

# MIKROPRZESZŁOŚĆ

Badania specjalistyczne w archeologii



pod redakcją  
Aldony Kurzawskiej i Iwony Sobkowiak-Tabaki



WYDZIAŁ  
ARCHEOLOGII

# MIKROPRZESZŁOŚĆ

Badania specjalistyczne w archeologii

pod redakcją

Aldony Kurzawskiej i Iwony Sobkowiak-Tabaki

Poznań 2021

Mikroprzeszłość  
Badania specjalistyczne w archeologii

Recenzje:  
dr hab. Maria Lityńska-Zajac, prof. IAE PAN  
dr hab. Marek Nowak, prof. UJ

Redakcja:  
Aldona Kurzawska  
Iwona Sobkowiak-Tabaka

Opracowanie techniczne i skład komputerowy:  
Bartłomiej Gruszka

Korekta językowa:  
Agnieszka Gruszka

Projekt okładki i rycin poprzedzających rozdziały:  
Przemysław Matejko

ISBN: 978-83-946591-8-9

<https://doi.org/10.14746/WA.2021.1.978-83-946591-8-9>

Monografia jest dostępna online w Repozytorium Uniwersytetu im A. Mickiewicza w Poznaniu  
<https://repozytorium.amu.edu.pl/>

Wydział Archeologii  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Publikacja dofinansowana z Projektu Wydziału Archeologii nr DEC/19/WArch/2021

Copyright by Faculty of Archaeology Adam Mickiewicz University in Poznań and authors

Poznań 2021

Nakład:  
200 egz.

## SPIS TREŚCI

Przedmowa	5
Andrzej Michałowski	
Wprowadzenie	7
Aldona Kurzawska, Iwona Sobkowiak-Tabaka	
Palinologia	13
Piotr Kołaczek, Monika Karpińska-Kołaczek, Sambor Czerwiński, Katarzyna Marcisz, Mariusz Lamentowicz	
Archeobotanika	31
Magdalena Moskal-del Hoyo	
Dendroarcheologia	67
Henryk P. Dąbrowski	
Mikroskamieniałości okrzemkowe	89
Monika Rzodkiewicz	
Wioślarki	115
Izabela Zawiska	
Archeoentomologia	131
Marcin Kadej, Szymon Konwerski, Agata Hałuszko	
Archeomalakologia	155
Aldona Kurzawska	
Izotopy stabilne węgla ( $\delta^{13}\text{C}$ ) i tlenu ( $\delta^{18}\text{O}$ ) w archeomalakologii	181
Karina Apolinarska	
Archeozoologia	199
Jarosław Wilczyński	

Antropologia fizyczna	219
Dorota Lorkiewicz-Muszyńska, Julia Sobol, Wojciech Kociemba, Anna Hyrchała, Mariusz Glapiński	
Archeogenetyka	249
Maciej Chyleński	
Mikromorfologia	277
Karolina Leszczyńska, Michał Jankowiak	
Petroarcheologia	297
Piotr Gunia, Ewa Lisowska	
Surowce krzemionkowe – możliwości badań	315
Iwona Sobkowiak-Tabaka	
Traseologia	333
Katarzyna Pyżewicz	
Ceramika – badania petroarcheologiczne	353
Piotr Gunia, Marta Krueger, Ewa Lisowska	
Ceramika – badania osadów organicznych wnętrza naczyń	367
Marta Krueger	
Tekstylnia	387
Maria Cybulska, Anna Drązkowska	
Archeometalurgia	407
Marcin Biborski, Mateusz Biborski	
Mikroskopy stosowane w archeologii	431
Piotr Gunia, Ewa Lisowska, Aldona Kurzawska	
Ręczny spektrometr fluorescencji rentgenowskiej (XRF) w archeologii	443
Michał Krueger	
Wykaz autorów	451



# Ceramika – badania petroarcheologiczne

Piotr Gunia, Marta Krueger, Ewa Lisowska

---

## WSTĘP

Przedmiotem badań petrograficznych są często fragmenty naczyń ceramicznych o różnym przeznaczeniu oraz inne przedmioty wykonane z wypalanej gliny, takie jak: kafle piecowe, dachówki, cegły, fajki, figurki, ciężarki tkackie, pieczęcie, formy odlewnicze, tabliczki gliniane, polepa, rury ceramiczne i inne (Stoksik 2007; Reedy 2008; August i in. 2011; Quinn 2013).

