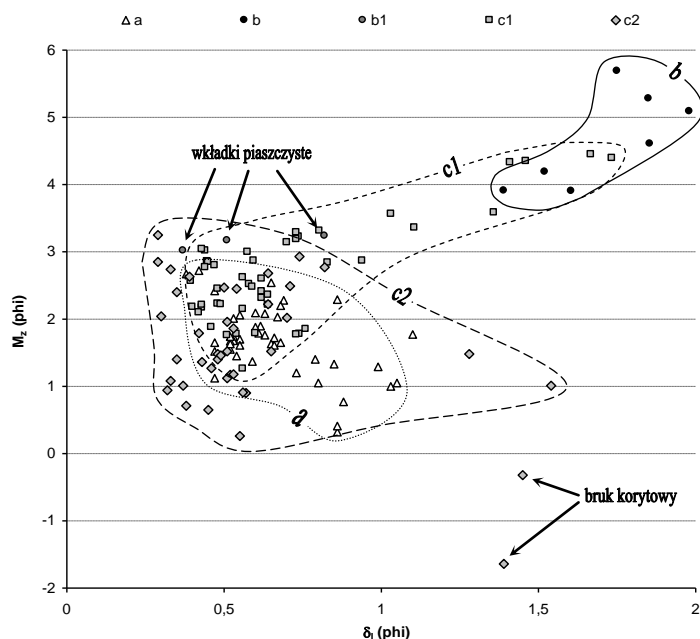
sporządziła: J. Petera-Zganiacz, 2014

Rys. 1. Przykłady litosomów osadów dna dolnego górnopleniwistulianskiej i późnowistulianskiej Warty

1 – struktura masywna, 2 – małątkowe warstwowanie przekątne, 3 – rynnowe warstwowanie przekątne, 4 – warstwowanie poziome, 5 – przekątna laminaция riplemarkowa, 6 – laminaция smużysta, 7 – struktura masywna we frakcji zwirowej, 8 – płaskie warstwowanie przekątne, 9 – murek mułkowy, 10 – piasek mułkowy, 11 – murek, 12 – mul organiczny, 13 – torf, 14 – osad bezstrukturalny, zmieniony przez procesy glebowe, 15 – warstwa próchniczna, 16 – halda, 17 – rozległa powierzchnia erozyjna z brukiem, 18 – powierzchnia erozyjna z brukiem, 19 – lokalna powierzchnia erozyjna, 20 – struktury niestatecznego warstwowania gęstościowego, 21 – struktury ucieczkowe, 22 – poziom glebowy, 23 – drobne szczątki roślinne, 24 – szczątki drzew, 25 – struktury kontrakcji termicznej

Fig. 1. Lithosomes of floodplain deposits of the Upper Plenivistulian and Late Vistulian Warta River

1 – massive structure; 2 – low-angle cross-stratification; 3 – trough cross-stratification; 4 – horizontal stratification; 5 – ripple cross-lamination; 6 – flaser lamination; 7 – massive structure in gravels; 8 – planar cross-stratification; 9 – sandy silt; 10 – silty sand; 11 – silt; 12 – organic silt; 13 – peat; 14 – structureless deposits, transformed by soil processes; 15 – humus; 16 – dump; 17 – extensive erosional contact with pavement; 18 – erosional contact with pavement; 19 – erosional contact; 20 – water escape structures; 21 – thermal contraction structures; 22 – soil horizons; 23 – fine plant remains; 24 – tree remains; 25 – thermal contraction structures

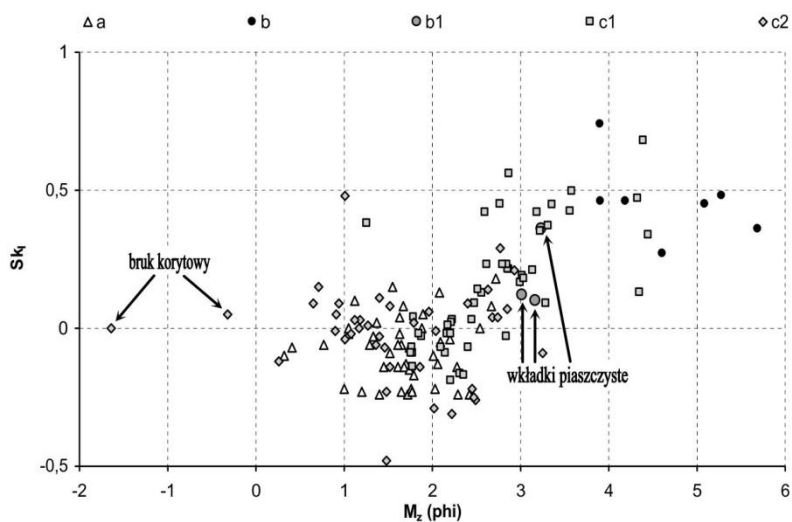


Rys. 2. Relacja średnich średnic ziaren ( $M_z$ ) i wysortowania ( $\delta_1$ ) osadów dna dolinnego górnoplenivistuliańskiej i późnovistuliańskiej Warty

a – ogniwo dolne (aluwia rzeki roztokowej); b – ogniwo środkowe (utwory organiczne, facja dystalnej równi zalewowej); b1 – ogniwo środkowe (utwory mineralno-organiczne, facja proksymalnej równi zalewowej); c – ogniwo górne (aluwia wielokorytowej rzeki *anabranching* typu 2, facja powodziowa); c1 – utwory j.w., facja korytowa

Relationship between mean grain size ( $M_z$ ) and sorting degree ( $\delta_1$ ) of deposits of the Upper Plenivistulian and Late Vistulian Warta River

a – lower unit (braided river alluvia); b – middle unit (organic deposits, distal floodplain facies); b1 – middle unit (mineral-organic deposits, proximal floodplain facies); c – upper unit (multichannel river alluvia, overbank facies); c1 – upper unit (channel facies)



Rys. 3. Relacja średnich średnic ziaren ( $M_z$ ) i skośności rozkładu uziarnienia ( $Sk_1$ ) osadów dna dolinnego górnoplenivistuliańskiej i późnovistuliańskiej Warty

objaśnienia jak do rys. 2

Relationship between mean grain size ( $M_z$ ) and skewness ( $Sk_1$ ) of deposits of the Upper Plenivistulian and Late Vistulian Warta River

for explanation see Fig. 2

### Osady ogniwa dolnego („a”)

W stanowisku Koźmin Las osady stanowiące podłoże dla serii organicznej („b”), były odsłonięte jedynie w swej stropowej części. Ich cechy litologiczne oraz wiek poznano wcześniej w wielu profilach odsłaniających się wraz z postępami eksploatacji węgla brunatnego w odkrywkach KWB „Adamów” (por. Dzieduszyńska, Twardy 2014, w tym tomie; Petera-Zganiacz, Andrzejak 2014, w tym tomie). Z tych też stanowisk pochodzą wyniki badań struktury i uziarnienia osadów przedstawione na rysunkach 1, 2 i 3. Petera-Zganiacz (2007) wykazała, iż log litofacjalny, obrazujący analizowane osady do głębokości co najmniej 14,3 m (rys. 1, część „A”), wskazuje na zazębienie się litofacji kanałów międzyodsypowych (III i IV jednostka sedymentacyjna) z osadami równi pozakorytowej (V jednostka sedymentacyjna) oraz odsypu poprzecznego piaskodennej rzeki roztokowej (VI jednostka sedymentacyjna). Osady dwóch dolnych jednostek sedymentacyjnych mogły powstać w środowisku zarówno rzeki meandrującej, jak i roztokowej. Dynamika środowiska sedymentacyjnego plenivistuliańskiej roztoki generalnie zmniejszała się z czasem – kanały międzyodsypowe wypływały się stopniowo, przepływy kształtujące równię pozakorytową zmniejszały się, malała też głębokość przepływu nad odsypem poprzecznym, wieńczącym całą sekwencję osadów. W kanale międzyodsypowym panował przepływ podkrytyczny (górną część dolnego ustroju prądu) o czym świadczą powszechnie występujące litofacje GSt, St, Sl. Jego dno było pokryte megaripplemarkami i niskimi, rozmywanymi ripplemarkami. Podczas akumulacji dwóch stropowych jednostek sedymentacyjnych dochodziło do znaczniejszego zróżnicowania ustroju prądu od podkrytycznego do okresowo nadkrytycznego; pojawiły się warstwowania horyzontalne piasków (Sh), charakterystyczne dla tzw. górnego płaskiego dna.

Piaszczysto-żwirowy materiał osadów ogniwa dolnego jest stosunkowo mało zróżnicowany – średnia średnica ziaren oscyluje od 0,32 do 2,77 phi (rys. 2, sygnatura „a”). Dominuje wysortowanie średnie, nieliczne próbki wykazały wysortowanie dobre (od 0,39 phi), a także słabe (do 1,1 phi). W relacji średnich średnic ziaren ( $M_z$ ) i wysortowania ( $\delta_1$ ) zaznacza się tendencja do pogarszania wysortowania wraz ze zwiększaniem się średnich średnic ziaren, co odpowiada w klasyfikacji Mycielskiej-Dowgiałło (1995) układowi I, charakterystycznemu między innymi dla utworów aluwialnych facji korytowej. Stosunkowo słaby

związek obu parametrów uziarnienia ( $R^2=0,26$ ) wynika ze wspólnego potraktowania w kategorii „a” osadów pochodzących z wypełnień kanałów rzeki roztokowej oraz odsypów poprzecznych. Skośność ujemna (od  $-0,24$ ) nieznacznie przeważa nad dodatnią (do  $+0,15$ ), co oznacza częściej występującą i istotniejszą domieszkę frakcji bardziej gruboziarnistych od frakcji modalnej (rys. 3, sygnatura „a”). Osady ogniwa dolnego są bezwęglanowe i niemalże wyłącznie mineralne. Składane były przez piaskodenną rzekę roztokową o umiarkowanej dynamice, lecz z mobilnym układem kanałów międzyodsypowych. O umiarkowaniu dynamiki górnoplenivistuliańskiej roztoki w Koźminie mógł decydować fakt składania osadów w rozszerzeniu dna dolinnego. W tych warunkach łatwo dochodziło do rozpraszania przepływów w sieci bardzo licznych kanałów.

W odsłonięciach KWB „Adamów” zauważono, że strop osadów ogniwa dolnego tworzy względnie wyrównaną i monotonną, lekko pochyloną ku N i NNW powierzchnię, położoną przeważnie na głębokości 2–2,5 m p.p.t. Drobnoskalowe (w kontekście skali odsłonień KWB „Adamów”) urozmaicenia tego stropu stanowią różnorodne struktury deformacyjne, głównie o charakterze inwolucji, ukształtowane postsedymentacyjnie na kontakcie osadów ogniwa dolnego i środkowego (fot. 2).

Wiek osadów ogniwa „a” zawiera się pomiędzy około 30 tysięcy lat BP (horyzont rozciętych mułów organicznych – por. Petera 2002), a najstarszym wynikiem datowania radiowęglowego grubego pnia ( $11\ 850 \pm 80$  lat BP – Dzieduszyńska i in. 2011), który odnaleziono w strefie kontaktu ogniwa „a” i „b”.

### Osady ogniwa środkowego („b” i „b1”)

Organiczne i organiczno-mineralne osady ogniwa środkowego wypełniają płytki basen sedymentacyjny, uformowany w późnym vistulianie na dnie dolinnym (por. Petera-Zganiacz, Andrzejak 2014, w tym tomie). Na ścianach odkrywek kopalni KWB „Adamów” seria była widoczna w postaci poziomego kontynuującego się na głębokości około 2–2,5 m p.p.t. (Dzieduszyńska, Twardy 2014, w tym tomie). W stanowisku Koźmin Las osady te miały miąższość od około 0,35 m (NE część wykopu) do 0,5–0,6 m (SW część wykopu). Ciągłość osadów ogniwa środkowego została poprzerywana erozyjnie przez rzekę wielokorytową. W osadach ogniwa „b” zawarty jest gruby detrytus drzewny (por. części „C”, „E” i „F” rys. 1). Wy-



brane analizy paleoekologiczne wykonane na utworach ogniwa „b” przedstawione są w innych częściach niniejszego tomu.

Osady ogniwa „b” są dwudzielne – w spągu zaznacza się kilkunastocentymetrowej miąższości warstwa mułów organicznych (oznaczenie „b” na fot. 1 oraz rys. 2 i 3), a ponad nimi złożone zostały warstwowane osady mineralno-organiczne, miejscami o cechach rytmu (oznaczenie „b1”). Zalegające w spągu ogniwa „b” muły organiczne barwy czarnej, czarno-szarej i brunatno-czarnej, zostały złożone najczęściej wprost na piaszczystych aluwiach ogniwa dolnego („a”). Muły są przeważnie masywne (litofacje C, FCm, Fm). W świetle kryteriów przedstawionych przez Zielińskiego (1998) tworzyły się one w warunkach braku przepływu, na dnie o płaskiej konfiguracji

lub w warunkach bardzo słabego przepływu podkrytycznego, w dolnej części ustroju prądu. Pewne partie zbiornika mogły się okresowo wypłycać i pojawiały się wówczas warunki do akumulacji torfu. W warstwie tej zaznacza się szybki wzrost koncentracji materii organicznej od 16,2% w spągu do 36,6% pośrodku warstwy oraz wskaźnika odczynu pH (odpowiednio od 6,6 do 6,8–6,9). Muły są generalnie bezwęglanowe, za wyjątkiem skokowego wzrostu koncentracji  $\text{CaCO}_3$  do 1,45% w środkowej części warstwy, pochodzącej najprawdopodobniej od silnie rozdrobnionych skorupki mięczaków. W materii mineralnej pojawia się krzemionka biogeniczna, której zawartość na głębokości 2,31–2,42 m oscyluje około 2% (Okupny i in. 2014, w tym tomie).



fot. J. Twardy, 2013

Fot. 2. Stanowisko Kwiatków. Postsedymentacyjnie zaburzony kontakt osadów ogniwa dolnego („a”) i środkowego („b”)

Site Kwiatków. Postsedimentary deformations between deposits of the lower (“a”) and middle (“b”) units

Materiał budujący subogniwo „b” jest najbardziej drobnziarnisty w skali profilu – średnia średnica ziaren zawiera się pomiędzy 3,9 a 5,69 phi (rys.2, sygnatura „b”). Wyszortowanie jest słabe (1,39–1,98 phi), a pogarszaniu się wysortowania towarzyszy spadek średniej średnicy ziaren. Związek obu statystycznych parametrów uziarnienia jest stosunkowo silny ( $R^2=0,53$ ), można zatem powiedzieć, że utwory subogniwa „b” odpowiadają tzw. układowi II, który w przy-

padku środowisk prądowych cechuje utwory wezbraniowe (Mycielska-Dowgiałło 1995). Skośność rozkładu uziarnienia (rys. 3) jest wyłącznie silnie dodatnia (od 0,27 do 0,74), co wskazuje na obecność istotnych domieszek bardziej drobnziarnistych od frakcji modalnej, w tym przypadku domieszek ilastych i koloidalnych. Utworów subogniwa „b” nie można łączyć wprost z akumulacją rzeczną. Powstały one w środowisku o bardzo małej dynamice, we

względnie stabilnym, płytkim i rozległym rozlewisku Warty, rozciągającym się na kilkunastu km<sup>2</sup> na dnie Kotliny Kolskiej (por. Petera-Zganiacz, Andrzejak 2014, w tym tomie). Zbiornik ten mógł być zasilany przede wszystkim dolinnymi wodami gruntowymi, przesiąkającymi do niego ze strefy koryta/koryt (?) Warty oraz wodami z topnienia pokrywy śnieżnej i lodu wodnego, a także wodami opadowymi. Nie jest wykluczone, że duże znaczenie dla jego stabilności mogła odgrywać regenerująca się wyspowa zmarzlina wieloletnia lub głębokie, sezonowe przemarzanie gruntu. Mogą o tym świadczyć niektóre rodzaje struktur deformacyjnych (szczególnie involucje typu *flat-bottomed*), rozwinięte na kontakcie subogniwa „b” i ogniwa dolnego („a”). Przede wszystkim na podstawie obrazu strukturalnego, lecz także drobnoziarnistości utworów, osady subogniwa „b” powiązane ze środowiskiem dystalnej równi zalewowej rzeki jednokorytowej, najprawdopodobniej meandrującej (rys. 1).

Nadległe subogniwo („b1” na fot. 1 oraz rys. 2 i 3) stanowią bardziej zróżnicowane osady organiczne i mineralno-organiczne. W profilu ze stanowiska Koźmin Las występują one na głębokości od około 2,15 do 2,0–1,9 m. Są reprezentowane przez laminowane i masywne, warstwowane horyzontalnie i subhoryzontalnie muły organiczne, muły mineralno-organiczne, a także bardzo drobnoziarniste piaski mulaste. Występuje tu materiał mułowy, złożony w postaci litofacji Fm i FCm, piaszczysto-mułowy (litofacje FSm, FSr) oraz piaszczysty (litofacje SFm, SFr, SFh, Sr, Sh i Sm). Dynamika środowiska sedymentacyjnego była okresowo nieco większa – litofacje można wiązać z przepływami podkrytycznymi, zachodzącymi w dolnej części dolnego ustroju prądu (Zieliński 1998). Rytm wielokrotnie przelawicających się mułów i piasków jest drobny – często warstwy osiągają jedynie kilka milimetrów miąższości (por. stanowisko Kwiatków – rys. 1, część „F”). Osady subogniwa „b1” w częściach pomiędzy kopalnymi pniami ułożone są horyzontalnie, natomiast w pobliżu i ponad pniami, a szczególnie ich nagromadzeniami, warstwy są postsedymentacyjnie zdeformowane, co zapewne wynika z osiadania osadów w sąsiedztwie przeszkód (pni drzew, karp). W trakcie przecinania takiej deformacji podczas prac w wykopie, na powierzchni poziomej ukazywał się okrąg lub figura do niego zbliżona. Niejednokrotnie w podłodze wykopu widoczne były figury o kształcie przypominającym wydłużone elipsy o orientacji SSE-NNW, tj. w generalnych zarysach odpowiadające głównemu kierun-

kowi odwodnienia Kotliny Kolskiej (fot. 3). Można wnioskować, że struktury tworzyły się w cieniach sedymentacyjnych przeszkód, czyli pionowo tkwiących karp drzew oraz obłamanych pni. Wskazuje to, że w zbiorniku w którym następowała sedymentacja utworów subogniwa „b1”, występował już słaby przepływ i doszło do silniejszego powiązania z korytem/strefą korytową (?) Warty. Uzasadnia to zaliczenie omawianych osadów do środowiska proksymalnej równi zalewowej. Zaobserwowane ślady oddziaływania prądu mogły być zarówno efektem przysunięcia się koryta/strefy korytowej w pobliżu stanowiska Koźmin Las, jak i wzrostu stanów wód Warty i jej przepływów pozakorytowych. Inaczej mówiąc, środowisko proksymalnej równi zalewowej mogło się jedynie przemieścić przestrzennie na dnie dolnym (efekt naturalnej migracji koryta/strefy korytowej), jak i przestrzennie rozszerzyć (efekt wzrostu przepływów). Warunkiem rozstrzygnięcia powyższego problemu jest odszukanie w przyszłości koryta lub strefy korytowej Warty z omawianego okresu w osadach dna dolnego. Wiadomo na pewno, że strefa ta musiała być stosunkowo wąska i przesunięta ku wschodniej części dna Kotliny Kolskiej, ponieważ nie stwierdzono jej w szerokiej na 4–5 km zachodniej części Kotliny. Wspomniane zmiany w zasilaniu zbiornika, polegające na zwiększeniu się udziału wód rzecznych, nakazują ostrożność w paleoekologicznych interpretacjach górnej części profilu Koźmin Las. Zachodzą obawy o domieszanie do utworów akumulujących się *in situ* różnorodnych mikro- i makrofosyliów przetransportowanych wodami rzecznyymi (por. Stachowicz-Rybka, Korzeń 2014, w tym tomie; Pawłowski 2014, w tym tomie). Podobne zastrzeżenie można wysunąć w stosunku do osadów poddanych datowaniu radiowęglowemu.

Dane teksturalne osadów subogniwa „b1” poświadczają tezę, że podczas ich akumulacji doszło do wzrostu i większego zróżnicowania dynamiki w ośrodku transportowym. Średnia średnica ziaren materiału, z którego zbudowane jest subogniwo „b1” (rys. 2) zawiera się pomiędzy 3,0 a 3,25 phi, wysortowanie jest wyraźnie lepsze (0,37–0,82 phi) niż w przypadku głębiej zalegających mułów („b”). Skośność nie ma już tak wyraźnie dodatniego charakteru (0,1–0,35). W osadach subogniwa „b1” zawarte są cienkie wkładki piasków (fot. 4), co świadczy o zakłóceniu dotychczas spokojnej sedymentacji w rozlewisku Warty przez pierwsze, początkowo niewielkie powodzie i wezbrania.



*fol. J. Petera-Zganiacz, 2012*

Fot. 3. Cienie sedymentacyjne wskazujące kierunek przepływu, odsłonięte na powierzchni horyzontalnej w wykopie Koźmin Las

Sedimentary shadows indicating flow direction, exposed in plan in the test pit at the site Koźmin Las



*fol. J. Petera-Zganiacz, 2012*

Fot. 4. Wkładka piaszczysta w osadach ogniwa środkowego („b”), złożona w pobliżu subfosylnego pnia drzewa

Sandy insert within deposits of the middle unit („b”), close to the subfossil tree trunk

Przejście osadów subogniwa „b1” w nadległe osady ogniwa górnego („c”) ma zróżnicowany charakter – miejscami kontakt obu serii osadów jest ostry (por. rys. 1, część „D”), w innych miejscach bardziej stopniowy i rozmyty, zastąpiony strefą wielokrotnie przelawicających się litofacji FSm i Fm z litofacjami SFr, Sh i S, (rys. 1, części „C” i „F”). Towarzyszy temu drastyczny spadek (o rząd wielkości) zawartości materii organicznej (do 3,6%), skorelowany z nieznacznym spadkiem pH (do 6,3). Odnotowano także (Okupny i in. 2014, w tym tomie) spadek udziału krzemionki biogenicznej w materii mineralnej od około 1% na głębokości 2,26 m do 0% na głębokości 2,1 m. W zależności od położenia odsłonięcia sedimentacja organiczna mogła być gwałtownie lub stopniowo zastępowana sedimentacją mineralną.

Oprócz omówionych już wcześniej struktur depozycyjnych (cienie sedimentacyjne) i post-

depozycyjnych (z osiadania) w osadach stropu subogniwa „b1” zaznaczają się także struktury nieciągłe o charakterze erozyjnym i deformacyjnym (fot. 5). Ich amplituda obejmuje zwykle kilkanaście centymetrów, zarysy struktur obserwowane zarówno na ścianach wykopu, jak i na powierzchniach horyzontalnych były zróżnicowane. W górnym horyzoncie deformacji występowały:

1. wąskie bruzdy o silnie nachylonych lub pionowych ścianach,
2. workowate w kształcie kieszenie lub bruzdy o przewieszonych ścianach,
3. nieregularne, szerokie kieszenie z warstwami poddartymi ku górze,
4. płytkie, niewielkie, kilkunastocentymetrowe wklęsłe struktury o okrągłym, eliptycznym lub sercowatym zarysie w planie.



fot. J. Petera-Zganiacz, 2012

Fot. 5. Struktura deformacyjna o poddartych warstwach w stropie osadów ogniwa środkowego („b”)

Deformation structure of recurvated layers at the top of the middle unit (“b”)

W nawiązaniu do literatury (Allen 1997; Fornos i in. 2002; Fanelli i in. 2007) struktury poz. 4 i mniejsze ze struktur poz. 3 zinterpretowano wcześniej jako ślady zwierząt (Dzieduszyńska i in. 2012). Część struktur, wyszczególnionych wyżej jako poz. 1 i poz. 2, może

wynikać z procesów okresowego odwodnienia zbiornika rozlewiskowego, szczególnie tych, które okazały się ciągłe i kręte w planie. W myśl takiej interpretacji sieć odwodnienia miała charakter błędzących, płytkich strug, zapewne utworzonych z udziałem termoerozji (charaktery-

styczne przewieszenie warstw w górnej części struktur). Niewykluczone, że niektóre ze struktur wyszczególnionych pod poz. 1 mogły później pełnić rolę inicjalnych rozcięć, przekształcających się pod wpływem erozji rzecznej w małe i kręte koryta wielokorytowej Warty. Inne ze struktur można powiązać z bardziej zdecydowanymi procesami kolapsu osadów w pobliżu sztywnych ciał, jakimi były pnie drzew i karpy, co mogło wywoływać zerwanie ciągłości warstw. Najtrudniejsze do zinterpretowania są struktury, które w swych brzeżnych, górnych częściach cechują się poddarcie warstw ku górze. Związane są one z działaniem sił skierowanych finalnie w górę, wywołujących deformację warstwy i jej poddarcie (Allen 1977). Siły takie mogą zrodzić się w układzie horyzontalnym, co następuje powszechnie na przykład podczas rozsadzania przemarzniętych gruntów w blokach poligonalnych pomiędzy szczelinami kontrakcji termicznej. Wypychanie osadów ku górze może też być konsekwencją siły skierowanej w dół – reakcją na nacisk będzie lateralne przesunięcie masy osadów połączone z przemieszczeniem części z nich ku górze. Zaznaczyć należy, że żadnych ze struktur wieńczących strop ogniwa „b1” nie można powiązać z klinami lodowymi. Działające ku górze siły występowały zapewne podczas wrywania z osadów racic zwierząt poruszających się po słabo skonsolidowanym, błotnistym i grząskim dnie rozlewiska. Niektóre ze struktur – wyszczególnione wyżej pod poz. 3 – swymi rozmiarami przekraczają jednak wielkości śladów pozostawianych przez racice ssaków. Niewykluczone jest zatem, że charakterystyczne poddarcie warstw ku górze ukształtowało się wskutek wrywania niektórych pni drzew lub ich fragmentów przez spływające kry. Może to być także efektem przemieszczania się na wiosnę dużych tafli lodu wodnego, w które od spodu wmarzły wyższe pniaki.

Wiek osadów ogniwa środkowego zawiera się pomiędzy najstarszym uzyskanym wynikiem  $^{14}\text{C}$  (11 850 ± 80 lat BP), a wynikiem najmłodszego datowania stropu tego ogniwa (9 240 ± 80 lat BP). Podkreślić należy, że w świetle analizy palinologicznej data pochodząca ze stropu osadów wydaje się być odmłodzona, ponadto zachodzi obawa o redepozycję stropowych warstw ogniwa środkowego (analiza makroszczałków – por. Stachowicz-Rybka, Korzeń 2014, w tym tomie). Z kolei nowsze wyniki datowania spągu serii organicznej wydają się być uzależnione od rzędnej terenu miejsc, w których pobierano próbki – im niższa rzędna (94,5 m n.p.m.)

tym starszy wynik (10 870 ± 170 lat BP) i odpowiednio – im wyższa rzędna (95,5 m n.p.m.) tym młodszy wynik (10 680 ± 90 lat BP).

### Osady ogniwa górnego („c”)

Osady ogniwa górnego „c” tworzą dwu- dwuipółmetrowej miąższości pokrywę przykrywającą serię organiczną (rys. 1, części „C” – „F”). Jak to stwierdzono powyżej, wyróżniano je od dawna w odkrywkach kopalni jako rozległą serię aluwialną, budującą powierzchnię topograficzną terasy niższej z młodszego dryasu. Osady ogniwa górnego wykształcone są w facji pozakorytowej (oznaczenie „c” na fot. 1 oraz rys. 2 i 3), a znacznie rzadziej także korytowej (oznaczenie „c1” na rys. 2 i 3 oraz „B” na rys. 1). W stanowisku Koźmin Las występowały utwory tylko pierwszej z wymienionych facji. Należy zauważyć, iż brak facji korytowej był jedną z istotnych przesłanek lokalizacji wykopu, albowiem w strefie kopalnych koryt rzecznych niejednokrotnie doszło do zerodowania serii organicznej („b”), a także stropu starszych aluwii („a”). Osady ogniwa górnego („c”) wykształcone w facji powodziowej zbudowane są z warstwowanych piasków drobno-, średnio- i gruboziarnistych, a także piasków mulastych z dobrze czytelnymi cechami strukturalnymi. Jedyne struktura stropowych 60–90 cm osadów jest zartata przez procesy glebowe. W budowie ogniwa górnego dominują litofacje warstwowań płaskich i ripplemarkowych (Sh i Sr), które są przeławicane materiałem bardziej drobnoziarnistym (litofacje SFh, SFr, FSr, Fh, Fm). Charakterystyczne są wielozestawy warstw rozpoczynające się złożeniem horyzontalnie warstwowanych piasków i zwieńczone piaskami z warstwowaniami ripplemarkowymi, a także mułami piaszczystymi. Nastęstwo litofacji Sh–Sr–FSh–Fh pozwala identyfikować cykle charakterystyczne dla piaszkodennych rzek o wielokorytowym rozwinięciu (Zieliński 1998). W osadach ogniwa górnego czytelne są trzy fazy sedymentacji, poczynając od tzw. górnego płaskiego dna (Sh, Sf, Sl), poprzez ripplemarkową (Sr, SFr, FSr), aż do dolnego płaskiego dna (Fh). Nie zidentyfikowano jedynie fazy sedymentacji antywydmowej, do czego mogła przyczynić się względna drobnoziarnistość osadów wezbraniowych oraz stosunkowo niska prędkość przepływu. Osady źródłowe, to znaczy aluwia piaskodennej rzeki roztokowej z górnego plenivistulianu lub początków późnego vistulianu (ogniwo „a”), zawierają stosunkowo niewiele frakcji psefitowej. Podkreślić

należy, że odsłonięcie Koźmin Las jest położone w odległości aż 8 km od najbliższego stoku, z którego Warta mogłaby zaczerpnąć materiał zasadniczo bardziej gruboziarnisty niż piasek. Względnie niska prędkość przepływu jest pochodną niewielkich spadków na dnie Kotliny (Peters-Zganiacz, Andrzejak 2014, w tym tomie). Przewaga litofacji Sh w osadach ogniwa górnego (por. rys. 1) wskazuje na wyraźny wzrost dynamiki środowiska rzeczno-transportu materiału odbywał się przy przepływach nadkrytycznych, w górnym ustroju prądu (Zieliński 1998). Dominowały zalewy warstwowe, których skalę trudno przecenić – z rozprzestrzenienia omawianych osadów można wnioskować, że wody powodziowe spływały szerokim frontem, zatapiając na pewien czas całe lub niemal całe dno Kotliny. Środowisko takie jest charakterystyczne dla rzek okresowych z gwałtownymi, katastrofalnymi powodziąmi (Miall 1985). Termin „rzeka okresowa”, przeniesiony na młodszodryasową Wartę, należy odnosić do jej ówczesnego śnieżnego reżimu, najprawdopodobniej bardzo silnie wyrażonego. Przez większą część roku odpływu nie było zupełnie wskutek zamarznięcia wód rzecznych. Odpływ pojawiał się raptownie i koncentrował się silnie podczas krótkiego lata – w ciągu zaledwie paru procent trwania roku spływało zapewne blisko 100% wód.

Materiał budujący ogniwo górne („c”) należy pod względem uziarnienia do frakcji psamitowej i aleurytowej ( $M_z$  od 1,26 do 4,45 phi, por. rys. 2, sygnatura „c1”). Wysortowanie jest bardzo zróżnicowane – od dobrego ( $\delta_f=0,4$  phi), poprzez średnie do słabego (1,73 phi). Wysortowanie pogarsza się wraz z drobnieniem ziarna, co wskazuje na zaznaczanie się tzw. układu I, charakterystycznego dla utworów wezbraniowych (Mycielska-Dowgiałło 1995). Statystyczny związek obu dyskutowanych parametrów uziarnienia jest stosunkowo silny ( $R^2=0,58$ ). Dodatnia skośność rozkładu uziarnienia ( $Sk_I$  do +0,68) wyraźnie przeważa nad ujemną ( $Sk_I=-0,19$ ), co wskazuje na obecność ilów i koloidów jako zasadniczej domieszki mineralnej do frakcji podstawowych, deponowanej podczas opadania fal wezbraniowych i dekantacji z zawiesiny. Spąg osadów ogniwa dolnego jest wzbogacony w gruby detrytus organiczny (pnie drzew), a w części spągowej i środkowej występują warstwy z silnie rozdrobnionymi, lecz makroskopowo widocznymi węglami drzewnymi. Zarówno gruby detrytus drzewny, jak i mikrowęgle (analiza antrakologiczna – K. Cy-

wa, por. Dzieduszyńska i in. 2012), noszą ślady intensywnego transportu w środowisku wodnym. Pnie subfosylnych drzew są pozbawione gałęzi i korzeni, a miejsca, w których odrastały z pnia, cechują się oszlifowaniem. Na pniach nie ma kory lub zachowane są jedynie jej szczątki, a same pnie są jednostronnie zeszlifowane wskutek tarcia o dno bądź intensywnego transportu piasku ponad nimi po ich unieruchomieniu. Pnie odkryte w spągu osadów ogniwa górnego mają dwie orientacje osi długich – zbliżoną do południkowej (generalny kierunek odpływu wód Warty na obszarze Kotliny Kolskiej) lub zbliżoną do równoleżnikowej. Druga z wymienionych orientacji oznacza, że pnie były prawdopodobnie transportowane przez toczenie w układzie poprzecznym do kierunku odpływu. Mikrowęgle są zaokrąglone, rozdrobnione i zailone, co wskazuje na ich transport i depozycję na wtórnym złożu. Można wnioskować, że źródłem grubego detrytus organiczny był niżej zalegający poziom organiczny z kopalnym lasem. Pnie, po wyerodowaniu lub jak to wyżej powiedziano po wyrwaniu przez kry, były wleczone po dnie (bez zachowania dodatkowej pływalności drewna) lub – jeśli drewno miało dodatkową pływalność – były transportowane we flotacji (Kukulak 2002). Ponieważ część pni mogła być przetransportowana z wyższego odcinka doliny Warty i/lub wypreparowana ze starszych osadów, zatem nie mają one w takiej sytuacji znaczenia dla wnioskowania paleogeograficznego.

Cechy litologiczne osadów facji korytowej ogniwa górnego („c1”) poznano wcześniej na innych stanowiskach w Kotlinie Kolskiej (Peters 2002; Forysiak 2005 i inni). Składają się na nie głównie średnio- i gruboziarniste piaski aluwialne, miejscami ze żwirem, wypełniające sieć krętych, zazwyczaj wąskich koryt, których znaczna część nie manifestuje się zupełnie w rzeźbie terenu, lecz jest doskonale czytelna na zdjęciach lotniczych (Forysiak 2005), wykonanych także w wyższych odcinkach doliny Warty (Forysiak 2010). Ważną cechą kopalnych koryt jest ich statyczność w układzie poziomym, zaznaczona przez brak osadów przyrostu bocznego. Występują koryta zarówno wypełnienia pojedynczego (Gradziński i in. 1986), wycięte i wypełnione podczas jednego zdarzenia, jak i koryta wypełnienia wielokrotnego. Te ostatnie były kilkakrotnie zapełniane osadami i erozyjnie odpreparowywane. W osadach koryt istnieje zapis ich wielokrotnego odnawiania, lecz jak już podkreślono bez ich migracji po dnie dolinnym. Z rycin zamieszczo-

nych w pracy Petery (2002) można wywnioskować, że koryta tworzyły się w warunkach szybkiej i silnej aggradacji dna dolinnego. Przewaga litofacji St oraz zazębianie się litofacji Sp z Sh, a także obecność bruku korytowego wykształconego w litofacji Gm lub GSm, pozwala wiązać procesy zachodzące w korytach zarówno z przepływami nad- jak i podkrytycznymi, przy czym przepływy podkrytyczne występowały w górnej części dolnego ustroju prądu (Zieliński 1998).

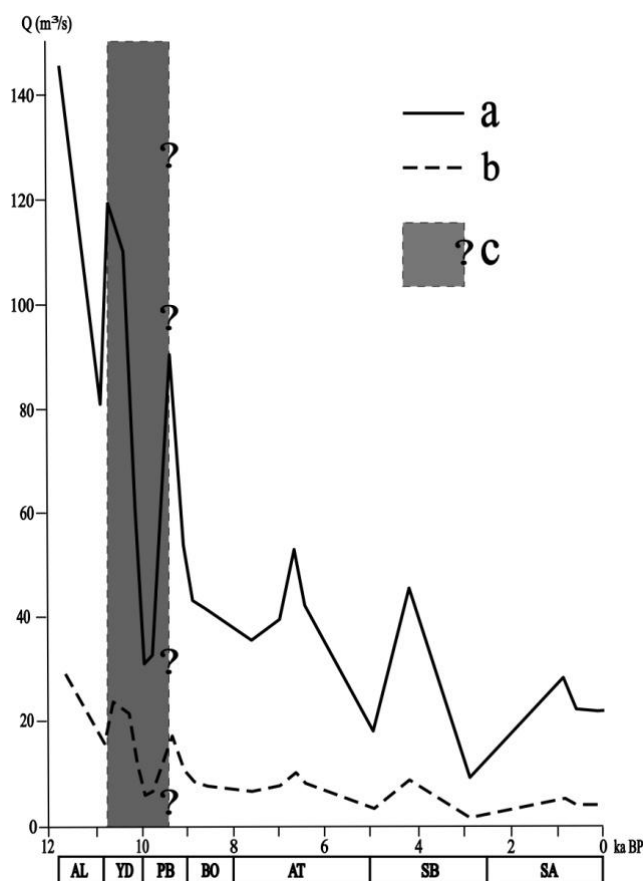
Materiał wypełniający koryta jest bardzo zróżnicowany pod względem uziarnienia (rys. 2, sygnatura „c1”). Najbardziej gruboziarniste utwory ( $M_z = -1,64$  phi) tworzą bruk korytowy, najdrobniejszy materiał ( $M_z = 3,25$  phi) był depozytowany w korytach w fazie zamierania przepływu. Wyszortowanie zmienia się w szerokim zakresie – od bardzo dobrego ( $\delta_f = 0,29$  phi), poprzez dobre i średnie, aż do słabego ( $\delta_f = 1,54$  phi). Wraz z pogarszaniem się wysortowania następuje wzrost średniej średnicy ziaren (tzw. układ II wg Mycielskiej-Dowgiałło 1995), zatem dane teksturalne są zgodne z interpretacjami strukturalnymi i potwierdzają korytową genezę omawianych utworów. Skośność rozkładu uziarnienia (rys. 3) zawiera się w szerokich granicach od  $-0,48$  do  $+0,48$ ; w przeważającej części przypadków oscylując wokół zera. Jest to wyrazem silnie zmiennych warunków sedymentacji w korytach. W zależności od warunków hydrodynamicznych w korycie składane były osady silniej wzbogacone w domieszkę bardziej drobnoziarnistą od frakcji modalnej (opadanie przepływu) lub bardziej gruboziarnistą (narastanie przepływu).

Utworów ogniwa górnego („c”) nie udało się jednoznacznie wydatować. Można stwierdzić, że z całą pewnością są one młodsze od grubego detrytus drzewnego, którego wiek zawiera się w przedziale od  $10\ 940 \pm 50$  do  $10\ 310 \pm 90$  lat BP. Ponieważ ogniwo górne nie zawiera materiału organicznego na pierwotnym złożu, sięgnięto zatem po datowania techniką OSL (Dzieduszyńska i in. 2014). Otrzymane wskaźniki są generalnie zbieżne (lub nawet starsze) z wiekiem osadów ogniwa dolnego („a”), co jest sprzeczne z pozycją osadów oraz wynikami licznie datowanych metodą  $^{14}\text{C}$  pni. Wyniki analiz OSL zdają się wskazywać, że materiałem źródłowym dla omawianych tu osadów ogniwa górnego były w przeważającej mierze piaszczyste aluwia rzeki roztokowej, erodowane podczas powodzi w wyższych odcinkach doliny Warty. Krótki transport

i szybka sedymentacja nie pozwoliły w tym przypadku na wyzerowanie materiału źródłowego.

Powstawanie osadów ogniwa górnego („c” i „c1”) powiązано z serią intensywnych młodszodryasowych (lub wczesnoholoceńskich) powodzi, które drastycznie przeobraziły dno Kotliny Kolskiej u progu holocenu (Dzieduszyńska i in. 2012; Petera-Zganiacz i in. w druku). Ich skutkiem było zupełne pogrzebanie pozostałości po późnovistuliańskim lesie i uformowanie szerokiego, piaszczystego, monotonnego dna Kotliny Kolskiej, kształtowanego wspólnie przez Wartę, Ner i Teleszynę. Wskutek powodzi doszło do wielokorytowego rozwinięcia Warty (rzeka *anabranching* typu II – por. Turkowska i in. 2000). Należy podkreślić, że mogła przyczynić się do tego obfita sedymentacja dużych ilości piaszczystych aluwii. Głębiej zalegające osady ogniwa środkowego („b”) są zbyt kohezyjne i mało podatne na erozję, zatem zmiana rozwinięcia koryta bez wzrostu obciążenia rzeki materiałem dennym i wzrostu gruboziarnistości materiału wleczonego byłaby najprawdopodobniej niemożliwa. Wysoką odporność na erozję osadów ogniwa „b” dobrze ilustruje sytuacja w paleokorycie w Kwiatkowie (fot. 2), gdzie erozja zdołała zniszczyć jedynie piaszczyste osady ogniwa „c” oraz piaszczysto-mułkowe osady subogniwa „b1”, a uległa wstrzymaniu na zwięzłych mułach organicznych. Na sedymentologiczny efekt pierwszych młodszodryasowych powodzi zapewne dodatkowo wpływała urozmaicona mikrorzeźba dna dolinnego, zasłanego pniami drzew ze zdegradowanego lasu oraz słaba przepuszczalność półmetrowej warstwy mułów organicznych. Osłabiona w ten sposób perkolacja w aluwia przyczyniała się do generowania wysokich stanów wód w dolinie, a nagromadzenia pni i karp inicjowały zapewne wyodrębnienie się podrzędnych linii nurtu w szeroko spływających wodach powodziowych, co przekładało się na wycinanie licznych koryt. Jak podaje Gradziński i in. (2002), powstawanie systemów wielokorytowych następuje w warunkach wielokrotnej awulsji koryt rzecznych, a „(...) główną przyczyną awulsji (...) są nawet niewielkie różnice poziomu wody między sąsiednimi korytami”.

Z badań Rotnickiego (1991) wynika, że pod koniec późnego vistulianu i w początkach holocenu pobliska Proсна miała przepływy pełnokorytowe i średnie roczne o 5-6 razy wyższe niż współcześnie (por. rys. 4). W przypadku Warty, szybki pionowy przyrost piaszczystych aluwii powodował coraz większą wrażliwość



Rys. 4. Przepływy pełnokorytowe (a) i średnie przepływy roczne (b) Prosny w późnym vistulianie i holocenie (za Rotnickim 1991, nieco uproszczone), na tle okresu akumulacji osadów ogniwa górnego (c) w stanowisku Koźmin Las

Bankfull (a) and mean annual discharges (b) of the Prosna River in the Late Vistulian and the Holocene (after Rotnicki 1991, simplified) and time of upper unit deposition (c) at the site Koźmin Las



fol. J. Petera-Zganiacz, 2012

Fot. 6. Lokalne nagromadzenie karp i pni drzew tworzących późnovistuliański, subfosylny las w stanowisku Koźmin Las

Local assemblage of stumps and tree trunks of the subfossil Late Vistulian forest at the site Koźmin Las



na erozję rzeczną i wzmacniał tendencję do wielokorytowego rozwinięcia rzeki. Oprócz nagromadzeń kłód (fot. 6) skłonność do wyodrębniania się nowych, podrzędnych koryt mogły powiększać lokalne nagromadzenia kry, lecz bez analizy osadów na obszernych powierzchniach poziomych nie można udowodnić tej hipotezy. W rzece o podobnym charakterze rozwinięcia koryta – anastomozującej górnej Narwi – bezpośrednimi przyczynami awulsji są zatory roślinne i lodowe (Gradziński i in. 2002). Intensywne powodzie na Warcie w Kotlinie Kolskiej następowały szyb-

ko po sobie, albowiem litologiczny zapis poszczególnych powodzi nie był przedzielany ani rozwojem procesów glebowych, ani eolicznych, lub choćby zaczątkowym odwarstwieniem osadów. Zakończenie fazy intensywnych powodzi musiało nastąpić wraz z ponownym rozwojem formacji leśnej na dnie dolinnym, co miało miejsce w preboreale. Układ wielokorytowy kilkakrotnie reaktywował się podczas holocenu, a zniszczyły go dopiero XVIII/XIX-wieczne prace regulacyjne na środkowej Warcie (Forysiak 2005).

