

IDENTYFIKACJA PRZEKSZTAŁCENÍ HYDROLOGICZNYCH I ZDARZEŃ EKSTREMALNYCH ORAZ REAKCJI NA NIE DROBNYCH ZBIORNIKÓW ŚRÓDPOLNYCH W ŚWIELE BADAŃ OSADÓW STAWU OŁĘDERSKIEGO W DOLINIE ŚRODKOWEJ WISŁY

Identification of hydrological transformations, extreme flooding events and their response of small reservoirs in the light of the studies of the Ołęder pond sediments in the Middle Vistula Valley

KAMIL KULTYS^{1,2}

Zarys treści. W pracy przedstawiono rekonstrukcję zmian ekologicznych zapisanych w osadach śródpolnego stawu ołęderskiego położonego na płaskiej, lewobrzeżnej terasie zalewowej Wisły w jej widłach z lewobrzeżnym dopływem – Zagożdżonką (Dolina Środkowej Wisły, Polska Centralna). Na podstawie kartograficznych materiałów archiwalnych rozpoznano warunki hydrologiczne i ich zmiany wywołane rozbudową infrastruktury hydrotechnicznej od początku XX wieku. Wysokorozdzielcze analizy osadów biogenicznych pobranych ze stawu dały podstawy do wyznaczenia reakcji badanego obiektu na najważniejsze zmiany hydrologiczne zachodzące w tej części Doliny Środkowej Wisły, czyli obwałowanie rzek oraz pojawiające się okresowo zdarzenia ekstremalne w postaci przerwania wałów i zalewu wodami powodziowymi. Na podstawie badań paleośrodowiskowych, obejmujących: analizę subfosylnych szczątków wioślarek oraz wybranych mikrofosyliów pozapyłkowych odtworzono zmiany ekologiczne w obrębie zbiornika. Następnie wyniki te korelowano z fazami rozbudowy obwałowań przeciwpowodziowych oraz epizodami zalewów. Uzyskane dane wskazują na wyraźny wpływ obwałowania Wisły na zmianę warunków ekologicznych badanego obiektu.

Słowa kluczowe: zmiany hydrologiczne, osady biogeniczne, *Cladocera*, doliny rzeczne

Abstract. The study attempts to reconstruct the ecological changes recorded in the sediments of a small Ołęder pond located on a flat, left-bank floodplain terrace of the Vistula River at a riverbank embraced by the Vistula and its left-bank tributary, the Zagożdżonka River. Archival cartographic materials were used to identify hydrological conditions and their changes caused by the expansion of the hydrotechnical infrastructure since the early 20th century. High-resolution analyses of biogenic sediments collected from the pond allowed the pivotal hydrological changes taking place in this part of the Middle Vistula Valley to be identified. Ecological changes have been reconstructed using palaeoenvironmental analyses, fossil remains of *Cladocera*, and selected microfossils. Then, these results were correlated with the stages of flood embankments expansion. The conclusions from the study show that the river embankments had a significant impact on changes in ecological conditions in the studied pond.

Key words: hydrological changes, biogenic sediments, *Cladocera*, river valleys

Wstęp

Doliny rzeczne od zarania dziejów były obszarami bardzo atrakcyjnymi dla osadnictwa. Niejednokrotnie wybierano je do zakładania osad, wsi czy miast, gdyż lokalizacja taka umożliwia łatwy dostęp do wody oraz jej zasobów (np. ryb, siły energetycznej czy dróg transportowych), a także żyznych mąd w strefach zalewowych. Najczęściej do celów osadniczych wybierano doliny rzek średniej wielkości.

Osady lokalizowano na terasach zalewowych lub nadzalewowych przy zboczach, a także na skraju innych obiektów wodnych (Kittel 2012).

Intensywne zasiedlanie i gospodarowanie w obrębie dolin rzecznych wpłynęło na silne przekształcenia środowiska naturalnego tych terenów. W celu wykorzystania jak największego obszaru i ochrony dobytku przed zalaniem budowano rowy melioracyjne oraz wały przeciwpowodziowe, które ograniczały wylewy rzek. W rezultacie współcze-

¹ Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Instytut Nauk o Ziemi i Środowisku, Al. Kraśnicka 2d, 20-718 Lublin; e-mail: kamil.kultys@mail.umcs.pl, ORCID: 0000-0002-2412-0846

² Ecotech-Complex, ul. Głęboka 39, 20-612 Lublin

sne doliny rzeczne to jedne z najsilniej przekształconych antropogenicznie form i bardzo mało jest naturalnych czy quasi-naturalnych krajobrazów dolinnych. Przykładem obszarów o mało zmienionych warunkach mogą być fragmenty doliny Niemna, gdzie zachowały się, obok form współczesnych, będących wynikiem ciągle aktywnej działalności fluwialnej rzek, typowe formy sprzed tysięcy lat (Kalicki 2006; Plit 2010). Często trudne w gospodarowaniu, lecz atrakcyjne ze względu na występowanie żyznych gleb, tereny w dolinach rzecznych wydzierzawiano ludności specjalizującej się w gospodarowaniu na takich obszarach. Menonici czy Olędrzy z powodzeniem użytkowali takie grunty, wprowadzali tam znaczące zmiany, silnie przekształcając dolinę (Zawadzka-Pawłowska, Tsermegas 2017). Osuszane tereny podmokłe, użytkowano jako łąki i pastwiska, a następnie grunty orne.

Doliny rzeczne to obszary, w obrębie których wielokrotnie lokalizowano sztuczne zbiorniki wodne – stawy hodowlane, lub tak jak w omawianym przypadku, zbiorniki powstałe w zagłębieniach poeksploatacyjnych. Obiekty te z czasem zaczęły pełnić szereg funkcji środowiskowych, stając się ważnymi siedliskami dla flory i fauny, retencjonując wodę, a także podnosząc walory krajobrazowe.

Celem pracy jest identyfikacja przekształceń hydrologicznych i zdarzeń ekstremalnych, jakie wystąpiły w analizowanym fragmencie Doliny Środkowej Wisły, a następnie określenie wpływu elementów antropogenicznych, jakimi są obwałowania przeciwpowodziowe oraz ich incydentalnych awarii na funkcjonowanie drobnych zbiorników wodnych w silnie przekształconej antropogenicznie dolinie. Jest to szczególnie ważne ze względu na funkcje pełnione przez te geoekosystemy. Niewielkie zbiorniki w dolinach rzecznych i związane z nimi obszary wodno-błotne regulują obieg wody, łagodzą warunki klimatyczne, a także mają ogromne znaczenie siedliskowe, przyczyniając się do zwiększenia bioróżnorodności (Plit 2016). Dlatego, ze względu na szczególną ich rolę w środowisku, ważne jest poznanie warunków ekologicznych i rozwoju mokradła w warunkach nasilającej się antropopresji. Rekonstrukcje reakcji zbiorników wodnych na takie przekształcenia umożliwiają m.in. ocenę wpływu infrastruktury hydrotechnicznej budowanej obecnie na środowisko przyrodnicze. Szczególnie w dolinach rzecznych, których odcinki rzek zostały obwałowane, zmiany powstałe w wyniku odcięcia od współczesnej działalności fluwialnej są znaczące. Ważnym elementem zasilania w wodę obszarów wodno-błotnych

są wylewy rzek, które w ten sposób zostają ograniczone lub zupełnie wyeliminowane z funkcjonowania tych geosystemów. Na zmiany takie są szczególnie czułe niewielkie, śródpolne zagłębienia bezodpływowe.

Do badań wytypowano powstały w połowie XIX wieku staw olęderski, który jako jedyny na tym obszarze od początku funkcjonowania nie był poddawany oczyszczaniu (pogłębianiu, wybieraniu osadów). Dzięki temu, jako archiwum o niezaburzonej strukturze osadów, mógł być wykorzystany do rekonstrukcji zmian środowiskowych zachodzących w trakcie jego funkcjonowania, tj. w ciągu ostatnich około 150 lat. Uzyskane wyniki mogą być podstawą do wnioskowania o rozwoju podobnych ekosystemów w obrębie dolin, a stanowisko uznać można za obiekt referencyjny.

Material i metody badań

Obiekt badań to niewielkie (0,12 ha, głębokość max. około 2,5 m), śródpolne zagłębienie bezodpływowe o genezie antropogenicznej. Profil osadów biogenicznych (H1) o miąższości 82 cm pobrano z centralnej części stawu w warunkach jego zlodzenia w styczniu 2021 roku, przy użyciu próbnika gravitacyjnego UWITEC (Ø 5 cm). W warunkach laboratoryjnych profil podzielono na 2 cm warstwy, z których wszystkie (łącznie 41 próbek) poddano szczegółowym analizom paleolimnologicznym.

Analiza materiałów archiwalnych

Rozpoznanie zmian środowiskowych związanych z rozwojem obwałowań i zjawiskami powodziowymi na tym odcinku doliny Wisły opracowano na podstawie danych archiwalnych, osobistego wywiadu przeprowadzonego wśród mieszkańców oraz wizji terenowej.

