

ZAPIS ZMIAN ŚRODOWISKOWYCH W OSADACH ZAGŁĘBIENIA KRASOWEGO ŁYKAWE DOŁY NA WYŻYNIE MAŁOPOLSKIEJ

Record of environmental changes in the sediments of the Łykawe Doły karst depression on the Małopolska Upland

DOROTA BRZOWICZ¹ 

Zarys treści. W pracy opisane zostały wyniki badań fizykochemicznych oraz analizy pyłkowej stanowiska Łykawe Doły położonego w zagłębieniu o genezie krasowej. Stanowisko mieści się tuż przy zachodniej granicy Wyżyny Małopolskiej, gdzie pod warstwą osadów czwartorzędowych o małej miąższości znajdują się skały węglanowe ulegające krasowieniu. Celem pracy była rekonstrukcja naturalnych i antropogenicznych zmian szaty roślinnej w najbliższym otoczeniu zbiornika oraz przemian zachodzących w samym zbiorniku. Datowania, jak też wykonana analiza palinologiczna wykazały, że zbiornik zaczął wypełniać się osadami biogenicznymi w okresie subborealnym, a jego rozwój przebiegał również w okresie subatlantyckim. Przez cały czas wypełniania się zbiornika osadami w jego misie funkcjonowało torfowisko.

Słowa kluczowe: kras zakryty, analiza pyłkowa, torfowisko, okres subborealny, paleośrodowisko, analizy fizykochemiczne

Abstract. The paper describes the results of physicochemical analysis and pollen analysis of the Łykawe Doły site located in a drainless depression with karst genesis. The site is located directly adjacent to the western border of the Małopolska Upland, where under a thin layer of Quaternary sediments there are carbonate rocks undergoing karstification. The aim of the work was to reconstruct changes in the plant cover in the immediate vicinity of the depression and the changes taking place in the depression itself. The dating and palynological analysis showed that the depression of covered karst began to fill with biogenic sediments in the Subboreal period, and its development also took place in the Sub-Atlantic period. Throughout the entire time that the depression was filling with sediments, a peatbog existed within it.

Key words: covered karst, pollen analysis, peatbog, subboreal period, paleoenvironment, physicochemical analysis

Wprowadzenie

Wyżyna Małopolska to obszar objęty głównie działalnością powierzchniowych i podziemnych procesów krasowych, co powoduje dominację drenażu podziemnego na tym terenie i znacznie

mniej udział obszarów mokradłowych niż w innych częściach kraju (Żurek 1987), czego efektem jest niewielka liczba zbiorników wypełnionych osadami biogenicznymi. Każdy taki zbiornik to bardzo cenna baza informacji o paleośrodowisku obszarów wyżynnych. Uzupełnienie tej bazy stanowią zagłębienia bezodpływowe

¹ Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geologii i Geomorfologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; e-mail: dorota.brzowicz@geo.uni.lodz.pl, ORCID: 0000-0002-8553-5121

powstałe w wyniku działalności krasu zakrytego, które dotąd były marginalizowane w badaniach paleoekologicznych ze względu na przypuszczalną niestabilność ciągłości akumulacji osadów w misach tych zbiorników. Część z takich obiektów może jednak zostać wykorzystana w wyżej wspomnianych badaniach.

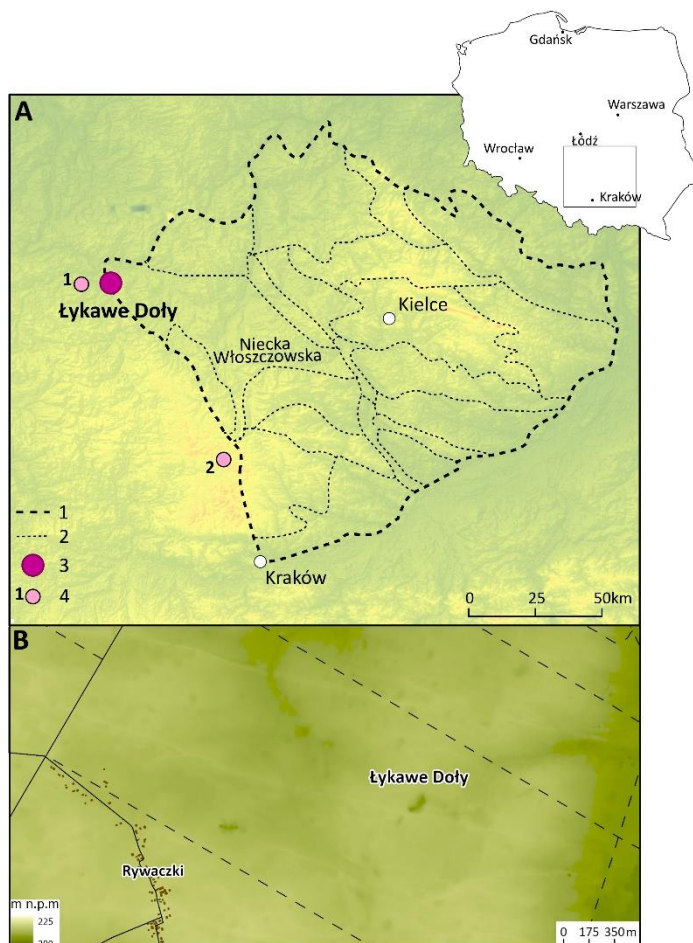
Jednym z tego typu zbiorników osadów biogenicznych jest stanowisko Łykawe Doły położone w mezoregionie Niecka Włoszczowska według regionalizacji fizycznogeograficznej Kondrackiego (1998) (rys. 1) i w mezoregionie Niecka Przyrowska według regionalizacji Solona i in. (2018). Jest to zbiornik częściowo wypełniony osadami torfowymi. Zagłębienie to prawdopodobnie powstało w wyniku połączenia się mis dwóch mniejszych zagłębień, o czym świadczy jego wydłużony kształt i dwa przegłębienia w obrębie jednej formy.

Osady stanowiska Łykawe Doły poddane zostały analizie wieku radiowęglowego, który wykazał, że pochodzą one z dwóch ostatnich okresów holocenu, co także potwierdza wykonana analiza pyłkowa. Ponadto wykonano analizy fizykochemiczne pobranych osadów. Niniejszy artykuł ma

na celu rekonstrukcję zmian paleośrodowiskowych zachodzących we wschodniej części Wyżyny Małopolskiej w okresie subborealnym i subatlantyckim oraz określenie wpływu działalności człowieka na zmiany szaty roślinnej w najbliższej okolicy stanowiska.