## PODSUMOWANIE

Warta w Kotlinie Kolskiej w górnym plejstocenie i starszej części późnego wistulianu (po alleröd) była peryglacialną, piaskodenną rzeką roztokową, co było typowe dla przeważającej części innych rzek Polski Środkowej. Pod koniec allerödu i w początkach młodszego dryasu obszerne dno Kotliny Kolskiej zajął na kilkaset lat gęsty sosnowy las, a rozwinięcie Warty najprawdopodobniej zmieniło się na meandrowe. Podkreślić należy, że warunki do rozwoju formacji leśnej zaistniały wraz ze wzrostem organizacji sieci rzecznej, znacznym zwężeniem strefy korytowej i tym samym wyłączeniem obszernych części dna spod bezpośredniego wpływu rzeki. Następnie, wskutek zmian klimatycznych, hydrologicznych, hydrogeologicznych, a być może także wskutek regeneracji wyspowej zmarzliny (lub jedynie głębokiego sezonowego przemarzania gruntu), doszło wkrótce do zmiany stosunków wodnych. Na dnie dolinnym rozwinął się przepływowy, rozległy zbiornik wodny, o powierzchni oszacowanej na minimum 18 km<sup>2</sup>, który był płytki i miał charakter silnie zbagionego, miejscami lekko zatorfionego rozlewiska. Skutkiem

drastycznej zmiany warunków siedliskowych była szybka degradacja i zanik allerödzmłodszodryasowego lasu (być może w horyzoncie zaledwie 20 lat), a znaczna wilgotność podłoża przyczyniła się do doskonałego zakonserwowania drewna.

Ślady po zdegradowanym lesie zostały w Kotlinie Kolskiej szybko zatarte wskutek młodszodryasowych, gwałtownych, następujących szybko po sobie powodzi, które pozostawiły ciągłą, piaszczystą pokrywę o miąższości około 2 m. Dno dolinne ponownie stało się powierzchnią czynną, na której doszło do rozwoju systemu rzeki wielokorytowej. Powodzie mogły następować także w początkach preboreału. Ich skutek rzeźbotwórczy jest bardzo znaczny – pozostał po nich rozprzestrzeniający się na szerokość niejednokrotnie sięgającą 10 km układ koryt, zarówno kopalnych, jak i czytelnych we współczesnej rzeźbie terasy niskiej Warty. Duży zasięg przestrzenny i skala oraz znaczna dynamika zmian które nastąpiły na przełomie późnego wistulianu i holocenu w środowisku doliny Warty nie powtórzyły się już przez cały holocen.

## LITERATURA

- Allen J.R.L., 1977 – Fizyczne procesy sedymentacji. PWN, Warszawa: 284 s.
- Allen J.R.L., 1997 – Subfossil mammalian tracks (Flandrian) in the Severn Estuary, SW Britain: mechanics of formation, preservation and distribution. *Philosophical Transactions of the Royal Society London*, B, 352: 481-518.
- Dzieduszyńska D., Twardy J., 2014 – Ogólna charakterystyka stanowiska Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 11-21.
- Dzieduszyńska D., Petera-Zganiacz J., Krąpiec M., 2011 – The age of the subfossil trunk horizon in deposits of the Warta River valley (central Poland) based on <sup>14</sup>C dating. *Geochronometria*, 38(4): 334-340.
- Dzieduszyńska D., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Twardy J., 2012 – Paleogeograficzne elementy rozwoju doliny Warty w Kotlinie Kolskiej w świetle badań w stanowisku „Koźmin Las”. *Acta Geographica Lodziensia*, 100: 35-50.
- Dzieduszyńska D., Petera-Zganiacz J., Twardy J., Kittel P., Moska P., Adamiec G., 2014 – Optical dating and sedimentary record from the terrace depositional profile of the

- Warta River (Central Poland). *Geochronometria*, 41 (4): 361-368.
- Fanelli F., Palombo M.R., Pillola G.L., Ibba A., 2007 – Tracks and trackways of “*Praemegaceros cazioti*” (Depret 1897 Artiodactyla, Cervidae) in Pleistocene coastal deposits from Sardinia (Western Mediterranean, Italy). *Bollettino della Societa Paleontologica Italiana*, 46(1): 47-54.
- Fornos J.J., Bromley R.G., Clemmensen L.B., Rodriguez-Perea A., 2002 – Tracks and trackways of *Myotragus balearicus* Bate (Artiodactyla, Caprinae) in Pleistocene aeolianites from Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 180: 277-313.
- Forysiak J., 2005 – Rozwój doliny Warty między Burzeninem i Dobrowem po zlodowaczeniu warty. *Acta Geographica Lodziensia*, 90: 116 s.
- Forysiak J., 2010 – Zastosowanie zdjęć lotniczych do rekonstrukcji układu wielokorytowego środkowej Warty. *Landform Analysis*, 13: 13-18.
- Gradziński R., Kostecka A., Radomski A., Unrug R., 1986 – *Zarys sedymentologii*. Wyd. Geol., Warszawa: 628 s.
- Gradziński R., Baryła J., Doktor M., Gmur D., Gradziński M., Kędzior A., Paszkowski M., Soja R., Zieliński T., Żurek S., 2002 – Wpływ roślinności na procesy fluwialne w anastomozującym systemie górnej Narwi. W: K. Klimek, K. Kocel (red.), *Roślinność a procesy erozji, transportu i depozycji*. UŚ, Sosnowiec: 37-40.
- Kukulak J., 2002 – Wyszortowanie materiału roślinnego w aluwjach górnego Sanu w Bieszczadach. W: K. Klimek, K. Kocel (red.), *Roślinność a procesy erozji, transportu i depozycji*. UŚ, Sosnowiec: 85-90.
- Miall A.D. (ed.), 1978 – *Fluvial Sedimentology*, vol. 5. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir: 859 s.
- Miall A.D., 1985 – Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Sciences Review*, 22: 261-308.
- Mycielska-Dowgiałło E., 1995 – Wybrane cechy teksturalne osadów i ich wartość interpretacyjna. W: E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski (red.), *Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników*. WGiSR, UW, Warszawa: 29-105.
- Okupny D., Borówka R.K., Fortuniak A., Tomkowiak J., 2014 – Skład chemiczny osadów organicznych ze stanowiska Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 71-86.
- Pawłowski D., 2014 – Warunki ekologiczne rozwoju późnivistuliańskiego zbiornika Koźmin Las w świetle analizy Cladocera. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 65-70.
- Petera J., 2002 – Vistuliańskie osady dolinne w basenie uniejowskim i ich wymowa paleogeograficzna. *Acta Geographica Lodziensia*, 83: 164 s.
- Petera-Zganiacz J., 2007 – Osady rzeki plenivistuliańskiej w Koźminie. *Acta Geographica Lodziensia*, 93, 43-56.
- Petera-Zganiacz J., Andrzejak K., 2014 – Uwarunkowania rozprzestrzenienia i właściwości serii organicznej zawierającej szczątki lasu z młodszego dryasu w Kotlinie Kolskiej. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 39-51.
- Petera-Zganiacz J., Dziędużyńska D., Twardy J., Pawłowski D., Płociennik M., Lutyńska M., Kittel P., w druku – Younger Dryas flood events: A case study from the middle Warta River valley (Central Poland). *Quaternary International*. <http://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.074>
- Rotnicki K., 1991 – Retrodiction of palaeo-discharges of meandering and sinuous alluvial rivers and its palaeohydroclimatic implications. W: L. Starkel, K.J. Gregory, J.B. Thorens (eds), *Temperate paleohydrology*. Wiley and Sons, Chichester: 431-472.
- Stachowicz-Rybka R., Korzeń K., 2014 – Rozwój roślinności w późnym vistulianie oraz funkcjonowanie i zanik ekosystemu leśnego w stanowisku Koźmin Las, *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 53-63.
- Turkowska K., Petera J., Forysiak J., Miotk-Szpiganowicz G., 2000 – Morfogeneza powierzchni Kotliny Kolskiej w okolicach Koźmina. *Acta Geographica Lodziensia*, 78: 89-134.
- Turkowska K., Forysiak J., Petera J., Miotk-Szpiganowicz G., 2004 – A Warta River system during the Younger Dryas in the Koło Basin (Middle Poland). *Quaestiones Geographicae*, 23: 83-107.
- Zieliński T., 1995 – Kod litofacjalny i litogenetyczny a konstrukcja i zastosowanie. W: E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski (red.), *Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników*. WGiSR, UW, Warszawa: 220-235.
- Zieliński T., 1998 – Litofacjalna identyfikacja osadów rzecznych. W: E. Mycielska-Dowgiałło (red.), *Struktury sedymentacyjne i postsedymentacyjne w osadach czwartorzędowych i ich wartość interpretacyjna*. WGiSR, UW, Warszawa: 195-257.
- Zieliński T., Pisarska-Jamroży M., 2012 – Jakie cechy litologiczne osadów warto kodować, a jakie nie? *Przegląd Geologiczny*, 60 (7): 387-397.

## LITHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DEPOSITS OF THE SITE KOŹMIN LAS AND THEIR PALAEOGEOGRAPHICAL INTERPRETATION

### SUMMARY

**Abstract.** The article presents the location, history of research and methods used to study the deposits of the Koźmin Las profile from the Warta River valley, Koło Basin. The depositional sequence at the site was grouped into three lithological units, and thus were distinguished: a braided river alluvium (lower unit – „a”), organic and mineral-organic deposits of a meandering river (middle unit – „b”) and alluvia of a multichannel river (upper unit – „c”). Lithological characteristics of the units comprises structural and textural description and geochemical analysis, i.e. organic matter concentration, content of calcium carbonate, content of terrigenous and biogenic silica in the deposit. Deposits forming the individual units have been assigned to different alluvial environments. Chronological framework was established on the basis of radiocarbon and OSL dating. Particular attention was paid to the organic and mineral-organic material of the middle unit („b”), with remains of the trees which evidence the existence of riparian forest in the Late Vistulian. These deposits were interpreted in relations to the changes of the Warta River channel pattern in the Upper Plenivistulian and Late Vistulian time until the Holocene beginning.

**Key words:** river valley, alluvia, channel deposits, overbank deposits, Late Vistulian, Central Poland

The profile Koźmin Las (Koło Basin, Central Poland) exposes a tripartite sequence of floodplain deposits of the Warta River, accumulated from the Plenivistulian decline, through the Late Vistulian until the beginning of the Holocene. Based on lithological properties, the studied deposits were divided into three lithological units, termed: lower („a”), middle („b”) and upper („c”). They were studied with methods used in the Quaternary geology, such as sedimentological analysis according to Miall (1985) with some modifications by Zieliński (1998), grain-size composition, organic matter concentration, calcium carbonate content, terrigenous and biogenic silica content in the deposit.

Sands of the lower unit („a”) have been attributed to a periglacial environment of a sand-bed braided river system, developed in the Koło Basin in the Plenivistulian and the early Late Vistulian (up to the Alleröd).

Organic and organic-mineral deposits of the middle unit („b”) contain the main assemblage of organic detritus (339 objects of subfossil tree remains registered). These large woody debris are relicts of former dense pine forest which grew in the floodplain of the Warta River in the Late Vistulian (the late Alleröd – early Younger Dryas timespan). Palaeoenvironmental changes at the site was provided from a range of proxy biological indicators. Wood pieces and organic

material were radiocarbon-dated. The unit deposits are thought to represent the floodplain zone of a meandering river. The base of the unit could have been deposited in the distal floodplain, where the pine forest developed. Due to climatic, hydrological, hydrogeological changes, and probably a reactivation of insular permafrost (or at least deep seasonal freezing of the ground) in the Younger Dryas, water-logging of the forest ecosystem led to the formation of extensive but shallow water pool. These events contributed to the forest destruction in the very short time. The remains are well preserved in mineral-organic material of the middle unit, deposited in the proximal floodplain of a meandering river.

Remains of the subfossil forest are covered by 2 m thick sandy and sandy-silty deposits of the upper unit („c”). This material has been linked to a overbank deposition of a multichannel river (anabranching type 2) palaeoenvironment. The deposition dates at the Younger Dryas, with possible continuation in the early Preboreal period. This alluvial unit was formed during rapid fast successive floods throughout the area of several tens of square kilometres. Environmental changes in the Warta River valley at the end of the Vistulian late glacial and the Pleistocene – Holocene boundary were very dynamic, and their spatial extent and scale is not repeated during the entire Holocene.

## UWARUNKOWANIA ROZPRZESTRZENIENIA I WŁAŚCIWOŚCI SERII ORGANICZNEJ ZAWIERAJĄCEJ SZCZĄTKI LASU Z MŁODSZEGO DRYASU W KOTLINIE KOLSKIEJ

### ZARYS TREŚCI

Artykuł dotyczy zasięgu serii organicznej stanowiącej element budowy geologicznej terasy niskiej doliny Warty. Istotną cechą serii organicznej jest obecność szczątków lasu datowanego na młodszy dryas. Celem badań było stwierdzenie czy obserwowana dotychczas znaczna ciągłość i duże rozprzestrzenienie serii w odkrywkach KWB „Adamów” stanowią regułę. Wykazano, że analizowana seria zajmowała pierwotnie obszar o powierzchni przynajmniej 18 km<sup>2</sup> oraz potwierdzono przyjmowane wcześniej założenie, że teren występowania serii organicznej pokrywa się z wydzieloną morfologicznie terasą niską doliny Warty. Kolejny aspekt badań odnosił się do cech serii organicznej takich jak np. jej miąższość oraz sposób wykształcenia. Określenie parametrów hipsometrycznych stropu serii pozwoliło na obliczenie spadku jej powierzchni oraz porównanie ze spadkami współczesnych elementów morfologicznych doliny Warty. Wskazano przyczyny miejscowej utraty ciągłości serii i powiązano je z funkcjonowaniem systemu wielokorytowego w dolinie Warty u schyłku późnego vistulianu. Przeprowadzone badania pozwalają sądzić, że seria organiczna była rozprzestrzeniona w obrębie niemal całego dna doliny Warty w młodszym dryasie, kiedy to osiągnęła największy zasięg. Holocenijskie procesy erozyjne doprowadziły do uprzątnięcia serii w osi doliny. Istotnym czynnikiem wpływającym na obecny, nieciągły charakter serii w obszarze badań są także prace górnicze.

**Słowa kluczowe:** osady organiczne, system wielokorytowy, młodszy dryas, dolina Warty

### WPROWADZENIE

Osady organiczne datowane na późny vistulian są często dokumentowane w dolinach rzecznych. Zazwyczaj stanowią wypełnienia paleokoryt, będących świadectwem kształtowania się systemów wielkomeandrowych po przejściu od systemów roztokowych. Wiek wypełnień organicznych, w zależności od konkretnego przypadku, określany jest na bölling, alleröd oraz młodszy dryas (np. Kozarski 1983; Kozarski i in. 1988; Kalicki, Zernickaya 1995; Starkeł 1995; Koboжек 2000). W niektórych stacjach osadów organicznych wyrażoną obecnością osadów mineralnych wiązaną z młodszym dryasem (Rotnicki, Latałowa 1986). Osady organiczne zajmujące znaczną część doliny rzecznej, tworzące dość rozległe i ciągłe horyzonty, stwierdzano w pojedynczych przypadkach

(Kamiński 1989; Gębica 1995, 2004; Wachocka-Kotkowska 2004). Sytuacja udokumentowana w dolinie Warty w obrębie basenu uniejowskiego (środkowo-zachodnia część Kotliny Kolskiej), wpisuje się do tej grupy przypadków. Charakterystycznym elementem budowy geologicznej terasy niskiej doliny Warty na tym obszarze jest seria organiczna odznaczająca się znacznym rozprzestrzenieniem. Ta cecha serii organicznej, pomimo niewielkiej miąższości rzadko przekraczającej 50 cm, powoduje, że ma ona duże znaczenie paleogeograficzne. Jej wyjątkowość i paleogeograficzną rolę ugruntowuje obecność szczątków drzew w dobrym stanie zachowania. Pogrzebane w niej zostały karpy w pozycji *in situ*, systemy korzeniowe czy powalone pnie.

\* Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, e-mail: jap@geo.uni.lodz.pl.

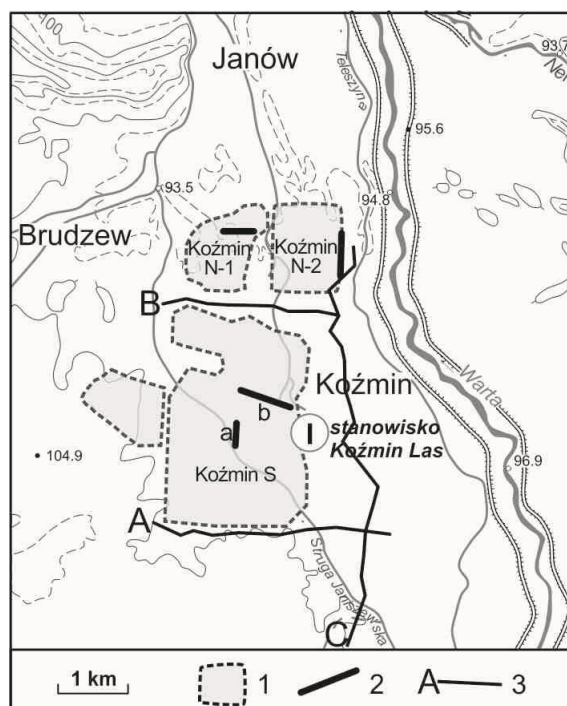
\*\* ul. Marcina Stacheckiego-Koliby 1/28, 98-200 Sieradz.

## DOTYCHCZASOWY STAN WIEDZY A CEL I METODY BADAŃ

Obecność ciągłej serii organicznej, zalegającej około dwóch-trzech metrów poniżej powierzchni terenu, zwracała uwagę od momentu zainicjowania badań w odkrywce Koźmin Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów” (obecnie PAK KWB „Adamów”) w połowie lat 90. ubiegłego wieku. Jej rozprzestrzenienie śledzone było w odkrywkach kopalnianych w kolejnych etapach eksploatacji (rys. 1, 2). Początkowo wiek tej serii wiązano z holocenem (Klatkowska i in. 1996), ale, jak wykazały późniejsze badania przeprowadzone w rozległych odsłonięciach, w tym datowania metodą  $^{14}\text{C}$  oraz analizy palinologiczne, powstanie serii organicznej miało miejsce u schyłku allerrödu i na początku młodszego dryasu (Forysiak i in. 1999; Turkowska i in. 2000, 2004; Petera 2002). Jednocześnie szczegółowej analizie poddany został związek, który zachodził pomiędzy serią organiczną a przykrywającymi ją osadami mineralnymi, będący wyrazem istotnych zmian w systemie fluwialnym Warty u schyłku vistulianu (Turkowska i in. 2000, 2004).

Kolejny etap badań zainicjowało znalezienie w obrębie serii organicznej pnia drzewa w pozycji *in situ* (Petera-Zganiacz, Dzieduszyńska 2007; Dzieduszyńska, Twardy 2014, w tym tomie, fot. 1), co pozwoliło przypuszczać, że w tej raczej cienkiej warstwie organicznej jeszcze tkwi znaczny potencjał badawczy w kontekście szczegółowego poznania paleogeografii schyłku allerrödu i młodszego dryasu.

Szczegółowe badania przeprowadzono w odkrywce testowej w stanowisku Koźmin Las, gdzie dokumentację terenową sporządzano w profilu pionowym, jak również w odsłanianych kolejno poziomach (Dzieduszyńska, Twardy 2014, w tym tomie, rys. 2). Seria organiczna określana została mianem „ogniwa środkowego” lub „ogniwa „b” (por. Twardy 2014, w tym tomie), a podścielona jest mineralnymi osadami „ogniwa dolnego” („a”) i przykryta także mineralną serią „ogniwa górnego” („c”). W trakcie badań okazało się, że w serii organicznej szczątki drzew są bardzo liczne, wliczając często spotykane karpy w pierwotnej pozycji. Owe szczątki stanowią pozostałość lasu, który funkcjonował w dolinie Warty na początku młodszego dryasu. Zachowane drewno, jak i materiał organiczny oraz organiczno-mineralny składający się na omawianą serię został szczegółowo przebadany przy zastosowaniu szeregu metod paleoekologicznych, dendrochro-



Rys. 1. Szkic lokalizacyjny

1 – odkrywki KWB „Adamów” w okolicach Koźmina; 2 – lokalizacja fotografii i rysunku dokumentujących rozprzestrzenienie serii organicznej, zawartych na rys. 2; 3 – lokalizacja przekrojów geologicznych zawartych na rys. 3

## Location sketch

1 – open pits of the “Adamów” Lignite Mine in Koźmin vicinity; 2 – location of photos and illustration, which show extent of the organic series on Fig. 2; 3 – location of the geological cross sections (Fig. 3)

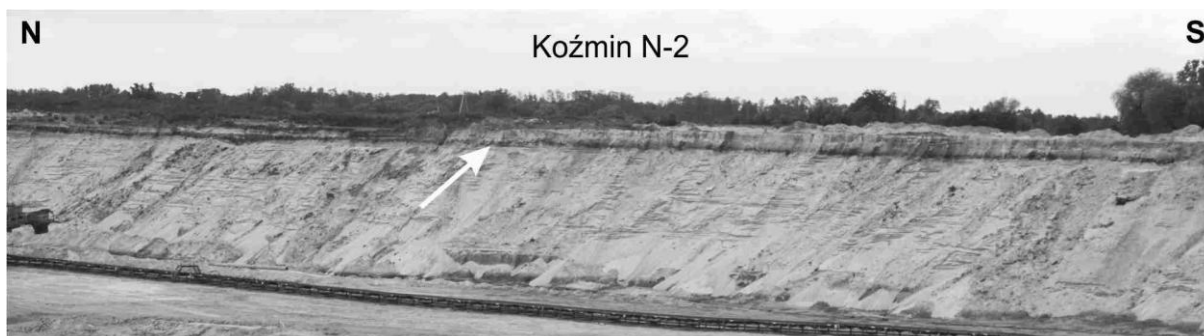
nologicznych oraz radiometrycznych. Wyniki tych badań pozwoliły odtworzyć warunki akumulacji serii organicznej, jak również środowisko w jakim rósł i ulegał destrukcji młodszodryasowy las (Dzieduszyńska i in. 2014).

Serię organiczną poddano analizie przestrzennej, uwzględniając rzędną spągu serii oraz wyniki datowań  $^{14}\text{C}$ . Wszystkie wyniki datowań mieściły się w ramach czasowych młodszego dryasu, przy czym wykazano, że w miejscach, gdzie spąg serii znajdował się na niższej rzędnej, daty były starsze (Petera-Zganiacz, Dzieduszyńska 2007; Dzieduszyńska i in. 2011).

W kolejnym etapie podjęto badania, celem których było określenie zasięgu i miąższości serii, nie zawsze uwzględnianej w wierceniach poszukiwawczych udostępnionych przez KWB „Adamów”. Analizą objęto obszar położony po zachodniej stronie doliny Warty o powierzchni około 20 km<sup>2</sup>. Za pomocą świdra ręcznego łożkowego, o długości „łyżki” 20 cm, wykonano

126 wierceń (osiągających maksymalnie 4 m głębokości) w siatce o boku około 250 m, unikając koryt zaznaczających się na powierzchni terenu. Potwierdzono w ten sposób znaczną roz-

ciągłość serii organicznej, której interpretację ułatwiło dobre rozpoznanie w odkrywkach kopalnianych oraz w odkrywce testowej (Andrzejak 2012).



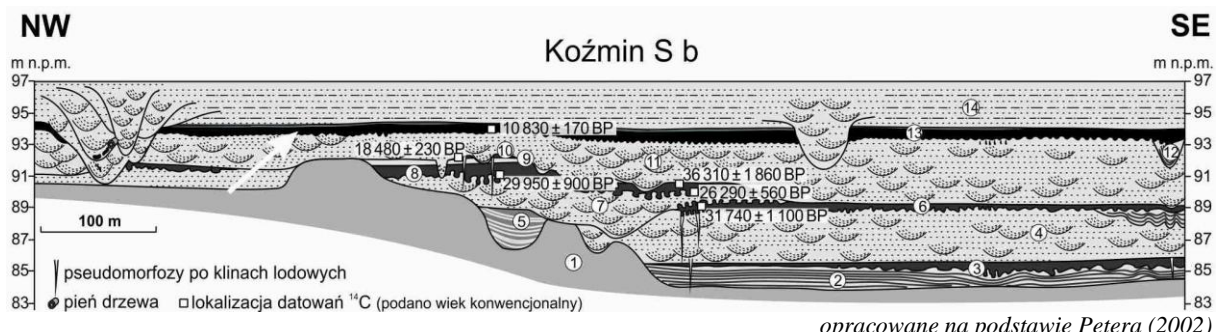
fot. J. Petera-Zganiacz, 2014



fot. J. Petera-Zganiacz, 2008



fot. H. Klatkowa, 1995



Rys. 2. Rozprzestrzenienie i ciągłość serii organicznej udokumentowana na ścianach odkrywek Koźmin (analizowaną serię organiczną wskazuje biała strzałka)

Extent and continuity of the organic series documented on the walls of the Koźmin open pits (studied series is pointed by white arrow)

## PODŁOŻE SERII ORGANICZNEJ

Głównym elementem wypełnienia doliny Warty w obrębie basenu uniejowskiego są vistuliańskie osady dolinne. Ich podłożem są najczęściej gliny lodowcowe oraz piaski i żwiry fluwioglacjalne zlodowaceń środkowopolskich (Petera 2002; Forsyś 2005; Czubła i in. 2010). Vistulian reprezentowany jest przez cztery serie piasków fluwialnych odznaczające się znacznym rozprzestrzenieniem lateralnym oraz rozdzielające te serie, cztery horyzonty organiczne (rys. 2, Koźmin S b). Serie osadów organicznych i mineralnych powiązane zostały z okresami poszczególnych interstadiałów i stadiałów tego piętra (Petera 2002). Zalegający najwyżej horyzont organiczny jest przedmiotem niniejszej pracy.

W podłożu serii organicznej znajdują się głównie osady piaszczyste („ogniwo dolne”, „ogniwo a” – por. Twardy 2014, w tym tomie). Ich akumulacja rozpoczęła się w górnym plejwistulianie, a zakończyła przed allerödem (Petera 2002; Petera-Zganiacz, Adamiec 2010). Osady te mają miąższość od ponad 10 m w środkowej części doliny do niespełna 1 m w części peryferycznej. Rzeka, która deponowała osady ogniwa dolnego, odznaczała się silną tendencją do agradacji, czego efektem, poza podniesieniem poziomu dna doliny, było też jego poszerzenie. Akumulacja zachodziła w środowisku sedymentacyjnym piaskodennej rzeki roztokowej (Petera 2002; Petera-Zganiacz 2007).

## CHARAKTERYSTYKA ROZPRZESTRZENIENIA SERII ORGANICZNEJ

Na serię organiczną udokumentowaną w ścianach odkrywki Koźmin S składała się zazwyczaj cienka warstwa torfu oraz gytyi, w innych przypadkach był to muł organiczny (Petera 2002; Petera-Zganiacz, Dzieduszyńska 2007). W odkrywce testowej (rys. 1; stanowisko Koźmin Las) budowa serii przedstawia się następująco: piaszczysty muł organiczny, muł organiczny, kilkucentymetrowa warstwa torfu, muł organiczny oraz muł piaszczysty z udziałem materii organicznej w stropie. Łączna miąższość tych osadów wynosi niespełna 50 cm (Dzieduszyńska i in. 2014; Twardy 2014, w tym tomie).

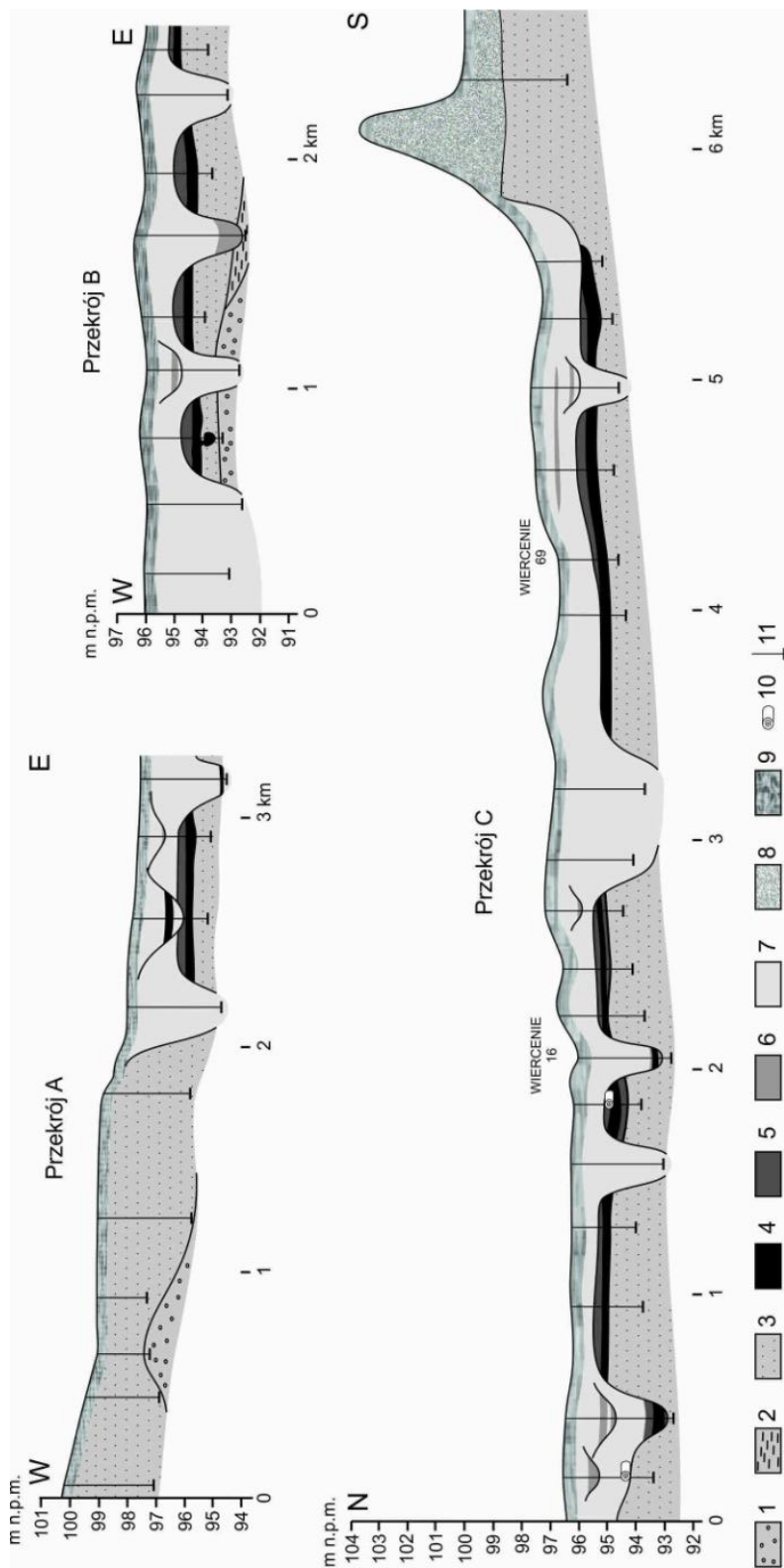
W większości przypadków wiercenia potwierdziły, że badana seria jest reprezentowana przez czarne muły organiczne z domieszką szczątków roślinnych bądź silnie rozłożone czarne torfy z kawałkami drewna. Wymienione osady cechują się zerowym stopniem elastyczności oraz stopniem wysuszenia równym *sicc. 3*, charakteryzującym osad nienasycony wodą, zachowujący swój kształt, jednak łatwo ulegający zmianie (Tobolski 1995, 2000). W pozostałych sytuacjach opisywaną serię budują rdzawo-brunatne torfy o dobrze zachowanej strukturze roślinnej i małej ilości substancji amorficznej oraz wysokim stopniu elastyczności.

Miąższość serii organicznej na obszarze objętym wierceniami waha się od 15 do 50 cm (rys. 3). Typowe, udokumentowane w wierceniach cechy litologiczne omawianej serii oraz osadów podścielających i przykrywających prezentuje rys. 4. Przedstawione wskaźniki uziar-

nienia wg Folka i Warda, jak również wyniki analizy obróbki ziaren kwarcu są reprezentatywne dla wszystkich przebadanych próbek: z wierceń (Andrzejak 2012), odkrywek kopalnianych (Petera 2002; Petera-Zganiacz, Dzieduszyńska 2007) i z odkrywki testowej w stanowisku Koźmin Las (Dzieduszyńska i in. 2012; Twardy 2014, w tym tomie).

W jednym z wierceń, zlokalizowanym w środkowo-zachodniej części terenu badań, udokumentowano wyjątkowo dużą miąższość osadów organicznych (80 cm), w połowie miąższości przedzielonych pięciocentymetrową warstwą piasków średnioziarnistych (rys. 3; przekrój B). W związku ze znanym z wieloletnich badań w odkrywce Koźmin faktem obecności w spągu serii organicznej małych inwolucji (w klasyfikacji Vandenberghe 1988), powstających na skutek niestatecznego warstwowania gęstościowego (Twardy 2014, w tym tomie, fot. 2), które przybierają postać niewielkich pogrążów, struktur kropłowych lub struktur typu *flat-bottomed* (Petera 2002; Petera-Zganiacz, Dzieduszyńska 2007), zwiększenie miąższości serii organicznej w przedstawionym przypadku uznano za efekt deformacji osadu. Cienka warstwa piasku przedzielająca osad organiczny może sugerować, że jest to struktura kropłowa lub dobrze rozwinięty pogrąż, przy czym wiercenie nie przebiegło w jego osi.

Na współczesną miąższość serii organicznej wpływa proces konsolidacji (Meyer, Kozłowski 2007; Meyer i in. 2008), zaś na wielkość



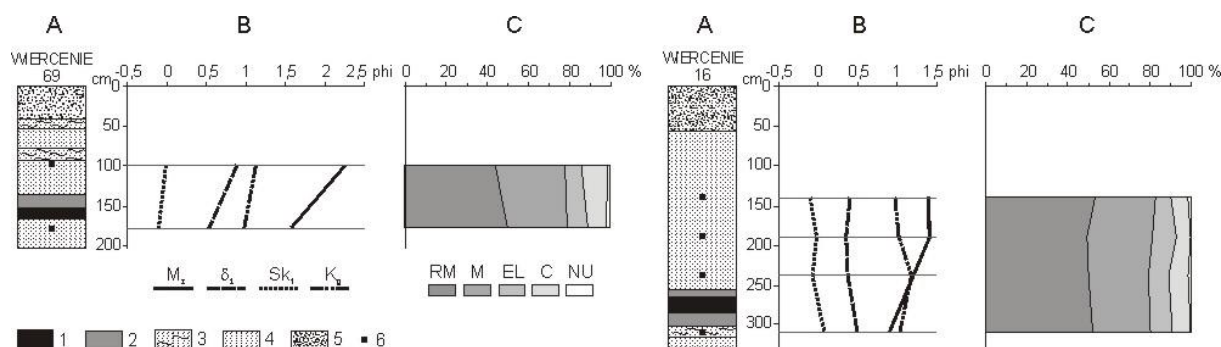
Rys. 3. Przekroje geologiczne

plenivistulian, osady rzeczne: 1 – piaski ze żwirami, 2 – piaski z mulkami, 3 – piaski; późny vistulian: 4 – torfy i mulki organiczne, 5 – mulki organiczno-mineralne, rzeczne, 6 – mulki mineralne, rzeczne, 7 – piaski ogniwa górnego „c”, rzeczne; późny vistulian/holocen: 8 – piaski eoliczne; 9 – współczesny poziom próchniczny, 10 – pień drzewa, 11 – wiercenia

Geological cross sections

Plenivistulian, fluvial deposits: 1 – sand with gravels, 2 – sand with silt, 3 – sand; Late Vistulian: 4 – peat and organic silt, 5 – organic-mineral silt, alluvia, 6 – silt, alluvia, 7 – fluvial sand of the upper unit “c”; Late Vistulian/ Holocene: 8 – aeolian sand; 9 – present-day humus horizon, 10 – tree trunk, 11 – drillings





Rys. 4. Cechy teksturalne osadów dokumentowanych w wierceniach

A – litologia: 1 – torf lub mułek organiczny, 2 – mułek organiczno-mineralny, 3 – piasek z mułkami, 4 – piasek, 5 – poziom próchniczny gleby, 6 – miejsca poboru próbek; B – współczynniki Folka i Warda:  $M_z$  – średnia średnica ziaren,  $\delta_1$  – odchylenie standardowe,  $Sk_1$  – skośność,  $K_g$  – kurtioza; C – obróbka ziaren kwarcu (frakcja 0,8–0,63 mm): RM – okrągłe matowe, M – pośrednie, EL – błyszczące, C – pęknięte, NU – nieobrobione

#### Textural properties of deposits documented in drillings

A – lithology: 1 – peat or organic silt, 2 – organic-mineral silt, 3 – sand with silt, 4 – sand, 5 – humus horizon, 6 – location of the samples; B – Folk and Ward coefficients:  $M_z$  – mean grain size,  $\delta_1$  – standard deviation,  $Sk_1$  – skewness,  $K_g$  – kurtosis; C – quartz grain abrasion (fraction 0,8–0,63 mm): RM – round and mat, M – intermediate, EL – shiny, C – crushed, NU – unabrased

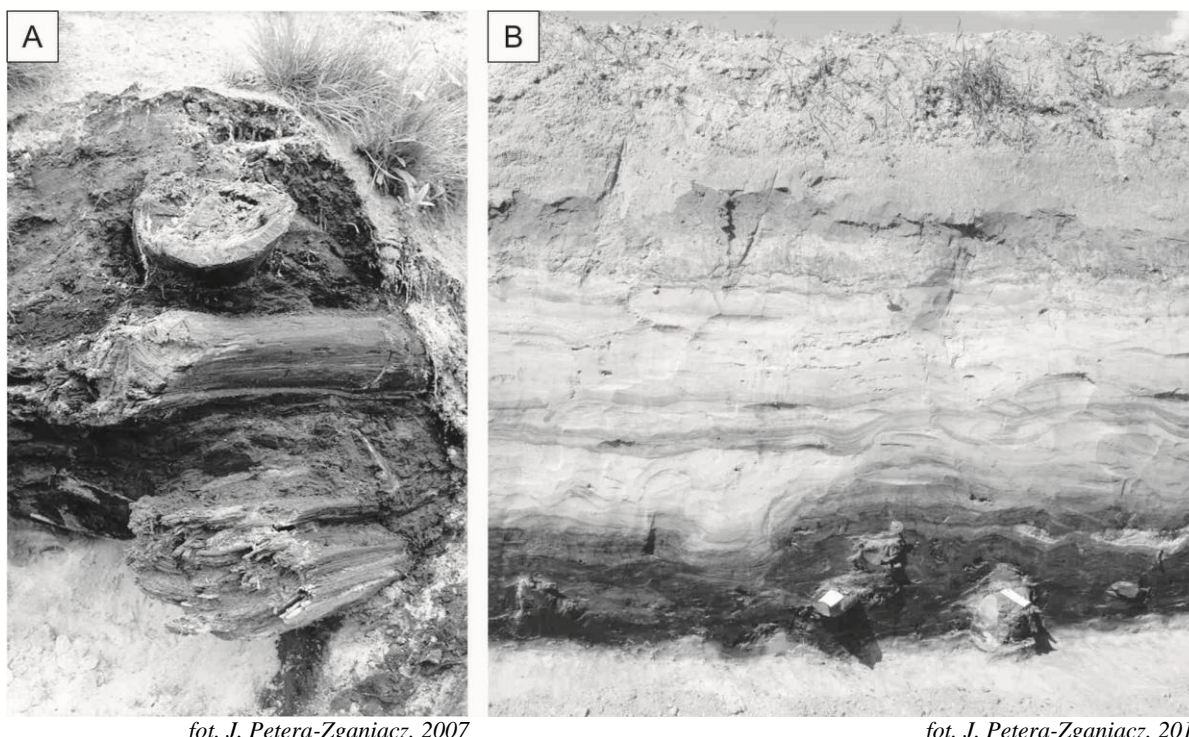
konsolidacji – stopień plastyczności i porowatości osadów organicznych: im osad jest bardziej plastyczny i porowaty, tym większe jest prawdopodobieństwo jego osiadania pod naporem przykrywających go utworów. Kolejnymi czynnikami, mającymi wpływ na konsolidację osadów organicznych, są czas zalegania oraz obciążenie osadami przykrywającymi (Meyer, Kozłowski 2007). Należy zaznaczyć, że do określenia współczynnika konsolidacji dla torfów bądź innych osadów organicznych potrzebny jest szereg analiz laboratoryjnych w oparciu o modele matematyczne, opisujących pierwotne i współczesne parametry gruntu (Meyer i in. 2008), w tym właściwości fizyczne i mechaniczne osadu. Takie badania analizowanej serii organicznej nie zostały dotychczas wykonane, więc nie jest możliwe podanie współczynnika konsolidacji. Istnieją jednak przesłanki pozwalające stwierdzić, że proces konsolidacji zachodził, a jego skutki są dostrzegalne. Świadczą o tym spłaszczone pnie drzew zalegających w osadach serii organicznej (rys. 5A), jak również postsedymenacyjne struktury deformacyjne powstałe w stropowej części serii, będące skutkiem osiadania materiału pomiędzy większymi szczątkami drzew lub miejscami nagromadzenia większej ich ilości (rys. 5B).

Z punktu widzenia badań prowadzonych w odkrywcę testowej (stanowisko Koźmin Las), gdzie przedmiotem studiów były między innymi szczątki kopalnego lasu, istotne było zwrócenie

uwagi na obecność fragmentów drewna w profilach wiertniczych. W niektórych wierceniach stwierdzano niewielkie kawałki drewna, ale tylko w jednym przypadku, w stropie serii organicznej znajdował się duży fragment drewna, o grubości około 25 cm (rys. 3; przekrój C). Najprawdopodobniej była to powalona kłoda drewna zalegająca na warstwie organicznej, lub częściowo w niej pogrzeżnięta. Należy wykluczyć całkowite pogrzebanie w osadach organicznych ze względu na brak materii organicznej w profilu litologicznym powyżej powalonej kłody. W innym przypadku stwierdzono szczątki drewna, ale znajdowały się one w obrębie osadów mineralnych, wypełniających jedno z koryt (rys. 3; przekrój C).

