

Paweł Przepióra¹ • Tomasz Kalicki¹ • Łukasz Podrzycki² • Karol Zubek³ ⁽¹⁾ Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Instytut Geografii i Nauk o Środowisku, Zakład Geomorfologii i Geoarcheologii⁽²⁾ Naukowiec niezrzeszony⁽³⁾ Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Instytut Biologii, Centrum Badań i Ochrony Różnorodności BiologicznejE-mail: pawelprzepiora1988@gmail.com; tomaszkalicki@ymail.com; lukasz88.kielce@gmail.com; karol.zubek@ujk.edu.pl

Zapis aktywności dymarskiej w aluwiach środkowej Czarnej Nidy (woj. świętokrzyskie) – studium przypadku

Record of bloomeries activity in the alluvium of the central Czarna Nida River (Świętokrzyskie Voivodeship) – case study

Zarys treści

Czarna Nida jest meandrującą rzeką trzeciego rzędu płynącą przez centralną część Wyżyny Kieleckiej. Jej zlewnia obejmuje fragment paleozoicznego trzonu Gór Świętokrzyskich i południowo-zachodnią część ich permsko-mezozoicznego obrzeżenia. Celem artykułu było rozpoznanie i interpretacja śladów aktywności metalurgicznej nadnidziańskiego regionu dymarkowego z okresu rzymskiego w aluwiach środkowego odcinka tej rzeki w przekroju poprzecznym Łaziska–Ostrów. Użyto metodę separacji magnetycznych sferulek (MSS – *Magnetic Spherule Separation*), stosowaną od niedawna na rzekach świętokrzyskich, gdzie rozwijała się różnowiekowa działalność metalurgiczna. W aluwiach równiny zalewowej Czarnej Nidy występują tylko nieliczne ślady działalności hutniczej. Mikrosferulki wykryto w wypełnieniach starorzeczy z okresu rzymskiego oraz aluwiach współczesnych, natomiast mikrożużle tylko w wypełnieniach starorzeczy średniowiecznych. Niewielka liczba mikroartefaktów w osadach związana jest najpewniej z okresową lub epizodyczną w długim okresie aktywnością prehistorycznego hutnictwa lub małą skalą produkcji. Ich występowanie w młodszych osadach jest efektem późniejszej redepozycji.

Słowa kluczowe Aluvia, dymarki, mikrożużle, separacja magnetycznych sferulek, Czarna Nida.

Abstract

Czarna Nida is a meandering third-order river flowing through the central part of the Kielce Upland. The catchment area includes a fragment of the Paleozoic core of the Holy Cross Mountains and the southwestern part of their Permian-Mesozoic margin. The aim of the article was to identify and interpret traces of metallurgical activity in the Nida bloomery center region from the Roman period in the alluvium of the middle section of this river in the Łaziska–Ostrów cross-section. The Magnetic Spherule Separation method (MSS) was done, which has recently been used on the other Holy Cross Mountains rivers, where different ages metallurgical activity has been developing. There are only a few traces of metallurgical activity in the alluvium of the Czarna Nida floodplain. Microspherules were detected in the fillings of oxbow lakes from the Roman period and in contemporary alluvium. Otherwise, in the fillings of medieval oxbow lakes a microslags was found. The small number of microartefacts in the sediments is most likely related to periodic or episodic activity of prehistoric metallurgy over a long period of time or small scale of production. Their occurrence in younger sediments is the result of later redeposition.

Keywords Alluvia, bloomeries, microslags, Magnetic Spherule Separation, Czarna Nida River.

1. Wprowadzenie

Wpływ czynnika antropogenicznego na przekształcenia środowiska geograficznego dolin rzecznych z uwzględnieniem zmian w formach i osadach był tematem podejmowanym w wielu pracach, zarówno w Polsce (m.in. Kłatka 1958; Klimek 1988, 1996, 2003; Dobrzańska, Kalicki 2003; Klimek i in. 2003; Ciszewski 2006; Kalicki 2006; Michno 2013; Fajer 2018; Kalicki i in. 2019b, 2024b; Przepióra 2021; Korczyńska-Cappenberg i in. 2023), jak i na świecie (m.in. Pastre i in. 1991; Litt 1992; Macklin i in. 1992; Mäkel, Zollinger 1995; Herget 1998; Marchetti 2002; Houben i in. 2009; De Milleville i in. 2023). Niejednokrot-

nie zagadnienia te dotyczyły wpływu historycznej działalności przemysłowej, np. hutniczej w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym, na środowisko przyrodnicze (Ciszewski i in. 2017; Ciszewski, Aleksander-Kwaterczak 2020; Faměra i in. 2021) i zachodniej Europie (m.in. Houbrechts i in. 2003, 2020; Houbrechts, Petit 2006; Houbrechts 2007). Na terenie środkowej Europy tematyką historycznego przemysłu metalurgicznego zajmowano się m.in. w Czechach (Hrubý i in. 2021), a także w Polsce (m.in. Klimek, Zawilińska 1985; Rutkiewicz i in. 2019; Kalicki i in. 2019a, b, 2020, 2023; Przepióra 2021; Przepióra i in. 2022). Metalurgia intensywnie rozwijała się od średniowiecza aż do końca XIX w. na obszarze m.in. Staropol-



Original article; Received: 18.07.2024; Revised: 9.09.2024; Accepted: 16.09.2024

© by the author, licensee University of Lodz – Lodz University Press, Lodz, Poland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license CC BY-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

skiego Okręgu Przemysłowego (Radwan 1963; Zieliński 1965; Bielenin 1992). Na terenie Polski działalność metalurgiczna sięgała jeszcze czasów prehistorycznych. Pozostałości najstarszego przemysłu hutniczego (kloce żużli dymarskich) na obszarze kraju odkryto m.in. na Wyżynie Kieleckiej (Orzechowski 2007, 2013; Janiec, Kardyś 2021), a w ostatnich latach znajdowano również ślady dymarstwa w mniejszych eksklawach oddalonych na północ i południowy zachód od głównego ośrodka piecowego.

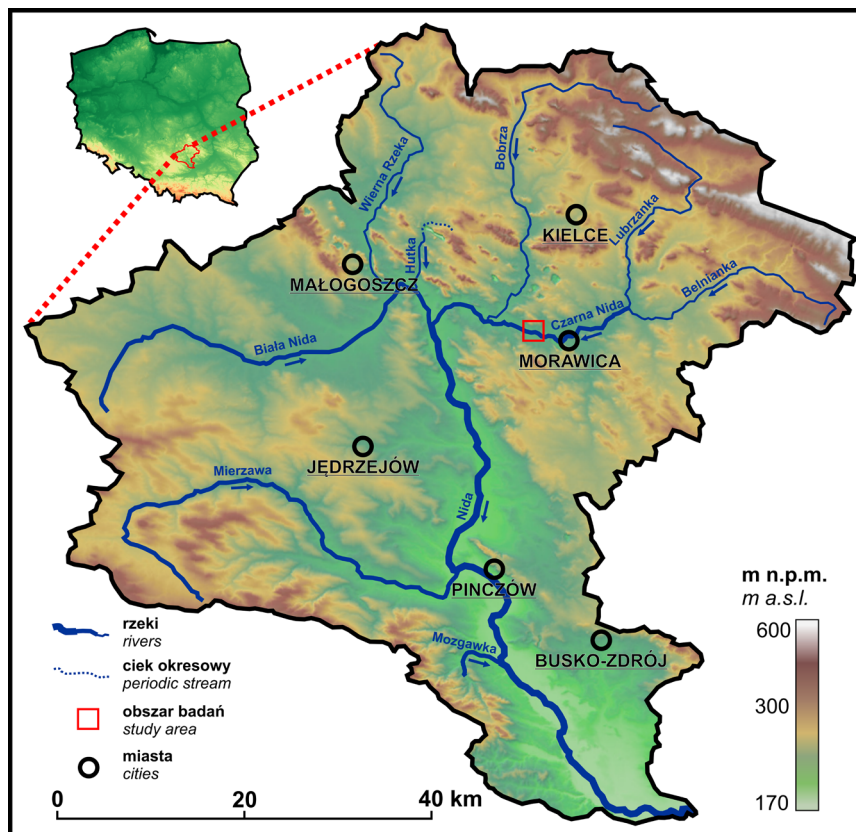
Doskonałym przykładem takiej eksklawy jest nadnidziański ośrodek dymarski kultury przeworskiej, który zlokalizowany był głównie w dolinie Czarnej Nidy (Przychodni 2002, 2006). Dotychczasowe wyniki badań paleogeograficznych umożliwiły częściową rekonstrukcję ewolucji doliny Czarnej Nidy w późnym glacie i holocenie (Krupa 2013, 2015), ze szczególnym uwzględnieniem okresu funkcjonowania tej eksklawy. Na przełomie subboreału i subatlantyku rozpoczęła się faza erozji Czarnej Nidy, która swoje maksimum osiągnęła około 2500 BP. Rozwój nadnidziańskiego regionu dymarek w dolnych biegach i międzyrzeczu Białej Nidy i Czarnej Nidy przyczynił się do stosunkowo intensywnego przekształcenia środowiska w tej części dorzecza. Spowodowało to intensyfikację procesów fluwialnych, lateralną migrację koryt (czarne dęby w aluwiach) i formowanie nowych serii (włóżeń) aluwiów z pozostałościami po hutnictwie i obróbce żelaza (żużle dymarskie), a odlesienie związane z produkcją węgla drzewnego wykorzystywanego w procesie wytopu powodowało uruchamianie procesów

eolicznych i tworzenie gleb kopalnych (Krupa 2013, 2015).

Wprowadzone kilka lat temu na wybranych rzekach regionu świętokrzyskiego nowe metody badawcze, m.in. wykrywanie żelaznych mikroartefaktów, umożliwiły rozpoznanie zmian w osadach spowodowanych dawną aktywnością metalurgiczną, zarówno pradziejową (Kalicki i in. 2021, 2023; Przepióra, Kalicki 2024), jak i historyczną (Przepióra 2021; Przepióra i in. 2022; Kalicki i in. 2023). Wykrycie mikroskopijnych artefaktów związanych z prehistoryczną aktywnością dymarską w dorzeczu Nidy (Przepióra i in. 2023; Kalicki i in. 2024ab) otwiera nowe możliwości interpretacyjne w przemianach poszczególnych komponentów środowiska przyrodniczego i umożliwia weryfikację dotychczasowych wyników.