Obszar badań

W zachodniej części Wyżyny Małopolskiej w obrębie Niecki Włoszczowskiej (rys. 1) (tuż przy granicy z Wyżyną Wieluńską) w okolicy miejscowości Kłobuck znajduje się kilkanaście form krasu zakrytego w postaci zagłębień bezodpływowych (Kobołek 2004). Spośród nich wytypowano do badań stanowisko Łykawe Doły, częściowo wypełnione osadami biogenicznymi. Stanowisko Łykawe Doły położone jest w pobliżu miejscowości Rywaczki, na wysokości około 212 m n.p.m. między rzeką Kocinką (w odległości 1,6 km) i Białą Okszą (w odległości 3,5 km), które należą do zlewni Liswarty. Stanowisko otoczone jest zwartym borem sosnowym.



Rys. 1. A – Lokalizacja obszaru badań

- 1 – granica Wyżyny Małopolskiej,
- 2 – granice mezoregionów Wyżyny Małopolskiej (Kondracki 1998),
- 3 – położenie stanowiska Łykawe Doły,
- 4 – położenie stanowisk porównawczych (1 – Waleńczów, 2 – Wolbrom)

B – Ukształtowanie terenu najbliższej okolicy stanowiska Łykawe Doły

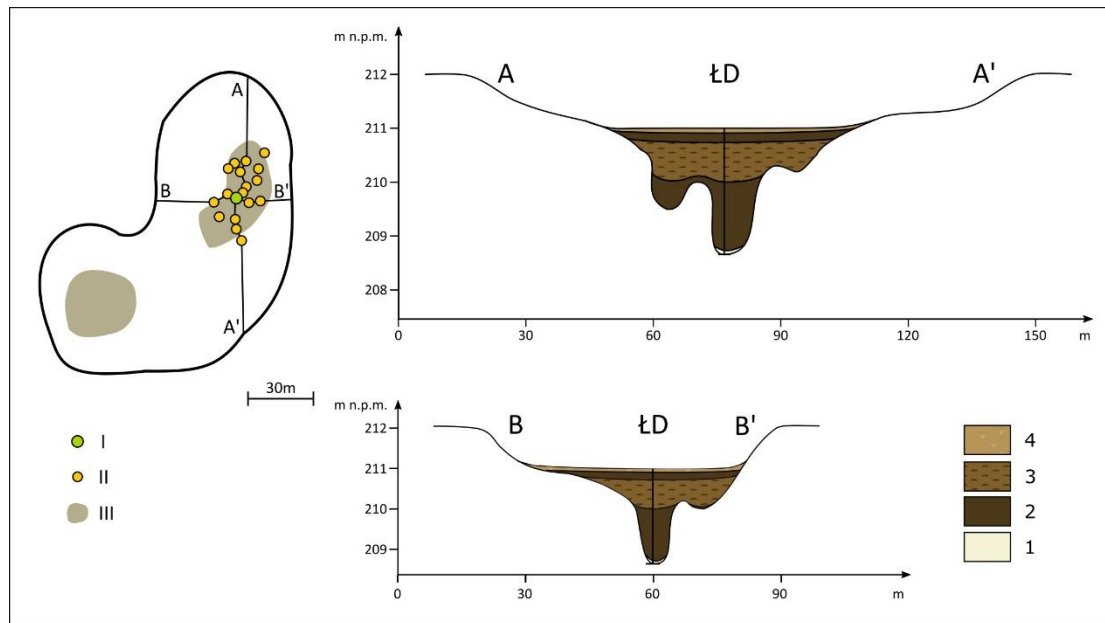
- A – Location of the research area
- 1 – the border of the Małopolska Upland,
 - 2 – the borders of the Małopolska Upland's mesoregions (Kondracki 1998),
 - 3 – location of the Łykawe Doły site,
 - 4 – location of comparative sites (1 – Waleńczów, 2 – Wolbrom)

B – Landform of the Łykawe Doły site's immediate surroundings

Zagłębienie bezodpływowe Łykawe Doły prawdopodobnie powstało w wyniku połączenia się mis dwóch mniejszych zagłębień. Świadczy o tym jego wydłużony kształt i dwa przegłębienia w obrębie jednej formy (rys. 2). Misa zagłębienia, którą zajmuje analizowane torfowisko, ma kształt owalny, wydłużony, o maksymalnych wymiarach około 37,5x14,0 m i głębokości 3,4 m. Z badanego torfowiska pobrano rdzeń osadów biogenicznych (50°59'19"N, 19°06'11"E), którego długość wyniosła 2,4 m.

Misa zbiornika wypełniona jest częściowo osadami, początkowo mineralnymi, a następnie

torfem. Na głębokości od 240 cm do 234 cm stwierdzono osad złożony głównie z piasku średnioziarnistego, powyżej zaś odłożone są trzy warstwy osadów torfowych. Pierwszą jest warstwa spiaszczonego, silnie rozłożonego torfu, zalegająca do głębokości 100 cm. Nad nią leży warstwa torfu średnio rozłożonego ze szczątkami korzeni i drewna. Najślabiej rozłożona jest warstwa trzecia, stwierdzona od głębokości 26 cm do powierzchni wypełnienia zbiornika. Warstwę tę stanowi torf słabo rozłożony z wyraźnymi szczątkami roślinnymi.



Rys. 2. Szkic (z lewej) i przekroje zagłębienia Łykawe Doły (z prawej) z uwzględnieniem litologii osadów wypełniających zbiornik

I – miejsce poboru rdzenia ŁD, II – miejsce sondowań miąższości osadów biogenicznych, III – widoczne na powierzchni przegłębienia; 1 – piasek średnioziarnisty, 2 – spiaszczony torf, silnie rozłożony, 3 – torf średnio rozłożony ze szczątkami korzeni i drewna, 4 – torf słabo rozłożony z wyraźnymi szczątkami roślinnymi

Sketch (left) and cross-sections of the Łykawe Doły site (right) taking into account the lithology of the sediments filling the depression

I – location of ŁD core collection, II – location of probing of the thickness of biogenic sediments, III – depressions visible on the surface; 1 – medium-grained sand, 2 – sandy peat, highly decomposed, 3 – medium-decomposed peat with remains of roots and wood, 4 – peat poorly decomposed with visible plant remains

Metody badań

Rdzeń ŁD opróbowano z rozdzielczością 10 cm. Na jego podstawie wykonano analizę pyłkową, datowania radiowęglowe oraz pomiary podstawowych parametrów fizykochemicznych, takich jak:

- pomiary odczynu i konduktywności wykonane przy użyciu konduktometru firmy Elmetron,
- pomiar zawartości węgla wapnia z użyciem aparatu Scheiblera,
- pomiar wilgotności osadu, który został odczytany poprzez pomiar różnicy wagi osadu świeżego oraz osadu wysuszonego w temperaturze

80°C i obliczenie procentowej zawartości wody w materiale,

- pomiar procentowego udziału części mineralnych, który został wykonany poprzez wyprażanie materiału organicznego w piecu muflowym w temperaturze 550°C. Pomiaru dokonano poprzez obliczenie strat prażenia. Policzono różnicę wagi materiału wysuszonego w 100°C oraz materiału wyprażonego w 550°C.