Rzędna spągu serii organicznej mieści się w granicach między 93,2 m n.p.m. a 95,8 m n.p.m. Częściej spąg zalega niżej w północnej części badanego terenu, w południowej zaś wyżej. Nie stanowi to jednak reguły, ponieważ powierzchnia, na której miała miejsce akumulacja serii organicznej nie była wyrównana, a w płytkich zagłębieniach terenu odkładanie się materii organicznej następowało wcześniej (Dzieduszyńska i in. 2011).

Wysokość zalegania stropu serii organicznej wynosi około 96 m n.p.m. w części południowej analizowanego terenu, na północy zaś mieści się w przedziale między 94,5 do 95 m n.p.m. Strop osadów organicznych na wschodzie obszaru badań zalega między 95,5 do 96,5 m n.p.m. (rys. 3; przekrój C).



fot. J. Petera-Zganiacz, 2007

fot. J. Petera-Zganiacz, 2011

Rys. 5. Świadczenia konsolidacji serii organicznej

A – spłaszczone pnie drzew zalegające w serii organicznej;  
B – deformacje stropu serii organicznej powodowane nierównomierną konsolidacją

Evidences of the consolidation of the organic series

A – flattened tree trunks within organic series; B – deformations of the top of organic series resulted by uneven consolidation;

Spośród 126 wierceń ręcznych 89 wykonano w obrębie terasy niskiej doliny Warty, z którą wiązana jest obecność analizowanej serii organicznej. Pozostałe wiercenia, które zlokalizowano poza terasą niską, wykonano w celu sprawdzenia czy zasięg serii organicznej pokrywa się z granicami morfologicznymi terasy. Obecność serii udokumentowano w 33 wierceniach i zgodnie z wcześniejszymi przypuszczeniami, utwory te stwierdzono tylko w obrębie terasy niskiej (rys. 3; przekrój A i C). Dane te uzupełniają informacje z 17 wierceń archiwalnych zlokalizowanych w obrębie terasy niskiej, w których na rzędnej odpowiadającej analizowanej serii udokumentowano osady organiczne.

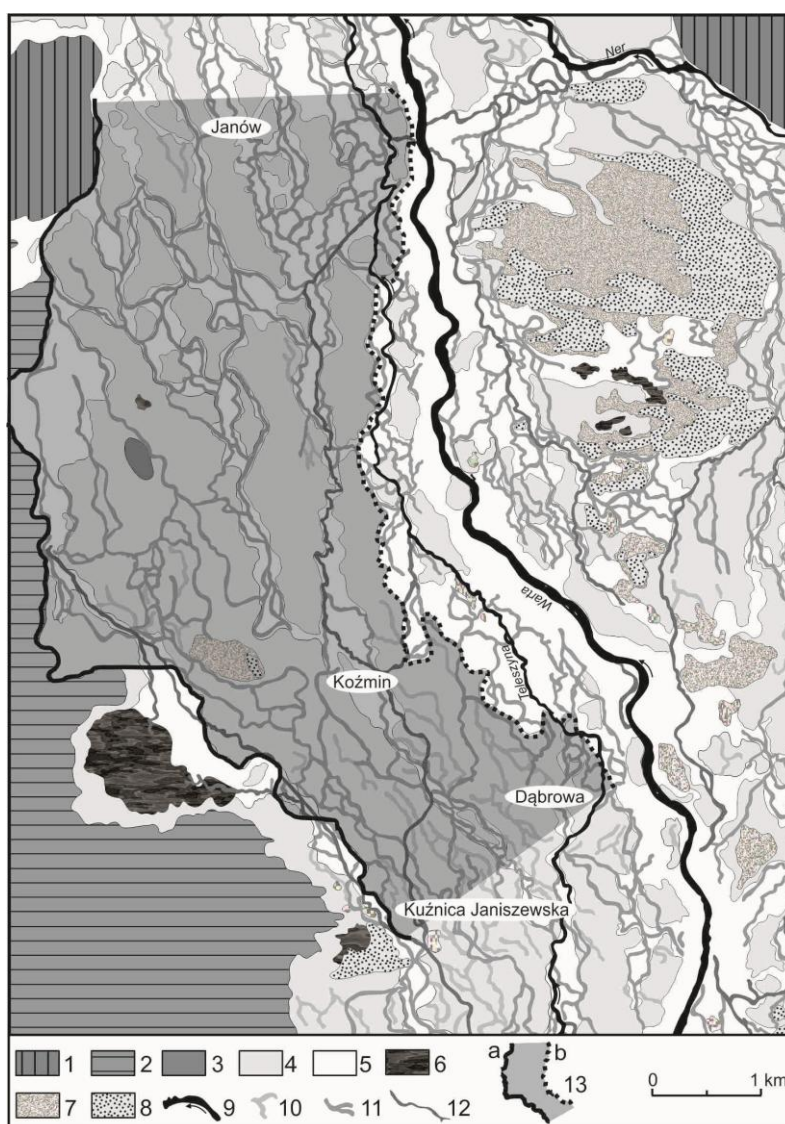
Sytuacja znana z odsłoneń w odkrywkach kopalnianych (rys. 2; Koźmin S b) (Turkowska i in. 2000, 2004; Petera 2002) wskazuje, że przyczyną utraty ciągłości serii organicznej w obrębie terasy niskiej była erozja rzeczna, która doprowadziła do wykształcenia licznych koryt (rys. 3). Koryta te wypełniają piaski, rzadziej piaski z mułkami i materią organiczną. Sedymentacji osadów facji korytowej towarzyszyła intensywna depozycja facji pozakorytowej reprezentowanej przez piaski i piaski z mułkami, pokrywającymi

charakteryzowaną serią organiczną. Do zintensyfikowania procesów fluwialnych doszło jeszcze pod koniec młodszego dryasu. Jedną z konsekwencji tego zdarzenia, będącą wypadkową globalnych zmian klimatycznych i lokalnych czynników środowiskowych, było wytworzenie się w dolinie Warty systemu wielokorytowego określonego jako *anabranching* typu 2 w klasyfikacji Knightona i Nansona (1996) (m.in: Turkowska i in. 2000, 2004; Petera-Zganiacz i in. w druku).

Obecność systemu kopalnych koryt na analizowanym terenie została stwierdzona również na podstawie analizy zdjęć lotniczych. Zawarty w pracy Forysiaka (2005) fotointerpretacyjny szkic geomorfologiczny ukazuje systemy koryt zidentyfikowanych w obrębie terasy niskiej Warty, na którym wyszczególniono trzy generacje koryt: jedną młodszodryasową i dwie holocenijskie (rys. 6). Można byłoby przyjąć założenie, że wyodrębnione obszary międzykorytowe wyznaczają płyty badanej serii organicznej, jednakże wieloletnie badania prowadzone w tym obszarze nakazują ostrożność w formułowaniu takich tez. Należy zaznaczyć, że koryta systemów holocenijskich nie zawsze rozciągały serię osadów organicznych. Mogły być wyerodowane jedynie

w leżącej powyżej serii mineralnej „ogniwa górnego”, a z drugiej strony, najstarsze koryta często są niewidoczne na zdjęciach. Na przykład, udało się wskazać trzy, niewyróżnione wcześniej na szkicu fotointerpretacyjnym strefy korytowe (pomimo stosunkowo niewielkiej rozdzielczości definiowanej odległością pomiędzy poszczególnymi wierceniami) zlokalizowane w środkowej części analizowanego obszaru (Andrzejak 2012). U podstaw

takiego wniosku leży brak osadów organicznych w kilkunastu wierceniach wykonanych w zasięgu terasy niskiej wyznaczonej przez Forysiaka (2005) i założenie, że zlokalizowano je w miejscach, gdzie przebiegały koryta najstarszej generacji, wypełnione osadami korytowymi a następnie przykryte mineralnymi utworami facji pozakorytovej.



Rys. 6. Pierwotny zasięg serii organicznej na tle systemu koryt wyinterpretowanych na podstawie zdjęć lotniczych przez Forysiaka (2005)

1 – wysoczyzna morenowa; 2 – terasa wysoka; 3 – terasa erozyjna; 4 – terasa niska; 5 – dno doliny; 6 – współczesne torfowiska; 7 – pola piasków eolicznych; 8 – wydmy; 9 – współczesne ciekły; 10 – ślady starorzeczy o jasnym fototonie; 11 – ślady starorzeczy o ciemnym fototonie; 12 – starorzeczka świeże, częściowo wypełnione wodą; 13 – pierwotny zasięg serii organicznej; a – granica o charakterze akumulacyjnym, b – granica powstała wskutek erozji Warty

Original extent of the organic series against the system of channels reconstructed on the base of aero photographs by Forysiak (2005)

1 – morainic plains; 2 – high terrace; 3 – erosional terrace; 4 – low terrace; 5 – valley floor; 6 – present-day peatlands; 7 – aeolian plains; 8 – dunes; 9 – present-day river channels; 10 – traces of subfossil channels of bright photo tone 11 – traces of subfossil channels of dark photo tone; 12 – fresh oxbow lakes, partly fill with water; 13 – original extent of the organic series; a – accumulation boundary, b – boundary produced by erosion of the Warta River

Osady wielokorytowego systemu Warty nadbudowały dno ówczesnej doliny o około dwa do trzech metrów, tworząc współczesną powierzchnię terasy niskiej o charakterze terasy akumulacyjnej. Jednakże w środkowo-zachodniej części analizowanego terenu, znajduje się fragment terasy o genezie erozyjnej (rys. 6). W tym miejscu powierzchnia terenu zbudowana jest z gliny zlodowceń środkowopolskich lub fluwialnych osadów plenivistuliańskich przykrywających wspomnianą glinę cienką warstwą. Sytuacja taka była obserwowana w odkrywce Koźmin-Północ (Czubla i in. 2010, 2013) oraz stwierdzona w jednym z wierceń (Andrzejak 2012). Płaty gliny przypisanej do zlodowceń środkowopolskich zaznaczono na arkuszu Konin Mapy geologicznej Polski w skali 1:200 000 (Mańkowska 1974), natomiast na arkuszu Turek Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 takiej powierzchniowej budowy geologicznej nie uwzględniono (Trzmiel 2001).

Jak już wyżej wspomniano, zasięg późnowistuliańskiej serii organicznej wiąże się ściśle z terasą niską Warty. Nie stwierdzono przypadku, w którym opisywana seria zalegałaby w granicach wyższych poziomów terasowych. Genezę serii organicznej powiązano z okresowym funkcjonowaniem płytkiego lecz rozległego zbiornika rozlewiskowego na dnie basenu uniejowskiego w schyłku allerödu i na początku młodszego dryasu. Osady organiczne odnotowywane w wierceniach w obrębie rozczłonkowanego dna dolinnego, stanowią najprawdopodobniej wypełnienia holocenijskich, odciętych koryt i – co oczywiste – są młodsze od analizowanej serii.

Istotny wpływ na współczesny zasięg osadów organicznych w okolicach Koźmina ma również działalność człowieka ze szczególnym uwzględnieniem prac górniczych, polegających na odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego przez KWB „Adamów” (rys. 1). W obszarach odkrywek Koźmin-Północ i Koźmin-Południe powstała ogromna przerwa w występowaniu późnowistuliańskiego poziomu organicznego.

Na podstawie zgromadzonych danych można wyznaczyć granicę zachodnią i wschodnią zasięgu analizowanej serii organicznej w wytypowanym do badań odcinku doliny Warty (rys. 6). Od południowego zachodu granicę stanowi terasa wysoka Warty, następnie na zachodzie obszaru badań zasięg serii ograniczony jest przez obecność poziomu pradolinnego niższego oraz terasy erozyjnej. Granicę zasięgu serii w części północno-zachodniej stanowią elementy rzeźby lodowcowej i wodnolodowcowej, takie jak wysoczyzny

pagórkowate i pagórki czołowomorenowe. Wschodnia granica zasięgu poziomu organicznego jest morfologicznie i genetycznie jednolita, a stanowi ją dno doliny Warty. Należy zaznaczyć, że wschodnia granica zasięgu osadów organicznych nie jest pierwotna z uwagi na prawdopodobieństwo uprzątnięcia ich na skutek działania erozji, która już w holocenie wyodrębniła morfologicznie terasę niską (Forysiak 2005). Istnieją przesłanki pozwalające przypuszczać, że we wschodniej części doliny także jest obecna seria organiczna. Została ona udokumentowana w kilku wierceniach wykonanych w ramach realizacji innego projektu badawczego, który dotyczył genezy i ewolucji zastoiska koźmińskiego funkcjonującego w stadiale warty (Peters-Zganiacz 2010).

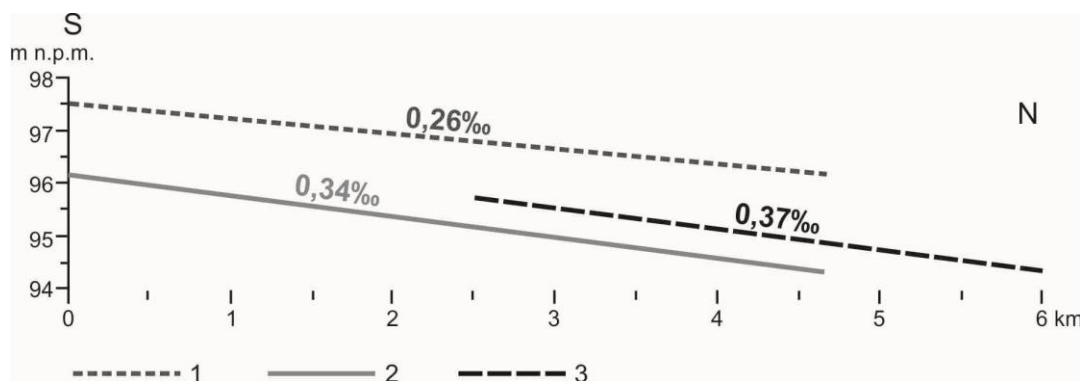
Granica południowa i północna ma charakter umowny, zamknięty wyznaczonym do badań fragmentem doliny Warty. W części północnej przebiega na wysokości wsi Janów, zaś na południu obszaru badań linię ograniczającą obszar badań poprowadzono pomiędzy Kuźnicą Janiszewską a Dąbrową (rys. 6).

Kalkulacja przybliżonej powierzchni, na której występowały osady serii organicznej w młodszym dryasie, czyli w okresie ich największego rozprzestrzenienia, dała wynik około 18,5 km<sup>2</sup>. Należy podkreślić, że podane pole powierzchni odnosi się jedynie do serii organicznej zalegającej w granicach obszaru badań (rys. 6). Przypuszczać można, że pierwotnie seria zajmowała znacznie większy obszar na wschód, a niewykluczone, że prawie całą szerokość ówczesnego dna doliny Warty. Istnieje duże prawdopodobieństwo jej występowania zarówno dalej na północ, jak i na południe od wyznaczonych umownie linii ograniczających teren badań.

Zgromadzone dane pozwoliły na wyliczenie spadków terenu dla: terasy niskiej, poziomu dna doliny oraz powierzchni stropu kopalnej serii organicznej (rys. 7). Powierzchnia terasy niskiej, w granicach terenu badań, leży zazwyczaj od 1,0 do 2,2 m nad poziomem zalewowym, a jej spadek wynosi 0,26%. Takim samym kierunkiem spadku terenu odznacza się poziom dna dolinnego, którego profil podłużny przeprowadzony został wzdłuż osi doliny Warty. Obliczony spadek holocenijskiego dna doliny w okolicach Koźmina wyniósł 0,34%. Strop powierzchni osadów organicznych, zalegający zazwyczaj około 2 m pod powierzchnią terasy niskiej, ma spadek wynoszący 0,37%. Spadki stropu serii organicznej oraz współczesnego dna doliny są podobne, co może wynikać z analogii środowiska sedymentacyjnego, w któ-

rym się ukształtowały. Mniejszy spadek poziomu terasy niskiej prawdopodobnie jest rezultatem

depozycji osadów w warunkach silnie agradującej rzeki wielokorytowej.



Rys. 7. Profile podłużne elementów doliny Warty i stropu serii organicznej

1 – terasa niska; 2 – dno doliny; 3 – strop serii organicznej

Longitudinal profiles of elements of the Warta River valley and the top of the organic series

1 – low terrace; 2 – valley floor; 3 – the top of the organic series

## PODSUMOWANIE

Uzyskane dane pozwoliły na potwierdzenie tezy o ciągłości serii organicznej w młodszym dryasie na obszarze objętym badaniami. W początkowym okresie rozwoju powstawała ona w zapewne płytkich obniżeniach terenu, a wraz z postępem akumulacji utworzyła nieprzerwaną warstwę, pokrywającą znaczną część ówczesnego dna doliny Warty. Można więc mówić o zróżnicowaniu warunków sedymentacji osadów biogenicznych, zarówno przestrzennym jak i czasowym. Miejscami i okresowo sedymentacja miała charakter zbiornikowy, gromadziły się muły organiczne, podczas gdy w innych miejscach następowała sedymentacja torfów. Górna część profilu serii organicznej powstawała przy udziale procesów

fluwialnych wyrażonych sedymentacją w warunkach dystalnej równi zalewowej.

Pierwotny zasięg późnowistuliańskiej serii organicznej w okolicach Koźmina uległ znacznemu przekształceniu, zarówno z powodu działania czynników naturalnych, jak i na skutek ingerencji człowieka. Czynnikiem naturalnym, który nieodwracalnie wpłynął na rozczłonkowanie serii organicznej, było erozyjne działanie rzeki wielokorytowej, która wkroczyła na obszar pokryty osadami organicznymi pod koniec młodszego dryasu, rozcinając poziom organiczny na różnej wielkości płaty. Piętno antropogeniczne sprowadza się przede wszystkim do usunięcia serii organicznej na znacznych obszarach odkrywek kopalnianych.

## LITERATURA

Andrzejak K., 2012 – Rozprzestrzenienie i uwarunkowania rozwoju późnowistuliańskich osadów organicznych w Koźminie. Maszynopis pracy magisterskiej, Katedra Geomorfologii i Paleogeografii UŁ: 98 s.

Czubła P., Forsyś J., Petera-Zganiacz J., 2010 – Lithologic and petrographic features of tills in the Koźmin region and their value for stratigraphical interpretation of the deposits of the Koźmin glacial lake, central Poland. *Geologija*, 52 (1-4): 1-8.

Czubła P., Forsyś J., Petera-Zganiacz J., Grajoszek M., Wiśniewska M., 2013 – Charakterystyka litologiczno-petrograficzna osadów czwartorzędowych w dolinie Warty (stanowisko Koźmin-Północ). *Przegląd Geologiczny*, 61 (2): 120-126.

Dzieduszyńska D., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Twardy J., 2012 – Paleogeograficzne elementy rozwoju doliny Warty w Kotlinie Kolskiej w świetle badań w stanowisku „Koźmin Las”. *Acta Geographica Lodziensia*, 100: 35-49.

- Dzieduszyńska D.A., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Brooks S.J., Korzeń K., Krąpiec M., Pawłowski D., Płaza D.K., Płóciennik M., Stachowicz-Rybka R., Twardy J., 2014 – Environmental influence on forest development and decline in the Warta River valley (Central Poland) during the Late Weichselian. *Quaternary International*, 324: 99-114.
- Dzieduszyńska D., Petera-Zganiacz J., Krąpiec M., 2011 – The age of the subfossil trunk horizon in deposits of the Warta River valley (central Poland) based on <sup>14</sup>C datings. *Geochronometria*, 38 (4): 334-340.
- Dzieduszyńska D., Twardy J., 2014 – Ogólna charakterystyka stanowiska Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 11-21.
- Forysiak J., 2005 – Rozwój doliny Warty między Burzeninem i Dobrowem po zlodowaczeniu warty. *Acta Geographica Lodziensia*, 90: 116 s.
- Forysiak J., Miotk-Szpiganowicz G., Petera J., 1999 – Geologic setting and palynologic examination of the Vistulian sediments at Koźmin near Turek, central Poland. *Kwartalnik Geologiczny*, 43 (1): 85-98.
- Gębica P., 1995 – Evolution of the Vistula valley and of alluvial fans of the Raba and Uszwica rivers between Uście Dolne and Szczurowa in the Vistulian and Holocene. W: L. Starkel (ed.), Evolution of the Vistula River valley during the last 15 000 years. Part V. *Geographical Studies, Special Issue*, 8: 31-50.
- Gębica P., 2004 – Przebieg akumulacji rzecznej w górnym vistulianie w Kotlinie Sandomierskiej. *Prace Geograficzne IG PAN*, 193: 229 s.
- Kalicki T., Zernickaya V., 1995 – Paleogeography of the Vistula valley near Cracow based on sediments and palynology of the Alleröd paleochannel fill. W: L. Starkel (ed.), Evolution of the Vistula River valley during the last 15 000 years. Part V. *Geographical Studies, Special Issue*, 8: 9-18.
- Kamiński J., 1989 – Wpływ holocentrycznych procesów eolicznych na kształtowanie dna doliny Moszczenicy. *Acta Geographica Lodziensia*, 59: 11-19.
- Klatkowa H., Załoba M., Forysiak J., 1996 – Nowy profil osadów plejstocentrycznych i holocentrycznych w środkowej Polsce. III Konferencja „Stratygrafia plejstocenu Polski”, Wigry 2-4 września 1996 r.: 17.
- Kobojek E., 2000 – Morfogenezę doliny Rawki. *Acta Geographica Lodziensia*, 77: 157 s.
- Kozarski S., 1983 – River channel changes in the middle reach of the Warta Valley, Great Poland Lowland. *Quaternary Studies in Poland*, 4: 159-169.
- Kozarski S., Gonera P., Antczak B., 1988 – Valley floor development and palaeohydrological changes: The Late Vistulian and Holocene. History of the Warta River (Poland). W: G. Lang, Ch. Schlüchter (eds), Lake, Mire and River Environments. AA. Balkema: 185-203.
- Mańkowska A., 1974 – Mapa geologiczna Polski w skali 1:200 000, arkusz Konin, A. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Meyer Z., Kozłowski T., 2007 – Badania właściwości sprężystych i plastycznych torfu w procesie konsolidacji. *Inżynieria i budownictwo*, 7-8/2007: 414-415.
- Meyer Z., Kowalów M., Plucińska A., 2008 – Modelowanie osiadań podłoża słabego w oparciu o badania in situ. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, 5/2008: 268.
- Nanson G.C., Knighton A.D., 1996 – Anabranching rivers: their cause, character and classification. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21: 217-239.
- Petera J., 2002 – Vistuliańskie osady dolinne w basenie uniejowskim i ich wymowa paleogeograficzna. *Acta Geographica Lodziensia*, 83: 164 s.
- Petera-Zganiacz J., 2007 – Osady rzeki plenivistuliańskiej w Koźminie. *Acta Geographica Lodziensia*, 93: 43-56.
- Petera-Zganiacz J., 2010 – Raport Końcowy. N N306 2840 33. Geneza, wiek oraz warunki sedymentacji osadów w zastoisku koźmińskim (Kotlina Kolska, środkowa Polska). Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, Uniwersytet Łódzki.
- Petera-Zganiacz J., Adamiec G., 2010 – The age of the Warta river valley deposits based on <sup>14</sup>C, TL, OSL dating methods (Kotlina Kolska, Middle Poland). 10<sup>th</sup> International Conference “Methods of Absolute Chronology”. 22-25 kwietnia 2010, Gliwice, Poland: 112.
- Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., 2007 – Wymowa paleogeograficzna horyzontu kopalnych pni w osadach późnego vistulianu. *Acta Geographica Lodziensia*, 93: 57-66.
- Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Twardy J., Pawłowski D., Płóciennik M., Lutyńska M., Kittel P., w druku – Younger Dryas flood events: A case study from the middle Warta River valley (Central Poland). *Quaternary International* <http://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.074>
- Rotnicki K., Latałowa M., 1986 – Palaeohydrology and fossilization of a meandering channel of Younger Dryas age in the middle Prosna river valley. *Quaternary Studies in Poland*, 7: 73-90.
- Starkel L., 1995 – New data on the Late Vistulian and Holocene evolution of the Wisłoka valley near Dębica. W: L. Starkel (ed.), Evolution of the Vistula River valley during the last 15 000

- years. Part V. *Geographical Studies, Special Issue*, 8: 73-90.
- Tobolski K., 1995 – Genetyczna i niegenetyczna klasyfikacja czwartorzędowych osadów biogenicznych. W: E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski (red.), *Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników*. Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego: 267-293.
- Tobolski K., 2000 – Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. *Vademecum Geobotanicum*, PWN, Warszawa: 508 s.
- Trzmiel B., 2001 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Turek. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Turkowska K., Petera J., Forysiak J., Miotk-Szpiganowicz G., 2000 – Morfogeneza powierzchni Kotliny Kolskiej w okolicach Koźmina. *Acta Geographica Lodziensia*, 78: 89-134.
- Turkowska K., Forysiak J., Petera J., Miotk-Szpiganowicz G., 2004 – A Warta River system during the Younger Dryas in the Koło Basin (Middle Poland). *Quaestiones Geographicae*, 23: 83-107.
- Twardy J., 2014 – Litologiczna charakterystyka osadów w stanowisku Koźmin Las i ich interpretacja paleogeograficzna. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 23-38.
- Vandenbergh J., 1988 – Cryoturbations. W: Clark M.J. (ed.), *Advances in Periglacial Geomorphology*. Wiley, Chichester: 179-198.
- Wachecka-Kotkowska L., 2004 – Ewolucja doliny Luciąży – uwarunkowania klimatyczne a lokalne. *Acta Geographica Lodziensia*, 86: 161 s.

## DETERMINANTS OF SPREAD AND PROPERTIES OF THE ORGANIC SERIES CONTAINING REMAINS OF THE YOUNGER DRYAS FOREST

### SUMMARY

**Abstract.** The study concerns the extent of the organic series, which is characteristic element of geology of the Warta valley low terrace. The series contains trees remnants of the Younger Dryas forest. The purpose of the study was to establish if the continuity and significant extent of the series observed previously in the walls of the open pits of the "Adamów" Lignite Mine is the rule. Results of investigations indicate that organic series has covered the area at least of 18 km<sup>2</sup> and have confirmed the thesis that the occurrence of the series coincides with the low terrace of the Warta valley. The properties of the organic series as thickness and texture were recognized. On the base of the altitude of the top of the series, the gradient of the top was counted and compared with gradients of present morphological elements of the valley. The causes of local breaks in continuity of the series were identified and connected with the functioning of the multichannel system in the Warta River valley at the end of the Late Vistulian. The study results suggest that the organic series was spread almost within the entire valley bottom during the Younger Dryas, when it reached the greatest extent. The erosion during the Holocene led to removal of the series from the axis of the valley. The anthropopressure is an important factor which causes discontinuity of the series in the study area.

**Key words:** organic deposits, multichannel system, Younger Dryas, Warta River valley

Distinctive element in geology of the low terrace of the Warta River valley within Uniejów Basin is continuity and extension of the organic series. This feature, despite of its small thickness, makes it important in palaeogeography of the valley. The palaeogeographical significance of the series is highlighted by the presence of numerous remains of trees, including stamps *in situ*, originating during the Younger Dryas.

During investigations carried out in open pits of the "Adamów" Lignite Mine since 1995, organic series, which occurs about 2–3 m below surface has been observed (Figs 1, 2). The aim of the studies was to establish the original extent of the organic series and to complement the information collected in open pits.

More than hundred drillings performed in the left side of the Warta River valley allowed to broad the knowledge on characteristics of the organic series. In drillings the series was represented by black silt with admixture of organic plant remains or highly decomposed black peat with pieces of wood. The thickness of these deposits ranges from 15 to 50 cm. The base of the

series lays on altitude of 93,2 m a.s.l. in the north part of study area and on altitude of 95,8 m a.s.l. on the south. The altitude of the top, ranges respectively, from 94,5 to 96,5 m a.s.l. Calculated gradient of the top of the series (0,37‰) appeared higher than the gradient of the low terrace (0,26‰) and slightly higher than present-day valley floor gradient (0,37‰) (Fig. 7).

In places, the studied series is cut by channels of the anabranching river system (Fig. 3), which developed in the end of the Younger Dryas. Results of investigations allow to claim that organic series has been extended in the entire valley floor during the Younger Dryas (Fig. 6). During the Holocene, in the middle part of the valley, organic series was completely eroded in a wide zone. In the study area an important factor, which influenced on observed present-day discontinuous character of the series, is anthropopressure pronounced by open pit exploitation of lignite. The extent of the series in the south and north is limited by the boundary of the study area, but most probably the series occur in a wider area.





## ROZWÓJ ROŚLINNOŚCI W PÓŻNYM VISTULIANIE ORAZ FUNKCJONOWANIE I ZANIK EKOSYSTEMU LEŚNEGO W STANOWISKU KOŹMIN LAS

### ZARYS TREŚCI

Artykuł prezentuje wyniki badań palinologicznych i makroszczątków roślin ze stanowiska Koźmin Las, na którym udokumentowano późnovistuliańskie osady, reprezentowane przez torfy i mułki organiczne oraz pozostałości lasu w postaci fragmentów pni w pozycji *in situ*. Badaniami paleobotanicznymi objęto dwa profile osadów – KL 1 i KL 2, przy czym analizę makroszczątków roślin wykonano tylko dla profilu KL 1. Wyróżniono kilka etapów rozwoju zagłębienia. Początkowo, w okresie allerödu deponowane były osady piaszczyste, zawierające pyłek głównie sosny i brzozy. Spadek udziału pyłku brzozy i wzrost krzywych turzycowatych i traw, a co za tym idzie większy udział w krajobrazie zbiorowisk nieleśnych wyznacza granicę z młodszym dryasem. Około 10 710 ± 60 BP / 12 744 – 12 547 cal BP nastąpił rozwój torfowiska niskiego. W wyniku podniesienia się poziomu wody i dostawy materiału terygenicznego do powstałego rozlewiska, rozwój torfowiska zakończył się. Miało to miejsce około 10 430 ± 80 BP / 12 566 – 12 067 cal BP.

**Słowa kluczowe:** późny vistulian, dolina Warty, historia roślinności, zmiany klimatu, palinologia, analiza makroszczątków roślin

### WPROWADZENIE

Położenie i ogólna charakterystyka stanowiska Koźmin Las omówiona została w artykule Dzieduszyńskiej i Twardego (2014, w tym tomie). Przedmiotem prowadzonych tam badań są szczątki lasu przetrwałe w postaci karp w pozycji *in situ*, powalonych pni i innych części drzew oraz późnovistuliańskie torfy i muły organiczne, dla których uzyskano wyniki datowań w granicach 9 780 ± 110 <sup>14</sup>C BP / 11 335–10 874 cal BP (95,4%) i 11 420 ± 160 <sup>14</sup>C BP / 12 825–12 615 cal BP (95,4%) (Dzieduszyńska i in. 2014).

Celem analizy paleobotanicznej było potwierdzenie hipotezy o funkcjonowaniu formacji leśnej w dolinie Warty oraz określenie warunków panujących podczas jej rozwoju i funkcjonowania, ze szczególnym uwzględnieniem paleoklimatu, stosunków paleohydrologicznych w dolinie i paleoekologii zbiorowisk roślinnych. Ważnym było także określenie przyczyn, warunków i tempa, w jakim nastąpiła destrukcja badanego lasu.

### MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Analizom paleobotanicznym poddano materiał pobrany w formie monolitu o długości 50 cm, w obrębie odkrywki badawczej Koźmin Las – profil KL 1 oraz bezpośrednio ze ściany wykopu – profil KL 2. Opis osadów obu profili przedstawiono w formie tabelarycznej (tab. 1, 2). Lokalizację opróbowania ilustruje rys. 2 w pracy Dzieduszyńskiej i Twardego (2014, w tym tomie).

#### Analiza palinologiczna

Analizie palinologicznej poddano próbki z profilu KL 1 i KL 2. Z monolitu (profil KL 1) próbki zostały pobrane co 4 cm w części górnej i co 2 cm w części dolnej – łącznie 17 próbek. Próbki profilu KL 2 pobrano bezpośrednio z zachodniej ściany tego samego wykopu, po wcze-

\* Polska Akademia Nauk, Instytut Botaniki im. Władysława Szafera, Zakład Paleobotaniki, 31–512 Kraków, ul. Lubicz 46, e-mail: r.stachowicz@botany.pl, katarzynakorzen@gmail.com.

śniejszym ich oczyszczeniu; gęstość próbkowania w tym przypadku wyniosła 2 cm.

Materiał (1 cm<sup>3</sup>) poddano acetolizie Erdtmana (1960), po wcześniejszym zagotowaniu z KOH (Faegri i in. 1989) i usunięciu węglanów za pomocą 10% roztworu HCl. W celu określenia koncentracji ziaren pyłku poszczególnych taksonów dla wszystkich próbek użyto indykatora – tabletki ze sporami *Lycopodium* (Stockmarr 1971).

Badania przeprowadzono metodą standardowej analizy pyłkowej z użyciem mikroskopu

świetlnego. Ziarna pyłku zliczane były do ogólnej sumy 500 ziaren drzew i krzewów. Udział procentowy taksonów obliczano w stosunku do sumy ziaren pyłku taksonów drzewiastych (AP) oraz krzewinek i roślin zielnych (NAP), z wyłączeniem taksonów uznawanych za roślinność lokalną (wodne i szuwarowe) oraz zarodników mchów i paproci (Berglund, Ralska-Jasiewiczowa 1986). Wyniki zostały zapisane i opracowane w programie POLPAL (Nalepka, Walanus 2003).

Tabela 1

Opis osadu profilu KL 1  
Description of sediment in section KL 1

Głębokość (cm)	Typ osadu
200 – 206	piasek szaro-żółty z detrytusem roślinnym
206 – 220	piasek ilasty szaro-żółty z detrytusem roślinnym
220 – 236	mulek ciemnoszary
236 – 240	torf silnie rozłożony
240 – 242	mulek ilasty ciemnoszary
242 – 243	lignit (większy fragment drewna)
243 – 247	mulek zatorfiony
247 – 250	piasek różnoziarnisty szaro-żółty

Tabela 2

Opis osadu profilu KL 2  
Description of sediment in section KL 2

Głębokość (cm)	Typ osadu
208 – 216	piasek
216 – 226	piasek pylasty
226 – 230	piasek ilasty
230 – 254	mulek
254 – 260	torf silnie rozłożony
260 – 265	mulek ilasty
265 – 266	wkładka lignitu

#### Analiza makroszczątków roślin

Analiza makroszczątków roślin została wykonana dla profilu KL 1. Przeanalizowano 13 próbek osadu o objętości 50 ml. Poddano je maceracji, polegającej na gotowaniu w wodzie z dodatkiem 10% roztworu KOH w celu rozluźnienia osadu oraz usunięcia substancji humusowych. Następnie szlamowano je na sicie o średnicy oczek 0,2 mm. Pozostały materiał przebijany był pod mikroskopem stereoskopowym. Do konserwacji znalezionych szczątków użyto standardowej mieszanki alkoholu, wody i gliceryny (w stosunku 1:1:1) z dodatkiem tymolu. Następnie fragmenty roślin suszono przy pomocy 50% alkoholu etylowego.

Makroszczątki roślin identyfikowano przy pomocy kluczy, atlasów (Beijerinck 1947; Berggren 1969; Cappers i in. 2006; Velichkevich, Zastawniak 2006, 2008) oraz zbioru porównawczego współczesnych nasion i owoców, a także kolekcji kopalnych flor należących do Muzeum Paleobotanicznego Instytutu Botaniki im. Szafera PAN w Krakowie.

Jakościowe i ilościowe wyniki oznaczeń prezentowane są w diagramach wykreślonych przy użyciu programu POLPAL (Nalepka, Walanus 2003). Poszczególne taksony przyporządkowano do grup siedliskowych.

## WYNIKI

### Analiza palinologiczna

W obu przeanalizowanych profilach (rys. 1, 2) występuje podział osadów odpowiadający trzem odcinkom, dość wyraźnie wyróżniającym się na diagramach pyłkowych, głównie ze względu na różnicę we frekwencji występowania ziaren pyłku:

- piaszczysta warstwa spągowa charakteryzująca się bardzo niską frekwencją ziaren pyłku; w jej obrębie występują prawie wyłącznie taksony drzewiaste – głównie sosna (*Pinus* sp.), z niewielkim udziałem roślin zielnych, w tym turzyc (Cyperaceae) oraz traw (Poaceae) i widliczki (*Selaginella* sp.),

- warstwa osadów organicznych – torfu i zatorfionego mułku z wkładką lignitu, charakteryzująca się wysoką frekwencją ziaren pyłku z wąskiego spektrum taksonów: sosna i turzycy, z niewielkim udziałem traw i innych taksonów zielnych – głównie komosowatych (Chenopodiaceae) oraz z pojedynczo występującymi ziarnami taksonów drzewiastych o większych wymaganiach termicznych,

- leżąca powyżej torfu warstwa mułku i osadów piaszczystych z niską frekwencją ziaren pyłku, ale charakteryzująca się dużo szerszym spektrum taksonomicznym, z bardzo wysokim udziałem sosny, liczniejszym występowaniem taksonów drzewiastych (także ciepłolubnych), obecnością różnorakich taksonów zielnych oraz pojawieniem się rzęsy (*Lemna* sp.) i pojedynczych ziaren pyłku roślin związanych ze środowiskiem wodnym.

#### Profil KL 1

W profilu KL 1 (rys. 1) wyróżniono jeden lokalny poziom pyłkowy (L PAZ): KLP1 – *Pinus* (250–200 cm) i dwa podpoziomy (L SPAZ): KLPP1 – *Pinus* (250–233cm) i KLPP2 – *Pinus* – Cyperaceae – herbs (233–200 cm)

#### KLPP1 – *Pinus*

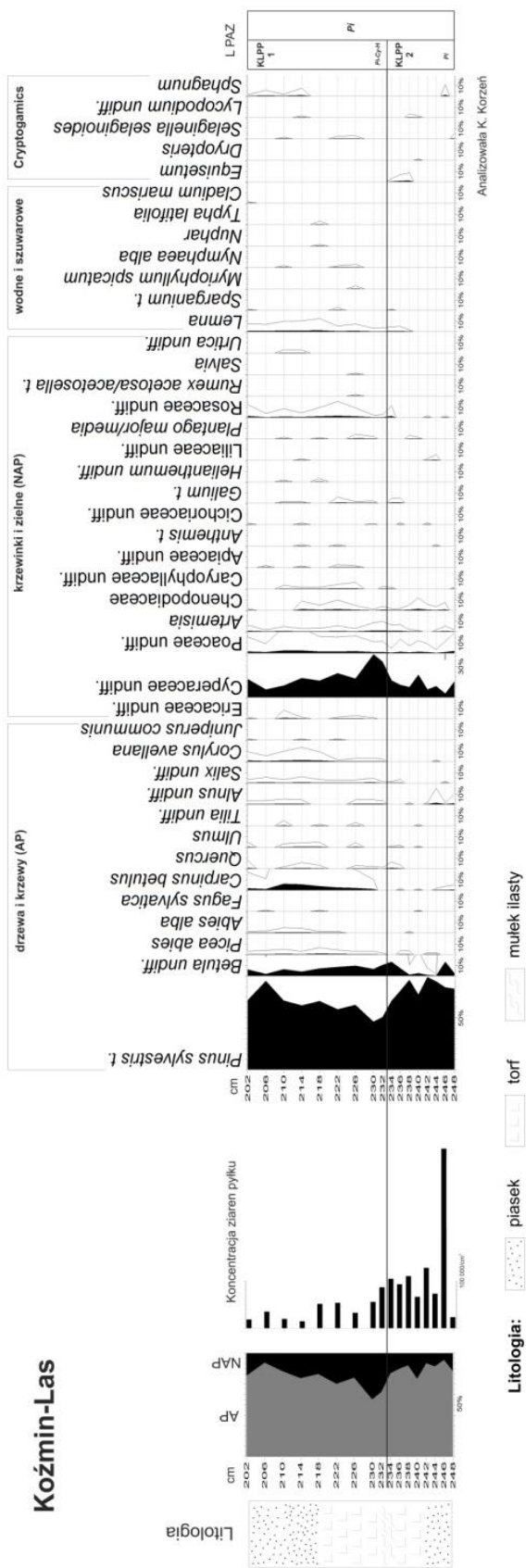
W spągowym odcinku profilu (250–247cm, jedna próbka) występuje poziom z bardzo niską frekwencją ziaren pyłku. W spektrum pyłkowym dominuje sosna – blisko 80%. Dość duży procent stanowią turzycowate (12%). Poza tymi

dwoma głównymi taksonami w spektrum pyłkowym występują również trawy, brzoza (*Betula* sp.), olsza (*Alnus* sp.) i grab pospolity (*Carpinus betulus* L.) oraz dwa taksony roślin zielnych: goździkowate (Caryophyllaceae) i bylica (*Artemisia* sp.). Stwierdzono również obecność spor widliczki.

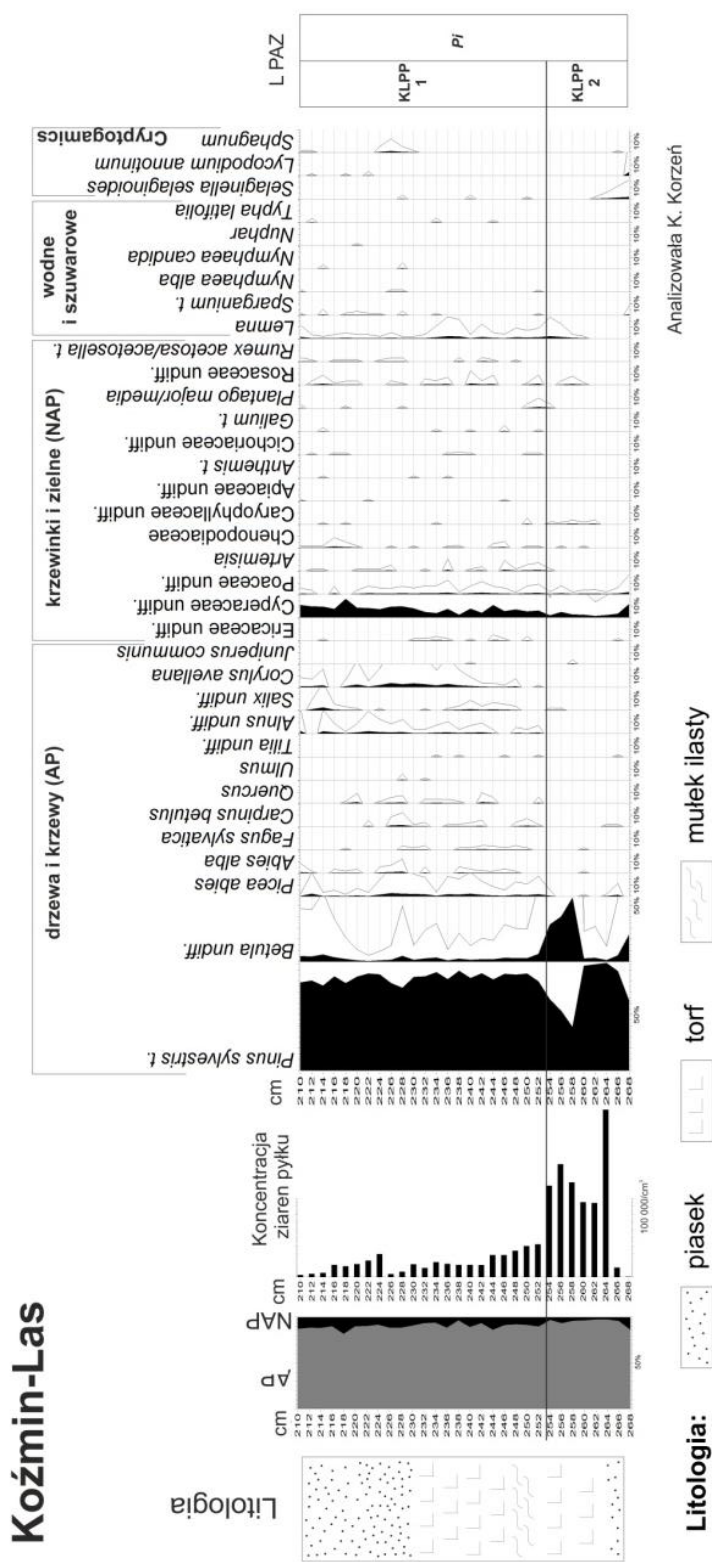
Wyżej położona część profilu (247–233 cm) obejmuje warstwy osadów charakteryzujące się dużym udziałem materii organicznej. Frekwencja ziaren pyłku jest wysoka (najwyższa w próbkach z głęb. 246 cm). W diagramie pyłkowym wyraźny jest duży udział pyłku sosny, przy niewielkim udziale brzozy i pojedynczym występowaniu ziaren pyłku innych taksonów drzewiastych. Turzycowate i trawy mają niewielki udział w spektrum pyłkowym. Nielicznie występują taksony roślin zielnych (poniżej 1%). Pojawia się również typ pałka/jeżogłówka (*Sparganium* typ). Pod koniec tej fazy w spektrum pyłkowym zaznacza się spadek udziału pyłku sosny na rzecz turzycowatych i traw. Odnotowano również pyłek rzęsy wodnej.