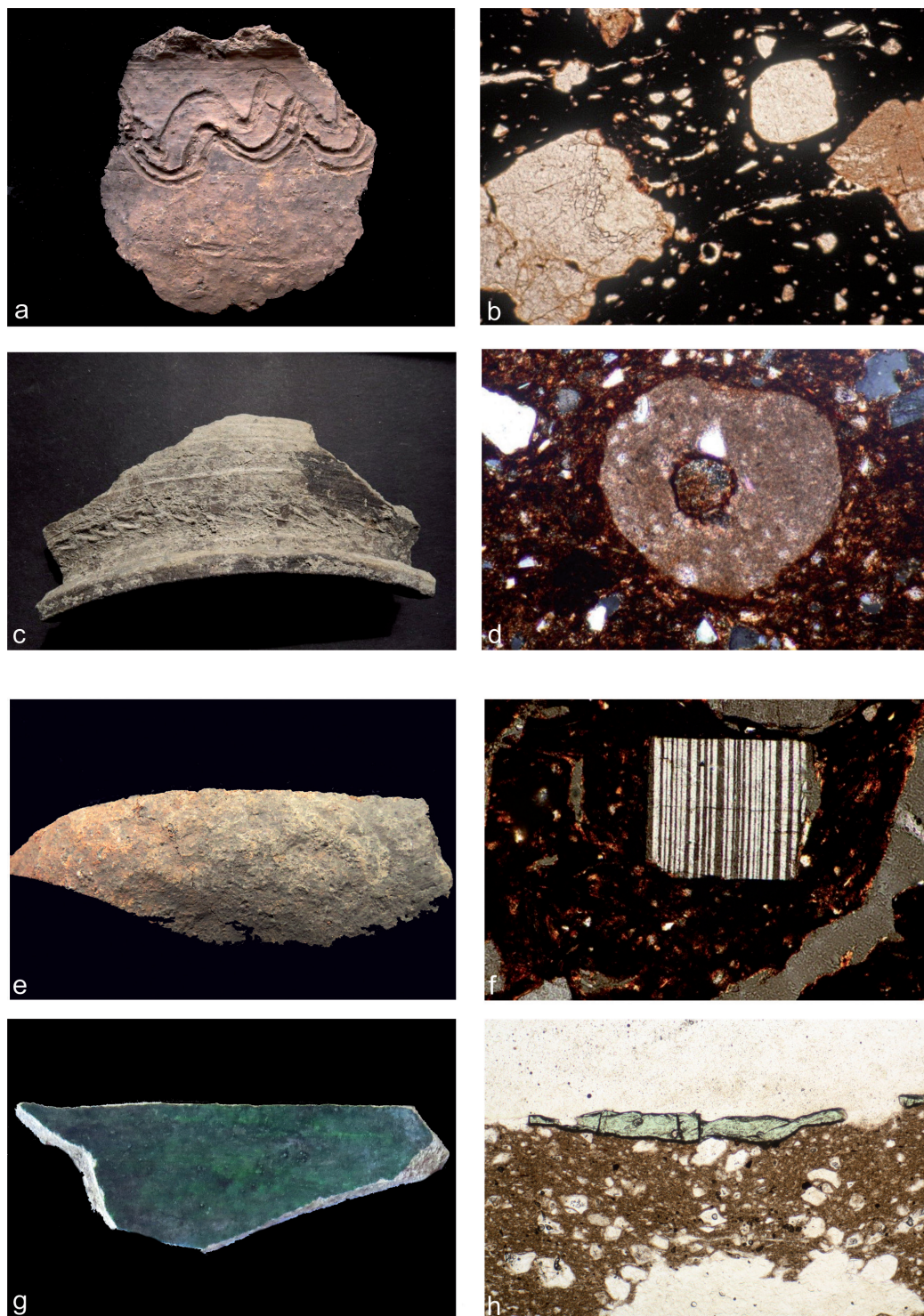
Dzięki doświadczeniom wynikającym z wcześniej wykonywanych analiz mikroskopowych ceramiki w literaturze przedmiotu dość powszechnie używane są pojęcia: petrografia ceramiki (ang. *ceramics petrography*) oraz petrologii ceramiki (ang. *ceramic petrology*). W pierwszym przypadku chodzi o opisową interpretację cech petrograficznych ceramiki, a w drugim dokonywana jest szersza analiza historycznego warsztatu ceramicznego na podstawie wyników badań makro- i mikroskopowych, analizy strukturalnej, specjalistycznych badań mineralogicznych, interpretacji oznaczeń składu chemicznego, badań eksperymentalnych i innych (Quinn 2013) (ryc. 1, 2, 3).