W środowisku GIS opracowano mapy archiwalne obrazujące rozbudowę obwałowań. Ich kwerendę przeprowadzono w zasobach internetowych archiwów kartograficznych, takich jak portal Mapster (igrek.amzp.pl) oraz Biblioteka Polona (<https://polona.pl/item>). Były to wieloarkuszowe, średnioskalowe mapy topograficzne obejmujące trzy horyzonty czasowe XVIII, XIX i XX wieku. W analizach wykorzystano mapy:

- *West Galizien*, opublikowaną w 1800 roku, zawierającą cenne informacje o elementach środowiska przyrodniczego i osadnictwa (Mazek 2008);

- *Topograficzną Kartę Królestwa Polskiego* w skali 1:126 000 (tzw. Mapa Kwatermistrzostwa,

arkusz: Puławy, Dęblin, godło: Kol. V, Sek. VI). Mapa wydana została w 1843 roku i przedstawia stan środowiska geograficznego na lata 30. XIX wieku. Rzeźba terenu przedstawiona jest metodą cieniowanej kreski, wiernie oddane są także elementy liniowe (rzeki, drogi, wały i groble), powierzchniowe (obszary mokradel, lasów) i punktowe (kościół, młyny, zabudowa). Jest to mapa archiwalna bardzo przydatna do prowadzenia porównań kartograficznych (Nita, Myga-Piątek 2012);

– *Karte des westlichen Rußlands* (arkusz: Kosjenitze (Kozienice), godło: J 35), mapę wydano w latach 1914–1916 w skali 1:100 000 (Pannecki 2015), przygotowana została przez niemiecką wojskową służbę kartograficzną (Königlich Preußische Landesaufnahme). Dla badanego obszaru sporządzono ją na podstawie rosyjskich opracowań *Nowoj topograficznej karty zapadnoj Rossii* (potocznie zwanej „dwuwiorstówka”) w skali 1:84 000 (Kuna 2014);

– *Mapę taktyczną WIG* (arkusz: Kozienice, godło: A42, B33) w skali 1:100 000, wydaną przez Wojskowy Instytut Geograficzny w 1937 roku. Mapy te sporządzane były od 1927 roku, oryginalne arkusze w skali 1:100 000 zwane były typem drugim (Nita, Myga-Piątek 2012).

Archiwalne materiały kartograficzne wprowadzono do programu ArcMap 10.8, gdzie poddano je kalibracji do wspólnego układu współrzędnych (PUWG 1992) zgodnie z metodyką, jaką zaproponował Affek (2012), a następnie digitalizacji ekranowej, w wyniku której zwektoryzowano obiekty hydrotechniczne (obwałowania przeciwpowodziowe).

Jako źródło informacji wykorzystano również *Geograficzny Słownik Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich*, w którym zawarte są informacje głównie o ludności i gospodarce badanego obszaru, ale również o ważnych zmianach hydrologicznych, takich jak budowa rowów melioracyjnych, wałów przeciwpowodziowych czy wykorzystaniu surowców np. torfu (http://dir.icm.edu.pl/Słownik_geograficzny/).

Ważnych informacji o zdarzeniach ekstremalnych i rozbudowie systemu wałów przeciwpowodziowych dostarczyły również wywiady prowadzone z miejscową ludnością. Zebrane w ten sposób dane wskazują na incydent powodziowy, będący skutkiem przerwania obwałowań przeciwpowodziowych w marcu 1963 roku. To pojedyncze zdarzenie mogło mieć znaczenie dla rozwoju i zmian stanu ekologicznego badanego obiektu.

Na podstawie danych zebranych podczas wywiadów prowadzonych w kilku wsiach oraz wi-

zji terenowej, w środowisku GIS opracowano model zalania obszaru podczas powodzi w 1963 roku. W programie ArcMap 10.8 stworzono warstwę rastrową z rzędną poziomu wody. Następnie za pomocą narzędzia minus (Spatial Analyst) od wartości rastra z rzędną poziomu wody odjęto wartości rastra numerycznego modelu terenu (NMT) wykonanego na podstawie danych Lidar (Projekt ISOK) (<https://mapy.geoportal.gov.pl>). W wyniku tego otrzymano mapę obrazującą głębokości wody w granicach zalanego obszaru. Informacje ustne zbierane były w różnych wsiach położonych na badanym obszarze. Podczas wyznaczania na ich podstawie rzędnej poziomu wody stwierdzono, że są one spójne, w związku z czym uznano je za wiarygodne i wystarczające na potrzeby stworzenia modelu.

Paleolimnologiczne analizy osadów

W celu scharakteryzowania pionowej zmienności osadów wykorzystano metodę strat prażenia (ang. *loss on ignition*, LOI), spalając wysuszony osad sekwencyjnie w temperaturze 550°C (LOI₅₅₀) i 950°C (LOI₉₅₀). W ten sposób określono udział materii organicznej, węglanów oraz bezwęglanowej materii mineralnej (Myślińska 2001). Zwiększony udział materii mineralnej interpretowano jako zapis zjawisk powodziowych. Wyniki te posłużyły także do ustalenia chronologii badanego rdzenia.

W celu określenia zmian warunków ekologicznych zachodzących w zbiorniku wykonano analizę subfosylnej fauny wioślarek (*Cladocera*), będącej dobrym wskaźnikiem zmian trofii, głębokości zbiornika oraz zróżnicowania siedliskowego (Korhola, Rautio 2001). Próbkę (1cm³ świeżego osadu), z których wykonano preparaty mikroskopowe przygotowano zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Freya (1986). Przy użyciu mikroskopu świetlnego zliczono wszystkie szczątki wioślarek – tarczki głowowe, skorupki tułowiowe, postabdomeny, kolce postabdomenalne oraz epifipia. Najliczniej występujące szczątki danego gatunku przyjmowano za miarę jego liczebności w poszczególnych próbkach. Poza wioślarkami w preparatach mikroskopowych zliczano także szczątki innych hydrobiontów: puszki głowowe ochotkowatych (*Chironomidae*), jaja wrotków (*Rotifera*), mechowce (*Oribatida*), kokony wirków (*Turbellaria*), cysty *Radiosperma sp.* oraz fragmenty roślin wodnych: włoski rogatka (*Ceratophyllum L.*) i sklereidy grzybieniotowych (*Nymphaeaceae*) nie określając szczegółowo ich przynależności gatunkowej. Zna-

leżiska te są powszechnie zaliczane do tzw. mikrofosyliów niepyłkowych (ang. *non-pollen palynomorphs*, NPPs).

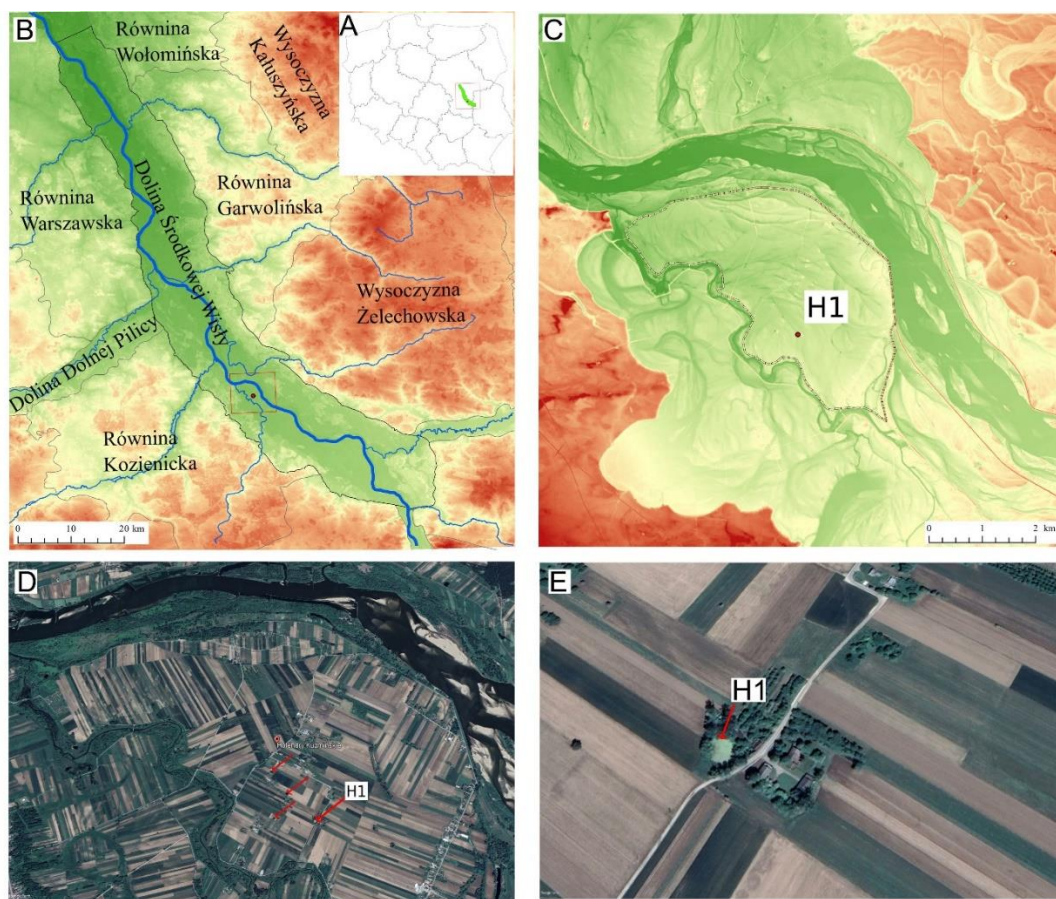
Wyniki analizy szczątków subfosylnej fauny *Cladocera* przedstawiono w formie wykresów procentowych wykonanych w programie Tilia ver. 2.6 (Grimm 1991). W celu wyznaczenia faz (geochemicznych, *Cladocera*, NPPs) zastosowano analizę skupień (algorytm CONISS; Grimm 1991). Fazy rozwoju fauny *Cladocera* scharakteryzowano na podstawie zróżnicowania gatunkowego, całkowitej liczebności, bogactwa gatunkowego (liczba gatunków w poszczególnych próbkach) oraz stosunku gatunków planktonowych do litoralnych. Wyniki analiz pozostałych mikrofosyliów zliczanych w preparatach mikroskopowych przedstawiono na wykresach liczebności całkowitej jako liczbę szczątków w 1 cm³ osadu.

Chronologię zdarzeń będących wynikiem zmian środowiskowych w dolinie odtworzono na podstawie badań geochemicznych osadów (m.in.

zwiększony udział bezwęglanowej materii mineralnej dokumentujący wlewy wód wezbraniowych), analiz materiałów archiwalnych oraz wywiadów prowadzonych wśród miejscowej ludności.