#### KLPP2 – *Pinus* – Cyperaceae – herbs

Górna część profilu (233–200 cm), złożona z mułków i osadów piaszczystych, zawiera mniejszą ilość ziaren pyłku. W spektrum pyłkowym dominuje sosna (73–86%), przy nieco wyższym niż poprzednio udziale brzozy (średnio 3%). Stwierdzono występowanie pyłku taksonów drzewiastych o wyższych wymaganiach termicznych, takich jak: jodła zwyczajna (*Abies alba* Mill.), dąb (*Quercus* sp.), buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.), grab, lipa (*Tilia* sp.), wiąz (*Ulmus* sp.), leszczyna pospolita (*Corylus avellana* L.). Wśród nich większość stanowią ziarna pyłku grabu i leszczyny (nawet powyżej 3%). Stosunkowo duży udział w spektrum pyłkowym na tym odcinku mają turzycowate (średnio 10%) i trawy (powyżej 0,5%), występuje również wiele taksonów zielnych, w tym najliczniej goździkowate i bylice oraz różowate (Rosaceae Juss.). Pojedynczo pojawiają się ziarna pyłku roślinności wodnej i szuwarowej – grążel (*Nuphar* sp.), grzybienie białe (*Nymphaea alba* L.), grzybienie północne (*Nymphaea candida* J.Presl & C. Presl), pałka wąskolistna (*Typha latifolia* L.), typ pałka/jeżogłówka. Na całym odcinku występuje ciągła krzywa rzęsy.



Rys. 1. Diagram palinologiczny profilu KL 1  
Pollen diagram for section KL 1



Rys. 2. Diagram palinologiczny profilu KL 2

Pollen diagram for section KL 2

### Profil KL 2

W profilu KL 2 (rys. 2) stwierdzono taki sam podział, jak w profilu KL 1. Wyróżniono jeden lokalny poziom pyłkowy (L PAZ): KLP1 – *Pinus* (268–210 cm) i dwa podpoziomy (L SPAZ): KLPP1 (268–253 cm) i KLPP2 (253–210 cm).

Część spągowa profilu (268–265 cm) obejmuje osady piaszczyste, bardzo ubogie w ziarna pyłku. W jej obrębie stwierdzono obecność sosny (najliczniejszy takson), brzozy, traw, turzyc oraz spor widliczki, a także pyłku typu *Sparganium* oraz pojedynczych ziaren pyłku innych taksonów o nieokreślonych ściśle wymaganiach ekologicznych, występujących na różnorodnych siedliskach.

Środkowy fragment profilu (265–253 cm) to osady organiczne, głównie torfy, charakteryzujące się bardzo dużą frekwencją ziaren pyłku. Na diagramie pyłkowym obserwujemy zasadniczą dominację sosny, przy małym udziale brzozy. Pojedynczo występują ziarna pyłku innych taksonów drzewiastych (świerk, jodła, buk, grab, lipa). W tej części profilu spada udział pyłku turzyc i traw. Pojedynczo występują także ziarna bylic, goździkowatych i różowatych. Pod koniec opisywanej fazy na diagramie pojawia się rzęsa.

Bardzo duży udział procentowy pyłku brzozy w próbce z głębokości 258 cm i powyżej niej nie powinien być traktowany jako odzwierciedlenie odpowiadającej tym poziomom roślinności. Jest to nienaturalne zaburzenie związane prawdopodobnie z wystąpieniem w obrębie analizowanej próbki pylnika brzozy lub jego fragmentu.

Górny odcinek opisywanego profilu (263–210 cm) złożony jest z mułków i osadów piaszczystych. Spektrum pyłkowe dla tego fragmentu jest dość bogate. Głównym, widocznym na diagramie taksonem, jest w dalszym ciągu sosna, towarzyszy jej jednak szereg innych taksonów drzewiastych. Udział brzozy, świerka i olszy oraz leszczyny jest okresowo stosunkowo duży. Pozostałe taksony drzewiaste występują pojedynczo. Zwiększa się procent pyłku turzyc i w niewielkim stopniu traw. Pojawia się szereg taksonów zielnych. Na całym odcinku występuje rzęsa oraz pojedyncze ziarna pyłku taksonów wodnych i bagiennych.

### Analiza makroszczątków roślin

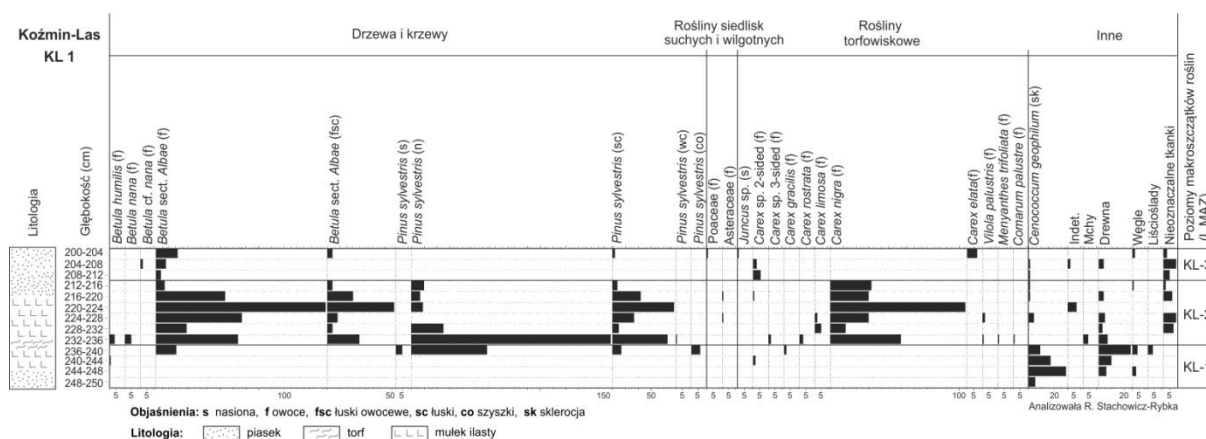
W diagramie (rys. 3, 4) wydzielono trzy poziomy makroszczątków roślin oznaczonych jako

KL1–3. Przy wydzielaniu poziomów kierowano się obecnością jednego lub kilku najbardziej licznych lub charakterystycznych taksonów dla danego poziomu. Granice pomiędzy poziomami zostały wyznaczone na podstawie pojawienia się, zaniku, wzrostu lub spadku liczebności taksonów znaczących pod względem ilościowym lub wskaźnikowym.

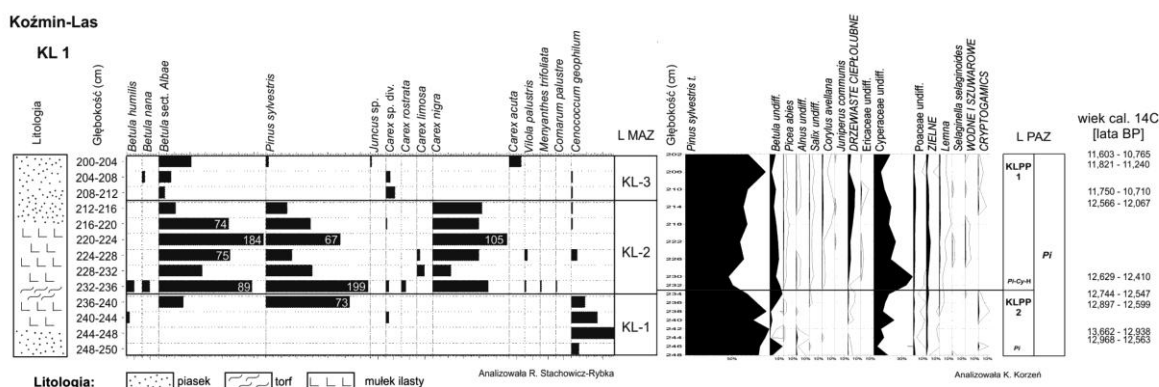
Poziom KL-1 L MAZ (250–236 cm) budują różne typy osadów, w tym piasek, zatorfiony mułek oraz fragment storfiąlego drewna. Spąg poziomu charakteryzuje się wysokim udziałem sklerocjów *Cenococcum geophilum*, przy jednoczesnym braku innych szczątków roślin. Oznaczono także pojedyncze owocki *Betula humilis* oraz *Carex* sp. 2-sided. W stropie pojawiają się szczątki sosny i brzozy drzewiastych. Zjawisko występowania licznych sklerocjów *Cenococcum geophilum* i jednocześnie brak lub bardzo niewielki udział innych makroszczątków roślinnych jest częste w osadach powstających w warunkach mało zwartej pokrywy roślinnej i przy wzmożonej dostawie materiału terygenicznego z brzegów zbiornika. Takie warunki są typowe dla klimatu borealnego. Panowanie chłodnego klimatu potwierdza także obecność szczątków *Betula humilis*.

Poziom KL-2 L MAZ (236–216 cm) budują: torf, mułek ilasty oraz w stropie piasek zailony. W poziomie zaznacza się znaczny wzrost udziału szczątków *Betula* sect. *Albae* oraz *Pinus sylvestris*, które zdecydowanie dominują w tym odcinku profilu. W spągu poziomu obecne są owocki *Betula nana* i *B. humilis*. Bardzo licznie występują także owocki *Carex nigra*. Notuje się ponadto *Carex limosa*, *C. rostrata* oraz owocki *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre* i *Viola palustris*. Obecność tych gatunków, które występują najczęściej na siedliskach eu- i mezotroficznym, w miejscach podmokłych, na brzegach zbiorników i obrębie szuwaru sugeruje, że w tym czasie na obrzeżu zbiornika były zbiorowiska torfowisk niskich.

W poziomie KL-3 L MAZ (216–200 cm) osad ponownie zmienia się na piaski i piaski zailone. Począwszy od spągu zaznacza się w nim spadek udziału szczątków roślin we wszystkich grupach ekologicznych. Nadal występują owocki z rodzaju *Carex*, a także pojedyncze szczątki brzozy drzewiastych i sosny. Pojedynczo notowane są nasiona *Poaceae* sp. i *Juncus* sp.



Rys. 3. Diagram makrocząstek roślin profilu KL 1  
Diagram of plant macrofossils for section KL 1



Rys. 4. Skrócony diagram zbiorczy analiz paleobotanicznych profilu KL 1  
Condensed summary diagram of palaeobotanical analyses for section KL 1

## DYSKUSJA

Zapis palinologiczny z dolnej części profilu wskazuje na obecność sosnowych zbiorowisk leśnych, z niewielką domieszką brzozy. Jest to zgodne z wynikami badań dendrologicznych, które wykazały zdecydowaną dominację sosny w składzie gatunkowym lasu (por. Dzeduszyńska i in. 2012; Kittel i in. 2012). Taki obraz roślinności odpowiada fazie sosnowej allerödu. W wyżej położonej części profilu spada udział pyłku *Betula*, podnoszą się natomiast krzywe turzycowatych i traw, wskazując na większy udział w krajobrazie zbiorowisk nieleśnych. W tej części profilu pojawia się pyłek roślin wodnych, świadczący o występowaniu na badanym obszarze zbiornika wodnego *Nuphar* i *Nymphaea*. Pojawia się on nielicznie i w sposób

nieciągły, co może wskazywać na płytki charakter zbiornika. *Typha latifolia* i *Sparganium* t. związane są ze zbiorowiskami podmokłymi lub płytkowodnymi (strefa brzegowa zbiorników), a turzycowate występują również głównie w obrębie zbiorowisk mokrych i podmokłych. Dość charakterystyczne jest występowanie *Lemna minor* – taksonu związanego z płytkimi, niestabilnymi zbiornikami wodnymi. W górnej części profilu pojawia się więcej ziaren pyłku drzew, w tym również taksony o wyższych wymaganiach termicznych. Obecność pyłku takich taksonów jak *Alnus*, *Quercus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Corylus* czy *Picea* i *Abies* odbiega od palinologicznego zapisu historii roślinności regionu (Ralska-Jasiewiczowa i in. 2004)



i może świadczyć o zaburzeniach w obrębie osadów leżących powyżej poziomów 233 cm. Ziarna pyłku ciepłolubnych taksonów drzewiastych w tej części profilu można z dużą dozą pewności uznać za redeponowane. Potwierdzają to wyniki analiz Cladocera (Pawłowski 2014, w tym tomie) oraz analiz litologicznych (Twardy 2014, w tym tomie), z których wynika, że w rozwoju zbiornika zaznaczyły się wówczas wlewy wód powodziowych. W części spągowej stwierdzono obecność pyłku *Selaginella selaginoides* – gatunku charakterystycznego dla okresu późnoglacialnego. Zapis palinologiczny z wcześniejszych analiz na tym stanowisku wykazał występowanie widliczki, wskazujące na zaostwienie warunków klimatycznych w młodszym dryasie (Peters-Zganiacz, Dzieduszyńska 2007). Dodatkowo, w dolnej części diagramu zaznacza się występowanie gatunków roślin lepiej przystosowanych do klimatu chłodnego oraz brak gatunków ciepłolubnych. Uzyskany na podstawie analizy pyłkowej obraz roślinności nieco różni się od najczęściej powtarzających się na innych stanowiskach z tego okresu schematów (Ralska-Jasiewiczowa i in. 2004). Świadczy to o specyfice warunków lokalnych – podmokły lub mokry charakter siedliska, na przykład nie sprzyjał występowaniu na tym obszarze jałowca (an. G. Miotk-Szpiganowicz – por. Turkowska i in. 2000).

Rezultaty przeprowadzonej analizy palinologicznej są w dużym stopniu zgodne z wynikami wcześniejszych badań (dr Grażyny Miotk-Szpiganowicz – por. m.in. Turkowska i in. 2000, 2004). W całym profilu zaznacza się wysoki udział pyłku *Pinus* z niewielkim udziałem *Betula*. W spektrum pyłkowym występuje nieco mniejszy udział procentowy pyłku turzycowatych, przy podobnym rozkładzie udziału pyłku traw.

Analiza makroszczątków w profilu Koźmin Las również wskazuje na istnienie trzech etapów rozwoju badanego zagłębienia. Zapisany w najniższych próbkach diagramów palinologicznych KL 1 i KL 2 (rys. 1, 2) okres allerödu nie zaznacza się w wynikach analizy makroszczątków. W tym czasie nie notuje się szczątków roślin taksonów związanych z cieplejszym klimatem. Właściwie najniższa próbka z głębokości 248–250 zawiera wyłącznie sklerocja *Cenococcum geophilum*. Typ osadu oraz obecność sklerocjów tego grzyba ektomikoryzowego może być dowodem na to, że materia organiczna na powierzchni gleby nie była ustabilizowana zwartą pokrywą roślinną i ulegała procesom soliflukcji (Wick i in. 2003; Tinner i in. 2008). W stro-

powej części poziomu stwierdzono obecność *Betula humilis*, która potwierdza panowanie chłodnego, borealnego klimatu. Kolejny etap, przypadający na poziom KL-2 L MAZ, dokumentuje rozwój niewielkiego, płytkiego zagłębienia, na brzegach którego rozwijało się torfowisko o charakterze torfowiska niskiego lub przejściowego, przy jednoczesnej znaczącej dostawie materiału ilastego. W sąsiedztwie zbiornika, a raczej bezpośrednio przy jego brzegach rósł las sosnowo-brzozowy, pozostawiając w osadzie niezwykle liczne szczątki drzew, zachowane w postaci owoców, nasion, łusek nasiennych i szpilek. Miejsca wilgotniejsze, zagłębienia ze stojącą wodą zajmowały głównie różne gatunki turzyc, *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre* oraz *Viola palustris*. Wśród turzyc zdecydowanie dominującym gatunkiem był *Carex nigra*, który najczęściej jest składnikiem zbiorowisk występujących na podmokłych łąkach i torfowiskach niskich, a także przejściowych. Niewielka, 20-centymetrowa miąższość warstwy organicznej, w której znaczny udział stanowi materiał ilasty wskazuje, że okres istnienia tego torfowiska nie był zbyt długi.

Następnym etapem rozwoju zagłębienia było podniesienie się poziomu wody i zwiększenie dostawy materiału terygenicznego, czego efektem było przerwanie rozwoju torfowiska. Zbiornik stopniowo wypełniał się materiałem piaszczystym i piaszczysto-ilastym, a osad znacząco zubożał w szczątki roślin. W tym okresie rozpoczęła się degradacja występującego tam zbiorowiska leśnego. Nie jest wykluczone, że proces zamierania lasu mógł mieć gwałtowny przebieg. Kluczowa jest pora roku, podczas której nastąpiło zalanie drzew i czas utrzymywania się wysokiego poziomu wody. Jeżeli powódź zdarzy się zimą lub wczesną wiosną, gdy drzewa nie są w okresie wegetacji, a woda opadnie przed rozpoczęciem wegetacji, to zalanie nie jest dla nich zbyt szkodliwe. Większość gatunków może wytrzymać do czterech miesięcy powodzi, ale poza sezonem wegetacyjnym. W przypadku, gdy powódź występuje podczas sezonu wegetacyjnego, zwłaszcza podczas cieplej pogody, to szkodliwe działanie zalania, a nawet śmierć drzewa może nastąpić w ciągu jednego do dwóch tygodni. Gatunki bardziej odporne mogą przetrwać najwyżej od trzech do pięciu miesięcy (Kozłowski 1997; Rouvinen 2002; Baughman 2010). Należy nadmienić, że późnovistuliańskie powodzie, które odpowiadają za złożenie 2-3-metrowej warstwy osadów, powiązane z ciepłą porą roku (Twardy 2014, w tym tomie).

## WNIOSKI

Na podstawie wyników analiz paleobotanicznych określono etapy rozwoju zagłębienia Koźmin Las. Początkowo osady piaszczyste, zawierające głównie pyłek sosny i brzozy, deponowane były w okresie allerödu. W wyżej położonej części profilu spadał udział pyłku brzozy, a podniosły się krzywe turzycowatych i traw, co może wskazywać na większy udział w krajobrazie zbiorowisk nieleśnych. Nieliczne ziarna pyłku roślin wodnych wskazują na okresowe zalanie obszaru. Kolejnym etapem był rozwój torfowiska, który przypadał na około 10 710 ± 60 BP/ 12 744–12 547 cal BP (95,4%). Zaznaczył się on zwiększeniem udziału ziaren pyłku Cyperaceae oraz występowaniem makroszczałków różnych gatunków turzyc, *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre* oraz *Viola palustris*. W obrębie torfowiska występowały także sosna i brzoza. Około 10 430 ± 80 BP / 12 566–12 067 cal BP (95,4 %) zakończył się rozwój torfowiska. Kolejny poziom budują osady piaszczyste i piaszczy-

sto-mułkowe, zawierające nieliczne makroszczałki roślin oraz ziarna pyłku drzew o podwyższonych wymaganiach termicznych, pochodzące najprawdopodobniej z redepozycji. Zakończenie rozwoju torfowiska potwierdza również obecność powalonych *in situ* pni drzew, z których większość datowana jest od 10 310 ± 90 BP/ 12 381–11 983 cal BP (95,4 %) do 10 940 ± 50 BP/ 12 888–12 710 cal BP (95,4 %) (Dzieduszyńska i in. 2014). Niewykluczone, że proces zamierania lasu mógł mieć gwałtowny przebieg. Przyczynić się do tego mogło podniesienie wód gruntowych w dolinie Warty, które było sterowane zmianami paleoklimatu oraz młodszodryasowymi i/lub wczesnovistuliańskimi intensywnymi powodziąmi. Analizy paleoekologiczne pozwalają dostrzec te zjawiska i zidentyfikować je bardziej precyzyjnie w profilach badanych osadów, niż to ma miejsce w przypadku analiz litologicznych.

## LITERATURA

- Baughman M., 2010 – Flooding Effects on Trees. Extension Forester and Program Leader Regents of the University of Minnesota, [online:] [www.extension.umn.edu/distribution/naturalresources/M1289.html](http://www.extension.umn.edu/distribution/naturalresources/M1289.html) (access: 10.12.2013).
- Beijerinck W., 1947 – Zadenatlas der Nederlandische flora. H. Veenman & Zonen, Wageningen.
- Berggren G., 1969 – Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species with morphological descriptions. Part 2. Cyperaceae. Swedish Nat. Sci. Res. Council, Stockholm.
- Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M., 1986 – Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology. John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- Cappers R.T.J., Bekker R.M., Jans J.E.A., 2006 – Digital seed atlas of the Netherlands. Groningen, Barkhuis/Groningen University Library: 502 s.
- Dzieduszyńska D., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Twardy J., 2012 – Paleogeograficzne elementy rozwoju Warty w Kolinie Kolskiej w świetle badań w stanowisku Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 100: 35-49.
- Dzieduszyńska D., Twardy J., 2014 – Ogólna charakterystyka stanowiska Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 11-21.
- Dzieduszyńska D.A., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Brooks S.J., Korzeń K., Krąpiec M., Pawłowski D., Płaza D.K., Płociennik M., Stachowicz-Rybka R., Twardy J., 2014 – Environmental influence on forest development and decline in the Warta River valley (Central Poland) during the Late Weichselian. *Quaternary International*, 324: 99-114.
- Erdtman G., 1960 – The acetolysis method. *Svenska Botanische Tidsskrift*, 54: 561-564.
- Faegri K., Kaland P.E., Krzywiński K., 1989 – Textbook of pollen analysis. IV ed. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester – Singapore.
- Kittel P., Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Twardy J., Krąpiec M., Bijak Sz., Bronisz K., Zasada M., Płaza D., 2012 – Badania „kopalnego lasu” ze schyłku vistulianu w dolinie Warty. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, 1 (30): 238-245.
- Kozłowski T.T., 1997 – Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph*, 1: 11-29.
- Nalepka D., Walanus A., 2003 – Elektroniczna metoda archiwizacji i graficznego przetwarzania danych palinologicznych. Program komputerowy POLPAL. W: S. Dybova-Jachowicz,

- A. Sadowska (red.), *Palinologia*. Wyd. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków: 82-83.
- Pawłowski D., 2014 – Warunki ekologiczne rozwoju późnovistuliańskiego zbiornika Koźmin Las w świetle analizy Cladocera. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 65-70.
- Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., 2007 – Wymowa paleogeograficzna horyzontu kopalnych pni w osadach późnego vistulianu. *Acta Geographica Lodziensia*, 93: 57-66.
- Ralska-Jasiewiczowa M., Latałowa M., Wasylińska K., Tobolski K., Madeyska E., Wright H.E.Jr., Turner Ch. (eds), 2004 – Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on the isopollen maps. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy Sciences, Kraków: 444 s.
- Rouvinen S., Kuuluvainen T., Siitonen J., 2002 – Tree mortality in a *Pinus sylvestris* dominated boreal forest landscape in Vienansalo wilderness, eastern Fennoscandia. *Silva Fennica*, 36 (1): 127-145.
- Stockmarr J., 1971 – Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores*, 13: 615-621.
- Tinner W., Bigler C., Gedye S., Gregory-Eaves I., Jones R.T., Kaltenrieder P., Kähnenbühl U., Hu F.H., 2008 – A 700-year paleoecological record of boreal ecosystem responses to climatic variation from Alaska. *Ecology*, 89 (3): 729-743.
- Turkowska K., Petera J., Forysiak J., Miotk-Szpiganowicz G., 2000 – Morfogeneza powierzchni Kotliny Kolskiej w okolicach Koźmina. *Acta Geographica Lodziensia*, 78: 89-134.
- Turkowska K., Forysiak J., Petera J., Miotk-Szpiganowicz G., 2004 – A Warta River system during the Younger Dryas in the Koło Basin (Middle Poland). *Quaestiones Geographicae*, 23: 83-107.
- Twardy J., 2014 – Litologiczna charakterystyka osadów w stanowisku Koźmin Las i ich interpretacja paleogeograficzna, *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 23-38.
- Velichkevich F.Yu., Zastawniak E., 2006 – Atlas of Pleistocene vascular plant macroremains of Central and Eastern Europe, Part I – Pteridophytes and monocotyledons. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Cracow: 224 s.
- Velichkevich F.Yu., Zastawniak E., 2008 – Atlas of vascular plant macroremains from the Pleistocene of central and eastern Europe, Part II – Herbaceous dicotyledon. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Cracow: 379 s.
- Wick L., van Leeuwen J.F.N., van der Knaap W.O., Lotter A., 2003 – Holocene vegetation development in the catchment of Sagistalsee (1935 m asl), a small lake in the Swiss Alps. *Journal of Paleolimnology*, 30: 261-272.

## VEGETATION DEVELOPMENT IN THE LATE VISTULIAN AND FUNCTIONING AND END OF THE FOREST ECOSYSTEM IN KOŹMIN LAS SITE

### SUMMARY

**Abstract.** The paper presents the results of studies of pollen and plant macroremains from the site of Koźmin Las, in which remnants of a forest, observed as fragmentary *in situ* tree trunks, and Late Vistulian sediments, represented by peats and organic silts, were preserved. Palaeobotanical analyses were performed for two sediment sections, KL 1 and KL 2, however plant macrofossils were examined only in section KL 1. Several stages were distinguished in the development of the depression. Initially, in the Alleröd, the deposited sandy sediments were dominated by pine and birch pollen. Decrease in birch pollen values and the accompanying increase in curves of sedges and grasses, indicating greater proportion of non-forest communities in landscape, evidence the boundary with Younger Dryas, ca. 10 710 ± 60 BP / 12 744–12 547 cal BP, being the time of functioning of a low peat bog. Its development ended, due to rising water level and supply of terrigenous material to the overflow area, at ca. 10 430 ± 80 BP / 12 566–12 067 cal BP.

**Key words:** Late Vistulian, Warta River valley, history of vegetation, climatic changes, palynology, plant macrofossil analysis

The site of Koźmin Las, including remnants of a forest, preserved as fragmentary *in situ* tree trunks, and Late Vistulian sediments, represented by peats and organic silts, was subjected to palaeobotanical studies. Palynological analysis was carried out for two sediment sections, KL 1 and KL 2, while plant macrofossils were examined only in section KL 1.

Palaeobotanical studies provided basis for identifying subsequent stages in the development of the small Koźmin Las depression. Sandy sediments deposited in the first phase, falling within the Alleröd, comprise mainly pine and birch pollen. However, in the upper part of section, frequency of birch pollen decreases as it is replaced by increasing amounts of sedges and grasses, what is likely to suggest greater proportion of non-forest communities in landscape. Occasionally found pollen grains of aquatic plants evidence periodic flooding in the area. The next stage, covering the time of ca 10 710 ± 60 BP / 12 744–12 547 cal BP (95.4%) and the development of peat bog, is typified by rising pollen curves of Cyperaceae and occurrence of macroremains of various sedge species, *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre* and *Viola palustris*. Pine and

birch were also found in the peat bog. The subsequent stage is recorded in sandy and sandy-silty sediments including only sparse, most likely rebedded, plant macroremains and pollen grains of trees with higher temperature requirements. At ca 10 430 ± 80 BP / 12 566–12 067 cal BP (95.4%), the peat bog ended its functioning, due to rising water level and supply of terrigenous material to the shallow overflow area, while the local forest community begun to decrease its area. It cannot be excluded that the forest may have been destroyed in a sudden event. The season in which the trees are flooded and duration of time for which water retains at a high level are of key importance. If flood occurs in winter or early spring and water level falls before the trees enter their vegetation period, flooding should not cause much damage. Most species tolerate such conditions for up to 4 months, however beyond their vegetation season. If flood affects the trees during this season, particularly typified by warm weather, weakening or even death of trees is likely to be observed within one or two weeks. The most resistant species may survive for maximally 3–5 months (Kozłowski 1997; Rouvinen 2002; Baughman 2010).



## WARUNKI EKOLOGICZNE ROZWOJU PÓŻNOVISTULIAŃSKIEGO ZBIORNIKA KOŹMIN LAS W ŚWIETLE ANALIZY CLADOCERA

### ZARYS TREŚCI

Rezultaty analizy subfossylnych szczątków wioślarek (Cladocera) z profilu osadów organicznych stanowiska Koźmin Las (dolina Warty, Polska Środkowa) pozwoliły przedstawić rekonstrukcję rozwoju opisywanego zbiornika i odnieść je do aktywności fluwialnej Warty, szczególnie w okresie młodszego dryasu, pomiędzy 12 900 i 11 600 cal BP. Wyróżniono dwie fazy rozwoju zbiornika. Stwierdzono, że był to płytki zbiornik, o niestabilnych warunkach hydrologicznych. Prawdopodobną przyczyną fluktuacji był zmienny poziom wód gruntowych, powierzchniowych i rzecznych w dolinie Warty. Zmiany we frekwencji Cladocera skorelowano z aktywnością fluwialną rzeki oraz, w szerszym ujęciu, z warunkami klimatycznymi panującymi w młodszym dryasie.

**Słowa kluczowe:** dolina Warty, subfossylne szczątki Cladocera, młodszy dryas, aktywność fluwialna, powódzie, klimat

### WPROWADZENIE

Wioślarki (Cladocera) to małe skorupiaki żyjące głównie w jeziorach. Ich szczątki zachowują się w stanie kopalnym. Ekologiczne preferencje poszczególnych gatunków są znane, tak więc mogą być wskaźnikiem warunków środowiskowych panujących w przeszłości (Birks, Birks 1980). Na podstawie zmian frekwencji Cladocera można odpowiedzieć na pytania dotyczące statusu troficznego jezior, zmian poziomu wody, odczynu wód w jeziorach, a nawet próbować określić zmiany klimatyczne. Elementem wspomagającym wyznaczenie zmian klimatycznych za pomocą wspomnianej grupy bezkrę-

gowców wodnych są także zmiany krzywej różnorodności wioślarek oraz ogólnej ilości osobników. Wyniki badań subfossylnych szczątków wioślarek (Cladocera) wraz z innymi danymi paleoekologicznymi, sedimentologicznymi oraz datowaniami radiometrycznymi umożliwiają stworzenie możliwie kompletnego studium paleośrodowiskowego kopalnych zbiorników jeziornych, w tym położonych w obrębie dolin rzecznych. Te ostatnie dają możliwość wglądu w aktywność fluwialną ostatnich kilkunastu tysięcy lat.

### MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Profil osadów ze stanowiska Koźmin Las, pobrany ze świeżego rdzenia osadów miąższości 50 cm, tzw. partii biogenicznej środkowego odcinka osadów (Dzieduszyńska, Twardy 2014, w tym tomie), został objęty analizą Cladocera w 4 cm odstępach. Podstawowy schemat stratygraficzny ustalono na podstawie danych palinologicznych oraz dat radiowęglowych, które uzyskano z całego profilu (Dzieduszyńska i in. 2014). Daty podano w latach kalibrowanych BP. Diagramy frekwencji wykreślono w oparciu o program

POLPAL, korzystając również z aplikacji statystycznej CONISS (Walanus, Nalepka 1999).

Próbki o objętości 1 cm<sup>3</sup> pobrano i przygotowano do badań według metody Freya (1986). Próbki były macerowane z wykorzystaniem 10% HCl, gotowane w 10% KOH z użyciem mieszadła magnetycznego, a otrzymane reziduum, przełane przez sita, zostało przemyte, umieszczone i zakonserwowane za pomocą formaliny w próbkach. W preparatach policzono wszystkie szczątki Cladocera. Do dalszych wyliczeń użyto

\* Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Instytut Geologii, ul. Maków Polnych 16, 61-606 Poznań, e-mail: dominikp@amu.edu.pl.

absolutną liczbę osobników zawartych w 1 cm<sup>3</sup>. Oznaczeń dokonano na podstawie opracowania Szeroczyńska i Sarmaja-Korjonen (2007).

Preferencje ekologiczne wioślarek zostały podane za: Whiteside (1970), Szeroczyńska (1998 a) i Bjerring i in. (2009).

## WYNIKI

Subfosylne szczątki wioślarek (rys. 1) były reprezentowane przez dziewięć gatunków należących do dwóch rodzin. Najliczniej reprezentowane były gatunki litoralne, z rodziny Chydoridae. Udział gatunków planktonowych z rodziny Bosminidae nie przekroczył 20% wszystkich wioślarek stwierdzonych w osadzie (rys. 1). Skład gatunkowy Cladocera i frekwencje ich osobników były podstawą rekonstrukcji rozwoju zbiornika. Na tej podstawie wyznaczono dwie fazy rozwoju wioślarek (rys. 1). Poprawność wydzielonych faz Cladocera została potwierdzona statystyczną metodą analizy skupienia (CONISS).

Faza I (głęb. 248–240 cm, od ok. 12 825–12 615 do 12 794–12 628 cal BP) to faza inicjalna rozwoju zbiornika. Litologicznie odpowiada jej sedimentacja szarych mułków ilastych z organiką. Frekwencja osobników Cladocera była niewielka (rys. 1). W fazie tej występowały wyłącznie trzy gatunki litoralne – *Chydorus sphaericus*, *Alona affinis* oraz *Alona rectangula*.

W przedziale głębokości 240–236 cm, przypadającym na czas tworzenia mocno rozłożonego torfu, nie odnotowano szczątków wioślarek.

Faza II (głęb. 236–202 cm, od ok. 12 665–12 554 do 11 692–11 309 cal BP) charakteryzuje się wyższą frekwencją wioślarek (ponad 300 osobników na 1 cm<sup>3</sup>) w stosunku do poprzedniej. Litologicznie odpowiada jej sedimentacja ciemnoszarych mułków ilastych oraz szarozółtego piasku ilastego z organiką w stropowej części. W fazie tej występowały gatunki planktonowe, jak *Bosmina (Eubosmina) coregoni* oraz *Bosmina longirostris*. Wśród form litoralnych dominowały *Chydorus sphaericus*, *Alona rectangula*, oraz *Alona affinis*. Pozostałe gatunki, jak *Acroperus harpae*, *Camptocercus rectirostris*, *Graptoleberis testudinaria* i *Eurycercus lamellatus*, były mniej liczne i pojawiały się sporadycznie. Większość z nich stanowiły formy związane z makrofitami oraz bytujące wśród osadów (rys. 1).

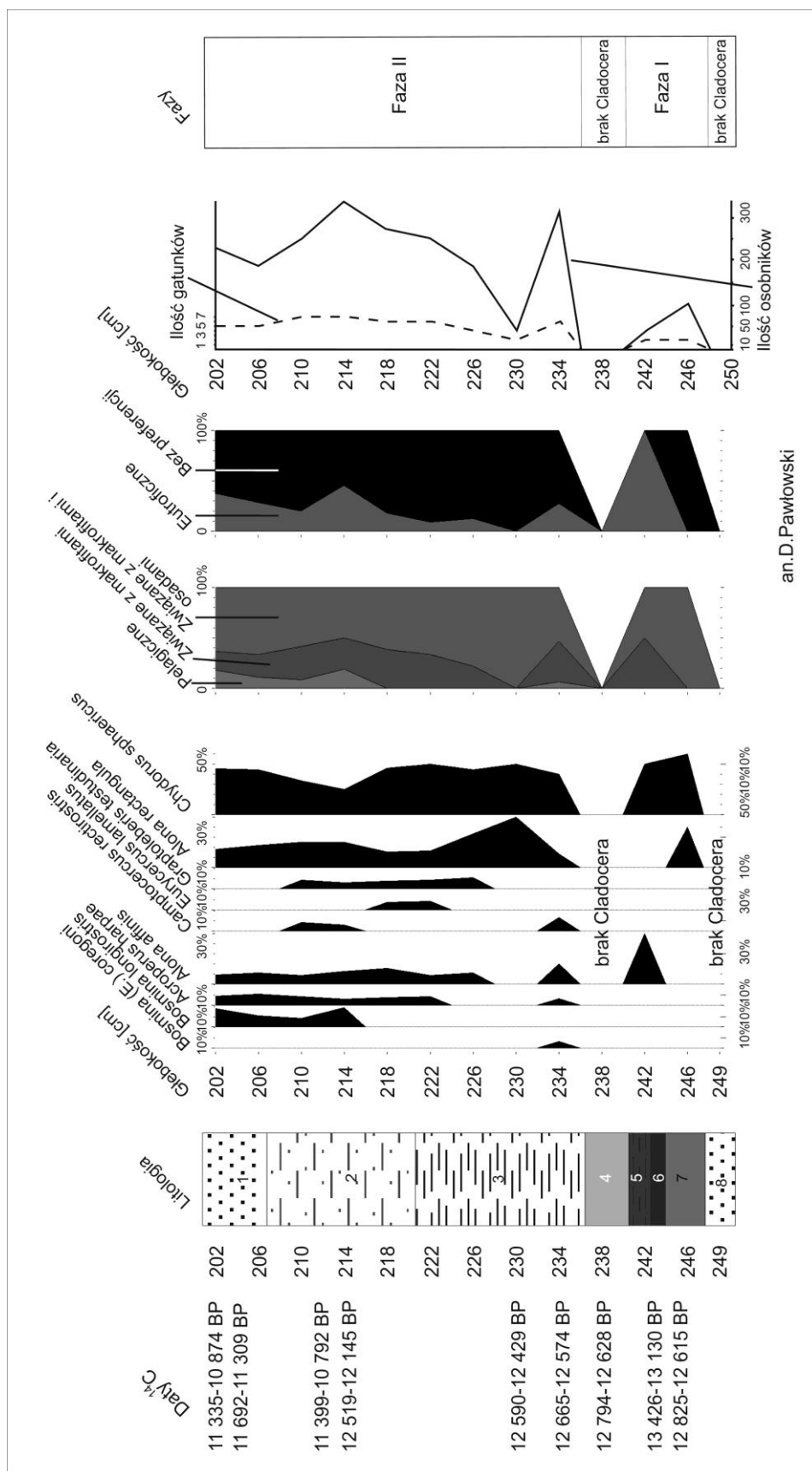
## INTERPRETACJA ZMIAN ZAPISANYCH W OSADACH ZBIORNIKA KOŹMIN LAS

Skład gatunkowy bezkręgowców wodnych oraz zmiany frekwencji ich osobników stwierdzone w osadach zbiornika Koźmin Las pozwoliły na prześledzenie historii jego rozwoju. Przy omówieniu zmian sukcesji Cladocera wzięto pod uwagę wyniki pozostałych analiz, m.in.: palinologicznej, ochotkowatych, diatomologicznej, geochemicznej oraz zmian litologicznych (Dzieduszyńska i in. 2014; Petera-Zganiacz i in. w druku).

Faza I to czas zasiedlenia zbiornika przez wioślarkę (rys. 1), który przypadł prawdopodobnie na schyłek okresu alleroëdzkiego bądź początek młodszego dryasu (an. D. Pawłowski – por. Dzieduszyńska i in. 2014). W stosunku do pozostałej części profilu okres ten był mało korzystny dla rozwoju wioślarek – ilość osobników oraz gatunków była niewielka (rys. 1). Początkowe zgrupowanie Cladocera wskazuje na płytki charakter zbiornika, o nieznacznie wyższych warunkach siedliskowych, jednakże status zbiornika był oligotroficzny. Pomimo alleroëdzkiego wieku nie stwierdzono gatunków

preferujących bytowanie w wodach ciepłych. Sytuację może częściowo tłumaczyć fakt inicjalnego okresu rozwoju zbiornika oraz prawdopodobnie schyłkowoalleroëdzki wiek tej części profilu. Zanik wioślarek pod koniec analizowanej fazy (na głęb. 240 cm wioślarki już nie występowały) sugeruje pogorszenie warunków hydrologicznych (przesuszenie lub zanik swobodnego lustra wody) lub zmianę pH wody (wzrost kwasowości).

Faza II rozwoju zbiornika przypadła na młodszą dryas i trwała prawdopodobnie do jego schyłku lub początku holocenu (an. D. Pawłowski – por. Dzieduszyńska i in. 2014). Skład gatunkowy wioślarek i frekwencje ich osobników w badanym materiale wskazują na potencjalnie płytki zbiornik lub litoralną strefę zbiornika wód stojących. Potwierdza to dominacja form litoralnych, w tym taksonów związanych z makrofitami oraz przebywających wśród osadów (rys. 1), które są powszechne w europejskich jeziorach, małych basenach i stawach (Bjerring i in. 2009). Początkowo poziom wody był na



Rys. 1. Diagram procentowej zawartości szczątków wioślarek (Cladocera) oraz ilości gatunków i osobników zawartych w 1 cm<sup>3</sup> osadu ze stanowiska Koźmin Las  
 litologia: 1 – piasek ilasty z organiką, 2 – mulki z organiką, 3 – ciemnoszare mulki ilaste z organiką, 4 – torf dobrze rozłożony, 5 – ciemne mulki organiczne, 6 – fragmenty drewna, 7 – ilaste mulki organiczne, 8 – piaski średnioziarniste

Cladocera percentage diagram, total number of Cladocera specimens and taxa per 1 cm<sup>3</sup> of sediment and proposed Cladocera zones of Koźmin Las sediments

lithology: 1 – sandy silt, 2 – organic mud, 3 – dark grey organic silty mud, 4 – brown black strongly decomposed peat, 5 – dark grey organic mud, 6 – wood, 7 – silty organic mud, 8 – yellow medium grained sand



tyłe wysoki, iż pojawił się przedstawiciel gatunków planktonowych, *Bosmina (E.) coregoni*. Na głębokości 230 cm doszło prawdopodobnie do pogorszenia warunków w zbiorniku, co być może nastąpiło na skutek chwilowego spłylenia, gdyż ilość osobników i gatunków drastycznie zmalała. Począwszy od głębokości 226 cm rozwój zbiornika cechował się warunkami zwiększenia poziomu wody, występowaniem roślinności wodnej, na co wskazuje obecność *Graptoleberis testudinaria* i później *Camptocercus rectirostris*, a także *Alona affinis*, *Acroperus harpae* oraz *Eurycercus lamellatus*, a pod koniec funkcjonowania zbiornika, nieznacznie podwyższonej trofii wód (próbki z głęb. 214–200 cm, zawierają gatunki *Bosmina longirostris*, *Alona rectangula* i *Chydorus sphaericus*). Zmiany te mogły nastąpić na skutek polepszenia warunków siedliskowych i być może wpływu łagodniejszego klimatu. Począwszy od głębokości 210 cm nastąpił zanik form preferujących bytowanie w wodach ciepłych, któremu towarzyszył powolny spadek ogólnej ilości osobników i gatunków wioślarek. Nie doszło jednak do drastycznego zubożenia frekwencji wioślarek, a poziom wody był wystarczający dla rozwoju tych zwierząt.