Analizy laboratoryjne wykonano, stosując metodykę według Myślińskiej (1998).

Do wykonania analizy pyłkowej pobrano punktowo próby ze świeżego materiału z osiowej części rdzenia. Pobrano próbki o objętości 1 cm³, z rozdzielczością 10 cm, które następnie zostały poddane standardowej procedurze maceracji (Berglund, Ralska-Jasiewiczowa 1986) z wykorzystaniem acetolizy Erdtmanna (Faegri, Iversen 1975). Wyniki badań zostały przygotowane w oparciu o program PolPal (Nalepka, Walanus 2003), dzięki któremu wykonano diagram pyłkowy, opracowany następnie przy użyciu programu graficznego InkScape.

Pobrano także próbki do datowań radiowęglowych metodą ¹⁴C, które przekazano do Laboratorium Datowań Bezwzględnych w Krakowie. Materiał pobrany do datowań stanowił nierozdzieloną próbkę osadów torfowych ze środkowej części rdzenia.

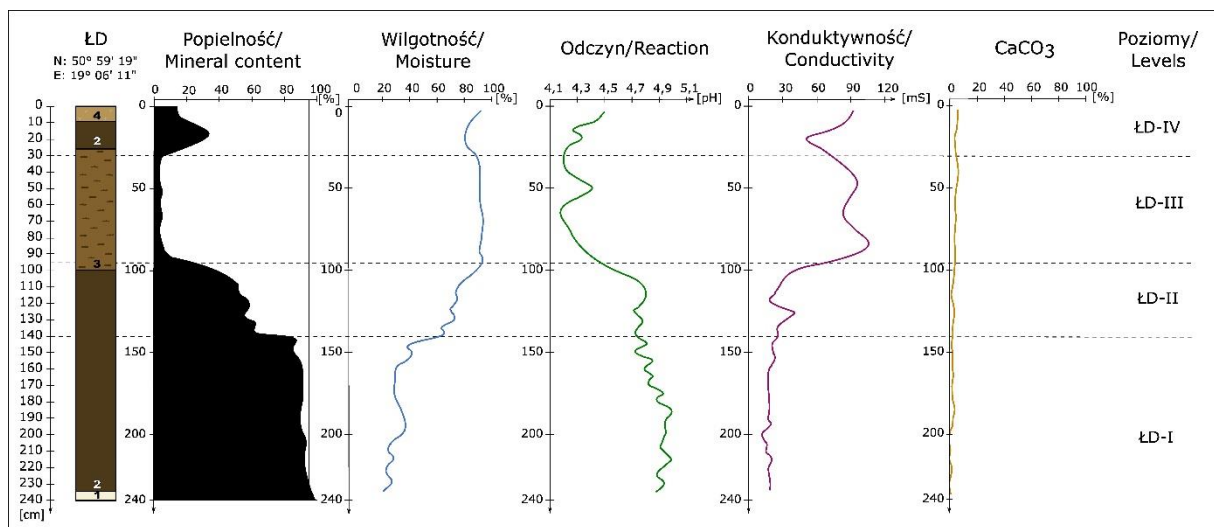
Wyniki badań

Analizy fizykochemiczne

Na podstawie wykonanych analiz parametrów fizykochemicznych wyróżniono cztery poziomy o zróżnicowanej charakterystyce (rys. 3).

ŁD-I (234–140 cm)

Poniżej głębokości 234 cm zbiornik wypełniony jest piaskiem średnioziarnistym. Powyżej odłożony jest spiaszczony torf, silnie rozłożony z dominującym udziałem części mineralnych, na co wskazuje popielność na poziomie ponad 85%. Wilgotność osadu na tym poziomie stopniowo wzrasta z 20% do 60% na granicy z poziomem ŁD-II. Odczyn od spągu osadów organicznych do głębokości 170 cm utrzymuje wartość około 5 pH, a następnie zaczyna spadać. Konduktywność osadu jest niska i stabilna, wynosi w przybliżeniu 20 mS. Zawartość CaCO₃ w całym poziomie jest niska, nie przekracza 4%, a w kilku próbkach brak jest węglanów.



Rys. 3. Wyniki analiz fizykochemicznych osadów torfowych ze stanowiska Łykawe Doły

Results of physicochemical analysis of peat sediments from the Łykawe Doły site

ŁD-II (140–95 cm)

Od głębokości 100 cm do 140 cm osad nadal złożony jest z silnie rozłożonego torfu, a od głębokości 100 cm zmienia się w torf średnio rozłożony ze szczątkami korzeni i drewna. Popielność osadu stopniowo maleje od 60% w dolnej części poziomu do około 15% w jego górnej części. Wilgotność osadu stopniowo wzrasta od 60% do 90%. Odczyn w dalszym ciągu maleje, osiągając w górnej części poziomu 4,5 pH. Konduktywność nie jest stabilna i wzrasta od około 20 mS do 100 mS. Zawartość CaCO₃ jest niska, podobnie jak w poziomie poniżej (od 2% do 4%).

ŁD-III (95–30 cm)

Cały poziom obejmuje torf średnio rozłożony ze szczątkami korzeni i drewna. Popielność jest stabilna i najniższa w całym profilu, wynosi około 5%. Wilgotność osadu również jest stosunkowo stała, na poziomie około 90%. Odczyn osadu obniża się do 4,2 pH, ale w próbce na głębokości 50 cm wzrasta do 4,4 pH, po czym znów jest niższy. Konduktywność również wykazuje wahania – od 75 mS do 100 mS. Zawartość CaCO₃ stanowi około 5% objętości osadu.

ŁD-IV (30–0 cm)

Na głębokości 10–26 cm osad ponownie zmienia się w torf silnie rozłożony, po czym powierzchniowe 10 cm to torf słabo rozłożony z wyraźnymi szczątkami roślinnymi. Popielność w tym poziomie wzrasta do około 40% w próbce na głębokości 15 cm, a następnie maleje do 15%. Wilgotność jest wysoka i osiąga od 80% do 90%. Odczyn osadów tego poziomu stopniowo wzrasta z 4,2 pH do 4,5 pH. Konduktywność początkowo osiąga 50 mS, a w warstwie powierzchniowej rośnie do 90 mS. Zawartość CaCO₃ wynosi około 5%.