W niektórych publikacjach dotyczących analiz zabytkowej ceramiki wyróżniane są dwie procedury analityczne (Jacobs 1983; As 2004). Są tzw. badania podstawowe, „niskobudżetowe” (ang. *low-tech*)

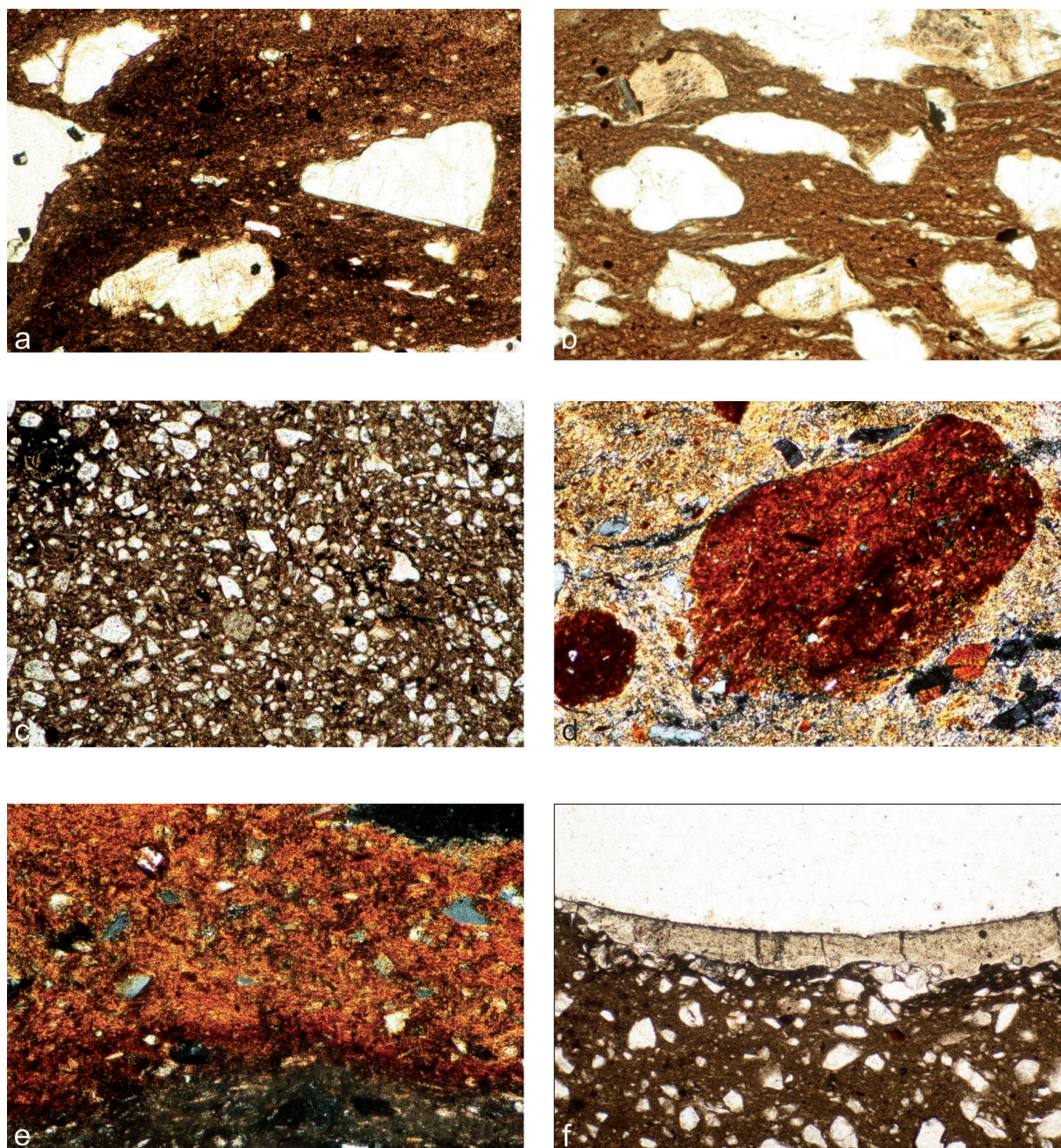
obejmujące analizę cech makroskopowych i struktury wewnętrznej powierzchni przełamu fragmentów ceramiki widzianych w niedużym powiększeniu (ang. *fabric analysis*). Zastosowana procedura badawcza wywodzi się z kompleksowego systemu analizy ceramiki tzw. *Leiden approach*, który został stworzony w latach 60. XX w. w holenderskim ośrodku uniwersyteckim w Lejdzie przez Frankena i Kalsbeeka, a później był systematycznie udoskonalany przez badaczy związanych z tamtejszym Laboratorium Studiów Ceramologicznych (Franken i Kalsbeek 1969; As 1984; 2004; As i in. 2005; Nieuwenhuyse 2013).