Obszar badań

Obiekt badań – śródpolny staw olęderski (współrzędne miejsca poboru rdzenia –51°38'25,6''N, 21°31'50,9''E) położony jest w południowej części województwa mazowieckiego, w gminie Kozienice, na terenie sołectwa Holendry Kuźmińskie (rys. 1). Jest to jeden z kilku stawów utworzonych przez osadników olęderskich, wypełniających zagłębienia powyroboiskowe, z których materiał wykorzystano do budowy terpów (nasypów ziemnych, na których lokalizowano budynki). Osady denne pozostałych obiektów w ostatnich latach zostały zaburzone bądź usunięte w wyniku ich pogłębiania. Pod względem



Rys. 1. Położenie badanego obiektu (H1): A – położenie na tle Polski, B – położenie na tle Doliny Środkowej Wisły, C – rzeźba terenu w widłach Wisły i Zagożdżonki, D – użytkowanie terenu w widłach Wisły i Zagożdżonki, E – położenie na tle rozłogu pól

Location of the study site (H1): A – location in the background of Poland – location in the background of the Central Vistula Valley, C – the topography at the forks of the Vistula and Zagożdżonka river, D – land use at the fork of the Vistula and Zagożdżonka river, E – location against the field of fields

fizycznogeograficznym obiekt znajduje się w centralnej części mezoregionu Doliny Środkowej Wisły (rys. 1A, B), około 2 km od współczesnego koryta Wisły i około 0,5 km od koryta Zagożdżonki. Położony jest na płaskiej, lewobrzeżnej terasie zalewowej Wisły, w widłach tych rzek. Wisła okala teren od północy i północnego wschodu, a Zagożdżonka od południa i południowego zachodu (rys. 1C). Obecnie obszar ten jest odseparowany od działalności rzek poprzez funkcjonujące od początku XX wieku wały przeciwpowodziowe. Ta część doliny jest intensywnie użytkowana rolniczo (rys. 1D), a obiekt znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowań zagrodowych i pól uprawnych (rys. 1E). Żywność rzeczne umożliwiają produkcję głównie warzyw. Obecnie uprawia się tu przede wszystkim rośliny okopowe: ziemniaki, marchew itp., a także kapustę i ogórki gruntowe. Uprawy te nie dają pełnego pokrycia terenu, a podczas robót polowych związanych z przygotowaniem gruntu do zasiewu czy zbioru plonów mechanicznie wznoszone są duże ilości materiału mineralnego, który akumuluje się m.in. w osadach obszarów wodno-błotnych. Do początku XXI wieku hodowano tu także zwierzęta (świnie i bydło), większy był również udział upraw zbóż, które zapewniają lepsze pokrycie terenu, ograniczając erozję. Obszary międzywała wykorzystywane były wówczas jako łąki i pastwiska, lecz obecnie, gdy hodowla bydła prawie zanikła, zarastają i wkracza na nie roślinność łąkowa (np. wierzba, topola).

Wyniki

Antropopresja a warunki wodne obszaru w Dolinie Środkowej Wisły

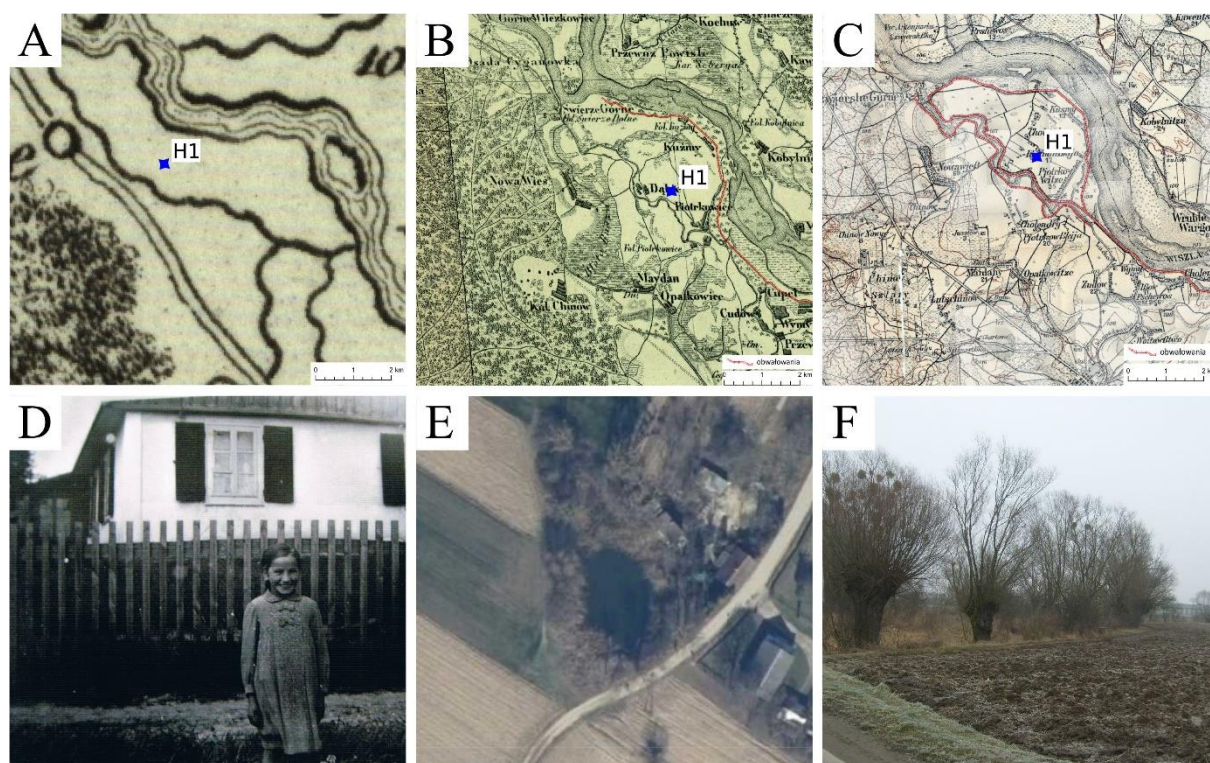
Na podstawie wyników analiz materiałów archiwalnych wykazano, iż prace hydrotechniczne związane z budową wałów przeciwpowodziowych Wisły w jej środkowym biegu (odcinek od Góry Puławskiej do Świerży Górnych) rozpoczęto na początku XIX wieku. Mapa *West Galizien* (1800 r.) nie notuje jeszcze systemu obwałowań przeciwpowodziowych (rys. 2A). Analiza materiałów kartograficznych wykonana w celu odtworzenia budowy obwałowań badanego obszaru w widłach Wisły i Zagożdżonki wskazuje, iż Wisła obwałowana była już od lat 30. XIX wieku (rys. 2B). Potwierdza to zapis w archiwalnych źródłach pisanych (http://dir.icm.edu.pl/Sloownik_geograficzny/), o najbardziej intensywnych pracach hydrotechnicznych trwających w latach 1816–1830, kiedy to powstały

obwałowania Wisły. Mimo iż system ten był niedokończony, gdyż brakowało obwałowań jej dopływów, prace hydrotechniczne wstrzymano na 12 lat. Wznowiono je w 1842 roku, kiedy to rozpoczęto budowę systemu obwałowań przeciwpowodziowych Zagożdżonki. Jak wskazują źródła archiwalne (http://dir.icm.edu.pl/Sloownik_geograficzny/) nowo powstałe obwałowania i powstające ich odcinki były niszczone przez wody wezbranych rzek, w wyniku czego dolina i tak była zalewana podczas wezbrań. Kompletny system przeciwpowodziowy tej rzeki (wraz z obwałowaniami dopływów – Zagożdżonki) zanotowano na mapie *Karte des westlichen Rußlands* (rys. 2C). Taki sam przebieg obwałowań notuje topograficzna mapa WIG z 1937 roku, co wskazuje na to, iż w latach 1911–1937 nie prowadzono znaczących prac nad przebudową systemu w tej części doliny. Łajczak i in. (2006) jako okres robót na tym odcinku wskazują lata 1900–1950. W latach 50. XX wieku trwały przebudowy (częściowe przesunięcie obwałowań Wisły) i udoskonalanie funkcjonującego już systemu. Były to jednak niewielkie zmiany, w wyniku których zmniejszeniu uległ obszar międzywała Wisły.

Do znaczących przekształceń środowiska przyrodniczego na obszarze objętym analizą doszło wskutek działalności osadników olęderskich. Przybyli oni na te tereny na początku XIX wieku i zaczęli gospodarować na obszarze obecnej wsi Holendry Kuźmińskie, której nazwa nawiązuje do założycieli. Olędrzy umiejętnie gospodarowali na trudnych, podmokłych terenach w dolinach rzecznych często zalewanych podczas wezbrań. Do najważniejszych zmian geomorfologicznych wprowadzonych przez tę ludność należy budowa nasypów ziemnych tzw. terpów (Szałygin 2011; Prarat 2012; Lewandowska i in. 2017; Zawadzka-Pawlewska, Tsermegas 2017) i stawów powstających w wyrobiskach poeksploatacyjnych (rys. 2E). Terpy to niewielkie nasypy ziemne (długość około 30–40 m, szerokość około 15 m i wysokość nieprzekraczająca 2 m), na których wznoszono ważniejsze budynki (dom i oborę) w celu uchronienia ich przed zalaniem. Zabudowania były drewniane, solidne, najczęściej kryte dachówką, znacznie odbiegające od standardów gospodarstw polskich (rys. 2D). We wsi Holendry Kuźmińskie najczęściej dom i obora były połączone i stanowiły jeden budynek. Takie rozwiązanie ułatwiało obrządek inwentarza podczas wezbrań, gdyż nasypy te były na tyle wysokie, że rzadko, bądź w ogóle nie wdzierała się na nie woda. Podobne zależności między rzędną wody podczas wezbrania i wysokością terpów zauważyli Lewandowska i in. (2017)

we wsi Karwieńskie Błota. Pozyskanie materiału do budowy terpu wiązało się z eksploatacją surowca, najczęściej z terenu własnej działki, w wyniku czego powstawało zagłębienie poeksploatacyjne, funkcjonujące później jako staw (rys. 2E). Taką genezę ma analizowany w niniejszej pracy obiekt. Stawy takie wykorzystywano do pojenia zwierząt gospodarskich (np. koni, bydła), czy hodowli drobiu (gęsi i kaczek). Zbiorniki te spełniać

mogły również funkcje niecek infiltracyjno-retencyjnych. Granice działek na terenach zalewowych obsadzano wierzbami, co miało na celu zatrzymywanie przez rzędy drzew żywnych namulów niesionych przez rzekę (Szałygin 2004). Ich pozostałości, czyli fragmentaryczne rzędy wierzb wzdłuż granicy niektórych działek są charakterystycznym elementem współczesnego krajobrazu (rys. 2 F).