2. Lokalizacja i charakterystyka fizycznogeograficzna obszaru

Czarna Nida jest meandrującą rzeką trzeciego rzędu, która swoje źródła ma na południowych stokach głównego Pasma Łysogórskiego i po połączeniu z Białą Nidą daje początek Nidzie (rys. 1). Rzeka ma długość 63,8 km, a jej zlewnia powierzchnię 1224,1 km² (Rzepa 1992). Badany odcinek Czarnej Nidy znajduje się w granicach makroregionu Wyżyny Kieleckiej (342.3), mezoregionu Gór Świętokrzyskich (342.34-35) (Kondracki 1977; Solon i in. 2018) na ok. 16 km biegu rzeki w jej środkowym odcinku w pobliżu miejscowości Łaziska i Ostrów (woj. świętokrzyskie).

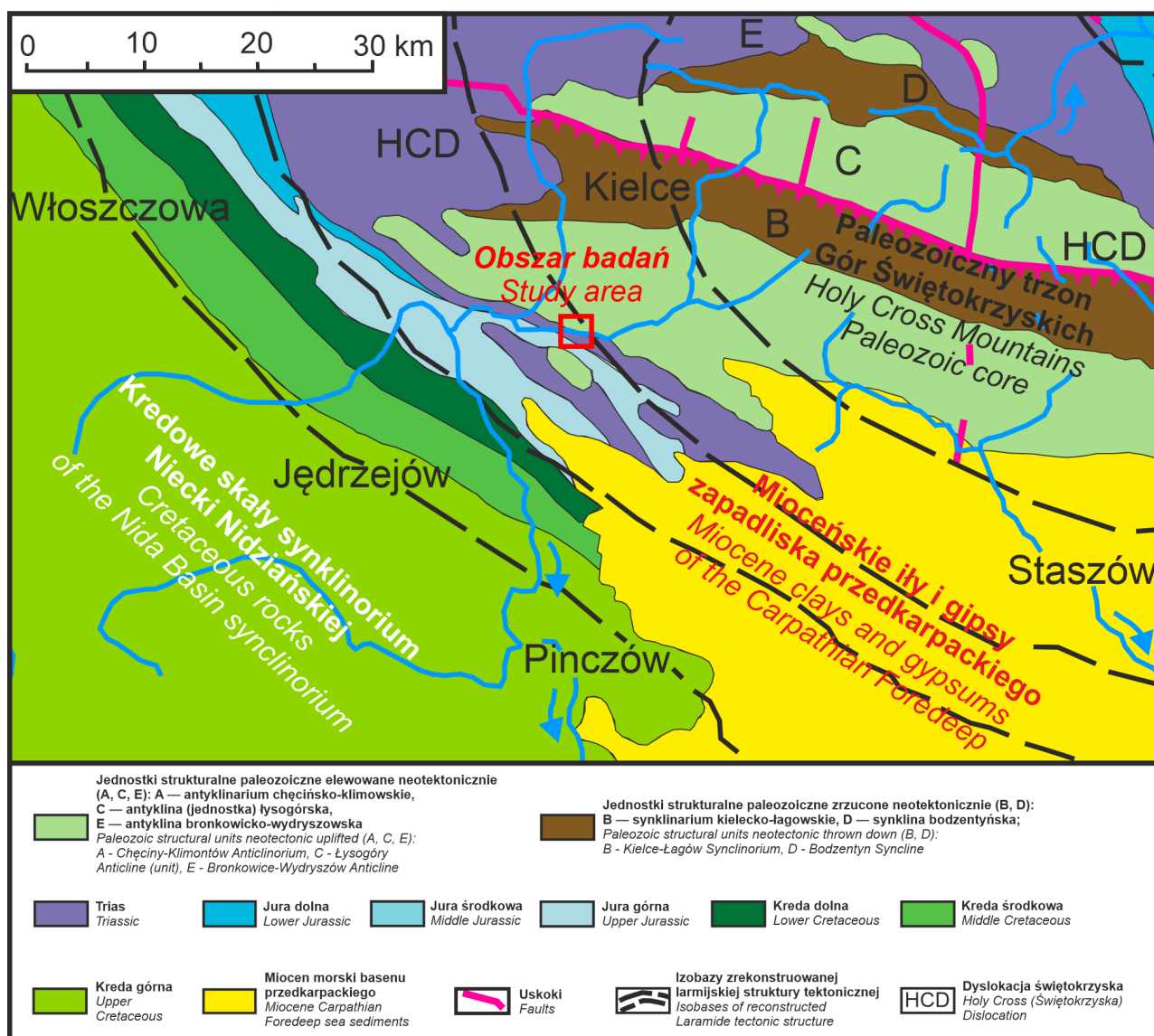


Rys. 1. Obszar badań na numerycznym modelu terenu (NMT) zlewni Nidy (<http://geoportal.gov.pl>)

Fig. 1. Study area on digital elevation model (DEM) of Nida catchment area (<http://geoportal.gov.pl>)

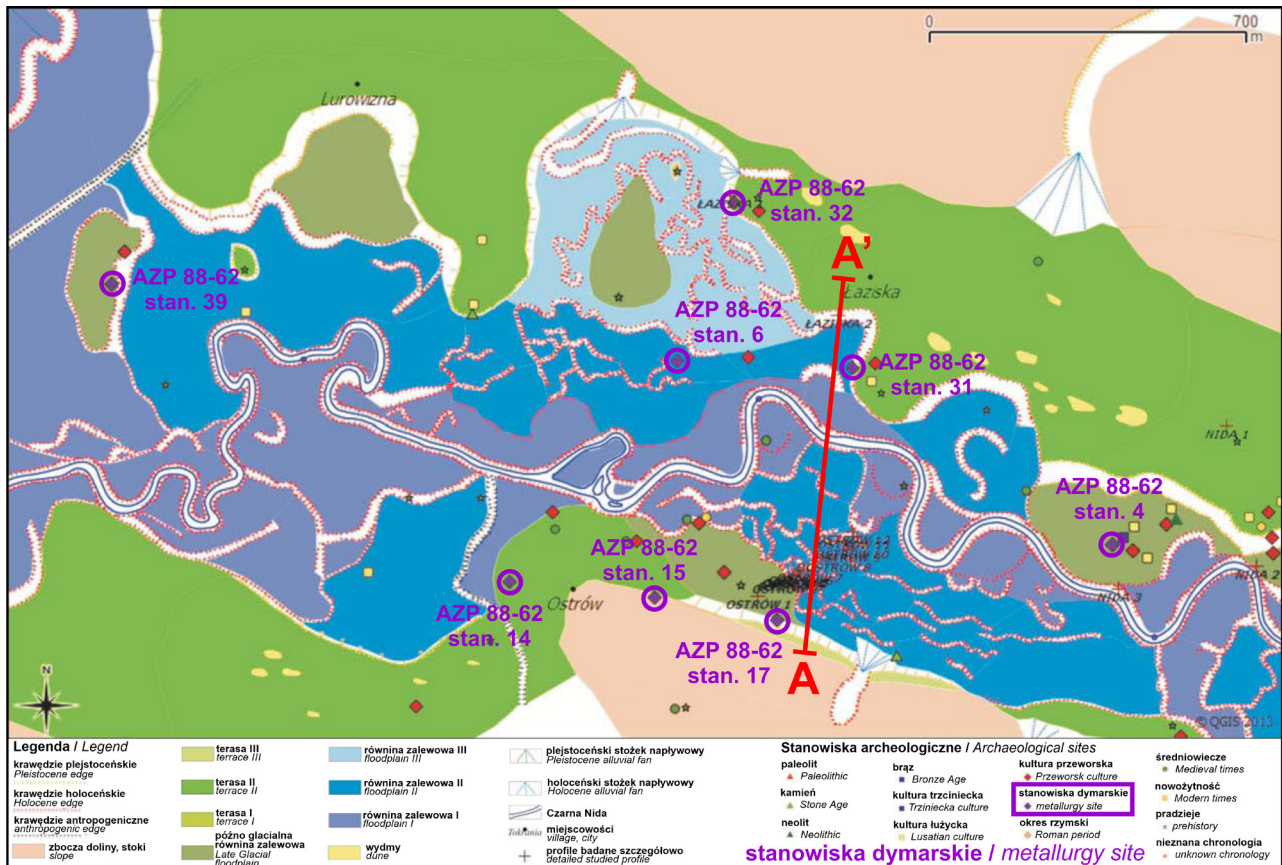
Północna część zlewni Czarnej Nidy znajduje się w obrębie paleozoicznego trzonu Gór Świętokrzyskich, a południowo-zachodnia, gdzie zlokalizowane jest opisywane stanowisko, w permsko-mezozoicznym obrzeżeniu (Kowalski 2002; Krupa 2013, 2015) (rys. 2). Dolina Czarnej Nidy ukształtowała się niezależnie od odporności skał podłoża, po których płynie rzeka i wykształciła się na monoklinalnie nachylonej powierzchni strukturalnej. Rzeka nie wykorzystuje obniżień pomiędzy pasmami i płynie licznymi przetłoczeniami epigenetycznymi powstałymi pomiędzy twardejczkowymi wzniesieniami o różnej odporności skał (Krupa 2013, 2015).

W badanym odcinku doliny występują trzy poziomy terasy plejstoceny, częściowo zwydmione. Równina zalewowa składa się z różnowiekowych włożeń, jednego późnoglacialnego z wielkimi paleomeandrami oraz trzech holoceny z małymi paleomeandrami i starorzeczami systemu anastomozującego (Krupa 2013, 2015) (rys. 3). Rzeka obecnie meandruje, płynąc ze wschodu na zachód, a na krótkich odcinkach pojawia się system dwukorytowy współczesnych anastomoz, np. poniżej badanego odcinka przy ujściu Bobrzy do Czarnej Nidy koło Wolicy.