Opisywane podejście składa się z trzech głównych etapów: selekcji materiałów do badań, przygotowania próbki do analizy oraz rozpoznania poszczególnych składników masy ceramicznej w powiększeniu. Preparatyka próbki polega na mechanicznym oddzieleniu niewielkiego fragmentu ceramiki, a następnie wyszlifowaniu na mokro wybranej powierzchni przełamu za pomocą papieru ściernego, najpierw o mniejszej, a później większej granulacji.

Rozpoznanie poszczególnych elementów jest wykonywane pod mikroskopem optycznym przy powiększeniu 10-80× na podstawie właściwości fizykochemicznych poszczególnych składników masy ceramicznej oraz ziaren minerałów i skał (przede wszystkim barwy, twardości, łupliwości, spójności,



**Ryc. 1.** Badania mikroskopowe ceramiki; a – powierzchnia zewnętrzna fragmentu średniowiecznej ceramiki z grodu w Tarnawie Rzepińskiej (woj. lubuskie) z falistym ornamentem grzebykowym; b – tło czerepu z obtoczonymi i ostrokrawędzistymi składnikami nieplastycznymi (Tarnawa Rzepińska, stan. 1). Mikrofotografia, pow. ok. 40×, nikole równoległe; c – powierzchnia zewnętrzna fragmentu wylewu i górnej części brzuśca średniowiecznego naczynia użytkowego z Grodziszcz (stan. 1; woj. lubuskie); d – tło czerepu średniowiecznej ceramiki z Grodziszcz (stan. 1) z zachowanym węglanowym przekrojem skamieniałości (stylak liliowca?). Mikrofotografia, pow. ok. 40×, nikole skrzyżowane; e – powierzchnia zewnętrzna fragmentu brzuśca średniowiecznego naczynia ceramicznego z Osiecznicy (stan. 1; woj. lubuskie); f – polisintetycznie (albitowo) zbliżniaczony plagioklaz w tle czerepu ceramiki z Osiecznicy (stan. 1) Mikrofotografia, pow. ok. 40×, nikole skrzyżowane; g – powierzchnia zewnętrzna późnośredniowiecznego szkliwionego kafla piecowego ze Stargardu (woj. zachodniopomorskie); h – pozostałości szkliwienia widoczne na przekroju poprzecznym kafla piecowego ze Stargardu. Mikrofotografia, pow. ok. 40×, nikole skrzyżowane. Fot. P. Gunia