Datowania radiowęglowe

Z rdzenia ŁD pobrane zostały trzy próbki przekazane do analizy wieku radiowęglowego (tab. 1). Datowania radiowęglowe wykazały, że dwie najgłębiej położone próbki pochodzą z okresu subborealnego (według podziału na okresy klimatyczne, por. Walanus, Nalepka 2005), a próbka na głębokości 80–85 cm pochodzi z okresu subatlantyckiego.

Tabela 1

Wyniki datowań osadów ze stanowiska Łykawe Doły

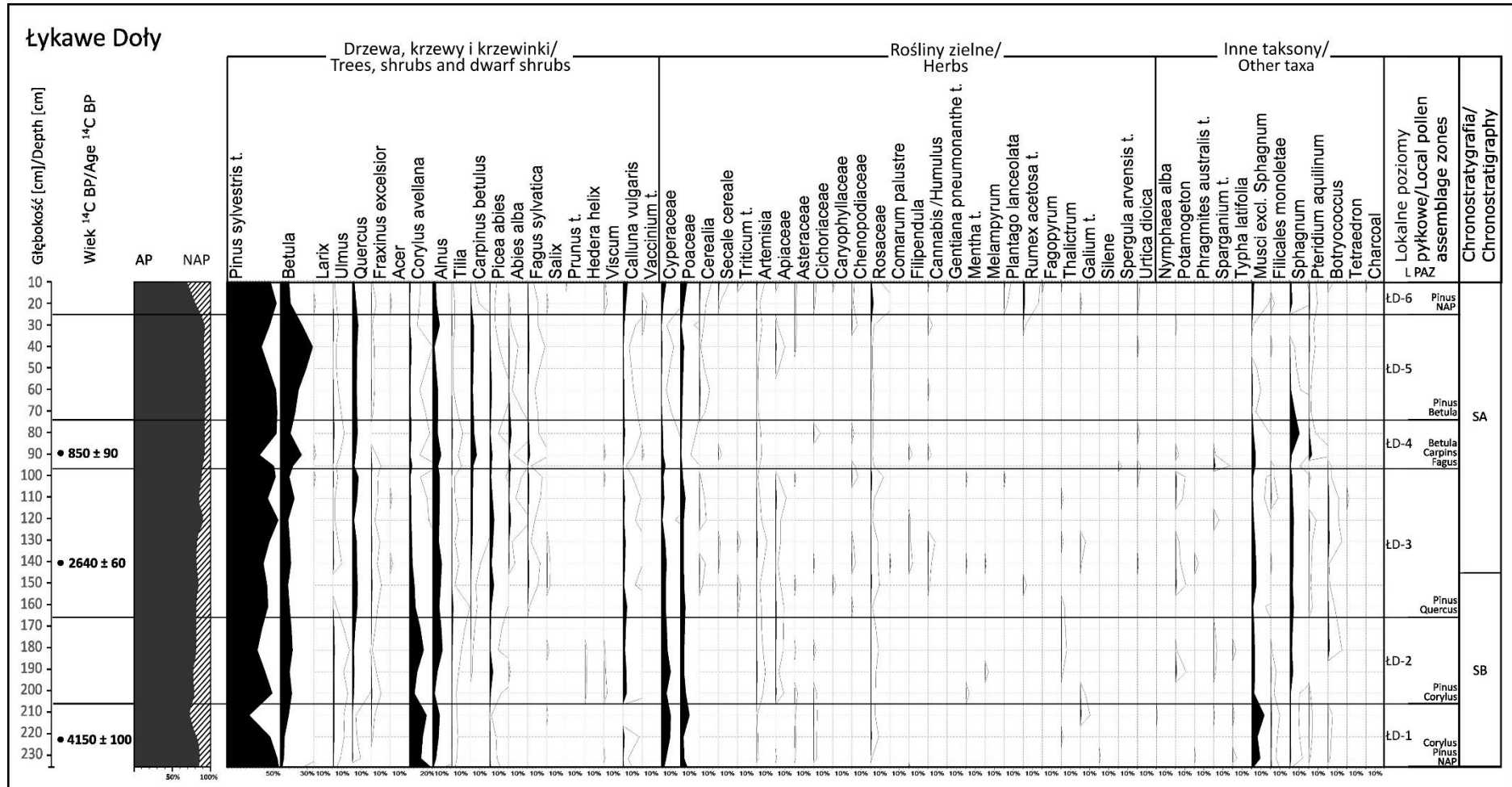
Results of dating sediments from the Łykawe Doły site

Głębokość próbki/ <i>Depth of samples</i> [cm]	Wiek radiowęglowy/ <i>Radiocarbon age</i>	Wiek radiowęglowy kalibrowany (68%)/ <i>Radiocarbon age calibrated (68%)</i>	Numer laboratoryjny/ <i>Laboratory number</i>
80–85	850 ± 90 BP	865–901 cal BP 687–826 cal BP	MKL-4412
130–135	2640 ± 60 BP	2728–2844 cal BP	MKL-4411
220–225	4150 ± 100 BP	4573–4828 cal BP	MKL-4773

Analiza pyłkowa

Diagram pyłkowy ze stanowiska Łykawe Doły (rys. 4) podzielony został na sześć lokalnych poziomów pyłkowych (tab. 2), które przyporządko-

wane zostały do dwóch ostatnich okresów chronostratygraficznych holocenu. Przyjęto schemat zastosowany przez Szczepanka (1961), w pełni oddający skład szaty roślinnej obszaru Małopolski.



Rys. 4. Diagram pyłkowy ze stanowiska Łykawe Doły

Pollen diagram from the Łykawe Doły site

Tabela 2

Opis lokalnych poziomów pyłkowych diagramu pyłkowego dla stanowiska Łykawe Doły z podziałem chronostratygraficznym

Description of local pollen levels in the pollen diagram for the Łykawe Doły site with chronostratigraphic division