Rys. 2. Przekształcenia warunków obiegu wody według map: A – West Gallizien (1800 r.); B – Topograficznej Karty Królestwa Polskiego (1843 r.); C – Karte des westlichen Rußlands (1911 r.) Przekształcenia wprowadzone przez Ołędów: D – dom wzniesiony na terpie (fotografia ze zbioru K. Kultys); E – staw ołędzki (<https://mapy.geoportal.gov.pl>); F – rząd wierzb na granicy działek (fot. K. Kultys)

Transformation of water conditions according to maps: A – West Gallizien (1800); B – Topograficzna Karta Królestwa Polskiego (1843); C – Karte des westlichen Rußlands (1911) Transformations introduced by the Ołędz settlers: D – a house built on an embankment (Photo from the collection K. Kultys); E – artificial Olender's pond (<https://mapy.geoportal.gov.pl>); F – a row of willows on the border of plots (Photo by K. Kultys)

Zdarzenie ekstremalne – przerwanie wału

W marcu 1963 roku doszło do incydentalnego przerwania wału przeciwpowodziowego Zagożdżonki w pobliżu jej ujścia do Wisły. Zebrane w ramach wywiadów prowadzonych z miejscową ludnością informacje wskazują, iż w wyniku tego zdarzenia część doliny w widłach tych dwóch rzek została zalana. Miejscową ludność częściowo ewakuowano z zalanego obszaru. W swoich domach pozostali jedynie mieszkańcy niezalanych posesji, które zlokalizowane były na terpach, gdyż do nich woda się nie wdarła lub

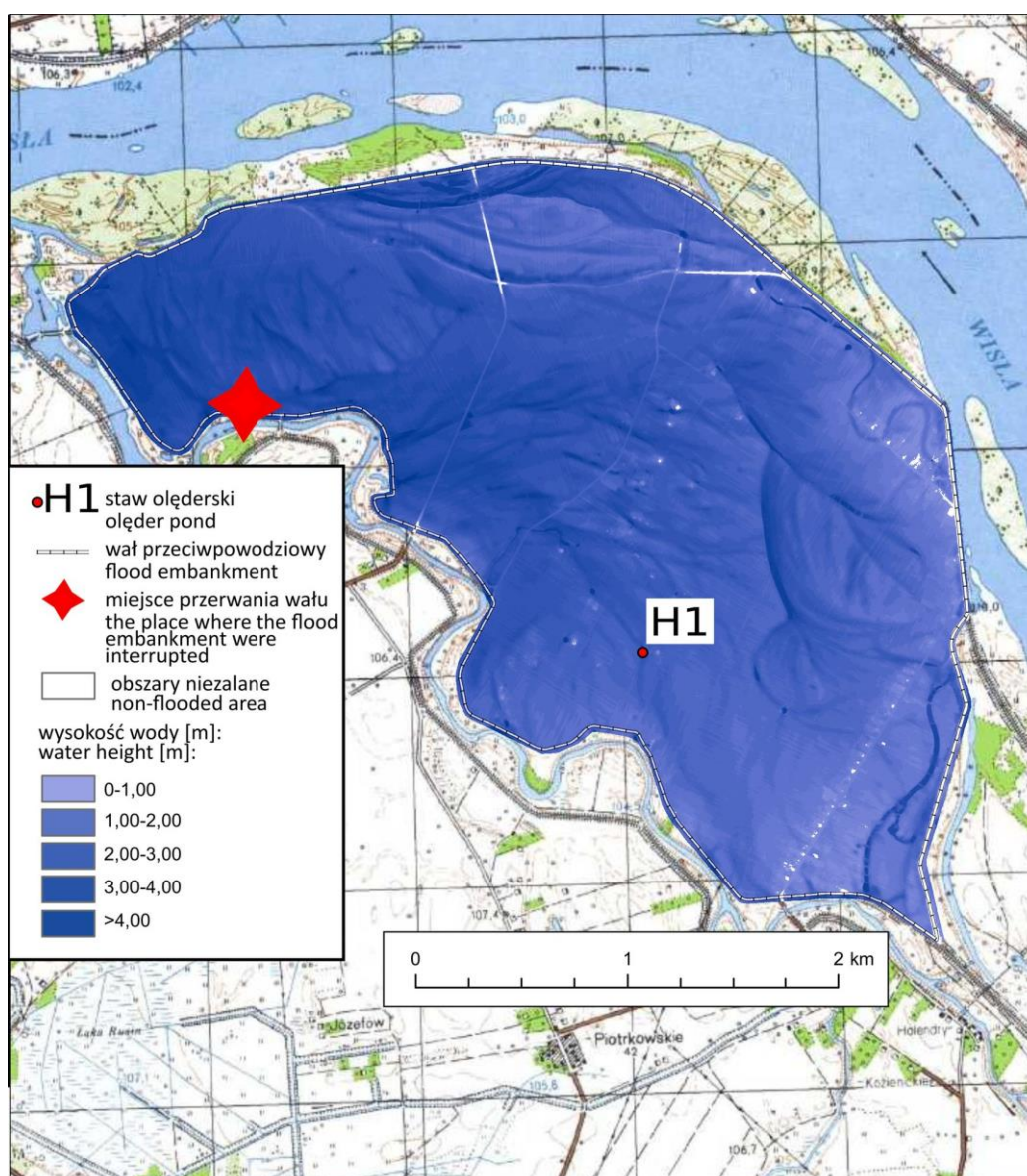
w kilku przypadkach nieznacznie je podtopiła (kilka, kilkanaście cm wody). Po przerwaniu wału nastąpiło ochłodzenie (kilkunastostopniowe mrozy), które spowodowało zamrożenie tafli wody. Analiza danych hydrometeorologicznych wskazuje, iż przerwanie wału spowodowane było wezbraniem roztopowym, które nastąpiło w wyniku gwałtownego wzrostu temperatury powietrza w dniach od 1 do 7 marca, po którym nastąpił spadek temperatury z minimum zanotowanym 15 marca (<https://dane.imgw.pl/data>).

Symulacja zalewu wykonana na podstawie cyfrowego modelu wysokościowego wskazuje,

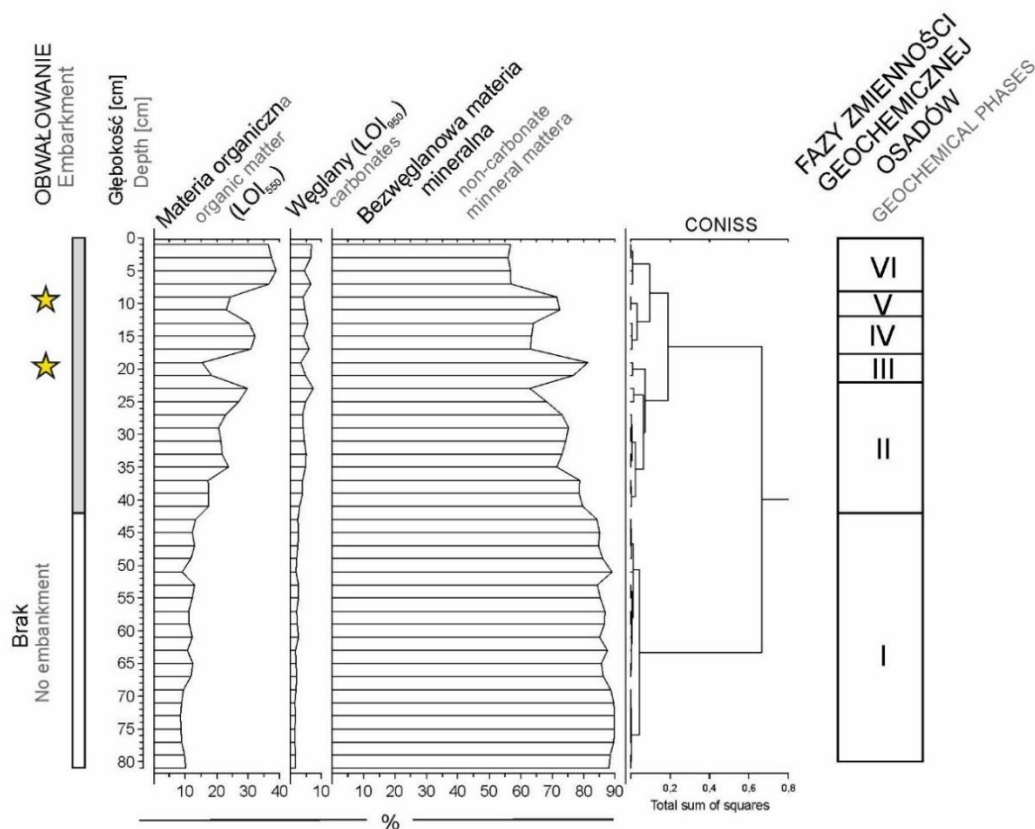
że woda pokryła teren doliny w widłach Wisły i Zagożdżonki. Wyjątek stanowiły tylko nieliczne posesje wsi Piotrkowice położonej na wschodzie tego obszaru, fragment drogi na nasypie we wsi Kępa Bielańska oraz terpy olęderskie w Holendrach Kuźmińskich (rys. 3). Wyniki analizy są zgodne z informacjami ustnymi uzyskanymi podczas wywiadów z mieszkańcami tych miejscowości. W wyniku tego zdarzenia woda powodziowa dostała się do wszystkich przydomowych zbiorników, w tym do poddanego analizie stawu olęderskiego.