**Ryc. 2.** Badania mikroskopowe ceramiki; a – gruboziarniste tło czerepu ceramiki (Grodziszczce, stan. 9, pow. świebodziński, woj. lubuskie). Mikrofotografia, światło niespolaryzowane, pow. ok. 40×; b – średnioziarniste tło czerepu ceramiki (Grzmiąca, stan. 1, pow. Wałbrzych, woj. dolnośląskie). Mikrofotografia, światło niespolaryzowane, pow. ok. 40×; c – drobnoziarniste tło czerepu ceramiki (Wicina, stan. 1, pow. Żary, woj. lubuskie). Mikrofotografia, światło niespolaryzowane, pow. ok. 40×; d – fragment szamotu (tzw. palonki) w tle czerepu ceramiki (Szadek, stan. 3, pow. kaliski, woj. wielkopolskie). Mikrofotografia, światło spolaryzowane, pow. ok. 40×; e – fragment kontaktu angoby z podstawowym tłem czerepu ceramiki (Pasym, stan. 1, woj. warmińsko-mazurskie). Mikrofotografia, światło spolaryzowane, pow. ok. 60×; f – pozostałości szkliwienia tła czerepu ceramiki z kafła piecowego (lokalizacja nieznana, znalezisko luźne, woj. zachodniopomorskie). Mikrofotografia, światło spolaryzowane, pow. ok. 60×. Fot. P. Gunia

połysku, magnetyzmu i reakcji z kwasem solnym). Ponadto każda frakcja zostaje szczegółowo scharakteryzowana z uwzględnieniem cech, takich jak ilość ziaren domieszki, jej posortowanie, granulacja, kształt ziaren oraz dystrybucja w obrębie danej próbki. W niektórych przypadkach, szczególnie gdy masa ceramiczna ma bardzo ciemną barwę, zaleca się dodatkowo wypalenie próbki przed analizą mikroskopową, w temperaturze nieprzekraczającej 750°C w celu utlenienia masy i łatwiejszego rozpoznania topników (Steiner i Jacobs 2008; As 2010: 33).

Interpretacja uzyskanych badań obejmuje tu zarówno analizę techniki wykonania naczyń (cykl „życia” naczynia – począwszy od pozyskiwanych/eksploatowanych pokładów gliny i innych surowców, sposobu przygotowania masy ceramicznej, poprzez sposób produkcji i dekoracji naczynia, wypał oraz jego wykorzystanie, a wreszcie wyłączenie z użytkowania), jak i rozbudowane badania eksperymentalne i studia etnograficzne (Annis 1985; 1988). Ponadto zainteresowania badawcze uwzględniają także: proces dystrybucji i handlu, organizacji ich produkcji i wyposażenia warsztatów ceramicznych oraz uwarunkowania społeczne i gospodarcze wytwórczości garncarskiej.

Druga procedura badawcza (ang. *high-tech*) polega na zastosowaniu bardziej zaawansowanych metod analitycznych, w tym: badań petrograficznych płytek cienkich (ang. *thin sections*) w świetle przechodzącym lub odbitym przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego; badań próbek metodą termicznej analizy różnicowej (ang. *differential thermal analysis*, DTA – analiza derywatograficzna) (ryc. 4), badań metodą dyfraktometrii rentgenowskiej (ang. *X-ray diffraction*, XRD) oraz badań powierzchni i punktowej analizy chemicznej na mikroskopie skanningowym (ang. *scanning electron microscopy*, SEM). Do badań składu chemicznego ceramiki wykorzystuje się różne metody analityczne, m.in.: rentgenowską analizę fluorescencyjną (ang. *X-ray fluorescence method*, XRF; zob. Krueger, w tym tomie), instrumentalną neutronową analizę aktywacyjną (ang. *instrumental neutron activation analysis*, INAA) czy indukowaną plazmą spektrometrię emisji atomowej (ang. *inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy*, ICP-AES). Obecnie do badań składu chemicznego tła ilaste go oraz drobnych fragmentów tłuczni w ceramice coraz częściej stosuje się również mikrosondę