Głębokość/ Depth [cm]	LPAZ	Chronostratygrafia (według Szczepanek 1961)/ Chronostratigraphy (according to Szczepanek 1961)	Podstawowe cechy poziomu/ Basic features of the level
205–230 (4 próbki)	ŁD-1 <i>Corylus</i> <i>Pinus</i> NAP	Subboreał	Dominacja <i>Pinus sylvestris</i> t. od 25% do 60% ze znacznym udziałem <i>Corylus avellana</i> do 20%. <i>Betula</i> , <i>Cyperaceae</i> i <i>Poaceae</i> do 10%, <i>Alnus</i> do 5%. Zarodniki <i>Musci</i> ponad 10%. Pojawia się <i>Pteridium aquilinum</i> .
165–205 (4 próbki)	ŁD-2 <i>Pinus</i> <i>Corylus</i>	Subboreał	Dominacja <i>Pinus sylvestris</i> t., od 40% do 50% udziału. <i>Betula</i> i <i>Corylus avellana</i> do 15%, <i>Alnus</i> i <i>Cyperaceae</i> do 10%, <i>Quercus</i> , <i>Poaceae</i> i <i>Calluna vulgaris</i> do 5%. Początek ciągłej krzywej <i>Carpinus betulus</i> . Spada udział <i>Musci</i> , a wzrasta <i>Sphagnum</i> do 5%.
95–165 (7 próbek)	ŁD-3 <i>Pinus</i> <i>Quercus</i>	Subboreał, Subatlantyk	Stopniowy wzrost AP. Dominacja <i>Pinus sylvestris</i> t., do 55%. <i>Betula</i> do 15%, <i>Alnus</i> do 10%, <i>Poaceae</i> do 5%. Stopniowy spadek wartości procentowych <i>Corylus avellana</i> , <i>Cyperaceae</i> i <i>Calluna vulgaris</i> . Początek ciągłej krzywej, <i>Fagus sylvatica</i> i <i>Abies alba</i> . Pojawiają się wskaźniki antropogeniczne: <i>Cerealia</i> , <i>Cannabis/Hummulus</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Melampyrum</i> i <i>Pteridium aquilinum</i> .
75–95 (3 próbki)	ŁD-4 <i>Betula</i> <i>Carpinus</i> <i>Fagus</i>	Subatlantyk	Nagły spadek udziału <i>Pinus sylvestris</i> t. z 50% do 30%, przy jednoczesnym wzroście wartości procentowych <i>Betula</i> do 25% i <i>Carpinus betulus</i> do 5%. Niewielki spadek udziału <i>Quercus</i> i ponowny wzrost do 5%. Wycofanie się <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Apiaceae</i> i <i>Musci</i> . Maximum udziału <i>Sphagnum</i> i <i>Pteridium aquilinum</i> . Koniec krzywej udziału glonów <i>Botryococcus</i> .
30–75 (5 próbek)	ŁD-5 <i>Pinus</i> <i>Betula</i>	Subatlantyk	<i>Pinus sylvestris</i> t. do 55%, <i>Betula</i> stopniowo wzrasta z 15% do 35%. <i>Quercus</i> i <i>Alnus</i> do 5%. <i>Carpinus betulus</i> i <i>Poaceae</i> do 4%. Ponownie odnotowano pyłek <i>Cerealia</i> . Spadek udziału zarodników <i>Sphagnum</i> .
10–20 (2 próbki)	ŁD-6 <i>Pinus</i> NAP	Subatlantyk	Wzrost udziału NAP. Wśród AP nadal dominuje <i>Pinus sylvestris</i> t. z udziałem do 50%. Spadek <i>Betula</i> do 10%, <i>Alnus</i> i <i>Quercus</i> do 5%. Wzrost <i>Poaceae</i> do 10%, <i>Cyperaceae</i> i <i>Calluna vulgaris</i> do 5%. Pojawia się <i>Viscum</i> . Wzrost udziału <i>Cerealia</i> (w tym <i>Secale cereale</i> i <i>Triticum</i> t.) oraz <i>Rumex acetosa</i> t.

Zmiany szaty roślinnej i cech siedliskowych otoczenia zbiornika

Osady biogeniczne udokumentowane w stanowisku Łykawe Doły w profilu o największej stwierdzonej miąższości wskazują na powstanie dogodnych warunków dla rozwoju mokradła w młodszej części holocenu. Datowanie spągu osadów wypełnienia biogenicznego wskazuje na początek okresu subborealnego, wobec tego procesy krasowego rozwoju zbiornika można wiązać ze starszą lub środkową częścią holocenu. Interpretacja zmian szaty roślinnej w otoczeniu tego zagłębienia oparta jest na fazach wyróżnionych dzięki analizie palinologicznej osadów rdzenia ŁD.

ŁD-1 *Corylus – Pinus* – NAP (230–205 cm)

Udział *Pinus sylvestris* t. do 60% w diagramie pyłkowym (rys. 4) wskazuje, że w drzewostanie dominowała sosna, która wraz z brzozą, dębem i lipą tworzyła lasy mieszane. Bardziej wilgotne gleby, głównie w dolinach rzek, porastały zbiorowiska z wiązem, olchą i świerkiem. W prześwietleniach i na obrzeżeniach lasów występowała leszczyna.

W otwartych obszarach śródleśnych pojawiał się wrzos i paproć orlica. Według Behre (1981) obydwie taksony związane są z wypasem zwierząt w tych miejscach. Dodatkowo, po pożarach w obszarach leśnych w większych ilościach pojawiają się zarodniki paproci orlicy. Spadek udziału drzew i krzewów w diagramie pyłkowym, głównie sosny i leszczyny, oraz rosnący udział turzycowatych, traw i bylicy świadczyć może o wycince lasów i zwiększonej powierzchni pastwisk. Z kolei o wysokiej wilgotności najbliższego otoczenia zbiornika świadczą znaczne ilości mchów brunatnych oraz paproci (*Filicales monoletae*).

Wykonane datowanie radiowęglowe (4573–4828 cal BP) (tab. 1) wskazuje, że ten odcinek rdzenia pochodzi z okresu subborealnego. Mówi o tym również spektrum pyłkowe ze zmniejszającym się udziałem sosny, nadal wysokim, ale stopniowo zmniejszającym się, udziałem leszczyny oraz zarysowującym się początkiem wpływu działalności człowieka na zmiany w szacie roślinnej (Ralska-Jasiewiczowa i in. 2004).

ŁD-2 *Pinus – Corylus*

Niewielki wzrost wartości procentowych *Betula* może sugerować zarastanie nieużytków brzozą w wyniku sukcesji wtórnej. Nastąpiła regeneracja lasów olchowych z okresowym wzrostem udziału świerka. Świerk mógł wkraczać na siedliska olsów w wyniku ich osuszenia i w wyniku naturalnej

sukcesji. Zaczęły się również pojawiać niewielkie ilości graba i jodły.

Ze zbiorowisk lasów liściastych pochodzi też pyłek leszczyny. Pojawiają się wskaźniki ciepłego klimatu w postaci bluszczu i jemioly, których ciągłe krzywe występują tylko w poziomie ŁD-2. Czasowy zanik zarodników paproci orlicy w diagramie może wskazywać na zaprzestanie wypalania podszycia leśnego. Natomiast znacząco poszerzył się zasięg wrzосу zwyczajnego oraz pojawił się pszeniec. Oba gatunki wskazują, że okoliczne tereny mogły być w większym stopniu wykorzystywane jako pastwiska lub lasy wypasane (Behre 1981).