Rys. 2. Rekonstrukcja laramijskiej morfostruktury świętokrzyskiego odcinka wału śródpolskiego na tle przedczwartorzędowej budowy geologicznej (Kowalski 2002, uzupełnione)

Fig. 2. Reconstruction of the Laramide morphostructure of the Świętokrzyskie section of the Mid-Polish Anticlinorium on the pre-Quaternary basement (Kowalski 2002, supplemented)



Rys. 3. Mapa geomorfologiczna doliny Czarnej Nidy koło Łaziska i Ostrowa, rozmieszczenie stanowisk dymarskich (Krupa 2015) oraz przekrój poprzeczny A–A' (patrz rys. 6)

Fig. 3. Geomorphological map of the Czarna Nida valley near Łaziska and Ostrów and the location of bloomery sites (Krupa 2015) and cross-section A–A' (see fig. 6)

W dolinie Czarnej Nidy w subatlantyku na badanym odcinku rzeka miała rozwinięcie anastomozujące. Wyniki dotychczasowych badań nie potwierdziły, by było to uwarunkowane działalnością człowieka (Krupa 2013, 2015), m.in. zlokalizowanej tu w okresie rzymskim eksklawy nadnidziańskiego regionu metalurgicznego (Przychodni 2002, 2006) (rys. 4). Dotychczas nie rozpoznano tu śladów wzrostu aktywności fluwialnej w okresie rzymskim, która mogłaby być wywołana aktywnością prehistorycznego hutnictwa żelaza, a wyraźny wzrost tempa sedymentacji odnotowany został dopiero w średniowieczu (Krupa 2013, 2015). Późniejsza aktywność hutnicza z okresu średniowiecza i nowożytności, typowa dla Staropolskiego Okręgu Przemysłowego na obszarze Czarnej Nidy, nie została udokumentowana (Bielenin 1992).

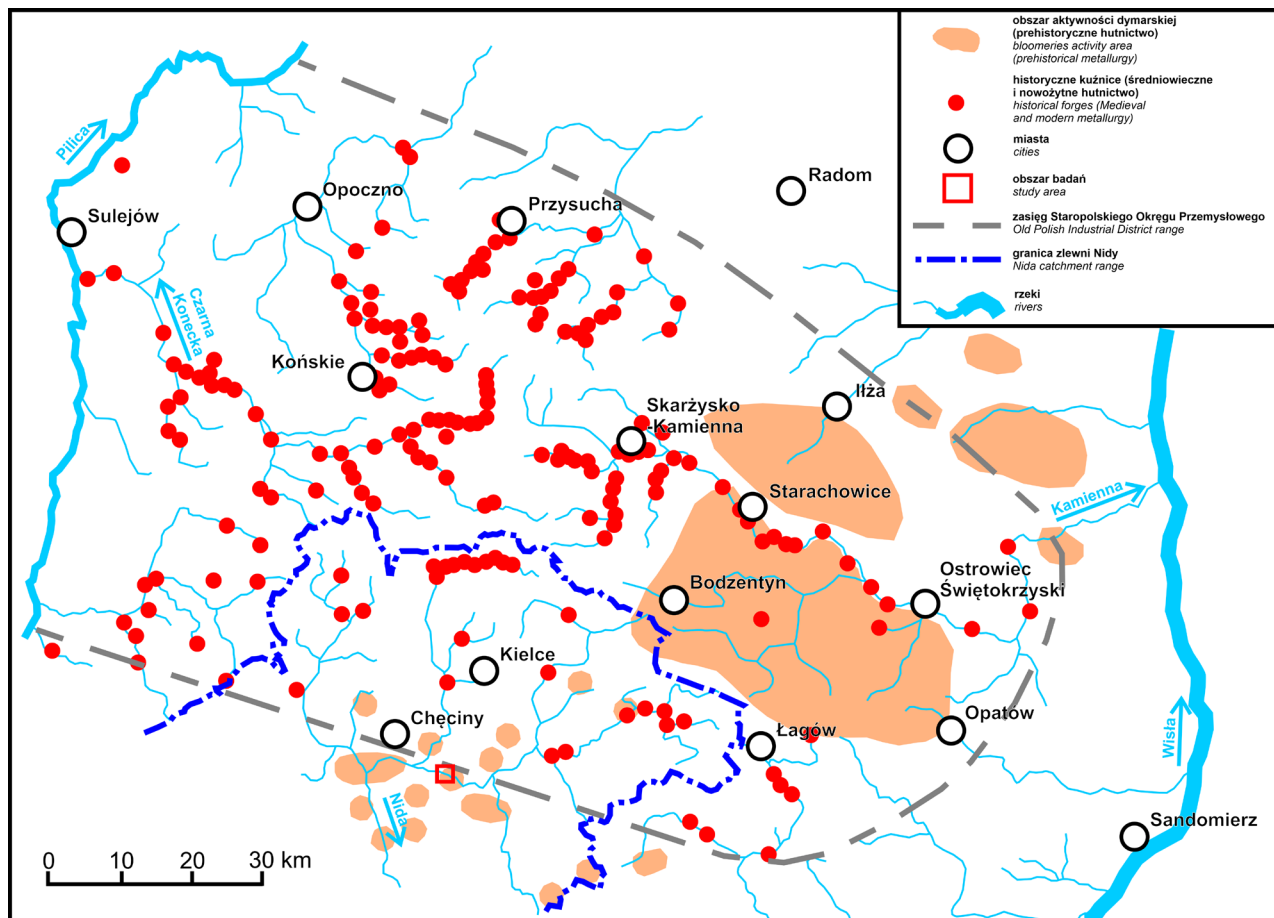
Żuźle dymarskie w dorzeczu Czarnej Nidy znajdowano przeważnie na polach uprawnych, nieużytkach oraz pastwiskach i zdecydowanej większości z tych stanowisk przypisano charakter produkcyjny (rys. 5). Zapleczem osadniczym dla działalności metalurgicznej były 3 osady kultury przeworskiej. W ramach badań powierzchniowych Archeologicznego Zdjęcia Polski (AZP), w 2004 roku na obszarze badań stwierdzono występowanie fragmentów żuźli oraz ślady osadnictwa prehistorycznego (Przychodni

2002, 2006). Stanowiska archeologiczne po obu stronach doliny koło Łaziska, w tym oddalone o zaledwie kilkanaście metrów od linii przekroju badawczego AZP 88-62 stan. 31 oraz AZP 88-62 stan. 17, oznaczono jako ślad produkcji dymarskiej (rys. 3) (Krupa 2013; <http://zabytek.pl>).

3. Cel i metody badań

Celem artykułu jest rozpoznanie i interpretacja śladów aktywności metalurgicznej w aluwjach Czarnej Nidy w pobliżu miejscowości Łaziska i Ostrów przy użyciu metody separacji magnetycznych sferulek – *Magnetic Spherule Separation* (MSS). Metoda ta stosowana jest w analizach pozostałości działalności metalurgicznej w aluwjach rzek europejskich (m.in. Richardeau 1977; Houbrechts i in. 2020), a od niedawna również świętokrzyskich (Przepióra i in. 2022; Kalicki i in. 2023; Przepióra, Kalicki 2024). Materiały archeologiczne badanego obszaru wskazują na występowanie tu pradziejowej eksklawy dymarstwa świętokrzyskiego, jednak ślady działalności metalurgicznej nie zostały dotychczas rozpoznane w aluwjach.

Do uzyskania wyników wykorzystano szereg metod terenowych, laboratoryjnych i kameralnych.



Rys. 4. Lokalizacja obszaru badań w granicach Staropolskiego Okręgu Przemysłowego (SOP) według Radwana (Bielenin 1992, uzupełnione)

Fig. 4. Location of the study area in the boundaries of the Old Polish Industrial District (OPID) by Radwan (Bielenin 1992, supplemented)



Rys. 5. Obszar badań i rozmieszczenie stanowisk dymarskich (czerwone kropki) w nadnidziańskim rejonie metalurgicznym z okresu rzymskiego (według Przychodni 2006)

Fig. 5. Study area and location of bloomer sites (red dots) in the Nida metallurgical region from the Roman period (by Przychodni 2006)

Metody terenowe

- odwierty i profile (18 wierceń i 1 odsonięcie przy korycie rzeki) geologiczne (wiertnia ręczna Eijkelkamp oraz Instorf) wykonane na równinie zalewowej pomiędzy Ostrowem a łąziskami w celu weryfikacji uzupełnienia dotychczasowego stanu badań (Krupa 2013, 2015).

Metody laboratoryjne

- analiza granulometryczna 135 próbek osadów mineralnych metodą sitową (zestaw sit 2800-63 μm wraz z wytrząsarkami laboratoryjnymi firmy Retsch oraz

Morek-Multiserw) i laserową (laserowy analizator wielkości cząstek Mastersizer 3000) wraz z wyciezeniem statystycznych parametrów uziarnienia Folk-Warda (1957) przy użyciu programu GRANULOM;

- analiza zawartości substancji organicznej w 36 próbkach metodą strat prażenia (Piec komorowy SNOL 30/1100 LSF01) przez 8, 5 i 3 godziny w temp. 550°C przy temperaturze suszenia 60°C – według DIN 18128: 1990-11 (Łądkiewicz i in. 2017);
- separacja magnetycznych sferulek (produkt odpadowy procesu obróbki i kucia żelaza) oraz mikroskopijnych fragmentów żużla (produkt odpadowy procesu wytopu żelaza) z osadów pozakorytowych przy użyciu zestawu sit 200-63 μm oraz chwytnika magnetycznego. Dla wszystkich 171 próbek wykonano analizę na sucho, a dla 36 próbek o większej zawartości materii organicznej również z użyciem wody (m.in. Houbrechts i in. 2020; Przepióra i in. 2021);
- analiza mikrożużli (fragmentów żużli <0,5 cm) (Houbrechts i in. 2020) z wykorzystaniem mikroskopu z cyfrowym aparatem (mikroskopy Nikon SMZ800 i Y-TV55, oświetlenie schott KL 1600 led, Kamera Nikon DSFi3, oprogramowanie NIS Elements D5.20.01, Okulary Nikon C-W 10xB/22. Tuba Nikon WD70, powiększenie 1, 2, 3, 4, 5, 6, 3).

Metody kameralne

- kwerenda materiałów archiwalnych: mapy geomorfologicznej (Krupa 2013, 2015), przekrojów geologicznych (Krupa 2013, 2015), datowań ^{14}C (Przychodni 2002, 2006; Krupa 2013, 2015; Kalicki i in. 2016) i Archeologiczne Zdjęcie Polski (AZP) (Przychodni 2002, 2006; Krupa 2013, 2015; <http://zabytek.pl>);
- kalibracja dat ^{14}C z użyciem programu OxCal v.4.4.4 (data ostatniej aktualizacji: 25.06.2024) (Bronk Ramsey 2021) według krzywej kalibracyjnej IntCal20 (Reimer i in. 2020) o dokładności kalibracji 95,4% (tab. 1);
- udokumentowanie zmian sedymentacyjnych z użyciem kodów litogenetycznych i litofacjalnych (według Zielińskiego 2014) dla profilu CN9;
- opracowanie graficzne profili, przekrojów oraz map tematycznych (GRANULOM, CorelDraw, QGIS, <http://geoportal.gov.pl>).