Skład osadu

Wyniki analizy strat prażenia (LOI) wskazują na dominację w osadzie profilu H1 bezwęglanowej materii mineralnej (55–89%), znaczne zróżnicowanie udziału materii organicznej (9–40%) oraz bardzo niską (2–7%) stopniowo wzrastającą ku stropowi profilu zawartość węglanów. Na podstawie udziału procentowego zawartości materii organicznej, bezwęglanowej materii mineralnej oraz węglanów wyznaczono 6 geochemicznych faz rozwoju zbiornika (od G-I do G-VI) (rys. 4).



Rys. 3. Symulacja głębokości wody w trakcie powodzi w marcu 1963 roku
Water depth during the flood event in March 1963



Rys. 4. Wyniki analiz podstawowych cech geochemicznych osadów profilu H1

Results of analyzes of the basic geochemical properties of the sediments in H1 profile

Osady odpowiadające pierwszej geochemicznej fazie rozwoju zbiornika (G-I) charakteryzują się niskim udziałem materii organicznej (do 13%), bardzo niską zawartością węglanów (2–3%) oraz wysokim udziałem bezwęglanowej materii mineralnej (do 89%).

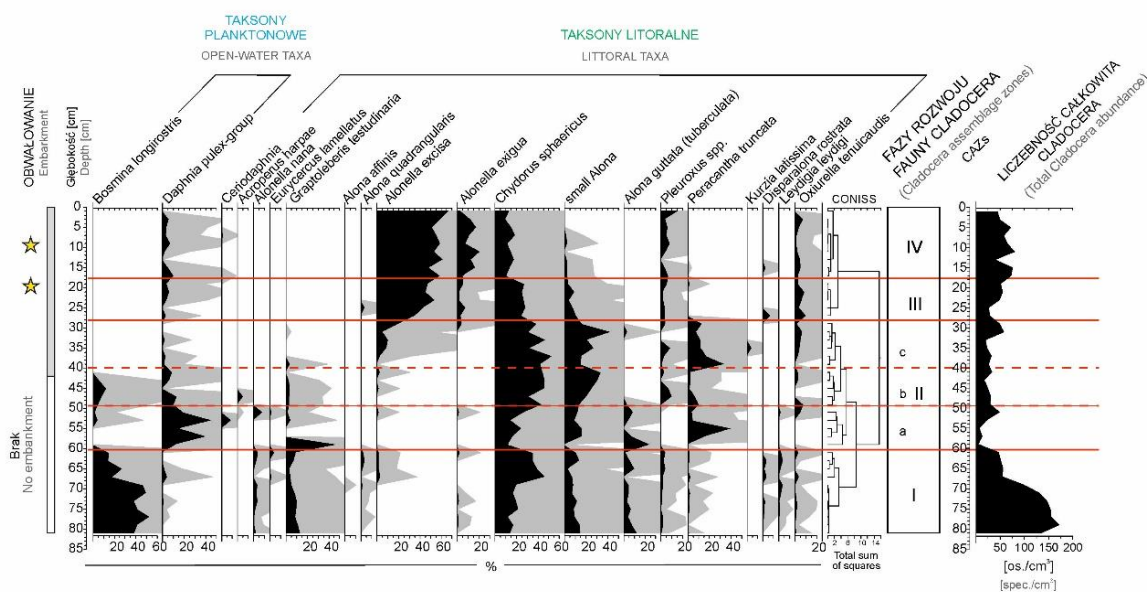
Następnie od głębokości 43 cm (faza G-II) wzrasta udział materii organicznej i węglanów. Na głębokościach 23–18 i 12–8 cm (fazy: G-III i G-V) zauważalny jest wyraźny niższy udział materii organicznej przy jednoczesnym wzroście bezwęglanowej zawartości materii mineralnej. W fazie G-IV znacząco (do 32%) wzrasta udział materii organicznej kosztem bezwęglanowej materii mineralnej. Najmłodsze osady (faza G-VI) cechuje najwyższy udział materii organicznej. Zawartość węglanów w tej fazie nie wykazuje znaczących zmian.

Analiza Cladocera

Analiza subfosylnej fauny wioślarek (*Cladocera*) z profilu osadów H1 wykazała występowanie 20 taksonów. Badany profil charakteryzuje się bardzo niską liczebnością całkowitą osobników *Clado-*

cera (od 133 do 5733 os/cm³). Bogactwo gatunkowe w poszczególnych próbach wahało się od 4 do 14. W całym profilu gatunki planktonowe reprezentowały wyłącznie *Bosmina longirostris* oraz taksony należące do *Daphnia pulex*. Na podstawie zmienności: liczebności całkowitej i udziału poszczególnych taksonów wydzielono 4 fazy ekologicznego rozwoju badanego zbiornika (I–IV) dodatkowo w fazie II wyznaczono trzy podfazy (a-c) (rys. 5).

Faza I (8–60 cm) cechuje się najwyższą w całym profilu liczebnością oraz stosunkowo wysokim, choć bardzo zmiennym (10–65%) udziałem gatunków planktonowych reprezentowanych przede wszystkim przez *Bosmina longirostris* oraz *Daphnia pulex*. Grupę taksonów litoralnych najliczniej reprezentowały *Chydorus sphaericus* (47%) i wioślarki zaliczane do grupy małych *Alon* (15%). Gatunki występujące wśród roślinności najliczniej reprezentowane były przez *Graptoleberis testudinaria* i *Alonella nana*, stwierdzono także ciągle występowanie *Oxyurella tenuicaudis*. W fazie tej nieprzerwanie występują taksony bentosowe – *Disparalona rostrata* i *Leydigia leydigi*, które zanikają wraz z jej końcem.



Rys. 5. Procentowa zawartość szczątków taksonów wioślarek (*Cladocera*) w profilu H1 gwiazdką oznaczono okresy, kiedy nastąpiło przerwanie obwałowań

Percentage content of *Cladocera* remains in H1 core. periods when the embankments were destroyed are marked with star

Faza II (60–28 cm), w której wyróżniono trzy podfazy (a–c) rozpoczyna się spadkiem liczebności wioślarek i początkowo wciąż wysokim udziałem gatunków planktonowych.

Podfazę IIa (60–49 cm) charakteryzuje stosunkowo wysoki udział gatunków planktonowych (12–61%) reprezentowanych głównie przez *Daphnia pulex*. Zanik *Alonella nana* i *Eurycercus lamellatus* wyznacza granicę podfazy. Incydentalnie na głębokości 56–58 cm pojawia się *Ceratodaphnia*.

Podfaza IIb (49–41 cm) odznacza się niskim udziałem taksonów planktonowych reprezentowanych głównie przez *Daphnia pulex* oraz *Bosmina longirostris*. W podfazie tej dominować zaczyna znacząco *Chydorus sphaericus* oraz szybko wzrasta udział taksonów zaliczanych do małych *Alon*.

Podfaza IIc (41–28 cm) charakteryzuje się wyraźną dominacją wioślarek litoralnych, reprezentowanych przez wyraźnie dominujący gatunek *Chydorus sphaericus* (32–54%) i taksony zaliczane do małych *Alon*. Pod koniec podfazy następuje zmiana w gatunkach związanych z roślinnością – wzrasta liczebność *Alonella excisa*, pojawia się *Alonella exigua* i zanika *Graptoleberis testudinaria*. Nielicznie występujące taksony planktonowe reprezentowane są wyłącznie przez *Daphnia pulex*.

Faza III (28–17 cm) cechuje się spadkiem bogactwa gatunkowego oraz najniższym w całym profilu udziałem taksonów planktonowych reprezentowanym wyłącznie przez *Daphnia pulex* (max.

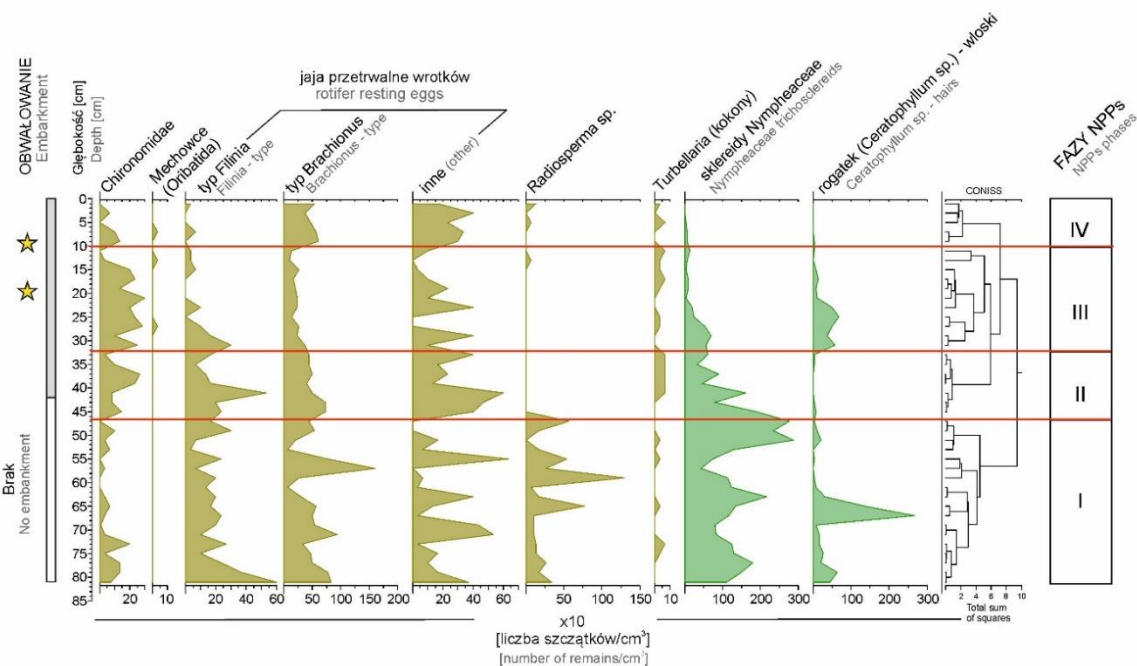
6,4%). Wśród taksonów litoralnych spada udział *Chydorus sphaericus* i małych *Alon* oraz zanika *Peracantha truncata*. Znacząco wzrasta udział gatunku *Alonella excisa* (max. 54%), którego występowanie wiązać należy z bytowaniem wśród roślinności w wodach o niskim odczynie (Fryer 1968; Bjerring i in. 2009).