Zwiększył się także zasięg bylicy związanej z siedliskami ruderalnymi. Wśród łąk porastających wilgotne gleby pojawiła się rutewka oraz w niewielkich ilościach mięta. Zmniejszyła się natomiast populacja mchów brunatnych i paproci. W zbiorniku widać oznaki oligotrofizacji, o czym może świadczyć stopniowy wzrost udziału zarodników mchu torfowca. Przypuszczalnie gospodarka wodna na torfowisku miała charakter ombrotroficzny. Pojawienie się w materiale palinologicznym rdestnicy oraz niewielkich ilości pałki szerokolistnej i jeżogłówki, związanych głównie z wodą stojącą i ze strefą szuwaru (Kłosowski, Kłosowski 2006), może oznaczać, że częściowo i okresowo w zagłębieniu pojawiała się woda stojąca.

ŁD-3 *Pinus – Quercus*

Na głębokości 145 cm zarysowuje się granica między okresem subborealnym i subatlantyckim poprzez pojawienie się w osadzie pyłku graba, jodły i buka (Latałowa 2003; Latałowa i in. 2004; Obidowicz i in. 2004; Ralska-Jasiewiczowa i in. 2004). Podobnie jak w przypadku niedaleko położonego stanowiska Waleńców (ok. 18 km na zachód od stanowiska Łykawe Doły) (Wasylikowa i in. 2012) oraz dalej położonego Wolbromia (ok. 80 km na południowy-wschód od badanego stanowiska) (Latałowa 1976, 1989; Latałowa, Nalepka 1987) okres subatlantycki w stanowisku Łykawe Doły zaznaczył się spadkiem udziału leszczyny, wiązu i okresowym spadkiem udziału świerka, a także stopniowym wzrostem udziału graba i buka oraz pojawieniem się jodły. Na przełomie okresu subborealnego i subatlantyckiego w najbliższej okolicy zbiornika Łykawe Doły dominowały lasy sosnowe z domieszką brzozy. Rozwijały się zbiorowiska dębowo-lipowe z wiązem i jesionem oraz z leszczyną. Wilgotne siedliska porastały olcha i świerk.

Początek okresu subatlantyckiego w opisy-

wanym stanowisku związany jest także z rozwojem rolnictwa. Wśród upraw pojawiły się zboża, w tym pszenica i żyto oraz konopie, jak też rośliny pośrednio związane z działalnością człowieka. Są to głównie komosowate, szczaw i pokrzywa, które występują na siedliskach ruderalnych, odłogach i wśród pól uprawnych (Behre 1981), a także pszeniec i paproć orlica zasiedlające lasy wypasane oraz pastwiska. Na początku okresu subatlantyckiego pojawiła się również babka lancetowata występująca na obszarach łąk i pastwisk (Behre 1981).

W zbiorniku w dalszym ciągu rozwijało się torfowisko wysokie z dużym udziałem mchu torfowca. Występowały także rośliny charakterystyczne dla płytkich zbiorników wód stojących (Kłosowski, Kłosowski 2006), między innymi rdestnica, sporadycznie jeżogłówka i trzcina pospolita oraz glony z rodzaju *Botryococcus*.

ŁD-4 *Betula – Carpinus – Fagus*

Zmiany w diagramie pyłkowym sugerują krótkotrwale wycofanie się sosny i dębu przy jednoczesnym wzroście udziału brzozy, olchy i graba w drzewostanie. Może być to spowodowane wyrębem sosny i dębu na analizowanym obszarze. Świadczy o tym również znaczny wzrost udziału paproci orlicy, która zasiedlała prześwietlenia śródleśne wykorzystywane jako pastwiska oraz lasy z okresowo wypalaniem podszyciem (Behre 1981). Zjawisko ma prawdopodobnie charakter lokalny, ponieważ w diagramach Waleńczów i Wolbrom (Latałowa 1976, 1989; Latałowa, Nalepka 1987; Wasylikiowa i in. 2012) nie zanotowano takiej sytuacji. W próbie na głębokości 90 cm pojawiła się jemiola będąca wskaźnikiem ciepłego klimatu. Zdecydowanie zmniejszył się udział zbóż, ale pojawiły się w niewielkich ilościach konopie i pokrzywa związane również z siedliskami wilgotniejszymi poddanymi działalności człowieka.

Maksymalny udział zarodników mchu torfowca w próbie na głębokości 80 cm oraz zanik pyłku roślin wodnych i glonów *Botryococcus* świadczy o całkowitym zarośnięciu zbiornika. W diagramie kończy się również ciągła krzywa udziału zarodników mchów brunatnych, które preferują środowisko wilgotne.

ŁD-5 *Pinus – Betula*

W starszej części poziomu zauważalny jest okresowy powrót sosny. Wzrasta także udział pyłku brzozy, który sugeruje, że drzewiaste brzozy wkroczyły na uprzednio wylesiony obszar. W nie-

wielkim stopniu zmniejszył się też zasięg drzew zasiedlających bardziej wilgotne tereny. Były to głównie jodła, buk, lipa, olcha i jesion. Spadek udziału tych drzew nie jest jednak tak drastyczny jak w przypadku stanowisk Waleńczów (Wasylikiowa i in. 2012) i Wolbrom (Latałowa 1976, 1989; Latałowa, Nalepka 1987). Zauważalny jest powrót do uprawy zbóż i w mniejszym stopniu także do wypasu śródleśnego, gdzie swoje siedlisko miała orlica pospolita.

Misa zbiornika w dalszym ciągu zajęta była przez mech torfowiec, ale jego udział stopniowo malał, aż do całkowitego zaniku zarodników *Sphagnum* w diagramie pyłkowym w górnej części poziomu.

ŁD-6 *Pinus – NAP*

Zmiany w diagramie pyłkowym polegające na wzroście NAP wskazują, że stopniowo zaczął zmniejszać się zasięg lasów na rzecz zbiorowisk roślin zielnych. Dalszy rozwój rolnictwa, głównie uprawa zbóż i wypas zwierząt, spowodował wzrost zapotrzebowania na tereny przeznaczone pod działalność rolniczo-hodowlaną, w efekcie czego zaczęto intensywnie wycinać lasy. Powstanie tego odcinka profilu można przypisać czasom nowożytnym. Znacząco zmniejszył się zasięg brzozy, zanikła jodła. Nieznacznie zmniejszył się tylko zasięg dębu i olchy, lub ich pyłek miał dużą łatwość rozprzestrzeniania się na większe odległości w otwartym krajobrazie, stąd niewielkie zmiany w wartościach procentowych *Quercus* i *Betula* w tym odcinku diagramu. Natomiast pozostałe drzewa i krzewy występowały w bardzo małych ilościach.