Tabela 1. Archiwalne datowania radiowęglowe wraz z kalibracją

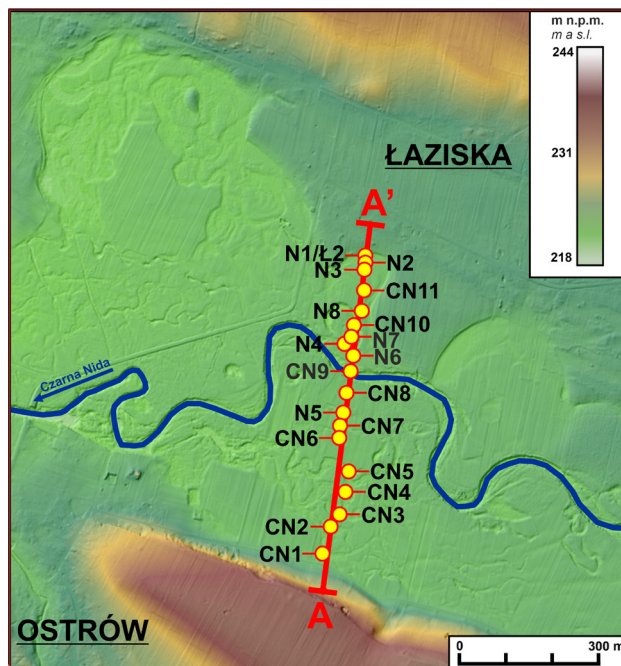
Table 1. Archival radiocarbon dating with calibration

Źródła <i>Sources</i>	Archiwalne daty radiowęglowe <i>Archival radiocarbon dates</i>	Kalibracja OxCal 4.4.4 (dokładność 95,4%) <i>OxCal 4.4.4 calibration (95.4% accuracy)</i>
Krupa 2013, 2015	4490 ± 90 BP	3491–2914 BC
Krupa 2013, 2015	4150 ± 90 BP	2907–2476 BC
Przychodni 2002	2145 ± 70 BP	384 BC–5 AD
Przychodni 2002	2120 ± 70 BP	366 BC–21 AD
Przychodni 2002	1960 ± 70 BP	107 BC–236 AD
Przychodni 2002	1915 ± 70 BP	49 BC–316 AD
Przychodni 2002	1590 ± 70 BP	261–634 AD
Przychodni 2002	1510 ± 70 BP	421–651 AD
Krupa 2013, 2015	1740 ± 40 BP	241–407 AD
Krupa 2013, 2015	1415 ± 70 BP	440–775 AD
Kalicki i in. 2016	1190 ± 35 BP	706–972 AD
Krupa 2013, 2015	600 ± 50 BP	1293–1421 AD

4. Wyniki badań

Obszar koło Łazisk i Ostrowa był objęty wcześniejszymi badaniami paleogeograficznymi, co pozwoliło ustalić budowę i wiek włożeń składających się na równinę zalewową Czarnej Nidy (Krupa 2013, 2015; Kalicki i in. 2016). W celu nawiązania do wyników wcześniejszych badań (rys. 3), wykonano w tym samym miejscu przekrój geologiczny A–A' przecinający szeroką na ok. 650 m równinę zalewową Czarnej Nidy o przebiegu S–N. Przecina on wszystkie różnowiekowe włożenia rozpoznane przez Krupę (2013, 2015), z których pobrano próbki na analizy sedymentologiczne i występowanie w aluwach mikroskopijnych żużli i sferulek (rys. 6).

W lewobrzeżnej, południowej części równiny zalewowej występują liczne, różnowiekowe (okres rzymski i średniowiecze) starorzecza systemu anastomozującego (rys. 7A, 7B). Wypełniają je osady drobnoziarniste, przeważnie piaski zailone i mułki piaszczyste ($M_z = 3,0–5,0 \phi$).



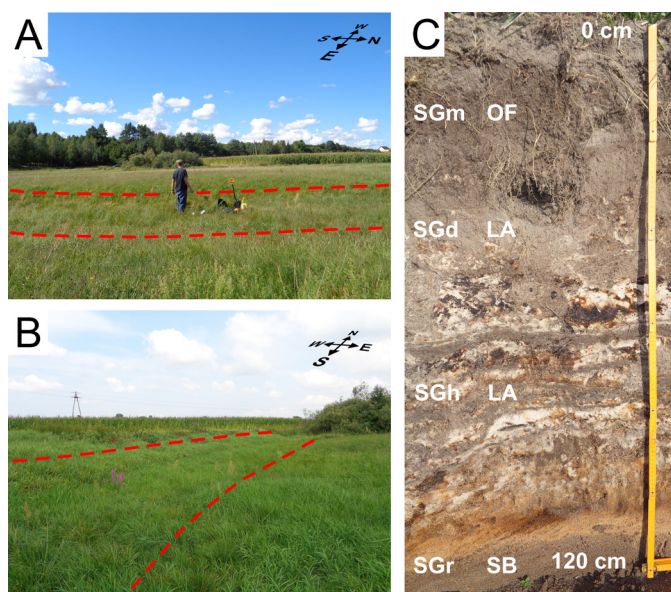
Rys. 6. Profile, odwierty oraz przekrój poprzeczny A–A' dna doliny Czarnej Nidy koło Łazisk i Ostrowa na NMT (<http://geoportal.gov.pl>)

Fig. 6. Profiles, drillings and cross-section A–A' of the Czarna Nida valley bottom near Łaziska and Ostrów on DTM (<http://geoportal.gov.pl>)

Wysortowanie osadów budujących tę część równiny zalewowej (profile CN1–CN5) waha się od dobrego dla piasków do słabego przy większej domieszce w osadach frakcji ilasto-pylastych ($\sigma_i = 0,4–1,9$). Bliżej współczesnego koryta rzeki (profile CN6–CN8 i N5) w aluwach z ostatnich stuleci pojawiają się włożenia piaszczyste i piaszczysto-żwirowe ($M_z = 1,2–1,9 \phi$), przeważnie wypełniające kolejne, niedatowane starorzecza. Wysortowanie tych osadów jest umiarkowane i słabe ($\sigma_i = 0,8–1,5$) (rys. 8).

Najmłodsze włożenie na prawym brzegu obecnego koryta rzeki (profil CN9) reprezentują przeważnie poziomy piaszczystej formy dna i przyrostu bocznego przykryte osadami pozakorytowymi (rys. 7C). Są one zbudowane z osadów z wyraźną domieszką frakcji gruboziarnistej, głównie piasków z pojedynczymi żwirami i piasków zailonych ze żwirami ($M_z = 0,4–2,7 \phi$), a ich wysortowanie w zależności od zawartości osadów gruboklastycznych, waha się pomiędzy dobrym a słabym ($\sigma_i = 0,4–1,6$) (rys. 8). Dalej na północ, równinę zalewową (profile N6, N7, N8 i CN11) budują piaski zailone ($M_z = 2,8–3,5 \phi$), słabo wysortowane ($\sigma_i = 1,1–2,0$) oraz ropy zapiaszczone ($M_z = 4,0–4,7 \phi$) również słabo wysortowane ($\sigma_i = 1,7–1,8$). Ta część równiny zalewowej była kształtowana przez rzekę meandrującą, o czym świadczą zachowane tu paleomeandry (profile N4 i CN10) wypełnione piaskami zailonymi ($M_z = 2,1–3,4 \phi$), przeważnie o słabym wysortowaniu ($\sigma_i = 1,5–2,0$) oraz mułkami zapiaszczonymi ($M_z = 3,8–4,0 \phi$) i ropy ($M_z = 5,2 \phi$), również słabo wysortowanymi ($\sigma_i = 1,4–1,8$) (rys. 8).

Najdalej na północ, pod krawędzią terasy młodoplejstocennej położony jest subborealny (4490 ± 90 BP cal. 3400–2900 BC i 4150 ± 90 BP cal. 2910–2480 BC) paleo-



Rys. 7. Widok na lewobrzeżną, południową część równiny zalewowej Czarnej Nidy w pobliżu łąziska i Ostrowa z widocznymi starorzeczami z okresu rzymskiego CN1 (A) (fot. Ł. Podrzycki 2022) i średniowiecza CN3 (B) (fot. P. Przepióra 2022) oraz odsłonięcie CN9 piaszczysto-żwirowych osadów z redeponowanymi mikrosferulkami żelaznymi (C) (fot. P. Przepióra 2022).

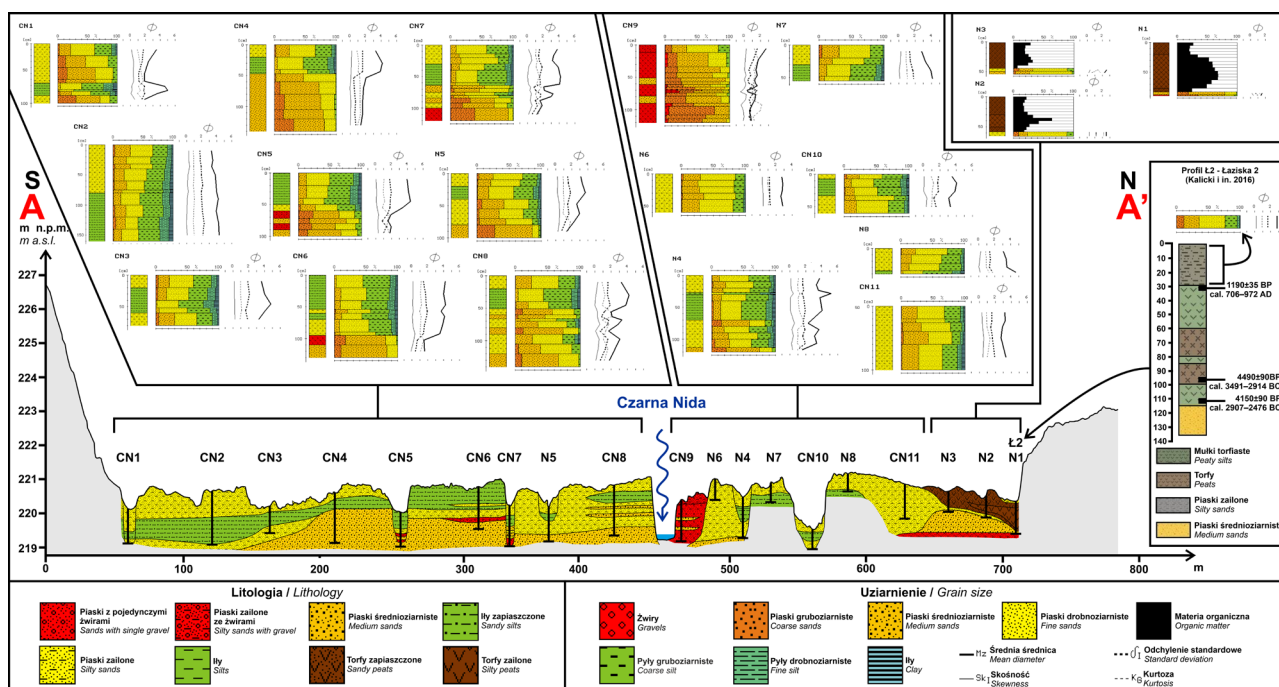
Kody litofacialne: SGd – piasek żwirowy, struktura zaburzona, SGh – piasek żwirowy, warstwowanie poziome, SGm – piasek żwirowy, struktura masywna, SGr – piasek żwirowy, przekątna laminacja riplemarkowa.