Faza IV (17–0 cm) związana jest z dominacją bytującej wśród roślinności w wodach o niskim pH *Alonella excisa* (max. 67%), a także gatunku o najszerszym spektrum tolerancji ekologicznej, tj. *Chydorus sphaericus* (18%). Gatunki planktonowe reprezentuje nielicznie występująca *Daphnia pulex* (max. 10%).

Analiza pozostałych mikrofosyliów (NPPs)

Mikrofosylia niepyłkowe identyfikowane w preparatach przygotowanych na potrzeby analizy subfossilnej fauny wioślarek wskazują na wyraźne zmiany ekologiczne zapisane w poddanych analizie osadach. Wyróżniono 4 fazy odzwierciedlające zmienność tych znalezisk (NPPs 1–4, rys. 6).

Faza I (82–47 cm) charakteryzuje się wysoką liczebnością sklereidów grzybieniotych (*Nymphaeaceae*, do 2688 sztuk/cm³), stosunkowo dużą liczebnością włosków rogotka (*Ceratophyllum*, do 2666 sztuk/cm³) oraz ciągłym występowaniem szczątków *Radiosperma* sp., które zanikają pod koniec fazy.



Rys. 6. Wybrane mikrofosylia szczątków zwierząt oraz roślin oznaczone w preparatach wioślarkowych profilu H1

Selected microfossils of animal and plant remains in H1 core

Analiza szczątków zwierząt wskazuje na niską liczebność ochotkowatych (*Chironomidae*), a także stosunkowo wysoką liczebność jaj wrotków (*Rotifera*) z rodzaju *Filinia* i *Brachionus*.

Fazę II (47–32 cm) charakteryzuje spadek liczebności szczątków roślinnych – sklereidów grzybieniatych (*Nymphaeaceae*) oraz bardzo mała liczebność (max. do 67 sztuk/cm³) włosków rogatek (*Ceratophyllum*). Intensywnie rozwijają się ochotkowate (*Chironomidae*), których liczebność sukcesywnie wzrasta (do 267 os/cm³). Jaja przetrwalne wrotków najliczniej reprezentowane są przez rodzaj *Brachionus* (do 733 os/cm³), ciągle występuje także *Filinia*.

Faza III (32–10 cm) związana jest ze stopniowym zmniejszaniem liczebności sklereidów grzybieniatych (*Nymphaeaceae*, do 33 sztuk/cm³). Na początku fazy licznie występuje rogatek (*Ceratophyllum*, do 667 sztuk/cm³), który następnie zanika (próba z głębokości 13–11 cm). Stale występują kokony wirków (*Turbellaria*). Mechowce (*Oribatida*) pojawiają się incydentalnie w dwu próbach. Stosunkowo wysoką liczebność wykazują ochotkowate (*Chironomidae*), osiągając maksymalnie 300 os/cm³, liczebność jaj wrotków (*Rotifera*) zaś w fazie tej ciągle spada.

Faza IV (10–0 cm) związana jest z drastycznym spadkiem liczebności sklereidów grzybieniatych (*Nymphaeaceae*) – max. 66 sztuk/cm³

i rogatek (*Ceratophyllum*) – max. 33 sztuk/cm³, które pod koniec zanikają całkowicie. Zmniejsza się również liczebność ochotkowatych (*Chironomidae*). W fazie tej znacząco wzrasta liczebność jaj wrotków (*Rotifera*) rodzaju *Brachionus* (do 600 os/cm³) i wrotków określonych sensu lato (do 400 os/cm³). Liczebność jaj rodzaju *Filinia* pozostaje na podobnym poziomie jak w fazie poprzedniej. W fazie tej, w niewielkich ilościach, pojawia się *Radiosperma sp.*

Interpretacja zapisu paleoekologicznego

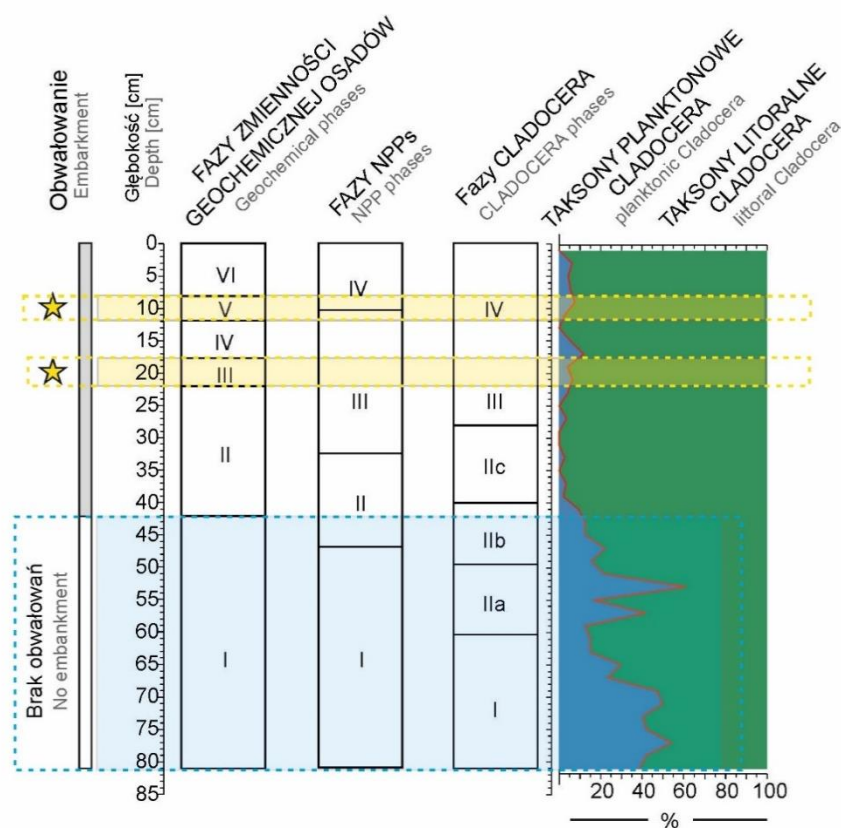
Wyznaczone na podstawie cech geochemicznych osadu fazy (G-I do G-IV) odpowiadają trzem etapom odcinania fragmentu doliny Wisły od bezpośredniej działalności rzeki.

Etap pierwszy wyznaczony na podstawie zmienności geochemicznej osadów (G-I, 82–43 cm) związany jest z funkcjonowaniem zbiornika w otwartej dolinie (bez systemu obwałowań przeciwpowodziowych) (rys. 7). Etap drugi (G-II, 43–23 cm) odpowiada rozbudowie obwałowań, na co wskazuje wzrost udziału materii organicznej kosztem bezwęglanowej materii mineralnej. Zmiany te wynikają z ograniczenia dostawy materii mineralnej ze względu na funkcjonujące obwałowania rzek (Szmańda 2011). Następnie dwa

wyraźne i krótkotrwałe wzrosty udziału bezwęglanowej materii mineralnej (etapy G-III i V) dokumentują zwiększoną jej dostawę, co należy interpretować jako skutek awarii systemu obwałowań i zalanie doliny wodami wezbranych rzek (rys. 7). Wody powodziowe niosą znaczną ilość materii mineralnej, która odkładana jest w dnie doliny, m.in. w zagłębieniach terenu (Szymańda 2011; Kordowski i in. 2014).

Zwiększony udział materii organicznej w fazie G-IV świadczy o działaniu systemu obwałowań i braku dostawy materii mineralnej podczas wezbrań. Dobrze rozpoznana historia tego niewielkiego terenu w widłach Wisły i Zagożdżonki daje

podstawy do twierdzenia, iż drugi wyraźny wzrost udziału bezwęglanowej materii mineralnej (etap G-V, 12–7 cm) jest wynikiem zalania obszaru wskutek przerwania wałów przeciwpowodziowych, które wystąpiło w marcu 1963 roku. Taki stan rozwoju i zmian hydrologicznych zachodzących w tej części doliny potwierdzają przeanalizowane źródła archiwalne oraz wywiady prowadzone wśród mieszkańców, gdyż było to ostatnie takie zdarzenie, które wystąpiło w tej części doliny. Od tego czasu badany staw rozwija się bez wlewów wód powodziowych (faza G-VI).