Zbiornik Koźmin Las znajdował się w obrębie doliny rzecznej, dlatego prawdopodobnie mógł on podlegać wpływom aktywności fluwialnej Warty w młodszym dryasie. Ślady powodzi nie są bezpośrednio wykazane w zapisie wioślarek, jednakże sporadyczna obecność gatunków planktonowych, takich jak *Bosmina (E.) coregoni* oraz *Bosmina longirostris*, może być związana ze wzrostem poziomu wód w zbiorniku, prawdopodobnie na skutek ogólnego podniesienia się poziomu wód gruntowych w dolinie, oraz w wyniku epizodów powodziowych. Opiswane zmiany są szczególnie widoczne około 12 700–12 550 cal BP (data na głęb. 232–236 cm) oraz około 12 550–12 050 cal BP (data na głęb. 212–216 cm). Ponadto możliwe jest, że tymczasowa obecność *Bosmina longirostris* oraz litoralnych gatunków wioślarek (rys. 1), takich jak *Alona rectangula* i *Chydorus sphaericus*, może odzwierciedlać reakcję tej grupy bezkręgowców wodnych na poprawę lokalnych warunków siedliskowych. Być może nieznaczny wzrost temperatury i obecność dłuższych sezonów bez zalodzenia zbiornika mogły spowodować zwiększenie ilości makrofitów oraz dostępności do pokarmu, a także – okresowo – żyzności wód. Częściowo potwierdza to rekonstrukcja średniej temperatury lipca na podstawie zgromadzeń ochotkowatych w tym czasie, która wahała

się między 14 a 15,8°C (an. S.J. Brooks – por. Dzieduszyńska i in. 2014). Prawdopodobną wydaje się także sytuacja, iż wspomniany wzrost żyzności był indukowany napływem substancji odżywczych do zbiornika w wyniku zalewów powodziowych. Dlatego obecność wspomnianych gatunków może być pośrednim dowodem obecności powodzi w dolinie Warty, obejmującej badany zbiornik.

Opisywanie powyżej zmiany znajdują potwierdzenie w zapisie zmienności ochotkowatych, okrzemek oraz składu geochemicznego osadów stanowiska Koźmin Las (Peters-Zganiacz i in. w druku). W rozwoju badanego zbiornika odnotowano zmienne warunki hydrologiczne, na co wskazuje okresowe współistnienie gatunków limnicznych, telmatycznych oraz reofilnych ochotkowatych. Ich skład także potwierdza obecność małego, płytkiego jeziora oraz częściowo wskazuje także na warunki telmatyczne i terestryczne. Z kolei potencjalne epizody powodziowe w tej części doliny Warty sygnalizuje frekwencja gatunków preferujących bytowanie w warunkach przepływu wody oraz związanych często (ale nie tylko) z małymi strumieniami i obecnością źródeł (Peters-Zganiacz i in. w druku). Są one bardzo widoczne około 12 700–12 550 cal BP (data z głęb. 232–236 cm), oraz około 12 550–12 050 cal BP (data z głęb. 212–216 cm). Wzmocniona aktywność fluwialna w stanowisku Koźmin Las może być także korelowana ze wzrostem ilości eutroficznych okrzemek, które mogą występować w przybrzeżnej strefie płytkich zbiorników słodkowodnych, zaś ze względu na ich peryfitonowy charakter, często są transportowane w dynamicznym środowisku wodnym.

Dodatkowym argumentem potwierdzającym obecność epizodów powodzi w dolinie Warty może być fakt, iż zmiany w społecznościach badanych bezkręgowców wodnych nastąpiły w niestabilnych warunkach temperaturowych panujących w młodszym dryasie, co potwierdza obecność zimno-tolerancyjnych taksonów ochotkowatych. Warunki te sprzyjają występowaniu powodzi. Kolejnym argumentem są zmiany składu geochemicznego osadów akumulowanych w tym czasie (Okupny i in. 2014, w tym tomie). W badanej sekcji osadów nastąpiło zwiększenie ilości elementów litofilnych, takich jak Na i K, przy jednoczesnym zmniejszeniu ilości materii organicznej (od ok. 40% do 10%) oraz biologicznej krzemionki. Ponadto wzrost stosunku Na/K koreluje się ze wzrostem wielkości ziarna materii pochodzenia alloge-

nicznego. Jest możliwe, że wzrost zalesienia zlewni (i rozwoju gleby) mógł powodować efekt wzrostu ługowania drobnych cząstek materii

mineralnej na skutek wpływów powierzchniowych oraz powodzi (por. Dzieduszyńska i in. 2014).

## WNIOSKI

Rozwój warunków jeziornych stanowiska Koźmin Las jest zbliżony do wyników notowanych w starorzeczach i drobnych zbiornikach wodnych z młodszego dryasu, zlokalizowanych na obszarach zalewowych w dolinach rzecznych m.in. Neru i Widawki (Pawłowski 2012). Czasowa obecność gatunków planktonowych wioślarek, wskazujących na wzrost żyzności wód, może wynikać ze wzrostu poziomu wód w zbiorniku – prawdopodobnie na skutek ogólnego wzrostu wód podziemnych (być może i powierzchniowych) w dolinie, w tym także w wyniku epizodów powodziowych.

Pomimo faktu, iż zróżnicowanie składu gatunkowego Cladocera w Polsce w młodszym dryasie można tłumaczyć zależnością od położenia geograficznego zbiorników (Szeroczyńska, Zawisza 2007), to wyniki dotyczące frekwencji wioślarek w stanowisku Koźmin Las są porównywalne do wyników badań opisywanych w literaturze (Szeroczyńska 1998b; Hofmann 2000; Lotter i in. 2000; Forysiak i in. 2010; Pawłowski 2010). Potwierdzają one niejednorodny charakter klimatu tego okresu.

## LITERATURA

- Birks H.H., Birks H.J.B., 1980 – Quaternary palaeoecology. The Black-burn Press, New York: 95-120.
- Bjerring R., Becares E., Declerck S., Gross E.M., Hansson L-A., Kairesalo T., Nykänen M., Halkiewicz A., Kornijów R., Conde-Porcuna J.M., Seferlis M., Noges T., Moss B., Amsinck S.L., Vad Odgaard B., Jeppesen E., 2009 – Subfossil Cladocera in relation to contemporary environmental variables in 54 Pan-European lakes. *Freshwater Biology*, 54: 2401-2417.
- Dzieduszyńska D., Twardy J., 2014 – Ogólna charakterystyka stanowiska Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 11-21.
- Dzieduszyńska D.A., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Brooks S.J., Korzeń K., Krąpiec M., Pawłowski D., Płaza D.K., Płóciennik M., Stachowicz-Rybka R., Twardy J., 2014 – Environmental influence on forest development and decline in the Warta River valley (Central Poland) during the Late Weichselian. *Quaternary International*, 324: 99-114.
- Forysiak J., Obremaska 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.
- Frey D.G., 1986 – Cladocera analysis. W: B.E. Berglund (ed.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. John Wiley & Sons Ltd: 667-692.
- Hofmann W., 2000 – Response of the chydorid faunas to rapid climatic changes in four alpine lakes at different altitudes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology*, 159: 281-292.
- Lotter A.F., Birks H.J.B., Eicher U., Hofmann W., Schwander J., Wick L., 2000 – Younger Dryas and Alleröd summer temperatures at Gerzensee (Switzerland) inferred from fossil pollen and cladoceran assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 159: 349-361.
- Okupny D., Borówka R.K., Fortuniak A., Tomkowiak J., 2014 – Skład chemiczny osadów organicznych ze stanowiska Koźmin. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 71-86.
- Pawłowski D., 2010 – Analiza Cladocera z torfowiska Żabieniec (okolice Łodzi, centralna Polska). W: J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.), *Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. Wyd. Naukowe Bogucki, Poznań: 131-141.
- Pawłowski D., 2012 – Younger Dryas Cladocera assemblages from two valley mires in central Poland and their potential significance for climate reconstructions. *Geologos*, 18 (4): 237-249.
- Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D.A., Twardy J., Pawłowski D., Płóciennik M., Lutyńska M., Kittel P., w druku – Younger Dryas flood events: A case study from the middle Warta River valley (Central Poland). *Quaternary International*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.074>.

- Szeroczyńska K., 1998a – Wioślarki (Cladocera, Crustacea) jako źródło informacji w badaniach osadów jeziornych. *Studia Geologica Polonica*, 112: 9-28.
- Szeroczyńska K., 1998b – Cladocera analysis in the Late-Glacial sediments of the Lake Gościąż. W: M. Ralska-Jasiewiczowa, T. Goslar, T. Madeyska, L. Starkel (eds), Lake Gościąż, Central Poland. A monographic study. IB PAN Kraków: 148-158.
- Szeroczyńska K., Sarmaja-Korjonen K., 2007 – Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe. Friends of the Lower Vistula Society: 1-87.
- Szeroczyńska K., Zawisza E., 2007 – Paleolimnologia – historia rozwoju jezior w Polsce w świetle badań fauny wioślarek. *Studia Limnologica et Telmatologica*, 1: 51-60.
- Walanus A., Nalepka D., 1999 – Polpal program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis. *Acta Palaeobotanica, Supplementum*, 2: 659-661.
- Whiteside M.C., 1970 – Danish chydorid Cladocera: modern ecology and core studies. *Ecological Monographs*, 40: 79-118.

## ECOLOGICAL CONDITIONS OF THE SMALL LATE VISTULIAN POND OF KOŹMIN LAS SITE IN THE LIGHT OF CLADOCERA ANALYSIS

### SUMMARY

**Abstract.** The sediments from small pond infillings located in the Warta River valley in central Poland was studied by Cladocera analysis in order to examine the response of aquatic ecosystems to environmental changes in the Younger Dryas. Lithological and geochemical records were also used to reconstruct fluvial activity of the Warta River. In the Koźmin Las site development, between ca. 12.900 and 11.600 cal BP, prevailed variable hydrological conditions. Cladocera analysis indicates the presence of shallow pool and partly telmatic conditions. The local processes, such as the influence of the Warta River, habitat modification, macrophyte presence, and eutrophication, were important, but these forces were not only major factors that affect the biota diversity in the Younger Dryas. The observation of changes in the composition and concentration of aquatic communities in the studied pool indicates that the changes also occurred in response to climate changes.

**Key words:** Warta River valley, subfossil Cladocera, Younger Dryas, fluvial activity, floods, climate

The development of the Koźmin Las pond, which is located in the Warta River valley, started at the end Allerød and continued into the beginning of the Holocene. The species composition and frequency of Cladocera were the basis for the reconstruction of the Koźmin Las site development. Two phases of the Cladocera development were distinguished. The dominance of littoral forms, including the taxa associated with macrophytes and sediment, showed on the presence of a shallow pool, or on the littoral zone of the reservoir of stagnant water. The main period of this site development occurred in the Younger Dryas. During this period, apparently influence of local conditions, especially floods,

on the development of biota in the pool were marked. Despite the fact, that the floods are not directly shown in the record of Cladocera, temporary presence of pelagic species, and those which prefer more fertile waters, may be associated with an increase in the water level in the pool due to a general increase of groundwater in the Warta valley as a result of flood episodes. These changes are particularly evident ca.12,700–12,550 cal BP and ca. 12,550–12,050 cal BP. It is possible that climate conditions had also a partial impact on an increase of aquatic fauna biodiversity – changes in cladoceran communities occurred in the unstable temperature conditions prevailing in the Younger Dryas.

## SKŁAD CHEMICZNY OSADÓW ORGANICZNYCH ZE STANOWISKA KOŹMIN LAS

### ZARYS TREŚCI

W oparciu o wyniki składu chemicznego osadów organicznych w stanowisku Koźmin Las, przedstawiono rekonstrukcję warunków środowiskowych doliny Warty pod koniec allerołu i w młodszym dryasie. Do rekonstrukcji wykorzystano dane dotyczące zawartości materii organicznej, materii mineralnej, węgla wapnia, odczynu oraz koncentracji makro- (Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn) i mikropierwiastków (Cu, Zn i Pb). Do czynników kształtujących skład chemiczny późnowistuliańskich osadów organicznych w dolinie Warty zaliczono sorpcję metali przez materię organiczną i uwodnione tlenki żelaza, zmienność akumulacji minerałów ilastych w środowisku sedymentacyjnym, sposób zasilania ekosystemu oraz właściwości akumulacyjne roślin w stosunku do określonych pierwiastków.

**Słowa kluczowe:** osady organiczne, dolina rzeczna, geochemia, Polska Środkowa

### WPROWADZENIE

Osady organiczne pod względem właściwości fizykochemicznych zaliczane są do jednych z najbardziej niejednorodnych utworów (Kwiatkowski 1971; Myślińska 2001; Malawska i in. 2006; Domińczak, Okupny 2010). Za główny parametr warunkujący właściwości fizykochemiczne osadów bagiennych uznaje się zawartość substancji organicznej, wyrażanej najczęściej jako straty prażenia (Dean 1974; Bengtsson, Enell 1986). Z kolei składniki mineralne, identyfikowane w osadach organicznych, dzieli się na trzy grupy: składniki pochodzenia allochtonicznego, formy autogeniczne oraz składniki pochodzenia biogenicznego (Kwiatkowski 1971; Rydelek 2011). Wśród czynników wpływających na skład chemiczny osadów organicznych wymienia się przede wszystkim:

- budowę geologiczną i litologię zlewni (Cieśla, Marciniak 1982; Małecka 2012);
- skład chemiczny osadów budujących zlewnię zbiornika akumulacyjnego (Bojakowska, Gliwicz 2007; Okupny i in. 2013b);

- warunki klimatyczne (Boryczka, Wicik 1983; Więckowski 1988; Borówka 2007);
- sposób zasilania ekosystemów wodnych (Stangenberg i in. 1957; Goździk, Konecka-Betley 1992; Żurek 1993; Rydelek 2005);
- właściwości akumulacyjne roślin w stosunku do określonych pierwiastków (Kabata-Pendias, Pendias 1979; Oświt, Sapek 1982);
- zmiany natężenia denudacji na obszarze zlewni (Gołębiowski 1981; Borówka 1992; Wójcicki, Marynowski 2011; Okupny i in. 2013a);
- tempo sedymentacji utworów w obrębie zbiorników (Borówka 1992; Boyle 2001).

Bogata lista uwarunkowań składu chemicznego dowodzi, że prawdziwe jest twierdzenie odwrotne – poznając skład chemiczny wypełnień ekosystemów wodnych jesteśmy w stanie scharakteryzować rozwój obiektów i wysnuć wnioski paleogeograficzne natury lokalnej i regionalnej, a nawet ogólnej. Metody geochemiczne zaliczane

\* Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN, Wydział Geograficzno-Biologiczny, Instytut Geografii, Zakład Ekorozwoju i Kształtowania Środowiska Geograficznego, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków, e-mail: danek\_1985@o2.pl.

\*\* Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk o Ziemi, Zakład Geologii i Paleogeografii, ul. Mickiewicza 18, 70-383 Szczecin.

\*\*\* Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Pracownia Geologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź.

są do jednych z najważniejszych grup metod analizy osadów organicznych, pozwalających na rekonstrukcję współczesnych i dawnych procesów oraz warunków sedymentacji. Metody te umożliwiają m.in. rekonstrukcję warunków troficznych panujących w ekosystemach wodnych, retrodykcję zmian produkcji biomasy, ocenę pochodzenia materii organicznej oraz ocenę stopnia zanie-

czyszczenia środowiska przyrodniczego (Borówka 2007). W pracy przyjęto następującą hipotezę badawczą: za udokumentowaną zmienność składu chemicznego osadów organicznych na stanowisku Koźmin Las, stanowiących zapis historii funkcjonowania lasu, odpowiedzialne są zmiany środowiska geograficznego w późnym wistulianie.

## CEL I METODYKA BADAŃ

Głównym celem przeprowadzonych badań geochemicznych jest retrodykcja warunków środowiskowych podczas depozycji udokumentowanych osadów organicznych. Materiał do analiz paleośrodowiskowych, a w tym do analizy geochemicznej, pobrano z ogniwa środkowego osadów organicznych, wbijając metalowe rynienki o długości 50 cm w ścianę odsłonięcia. Lokalizację profilu do analizy geochemicznej można odczytać z rysunku 2 zamieszczonego w pracy Dziedużyńskiej i Twardego (2014, w tym tomie). W ten sposób uzyskano rdzenie o nienaruszonej strukturze z przedziału głębokości między 200 a 250 cm. Geochemiczne prace laboratoryjne przeprowadzone w laboratorium Katedry Geomorfologii i Paleogeografii oraz w Pracowni Geologii Wydziału Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego obejmowały: oznaczenie podstawowych składników udokumentowanych osadów zgodnie z procedurami Borówki (1992), Tobolskiego (2000) i Myślińskiej (2001), tj. materii organicznej (metoda strat prążeń w piecu muflowym w temperaturze 550°C), węglanu wapnia (metoda objętościowa przy pomocy aparatu Scheiblera), krzemionki terygeniczej i biogenicznej – opalu (rozpuszczanie popiołu w kwasie solnym i wodorotlenku potasu); oznaczenie odczynu udokumentowanych osadów metodą potencjometryczną. W Laboratorium Geochemicznym Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Szczecińskiego oznaczono dla 13 próbek koncentrację dziewięciu pierwiastków: Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn i Pb (rys. 1).

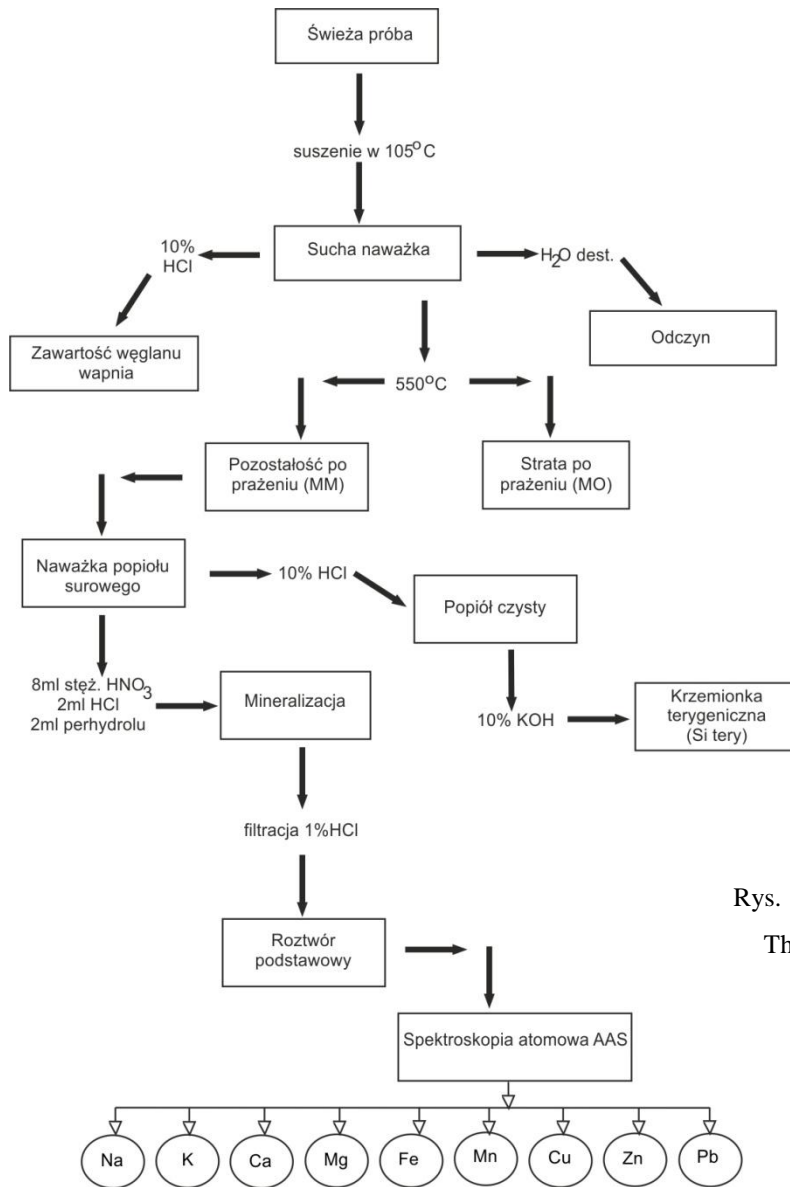
Statystyczna analiza wyników składu chemicznego polegała na obliczeniu: zakresu wartości dla danej cechy, średniej wartości dla danej cechy (mediana), współczynników zmienności poszczególnych składników (jako stosunek odchylenia standardowego do wartości średniej), wzajemnych związków korelacyjnych pomiędzy analizowanymi elementami geochemicznymi (współczynnik korelacji Pearsona –  $r$ , przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$ ) oraz zastosowaniu hierarchicznej analizy skupień. Statystyczną analizę wyników składu chemicznego przeprowadzono za pomocą programów PAST (Hammer i in. 2001) oraz Triplot 4.1.2. (Thompson 2001).

W celu rekonstrukcji głównych etapów sedymentacji badanych osadów organicznych wykorzystano stratygraficzną zmienność koncentracji oznaczonych składników litogeochemicznych oraz zmiany w proporcjach udziału wybranych elementów, tj. wskaźnik erozji zlewni (jako stosunek sumy zawartości sodu, potasu i magnezu do wapnia), wskaźnik eutrofizacji (jako stosunek udziału żelaza do wapnia oraz udział krzemionki biogenicznej, zwłaszcza w odniesieniu do udziału krzemionki terygeniczej), wskaźniki typu i natężenia denudacji w zlewni ekosystemu (jako stosunki zawartości sodu do potasu, zawartości wapnia do magnezu oraz sumy pierwiastków litofilnych do wapnia), wskaźniki zmian warunków oksydacyjno-redukcyjnych (jako stosunki zawartości żelaza do manganu oraz miedzi do cynku).

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Hierarchiczna analiza skupień pozwoliła na wydzielenie w badanym profilu trzech poziomów geochemicznych (KL I, KL II, KL III), różniących się zasadniczo pod względem składu chemicznego.

Poziom KL I (głęb. 250–236 cm) jest ściśle związany z warstwami piasku, ciemnobrązowego mułu mineralno-organicznego i mułu organicznego, przykrytych silnie rozłożonym torfem (rys. 2A).



Rys. 1. Tok postępowania laboratoryjnego  
The procedure of laboratory analysis

Głównym składnikiem litogeochemicznym opisywanych osadów jest krzemionka terygeniczna, której zawartość stopniowo maleje z 98,5% w spągu poziomym do 60,8% w stropie (rys. 2B). Osady te cechuje najwyższy w całym profilu średni udział materii organicznej (20%), węglanu wapnia (0,77%), krzemionki biogenicznej (0,87%) oraz wapnia (0,89 mg/g s.m.), manganu (0,12 mg/g s.m.) i cynku (1156 ug/g s.m.) (tab. 1). O dużej dynamice warunków środowiskowych (głównie hydrologicznych i geomorfologicznych), panujących w początkowej fazie sedymentacji badanych osadów organicznych, świadczą najwyższe wartości współczynnika zmienności dla niemal wszystkich cech geochemicznych, z wyjątkiem odczynu i krzemionki biogenicznej. Najniższe w całym profilu wartości stosunku Fe/Mn dowodzą

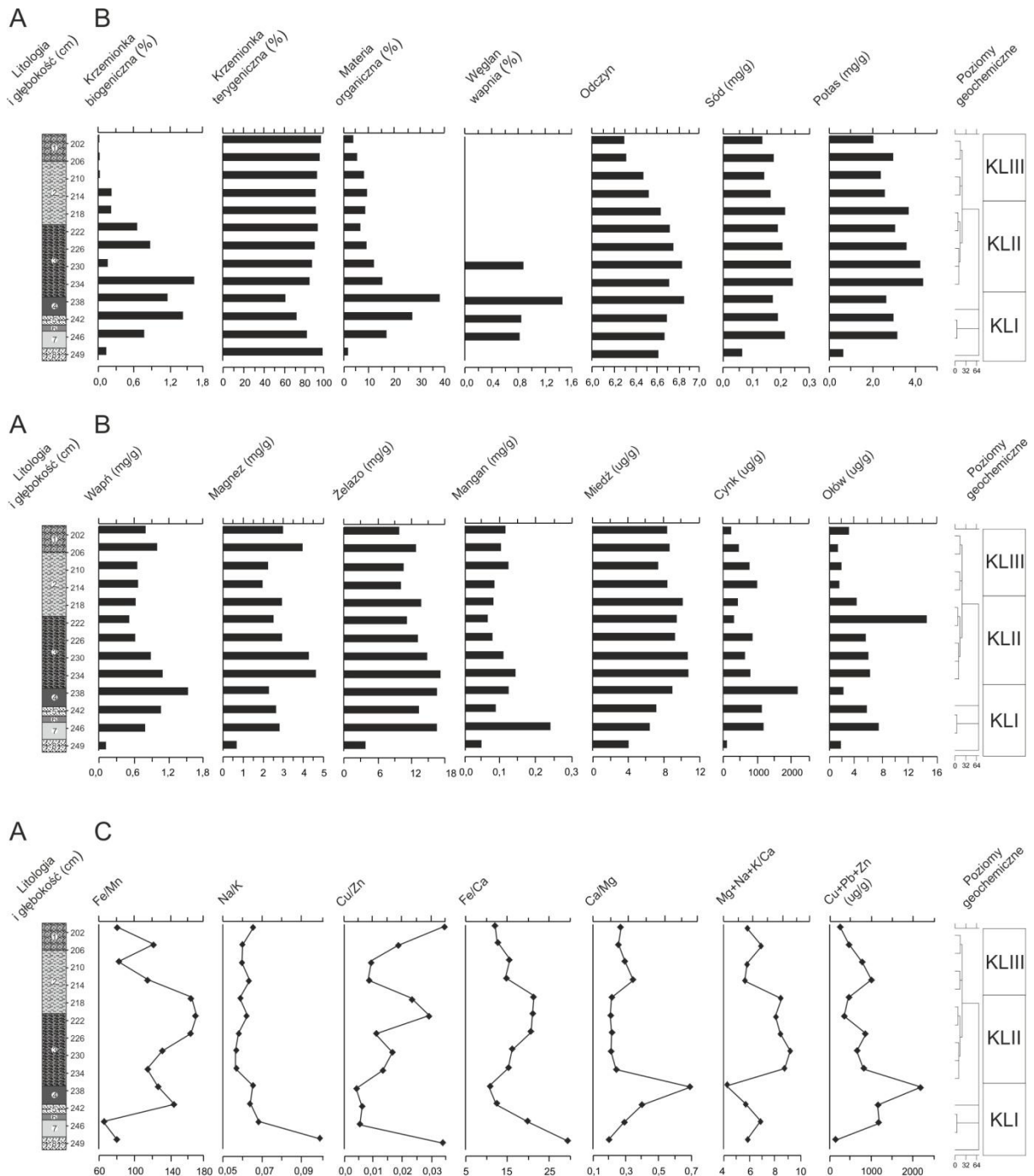
akumulacji osadów organicznych w warunkach okresowego przesuszenia (rys. 2C). Ze względu na wyraźny wzrost tego wskaźnika w stropie poziomym KL I można wnioskować o stopniowym pogorszeniu się warunków tlenowych na stanowisku. Według Okruszko i Szymanowskiego (1987) zróżnicowanie właściwości wodnych gleb torfowych jest wynikiem stanu ich uwilgotnienia w sezonie wegetacyjnym, spowodowanym wielkością ewapotranspiracji. Z kolei najwyższa zawartość węglanu wapnia (1,45%), wapnia (1,55 mg/g s.m.) oraz stosunku Ca/Mg (ok. 0,7) w stropie poziomym KL I może wynikać z biologicznego odwapniania wody lub/i ze wzrostu zasilania wodami gruntowymi ówczesnego ekosystemu leśnego. Może na to także wskazywać wyraźny spadek koncentracji pierwiastków związanych z zasilania

niem wodami powierzchniowymi (tj. manganu). Jony wapnia obecne wówczas w wodzie nie były prawdopodobnie wykorzystywane przez mięczaki do budowy zewnętrznych szkieletów, na co może wskazywać brak szczątków małakofauny w analizowanym osadzie (J. Krzywińska, inf. ustna). Nie można jednakże wykluczyć, że delikatne muszle małakofauny słodkowodnej uległy rozpuszczeniu pod wpływem oddziaływania wód infiltracyjnych o niskim pH. W opisywanym poziomie zaznacza się maksymalna suma metali ciężkich (ok. 2200 ug/g.s.m.), w strukturze której dominuje cynk (98,1%). Najwyższą koncentrację tego metalu (2184 ug/g s.m.) udokumentowano na głębokości 240–236 cm, w warstwie silnie rozłożonego torfu. Tak wysoka wartość tego metalu wynikać może z ewolucyjnie rozwiniętej tolerancji i właściwości bioakumacyjnych brzozy w stosunku do cynku (Kabata-Pendias, Pendias 1979; Fortescue 1980; Reimann i in. 2007). Z analizy makroszczątków wynika, że tylko na tej głębokości występują nieliczne szczątki brzozy (Stachowicz-Rybka, Korzeń 2014, w tym tomie). Z przeprowadzonych przez Meyers'a i in. (1995) badań porównawczych próbek drewna, igieł i kory świerka pochodzących z drzew współczesnych i drewna w wieku 10 tys. lat wynika, że zmniejszenie się stężenia niektórych składników chemicznych spowodowane może być zmianami diagenetycznymi (postsedymentacyjnymi).

Opisywany odcinek profilu stanowi zapis zdarzeń korelowanych z allerödem (por. Dzie duszyńska i in. 2014; Dzie duszyńska 2014, w tym tomie). Z punktu widzenia rozwoju mokradła w regionie łódzkim okres ten był bardzo ważny z kilku powodów (Forysiak 2012). Po pierwsze, doszło wówczas do powstania wielu zbiorników lub wzmoczenia tempa akumulacji biogenicznej w misach położonych w różnych sytuacjach geomorfologicznych. Powstaniu opisywanych osadów sprzyjać mogła słabo urozmaicona rzeźba doliny Warty oraz okresowe i niezbyt intensywne podtapianie dużych obszarów. W warunkach takich zachodziła sedimentacja inicjalnych utworów hydrogeniczných w dolinie rzeki Orzyc (Piaścik, Bieniek 1987). Po drugie, zmiany w bilansie wodnym istniejących wówczas jezior i torfowisk zapisały się w zmianie cech litologicznych osadów. Z zestawienia wyników składu chemicznego dla allerödskich osadów biogenicznych zdeponowanych w regionie łódzkim (tab. 2) wynika, że na stanowisku Koźmin Las zanotowano najwyższy udział krzemionki terygenicznej, która w tym przypadku wpłynęła rozcieńczająco na krzemionkę bio-

geniczną, materię organiczną i węglan wapnia (najniższe wartości udziału spośród porównywanych profili). Ujemne współczynniki korelacji między wymienionymi wyżej cechami, przy wysokim udziale krzemionki terygenicznej są stwierdzone również w innych obszarach, na przykład w osadach jeziora Sarbsko (Woszczyk 2011).

Poziom KL II, który obejmuje ciemnoszary muł organiczny oraz spąg żółto-szarego mułu organicznego, został wyodrębniony na głębokości 236–216 cm. Odznacza się on wysokim współczynnikiem zmienności koncentracji ołowiu (około 58%). W poziomie tym metal ten osiąga maksimum w skali całego profilu (14,4 ug/g.s.m.). Jest to wartość niższa od tła geochemicznego większości gleb z nie zanieczyszczonych obszarów Polski (Kabata-Pendias, Pendias 1993). A zatem, wobec braku wyraźnych śladów działalności człowieka w okolicy stanowiska (Płaza i in. 2014, w tym tomie, w druku), należy wykluczyć antropogeniczną dostawę tego metalu. Z drugiej jednak strony, wartość ta wyraźnie przekracza poziom tła geochemicznego osadów rzecznych obliczony przez Bojakowską i Sokołowską (1998). Brak istotnej statystycznie dodatniej korelacji pomiędzy koncentracją ołowiu a krzemionką terygeniczną w całym badanym profilu (rys. 3) pozwala wykluczyć bierną dostawę (wskutek wzmoczonej denudacji mechanicznej) tego metalu do funkcjonującego wówczas ekosystemu. Ponadto stwierdzono tutaj nieco ponad dwukrotny spadek udziału materii organicznej (z 14,7% do 6,09%) oraz siedmiokrotny spadek zawartości krzemionki biogenicznej (z 1,6% do 0,2%) przy stosunkowo stabilnym przebiegu udziału wszystkich pozostałych pierwiastków. Taka sytuacja świadczy o spadku pierwotnej produkcji biologicznej ekosystemu leśnego, zaś jego przyczyną może być osłabienie przebiegu procesu fotosyntezy. Według Kabaty-Pendias i Pendias (1979) osłabienie procesu fotosyntezy może być spowodowane podwyższeniem stężenia metali ciężkich w tkankach roślin danego ekosystemu. Ponadto osady te cechuje najwyższy w całym profilu średni udział sodu (0,21 mg/g s.m.), potasu (3,8 mg/g s.m.), magnezu (3,42 mg/g s.m.), żelaza (13,9 mg/g s.m.), miedzi (9,9 ug/g s.m.) oraz wartość odczynu (pH=6,73). Wahania ostatniej wymienionej wyżej cechy geochemicznej są ujemnie skorelowane ( $r=-0,5$ ) z procentowym udziałem makroskopowych szczątków sosny (Stachowicz-Rybka, Korzeń 2014, w tym tomie).



Rys. 2. Litologia (A) wg Dzieduszyńska i in. (2014) oraz wyniki składu chemicznego (B) z wybranymi wskaźnikami geochemicznymi (C) osadów w stanowisku Koźmin Las

1 – szaro-żółty piaszczysty muł z materią organiczną; 2 – żółto-szary muł organiczny; 3 – ciemnoszary muł organiczny; 4 – brązowo-czarny, silnie rozłożony torf; 5 – ciemnobrązowy muł organiczny; 6 – drewno; 7 – ciemnobrązowy muł mineralno-organiczny; 8 – piasek z drobnym żwirem

Lithology (A) after Dzieduszyńska et al. (2014) and chemical properties results (B) with geochemical indicator (C) in the Koźmin Las site

1 – grey yellow sandy silt with organic matter; 2 – yellow grey organic mud; 3 – dark grey organic mud; 4 – brown black strongly decomposed peat; 5 – dark grey organic mud; 6 – wood fragments; 7 – silty organic mud; 8 – sand locally with fine gravels



Tabela 1

Zawartość wybranych składników geochemicznych w poszczególnych seriach osadów organicznych w stanowisku Kozmin Las

Contents of selected geochemical elements in particular series of organic sediments in Kozmin Las site

Cecha geochemiczna (jednostka)	Poziom geochemiczny														
	KL-I n=4					KL-II n=5					KL-III n=4				
	Min.	Max.	M	SD	V (%)	Min.	Max.	M	SD	V (%)	Min.	Max.	M	SD	V (%)
MO (%)	1,28	36,5	20,1	15,1	74,8	6,09	14,74	9,74	3,35	34,4	3,62	8,82	6,26	2,36	37,6
MM (%)	62,0	98,7	79,6	15,5	19,5	85,2	93,9	90,1	3,47	3,86	91,1	96,3	93,7	2,36	2,51
CaCO <sub>3</sub> (%)	0,00	1,45	0,77	0,59	76,9	0,00	0,86	-	-	-	-	-	-	-	-
Si bio (%)	0,13	1,42	0,87	0,55	63,9	0,15	1,61	0,7	0,58	83,9	0,01	0,21	0,06	0,10	160,2
Si tery (%)	60,8	98,5	78,2	16,1	20,5	83,6	93,2	89,3	3,79	4,25	90,9	96,3	93,6	2,43	2,60
pH	6,62	6,86	6,17	0,10	1,52	6,64	6,84	6,73	0,07	1,07	6,3	6,53	6,41	0,11	1,79
Na (mg/g s.m.)	0,06	0,21	0,16	0,06	41,0	0,19	0,24	0,21	0,02	9,84	0,13	0,17	0,15	0,01	12,4
K (mg/g s.m.)	0,66	3,18	2,38	1,16	48,9	3,07	4,38	3,81	0,52	13,88	2,07	2,97	2,51	0,37	14,9
Ca (mg/g s.m.)	0,12	1,55	0,89	0,59	66,8	0,52	1,12	0,76	0,24	31,9	0,67	1,01	0,79	0,16	20,2
Mg (mg/g s.m.)	0,66	2,81	2,08	0,97	46,8	2,48	4,59	3,42	0,92	27,1	1,95	3,94	2,77	0,88	32,0
Fe (mg/g s.m.)	3,79	16,4	12,4	5,97	47,9	11,0	16,9	13,8	2,17	15,6	9,74	12,6	10,7	1,33	12,4
Mn (mg/g s.m.)	0,04	0,23	0,12	0,08	68,0	0,06	0,13	0,09	0,03	33,2	0,08	0,12	0,10	0,01	17,1
Cu (ug/g s.m.)	4,01	8,92	6,61	2,02	30,6	9,19	10,7	9,98	0,68	6,81	7,28	8,59	8,13	0,58	7,15
Zn (ug/g s.m.)	118,1	2184	1156	843,7	72,9	322,6	865,9	614,3	233	37,9	235,7	1000	619	337	54,4
Pb (ug/g s.m.)	1,66	7,26	4,12	2,71	65,7	4,01	14,3	7,15	4,12	57,5	1,19	2,83	1,76	0,73	41,8

M – mediana, SD – odchylenie standardowe, V – współczynnik zmienności

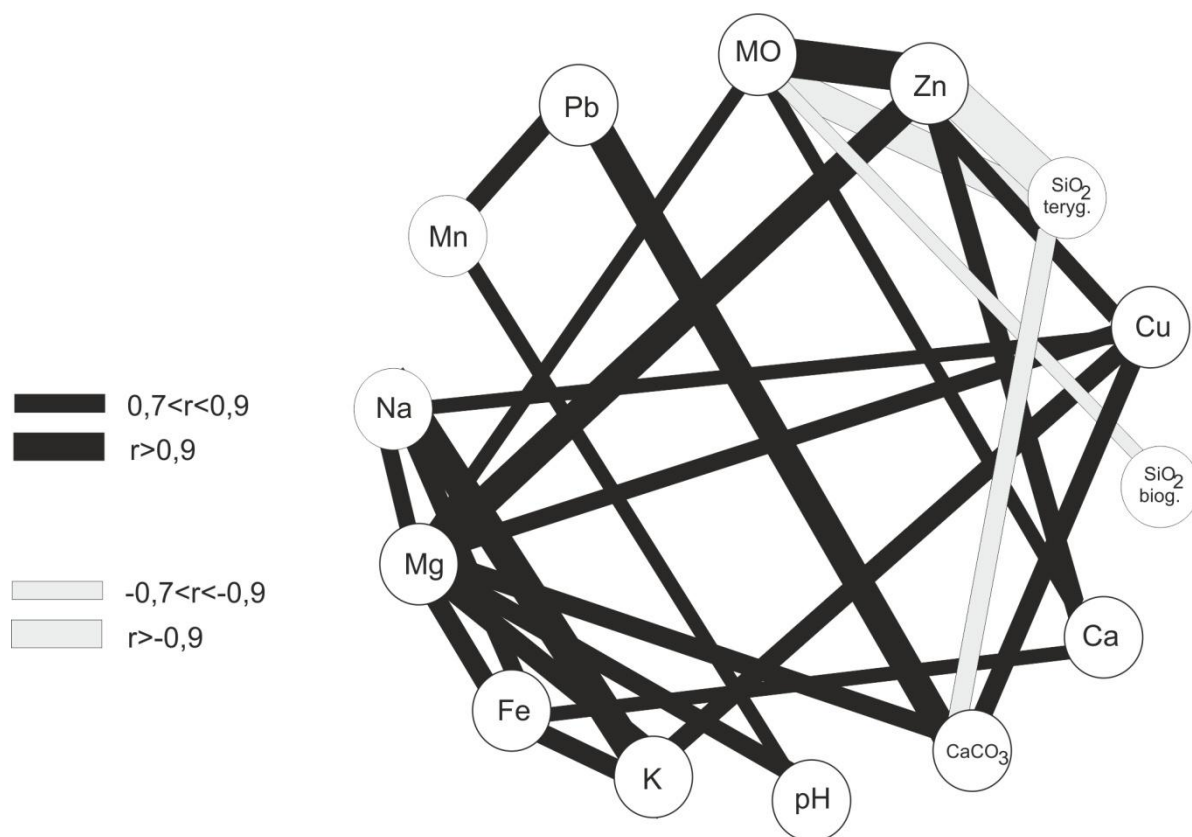
M – median, SD – standard deviation, V – coefficient of variation

Tabela 2

Zakres wartości oraz średni udział oznaczonych cech geochemicznych w osadach biogenicznych zdeponowanych podczas allerödu w wybranych zbiornikach akumulacyjnych regionu łódzkiego

The range of values and average content of the determined geochemical properties at the Alleröd biogenic deposits in the selected biogenic accumulation reservoirs of the Łódź region

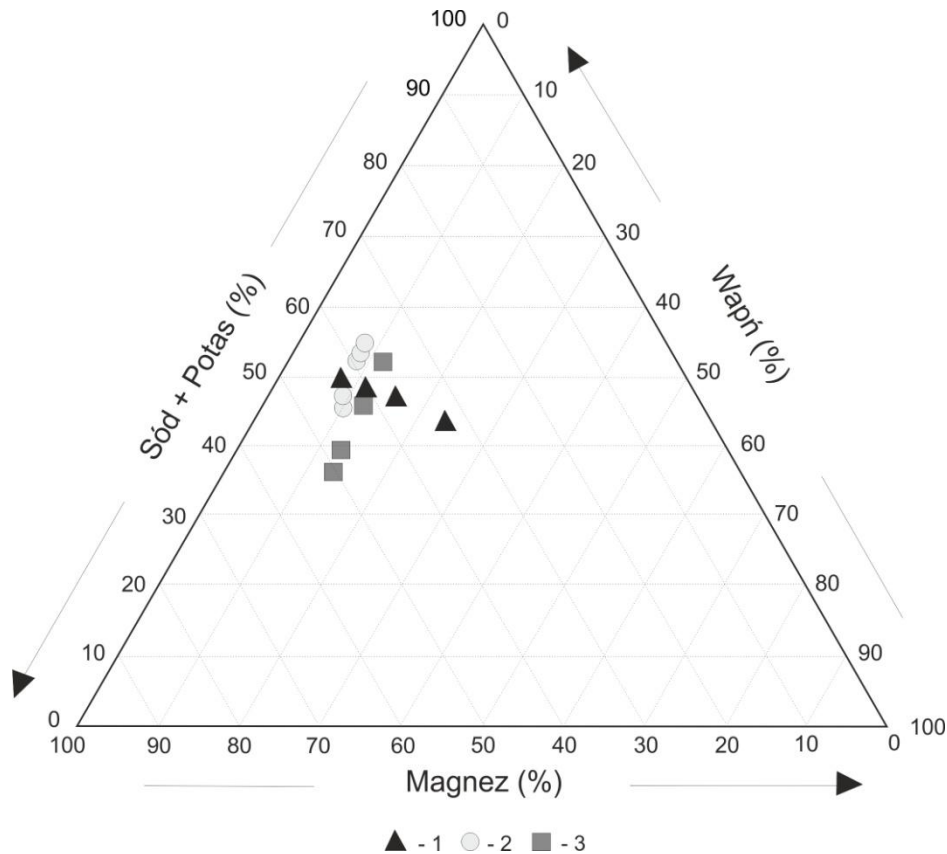
Cecha geochemiczna (jednostka)	Stanowisko																											
	Kozmin Las n=4				Korzeń (wg Borówka i in. 2011)				Ługi n=9 (wg Okupny 2013)				Podwódka n=8 (wg Okupny i in. 2013b)				Rąbień n=10 (wg Forysiak i in. 2012)				Żabieniec n=11 (wg Borówka, Tomkowiak 2010)							
	Min.	Max.	M		Min.	Max.	M		Min.	Max.	M		Min.	Max.	M		Min.	Max.	M		Min.	Max.	M					
MO (%)	1,28	36,5	20,1		13,7	20,9	18,7		33,3	54,4	39,2		88,4	90,7	89,4		62,5	74,7	69,1		11,8	44,1	30,9		11,8	44,1	30,9	
MM (%)	62,0	98,7	79,6		79,1	86,2	81,8		45,5	66,6	60,7		9,22	11,5	10,5		25,2	37,4	30,9		55,9	88,1	69,1		55,9	88,1	69,1	
CaCO <sub>3</sub> (%)	0,00	1,45	0,77		-	-	-		0,65	17,0	4,68		-	-	-		-	-	-		-	-	-		-	-	-	
Si bio (%)	0,13	1,42	0,87		b.a	b.a	b.a		2,05	31,3	17,8		1,80	4,80	3,16		-	-	-		b.a	b.a	b.a		b.a	b.a	b.a	
Si tery (%)	60,8	98,5	78,2		b.a	b.a	b.a		18,7	43,5	29,4		6,23	8,35	7,35		-	-	-		b.a	b.a	b.a		b.a	b.a	b.a	
pH	6,62	6,86	6,17		b.a	b.a	b.a		6,02	6,89	6,50		5,71	6,02	5,87		b.a	b.a	b.a		b.a	b.a	b.a		b.a	b.a	b.a	
Na (mg/g s.m.)	0,06	0,21	0,16		0,15	0,19	0,17		0,04	0,09	0,05		0,02	0,04	0,03		0,14	0,19	0,17		0,14	0,14	0,14		0,14	0,14	0,14	
K (mg/g s.m.)	0,66	3,18	2,38		2,35	3,40	3,02		0,21	1,19	0,39		0,02	0,19	0,07		1,01	1,28	1,11		1,63	4,85	3,16		1,63	4,85	3,16	
Ca (mg/g s.m.)	0,12	1,55	0,89		0,10	0,16	0,12		7,87	62,7	21,4		5,52	13,7	9,40		5,86	7,01	6,32		2,16	6,37	4,58		2,16	6,37	4,58	
Mg (mg/g s.m.)	0,66	2,81	2,08		1,05	1,54	1,39		0,58	1,40	1,04		0,01	0,25	0,20		1,15	1,37	1,23		1,24	3,18	1,97		1,24	3,18	1,97	
Fe (mg/g s.m.)	3,79	16,4	12,4		7,40	9,56	8,51		128	294	193		3,30	8,24	5,86		3,13	5,55	4,02		5,54	12,5	1,97		5,54	12,5	1,97	
Mn (mg/g s.m.)	0,04	0,23	0,12		0,02	0,03	0,03		1,26	4,19	2,64		0,03	0,05	0,04		0,04	0,06	0,05		0,05	0,13	0,09		0,05	0,13	0,09	
Cu (ug/g s.m.)	4,01	8,92	6,61		18,1	22,4	19,4		6,14	15,5	10,6		1,55	3,39	2,31		12,4	14,6	13,3		3,23	23,7	10,7		3,23	23,7	10,7	
Zn (ug/g s.m.)	118,1	2184	1156		25,4	34,0	29,2		15,1	40,4	22,7		3,02	11,7	5,05		36,7	48,7	43,1		69,8	160,5	114		69,8	160,5	114	
Pb (ug/g s.m.)	1,66	7,26	4,12		-	-	-		-	-	-		0,01	0,03	0,02		-	-	-		0,88	7,09	3,22		0,88	7,09	3,22	



Rys. 3. Relacje między zawartością wybranych składników litogeochemicznych  
Relations between amounts of selected lithochemical elements

Publikowane wyniki badań (m.in. Robson i in. 1993; Mazurek 2000) wskazują, że nie zneutralizowana woda opadowa docierająca do dna lasu sosnowego w połączeniu z zakwaszającym oddziaływaniem ściółki sprzyja uwalnianiu dużych ilości toksycznych jonów oraz intensyfikuje procesy wietrzenia. Na badanym stanowisku sytuacja taka udokumentowana została w spągu poziomu KL II i objawia się wzrostem sumy pierwiastków litofilnych oraz najwyższą w całym profilu koncentracją miedzi (powyżej 10  $\mu\text{g/g}$  s.m.). Z badań Maksimowa i Okruszki (1950) nad sorbcją i desorbcją miedzi w osadach organicznych wynika, że metal ten wykazuje bardzo różną stabilność metaloorganicznych związków, zależną m.in. od warunków powstawania osadów i stopnia rozkładu materii organicznej. Podwyższoną mobilność geochemiczną miedzi w osadach organicznych tłumaczy się stopniem jej humifikacji (Sapek 1986) oraz warunkami podwyższonego odczynu, jakie panują na przykład w środowisku precypitacji węglanu wapnia (Woszczyk, Spychalski 2007). Również w całym badanym profilu stwierdzono brak ko-

relacji między tym metalem ciężkim a odczynem czy węglanem wapnia. Najniższe wartości stosunków Na/K i Ca/Mg oraz brak węglanu wapnia w badanych osadach dowodzą przewagi procesów denudacji mechanicznej w otoczeniu stanowiska. Z kolei najwyższe wartości wskaźnika erozji zlewni (suma pierwiastków litofilnych nawet dziewięciokrotnie przekracza koncentrację wapnia) wynikają z podtopienia mokradła i sorpcji sodu, potasu, magnezu czy ołowiu przez minerały ilaste. Taki mechanizm sedymentacji osadów, z podwyższonym udziałem pierwiastków litofilnych, jest charakterystyczny dla ekosystemów wód stojących i wolno płynących. Mimo niewielkiej zmienności w relacji pomiędzy koncentracją sumy sodu i potasu, magnezu oraz wapnia dla całego profilu (rys. 4), osady poziomu KL II cechują się względnie stałą zawartością wapnia (współczynniki zmienności wynosi około 11%), zaś spadkowi sumy koncentracji sodu i potasu towarzyszy wzrost udziału magnezu. Taka relacja pierwiastków jest charakterystyczna dla wód słabo zmineralizowanych, takich jak rzeczne (Obolowski 2007).