Kody litogenetyczne: LA – osad przyrostu bocznego, OF – osady pozakorytowe (piaski zailone z pojedynczymi żwirami), SB – piaszczysta forma dna (piaski z pojedynczymi żwirami) (według Zielińskiego 2014)

Fig. 7. View of the left-bank, southern part of the Czarna Nida floodplain near łąziska and Ostrów with visible oxbow lakes from the Roman period CN1 (A) (photo by Ł. Podrzycki 2022), the Middle Ages CN3 (B) (photo by P. Przepióra 2022) and the outcrop of CN9 sandy gravel sediments with redeposited iron microspherules (C) (photo by P. Przepióra 2022).

Lithofacial signatures: SGd – gravelly sand, deformed, SGh – gravelly sand, horizontal lamination, SGm – gravelly sand, massive structure, SGr – gravelly sand, ripple cross-lamination.

Lithogenetical signatures: LA – lateral accretion deposits, OF – overbank sediments (silty sands with single gravels), SB – sandy bedform (sands with single gravels) (by Zieliński 2014)



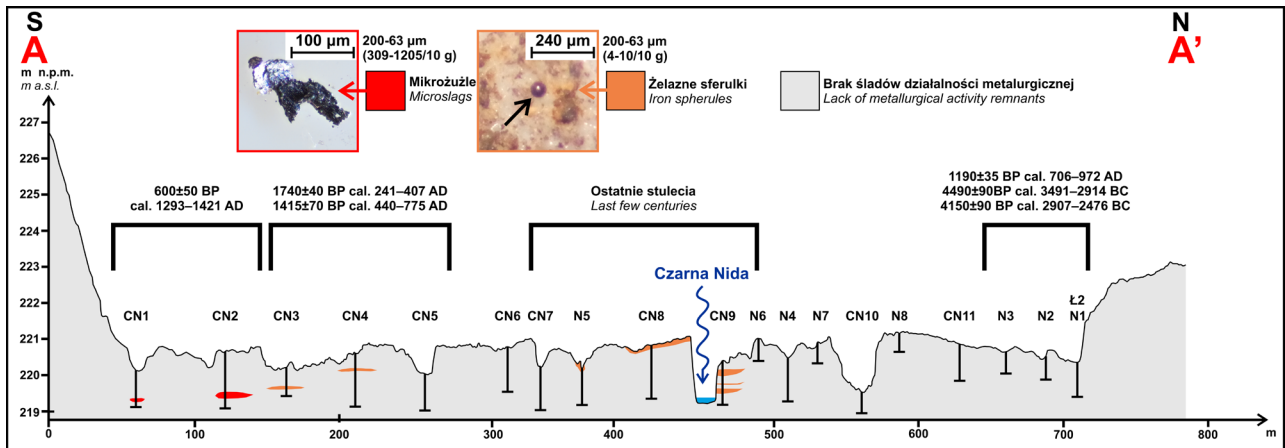
Rys. 8. Przekrój geologiczny A–A’ łąziska–Ostrów oraz litologia, uziarnienie, zawartość materii organicznej, wskaźniki uziarnienia Folk-Warda (1957) badanych profili i wcześniejszy profil łąziska 2 (Kalicki i in. 2016)

Fig. 8. Geological cross-section A–A’ łąziska–Ostrów and lithology, grain size, organic matter content, Folk-Ward (1957) grain size parameters of study profiles and earlier published łąziska 2 profile (Kalicki et al. 2016)

meander (profile N1–3 i ł2) wypełniony torfami zapiaszczonymi i torfami zailonymi (popielność 30–70%). Lokalnie (profile N1 i ł2 – łąziska 2) narastanie torfów zostało przerwane w ostatnim milenium (1190 ± 35 BP cal. 765–902 AD) przez akumulację osadów klastycznych (Mz = 2,8 φ) o słabym wysortowaniu (σ₁ = 1,6) (Kalicki i in. 2016) (rys. 8, 9).

W osadach równiny zalewowej występuje bardzo mało ferromagnetycznych mikrosferulek. Pojedyncze sferulki (200–63 μm) wykryto tylko w profilach CN3 (52–60 cm),

CN4 (40–47 cm), N5 (0–10 cm), CN8 (0–20 cm) oraz CN9 (22–43, 63–65 oraz 74–90 cm), co po przeliczeniu przez masę próbki ich liczbę oszacowano na 4–10 sztuk na 10 g materiału (rys. 9, tab. 2). Ponadto z osadów w profilach CN1 (77–87 cm) i CN2 (120–140 cm) odseparowano ferromagnetyczne cząstki o wielkości 200–63 μm, w których wykryto dużą liczbę nieregularnych, płaskich, żelaznych łusek (rys. 10A, tab. 2). Przy większym zbliżeniu (6.3–80x) mają one poszarpane, ostre i nieregularne krawędzie (rys. 10B–F).



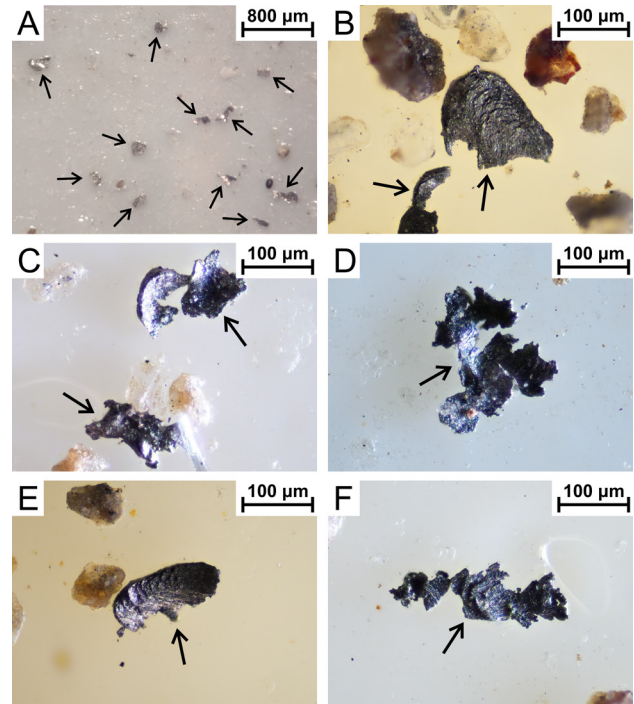
Rys. 9. Rozmieszczenie mikrożuźli (fot. K. Zubek 2024) oraz żelaznych sferulek (fot. P. Przepióra 2022) w aluwium Czarnej Nidy na przekroju A–A' Łaziska–Ostrów wraz z datowaniami włożeń w obrębie równiny zalewowej (Krupa 2013, 2015; Kalicki i in. 2016)

Fig. 9. Distribution of microslags (photo by K. Zubek 2024) and iron spherules (photo by P. Przepióra 2022) in the Czarna Nida alluvium in the Łaziska–Ostrów A–A' cross-section with dating of selected cut and fill of the floodplain (Krupa 2013, 2015; Kalicki et al. 2016)

Tabela 2. Zestawienie uzyskanych wyników analizy separacji mikrożuźli oraz żelaznych sferulek (oprac. autorów)

Table 2. Summary of the obtained results of the microslag and iron spherule separation analysis (authors' work)

Głębokość [cm] <i>Depth [cm]</i>	Waga próbki [g] <i>Sample weight [g]</i>	Liczba mikroartefaktów <i>Number of microartefacts</i>	Liczba na wagę próbki [ms/g] <i>Number per sample weight [ms/g]</i>
Mikrożuźle / Microslags			
CN1			
77–80	1,66	72	434/10 g
80–87	2,46	76	309/10 g
CN2			
120–140	0,88	106	1205/10 g
Sferulki żelaza / Iron spherules			
CN3			
52–60	1,74	1	6/10 g
CN4			
40–47	2,50	1	4/10 g
CN8			
0–20	2,58	1	4/10 g
CN9			
22–34	1,03	1	10/10 g
38–43	1,03	1	10/10 g
63–65	1,01	1	10/10 g
74–79	1,00	1	10/10 g
80–90	1,05	1	10/10 g
N5			
0–10	2,56	1	4/10 g



Rys. 10. Fotografie mikroskopowe (powiększenie 6.3-80x) ferromagnetycznych mikrożuźli wielkości 200–63 µm z aluwium w Łaziskach–Ostrówie (fot. A: P. Przepióra 2023, fot. B–F: K. Zubek 2024)

Fig. 10. Microscopic photographs (magnification 6.3-80x) of ferromagnetic microslags 200–63 µm in size from alluvium in Łaziska–Ostrów (photo A: P. Przepióra 2023, photo B–F: K. Zubek 2024)

5. Dyskusja

Fragment równiny zalewowej koło Łaziska-Ostrowa charakteryzuje duża liczba starorzeczy, a wyniki wcześniejszych badań (Krupa 2013, 2015; Kalicki i in. 2016) pozwalają wyróżnić w jej obrębie cztery różnowiekowe włozenia.