Rys. 7. Fazy zmienności: geochemicznej osadów, NPPs, fauny Cladocera, na tle rekonstrukcji warunków hydrologicznych obszaru

Phases of variability: geochemical sediments, NPPs, Cladocera fauna, against the background of the reconstruction of the hydrological conditions of the area

Rozpoznanie i wyznaczenie etapów transformacji warunków hydrologicznych tego obszaru dały podstawy do odnoszenia do nich zmian ekologicznych zachodzących wówczas w badanym zbiorniku odtworzonych metodami paleoekologicznymi. W początkowym etapie swojego funkcjonowania, poddany zalewom obiekt cechował się występowaniem stosunkowo zróżnicowanej

fauny wioślarek. W badanym profilu zidentyfikowano występowanie 20 taksonów *Cladocera*, jest to więcej niż w osadach stawu młyńskiego badanego przez Niską (2013), gdzie stwierdzono szczątki 15 gatunków, lecz mniej niż w holocenicznych osadach jezior, w których występuje od 25 do 35 gatunków (Szeroczyńska, Zawisza 2007). Bogactwo gatunkowe wahające się w poszczegół-

nych próbkach od 4 do 14 było niskie, lecz wykazywało większe zróżnicowanie niż w obiekcie badanym przez Niską (2013), gdzie wynosiło od 7 do 12 gatunków. Wśród 20 taksonów występowały zarówno taksony planktonowe, jak i litoralne. Zarówno szczątki roślinności (rogatek, *Nympheaceae*), jak i dominacja wioślarek związanych z tym siedliskiem wskazują na jej bujny rozwój. Jednocześnie gatunki związane ze środowiskiem osadów dennych sugerują zróżnicowanie mikrosiedlisk w obrębie tego niewielkiego zbiornika. Współwystępowanie i stosunkowo wysoki udział *Bosmina longirostris* i *Chydorus sphaericus*, a także obecność *Leydigia leydigi*, *Oxyurella tenuicaudis* oraz *Disparalona rostrata* sugerują wysoką trofię wód, a także pH > 6 na co wskazuje występowanie *Disparalona rostrata* (<https://www.artsdatabanken.no/Pages>).

Wybudowanie wałów przeciwpowodziowych wpłynęło na znaczne pogorszenie warunków ekologicznych panujących w stawie. Z wyznaczonym wybudowaniem obwałowań bardzo dobrze koreluje się zanik ważnego taksonu planktonowego, jakim jest *Bosmina longirostris*. Gatunek ten występuje głównie w głębokich wodach, lecz spotykany jest również w litoralu (Błądzki, Rybak 2016). Ma dość szeroki zakres tolerancji na warunki ekologiczne (Adamczuk 2016) i często dominuje w wodach o podwyższonej trofii (Rybak 1993). Wraz z wybudowaniem wałów zmniejsza się również udział taksonu planktonowego *Daphnia pulex*, która występuje najczęściej w wodach o niskiej trofii (Rybak 1993), ale również w niewielkich, zarośniętych zbiornikach. Zanika także *Graptoleberis testudinaria*, który jest gatunkiem fitofilnym, silnie związanym z bytowaniem wśród roślinności (Fryer 1968; Rybak 1993). Zanik wymienionych taksonów związany jest głównie ze wzrostem trofii, spadkiem wartości pH i wzrostem przewodności elektrolitycznej wód zbiornika, które z kolei wydają się być silnie związane z dostawą wód powodziowych. Z wyznaczonym w profilu miejscem odpowiadającym wybudowaniu obwałowań bardzo dobrze koreluje się koniec fazy NPPs rozwoju mikrofosyliów, której odpowiada zmniejszenie liczebności sklereidów grzybieniatych i rogatka (zmiana składu gatunkowego roślin wodnych) oraz zanik cyst *Radiosperma sp.* Makohonienko (2000) wiąże występowanie cyst *Radiosperma sp.* (opisując jako mikrofosylium nieoznaczone) z warstwami osadniczymi i osadami o charakterze mineralnym. W osadach badanego stawu występuje ona najliczniej w warstwach namulów rzecznych, natomiast jej zanik koreluje się z zahamowaniem

dostawy materii mineralnej pochodzenia fluwialnego do obiektu. Jednak brak bliższych danych o wymaganiach ekologicznych tego organizmu utrudnia bardziej szczegółową interpretację paleośrodowiskową. Ze zmianą składu gatunkowego roślin wodnych dobrze koreluje się również wzrost liczebności ochotkowatych (*Chironomidae*), których najliczniejsze występowanie koreluje się ze zmniejszeniem liczebności sklereidów grzybieniatych (*Nympheaceae*).

Po obwałowaniu rzek w składzie zooplanktonu wioślarkowego dominować zaczyna *Chydorus sphaericus* – takson o szerokim spektrum tolerancji ekologicznej. Jest to gatunek, którego dominacja wskazuje na wysoką trofię, odporny na skrajne warunki środowiskowe – zarówno niskie i wysokie wartości pH, jak również wysokie przewodnictwo elektrolityczne (Scharf, Hollwedel 2010). Następnie wkraczają *Alonella excisa* (dominująca) i *Alonella exigua* – gatunki związane z roślinnością oraz dobrze tolerujące zarówno wysokie przewodnictwo elektrolityczne, jak i niskie wartości pH (Bjerring i in. 2009). Wnioski o wyraźnej zmianie warunków środowiskowych (spadku pH i wzroście przewodnictwa elektrolitycznego) potwierdzają wartości parametrów wód zmierzone jednocześnie na początku czerwca 2021 roku, które wykazały niski odczyn (5,92 pH) oraz bardzo wysokie przewodnictwo elektrolityczne (1473 $\mu\text{S}/\text{cm}$). W próbkach wody określono również przybliżony skład zooplanktonu, w którym znacznie przeważały widłonogi (*Copepoda*), wioślarki (*Cladocera*) zaś występowały nielicznie. Wynikać to może jednak z okresu, w którym pobrano próbki (czerwiec 2021). Współcześnie w sezonie wegetacyjnym cała powierzchnia tafli wodnej stawu pokryta jest rzęsą wodną (*Lemna L.*) (rys. 1E). Tak intensywny rozwój powoduje zacienienie głębszych warstw stawu, a tym samym także ograniczenie produkcji pierwotnej i natleniania wód, co może ograniczać rozwój zooplanktonu (de Tezanos, Farrell 2014).

W pierwszej fazie rozwoju w stawie dominowały warunki wyższego pH (około 6–7), o czym świadczy współwystępowanie *Peracantha truncata* i *Disparalona rostrata*. Następnie *Disparalona rostrata* zanika, a *Peracantha truncata* osiąga swoje maksymalne wartości, co świadczyć może o obniżeniu parametrów pH.

Incydentalne wlewy wód powodziowych do zbiornika (po obwałowaniu rzek), które choć zapisały się wyraźnie w postaci zwiększonego udziału materii mineralnej, wywołały jedynie niewielkie, choć czytelne zmiany w zapisie paleoekologicznym. Odnotowano zwiększenie udziału

taksonów planktonowych *Cladocera* (rys. 7). Widoczny jest również wzrost liczebności jaj wrotków (*Rotifera*) rodzaju *Brachionus* oraz pozostałych jaj oznaczonych tylko do typu. Wnioskować można zatem, że efektem wlewów była m.in. wzmożona produkcja jaj, będących formami przetrwalnymi gatunku. Po tych incydentalnych zdarzeniach widoczne jest ponowne pojawienie się cyst *Radiosperma sp.*, lecz już w dużo mniejszej liczebności niż w okresie funkcjonowania stawu w otwartej dolinie (bez systemu obwałowań przeciwpowodziowych). Dostawa świeżych wód rzecznych wpłynęła na chwilową zmianę warunków ekologicznych, a także dostawę materiału mineralnego, co umożliwić mogło rozwój *Radiosperma sp.*

Wnioski

Funkcjonowanie zarówno naturalnych, jak i sztucznych zbiorników wodnych w obrębie równiny zalewowej silnie uwarunkowane jest ich zasilaniem wodami rzeczными w trakcie wylewów (Wiklund i in. 2010). Niestety, brak jest długoterminowych danych monitoringowych określających stan ekologiczny takich obiektów i jego zmiany na skutek odcięcia regularnych wlewów wód rzecznych. Choć stawy, ze względu na niestabilne warunki i antropogeniczną regulację ich funkcjonowania, niezwykle rzadko są obiektem analiz paleolimnologicznych (Niska 2013), jednakże badany obiekt, dzięki dobrze udokumentowanej historii i unikalnemu charakterowi, okazał się cennym archiwum lokalnych zmian środowiskowych zachodzących podczas ostatnich 150 lat. Przebadano i odtworzono zarówno jego funkcjonowanie w fazie częstych zalewów (przed obwałowaniem), jak i zmiany ekologiczne związane z obwałowaniem, uwzględniając także reakcję na incydentalne wlewy wód powodziowych w trakcie przzerwania wałów w okresie po obwałowaniu. Uzyskane wyniki analiz dały podstawy do sformułowania następujących wniosków:

– w osadach stawu olęderskiego zawarty jest pełen zapis zmian ekologicznych od początku funkcjonowania zbiornika (początek XIX w.), tj. sprzed wybudowania obwałowań przeciwpowodziowych, do czasów współczesnych;

– budowa obwałowań, zamknięcie fragmentu doliny i brak zasilania wlewami wód rzecznych Wisły i Zagożdżonki podczas wezbrań wyraźnie wpłynęły na zmianę warunków ekologicznych panujących w zbiorniku – od wysokiej

trofii i najprawdopodobniej wysokiego pH po warunki niskiego pH i wysokiego przewodnictwa elektrolitycznego; konsekwencją był spadek różnorodności zooplanktonu skorupiakowego, ale także ograniczenie rozwoju roślinności wodnej (*Ceratophyllum*, *Nymphaeaceae*). Obecnie czynnikiem mającym najprawdopodobniej duży wpływ na warunki w zbiorniku jest ekspansja rzęsy wodnej (*Lemna L.*) pokrywającej taflę, co wpływa na brak światła w zbiorniku;