Rys. 4. Relacje między zawartością wybranych elementów geochemicznych

1 – poziom geochemiczny KL I; 2 – poziom geochemiczny KL II; 3 – poziom geochemiczny KL III

Relations between amounts of selected geochemical elements

1 – geochemical zone KL I; 2 – geochemical zone KL II; 3 – geochemical zone KL III

Podczas sedymentacji opisywanych osadów panowały warunki redukcyjne (podtopienie stanowiska), o czym świadczy najwyższa średnia wartość (około 156) stosunku Fe/Mn. Jednocześnie w warstwie tej pojawiają się liczne owocki turzycy pospolitej żyjącej głównie w miejscach podmokłych (Stachowicz-Rybka, Korzeń 2014, w tym tomie). Podczas interpretacji zmian liczbowych wskaźnika Fe/Mn należy wziąć pod uwagę możliwość wytrącania się żelaza w postaci siarczku (kryształki pirytu). Według Borówki (2007) i Rydelka (2013) takiej sytuacji sprzyjają niski potencjał redoks, odpowiedni poziom pH (powyżej 6) oraz obecność siarki. Na podstawie doniesień z obszaru Żuław Wiślanych (Witek 1965) oraz Dolnego Śląska (Laskowski, Szozda 1985), można sądzić, że najwyższa udokumentowana koncentracja żelaza w badanym profilu (16,9 mg/g s.m. na głęb. 236–232 cm) może być spowodowana warunkami lepszego natlenienia panującymi wokół korzeni roślin. Według Koneckiej-Betley (1968) oraz Kabaty-Pendias i Pendias (1979) istotną rolę

w procesach wytrącania się nierozpuszczalnych związków żelaza odgrywają jony wapnia oraz materia organiczna. Znajduje to potwierdzenie w silnej korelacji ( $r > 0,63$ ) pomiędzy wymienionymi wyżej składnikami litogeochemicznymi (rys. 3). To właśnie żelazo i wapń, zawarte w glebach torfowych porośniętych lasem wykazują największe powinowactwo do tworzenia połączeń kompleksowych (Sapek i in. 1988). Na podstawie cech utworów mułowo-torfowych (Okruszko 1969; Lazar 1977; Uggle 1983) można przypuszczać, że sedymentacja zaliczonych do poziomu geochemicznego KL II osadów o ciemnym zabarwieniu, wysokim stopniu rozkładu materii organicznej, dużej zawartości materii mineralnej, lekko kwaśnym odczynie i podwyższonych wskaźnikach denudacji mechanicznej, odbywała się zarówno w wodach stojących, jak i podczas okresowych wezbrań. Z punktu widzenia hydrologii środowiska przyrodniczego siedliska tego typu reprezentują tereny podtapiane zimą i na wiosnę oraz oddające tę wodę stopniowo do rzek (Okruszko 1979).

Zaliczone do poziomu geochemicznego KL III (216–200 cm) osady szaro-żółtego piaszczystego mułu, z materiałem organicznym oraz żółto-szarego mułu organicznego cechują się najwyższym średnim udziałem materii mineralnej (średnia wynosi 93,7%), najniższym udziałem materii organicznej (od 3,62% do 8,82%). Sedymentacja pozbawionych węgla wapnia osadów odbywała się w warunkach obniżonej trofii (najniższe średnie wartości krzemionki biogenicznej – 0,06% oraz stosunku Fe/Ca – 13,64) a także w warunkach niewielkiej poprawy natlenienia wód (średnia wartość stosunku Fe/Mn nieco przekracza wartość 105 i nie spada poniżej 86). Dwukrotny wzrost koncentracji manganu w porównaniu z poziomem KL II wynikać może ze wzrostu znaczenia zasilania rzeczno lub powierzchniowego. Z kolei najniższa w całym profilu wartość współczynnika zmienności opisywanego pierwiastka (około 17%), przy jednoczesnym spadku intensywności wytrącania się żelaza, świadczy o stosunkowo niskim, ale stale utrzymującym się poziomie wody powierzchniowej. Jak wynika z analizy Pawłowskiego (2014, w tym tomie) w warstwie tej nastąpił powolny spadek ogólnej ilości osobników i gatunków wioślarek. Poziom ten wyróżnia się nie tylko najniższą średnią wartością koncentracji żelaza (10,7 mg/ g s.m.) ale także stopniowym spadkiem odczynu osadu (z 6,53 do 6,3 pH) oraz udziału cynku (z 1000 ug/g s.m. do 235,7 ug/g s.m.). Stwierdzony fakt, mówiący o tym, że w miarę wzrostu zakwaszenia środowiska zawartość pierwiastków w osadach organicznych maleje, potwierdzają wyniki badań Maksimowa i Pawłaka (1952), Tołwińskiej i in. (1969) oraz Borowca i Barana (1977). Wynika z nich, iż kwaśny odczyn wzmacnia ruchliwość mikro- oraz makroskładników i przyspiesza ich wyczerpywanie z osadu (np. przy udziale roślin jak i wody przesiąkającej w głąb profilu).

Opisywany odcinek profilu stanowi zapis zdarzeń korelowanych z młodszym dryasem, czyli późnovistuliańskim ochłodzeniem, którego zapis w regionie łódzkim znajduje się we wszystkich środowiskach sedymentacyjnych (Dzieduszyńska 2011, 2014, w tym tomie; por. Dzieduszyńska i in. 2014). W wyniku rozluźnienia pokrywy roślinnej wzrosła dostawa materiału piaszczysto-pylastego do systemów rzecznych oraz zmienił się dotychczasowy trend z przewagi procesów erozyjnych na tendencje akumulacyjne, prowadzące do agradacji den dolinnych (m.in. Turkowska i in. 2000; Petera 2002; Forsytek 2005). W porównaniu do innych stanowisk z okolic Łodzi

opisywane osady cechują się najniższą zawartością materii organicznej i krzemionki biogenicznej (tab. 3). Z kolei za najwyższą koncentrację pierwiastków litofilnych odpowiada bierna dostawa kwarcu i glinokrzemianów bądź absorpcja jonów przez minerały ilaste. Geochemiczny zapis zmian paleogeograficznych z młodszego dryasu, objawiający się wzrostem domieszki mineralnej w osadach jeziornych, udokumentowano także na stanowiskach w dolinie Świętojanki (Goździk, Konecka-Betley 1992) czy Witowie (Wasylikowa 1964, 1999). Za bierną dostawę wymienionych wyżej składników litogeochemicznych odpowiadać może wzmożenie procesów eolicznych. Ich intensywność uwarunkowana była czynnikami lokalnymi i wahała się w granicach od 100 do 218 t/km<sup>2</sup> (Okupny i in. 2013a).

Z zestawienia wyników składu chemicznego dla późnoglacialnych (alleröd – młodszy dryas) osadów biogenicznych zdeponowanych w regionie łódzkim wynika, że na stanowisku Koźmin Las zanotowano najwyższy udział krzemionki terygenicznej, która w tym przypadku wpłynęła rozcieńczająco na krzemionkę biogeniczną, materię organiczną i węgiel wapnia, a jednocześnie najwyższą koncentrację cynku (por. tab. 2, 3). Badane stanowisko znajduje się pod względem geomorfologicznym w obrębie terasy niskiej, wznoszącej się obecnie około 1 m ponad współczesne dno doliny Warty, więc wysoki udział krzemionki terygenicznej nie budzi zdziwienia. Podczas stanów powodziowych w dolinie Warty, w allerödzie i młodszym dryasie była ona dostarczana przez wody rzeczne. Z tego powodu uzasadniony jest stosunkowo niski udział wapnia oraz węgla wapnia w analizowanych osadach, przy jednocześnie wysokiej koncentracji potasu czy magnezu, uzależnionej od ilości allochtonicznej materii mineralnej (Maksimow 1962). Zauważa się bardzo wysoką koncentrację cynku, która w większości próbek przekracza wartość 500 ug/g s.m., dochodząc maksymalnie do 2184 ug/g s.m. Tak wysokie zawartości cynku są najczęściej charakterystyczne dla osadów zanieczyszczonych (por. Kabata-Pendias, Pendias 1993). Związanie tak dużej ilości metali ciężkich powoduje silną koagulację substancji próchnicznej, co z kolei zmniejsza rozpuszczalność związków utworzonych pomiędzy metalami a substancjami próchnicznymi zawartymi w osadach organicznych (Sapek 1972).

Tabela 3

Zakres wartości oraz średni udział oznaczonych cech geochemicznych w osadach biogenicznych zdeponowanych podczas młodszego dryasu w wybranych zbiornikach akumulacyjnych regionu łódzkiego

The range of values and average content of the determined geochemical properties at the Younger Dryas biogenic deposits in the selected biogenic accumulation reservoirs of the Łódź region

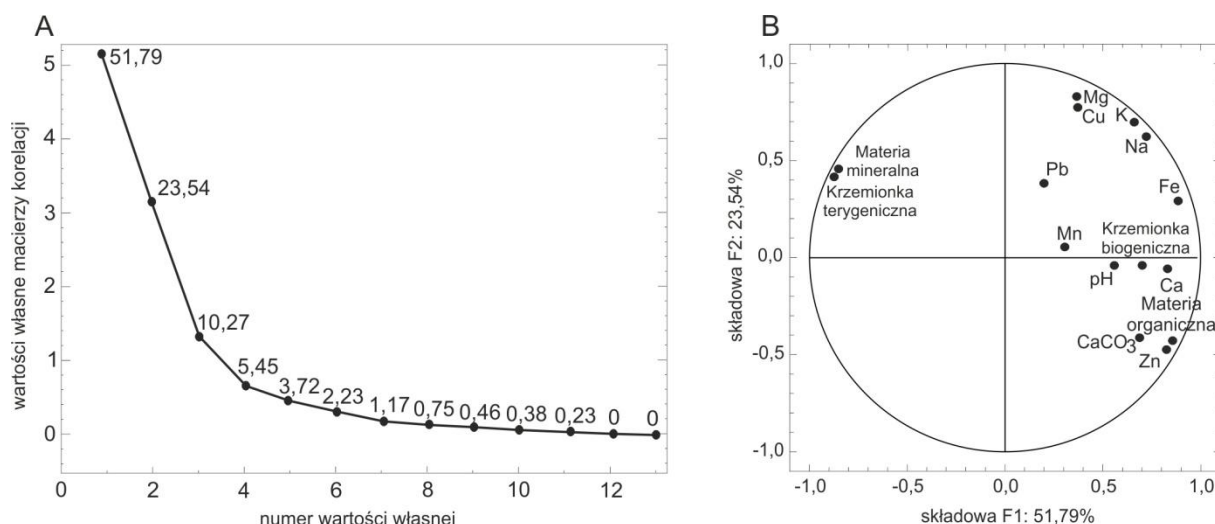
Cecha geochemiczna (jednostka)	Stanowisko																
	Koźmin Las n=9			Korzeń n=6 (wg Borówka i in. 2011)			Ługi n=15 (wg Okupny 2013)			Podwódka n=6 (wg Okupny i in. 2013b)			Rąbień n=10 (wg Forysiak i in. 2012)		Żabieniec n=7 (wg Borówka, Tomkowiak 2010)		
	Min.	Max.	M	Min.	Max.	M	Min.	Max.	M	Min.	Max.	M	Min.	Max.	Min.	Max.	M
MO (%)	3,62	14,7	8,0	14,3	78,3	33,7	59,2	79,0	86,4	92,1	89,0	48,3	76,7	65,8	18,8	39,6	28,1
MM (%)	85,2	96,3	91,9	21,7	85,7	66,3	20,9	40,7	7,89	13,5	10,9	23,3	51,6	34,1	60,3	81,1	71,8
CaCO <sub>3</sub> (%)	0,00	0,86	-	-	-	-	0,00	0,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Si bio (%)	0,01	1,61	0,38	b.a	b.a	b.a	1,22	8,4	2,20	7,20	4,55	b.a	b.a	b.a	b.a	b.a	b.a
Si tery (%)	83,6	96,3	91,4	b.a	b.a	b.a	19,7	32,3	3,93	10,1	6,36	b.a	b.a	b.a	b.a	b.a	b.a
pH	6,3	6,84	6,57	b.a	b.a	b.a	5,33	5,89	5,35	6,07	5,69	b.a	b.a	b.a	b.a	b.a	b.a
Na (mg/g s.m.)	0,13	0,24	0,18	0,14	0,19	0,16	0,13	0,32	0,02	0,05	0,03	0,15	0,45	0,25	0,22	0,32	0,26
K (mg/g s.m.)	2,07	4,38	3,16	2,24	3,65	2,79	1,23	2,08	0,01	0,03	0,02	1,00	3,91	1,88	2,52	4,08	3,39
Ca (mg/g s.m.)	0,52	1,12	0,77	0,10	1,34	0,44	10,5	18,9	6,84	8,99	8,30	5,65	7,69	6,27	2,22	5,70	4,05
Mg (mg/g s.m.)	1,95	4,59	3,09	0,94	1,51	1,22	1,81	2,29	0,12	0,15	0,13	1,11	2,16	1,66	1,41	2,43	1,96
Fe (mg/g s.m.)	9,74	16,9	12,2	2,46	5,81	4,53	1,58	35,4	0,67	10,5	13,1	3,64	13,3	7,28	6,55	9,89	7,96
Mn (mg/g s.m.)	0,06	0,13	0,09	0,01	0,03	0,02	0,09	1,07	0,02	0,06	0,03	0,04	0,09	0,06	0,08	0,14	0,10
Cu (ug/g s.m.)	7,28	10,7	9,05	19,4	73,1	33,6	8,56	19,1	0,99	6,17	2,04	14,2	28,4	19,7	6,66	41,4	10,5
Zn (ug/g s.m.)	235,7	1000	616,6	13,1	21,8	18,7	17,0	86,3	2,02	4,45	2,76	35,4	76,4	55,5	74,3	166	107
Pb (ug/g s.m.)	1,19	14,3	4,45	0,00	14,9	5,51	0,03	0,13	-	-	-	-	-	-	3,16	8,24	6,06

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Rozkład analizowanych elementów geochemicznych, rejestrujących fazy rozwoju badanego ekosystemu błotnego, wykazuje duże zróżnicowanie, świadczące o wyraźnych zmianach typu i intensywności procesów wpływających na sedymentację poszczególnych serii osadów. Najważniejszymi czynnikami, wywierającymi wpływ na skład chemiczny osadów ze stanowiska Koźmin Las są właściwości sorpcyjne osadów organicznych, procesy denudacji mechanicznej i biernej dostawy pierwiastków litofilnych oraz zmiany natlenienia środowiska sedymentacyjnego wynikające głównie z podtopienia dna doliny Warty.

Wymienione wyżej czynniki wyróżniono na podstawie przeprowadzonej analizy czynnikowej metodą składowych głównych. Wyodrębnione trzy składowe wyjaśniają 85,6% ogólnej wariancji danych (rys. 5A). Pierwsza składowa (F1) jest silnie dodatnio skorelowana z większością elementów litogeochemicznych z wyjątkiem krzemionki terygenicznnej i materii mineralnej (rys. 5B). Współwystępowanie wszystkich oznaczanych pierwiastków jest zjawiskiem powszechnym i wynika z sorbowania metali przez materię organiczną i uwodnione tlenki żelaza czy strącania siarczków metali w warunkach ograniczonego natlenienia (Sapek i in. 1988). Składowa druga (F2) jest silnie dodatnio skorelowana z zawartością materii mineralnej, krzemionki terygenicznnej oraz pierwiastków litofil-

nych (Na, K i Mg) migrujących w sposób bierny (rys. 5B). Zdaniem Kwiatkowskiego (1971) i Rydelka (2011) to właśnie te składniki litogeochemiczne stanowią najważniejszą grupę nieorganicznych elementów osadów torfowych, zaś ich udział może być dwójakiego pochodzenia: z rozkładu substancji roślinnej (np. trzciny, skrzypów) oraz z minerałów „obcych” (nanesionych do złoża, niezależnie od jego naturalnego rozwoju). Z kolei Woszczyk i Spychalski (2007) uważają, że za zmiany zawartości w osadzie ww. pierwiastków odpowiada koncentracja sorbenta, zaś wyjaśnienie czasowej zmienności ich udziału sprowadzać się powinno do ustalenia przyczyn większej lub mniejszej akumulacji minerałów ilastych w środowisku sedymentacyjnym. Składowa trzecia (F3) wyjaśnia wyłącznie zmienność krzemionki biogenicznnej, manganu i ołowiu. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń z obszaru północnej Polski można sądzić, że udział pierwszego z wymienionych wyżej składników uzależniony jest od tempa dostawy krzemionki terygenicznnej czy strącania węglanu wapnia. Tym samym paleogeograficzna interpretacja krzemionki biogenicznnej jest często niejednoznaczna (Woszczyk 2011). Z kolei wysunięcie się manganu na pierwsze miejsce w szeregu migracyjnym pierwiastków wynikać może z przewagi zasilania rzecznoego lub powierzchniowego (Borówka 2007).



Rys. 5. Wartości własne macierzy korelacji (A) i współrzędne czynnikowe (B) dla zbioru wyników analiz chemicznych osadów w stanowisku Koźmin Las

Eigenvalues of correlation matrix (A) and factor loadings (B) for a set of results of chemical analysis from deposits in the Koźmin Las site

Przedstawiona analiza pozwala wysunąć następujące wnioski na temat geochemicznego zapisu zmian środowiska w dolinie Warty pod koniec allerołu i w młodszym dryasie, kiedy to funkcjonował i uległ destrukcji subfossylny las:

- udokumentowane na stanowisku Koźmin Las osady organiczne, z pozostałościami lasu młodszodryasowego, powstały w wyniku gromadzenia się szczątków organicznych i mineralnych o różnym składzie chemicznym, w wodach rozlewiska powstałego na dnie doliny rzecznej;
- w kształtowaniu składu chemicznego osadów zaliczonych do ogniwa środkowego dużą rolę odegrały zmienne w cza-

sie procesy oksydacyjno-redukcyjne, związane z zawartością tlenu w wodach stojących i wodach płynących (o niewielkich prędkościach przepływu) oraz dostawa allochtonicznej materii mineralnej i jej właściwości sorpcyjne, a także włączenie części pierwiastków do obiegu biologicznego;

- zapisane w poziomie geochemicznym KL II podniesienie się poziomu wody (wartość wskaźnika warunków oksydacyjno-redukcyjnych powyżej 160) w dolinie było prawdopodobnie jedną z głównych przyczyn destrukcji późnovistuliańskiego lasu.

## LITERATURA

- Bengtsson L., Enell M., 1986 – Chemical analysis. W: B.E. Berglund (ed.), Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. John Wiley&Sons, Chichester, England, UK: 423-451.
- Bojakowska I., Sokołowska G., 1998 – Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych. *Przegląd Geologiczny*, 46, 1: 49-54.
- Bojakowska I., Gliwicz T., 2007 – Pierwiastki śladowe w osadach jezior Suwalszczyzny. W: E. Smolska, P. Szwarczewski (red.), Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym. Materiały VI Warsztatów Terenowych Sejny-Suwałki 14-16 czerwca 2007 r. WGiSR UW, Warszawa, 57-60.
- Borowiec J., Baran S., 1977 – Wpływ warunków ekologicznych na skład i występowanie pierwiastków śladowych w glebach torfowych niskich regionu lubelskiego. *Biuletyn Torf*, 2, 53: 37-50.
- Borówka R.K., 1992 – Przebieg i rozmiary denudacji w obrębie śródwysoczynowych basenów sedymentacyjnych podczas późnego vistulianu i holocenu. Wyd. UAM, Poznań, Seria Geografia, 54: 177 s.
- Borówka R.K., 2007 – Geochemiczne badania osadów jeziornych strefy umiarkowanej. *Studia Limnologia et Telmatologica*, 1, 1: 33-42.
- Borówka R.K., Tomkowiak J., 2010 – Skład chemiczny osadów z profilu torfowiska Żabieniec. W: J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.), Torfowisko Żabieniec. Warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 163-172.
- Borówka R.K., Forysiak J., Bieniek B., Kloss M., Obremska M., Pawłowski D., Kuliowski M., Witkowski A., Kierzek A., Żurek S., 2011 – Zapis zmian warunków środowiskowych w dolinie dolnej Widawki na podstawie analizy utworów biogenicznych torfowiska Korzeń. W: J. Forysiak, M. Ziulkiewicz (red.), Torfowiska dorzecza Widawki. Wybrane problemy i przykłady. Łódź-Belchatów: 75-92.
- Boryczka J., Wicik B., 1983 – Holocenne cykle klimatu w środkowej Polsce na podstawie statystycznej analizy osadów jeziornych. *Przegląd Geofizyczny*, 28, 3-4: 291-302.
- Boyle J.F., 2001 – Inorganic geochemical methods in palaeolimnology. W: W.M. Last, J.P. Smol (eds), Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, vol. 2: Physical and Geochemical Methods: 83-141.
- Cieśla A., Marciniak B., 1982 – Rozwój późnoglacialnych zbiorników jeziornych z Niechorza (Pomorze Zachodnie) w świetle analizy diatomologicznej i geochemicznej. *Kwartalnik Geologiczny*, 26, 1: 191-215.
- Dean W.E.J., 1974 – Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44: 242-248.
- Domińczak P., Okupny D., 2010 – Przestrzenne zróżnicowanie wybranych właściwości fizykochemicznych osadów biogenicznych torfowiska Kopanicha koło Skierniewic. *Prace Geograficzne*, 123: 99-110.
- Dzieduszyńska D., 2011 – Ochłodzenie młodszego dryasu i jego efekty morfogenetyczne w regionie łódzkim. *Acta Geographica Lodziensia*, 98: 104 s.



- Dzieduszyńska D., 2014 – Zmiany środowiska u schyłku wistulianu w Polsce Środkowej w świetle badań w stanowisku Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 97-106.
- Dzieduszyńska D., Twardy J., 2014 – Ogólna charakterystyka stanowiska Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 11-21.
- Dzieduszyńska D.A., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Brooks S.J., Korzeń K., Krąpiec M., Pawłowski D., Płaza D.K., Płóciennik M., Stachowicz-Rybka R., Twardy J., 2014 – Environmental influence on forest development and decline in the Warta River valley (Central Poland) during the Late Weichselian. *Quaternary International*, 324: 99-114.
- Fortescue J.A.C., 1980 – Environmental geochemistry. A holistic approach. Springer-Verlag, New York: 347 s.
- Forysiak J., 2005 – Rozwój doliny Warty między Burzeninem i Dobrowem po zlodowaceniu warty. *Acta Geographica Lodziensia*, 90: 116 s.
- Forysiak J., 2012 – Zapis zmian środowiska przyrodniczego późnego wistulianu i holocenu w osadach torfowisk regionu łódzkiego. *Acta Geographica Lodziensia*, 99: 164 s.
- Forysiak J., Borówka R.K., Kloss M., Obremaska M., Okupny D., Żurek S., 2012 – Geologiczna i geomorfologiczna charakterystyka torfowiska Rąbień oraz wstępne wyniki badań osadów biogenicznych. *Acta Geographica Lodziensia*, 100: 65-76.
- Gołębiowski R., 1981 – Kierunki i intensywność denudacji na obszarze zlewni górnej Raduni w późnym würmie i holocenie. *Zeszyty Naukowe UG, Rozprawy i Monografie*, 26: 165 s.
- Goździk J., Konecka-Betley K., 1992 – Późnowistuliańskie utwory węglanowe w zagłębieniach bezodpływowych rejonu kopalni Bełchatów. Cz. II. Skład chemiczny i mineralny. *Roczniki Gleboznawcze*, 43, 3-4: 125-124.
- Hammer Q., Harper D.A.T., Ryan P.D., 2001 – Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontology Electronica*, 4, 1: 1-9.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1979 – Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geologiczne, Warszawa: 300 s.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1993 – Geochemia pierwiastków śladowych. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa: 364 s.
- Konecka-Betley K., 1968 – Zagadnienie żelaza w procesie glebotwórczym. *Roczniki Gleboznawcze*, 19, 1: 51-97.
- Kwiatkowski A., 1971 – Nieorganiczne składniki torfu. *Biuletyn Torf*, 4, 31: 1-17.
- Laskowski S., Szozda B., 1985 – Niektóre właściwości chemiczne mąd odrzańskich rejonu Przychowej. *Roczniki Gleboznawcze*, 36, 3: 27-40.
- Lazar J., 1977 – Gleboznawstwo z podstawami geologii. PWN, Warszawa: 498 s.
- Maksimow A., 1962 – Zawartość magnezu ogółem w torfach niskich. *Roczniki Gleboznawcze*, 12: 183-193.
- Maksimow A., Okruszko H., 1950 – Sorbcja i elektrodializa miedzi w torfach. *Roczniki Gleboznawcze*, 1: 70-92.
- Maksimow A., Pawlak T., 1952 – Sorbcja manganu w torfach. *Roczniki Nauk Rolniczych*, 59: 163-179.
- Malawska M., Ekonomiuk A., Wiłkomirski B., 2006 – Chemical characteristics of some peatlands in southern Poland. *Mires and Peat*, 1: 1-14.
- Małecka K., 2012 – Geochemiczna zmienność pierwiastków ziem rzadkich i metali ciężkich w osadach profundalu i litoralu wybranych jezior Polski. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 450: 63-74.
- Mazurek M., 2000 – Zmienność transportu materiału rozpuszczonego w zlewni Kłudy jako przejaw współczesnych procesów denudacji chemicznej (Pomorze Zachodnie). Wyd. Nauk UAM, Poznań, Seria Geografia, 62: 125 s.
- Meyers P.A., Leenheer M.J., Bourbonniere R.A., 1995 – Diagenesis of Vascular Plant Organic Matter Components during Burial in Lake Sediments. *Aquatic Geochemistry*, 1: 35-52.
- Myślińska E., 2001 – Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania. PWN, Warszawa: 208 s.
- Obolewski K., 2007 – Wpływ stężenia wybranych metali w wodzie przepływowego starorzecza na kompleks trzcina-perifitii i rosza-perifitii. *Ochrona środowiska i zasobów naturalnych*, 31: 380-387.
- Okruszko H., 1969 – Powstawanie mułów i gleb mułowych. *Roczniki Gleboznawcze*, 20, 1: 25-49.
- Okruszko H., 1979 – Mokradła i ich klasyfikacja w Polsce. *Biuletyn Torf*, 2, 61: 49-58.
- Okruszko H., Szymanowski M., 1987 – Różnicowanie właściwości fizyczno-wodnych gleb wytworzonych z torfów niskich pod wpływem różnego użytkowania. *Biuletyn Torf*, 4, 95: 1-17.
- Okupny D., 2013 – Zmiany środowiska geograficznego w regionie łódzkim w świetle cech geochemicznych osadów wybranych torfowisk. Maszynopis rozprawy doktorskiej. Katedra Geomorfologii i Paleogeografii UŁ, Łódź: 173 s.
- Okupny D., Fortuniak A., Tomkowiak J., 2013a – Cechy denudacji w regionie łódzkim w późnym wistulianie w świetle chemicznych badań osadów torfowiskowych. *Acta Geographica Lodziensia*, 101: 89-99.
- Okupny D., Fortuniak A., Tomkowiak J., 2013b – Pionowa zmienność składu chemicznego osadów biogenicznych torfowiska Podwódka.

- W: R.K. Borówka, A. Cedro, I. Kavetsky (red.), Współczesne problemy badań geograficznych. Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk o Ziemi. Szczecin: 83-91.
- Oświt J., Sapek B., 1982 – Ocena zawartości składników mineralnych w roślinach łąk naturalnych. *Roczniki Gleboznawcze*, 33, ½: 145-151.
- Pawłowski D., 2014 – Warunki ekologiczne rozwoju późnovistuliańskiego zbiornika Koźmin Las w świetle analizy Cladocera. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 65-70.
- Petera J., 2002 – Vistuliańskie osady dolinne w basenie uniejowskim i ich wymowa paleogeograficzna. *Acta Geographica Lodziensia*, 83: 164 s.
- Piaścik H., Bieniek B., 1987 – Gleby hydrogeniczne doliny rzeki Orzyc w Kotlinie Kurpiowskiej. *Biuletyn Torf*, 4, 95: 18-37.
- Płaza D.K., Twardy J., Kittel P., 2014 – Z badań nad schyłkowo paleolitycznym osadnictwem w Kotlinie Kolskiej. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 87-95.
- Płaza D.K., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Twardy J., w druku – Late Palaeolithic settlement pattern in palaeogeographical context of the river valleys in the Koło Basin (Central Poland). *Quaternary International*.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.058>.
- Reimann C., Arnoldussen A., Boyd R., Finne T.E., Koller F., Nordgulen Ø., Englmaier P., 2007 – Element contents in leaves of four plant species (birch, mountain ash, fern and spruce) along antropogenic and geogenic cocentration gradients. *Science of the Total Environment*, 377: 416-433.
- Robson A.J., Neal C., Hill S., Smith C.J., 1993 – Linking variations in short-and medium-term stream chemistry to rainfall inputs-some observations at Plynlimon, mid-Wales. *Journal of Hydrology*, 144: 291-310.
- Rydelek P., 2005 – Genetyczna uwarunkowania przestrzennej zmienności zawartości węgla organicznego i siarki w obrębie torfowiska w dolinie rzeki Kurówki. *Przegląd Geologiczny*, 53, 8: 673-676.
- Rydelek P., 2011 – Geneza i skład części mineralnych wybranych złóż torfów niskich Wysozczyzny Lubartowskiej. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 11, 2: 135-149.
- Rydelek P., 2013 – Origin and composition of mineral constituents of fen peats from Eastern Poland. *Journal of Plant Nutrition*, 36: 911-928.
- Sapek A., 1972 – Wiązanie miedzi, manganu i cynku przez substancje próchniczne z torfów. *Roczniki Gleboznawcze*, 23, 2: 51-55.
- Sapek B., 1986 – Pomiar sorpcji miedzi jako test oceny pojemności sorpcyjnej utworów organicznych. *Roczniki Gleboznawcze*, 37, 2-3: 343-349.
- Sapek B., Sapek A., Gotkiewicz J., 1988 – Wpływ różnego użytkowania na właściwości chemiczne i sorpcyjne gleby torfowej. *Biuletyn Torf*, 1, 96: 10-27.
- Stachowicz-Rybka R., Korzeń K., 2014 – Rozwój roślinności w późnym vistulianie oraz funkcjonowanie i zanik ekosystemu leśnego w stanowisku Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 53-63.
- Stangenberg M., Żemoytel-Kolanko K., Sol-ski A., Stangenberg K., 1957 – Osady jeziorne w Żuchowie koło Karnkowa. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 118: 267-316.
- Thompson T.A., 2001 – Triplot. 4.1.2 Trilinear diagram plotting program (Win 98SE to Win7).
- Tobolski K., 2000 – Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. *Vademecum Geobotanicum*, PWN, Warszawa: 508 s.
- Tołwińska M., Czarnowska K., Konecka-Bettley K., 1969 – Niektóre właściwości chemiczne gleb hydromorficznych. *Roczniki Gleboznawcze*, 20, 2: 435-445.
- Turkowska K., Forysiak J., Petera J., Miotk-Szpiganowicz G., 2000 – Morfogenez powierzchni Kotliny Kolskiej w okolicach Koźmina. *Acta Geographica Lodziensia*, 78: 89-134.
- Ugla H., 1983 – Gleboznawstwo rolnicze. PWN, Warszawa: 557 s.
- 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., 1999 – Przemiany roślinności jako odbicie procesów wydymotwórczych i osadniczych w młodszym dryasie i holocenie na stanowisku archeologicznym w Witowie koło Łęczycy. *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, Seria Archeologia*, 41: 43-80.
- Więckowski K., 1988 – Wahania poziomu jezior a zmiany wilgotności klimatu. W: Z. Churski (red.), Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior i mokradeł w Polsce. Rozprawy UMK, Toruń: 68-78.
- Witek T., 1965 – Gleby Żuław Wiślanych. *Pamiętnik Puławski*, 18: 158-266.
- Woszczyk M., 2011 – Paleolimnologiczna interpretacja krzemionki biogenicznej – dyskusja na przykładzie wybranych jezior Niżu Polskiego. *Badania Fizjograficzne, Seria A, Geografia Fizyczna*, 62: 165-179.
- Woszczyk M., Spychalski W., 2007 – Czynniki czasowej zmienności zawartości wybranych metali ciężkich w osadach Jeziora Sarbsko (Nizina Gardzieńsko-Łebska) na tle genezy

- zbiornika. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 31: 485-496.
- Wójcicki K.J., Marynowski L., 2011 – Zawartość węgla organicznego w osadach dolinnych jako wskaźnik denudacji holoceniowej w dorzeczu górnej Odry. *Przegląd Geograficzny*, 83, 1: 5-26.
- Żurek S., 1993 – Zmiany paleohydrologiczne w mokradłach. *Przegląd Geograficzny*, 65, 1-2: 75-95.

## CHEMICAL COMPOSITION OF ORGANIC SEDIMENTS FROM THE SITE KOŹMIN LAS

### SUMMARY

**Abstract.** The chemical composition of organic deposits from the site Koźmin Las are the basis of reconstruction of environment conditions of the Warta River valley at the end of the Alleröd and in the Younger Dryas. Environmental archives presented in this study, comprise organic matter content, mineral matter content, calcium carbonate content, reaction and macro- (Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn) and microelements (Cu, Zn and Pb). The sorption of metals by organic matter and hydrated iron oxides, clay minerals accumulation variability in depositional environment, water relations of the ecosystem and bioaccumulation of some elements are the factors determining the chemical composition of organic sediments in the Warta river valley.

**Key words:** organic sediments, river valley, geochemistry, central Poland

In order to reconstruct the main stages of sedimentation of organic deposits, taken from the outcrops of the Adamów Lignite Mine, used stratigraphic variability of concentration marked lithochemistry elements (organic matter, mineral matter, bio and terrigenous silica, calcium carbonate, macro- and microelements) and changes in the proportions of the participation of selected elements, i.e., catchment erosion indicator, eutrophication indicator, type and rate of denudation in the catchment indicator and conditions of oxidation-reduction indicator.

As a results of the hierarchical cluster analysis was collected in the study profile of three geochemical level (KL I, KL II, KL III), which differ significantly of chemical composition. The main lithochemistry component of studied sediment is terrigenous silica (60,8-98,5%), which the share of results of surface water supply ecosystem from the turn of Alleröd and Younger Dryas. High values of the coefficient of variation for almost all geochemical features, constitute a record high growth of environment

al conditions (mainly hydrological and geomorphological), which prevailing in the initially and finally phase of sedimentation studied organic deposits (geochemical levels: KL I and KL II). Sediments of geochemical level KL I are characterized by dark color, high degree of decomposition of organic matter, high content of mineral matter, slightly acidic, higher rates of mechanical denudation and erosion rate of the catchment. Their sedimentation took place both in stagnant waters, as well as during periodic floods.

The most important factors that affect the chemical composition of sediments from the site Koźmin Las are: sorption of organic deposits, mechanical denudation processes and passive lithophilic elements supply and oxygenation changes in sedimentary environment, which are mainly due to the flooding of the Warta river valley. Rise of water level in the valley (the indicator oxidation-reduction conditions above 160) was probably one the main causes of Late Weichselan forest destruction.

## Z BADAŃ NAD SCHYLKOWO PALEOLITYCZNYM OSADNICTWEM W KOTLINIE KOLSKIEJ

### ZARYS TREŚCI

Badania archeologiczne w Kotlinie Kolskiej mają długą, ponad 90-letnią tradycję. W tym czasie przebadano metodami archeologicznymi kilkanaście stanowisk ze schyłkowego paleolitu. Większość z nich pozostawiła ludność określana mianem kultury świderskiej. Odnotowano też pojedyncze zabytki krzemienne związane ze starszymi społecznościami – z kulturą hamburską oraz z tzw. tylczakami łukowymi. Powiązanie wyników badań archeologicznych z interdyscyplinarnymi studiami środowiskowymi, które są prowadzone od kilkunastu lat w Kotlinie Kolskiej, pozwoliło na bardziej precyzyjne osadzenie zabytków pozostawionych przez człowieka z końca paleolitu w czasie i przestrzeni. Kooperacja geografii i archeologii daje szansę na kolejne odkrycia stanowisk archeologicznych z paleolitu w tym rejonie.

**Słowa kluczowe:** schyłkowy paleolit, kultura świderska, ostrza trzoneczkowate, stanowisko Koźmin Las

### WPROWADZENIE

Kotlina Kolska znajduje się w centralnej Polsce i wchodzi w skład Niziny Południowo-wielkopolskiej (Kondracki 2002). W przebiegu równoleżnikowym pokrywa się częściowo z fragmentem pradoliny warszawsko-berlińskiej na odcinku między Łęczycą a Koninem, a w przebiegu południkowym z doliną Warty (Petera 2002; Petera-Zganiacz, Forsyś 2012, tam dalsza literatura). Współcześnie na tym obszarze występuje rozległa równina aluwialna porożciniana siecią koryt tworzących w przeszłości wielokorytowy system Warty, opisywany przez Forsyś (2005). Ważnym elementem budowy geologicznej omawianego obszaru jest seria utworów organicznych z relikdami subfosylnego lasu ze schyłku wistulianu. Seria ta została szczegółowo zbadana w stanowisku Koźmin Las, a wyniki badań stanowią istotny wkład w poznanie paleogeografii analizowanego terenu w późnym wistulianie i początkach holocenu (Dzieduszyńska i in. 2011, 2014; Kittel i in. 2012).