Najstarsza część równiny zalewowej położona jest w skrajnie północnym odcinku przekroju A–A' (profile N1, N2, N3 i Ł2). Znajduje się tu subborealny paleomeander

(Łaziska 2 – rys. 3) wypełniony zapiaszczonymi i zailonymi torfami (rys. 8) datowanymi w spągu na 4490 ± 90 BP cal. 3491–2914 BC i 4150 ± 90 BP cal. 2907–2476 BC (Krupa 2013, 2015), które lokalnie przykryte zostały osadami klastycznymi (piaski zailone) we wczesnym średniowieczu po 1190 ± 35 BP cal. 706–972 AD (Kalicki i in. 2016). Osady z tego paleokoryta zostały poddane separacji magnetycznej żelaznych sferulek zarówno na mokro z wykorzystaniem wody, jak i na sucho, co miało zwiększyć prawdopodobieństwo wykrycia żelaznych mikroartefaktów. Analiza separacji magnetycznej nie wykazała jednak śladów po aktywności metalurgicznej w wypełnieniu paleomeandra, zarówno w starszych, jak i młodszych warstwach osadów (rys. 9) pomimo bezpośredniego sąsiedztwa stanowiska dymarskiego AZP 88–62 stan. 31 na podcinanej terasie (Przychodni 2006; Krupa 2013, 2015) (rys. 3). Przyczyną może być niedoskonałość metody dotychczas wykorzystywanej w analizie osadów mineralnych, a nie organogenicznych. W przypadku stosowania jej w torfach oraz osadach o zwiększonej zawartości organiki, utrudnione jest nie tylko oddzielenie ferromagnetycznych cząstek od pozostałej części próbki, ale również rozpoznanie tych elementów w osadach organogenicznych. Jednak sferulki nie zostały wykryte również w osadach klastycznych z ostatniego Milenium (rys. 9). Może być to związane z linią erozją i krótkim transportem tych osadów. Wskaźniki uziarnienia i ich tylko lokalne występowanie może sugerować, że są to deluwia złożone miejscowo na torfach w starorzeczu u podnóża rozciętej krawędzi piaszczystej terasy i mające jedynie niewielką domieszkę (ok. 25%) drobnofrakcyjnych osadów pozakorytowych (rys. 8). W zawieszaniu najdrobniejszych osadów mogłyby być transportowane sferulki na dłuższym dystansie, w dół biegu rzeki ze stanowisk dymarskich położonych w wyższej części zlewni (rys. 5). Równocześnie liniśnie rozcinane głębsze warstwy piasków terasy nie zawierały sferulek, więc nie mogły być źródłem pozostałości dawnej działalności metalurgicznej. Powstałe w trakcie produkcji i obróbki rudy żelaza mikrosferulki mogą być transportowane eolicznie nawet do 10 km (Houbrechts i in. 2020), co mogło spowodować ich brak lub tylko niewielką ilość na powierzchni terasy w bezpośrednim sąsiedztwie stanowiska dymarskiego, położonego na wschód od paleomeandra subborealnego (rys. 3). Przeważające wiatry zachodnie przenosiły je w kierunku wschodnim i dopiero po opadnięciu mogły być redeponowane przez procesy fluwialne w zawieszaniu w dół biegu rzeki i włączane w młodsze aluwia facji pozakorytowej: starorzeczy i równiny zalewowej (rys. 9).

W lewobrzeżnej części równiny zalewowej występują liczne starorzecza rzeki anastomozującej (rys. 6). Tego typu rozwinięcie nie było raczej spowodowane aktywnością człowieka, gdyż systemy wielokorytowe funkcjonowały na Czarnej Nidzie już w eoholocenie, a w rejonie Łazisk i Ostrowa były aktywne w okresie rzymskim aż do średniowiecza, co potwierdzają daty z paleokorytu i aluwiiów korytowych (Krupa 2013, 2015).

Starsze paleokoryta były datowane na okres rzymski: 1740 ± 40 BP cal. 241–407 AD (Ostrów 7 – rys. 3), a detry-

tus z piasków korytowych: 1415 ± 70 BP cal. 440–775 AD (Ostrów 10 – rys. 3). Tę część równiny reprezentują profile CN3, CN4 oraz CN5 (rys. 9). W aluwiach z okresu rzymskiego pojedyncze sferulki żelaza w przedziale wielkości $200\text{--}63\ \mu\text{m}$ wykryto w próbkach z profili CN3 i CN4 (tab. 2). W tym czasie w pobliżu Ostrowa funkcjonowały stanowiska dymarskie, podobnie jak w oddalonej o ok. 6 km w górę rzeki Bilczy (stanowisko Bilcza-Zastawie, rys. 5), gdzie były datowane radiowęglowo węgielki drzewne z pieców dymarskich oraz grób jamowy kultury przeworskiej z Brzegów (Przychodni 2002). Jednak w tej pracy datowania te zostały błędnie skalibrowane, dlatego zostało to przez nas poprawione. Węgielki były datowane na 2120 ± 70 BP cal. 366 BC–21 AD, 1960 ± 70 BP cal. 107 BC–236 AD, 1915 ± 70 BP cal. 49 BC–316 AD, 1590 ± 70 BP cal. 261–634 AD, 1510 ± 70 BP cal. 421–651 AD, a grób jamowy kultury przeworskiej z Brzegów na 2145 ± 70 BP cal. 384 BC–5 AD. Wskazuje to na długotrwałe funkcjonowanie aktywności dymarskiej w czasie rzymskiego optimum klimatycznego (ok. 200 BC–150 AD), chłodniejszego okresu przejściowego (ok. 150–450 n.e., patrz: Harper 2021; Steinhilber i in. 2009, 2012) aż po późnoantyczną małą epokę lodowcową (ok. 450–700 n.e., patrz: Hirschfeld 2006). Uzyskane wyniki analiz ^{14}C z Bilczy korelują z wiekiem starorzecza (Ostrów 7) i aluwiiów korytowych (Ostrów 10) Czarnej Nidy, gdzie stwierdzono występowanie sferulek żelaza. Pochodzą one najprawdopodobniej z pobliskich rzymskich stanowisk dymarskich (rys. 3), natomiast niewielka liczba wykrytych sferulek (tab. 2) jest prawdopodobnie spowodowana okresową lub epizodyczną aktywnością metalurgiczną w nadnidziańskim regionie dymarkowym w długim okresie, co przekłada się również na stosunkowo niewielką liczbę stanowisk produkcyjnych rozpoznanych w dolinie Czarnej Nidy (rys. 5) (Przychodni 2006).

Młodsze starorzecza anastomozują z średniowieczem, z których jedno datowane było na 600 ± 50 BP cal. 1293–1421 AD (Ostrów 3 – rys. 3), znajdują się bliżej lewego zbocza doliny. W średniowiecznych aluwiach najbliższej południowego zbocza doliny i w bezpośrednim sąsiedztwie stanowiska dymarskiego AZP 88–62 stan. 17 (Przychodni 2006; Krupa 2013, 2015) (rys. 3), na głębokościach 77–87 oraz 120–140 cm (profile CN1 oraz CN2) wykryto liczne ferromagnetyczne, spłaszczone cząstki (rys. 9, tab. 2). Przypominają one łuski o nieregularnych kształtach z wyraźnie poszarpanymi, ostrokrawędzistymi brzegami (rys. 10). Można je uznać za mikrozużle, które są półproduktem (odpadem) wytopu i wstępnej obróbki żelaza (Dungworth, Wilkes 2007). W przeciwieństwie do pustych mikrosferulek, mikrozużle nie są transportowane drogą eoliczną, lecz pierwotnie akumulowane (*in situ*) bezpośrednio w sąsiedztwie pieca. Na badanym obszarze rozpoznano ślady wyłącznie pradziejowego hutnictwa, natomiast materiały historyczne nie potwierdzają późniejszej, średniowiecznej oraz nowożytnej aktywności metalurgicznej (m.in. Bielenin 1992) (rys. 4). Wskazuje to na występowanie w średniowiecznych aluwiach redeponowanych fluwialnie żelaznych sferulek oraz mikrozużli z okresu

rzymskiego. Dotychczas redepozycja i włączanie rzymskich artefaktów żelazistych w młodsze osady pozakorytowe została stwierdzona m.in. w dolinie Świśliny (Klatka 1958; Kalicki i in. 2021; Przepióra, Kalicki 2024). Analogiczna sytuacja ma miejsce w międzyczeczu Białej Nidy i Czarnej Nidy, gdzie sferulki mogły być redeponowane ze zlewni Czarnej Nidy i pojedynczych stanowisk dymarskich na wyższych terasach plejstoceny Białej Nidy koło Żernik (Przepióra i in. 2023; Kalicki i in. 2024a). Wzrost aktywności fluwialnej w średniowieczu i czasach nowożytnych był spowodowany narastającą antropopresją oraz licznymi zjawiskami katastrofalnymi w okresie małej epoki lodowej. Również prawdopodobnie w średniowieczu po IX w. intensyfikacja lateralnej migracji koryta miała miejsce po zmianie jego rozwinięcia z anastomozującego na meandrowe (Krupa 2013, 2015).

W najmłodszych osadach w pobliżu współczesnego koryta rzeki wykryto pojedyncze sferulki żelaza. Na lewym brzegu występują w przypowierzchniowych osadach pozakorytowych równiny zalewowej (profil CN8) i wypełnienia starorzecza (profil N5), natomiast na prawym w piaszczysto-żwirowych osadach najmłodszego włożenia (profil CN9) na trzech głębokościach (22–43, 63–65 oraz 74–90 cm) (rys. 9). Są one współcześnie redeponowane z górnej części zlewni, gdzie występują stanowiska dymarskie (Przychodni 2002, 2006) i włączane zarówno w osady korytowe, jak i pozakorytowe. Jednak ich występowanie tylko w przypowierzchniowych warstwach oraz ich brak w dystalnych i starszych, subborealnych częściach równiny zalewowej może wskazywać na to, że współczesne zalewanie dna doliny nie jest związane z wodami wezbraniowymi z koryta, a w znacznym stopniu jest to efekt podtopień wskutek podnoszenia się poziomu wód gruntowych, podobnie jak ma to miejsce w dolinie Nidy (Kalicki, Biesaga 2023) (rys. 7C).