Ponownie zaczęły się rozprzestrzeniać turzycowate i trawy wykorzystywane w wypasie zwierząt. Zwiększył się zasięg zbóż, takich jak żyto i pszenica, oraz pojawiły się inne rośliny uprawne, na przykład gryka (*Fagopyrum*), które wskazują, że osad na tym odcinku jest bardzo młody (Lityńska-Zajac, Wasylikiowa 2005). W materiale pojawił się także pyłek drzew owocowych, takich jak śliwa (*Prunus t.*). Wśród roślin znalazły się także gatunki pośrednio związane z działalnością człowieka, między innymi szczaw zwyczajny występujący wśród pól uprawnych, na odłogach i terenach ruderalnych, oraz babka lancetowata, która porastała łąki i pastwiska (Behre 1981). Komosowate porastały odłogi, obszary ruderalne, ale także pojawiały się wśród pól uprawnych. Orlica pospolita występowała w lasach wypasanych i w mniejszym stopniu wśród łąk i pastwisk. Natomiast na

siedliskach ruderalnych występowała azotolubna pokrzywa zwyczajna.

W zbiorniku ponownie rozwijało się torfowisko wysokie zdominowane przez mech torfowiec oraz po raz kolejny zaczęły się rozprzestrzeniać mchy brunatne.

Interpretacja zapisu zmian środowiskowych w osadach biogenicznych na podstawie uzyskanych wyników analiz

Początek akumulacji osadów organicznych w zbiorniku przypadł na początek okresu subborealnego. Przez cały ten okres w zbiorniku odkładany był torf z bardzo dużym udziałem części mineralnych, nawet do 95%, oraz kwaśnym odczynem (około 4,9 pH) i niskiej konduktywności (poniżej 50 mS). Starkel i in. (2013) sugerują stopniowy wzrost przyrostów nacieków jaskiniowych i ustabilizowanie się wahań tempa narastania wytrąceń węglanowych w okresie subborealnym. Wskazują też na okresowe wzrosty częstotliwości ekstremów opadowych oraz wzrost temperatury w drugiej połowie tego okresu. Mogło się to przyczynić do rozpoczęcia akumulacji osadów biogenicznych w zbiorniku Łykawe Doły.

Na okres subatlantycki przypadł czas intensywnej akumulacji utworów biogenicznych w zbiorniku. Od początku tego okresu w osadach zaczął systematycznie maleć udział części mineralnych, a rozwijało się torfowisko wysokie. Znacząco zmniejszył się odczyn osadu. Dolną część odcinka złożonego w okresie subatlantyckim stanowi torf o średnim stopniu rozkładu, ze szczątkami korzeni i drewna, a następnie torf silnie rozłożony. Powierzchniową warstwę tworzy torf słabo rozłożony z wyraźnymi szczątkami roślinnymi. Zmiany stopnia rozłożenia mogą wynikać z wahań poziomu wody w zbiorniku. Torf silnie rozłożony powstaje zwykle w warunkach deficytu wilgoci, a torf o niskim stopniu rozkładu świadczy o dobrych warunkach wodnych (Tobolski 2000). Teren w najbliższej okolicy stanowiska porośnięty był lasem sosnowym z domieszką brzozy, dębu, leszczyny, olchy i świerka, a także graba, jodły i buka. W materiale pojawiły się wskaźniki klimatu ciepłego w postaci pyłku bluszczu (*Hedera helix*) i jemioli (*Viscum*) (Iversen 1944). Zauważalny jest również początek uprawy zbóż, których pyłek pojawił się w materiale palinologicznym na głębokości 160 cm.

Osady w stanowisku Łykawe Doły od głębokości 240 cm do 140 cm wykazują cechy stadium przejściowego między stadium rozwoju zbiornika 3 i 5 według schematu rozwoju zagłębień bezodpływowych krasu zakrytego (Brzozowicz 2016). Osad na tym odcinku w około 90% składa się z części mineralnych, z silnie rozłożonym torfem, co oznacza, że pominięty został etap funkcjonowania jeziora w misie zagłębienia. Wskazuje to na zarastanie zbiornika jeszcze w trakcie intensywnej denudacji jego zboczy z okresowym wzrostem poziomu wody. Cały ten odcinek obejmuje okres subborealny. Wraz z początkiem okresu subatlantyckiego stopniowo zaczęła maleć ilość dostarczanych do zbiornika osadów mineralnych, jak również zmniejszeniu ulegał odczyn osadu związany z rozwojem torfowiska wysokiego. Utwory z głębokości od 95 cm do 60 cm wskazują, że nastąpił intensywny rozwój torfowiska (stadium 5). Świadczy o tym między innymi odczyn osadu, który na tej głębokości spada do 4,2 pH, a zawartość materii organicznej sięga 95%. Od głębokości 60 cm wyniki analiz wskazują, że środowisko stało się bardziej suche, a zbiornik stopniowo zaczął przechodzić do stadium 6, mimo niecałkowitego wypełnienia osadami misy zbiornika. Obecnie jest to podmokła łąka z okresowo podnoszącym się poziomem wody.

Wnioski

Jak wynika z wykonanych analiz zagłębienie bezodpływowe Łykawe Doły położone na obszarze działalności procesów krasu zakrytego zaczęło wypełniać się osadami biogenicznymi na początku okresu subborealnego. Akumulacja osadów przebiegała w sposób ciągły i niezaburzony przez cały okres subborealny i subatlantycki, mimo krasowej genezy badanego zbiornika, o czym świadczą wyniki analizy litologii osadów, ich parametrów fizykochemicznych, a także analizy pyłkowej.

Przez cały okres rozwoju organicznego wypełnienia zbiornika w jego misie funkcjonowało torfowisko, do którego w okresie subborealnym stale dostarczana była również bardzo duża ilość osadów mineralnych. Dostawa tych osadów do torfowiska związana była głównie z denudacją wciąż stromych zboczy misy zagłębienia.

Analiza pyłkowa wykazała, że przez cały okres wypełniania się misy zbiornika osadami biogenicznymi w jego otoczeniu dominowały zbioro-

wiska leśne, głównie las sosnowy. Wśród drzew i krzewów pojawiały się również brzoza, dąb, leszczyna, olcha i świerk, a w okresie subatlantyckim także grab, jodła i buk. W niedalekiej odległości od zbiornika uprawiane były zboża, których pyłek zanotowano w osadzie. O funkcjonowaniu w zbiorniku torfowiska świadczy znaczna ilość zarodników mchu torfowca w całym profilu. W materiale palinologicznym nie pojawiły się natomiast szczątki glonów z rodzaju *Pediastrum*, co może oznaczać, że zagłębienie nigdy nie funkcjonowało jako stały zbiornik wodny, a było jedynie mokradłem, być może nawet mokradłem okresowym.