Kwestie dotyczące schyłku paleolitu tytułowego obszaru zostały częściowo omówione w pracy Sobkowiak-Tabaki (2011) dotyczącej osadnictwa w dorzeczu Odry. Zdaniem autorki docierały tam już najstarsze społeczności związane z kulturą hamburską oraz tzw. inwentarze z tylczakami łukowymi lub grupa Federmesser (Schild 1975; Schild i in. 2011, tam dalsza literatura). Dotychczas z omawianego obszaru pozyskano pojedyncze okazy krzemienne związane z wyżej wymienionymi kulturami archeologicznymi. Najliczniejsze na obszarze omawianym przez Sobkowiak-Tabakę (2011) są stanowiska z materiałami kultury świderskiej.

W prezentowanym artykule zebrano najważniejsze informacje związane ze schyłkowym paleolitem w Kotlinie Kolskiej, ze szczególnym zwróceniem uwagi na kulturę świderską. Scharakteryzowano lokalizację stanowisk w krajobrazie geomorfologicznym. W analizie opierano się o starsze materiały, jak i nowoodkryte zabytki.

### HISTORIA BADAŃ ARCHEOLOGICZNYCH

Obszar Kotliny Kolskiej jest interesujący z perspektywy archeologicznej, gdyż pozyskane zostały na nim liczne zabytki krzemienne datowa-

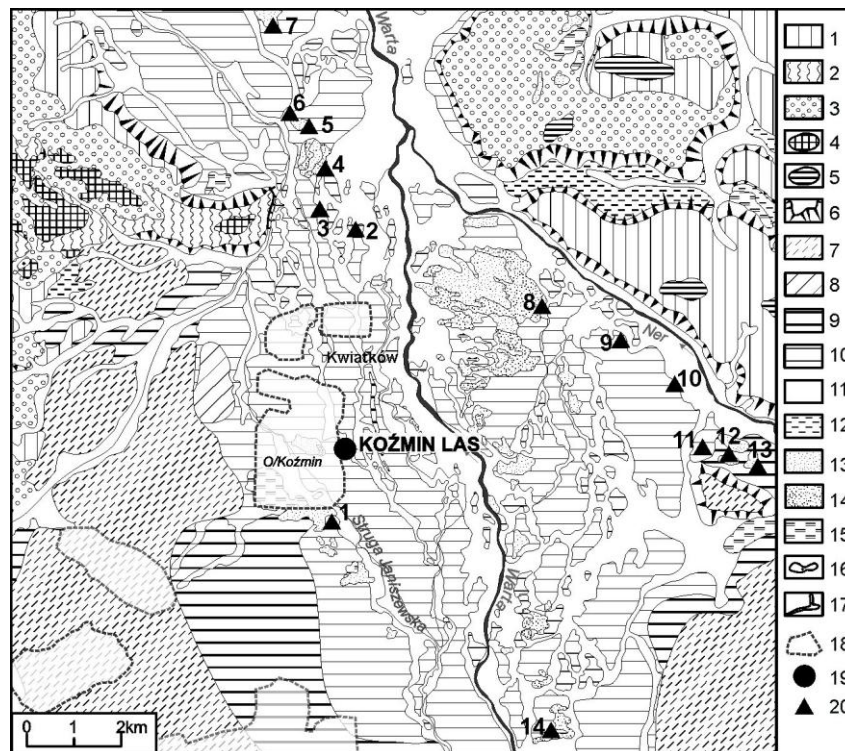
ne na starszą epokę kamienia (Chmielewska 1978; Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka 2009). Wytwory te są w większości związane

\* Muzeum Archeologiczne i Etnograficzne w Łodzi, Dział Starszej i Środkowej Epoki Kamienia, Plac Wolności 14, 91-415 Łódź, e-mail: dominik.plaza@maie.lodz.pl.

\*\* Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, e-mail: twardy@geo.uni.lodz.pl, pkittel@wp.pl.

z osadnictwem łowców reniferów, łączonych z ludnością kultury świderskiej lub cyklu mazowszańskiego (Schild 1975; Chmielewska 1978, tam dalsza literatura). Początek systematycznych, naukowych badań archeologicznych i geomorfologicznych na omawianym terenie

sięga lat 20. XX wieku, a ich wyniki dają obraz intensywnego wykorzystywania tego obszaru pod koniec paleolitu (rys. 1) (Chmielewska 1957, 1978; Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka 2009; Sobkowiak-Tabaka 2011; Płaza i in. w druku).



Rys. 1. Położenie stanowisk archeologicznych na tle sytuacji geomorfologicznej (wg Forysiaka 2005 zmienione)

1 – wysoczyzna płaska; 2 – wysoczyzna pagórkowata; 3 – równina wodnolodowcowa; 4 – pagórki czołowomorenowe; 5 – kemy; 6 – stoki; 7 – poziom pradolinny niższy; 8 – terasa erozyjna; 9 – terasa nadzalewowa, wysoka; 10 – terasa nadzalewowa, niska; 11 – dna dolin; 12 – równiny rozlewiskowe; 13 – pola piasków eolicznych; 14 – wydmy; 15 – torfowiska; 16 – zagłębienia bezodpływowe różnej genezy; 17 – doliny różnej genezy; 18 – obszary eksploatowanych odkrywek oraz obszary poeksploatacyjne KWB „Adamów”; 19 – lokalizacja stanowiska Koźmin Las; 20 – lokalizacja stanowiska archeologicznego; stanowiska paleolityczne: 1 – Kuźnica Janiszewska 17, 2 – Janów 22 (aut 427), 3 – Janów 21 (aut 425), 4 – Dobrów, 5 – Ruszków 4 i Zawadki, 6 – Ruszków II, 7 – Koło, 8 – Rzuchów 24 (aut 433), 9 – Chełmno 4 (aut 434), 10 – Sobótka 4 (aut 436), 11 – Cichmiana 5 (aut 439), 12 – Cichmiana 1 (aut 440), 13 – Cichmiana 2 (aut 441), 14 – Kuczki 1 (za: Chmielewska 1978; Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka 2009; Sobkowiak-Tabaka 2011)

Location of the investigated area in relation to geomorphological situation (after Forysiak 2005 modified)

1 – morainic plain; 2 – hummocky morainic plain; 3 – fluvioglacial plain; 4 – end-morainic hillocks; 5 – kames; 6 – slopes; 7 – lower terrace of ice marginal valley; 8 – erosional terrace; 9 – alluvial high terrace; 10 – alluvial low terrace; 11 – valley floor; 12 – lacustrine plain; 13 – aeolian plain; 14 – dunes; 15 – peatlands; 16 – closed depressions; 17 – valleys of various origin; 18 – post exploitation areas and outcrops of Adamów Lignite Mine; 19 – location of Koźmin Las site; 20 – location of archaeological site; Palaeolithic sites: 1 – Kuźnica Janiszewska 17, 2 – Janów 22 (aut 427), 3 – Janów 21 (aut 425), 4 – Dobrów, 5 – Ruszków 4 and Zawadki, 6 – Ruszków II, 7 – Koło, 8 – Rzuchów 24 (aut 433), 9 – Chełmno 4 (aut 434), 10 – Sobótka 4 (aut 436), 11 – Cichmiana 5 (aut 439), 12 – Cichmiana 1 (aut 440), 13 – Cichmiana 2 (aut 441), 14 – Kuczki 1 (after: Chmielewska 1978; Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka 2009; Sobkowiak-Tabaka 2011)

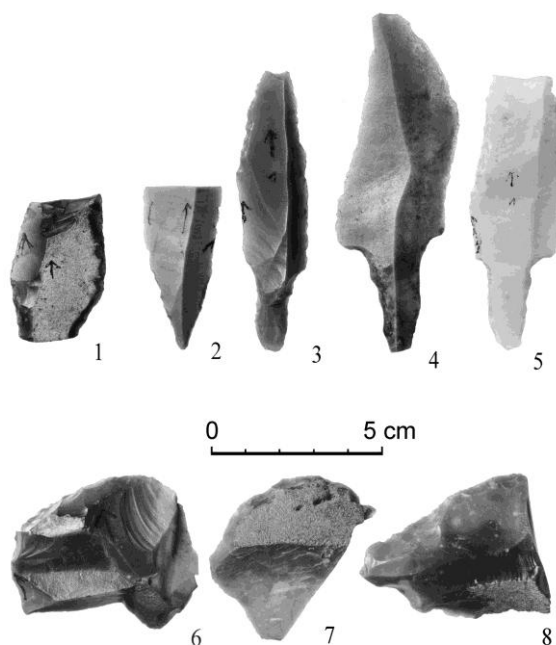
Pionierskie badania w 1925 roku przeprowadzili J. Sawicka i L. Sawicki, którzy penetrowali w tym czasie m.in. tereny w okolicach Kozmina oraz prawdopodobnie w Dobrowie, Ruszkowie (gm. Kościelec) oraz w okolicy Janowa (gm. Brudzew). W trakcie trwania prac zbierali

z powierzchni wydmy liczne zabytki krzemienne. W 1937 roku kolejnymi badaniami na wydmie w Dobrowie kierował A. Smoleński. Znana jest orientacyjna lokalizacja tych badań oraz niezbyt liczne zabytki krzemienne, które znajdują się w Muzeum Archeologicznym i Etnograficznym

w Łodzi (dalej MAiE) (Chmielewska 1978). W latach 40. i 50. ekspedycję archeologiczną w tym rejonie zorganizowało MAiE. Odpowiedzialni za ten projekt byli M. Chmielewska oraz W. Chmielewski. W tym okresie ponownie penetrowano powierzchniowo oraz wykopaliskowo wydmy w Dobrowie (rys. 2) i Ruszkowie oraz tereny na wschód od ujścia Neru do Warty. Nad Nerem zostały odkryte materiały krzemienne na stanowisku nr 1 w Cichmianie, gm. Dąbie (rys. 1, 3) (Chmielewska 1957, 1978). W tym samym czasie zlokalizowano także krzemienie paleolityczne m.in. na wydmie w Kuczkach, gm. Uniejów (rys. 1). W omawianym projekcie brał udział również J. Trzeciakowski, który pomagał opracowywać materiały archeologiczne oraz analizował nawarstwienia i stratygrafię zbadanych wykopaliskowo wydm (Chmielewska 1978).

Prospekcja terenowa, związana z Archeologicznym Zdjęciem Polski, które było prowadzone w latach 80. oraz na początku 90., nie dostarczyła nowych danych związanych z paleolitem schyłkowym. Dopiero szczegółowe badania powierzch-

niowe z końca lat 90., poprzedzające budowę autostrady A2, doprowadziły do weryfikacji stanowisk archiwalnych oraz odkrycia nowych punktów osadniczych z materiałami paleolitycznymi m.in. w Cichmianie, Chełmnie, Rzuchowie oraz w Janowie. W kolejnych kilku latach archeolodzy z Zespołu Archeologicznych Badań Ratowniczych z Instytutu Archeologii i Etnologii PAN Oddział w Poznaniu przeprowadzili szerokopłaszczyznowe badania archeologiczne na jedenastu stanowiskach, na których odkryto krzemienie z paleolitu (Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka 2009). Na trzech z nich (Cichmiana 2, Rzuchów 24, Janów 21) udało się zarejestrować szereg izolowanych od siebie koncentracji materiałów krzemienych będących pozostałościami miejsc postoju grup łowieckich. Świadczą o tym pozostawione narzędzia oraz rdzenie i półsurowiec krzemieny. Jeden z ostatnich projektów, który miał miejsce na omawianym obszarze, ma związek z badaniami pozostałości lasu i torfowiska z późnego allerrödu oraz z młodszego dryasu w stanowisku Koźmin Las.

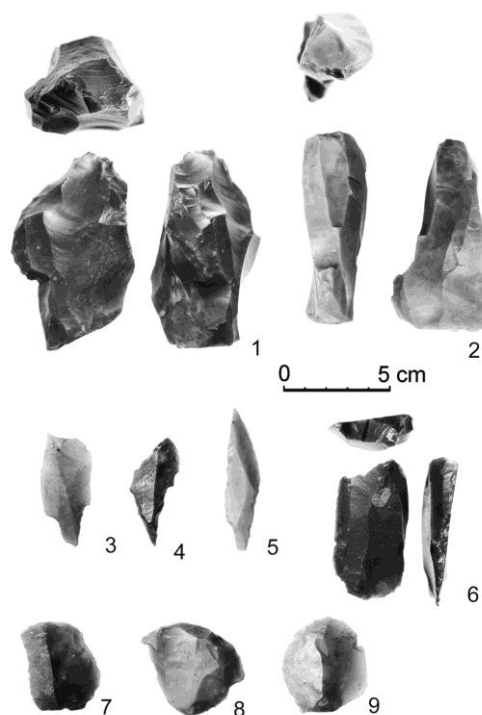


Rys. 2. Narzędzia z Dobrowa, gm. Kościelec

1–5 – liściaki; 6–8 – drapacze  
(Chmielewska 1957; fot. W. Pohorecki)

Tools from Dobrow site, Kościelec commune

1–5 – tanged points; 6–8 – end-scrapers  
(after Chmielewska 1957; photo by W. Pohorecki)



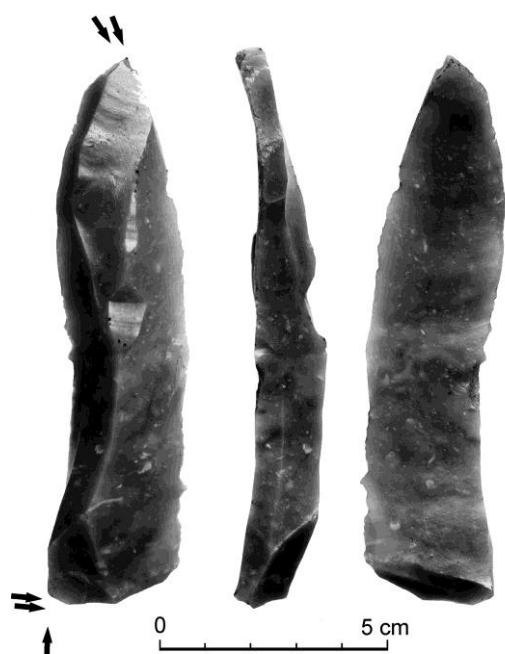
Rys. 3. Rdzenie oraz narzędzia z Cichmiany stan. 1, gm. Dąbie

1, 2 – rdzenie dwupiętowe; 3–5 – ostrza trzoneczkowate liściaki; 6 – rylec; 7 – drapacze  
(Chmielewska 1957; fot. W. Pohorecki)

Cores and tools from Cichmiana site 1, Dąbie commune

1, 2 – cores; 3–5 – tanged points; 6 – burin; 7 – end-scrapers  
(after Chmielewska 1957; photo by W. Pohorecki)

W trakcie realizacji ostatnich badań przeprowadzono szczegółowe rozpoznanie powierzchniowe najbliższej okolicy stanowiska Koźmin Las. Doprowadziły one do odkrycia na stanowisku nr 17, w Kuźnicy Janiszewskiej, około trzydziestu wytworów krzemiennych, w tym paleolitycznego rylca (rys. 4) (Płaza i in. w druku). Narzędzie to zostało wykonane z wąskiego wióra odbitego na dość wczesnym etapie eksploatacji dwupiętowego rdzenia współnoodłupniowego. W części wierzchołkowej jest to rylec klinowy boczny, a w części piętkowej – rylec węglowy wraz z półtylcem (por. Inizan i in. 1999). Długość okazu wynosi nieco poniżej 6 cm, szerokość około 1,5 cm, a grubość 0,6 cm.



Na obu bokach narzędzia widoczny jest nieciągły retusz krawędzi. Ma on bardzo wiele analogii na stanowiskach schyłkowo paleolitycznych, w tym m.in. z Kotliny Kolskiej ze stan. 2 w Cichmianie (Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka 2009) oraz m.in. z Grabka stan. 11 z Kotliny Szczercowskiej (Papiernik, Wąs 2002).

W ostatnich latach prowadzone są także ratownicze badania archeologiczne na stanowiskach objętych eksploatacją odkrywkową przez Kopalnię Węgla Brunatnego Adamów S.A. Jednym z nich jest stan. 11 w Kwiatkowie gm. Brudzew, na którym zidentyfikowano materiały paleolityczne o nieokreślonej chronologii (Rzepcki 2013).

Rys. 4. Rylec ze stan. 17 w Kuźnicy Janiszewskiej, gm. Brudzew

Burin from the site 17 in Kuźnica Janiszewska, Brudzew commune

#### UWAGI O ROZMIESZCZENIU STANOWISK

Stanowiska schyłkowo paleolityczne znajdują się w większości na obrzeżeniu Kotliny Kolskiej i zasadniczo nie wkraczają na obszar zajęty przez terasę niską Warty (rys. 1). Analiza ogólnej sytuacji poszczególnych stanowisk oraz odniesienie ich lokalizacji do krajobrazu geomorfologicznego wskazują, że zasiedlano starsze elementy morfologiczne w dolinie Warty: terasa wysoka (np. stanowisko w Kuźnicy Janiszewskiej – por. rys. 1, stan. 1) i poziomy pradolina (stanowiska w Cichmianie – por. rys. 1, stan. 11-13). Preferowano brzeżne części poziomów, więc osiedlano się przede wszystkim w strefach ich krawędzi. Chętnie zamieszkiwano także wydmy późnowistuliańskie (np. stanowiska w Kuczkach,

Rzuchowie, Dobrowie – por. rys. 1; stan. odpowiednio 14, 8 i 4). W pozostałych przypadkach stanowiska były położone w miejscach, gdzie terasę niską zredukowała późniejsza erozja rzeczna, datowana na holocen. Erozja następowała w wielokorytowym systemie Warty (stanowiska w Janowie, Ruszkowie i Kole – por. rys. 1; odpowiednio 2 i 3, 5 i 6 oraz 7) lub korycie/korytach Neru (stanowiska w Chełmnie i Sobótce – por. rys. 1, stan. odpowiednio 9 i 10) (Płaza i in. w druku). Brak stanowisk późnopalaeolitycznych na zwartych płatach terasy niskiej nie jest zapewne przypadkowy. Jak wynika z porównania przedstawianej chronologii naturalnych zdarzeń kształtujących dno Kotliny Kol-

skiej (por. Dzeduszyńska, Twardy 2014, w tym tomie; Petera-Zganiacz, Andrzejak 2014, w tym tomie; Twardy 2014, w tym tomie) z chronologią stanowisk schyłkowo paleolitycznych, rozpatrywane tu osadnictwo można odnosić do okresu przed i w czasie funkcjonowania lasu oraz być może do czasu stabilizacji powierzchni obecnej terasy po intensywnych zdarzeniach hydrologicznych. Intensywne powodzie, które objęły dno doliny prawdopodobnie zmusiły łowców późnopaleolitycznych do wycofania się z omawianego obszaru.

Okres, w którym następowała akumulacja serii pozakorytowych, budujących terasę niską, należy ocenić jako niekorzystny do zamieszkania i eksploatacji. Złożyły się na to przede wszystkim zmiany w systemach hydrologicznych Warty i Neru skutkujące wzmożeniem częstych i intensywnych powodzi, obejmujących

swym zasięgiem dno Kotliny (Petera-Zganiacz i in. w druku; Twardy 2014, w tym tomie). Procesy te niszczyły ewentualne ślady człowieka, a osady zapewne pogrzebały ich pozostałości. Nie można zatem liczyć na dobre odzwierciedlenie świadectw osadnictwa schyłkowo paleolitycznego w archeologicznych badaniach powierzchniowych prowadzonych w Kotlinie Kolskiej, a szczególnie na obszarach zajętych przez terasę niską. W świetle analizowanej lokalizacji stanowisk centrum Kotliny Kolskiej jest przykładem stosunkowo rozległego obszaru, gdzie powierzchnia topograficzna jest młodsza niż interesujące nas osadnictwo. Stąd tylko obrzeża Kotliny oraz wybrane starsze elementy morfologiczne doliny Warty, takie jak terasa wysoka, ostańce erozyjne czy wydmy, dają szansę na odkrywanie kolejnych stanowisk z końca paleolitu.

## INTENSYWNOŚĆ OSADNICTWA

Kotlina Kolska położona była na skrzyżowaniu dwóch ważnych arterii komunikacyjnych końca wistulianu, stąd jej intensywne wykorzystywanie przez grupy schyłkowo paleolityczne (Chmielewska 1978). Pierwsze ślady penetracji związane są z ludnością kultury hamburskiej. Jej zabytki odkryto w Rzuchowie oraz Cichmianie (Sobkowiak-Tabaka 2011). Nieliczne pozostałości związane są z allerödzkimi ugrupowaniami z tyczakami łukowymi, których niewielki zespół odkryto na stan. 2 w Cichmianie (Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka 2009). Wydaje się, że pozostaje kwestią czasu i poprawy stanu badań by pozyskane zostały kolejne zespoły „tyczakowe” lub „hamburskie”. Odnosi się to szczególnie do zespołów z tyczakami, znanymi z terenów położonych na wschód od Kotliny Kolskiej, z Katarzynowa i Witowa z regionu łódzkiego oraz z Całowania z Kotliny Warszawskiej (Schild 1975; Chmielewska 1978).

Najintensywniejsze osadnictwo na omawianym terenie związane jest z kulturą świderską (tab. 1). Dotychczas w Kotlinie Kolskiej odnotowano co najmniej 15 stanowisk archeologicznych z krzemieniami, charakterystycznymi dla tej kultury (rys. 1). Traktując izolowane skupienia materiału krzemiennego z Cichmiany, Rzuchowa oraz Janowa (Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka 2009), jako pojedyncze epizody osadnicze, (Schild i in. 2011), można dojść do wniosku, iż ilość udokumentowanych archeolo-

gicznie wizyt myśliwych zwiększyłaby się do co najmniej czterdziestu epizodów (tab. 1). Dowodzi to, że społeczności świderskie często penetrowały opisywany teren. Zakładając, że stan badań archeologicznych nie jest zadawalający, a szereg form terenowych, takich jak terasa wysoka oraz wydmy w Walentynowie, Brodzie, Wilamowie czy Kuczkach powinny przynieść kolejne odkrycia dużych, wielokrzemienicowych stanowisk paleolitycznych, to ilość epizodów osadniczych w tym terenie powinna być znacznie większa.

Względne datowanie stanowisk kultury świderskiej jest trudne. Być może początki tego technokompleksu sięgają końca allerödu, a na pewno rozwijały się te społeczności w młodszym dryasie. Chronologia schyłku ugrupowania także jest dyskutowana i, jak uważa część badaczy, być może sięga nawet początku okresu preborealnego (Kozłowski 1999; Schild 2001; Sobkowiak-Tabaka 2011, tam dalsza literatura). Niestety nie ma datowań bezwzględnych zabytków paleolitycznych wykonanych z materiałów organicznych z obszaru Kotliny Kolskiej, a wyniki datowania węgla drzewnych z innych stanowisk z Polski Środkowej pokazują dość szeroki zakres czasowy obejmujący młodszy dryas i być może początki holocenu (Schild i in. 1999; Cyrek 1996; Papiernik, Wąs 2002; Niesiołowska-Śreniowska i in. 2011; Płaza i in. w druku).



## Stanowiska z materiałem paleolitycznym z Kotliny Kolskiej

## Sites with Palaeolithic materials from the study area

Nr	Stanowisko	Odległość od stanowiska Koźmin Las	Zabytki	Obiekty/Obozowiska/Krzemienie	Chronologia	Literatura
1	Janów 22	5,28 km	4 krzemienie	2 narzędzia	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka (2009)
2	Janów 21	5,35 km	736 krzemieni	3 krzemienie	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka (2009)
3	Dobrow	ponad 8 km	pojedyncze	liściak, odlupek retuszowany	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Chmielewska (1978)
4	Ruszków II	ponad 8 km	pojedyncze	liściak	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Chmielewska (1978)
5	Rzuchów 24	5,5 km	458 krzemieni	2 jednozadziorec hamburskie; 3 krzemienie kultury świderskiej	bölling – kultura hamburska; alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka (2009)
6	Chelmno 4	6 km	24 krzemienie	narzędzia: rylec, drapacz oraz liściak	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka (2009)
7	Sobótka 4	6,9 km	6 krzemieni	2 wióry, 1 półtylczak, and 1 rylczak, odlupki	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka (2009)
8	Cichmiana 5	7,73 km	7 krzemieni	rdzeń, 2 ryłce and liściak, odlupki	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka (2009)
9	Cichmiana 1	7,75 km	4 krzemienie	2 wióry, 1 ryłce, 1 odlupek retuszowany kilka zabytków kultury hamburskiej, kilka okazów związanych z "tylczakami łukowymi", ponad 10 000 okazów kultury świderskiej w 20 koncentracjach	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska bölling – kultura hamburska; alleröd – "tylczaki łukowe"; alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka (2009)
10	Cichmiana 2	8,3 km	liczne krzemienie	liczne krzemienie	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka (2009)
11	Kuczki 14	9,5 km	7 krzemieni	1 liściak, zabytki z powierzchni stanowiska	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Chmielewska (1978)
12	Kuźnica Janiszewska 17	2,92 km	1 krzemień	ryłce, zabytki z powierzchni stanowiska	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Plaza i in. (w druku)
13	Ruszków / Zawadki 4	ponad 8 km	pojedyncze zabytki	liściak	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Chmielewska (1978)
14	Kolo - Dobrow	ponad 8 km	pojedyncze zabytki	liściak	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	Chmielewska (1978)
15	Kwiatków 11	ok. 3 km	brak danych	brak danych	alleröd/młodszy dryas – kultura świderska	<a href="http://archeologia.uni.lodz.pl/wielokulturowy-kompleks-osadniczy-ze-stanowiska-kwiatkow-11-gm-brudzew/">http://archeologia.uni.lodz.pl/wielokulturowy-kompleks-osadniczy-ze-stanowiska-kwiatkow-11-gm-brudzew/</a> 10.09.2014

Na tym etapie badań najciekawszych informacji związanych z osadnictwem świderskim dostarczają analizy surowcowe. Odkrycia zabytków z krzemienia czekoladowego z Gór Świętokrzyskich (Sulgostowska 1997), z krzemieni jurajskich z Zakola Załęczańskiego (Cyrek 1996), a przede wszystkim z obsydianu na stan. 2 w Cichmianie (Kabaciński, Sobkowiak-Tabaka 2009) wskazują na dalekosiężne kontakty oraz różnokierunkową migrację ludności. Potwierdzony jest zarówno południowy wzdłuż Warty do Zakola Załęczańskiego, jak i wschodni kierunek migracji, wzdłuż pradoliny warszawsko-berlińskiej do Kotliny Warszawskiej (Sul-

gostowska 2005). Duży udział surowca czekoladowego w Polsce Środkowej, w Łęgu Ręczyńskim i w Windudze nad Pilicą, w Tychowie nad Wolbórką, w Aleksandrowie Łódzkim nad Bzurą oraz w Lutomiersku-Koziówkach nad Nerem (Cyrek 1976; Chmielewska 1978; Papiernik 1998; Niesiołowska-Śreniowska i in. 2011; Papiernik, Płaza 2012) może wskazywać na kolejny szlak migracji, biegnący w kierunku południowo-wschodnim. Szlak ten mógł łączyć Kotlinę Kolską z wychodniami surowca czekoladowego w Górach Świętokrzyskich.

## PODSUMOWANIE

Wieloletnie badania archeologiczne, geomorfologiczne i paleośrodowiskowe prowadzone w Kotlinie Kolskiej, wzbogacone o najnowsze szczegółowe analizy serii organicznej z pozostałościami lasu z przełomu allerödu i młodszego dryasu oraz nakrywających je osadów pozakorytowych, dostarczają wielu informacji na temat zmian i rozwoju środowiska, w jakim mógł funkcjonować człowiek w schyłkowym paleolicie. Kwerenda dostępnych źródeł archeologicznych wskazuje na intensywne wykorzystanie tego obszaru w końcu omawianego okresu. Przerwa w osadnictwie mogła mieć miejsce jedynie w okresie wzmożonej akumulacji serii osadów powodziowych, które dodatkowo mogły zniszczyć lub przykryć ślady starszego osadnictwa na obszarach zajętych przez terasę niską. Odnotowane wizyty grup myśliwych w młodszym dry-

asie są dowodem na atrakcyjność warunków środowiskowych Kotliny Kolskiej przed i po akumulacji serii pozakorytowych. Być może, zgodnie z sugestiami Chmielewskiej (1978), w sprzyjających warunkach środowiskowych grupy myśliwskie mogły pozostawać na obszarze Kotliny Kolskiej na dłuższy czas, aby wielosezonowo polować na renifery lub inną zwierzyńną leśną.

Pomimo drastycznych zdarzeń jakie miały miejsce w systemach hydrologicznych doliny Warty, które mogły zatrzeć część śladów po obozowiskach paleolitycznych kooperacja geografii i archeologii stwarza szansę na odkrywanie kolejnych stanowisk z końca paleolitu na obrzeżach Kotliny oraz na wybranych starszych formach terenowych w dolinie Warty, takich jak terasa wysoka czy wydmy.

## LITERATURA

- Chmielewska M., 1957 – Stanowisko mezolityczne w Cichmianie w pow. kolskim. *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, Seria Archeologiczna*, 2: 5-12.
- Chmielewska M., 1978 – Późny paleolit pradoliny warszawsko-berlińskiej. Ossolineum Wrocław – Warszawa – Kraków – Gdańsk: 276 s.
- Cyrek K., 1976 – Schyłkowopaleolityczna pracownia krzemieniarska z Windugi koło Sulejowa. *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, Seria Archeologiczna*, 23: 121-157.
- Cyrek K., 1996 – Osadnictwo schyłkowopaleolityczne w Zakolu Załęczańskim doliny Warty. *Biblioteka Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi*, 30, Łódź: 194 s.
- Dzieduszyńska D., Twardy J., 2014 – Ogólna charakterystyka stanowiska Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 11-21.
- Dzieduszyńska D., Petera-Zganiacz J., Krąpiec M., 2011 – The age of the subfossil trunk horizon in deposits of the Warta River valley (central Poland) based on <sup>14</sup>C datings. *Geochronometria*, 38: 334-340.
- Dzieduszyńska D.A., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Brooks S.J., Korzeń K., Krąpiec M., Pawłowski D., Płaza D.K., Płóciennik M., Stachowicz-Rybka R., Twardy J., 2014 – Environmental influence on forest development and decline in the Warta River valley (Central Poland) during the Late Weichselian. *Quaternary International*, 324: 99-114.

- Forysiak J., 2005 – Rozwój doliny Warty między Burzeninem a Dobrowem po zlodowaczeniu warty. *Acta Geographica Lodziensia*, 90: 116 s.
- Inizan M.L., Reduron-Ballinger M., Roche H., Tixier J., 1999 – Technology and terminology of knapped stone. Nanterre, CREP: 189 s.
- Kabaciński J., Sobkowiak-Tabaka I., 2009 – Późny paleolit i mezolit basenu środkowej Warty. *Ratownicze Badania Archeologiczne Instytutu Archeologii i Etnologii PAN – Oddział w Poznaniu*, t. 1, Poznań: 527 s.
- Kittel P., Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Twardy J., Krąpiec M., Bijak Sz., Bronisz K., Zasada M., Płaza D., 2012 – Badania „kopalnego lasu” ze schyłku wistulianu w dolinie Warty (Kotlina Kolska, środkowa Polska). *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, 1 (30): 238-245.
- Kondracki J., 2002 – Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa: 440 s.
- Kozłowski S.K., 1999 – The tanged points complex. W: S.K. Kozłowski, J. Gurba, L. Zaliznyak (eds), *Tanged Points Cultures in Europe*. Read at the International Archaeological Symposium Lublin, September, 13–16, 1993: 28-35.
- Niesiołowska-Śreniowska E., Płaza D.K., Marosik P., Balwierz Z., 2011 – Obozowiska ze starszej i środkowej epoki kamienia na stanowisku 1 w Aleksandrowie Łódzkim w kontekście analizy środowiska naturalnego. *Wydawnictwo Fundacji Badań Archeologicznych Imienia Profesora Konrada Jażdżewskiego*, 15, Łódź: 179 s.
- Papiernik P., 1998 – Późnopaleolityczna pracownia wiórów w Łęgu Ręczyńskim, st. 1, woj. piotrkowskie. *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, Seria Archeologiczna*, 39: 21-64.
- Papiernik P., Płaza D.K., 2012 – Materiały krzemienne ze stanowiska 3 a – c w Lutomierniku Koniówkach. W: R. Grygiel (red.), *Lutomiersk – Koziówki stanowisko 3 a – c, pow. pabianicki woj. łódzkie. Wielokulturowy zespół osadniczy od schyłku paleolitu po okres nowożytny*. Biblioteka Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi nr 39: 9-52.
- Papiernik P., Wąs M., 2002 – Osadnictwo późnopaleolityczne. W: R. Grygiel (red.), *Wyniki ratowniczych badań wykopaliskowych na terenie odkrywki „Szczerców” KWB „Bełchatów” S.A. na stanowisku nr 11 w Grabku, gm. Szczerców, woj. łódzkie*. Wydawnictwo Fundacji Badań Archeologicznych Imienia Profesora Konrada Jażdżewskiego, 5, Łódź: 33-74.
- Petera J., 2002 – Vistuliańskie osady dolinne w basenie uniejowskim i ich wymowa paleogeograficzna. *Acta Geographica Lodziensia*, 83: 174 s.
- Petera-Zganiacz J., Forysiak J., 2012 – Historia rozwoju doliny Warty w basenie uniejowskim. *Biuletyn Uniejowski*, 1: 23-41.
- Petera-Zganiacz J., Andrzejak K., 2014 – Uwarunkowania rozprzestrzenienia i właściwości serii organicznej zawierającej szczątki lasu z młodszego dryasu w Kotlinie Kolskiej. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 39-51.
- Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Twardy J., Pawłowski D., Płóciennik M., Lutyńska M., Kittel P., w druku – Younger Dryas flood events: A case study from the middle Warta River valley (Central Poland). *Quaternary International*.  
<http://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.074>
- Płaza D.K., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Twardy J., w druku – Late Palaeolithic settlement pattern in palaeogeographical context of the river valleys in the Koło Basin (Central Poland). *Quaternary International*.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.058>
- Rzepecki S., 2013 – Wielokulturowy kompleks osadniczy ze stanowiska Kwiatków 11, gm. Brudzew, [online]:  
<http://archeologia.uni.lodz.pl/wielokulturowy-kompleks-osadniczy-ze-stanowiska-kwiatkow-11-gm-brudzew/> (dostęp: czerwiec 2014).
- Schild R., 1975 – Późny paleolit. W: W. Chmielewski, W. Hensel (red.), *Prahistoria ziem polskich*, t. 1, Paleolit i mezolit. Ossolineum, Wrocław – Warszawa – Kraków – Gdańsk: 195-338.
- Schild R., 2001 – The reason why it is likely that the early Mesolithic population in Poland was not aboriginal. W: B. Ginter, B. Drobniewicz, B. Kazior, M. Nowak, M. Połtowicz (red.), *Problemy epoki kamienia na obszarze starego świata. Księga Jubileuszowa dedykowana Profesorowi Januszowi K. Kozłowskiemu*. Instytut Archeologii UJ, Kraków: 229-233.
- Schild R., Tobolski K., Kubiak-Martens L., Pazdur M.F., Pazdur A., Vogel J.C., Stafford T., 1999 – Stratigraphy, palaeoecology and radiochronology of the site of Całowanie. *Folia Quaternaria*, 70: 239-268.
- Schild R., Królik H., Tomaszewski A.J., Ciepiewska E., 2011 – Rydno. A stone age red ochre quarry and socioeconomic center. A century of research. Instytut Archeologii i Etnologii PAN, Warszawa: 467 s.
- Sobkowiak-Tabaka I., 2011 – Społeczności późnego paleolitu w dorzeczu Odry. Instytut Archeologii i Etnologii PAN, Poznań: 416 s.
- Sulgostowska Z., 1997 – The phenomenon of chocolate flint distribution on the North European Plain during the Final Palaeolithic. W: R. Schild, Z. Sulgostowska (eds), *Man and flint*.

- Instytut Archeologii i Etnologii PAN, Warszawa: 313-318.
- Sulgostowska Z., 2005 – Kontakty społeczności późno paleolitycznych i mezolitycznych między Odrą, Dźwiną i górnym Dniestrem. Instytut Archeologii i Etnologii PAN, Warszawa: 342 s.
- Twardy J., 2014 – Litologiczna charakterystyka osadów w stanowisku Koźmin Las i ich interpretacja paleogeograficzna. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 23-38.

## FROM THE RESEARCH ON THE FINAL PALAEOLITHIC SETTLEMENT IN THE KOŁO BASIN

### SUMMARY

**Abstract.** Archaeological research in Koło Basin has a long, over 90 years, history. During that time dozen of late Palaeolithic sites were discovered. Most of them are linked with Tanged point Complex which is also called Sviderian Culture. From other periods of the Late Weichselian there are just signals of possible presence of settlement of Hamburgian Culture and Federmessergruppe or Arch Back Pieces. Combination of interdisciplinary palaeoecological research at the Koźmin Las site and archaeological query helped with more accurate dating and locating of the Palaeolithic camps in the geomorphological landscape. Cooperation of geography and archaeology also gives chance for future discovery of unknown late Palaeolithic sites from that area.

**Key words:** Final Palaeolithic, Sviderian cCulture, tanged points, Koźmin Las site

Long history of archaeological research of late Palaeolithic communities in the Koło Basin shows that the most intensive character in the studied area has settlement of the Tanged point Complex, which is also called the Sviderian Culture. From other periods of the Late Weichselian there are just signals of possible presence of older late Palaeolithic population of Hamburgian Culture and Federmessergruppe or Arch Back Pieces. The article presents history of archaeological research, intensity of Sviderian Culture settlement on the background of other sites from Central Poland. These proof a highly mobile way of life and significance of human contacts in that period. Environmental information which are known from the studied terrain about Late Alleröd and Younger Dryas was obtained in 2010 and 2011 from an open test pit of

the Koźmin Las site (Dzieduszyńska et al. 2011, 2014; Kittel et al. 2012) and from other studies conducted in the research area. The most important archaeological fact which is connected with discovery of Palaeolithic artefacts at Kuźnica Janiszewska 17 which is until now the closest locality for the bog and subfossil forest in Koźmin Las site. This find confirms that Swiderian hunters were exploring close surroundings of the terrain where pine forest grow during Late Alleröd and Younger Dryas. Generally, results of interdisciplinary palaeoecological research from Koźmin Las locality and archaeological query helped to recognize the Late Palaeolithic hunters behaviour, chronology and to determine a scale of impact of dynamic environment to the Palaeolithic man.



## ZMIANY ŚRODOWISKA U SCHYŁKU VISTULIANU W POLSCE ŚRODKOWEJ W ŚWIETLE BADAŃ W STANOWISKU KOŹMIN LAS

### ZARYS TREŚCI

Wielokierunkowe wyniki badań w stanowisku Koźmin Las przeanalizowano w aspekcie rozpoznania szybkich naturalnych zmian w geosystemach podczas późnego glacjału. Krótkie zdarzenia, zrekonstruowane na rozległym płaskim dnie doliny dużej nizinnej rzeki w staroglacjalnym obszarze Polski Środkowej, odniesiono do zjawisk o charakterze globalnym. Podkreślono cechy zgodne ze schematem wypracowanym na podstawie rdzeni grenlandzkich i stanowisk stratotypowych lądowego środowiska Polski Środkowej oraz specyfikę wynikającą z uwarunkowań lokalnych. Wskazano cechy osadów, których rozpoznanie poszerzyło wiedzę o ewolucji środowiska regionu łódzkiego i przyczyniło się do wzrostu znaczenia stanowiska.

**Słowa kluczowe:** alleröd / młodszy dryas, geoarchiwum, paleogeografia, subfossylny las, dolina Warty, region łódzki

### WPROWADZENIE

Ostatnie lata to okres wzrostu zainteresowania funkcjonowaniem geosystemów pod wpływem wzmożonej zmienności klimatu, dzięki znaczącemu przyrostowi wielowskaźnikowych danych na temat schyłku ostatniego okresu zimnego. Ówczesna mała liczebność grup ludzkich pozwala wyeliminować w analizach wpływ człowieka na środowisko i rozpatrywać wyłącznie przyczyny i skutki tych zmian z punktu widzenia mechanizmów naturalnych.

W regionie łódzkim pierwszy profil osadów organicznych z późnego vistulianu, dla którego zastosowano podejście interdyscyplinarne, integrujące dane geologiczne, geomorfologiczne, paleobotaniczne i archeologiczne, pochodzi z początku lat 60. XX wieku, ze stanowiska Witów koło Piątku (Wasylikowa 1964). Wykonana wówczas analiza palinologiczna osadów zbiornika jeziornotorfowego, przylegającego do wału wydmowego, jest uznawana za stratotyp w stratygrafii późnego vistulianu regionu. Zarejestrowane przemiany postglacjalnych zbiorowisk roślinnych zyskały również znaczenie ponadregionalne i są wykorzystywane w rekonstrukcjach termiki tego okresu w skali europejskiej.

W ciągu ostatniego dziesięciolecia podjęto metodyczne studia profili zawierających sukcesję późnovistuliańskich osadów organicznych, z zastosowaniem analiz litologicznych, paleobotanicznych, paleozoologicznych, geochronologicznych

i innych, koncentrujących się na badaniach wypełnień kopalnych jezior i mis torfowisk funkcjonujących w różnych sytuacjach morfologicznych i krajobrazowych regionu. W ich wyniku najdłuższe sekwencje, dokumentujące sygnały zmian klimatycznych i środowiskowych późnego vistulianu, uzyskano z profili w trzech stanowiskach: Żabieniec, Ner-Zawada i Rąbień (Forysiak 2012).

Profil Koźmin Las obejmuje osady reprezentujące schyłek późnego vistulianu. Tematyka realizowana w stanowisku, w ramach grantu N N306 788 240 pt. „Warunki paleogeograficzne funkcjonowania i destrukcji późnovistuliańskiego lasu w dolinie Warty”, uwzględniała zagadnienia sfery biotycznej i abiotycznej oraz tematykę pedologiczną, w tym zastosowanie na szerszą skalę po raz pierwszy w regionie łódzkim analizy dendrochronologicznej w odniesieniu do tematyki geologicznej.

Cechy serii organicznej ze stanowiska Koźmin Las, o niewielkiej miąższości 0,2–0,5 m, są pozbawione zalet precyzyjnie datowanych jeziornych osadów o zachowanej rocznej laminacji (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998; Tylmann 2011). Mogą jednak służyć do rekonstrukcji zmian paleoklimatycznych i paleośrodowiskowych oraz korelacji przestrzennych, w tym ze stratotypami grenlandzkimi. Badany materiał był

\* Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, e-mail: dadziedu@geo.uni.lodz.pl.

deponowany na terasie zalewowej, w zmieniających się warunkach, od terestrycznych do akwaticznych, co znajduje odbicie w jego zróżnicowaniu litologicznym. Złożony charakter tego horyzontu, składającego się z kilkucentymetrowych warstw mułku organicznego, miejscami mineralno-organicznego, z silnie rozłożonego torfu i bardzo dobrze zakonserwowanych *in situ* pni drzew o długości do kilku metrów i średnicy, niejednokrotnie dorównującej miąższości serii, dobrze oddaje określenie stosowane w anglojęzycznych publikacjach dotyczących omawianego stanowiska – *organic-rich series* (Dzieduszyńska, Petera-Zganiacz 2012; Dzieduszyńska i in. 2014a). W przypadku osadów o takiej charakterystyce „duża rozdzielczość czasowa” badań (tzw. *high resolution*) musi być osiągnięta poprzez gęste opróbowywanie rdzenia. Próbkę do badań paleoekologicznych zostały pobrane w stanowisku Koźmin Las z największą rozdzielczością spośród stanowisk regionu łódzkiego badanych pod kątem rekonstrukcji późnovistuliańskich (por. Dzieduszyńska, Forysiak 2013). Łącznie wykonano 94 oznaczenia.