6. Wnioski

Metoda separacji magnetycznych sferulek (MSS) może być skutecznie stosowana w badaniach aluwii rzek, w dolinach których występowało pradziejowe hutnictwo o niewielkiej, okresowej lub nawet epizodycznej aktywności rozciągniętej w długim (kilkusetletnim) okresie i niewielkim zagęszczeniu stanowisk dymarskich, jak miało to miejsce w nadnidziańskim regionie metalurgicznym w okresie rzymskim. Mikroskopijne ślady aktywności hutniczej w aluwii w postaci sferulek żelaznych i mikrożuzli pozwalają na uchwycenie tej działalności, co nie udawało się stosowanymi wcześniej metodami. Umożliwia to zwerifikowanie wyników dotychczasowych badań paleogeograficznych i stratygraficznych.

Sferulki żelazne były pierwotnie deponowane eolicznie i następnie fluwialnie w aluwii rzymskich z pobliskich stanowisk dymarskich w okresie prehistorycznej aktywności metalurgicznej obejmującej kilkusetletni okres (rzymskie optimum klimatyczne-późnoantycznej małej epoki lodowej). Mała skala produkcji rozciągnięta w cza-

sie spowodowała występowanie tylko pojedynczych żelaznych sferulek w osadach.

Po upadku nadnidziańskiego regionu dymarkowego w średniowieczu i czasach nowożytnych, następowała redepozycja rzymskich sferulek żelaznych i mikrożuzli (płaskie łuski o nieregularnych kształtach z wyraźnie poszarpanymi, ostrokrawędzistymi brzegami). Sprzyjał temu wzrost aktywności fluwialnej w średniowieczu i czasach nowożytnych związanych z narastającą antropopresją i zgrupowaniem zjawisk katastrofalnych w czasie małej epoki lodowej, a także intensyfikacja lateralnej migracji koryta po zmianie jego rozwinięcia z anastomozującego na meandrowe (prawdopodobnie w średniowieczu po IX w.). Artefakty żelaziste dostarczały nie tylko pobliskie stanowiska w rejonie łązek i Ostrowa, ale również stanowiska dymarskie położone w górnej części zlewni, gdyż długość transportu fluwialnego mogła wynosić wiele kilometrów, czego dowodzą wyniki badań z międzyczeczu Białej Nidy i Czarnej Nidy. Sferulek nie wykryto natomiast w osadach klastycznych w subborealnym paleomeandrze znajdującym się w bezpośrednim sąsiedztwie jednego ze stanowisk dymarskich, które przerwały lokalnie narastanie torfów w ostatnim Mileniu. Te piaszczyste deluwia z niewielką domieszką drobnofrakcyjnych osadów pozakorytowych pochodzą prawdopodobnie z linijnie rozcinanej krawędzi terasy. Głębsze warstwy piasków tej terasy nie zawierają mikro-sferulek, a zawieszinowe osady powodziowe nie dostarczyły sferulek z położonych w górę biegu rzeki stanowisk dymarskich.

Rozprzestrzenienie sferulek w najmłodszych osadach pozakorytowych tylko w bezpośrednim sąsiedztwie koryta Czarnej Nidy (część proksymalna równiny zalewowej) wskazuje na to, że współczesne powodzie w dnie doliny nie są efektem występowania wód wezbraniowych z koryta, ale w dużym stopniu podtopieniami obszarów dystalnych wskutek podnoszenia się poziomu wód gruntowych.

Podziękowania

Szczególne podziękowania autorzy kierują do Pani prof. dr hab. Renaty Piwowarczyk, Kierownika Centrum Badań i Ochrony Różnorodności Biologicznej UJK za możliwość przeprowadzenia analiz z wykorzystaniem urządzeń mikroskopowych.

7. Literatura

- Bielenin K. 1992. Starożytne górnictwo i hutnictwo żelaza w Górach Świętokrzyskich. Kieleckie Towarzystwo Naukowe 268, Kielce.
- Bronk Ramsey C. 2021. OxCal v.4.4.4. <https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>
- Ciszewski D. 2006. Wpływ regulacji koryta Odry na akumulację osadów zanieczyszczonych metalami ciężkimi: Zróżnicowanie, zmiany w czasie, zagrożenie środowiskowe. *Studia Naturae* 52, Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- Ciszewski D., Aleksander-Kwaterczak U. 2020. Metal Mobility in a Mine-Affected Floodplain. *Minerals* 10(9): 814. <https://doi.org/10.3390/min10090814>
- Ciszewski D., Kucha H., Skwarczek M. 2017. Minerale autigeniczne i osady w strefie hyporeicznej aluwii Białej Przemszy zanieczyszczonej przez górnictwo rud metali. *Przegląd Geologiczny* 65(10/1): 650–666.

- De Milleville L., Lespez L., Gauthier A., Gob F., Vermoux C., Saulnier-Copard S., Fichet V., Letourneur M., Jugie M., Garcia M., Tachikawa K., Tales E. 2023. Three thousand years of anthropogenic impact and water management and its impact on the hydro-ecosystem of the Méranaise river, Paris conurbation (France). *Quaternary Science Reviews* 307: 108066. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2023.108066>
- Dobrzańska H., Kalicki T. 2003. Człowiek i środowisko w dolinie Wisły koło Krakowa, w okresie od I do VII w. n.e. *Archeologia Polski* 68(1–2): 25–55.
- Dungworth D., Wilkes R. 2007. An investigation of hammerscale: Technology report. Research Department Report 26.
- Fajer M. 2018. Changes in river channel pattern as a result of the construction, operation and decommissioning of watermills – the case of the middle reach of the River Liswarta near Krzepice, Poland. *Environmental & Socio-economic Studies* 6(1): 25–37. <https://doi.org/10.2478/environ-2018-0004>
- Faměra M., Grygar T.M., Ciszewski D., Czajka A., Álvarez-Vázquez M.A., Hron K., Fačevicová K., Hýlová V., Tůmová Š., Světlík I., Zimová K., Dvořáková K., Szypuła B., Hošek M., Henych J. 2021. Anthropogenic records in a fluvial depositional system: The Odra River along the Czech-Polish border. *Anthropocene* 34: 100286. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2021.100286>
- Folk R.L., Ward W.C. 1957. Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3–26. <https://doi.org/10.1306/74d70646-2b21-11d7-8648000102c1865d>
- Harper K. 2021. Los Rzymu. Klimat, choroby i koniec imperium. Wydawnictwo Napoleon V, Oświęcim.
- Herget J. 1998. Anthropogenic influence on the development of the Holocene terraces of the river Lippe, Germany, [w:] Benito G., Baker V.R., Gregory K.J. (red.), *Palaeohydrology and environmental change*. Wiley, Chichester: 167–179.
- Hirschfeld Y. 2006. The Crisis of the Sixth Century: Climatic Change, Natural Disasters and the Plague. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* 6: 19–32.
- Houben P., Wunderlich J., Schrott L. 2009. Climate and long-term human impact on sediment fluxes in watershed systems. *Geomorphology* 108(1–2): 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.08.018>
- Houbrechts G. 2007. La sidérurgie proto-industrielle dans le bassin de la Lienne. De la Meuse à l'Ardenne, Entre Ardenne et Meuse ASBL 39: 34–63.
- Houbrechts G., Petit F., Kalicki T. 2003. Metallurgic slags of the last centuries as a tracer in archaeological and palaeogeographical studies in Arden (Belgium). Final Programme and Abstracts of 9th Annual Meeting of European Association of Archaeologists, 10th–14th September 2003, St. Petersburg: 17–18.
- Houbrechts G., Petit F. 2006. Utilisation des microscoories métallurgiques comme traceur de la sédimentation dans les plaines alluviales des rivières ardennaises. *University of Liege*: 95–98.
- Houbrechts G., Petit F., Notebaert B., Kalicki T., Denis A.C. 2020. Microslag as a stratigraphic tracer to quantify floodplain processes (Lienne catchment, Belgium). *Geomorphology* 360. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107166>
- Hrubý P., Kmošek M., Kočárová R., Košťál M. 2021. Medieval mining centre of Buchberg on Bohemian-Moravian Highlands. Metal production in The Kingdom of Bohemia (13th–14th centuries). *Památky Archeologické* 112: 333–384. <https://doi.org/10.35686/PA2021.7>
- Janiec J., Kardyś P. 2021. Baza surowcowa starożytnego hutnictwa regionu świętokrzyskiego – próby innego spojrzenia, [w:] Dąbrowski A., Osiecki J. (red.), *Świętokrzyskie. Środowisko, dziedzictwo kulturowe i edukacja regionalna* 27(31). Wojewódzka Biblioteka Publiczna im. Witolda Gombrowicza w Kielcach: 173–182.
- Kalicki T. 2006. Zapis zmian klimatu oraz działalności człowieka i ich rola w holocenijskiej ewolucji dolin środkowoeuropejskich. *Prace Geograficzne Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN* 204, Warszawa.
- Kalicki T., Biesaga P. 2023. Late Glacial and Holocene evolution of the estuarine section of the Nida River. *Folia Quaternaria* 91: 39–61. <https://doi.org/10.4467/21995923FQ.23.003.19378>
- Kalicki T., Biesaga P., Przepióra P., Grys M., Maturlak M., Biegalska I. 2024a. A record of human activity and cultural changes in the Nida river valley (central Poland) during the Roman period. Abstract book 18th Conference of Environmental Archaeology. Univerzita Hradec Králové, Muzeum východních Čech, Hradec Králové: 32–33.
- Kalicki T., Biesaga P., Przepióra P., Grys M., Maturlak M., Biegalska I. 2024b. Zapis działalności człowieka i zmian kulturowych w dolinie Nidy (środkowa Polska) w okresie wpływów rzymskich. I Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Geośrodowisko – Klimat, Przyroda, Człowiek”, Zakład Badań Geośrodowiska, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyńskiego PAN, Kraków: 26–27.
- Kalicki T., Frączek M., Przepióra P., Kusztal P., Kłusakiewicz E., Małęga E. 2019a. Late Quaternary geomorphology and geoarchaeology in the rivers of the Holy Cross Mountains region, Central Europe. *Quaternary Research* 91(2): 584–599. <https://doi.org/10.1017/qua.2018.55>
- Kalicki T., Krupa J., Pawłowski D., Petr L. 2016. Holocene palaeomeander łożyska 2, [w:] Kalicki T., Frączek M., Przepióra P. (red.), *Evolution of river valleys in Central Europe – Field Guide*, Kielce: 86–87.
- Kalicki T., Przepióra P., Aksamić M., Frączek M., Kłusakiewicz E., Grzeszczyk P. 2019b. Forming and disappearance of small retention system in the postindustrial area – case study from the central section of the Kamionka river valley (Central Poland) since the 18th century. *Acta Geobalcánica* 5(1): 29–34. <https://doi.org/10.18509/AGB.2019.04>
- Kalicki T., Przepióra P., Kusztal P., Chrabąszcz M., Fularczyk K., Kłusakiewicz E., Frączek M. 2020. Historical and present-day human impact on fluvial systems in the Old-Polish Industrial District (Poland). *Geomorphology* 367: 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107062>
- Kalicki T., Przepióra P., Frączek M., Fularczyk K., Żurek K., Pabian G., Podrzycki Ł. 2021. Przystanek 5. Lessy i muły antropogeniczne w Dołach Biskupich, [w:] Fijałkowska-Mader A., Szadkowska K. (red.), *Atrakcje turystyczne gminy Kunów. Przewodnik po ścieżce geoedukacyjnej „Dolina Świślina”*. Stowarzyszenie Witulin nad Świśliną, PiG, Kielce: 58–66.
- Kalicki T., Przepióra P., Kusztal P., Fularczyk K., Houbrechts G. 2023. Microscale iron spherules as a trace of metallurgical activity in Old-Polish Industrial District river valleys. *Miscellanea Geographica* 27(3): 1–7. <https://doi.org/10.2478/mgrsd-2023-0008>
- Klatka T. 1958. Muły antropogeniczne doliny Świślina i ich dynamiczna interpretacja. *Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Wydz. III* 54: 165–187.
- Klimek K. 1988. An early anthropogenic alluviation in the Subcarpathian Oświęcim Basin, Poland. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences* 36(2): 159–169.
- Klimek K. 1996. Aluwia Rudy jako wskaźnik 1000-letniej degradacji Płaskowyżu Rybnickiego, [w:] Kostrzewski A. (red.), *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych, tom II*: 155–166. Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań.
- Klimek K. 2003. Sediment transfer and storage linked to Neolithic and Early Medieval soil erosion in the Upper Odra Basin, southern Poland, [w:] Howard A.J., Macklin M.G., Passmore D.G. (red.), *Alluvial archaeology in Europe*. Balkema, Rotterdam: 251–259.
- Klimek K., Malik I., Owczarek P., Zygmunt E. 2003. Climatic and human impact on episodic alluviation in small mountain valleys, The Sudetes. *Geographia Polonica* 76(2): 55–64.
- Klimek K., Zawilińska L. 1985. Trace elements in alluvia of the upper Vistula as indicators of palaeohydrology. *Earth Surface Processes and Landforms* 10: 273–280. <https://doi.org/10.1002/esp.3290100309>
- Kondracki J. 1977. *Regiony fizycznogeograficzne Polski*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Korczyńska-Cappenberg M., Nowak M., Mueller-Bieniek A., Wilczyński J., Pospuła S., Wertz K., Kalicki T., Biesaga P., Szwarczewski P., Kapcia M., Cappenberg K., Wacnik A., Moskal-del Hoyo M. 2023. Middle Neo-