Literatura

- Behre K.E. 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores* 23(2): 227-245.
- Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M. 1986. Pollen analysis. W: B.E. Berglund (red.) *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley&Sons, Chichester: 455-484.
- Brzozowicz D. 2016. Stadia rozwoju zapadlisk krasowych w Daleszowicach koło Paradyża. *Prace Studenckiego Koła Naukowego Geografów Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie* 5: 12-16.
- Faegri K., Iversen J. 1975. Textbook of pollen analysis. Blackwell Scientific Publications, Copenhagen.
- Iversen J. 1944. Viscum, Hedera and Ilex as climate indicator. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 66: 463-483.
- Kłosowski S., Kłosowski G. 2006. Rośliny wodne i bagienne. Multico Oficyna Wydawnicza, Warszawa.
- Kobjek S. 2004. Osady zagłębienia bezodpływowych na Wyżynie Wieluńskiej. W: A. Kostrzewski (red.) *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*. Wyd. Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań: 181-195.
- Kondracki J. 1998. Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- Latałowa M. 1976. Diagram pyłkowy osadów późnoglacialnych i holocenów z torfowisk w Wolbromiu. *Acta Palaeobotanica* 17(1): 55-80.
- Latałowa M. 1989. Type Region P-h: The Silesia-Cracow Upland. *Acta Palaeobotanica* 29(2): 45-49.
- Latałowa M. 2003. Holocen. W: S. Dybowa-Jachowicz, A. Sadowska (red.) *Palinologia*. Wyd. Instytutu Botaniki PAN, Kraków: 224-233.
- Latałowa M., Nalepka D. 1987. A study of Late-Glacial and Holocene vegetational history of the Wolbrom area (Silesian-Cracovian Upland). *Acta Palaeobotanica* 27(1): 75-115.
- Latałowa M., Ralska-Jasiewiczowa M., Miotk-Szpiganowicz G., Zachowicz J., Nalepka D. 2004. *Fagus sylvatica* L. – Beech. W: M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylkowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H.E. Wright, C. Turner (red.) *Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps*. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków: 95-104.
- Lityńska-Zajac M., Wasylkowa K. 2005. Przewodnik do badań archeobotanicznych. Vadamecum Geobotanicum, Poznań.
- Myślińska E. 1998. Laboratoryjne badania gruntów. PWN, Warszawa.
- Nalepka D., Walanus A. 2003. Data processing in pollen analysis. *Acta Palaeobotanica* 43: 125-134.
- Obidowicz A., Szczepanek K., Madeyska E., Nalepka D. 2004. *Abies alba* Mill. – Fir. W: M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylkowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H.E. Wright, C. Turner (red.) *Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps*. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków: 31-38.
- Ralska-Jasiewiczowa M., Miotk-Szpiganowicz G., Zachowicz J., Latałowa M., Nalepka D. 2004. *Carpinus betulus* L. – Hornbeam. W: M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylkowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H.E. Wright, C. Turner (red.) *Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps*. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków: 69-78.
- Starkel L., Michczyńska D., Krąpiec M., Margielewski W., Nalepka D., Pazdur A. 2013. Progress in the Holocene chrono-climatostratigraphy of Polish territory. *Geochronometria* 40(1): 1-21.
- Szczepanek K. 1961. Późnoglacialna i holocenska historia roślinności Gór Świętokrzyskich. *Acta Paleobotanica* 2(2): 1-44.

- Tobolski K. 2000. Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. PWN, Warszawa.
- Walanus A., Nalepka D. 2005. Wiek rzeczywisty granic chronozon wyznaczonych w latach radiowęglowych. *Botanical Guidebooks* 28: 313-321.
- Wasylikowa K., Mączyńska M., Ralska-Jasiewiczowa M., Tomczyńska Z., Mueller-Bieniek A. 2012. The impact of the Przeworsk culture settlement (200–500 AD) on the vegetation in the Liswarta River basin, south-central Poland: combined pollen and plant macrofossil evidence. *Acta Palaeobotanica* 52(1): 33-58.

Summary

The article describes the results of pollen analysis and analysis of physicochemical parameters carried out on the sediments of the Łykawe Doły site located in a depression of karst origin. The site is located directly adjacent to the western border of the Małopolska Upland, where under a thin layer of Quaternary sediments there are Mesozoic carbonate rocks undergoing karstification. The aim of the work was to reconstruct changes in the plant cover in the immediate vicinity of the depression and the changes taking place in the depression itself during the Holocene. The drainless depression, over 3 metres deep, is partially filled with biogenic sediments. Mostly it is peat of various degrees of decomposition, and some of it is peat with a very large amount of minerals. ^{14}C radiocarbon dating, as well as palynological analysis, showed that the basin of the depression began to fill with biogenic sediments in the Subboreal period, and the development of the peat bog also took place in the Sub-Atlantic period. The accumulation of sediments was continuous and undisturbed by the activity of karst processes throughout the Subboreal and Sub-Atlantic, despite the karst origins of the depression.

The sediments at the Łykawe Doły site from the floor to a depth of 140 cm show features of the transitional stage of depression development between the stage of slope denudation and the stage of depression overgrowing, ac-

ording to the pattern of development of undrained depressions of covered karst. Therefore, the stage of filling the drainless depression with water was omitted. This entire process took place in the Subboreal period. With the beginning of the Sub-Atlantic, the amount of mineral sediments supplied to the depression gradually began to decrease. The reaction of the sediment also began to decrease due to the development of the raised bog. Deposits from a depth of 95 to 60 cm indicate that the peat bog was intensively developed. The sediment in this section consists of 95% organic matter and its pH drops significantly. From a depth of 60 cm, the analysis results indicate that the environment became drier, and the depression gradually began to transition to the stage of the formation of a wet meadow, despite the depression bowl being incompletely filled with sediments.

Pollen analysis showed that, throughout the entire period of the depression filling with biogenic sediments, forest communities (mainly pine forests) dominated in its surroundings. Among the trees and shrubs there were also birch, oak, hazel, alder and spruce and, in the Sub-Atlantic, also hornbeam, fir and beech. Not far from the depression, cereals were grown whose pollen was recorded in the sediment. The existence of a peat bog in the depression is evidenced by the significant number of sphagnum moss spores throughout the profile. However, no remains of algae of the genus *Pediastrum* appeared in the palynological material, which confirms that the depression never functioned as a permanent depression but was only a wetland.