– wyraźny zapis następujących po obwałowaniu incydentalnych powodzi wywołanych awariami systemu wałów przeciwpowodziowych widoczny jest jako zwiększone wartości udziału bezwęglanowej materii mineralnej. Umożliwił on ustalenie przybliżonej chronologii zmian ekologicznych zachodzących w zbiorniku podczas 150 lat jego funkcjonowania;

– incydentalne wlewy wód wezbraniowych do zbiornika w wyniku wystąpienia powodzi w warunkach istniejącego już obwałowania nie wpłynęły znacząco na zmianę warunków ekologicznych panujących w stawie i wywołały jedynie niewielkie zmiany składu gatunkowego *Cladocera*, które przejawiają się zwiększonym udziałem taksonów planktonowych. Kluczowa dla rozwoju *Cladocera* wydaje się być zmiana warunków siedliskowych związanych z wybudowaniem obwałowań i długotrwałym odcięciem obiektu od wlewów wód powodziowych. Dość wyraźnie widoczna jest reakcja na wlewy powodziowe innych przedstawicieli zooplanktonu: wrotków (*Rotifera*), identyfikowana na podstawie zwiększonej liczebności jaj przetrwalnych czy cyst *Radiosperma sp.*

Literatura

- Adamczuk M. 2016. Past, present, and future roles of small cladoceran *Bosmina longirostris* (OF Müller, 1785) in aquatic ecosystems. *Hydrobiologia* 767(1):1-11.
- Affek A. 2012. Kalibracja map historycznych z zastosowaniem GIS. Źródła kartograficzne w badaniach krajobrazu kulturowego. *Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG* 16: 48-62.
- Bjerring R., Becares E., Declercq S., Gross E. M., Hansson L.A., Kairesalo T., Jeppesen E. 2009. Subfossil Cladocera in relation to contemporary environmental variables in 54 Pan-European lakes. *Freshwater Biology* 54(11): 2401-2417.
- Błędzki L.A., Rybak J.I. 2016. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe Cladocera i Copepoda (Calanoida, Cyclopoida). Key to species identification. Springer.

- de Tezanos Pinto P., O'Farrell I. 2014. Regime shifts between free-floating plants and phytoplankton: a review. *Hydrobiologia* 740(1): 13-24.
- Frey D.G. 1986. Cladocera analysis. In: B.E. Berglund (ed.) *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. John Wiley & Sons Ltd: 667-692.
- Fryer G. 1968. Evolution and adaptive radiation in the Chydoridae (Crustacea: Cladocera): a study in comparative functional morphology and ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 154.795: 221-385.
- Grimm E.C. 1991. Tilia and tiliagraph. Illinois State Museum, Springfield.
- Kalicki T. 2006. Zapis zmian klimatu oraz działalności człowieka i ich rola w holocenijskiej ewolucji dolin środkowoeuropejskich 204. IGiPZ PAN.
- Kittel P. 2012. Wpływ georóżnorodności zlewni Neru (Polska środkowa) na lokalizację osadnictwa pradziejowego. *Landform Analysis* 19: 49-66.
- Kordowski J., Gamrat W., Gieraszewski P., Kubiak-Wójcicka K., Szymańska J.B., Tyszkowski S., Solarczyk A. 2014. Zapis procesów sedymentacji fluwialnej i biogenicznej w osadach dna Doliny Dolnej Wisły. *Landform Analysis* 25: 77-93.
- Korhola A., Rautio M. 2001. Cladocera and other brachiopod crustaceans. W: W.M. Last, J.P. Smol (eds) *Tracking environmental change using lake sediments*, vol. 4. Springer, Dordrecht: 5-41.
- Kuna J. 2014. Zmiany znaków na XX-wiecznych mapach topograficznych w skali 1:100 000. *Polski Przegląd Kartograficzny* 46,1: 47-61.
- Łajczak A., Plit J., Soja R., Starkel L., Warowna J. 2006. Changes of the Vistula River Channel and Floodplain in the Last 200 Years. *Geographia Polonica* 79(2): 65-87.
- Lewandowska J., Laks I., Sroka Z. 2017. Antropogeniczne formy ukształtowania terenu występujące we wsiach olęderskich na obszarach zagrożonych powodzią. *Przegląd Budowlany* 88: 66-69.
- Makohonienko M. 2000. Przyrodnicza historia Gniezna. Wyd. Homini, Bydgoszcz-Poznań.
- Mazek R. 2008. Powstanie i rozwój parafii Parysów na tle osadnictwa na południowo-wschodnim Mazowszu. *Roczniki Humanistyczne* 56.02: 55-79.
- Myślińska E. 2001. Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania. PWN, Warszawa.
- Niska M. 2013. Ewolucja stawu młyńskiego w dolinie Jarosławianki w świetle analizy kopalnych szczątków Cladocera (Crustacea). W: J. Jonczak, W. Florek (red.) *Środowisko glebotwórcze i gleby dolin rzecznych*: 103-112.
- Nita J., Myga-Piątek U. 2012. Rola GIS w ocenie historycznych opracowań kartograficznych na przykładzie Wyżyny Częstochowskiej. Źródła kartograficzne w badaniach krajobrazu kulturowego. *Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego* 16: 116-135.
- Panecki T. 2015. Porównanie zakresu i metod ujęcia treści na mapach topograficznych ziem zaboru rosyjskiego z przełomu XIX i XX wieku. *Polski Przegląd Kartograficzny* 47,1: 47-65.
- Plit J. 2010. Zmiany koryta Niemna w ciągu 200 lat (na odcinku od Hożej do Mielnika), Krajobrazy kulturowe dolin rzecznych. Potencjał i wykorzystanie. *Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego* 13: 78-87.
- Plit J. 2016. Krajobrazy kulturowe Polski i ich przemiany. *Prace Geograficzne* nr 253. IGiPZ PAN
- Prarat M. 2012. Architektura chłopska doliny dolnej Wisły w latach 1772-1945 i jej problematyka konserwatorska. Muzeum Etnograficzne im. Marii Znamierowskiej-Prüfferowej, Toruń.
- Rybak J.I. 1993. Przegląd słodkowodnych zwierząt bezkręgowych. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Scharf B.W., Hollwedel W. 2010. Ostracoda und Cladocera (Crustacea) von der Insel terschelling, Niederlande, Drosera-Naturkundliche Mitteilungen aus Norddeutschland, 2009, 1/2. Springer: 127-141.
- Szałygin J. 2004. Katalog zabytków osadnictwa holenderskiego na Mazowszu. Wyd. DiG, Warszawa.
- Szałygin J. 2011. Dziedzictwo kultury olęderskiej na Mazowszu. Mazowsze. *Studia Regionalne* 7: 125-137.
- Szeroczyńska K., Zawisza E. 2007. Paleolimnologia – historia rozwoju jezior w Polsce w świetle badań fauny wioślarek. *Studia Limnologica et Telmatologica* 1(1): 51-60.
- Szymańska J.B. 2011. Zapis warunków depozycji w uziarnieniu aluwiiw pozakorytowych. *Landform Analysis* 18: 3-97.
- Wiklund J.A., Bozinovski N., Hall R.I., Wolfe B.B. 2010. Epiphytic diatoms as flood indicators. *Journal of Paleolimnology* 44(1): 25-42.
- Zawadzka-Pawlewska U., Tsermegas I. 2017. Wpływ osadnictwa olęderskiego na morfologię nadwiślańskich obszarów zalewowych na przykładzie Kępy Kiełpińskiej. *Landform Analysis* 33: 49-56.

Źródła internetowe:

- http://dir.icm.edu.pl/Sloownik_geograficzny/ (dostęp: 20-01-2021)
- <http://igrek.amzp.pl/> (dostęp: 20-01-2021)
- https://dane.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_observacyjne/dane_meteorologiczne/ (dostęp: 10-03-2021)
- https://mapy.geoportal.gov.pl/imap/Imgp_2.html?gpm=gp0 (dostęp: 22-04-2021)
- <https://polona.pl/item/west-galizen,NzAxNDkwNA/0/#info:metadata> (dostęp: 15-03-2021)
- <https://www.artsdatabanken.no/Pages> (dostęp: 22-04-2021)

Summary

The study attempts to identify impact of extreme events and strong anthropopressure on the functioning of small water reservoirs based on the palaeolimnological studies of the small Olęder pond. The waterbody of an area of 0.12 ha is located in the Middle Vistula Valley, in the south-eastern part of the Masovian Voivodeship.

In order to determine the hydrological conditions in this part of the valley, archival materials were analyzed and interviews were conducted among the local population. Then, in order to recreate the reaction of the reservoir to these events, the core of biogenic sediments with a thickness of 82 cm and analyzed. Detailed analyzes of the content of organic matter, carbonates and non-carbonate mineral matter were conducted. The ecological conditions were traced on the basis of the subfossil Cladocera analysis. During its conduct, other microfossils were also counted: Chironomidae head capsules, *Rotifera* resting eggs, *Oribatida* mites, *Turbellaria*, *Radiosperma sp.*, *Ceratophyllum L.*, *Nymphaeaceae*.

The obtained results indicate a clear reaction of the geocosystem of the studied reservoir to the analyzed events: construction of flood embankments, floods. The record of ecological changes in the sediments of the reservoir indicates the great importance of building dikes for its functioning. The lack of water supply and its exchange during floods results in deterioration of the ecological conditions. This is confirmed by the disappearance of many Cladocera taxa (e.g. *Bosmina longirostris* – dominant in the initial stage) and the dominance of the most resistant to harsh environmental conditions (*Chydorus sphaericus*, *Alonella excisa*). The incidental water change caused by the breaking of the flood embankments caused slight but visible ecological changes in the reservoir and caused changes in cladocera composition (increasing share of plankton species). There is, however, a clear reaction of rotifers and *Radiosperma sp.* to these events.