- lithic agricultural and land-use models in southern Poland: A case-study of the long-term settlement in Mozgawa. *The Holocene* 33(6): 619–635. <https://doi.org/10.1177/09596836231157065>
- Kowalski B. 2002. Geneza układu sieci rzecznej w Górach Świętokrzyskich, [w:] Ciupa T., Kupczyk E., Suligowski R. (red.), *Obieg wody w zmieniającym się środowisku*. Prace Instytutu Geografii Akademii Świętokrzyskiej im. Jana Kochanowskiego w Kielcach 7, Kielce: 315–351.
- Krupa J. 2013. Naturalne i antropogeniczne procesy kształtujące dno doliny Czarnej Nidy w późnym wistulianie i holocenie. *Folia Quaternaria* 81: 5–156.
- Krupa J. 2015. Natural and anthropogenic channel pattern changes in the mid-mountain valley during the Late Glacial and Holocene, Polish Uplands. *Quaternary International* 370: 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.12.045>
- Litt T. 1992. Investigations on the extent of the Early Neolithic settlement in the Elbe-Saale region and on its influence on the natural environment, [w:] Frenzel B. (red.), *Evaluation of land surfaces cleared from forests by prehistoric man in Early Neolithic times and the time of migrating Germanic tribes*. *Paläoklimaforschung* 8, Special Issue: ESF Project European Palaeoclimate and Man 3: 83–91.
- Łądkiewicz K., Wszędzirowy-Nast M., Jaśkiewicz K. 2017. Porównanie różnych metod oznaczania zawartości substancji organicznej. *Przeгляд Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 26(1): 99–107. <https://doi.org/10.22630/PNIKS.2017.26.1.09>
- Macklin M.G., Passmore D.G., Rumsby B.T. 1992. Climatic and cultural signals in Holocene alluvial sequences: The Tyne basin, Northern England, [w:] Needhan S., Macklin M.G. (red.), *Alluvial Archaeology in Britain*. *Oxbow Monograph* 27: 123–139.
- Marchetti M. 2002. Environmental changes in the central Po Plain (Northern Italy) due to fluvial modifications and anthropogenic activities. *Geomorphology* 44(3–4): 361–373. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(01\)00183-0](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00183-0)
- Mäckel R., Zollinger G. 1995. Holocene river and slope dynamics in the Black Forest and Upper Rhine Lowlands under the impact of man, [w:] Hagedorn J. (red.), *Late Quaternary and present-day fluvial processes in Central Europe*. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband* 100: 89–100.
- Michno A. 2013. Age and lithological diversity of floor sediments in the Lower Nidzica Valley in the Małopolska Upland (Southern Poland). *Zeitschrift für Geomorphologie* 57(1): 111–135. <https://doi.org/10.1127/0372-8854/2012/0094>
- Orzechowski S. 2007. Zaplecze osadnicze i podstawy surowcowe starożytnego hutnictwa świętokrzyskiego. *Kieleckie Towarzystwo Naukowe*, Kielce.
- Orzechowski S. 2013. *Region żelaza: Centra hutnicze kultury przeworskiej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach.
- Pastre J.F., Cecchini M., Dietrich A., Fontugne M., Gauthier A., Kuzucoglu C., Leroyer C., Limondin N. 1991. L'évolution Holocene des fonds de vallées au Nord-Est de la région parisienne (France). *Physio-Géo* 22/23: 109–115.
- Przepióra P. 2021. Subatlantyckie przemiany zlewni Kamionki na Wyżynie Kieleckiej, [w:] Kalicki T. (red.), *Geografia–Geoarcheologia, Monografie, T. 1. Ośrodek Badań Europy Środkowo-Wschodniej*, Kielce–Białystok.
- Przepióra P., Kalicki T. 2024. Sedimentological and geochemical traces of metallurgical activity in the Świślina River valley (Central Poland) at the Doły Biskupie site. *Quaternary Research, First View*: 1–11. <https://doi.org/10.1017/qua.2023.61>
- Przepióra P., Kalicki T., Gryś M., Maturlak M., Biegalska I., Zubek K., Podrzycki Ł. 2023. Microscale iron spherules as a trace of former metallurgical activity in Biała Nida and Czarna Nida River valleys (Holy Cross Mts., Poland) – preliminary results, [w:] Dubjelova N., Ivanov M. (red.), *Sbornik abstraktu 28. Kvarter, Ustav geologických ved PrF MU a Ceska geologicka spolecnost, Brno*: 25.
- Przepióra P., Kalicki T., Houbrechts G. 2022. Makro- i mikrożuźle w aluwacjach równiny zalewowej Kamionki koło Jędrowa (Góry Świętokrzyskie) jako wskaźnik dawnej działalności metalurgicznej. *Landform Analysis* 41: 69–83. <https://doi.org/10.12657/landfana-041-005>
- Przychodni A. 2002. Ośrodek starożytnej metalurgii żelaza nad Nidą, [w:] Orzechowski S. (red.), *Hutnictwo świętokrzyskie oraz inne centra i ośrodki starożytnego hutnictwa żelaza na ziemiach polskich*. Kielce: 45–60.
- Przychodni A. 2006. Starożytne hutnictwo nad Nidą jako potencjalna enklawa świętokrzyskiego centrum dymarskiego, [w:] Orzechowski S., Suliga I. (red.), *50 lat badań nad starożytnym hutnictwem świętokrzyskim*. *Archeologia – Metalurgia – Edukacja*, Kielce: 103–123.
- Radwan M.W. 1963. *Rudy, kuźnice i huty żelaza w Polsce*. Warszawa.
- Reimer P., Austin W., Bard E., Bayliss A., Blackwell P., Bronk Ramsey C., Butzin M., Cheng H., Edwards R., Friedrich M., Grootes P., Guilderson T., Hajdas I., Heaton T., Hogg A., Hughen K., Kromer B., Manning S., Muscheler R., Palmer J., Pearson C., van der Plicht J., Reimer R., Richards D., Scott E., Southon J., Turney C., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Capano M., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Reinig F., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon* 62(4): 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Richardeau C. 1977. Distribution des sphérules magnétiques provenant de la sidérurgie liégeoise. *Bulletin de la Société géographique de Liège* 13: 155–165.
- Rutkiewicz P., Malik I., Wistuba M., Osika A. 2019. High concentrations of charcoal hearth remains as legacy of historical ferrous metallurgy in Southern Poland. *Quaternary International* 512: 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.04.015>
- Solon J., Borzyszkowski J., Biłdasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski S., Ziaja W. 2018. Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geographia Polonica* 91(2): 143–170. <https://doi.org/10.7163/GPol.0115>
- Steinhilber F., Beer J., Fröhlich C. 2009. Total Solar Irradiance during the Holocene. *Geophysical Research Letters* 36(19). <https://doi.org/10.1029/2009GL040142>
- Steinhilber F., Abreu J.A., Beer J., Brunner I., Christl M., Fischer H., Heikkilä U., Kubik P.W., Mann M., McCracken K.G., Miller H., Miyahara H., Oerter H., Wilhelms F. 2012. 9,400 Years of Cosmic Radiation and Solar Activity from Ice Cores and Tree Rings. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109: 5967–5971. <https://doi.org/10.1073/pnas.1118965109>
- Zieliński J. 1965. *Staropolskie Zagłębie Przemysłowe*. Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Ossolineum.
- Zieliński T. 2014. *Sedymentologia osadów rzek i jezior*. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Adama Mickiewicza, Poznań. <http://geoportal.gov.pl> [dostęp: 18.07.2024]
- <http://zabytek.pl> [dostęp: 18.07.2024]