Geoarchiwum środowiska *stricte* akwaticznego w stanowisku stanowią 2–3-metrowej

miąższości aluwia facji pozakorytovej, cechujące się występowaniem kilku-, kilkunastocentymetrowych, rytmicznie warstwowanych drobnofrakcyjnych piasków oraz mułków, równomiernie nakrywających horyzont organiczny. Seria pozbawiona jest przewarstwień organicznych i innych śladów potencjalnej okresowej stabilizacji warunków w dnie doliny. W spągu zawiera kłody drzew, ze śladami transportowania przez rzekę. Cechy tego środowiska sedymentacyjnego rekonstruowano na podstawie analizy sedymentologicznej (Dzieduszyńska i in. 2012; Petera-Zganiacz i in. w druku; Twardy 2014, w tym tomie).

Artykuł ma na celu przedyskutowanie znaczenia badań interdyscyplinarnych przeprowadzonych w stanowisku Koźmin Las w kontekście interpretacji zjawisk okresu dynamicznych przemian schyłku ostatniego okresu zimnego przy przejściu do holocenu. Uwaga zostanie zwrócona na ich wartość poznawczą, wykorzystanie we wnioskowaniu paleogeograficznym w regionie łódzkim oraz na kwestię odniesienia zdarzeń lokalnych do zmian o charakterze globalnym.

## TŁO CHRONOSTATYGRAFICZNE I PALEOŚRODOWISKOWE

Tło stratygraficzne zagadnień poruszanych w stanowisku Koźmin Las datuje się na późny vistulian (późny glacjał). Schyłek ostatniego plejstocenijskiego okresu zimnego cechował się występowaniem szybko następujących po sobie fal chłodu i ociepleń. Działo się to podczas przebudowy dziedziny peryglacialnej na umiarkowaną, mimo ogólnej tendencji wzrostu temperatury (np. Brauer i in. 2008; Steffensen i in. 2008). Późny vistulian został zdefiniowany pod koniec końca XIX wieku na podstawie przesłanek paleobotanicznych z torfowisk skandynawskich. Jednostki: najstarszy dryas, bolling, starszy dryas, allerød i młodszy dryas, określone następnie paleobotanicznie w duńskich osadach lądowych (Iversen 1954) do chwili obecnej funkcjonują jako schemat, na który nakładane są zróżnicowane lokalnie zdarzenia środowiskowe.

Fluktuacje klimatyczne późnego vistulianu mają wymiar globalny. Potwierdzone zostały w badaniach rdzeni z lodowców grenlandzkich, odzwierciedlone m.in. w składzie izotopowym tlenu w powietrzu. Wahania krzywej tlenowej, skorelowane z rocznymi przyrostami lodu, stały

się podstawą precyzyjnego podziału chronostratygraficznego (tzw. *event stratigraphy*), wg którego późny glacjał obejmuje niejednorodną klimatycznie jednostkę ciepłą opisaną jako interstadiał (Greenland Interstadial – GI), trwającą około 2000 lat (14 700–12 650 cal lat BP) oraz ochłodzenie zakwalifikowane jako stadiał (Greenland Stadial – GS) trwające około 1150 lat (12 650–11 550 cal lat BP) (Björck i in. 1998; Walker i in. 1999). Dla obszarów lądowych chronostratygrafia późnego vistulianu, wyrażona w latach kalendarzowych, pochodzi z rocznie laminowanych sekwencji osadów jeziornych. Dla stanowiska Koźmin Las najbliższym stanowiskiem dla okresu przełomu plejstocen-holocen, z ustaloną skalą lat kalendarzowych i przebiegiem wskaźników paleoklimatycznych, zgodnym z rdzeniami lodowymi, jest jezioro Gościąż (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998). W odniesieniu do stratygrafii europejskich obszarów lądowych grenlandzkie ocieplenie GI koreluje z interwałem bölling-allerød, a ochłodzenie GS – z młodszym dryasem. Pomimo różnic pomiędzy wiekiem w rdzeniach lodowych,

a wiekiem uzyskiwanym dla jeziornych osadów laminowanych, terminologia grenlandzka jest coraz częściej stosowana przez badaczy zajmujących się lądowym środowiskiem późnoglacialnym.

W stanowisku Koźmin Las podstawę geochronologiczną rekonstrukcji stanowią datowania radiowęglowe, wykonane techniką scyntylacyjną i AMS dla mułków, szczątków roślinnych i pni drzew (Dzieduszyńska, Twardy 2014, w tym tomie). Rozpiętość czasową zarejestrowanych zjawisk wyznaczają daty konwencjonalne  $10\,940 \pm 50$  BP (MKL-1656) i  $9\,780 \pm 150$  BP (MKL-1076), co określa ją maksymalnie na przedział od 13 048 do 10 603 lat kalendarzowych przy prawdopodobieństwie 95,4% oraz 12 888 do 10 792 lat kalendarzowych przy prawdopodobieństwie 68,2% (Dzieduszyńska i in. 2014a). Korelacja z podziałami stratygraficznymi późnego vistulianu dla stratotypowego w Europie profilu osadów laminowanych jeziora Meerfelder (Litt i in. 2001) czy pobliskiego jeziora Gościąż (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998) oraz grenlandzkich rdzeni lodowych lokuje rekonstruowane w stanowisku zdarzenia na przełom allerödu i młodszego dryasu oraz cały młodszy dryas. Na podstawie badań osadów jeziora Gościąż wiek kalendarzowy początku młodszego dryasu określono na  $12\,580 \pm 140$  BP, a koniec na  $11\,440 \pm 120$  BP (Goslar 1996). Podczas oceny wartości interpretacyjnej wyników datowań radiowęglowych ze stanowiska Koźmin Las należy mieć na uwadze występowanie w analizowanym okresie kilkusetletnich okresów plateau, potencjalnie obniżających wiarygodność datowań. Dla okresu objętego analizą stwierdzono je dla następujących przedziałów: 11 000–10 900, 10 400–10 300 oraz 10 000–9 900 lat  $^{14}\text{C}$  BP (Goslar i in. 1995). Trzeba pamiętać, że zarejestrowane podczas prac terenowych powszechne poprzerastanie serii organicznej współczesnymi korzeniami mogło skutkować zanieczyszczeniem próbek węglem współczesnym i odmłodzeniem wieku radiowęglowego.

Podczas badań podjęto próbę wyznaczenia wieku osadów pozakorytowych metodą OSL. Uzyskane wyniki nie są zgodne ze stanem wiedzy paleogeograficznej o basenie uniejowskim i pozycją stratygraficzną warstwy aluwialnej (Dzieduszyńska i in. 2014b; por. Dzieduszyńska, Twardy 2014, w tym tomie). Wartości wieku, zawierające się w przedziale czasu od  $14\,280 \pm 740$  BP (GdTL-1517) do  $12\,730 \pm 620$  BP (GdTL-1410) określają chronologię powodzi

na starsze od zdarzeń zarejestrowanych w serii organicznej. Wyniki są zbliżone do wieku podścielających ją aluwii rzeki o rozwinięciu roztokowym ( $13\,080 \pm 730$  BP, GdTL-1412), które były najprawdopodobniej źródłem deponowanego materiału (Twardy 2014, w tym tomie). Przyczyny obserwowanej inwersji wskaźników wieku zostały przedyskutowane w cytowanych wyżej artykułach. Z punktu widzenia wnioskowania o tempie zmian w środowisku młodszego dryasu istotne jest podkreślenie, że sytuacja taka ma zwykle miejsce w warunkach bardzo ograniczonej ekspozycji materiału na światło słoneczne, sprzyjających zachowaniu w osadzie sygnału OSL wcześniejszego zdarzenia (Bluszcz 2000), a więc na przykład podczas bardzo szybko zachodzących procesów transportu i depozycji.

Zarysowany powyżej horyzont czasowy dotyczy najbardziej interesującego odcinka późnego vistulianu, w którym dokonało się nagle załamanie klimatyczne o zasięgu globalnym. Jego skala poważnie zaburzyła funkcjonowanie środowisk morfogenetycznych, a powrót do warunków klimatycznych, zbliżonych do glacialnych na obszarze okołatlantyckiej części Europy, wywołał katastrofalne skutki w systemach ekologicznych.

Przejście do zimnych warunków młodszego dryasu trwało bardzo krótko, był to czas rzędu być może tylko kilkunastu lat (np. Steffensen i in. 2008). Analiza grenlandzkich krzywych izotopowych wskazuje, że temperatura obniżyła się tam co najmniej o  $10^\circ\text{C}$  (np. Alley i in. 1993). Rekonstrukcje ilościowe parametrów paleoklimatu w obszarach lądowych bazują przede wszystkim na bioindykacyjnej wymowie roślin, a w ostatnich kilku latach notuje się znaczny przyrost takich interpretacji na podstawie subfosylnych szczątków fauny bezkręgowej (por. Płóciennik i in. 2011; Brooks, Langdon 2014).

Najbliższymi opisywanemu obszarowi stanowiskami, z których pochodzą rekonstrukcje wartości letnich temperatur oraz sformułowane zostały sugestie dotyczące cech wilgotnościowych klimatu młodszego dryasu, są przede wszystkim wymienione już jezioro Gościąż (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998), położone około 70 km na NE od Koźmina oraz Witów (Wasylikowa 1964, 1999) w odległości ok. 60 km na NE; ponadto danych dostarczają także profile z Imiołek (Tobolski 1998) ok. 100 km ku NW oraz Żabieńca (Płóciennik i in. 2011) ok. 80 km na E. Zgodnie z uzyskanymi zapisami wnioskuje się, że pierwsze 100 lat młodszego



dryasu charakteryzowało narastanie zimna i suchości, utrzymujące się przez następne 450–500 lat, a druga część okresu to stopniowy wzrost wilgotności wraz z podwyższaniem się temperatury. Średnia temperatura najcieplejszego miesiąca spadła o około 6–7°C, z około 17°C w *allerödzie* do 10°C w najchłodniejszej części młodszego dryasu. W stanowisku Koźmin Las wartości temperatur najcieplejszego miesiąca określono na podstawie zgrupowań kopalnych *Chironomidae* na 14–15,8°C (an. S.J. Brooks – por. Dzieduszyńska i in. 2014a). Rekonstrukcja wartości paleotemperatur najchłodniejszego miesiąca w granicach -20 do -25°C, dokonywana jest w skali Europy na podstawie rozmieszczenia wskaźnikowych struktur geologicznych (Isarin, Bohncke 1999).

Warunki klimatyczne młodszego dryasu cechowały się intensyfikacją wiatrów z kierunków W oraz SW, których prędkość 3–6 m/s, w porównaniu do 9 m/s, jest największa w późnym *vistulianie*. Wnioski dotyczące warunków aerodynamicznych zostały sformułowane na podstawie badań strukturalno-teksturalnych w pobliskich stanowiskach wydmowych pradoliny warszawsko-berlińskiej (Krajewski 1977). O szczególnym wzroście prędkości wiatrów na przełomie *allerödu* i młodszego dryasu wiadomo również ze stanowisk w regionie Eifel w Niemczech (Brauer i in. 2008).

Uważa się, że przemiany szaty roślinnej w czasie pomiędzy optymalną częścią *allerödu* a młodszym dryasem na ekstrapolacyjnym obszarze Niżu Polskiego, wyrażały się wycofaniem zwartych zbiorowisk lasów sosnowo-brzozowych na rzecz rozwoju laso-tundro-stepu, z refugiami borów *allerödzkich* w dolinach rzecznych (Wasylkova 1964; Madeyska 1998).

Istotnym czynnikiem określającym charakter zdarzeń w młodszym dryasie jest obecność lub brak wieloletniej zmarzliny. Istnieją rozbieżne poglądy na temat jej powrotu w regionie łódzkim w reakcji na ochłodzenie (Goździk 1995; Klatkova 1996; Kasse i in. 1998). Dowody uzyskane ze stanowiska Koźmin Las w postaci struktur niestatecznego warstwowania gęstościowego w spągu serii organicznej i ich

kontekst geologiczno-stratygraficzny pozwalają zakładać przynajmniej lokalną obecność przemarzniętego gruntu (Petera 2002; Petera-Zganiacz, Dzieduszyńska 2007; Dzieduszyńska, Petera-Zganiacz 2012).

Fluktuacje klimatyczne pociągały za sobą przeobrażenia w systemach ekologicznych, które są dość precyzyjnie rekonstruowane za pomocą coraz bogatszego arsenału metod paleobotanicznych i paleozoologicznych, wychwytyjących drobne zaburzenia wrażliwych na zmiany wskaźników. Z punktu widzenia wnioskowania paleogeograficznego istotna jest rekonstrukcja przemian w środowiskach morfogenetycznych i rejestracja momentu przekraczania w nich wartości progowych indukujących nasilone procesy rzeźbotwórcze. Ocieplenie późnego *vistulianu*, aż do *allerödu* włącznie, było w regionie łódzkim okresem przebudowy warunków peryglacialnych na umiarkowane, z rozwojem rzeźby warunkowanym dodatnim bilansem erozji (Turkowska 2006). W młodszym dryasie nastąpiło zakłócenie takiego kierunku przemian, wyrażone powrotem do przewagi akumulacji nad erozją w środowiskach fluwialnym i stokowym (Dzieduszyńska 2011, 2013). Zgodnie ze schematem późnovistuliańskiej aktywności w środowisku eolicznym Dylkowej (1967), młodszy dryas odznaczał się niszczeniem zbudowanych wcześniej pagórków wydmowych. Z kolei badania Rotnickiego (1970) w stanowisku Węglewice na terasie Proсны wskazują na młodszy dryas jako główną fazę formowania wydm śródlądowych. W otwartym krajobrazie młodszego dryasu efektem morfologicznym procesów eolicznych były również pola piasków pokrywowych, udokumentowane na północny wschód od regionu łódzkiego, od okolic Błonia, co najmniej po Ozorków (Karaszewski 1972), które wydatowano za pomocą metody OSL na  $12\,270 \pm 630$  BP (Kalińska, Wyszomierski 2010). Przypuszczalnie depozycja pól piaszczystych mogła kontynuować się dalej w kierunku zachodnim, wzdłuż obniżenia pradoliny warszawsko-berlińskiej (Dzieduszyńska 2011), i obejmować teren badań.

## REKONSTRUKCJA ZMIAN ŚRODOWISKA W KONTEKŚCIE ZDARZEŃ W PÓŻNYM VISTULIANIE

Stanowisko Koźmin Las, poprzez wielokierunkowość rozpoznania paleośrodowiska, stało się wartościowym geoarchiwum jego dynamicz-

nych przemian podczas schyłku późnego *vistulianu* w staroglacjalnym obszarze Polski Środkowej. Potencjał interpretacyjny badanych osa-

dów wynika nie tylko z możliwości poddawania ich interdyscyplinarnym badaniom geologicznym i paleoekologicznym, ale również z faktu potwierdzonej synchroniczności funkcjonowania ekosystemu leśnego z depozycją osadów organicznych, co pozwala na poznanie kontekstu środowiskowego siedliska. Najistotniejsze wnioski dotyczą uzyskanego obrazu postępującego ochłodzenia młodszego dryasu, w generalnym zarysie zgodnego ze schematem zmian warunków termiczno-wilgotnościowych w reperowych stanowiskach Polski Środkowej: Gościąg (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998) i Witów (Wasylikowa 1964, 1999).

Osiągnięte wyniki potwierdziły tezę o dużej zmienności zjawisk w zderzeniu z gwałtownym ochłodzeniem klimatu i pozwoliły na wychwycenie reakcji lokalnych na zmiany globalne. Właściwości osadów schyłkowego allerödu i młodszego dryasu dały możliwość prześledzenia ewolucji geoekosystemu w dnie doliny rzecznej. Dla określonego powyżej przedziału czasowego zrekonstruowano szczegółowe, lokalne zdarzenia w dnie doliny Warty, przypisując im porządek chronologiczny (Dzieduszyńska i in. 2014a). Dla przedziału pomiędzy ok. 13 000 / 12 900 a 12 800 cal BP, czyli końca allerödu, udokumentowano rozwój na badanym stanowisku torfowiska oraz ślady procesów glebotwórczych. Na takim podłożu rósł las sosnowo-brzozowy. Stale pogarszające się warunki jego funkcjonowania były wynikiem wzrastającej wilgotności siedliska, mającej wyraz m.in. w rozwoju poziomu gleby hydrogenicznej. Kierunkiem zmian udokumentowanym po 12 700 cal BP było podtapianie ekosystemu leśnego poprzez podnoszenie się poziomu wód gruntowych, aż do powstania płytkich rozlewisk z czytelnymi epizodami ingerencji odpływu pozakorytowego. Okres po 12 400 / 12 100 cal BP to zajęcie dna doliny przez wody rzeczne.

Chronologia zrekonstruowanych zdarzeń wskazuje, że najszybciej następujące po sobie zmiany środowiskowe, czyli krótkotrwałe funkcjonowanie nadrzecznego lasu w dolinie Warty oraz zmiany hydrologiczne w podłożu miały miejsce w końcu allerödu i w pierwszej części młodszego dryasu. Korelacja z późnovistulianским zapisem zachowanym w drobnolaminowanych osadach jeziora Gościąg i profilu ze stanowiska Witów (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998; Wasylikowa 1999) wskazuje, że przypadają one na najsurowsze warunki klimatyczne pierwszej części młodszego dryasu. Diagramy pyłkowe wskazują na silne rozluźnienie lasu

i przekształcenie borealnych zbiorowisk allerödu w tundrę parkową, wyrażone m.in. wzrostem udziału NAP do 50% i rozprzestrzenieniem heliofitów, z kilkunastoprocentową obecnością *Artemisia* i *Juniperus*.

Rozrzedzenie borów sosnowo-brzozowych jest cechą charakteryzującą przemianę szaty roślinnej omawianego czasu w całej Polsce. Specyficzne cechy doliny Warty w odcinku basenu uniejowskiego, takie jak jej rozległość i płytkość, spowodowały, że w stanowisku Koźmin Las udokumentowano sytuację odbiegającą od przyjętej opinii o młodszodryasowych refugiach borów allerödskich w dolinach rzecznych (Madeyska 1998). Istotne jest, że fakt zniszczenia lasu stanowił wyeliminowanie czynnika, który podczas zaburzeń reżimu hydrologicznego w warunkach młodszego dryasu hamował potencjalne zmiany w układach koryt rzecznych (Huisink 2000; Vandenberghe 2002; Turner i in. 2013).

Wyniki wielodyscyplinarnych badań ze stanowiska Koźmin Las jako przyczynę powalenia lasu wskazują szereg zjawisk potwierdzających różnorodność i niestabilność środowiska schyłku vistulianu. Cechy morfologiczne pni pozwoliły wysnuć wniosek o funkcjonowaniu lasu w pogarszających się warunkach środowiskowych, co wynikało z podniesienia poziomu wód gruntowych i wzrostu wilgotności siedliska na skutek zmniejszenia infiltracji, najprawdopodobniej w efekcie przemarznięcia podłoża (Dzieduszyńska i in. 2012, 2014a). Z kolei powszechne występowanie drewna reakcyjnego, będącego pochodną naprężeń mechanicznych (an. M. Krąpiec – por. Dzieduszyńska i in. 2014a), wskazuje na silne wiatry jako czynnik odpowiedzialny za destrukcję lasu. Tezę dodatkowo potwierdza dominująca orientacja W-E ułożenia powalonych pni, zgodna z kierunkiem ówczesnych wiatrów (np. Dylikowa 1967; Krajewski 1977). Brak śladów nadpalenia zachowanych pni nie pozwala brać pod uwagę w Koźminie, uważanych za powszechne w tym czasie, pożarów obumarłych borów allerödskich (Schild 1982; van der Hammen, van Geel 2008).

Intensyfikacja powodzi w analizowanym odcinku doliny Warty zbiega się z poprawą warunków termicznych i wzrostem wilgotności datowanych w stanowiskach stratotypowych na okres rozpoczynający się od 12 100 cal BP. Świadczenia ewolucji środowiska fluwialnego w warunkach młodszego dryasu zachowane w stanowisku Koźmin Las dokumentują najpierw subtelne epizody rozlewania się wód rzecznych po terasie zale-

wowej aż po dynamiczne wezbrania, z odpływem po całym szerokim i płaskim dnie basenu. Gwałtownym powodziom sprzyjały takie czynniki lokalne jak zredukowana szata roślinna, przemarznięte podłoże i dogodna topografia ułatwiająca szeroki, obejmujący całe dno doliny, zasięg odpływu pozakorytowego. Biorąc pod uwagę ogólne warunki klimatyczne młodszego dryasu, można zakładać występowanie powodzi spowodowanych zatorami lodowymi, choć nie znaleziono na nie dowodów. Zjawiska fluwialne zarejestrowane na badanym obszarze są zgodne z fazą wzmożonej aktywności w tym środowisku pomiędzy 12 000 a 11 000 cal BP, wyróżnioną dla Polski przez Starkla (2011).

Narastająca w czasie intensywność procesów fluwialnych i szybkie następowanie po sobie zdarzeń powodziowych, skutkujące wydajną agradacją, udokumentowane są poprzez cechy strukturalno-teksturalne aluwiów i brak śladów pedogenezy (Dzieduszyńska i in. 2012; Twardy 2014, w tym tomie; Petera-Zganiacz i in. w druku). Siła transportowa rzeki wzrosła na tyle, że możliwe było szybkie pogrzebanie pni w środowisku sprzyjającym ich zakonserwowaniu.

Powiązanie powodzi na Warcie i wydajnej agradacji w basenie uniejowskim z młodszym dryasem jest zgodne z estymacją wysokich paleoprzepływów na przełomie vistulianu i holocenu w odległej o kilkadziesiąt kilometrów Prośnie (Rotnicki 1983, 1991). Na analizowanym terenie nie można również wykluczyć kontynuacji znacznych, dynamicznych przepływów w jeszcze pozbawionym zwartej, w pełni wykształconej szaty roślinnej okresie preborealnym. Pomimo tego przekroczenie wartości progowych ini-

cjujących cykl intensywnych wezbrań należy wiązać ze zmianami klimatycznymi młodszego dryasu.

Oznaczenie szybkich przemian środowiskowych dla stanowiska Koźmin Las poszerzyło wiedzę o przyczynach zmian w rozwinięciu koryta i zainicjowaniu w młodszym dryasie odpływu wielokorytowego typu *anabranching*, charakteryzującego się istnieniem sieci niewielkich stabilnych koryt, zidentyfikowanego i opisywanego we wcześniejszych rekonstrukcjach paleogeograficznych basenu uniejowskiego (Turkowska i in. 2000, 2004; Petera 2002; Forsytek 2005). Sformułowany wniosek o dogodnej topografii i zwiększonym obciążeniu rzeki ładunkiem osadowym w warunkach ochłodzenia, jako przyczynach utworzenia się wielu koryt, można uzupełnić o wyłączenie w młodszym dryasie czynnika botanicznego, stabilizującego odpływ. Zwrócono ponadto uwagę na znaczenie, dla zmian systemu rozwinięcia koryta, obciążenia rzeki w postaci rumoszu drzewnego, tworzącego przeszkody rozdzielające nurt, w których cieniu miała miejsce akumulacja osadów (Petera-Zganiacz i in. w druku). Szybka pionowa akumulacja 2–3 m serii mineralnej odpowiada za strukturę terasy niskiej, dominującej w dzisiejszym krajobrazie geomorfologicznym analizowanego terenu.

Wydarzenia zrekonstruowane w dnie doliny Warty złożyły się w spójny obraz mechanizmu reakcji dużej nizinnej rzeki, która z racji swej pozycji w systemie przyrodniczym zwykle bywa mniej wrażliwa niż małe doliny i wykazuje opóźnienia w stosunku do szybkich i krótkotrwałych, w sensie geologicznym, zmian klimatycznych (np. Kasse 2002; Vandenberghe 2002).

## UWAGI KOŃCOWE

Zdarzenia, odtworzone w dolinie Warty z perspektywy środowiska lądowego, stanowią potwierdzenie poglądu o bardzo szybkim tempie zmian klimatycznych w późnym vistulianie i przeobrażeniach, wynikających z dostosowywania się do nich systemów ekologicznych. Interdyscyplinarne podejście do zagadnień badanych w stanowisku Koźmin Las i formułowanie wspólnych wniosków (Kittel i in. 2012; Dzieduszyńska i in. 2012, 2014a, b; Petera-Zganiacz i in. w druku) znacząco poszerzyło wiedzę paleogeograficzną o reakcji systemu doliny rzecznej na globalne ochłodzenie młodszego dryasu, w wymiarze lokalnych uwarunkowań. Przeprowadzone

badania są regionalnym wkładem do rekonstrukcji środowiska przyrodniczego schyłku vistulianu obszarów staroglacjalnych Polski Środkowej, odzwierciedlając, z możliwie dużą rozdzielczością czasową, zdarzenia w systemach odmiennych od dotychczas poznawanych mis torfowisk i kopalnych jezior, wcześniej uznanych za miejsca lepiej nadające się do tego rodzaju interpretacji. Koźmin Las jest następnym na mapie regionu łódzkiego stanowiskiem, które, pomimo rejestracji niepełnego późnego vistulianu, istotnie uzupełnienia wiedzy na temat funkcjonowania i kierunków ewolucji systemów morfogenetycznych pod wpływem naturalnych zmian warunków środowiskowych.

LITERATURA

- Alley R.B., Meese D.A., Shuman C.A., Gow A.J., Taylor K.C., Grootes P.M., White J.W.C., Ram M., Waddington E.D., Mayewski P.A., Zielinski G.A., 1993 – Abrupt increase in Greenland snow accumulation at the end of the Younger Dryas event. *Nature*, 362: 527-529.
- Björck S., Walker M., Cwynar L., Johnsen S., Knudsen K.-L., Lowe J., Wohlfarth B., and INTIMATE Members, 1998 – An event stratigraphy for the last Termination in the North Atlantic region based on the Greenland ice-core record: a proposal by the INTIMATE group. *Journal of Quaternary Science*, 13, 4: 283-292.
- Bluszcz A., 2000 – Datowanie luminescencyjne osadów czwartorzędowych – teoria, ograniczenia, problemy interpretacyjne. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Geochronometria*, 17: 104 s.
- Brauer A., Haug G.H., Dulski P., Sigman D.M., Negendank J.F., 2008 – An abrupt wind shift in western Europe at the onset of the Younger Dryas cold period. *Nature Geoscience*, 1: 520-523.
- Brooks S.J., Langdon P.G., 2014 – Summer temperature gradients in northwest Europe during the Lateglacial to early Holocene transition (15 – 8 ka BP) inferred from chironomid assemblages. *Quaternary International*, 341: 80-90.
- Dylikowa A., 1967 – Wydmy środkowopolskie i ich znaczenie dla stratygrafii schyłkowego plejstocenu. W: R. Galon, J. Dylik (red.), *Czwartorzęd Polski*. PWN, Warszawa: 353-371.
- Dzieduszyńska D., 2011 – Ochłodzenie młodszego dryasu i jego efekty morfogenetyczne w regionie łódzkim. *Acta Geographica Lodziensia*, 98: 104 s.
- Dzieduszyńska D., 2013 – Stan wiedzy o późnym vistulianie w regionie łódzkim. *Acta Geographica Lodziensia*, 101: 25-36.
- Dzieduszyńska D., Petera-Zganiacz J., 2012 – Geologic position of the Younger Dryas subfossil forest in the Warta River Valley, central Poland. *Bulletin of the Geological Society of Finland*, 84: 69-79.
- Dzieduszyńska D., Forysiak J., 2013 – Sygnały zmian środowiskowych późnego vistulianu w archiwach biogenicznych region łódzkiego. *Acta Geographica Lodziensia*, 101: 37-48.
- Dzieduszyńska D., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Twardy J., 2012 – Paleogeograficzne elementy rozwoju doliny Warty w Kotlinie Kolskiej w świetle badań w stanowisku „Koźmin Las”. *Acta Geographica Lodziensia*, 100: 35-49.
- Dzieduszyńska D., Twardy J., 2014 – Ogólna charakterystyka stanowiska Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 11-21.
- Dzieduszyńska D.A., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Brooks S.J., Korzeń K., Krąpiec M., Pawłowski D., Płaza D.K., Płóciennik M., Stachowicz-Rybka R., Twardy J., 2014a – Environmental influence on forest development and decline in the Warta River valley (Central Poland) during the Late Weichselian. *Quaternary International*, 324: 99-114.
- Dzieduszyńska D., Petera-Zganiacz J., Twardy J., Kittel P., Moska P., Adamiec G., 2014b – Optical dating and sedimentary record from the terrace depositional profile of the Warta River (Central Poland). *Geochronometria*, 41 (4): 361-368.
- Forysiak J., 2005 – Rozwój doliny Warty między Burzeninem i Dobrowem po zlodowaceniu warty. *Acta Geographica Lodziensia*, 90: 116 s.
- Forysiak J., 2012 – Zapis zmian środowiska przyrodniczego późnego vistulianu i holocenu w osadach torfowisk regionu łódzkiego. *Acta Geographica Lodziensia*, 99: 164 s.
- Goslar T., 1996 – Naturalne zmiany atmosferycznej koncentracji radiowęglu w okresie szybkich zmian klimatu na przełomie vistulianu i holocenu. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Geochronometria*, 15: 196 s.
- Goslar T., Arnold M., Bard E., Kuc T., Pazdur M.F., Ralska-Jasiewiczowa M., Różański K., Tisnerat N., Walanus A., Wicik B., Więckowski K., 1995 – High concentration of atmospheric <sup>14</sup>C during the Younger Dryas. *Nature*, 377: 414-417.
- Goździk J., 1995 – A permafrost evolution and its impact on some depositional conditions between 20 and 10 ka in Poland. *Biuletyn Peryglacjalny*, 34: 53-72.
- Huisink M., 2000 – Changing river styles in response to Weichselian climate changes in the Vecht valley, eastern Netherlands. *Sedimentary Geology*, 133: 115-134.
- 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. *Quaternary Research*, 51: 158-173.
- Iversen J., 1954 – The late-glacial flora of Denmark and its relation to climate and soil. *Danmarks Geologiske Undersogelser, ReakkeII*, 80: 87-119.
- Kalińska E., Wyszomierski M., 2010 – Nowe dane odnośnie do genezy i wieku form stożkopodobnych południowej części Niziny

- Środkowomazowieckiej. *Landform Analysis*, 13: 27-31.
- Karaszewski W., 1972 – Pokrywowe utwory pyłowe w Polsce środkowej. *Kwartalnik Geologiczny*, 16, 1: 171-181.
- Kasse C., 2002 – Late Weichselian (O.I.S. 2 to 1 Transition) climate change and fluvial response, Maas valley, the Netherlands. Konferencja „Transformacja systemów fluwialnych i stokowych w późnym wistulianie i holocenie”. Łódź-Uniejów, 25–27 września 2002 r.: 18.
- Kittel P., Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Twardy J., Krąpiec M., Bijak Sz., Bronisz K., Zasada M., Płaza D., 2012 – Badania „kopalnego lasu” ze schyłku wistulianu w dolinie Warty (Kotlina Kolska, środkowa Polska). *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, 1 (30), 238-245.
- Kasse C., Huijzer A.S., Krzyszkowski D., Bohncke S.P.J., Coope G.R., 1998 – Weichselian Late Pleniglacial and Late-glacial depositional environments, Coleoptera and periglacial climatic records from central Poland (Bełchatów). *Journal of Quaternary Sciences*, 13: 455-469.
- Klatkova H., 1996 – Przejawy obecności wieloletnie zmarzliny w środkowej Polsce, w ciągu ostatnich 150 tys. lat. *Biuletyn Peryglacjalny*, 35: 45-72.
- Krajewski K., 1977 – Późnoplejstoceńskie i holocenijskie procesy wydmotwórcze w pradolinie warszawsko-berlińskiej w widłach Warty i Neru. *Acta Geographica Lodziensia*, 39: 87 s.
- Litt T., Brauer A., Goslar T., Merkt J., Bałaga K., Müller H., Ralska-Jasiewiczowa M., Stebich M., Negendank J.F.W., 2001 – Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern central Europe based on annually laminated lacustrine sediments. *Quaternary Science Review*, 20: 1233-1249.
- Madeyska T., 1998 – Zróżnicowanie roślinności Polski u schyłku ostatniego zlodowacenia. *Studia Geologica Polonica*, 113: 137-180.
- Petera J., 2002 – Wistuliańskie osady dolinne w basenie uniejowskim i ich wymowa paleogeograficzna. *Acta Geographica Lodziensia*, 83: 164 s.
- Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., 2007 – Wymowa paleogeograficzna horyzontu pni kopalnych w osadach późnego wistulianu. *Acta Geographica Lodziensia*, 93: 57-66.
- Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D.A., Twardy J., Pawłowski D., Półciennik M., Lutyńska M., Kittel P., w druku – Younger Dryas flood events: A case study from the middle Warta River valley (Central Poland). *Quaternary International*. <http://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.074>
- Półciennik M., Self A., Birks H.J.B., Brooks S.J., 2011 – Chironomidae (Insecta: Diptera) succession in Żabieniec bog and its palaeolake (Central Poland) through the Late Weichselian and Holocene. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 307: 150-167.
- Ralska-Jasiewiczowa M., Goslar T., Madeyska T., Starkel L., 1998 – Lake Gościąg, central Poland. A monographic study. Part 1. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, Kraków: 340 s.
- Rotnicki K., 1970 – Główne problemy wydm śródlądowych w Polsce w świetle badań wydm w Węglewicach. *Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej PTPN*, XI, 2: 146 s.
- Rotnicki K., 1983 – Modelling past discharges of meandering rivers. In: K.J. Gregory (ed.), Background to palaeohydrology. Wiley and Sons, Chichester.
- Rotnicki K., 1991 – Retrodiction of palaeodischarges of meandering and sinuous alluvial rivers and its palaeohydroclimatic implications. W: L. Starkel, K.J. Gregory, J.B. Thornes (eds) Temperate Palaeohydrology. J. Wiley and Sons Ltd: 431-472.
- Schild R., 1982 – Stratygrafia archeologiczna wydm śródlądowych widziana z Mazowsza. *Roczniki Gleboznawcze*, XXXIII, 3-4: 59-79.
- Starkel L., 2011 – Present-day events and the evaluation of Holocene palaeoclimatic proxy data. *Quaternary International*, 229: 2-7.
- Steffensen J.P., Andersen K.K., Bigler M., Clausen H.B., Dahl-Jensen D., Fischer H., Goto-Azuma K., Hansson M., Johnsen S.J., Jouzel J., Masson-Delmotte V., Popp T., Rasmussen S.O., Rothlisberger R., Ruth U., Stauffer B., Siggaard-Andersen M.-L., Sveinbjörnsdóttir A.E., Svensson A., White J.W.C., 2008 – High-resolution Greenland ice core data show abrupt climate change happens in few years. *Science*, 321: 680-684.
- Tobolski K. (red.), 1998 – Paleoeologiczne studium późnoglacialnych osadów Jeziora Lednica w Imiolkach (Lednicki Park Krajobrazowy). Biblioteka Studiów Lednickich, tom IV. Wyd. Homini, Bydgoszcz: 80 s.
- Turkowska K., 2006 – Geomorfologia regionu łódzkiego. Wyd. UŁ, Łódź: 237 s.
- Turkowska K., Forysiak J., Petera J., Miotk-Szpiganowicz G., 2000 – Morfogenez powierzchni Kotliny Kolskiej w okolicach Koźmina. *Acta Geographica Lodziensia*, 78: 98-134.
- Turkowska K., Forysiak J., Petera J., Miotk-Szpiganowicz G., 2004 – A Warta River system during the Younger Dryas in the Koło Basin (Middle Poland). *Quaestiones Geographicae*, 23: 83-107.

- Turner F., Tolksdorf J.F., Viehberg F., Schwalb A., Kaiser K., Bittmann F., van Bramann U., Pott R., Staesche U., Breest K., Veil S., 2013 – Lateglacial/early Holocene fluvial reactions of the Jeetzel river (Elbe valley, northern Germany) to abrupt climatic and environmental changes. *Quaternary Science Reviews*, 60: 91-109.
- Twardy J., 2014 – Litologiczna charakterystyka osadów w stanowisku Koźmin Las i ich interpretacja paleogeograficzna. *Acta Geographica Lodziensia*. 102: 23-38.
- Tylmann W., 2011 – Jeziorne osady roczne laminowane w północnej Polsce: aktualny stan rozpoznania, postępy metodyczne i perspektywy badawcze. *Studia Limnologica et Telmatologica*, 5,1: 23-41.
- Vandenbergh J., 2002 – The relation between climate and river processes, landform and deposits during the Quaternary. *Quaternary International*, 91: 17-23.
- van der Hammen T., van Geel B., 2008 – Charcoal in soils of the Alleröd-Younger Dryas transition were the result of natural fires and not necessarily the effect of the extra-terrestrial impact. *Geologie en Mijnbouw*, 87 (4): 359-361.
- Walker M.J.C., Björck S., Lowe J.J., Cwynar L.C., Johnsen S., Knudsen K.-L., Wohlfarth B., INTIMATE group, 1999 – Isotopic ‘events’ in the GRIP ice core: a stratotype for the late Pleistocene. *Quaternary Science Review*, 18: 1143-1150.
- Wasylikowa K., 1964 – Roślinność i klimat późnego glacjału w środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie koło Łęczycy. *Biuletyn Peryglacjalny*, 13: 261-376.
- Wasylikowa K., 1999 – Przemiany roślinności jako odbicie procesów wydmotwórczych i osadniczych w młodszym dryasie i holocenie na stanowisku archeologicznym w Witowie koło Łęczycy. *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, Ser. Arch.*, 41: 43-79.

## ENVIRONMENTAL CHANGES AT THE VISTULIAN DECLINE IN CENTRAL POLAND AS SEEN FROM THE KOŹMIN LAS SITE

### SUMMARY

**Abstract.** Multidisciplinary investigations carried out at Koźmin Las have been analysed in the aspect of recognition of fast natural climate changes in geosystems during the Vistulian Late Glacial. A series of short events, reconstructed for the extensive valley of a large lowland river in the old morainic area of Central Poland, has been related to global changes. Features in accordance with the scheme for Greenland ice core records and with the stratotypes of terrestrial palaeoenvironment of Central Poland have been highlighted. Properties of deposits which contributed to the knowledge of evolution of the Łódź Region have been pointed out.

**Key words:** Alleröd / Younger Dryas, geoarchive, palaeogeography, subfossil forest, Warta River valley, Łódź Region

A profile collected from the Koźmin Las reveals significant changes of the river valley environment during the Late Glacial decline. Geoarchive of past environmental changes consists in the site of rich-organic series with remains of in situ forest and overlying alluvial series. Organic material is devoid of advantages of precisely dated annually laminated sediments, however can be used to palaeoenvironmental and palaeoclimatological reconstructions, including spatial correlations with stratotypes from Greenland ice cores. Time resolution is here obtained by means of sampling compaction.

The objective of this paper is to discuss the significance of multiproxy investigations on the sediments in the context of the Late Glacial dy-

namic climatic events and to highlight the cognitive value of the conducted studies for palaeogeographical conclusions in the old morainic area of Central Poland.

The chronology of the reconstructed events is based on the radiocarbon dates, of both scintillation and AMS technique, obtained from the organic silts, macrofossils and wood pieces. According to results, the time frame covers the period from  $10\,940 \pm 50$  BP to  $9\,780 \pm 150$  BP ( $13\,048$  to  $10\,603$  cal BP), thus the end of the Alleröd and the Younger Dryas. Alluvial series was dated by OSL. The results yielded for samples range from  $12\,730 \pm 620$  BP to  $14\,280 \pm 740$  BP and are overestimated in relations to the formation of the organic-rich series, which is

probably a result of rapidity of events during the deposition and incomplete bleaching of the previously accumulated dose.

Based on the obtained data, the thesis about rapid environmental changes at the onset of the Younger Dryas cooling has been confirmed. As inferred from the results of the multiproxy investigations, a few stages of the development of the local depositional basin in the floodplain in the Warta River valley have been recognized. Until ca. 12 700–12 600 cal BP the deposition occurred in a very shallow periodic flow basin, which afterwards dried and was followed by the development of the soil horizon. At that time, between 12 800–12 600 cal BP, the floodplain was forested. The forest was destroyed by an

increase in water level and probably was felled by strong winds in a very short time. Between 12 700 / 12 600 and 12 400 / 12 100 the floodplain was occupied by shallow water pool and first geological record of floods were registered. Since 12 100 cal BP onwards, increase of flooding took place, reflected in the lithological transition from the rich-organic series to sandy-silty material.

The original data obtained from the Koźmin Las profile are coherent with the high resolution record available from Lake Gościąż in Central Poland. The clear geological context at the site provides great potential for further discussion on palaeogeography of Central Poland during the Vistulian Late Glacial.

## **Podziękowania**

*Pragniemy podziękować wszystkim Współpracownikom, którzy aktywnie i ofiarnie włączyli się w badania stanowiska Koźmin Las, a których analizy z różnych przyczyn nie znalazły się w niniejszym tomie. Bez Waszego wysiłku wiedza o środowisku Kotliny Kolskiej i jego przekształceniach byłaby mniejsza i niepełna.*

*Dziękujemy przedstawicielom Instytucji które wsparły badania stanowiska w Koźminie:*

- władzom PAK Kopalni Węgla Brunatnego Adamów S.A. za wyrażenie zgody na wieloletnie badania w odkrywkach Kopalni. Serdecznie dziękujemy Pani Grażynie Jachna-Filipczuk, Kierownikowi Działu Geologii i Technologii Górniczej, za zainteresowanie problematyką badań w Koźminie i udzielaną nam pomoc. Dziękujemy Panu Wiesławowi Siera za techniczną i organizacyjną pomoc podczas prac terenowych.*
- Narodowemu Centrum Nauki za finansowanie w latach 2011-13 tematu naukowo-badawczego „Warunki paleogeograficzne funkcjonowania i destrukcji późnovistuliańskiego lasu w dolinie Warty (Kotlina Kolska)”, N N306 788240,*

*Realizacja badań terenowych w Koźminie nie miałaby miejsca bez przychylności władz lokalnych i mieszkańców Koźmina. Pragniemy podziękować:*

- Panu Cezaremu Krasowskiemu, Wójtowi gminy Brudzew,*
- Panu Tomaszowi Kicińskiemu, Przewodniczącemu Rady Gminy Brudzew,*
- Pani Krystynie Sznycer, Dyrektorowi Szkoły Podstawowej w Koźminie,*
- Panu Romualdowi Rumiejowskiemu, Prezesowi Zarządu Gminnego Oddziału Związku Ochotniczych Straży Pożarnych RP.*

*Zachowujemy w pamięci Waszą serdeczną, różnorodną i daleko idącą pomoc oraz wsparcie naszego zespołu podczas prac w Koźminie.*

*Serdecznie dziękujemy Recenzentowi, Panu Jackowi Forysiakowi, za trud włożony w przygotowanie recenzji niniejszego tomu, konstruktywną krytykę oraz celne i cenne uwagi.*

*Dziękujemy wszystkim nie wymienionym personalnie Osobom, których praca, pomoc i wsparcie przyczyniły się do realizacji badań w stanowisku Koźmin Las i wydania niniejszego tomu.*

*W imieniu zespołu autorów,  
Redakcja tomu*