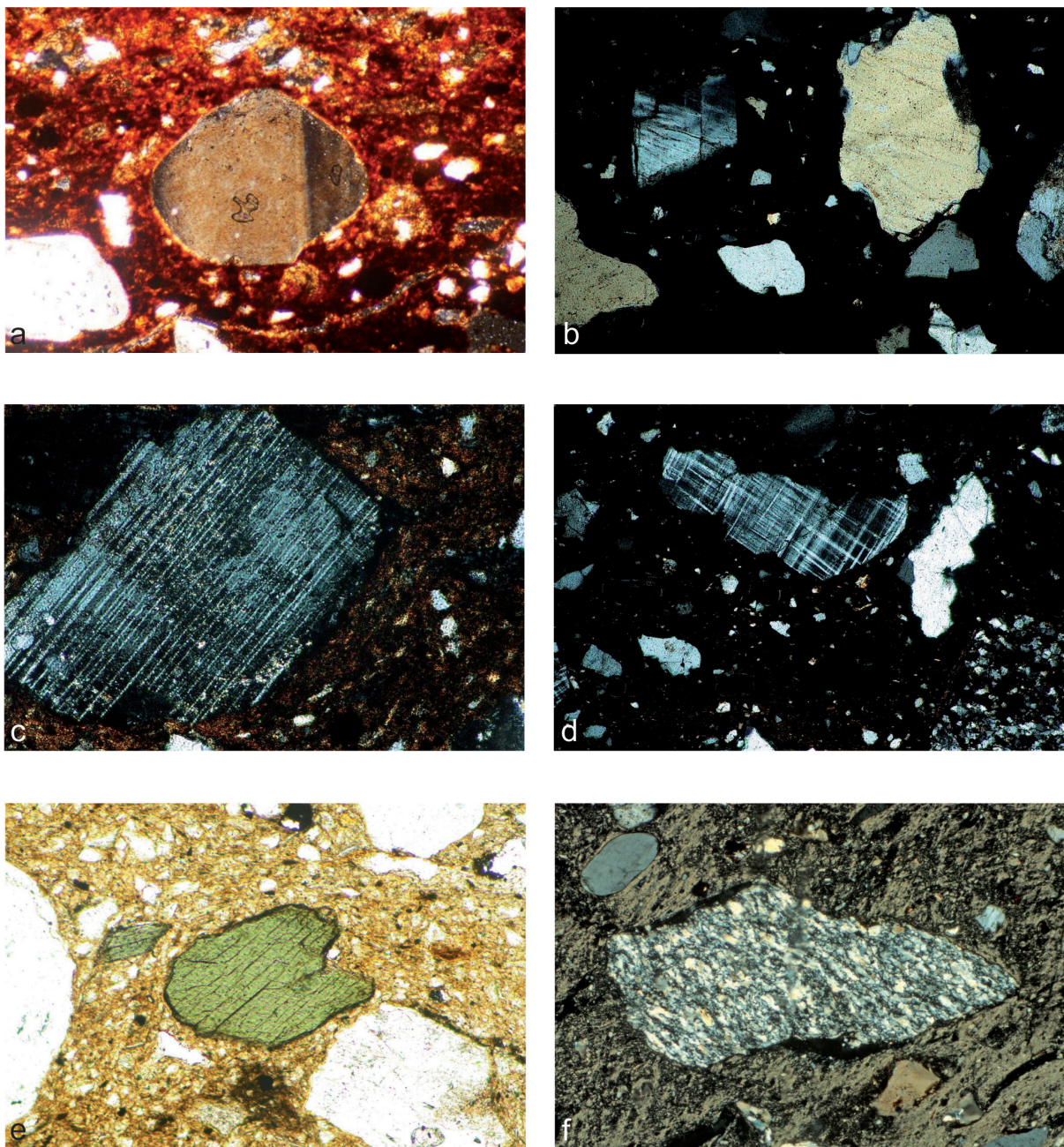
elektronową (ang. EMPA) (por. Sobkowiak-Tabaka, w tym tomie). Do badań charakteru barwienia i składu fazowego powłok malarskich ceramiki przydatne są również metody spektrofotometrii w podczerwieni FTIR oraz badania widm wibracyjnych metodą Ramana (Daszkiewicz i Schneider 2014).

W dalszej części przedstawione zostaną zagadnienia związane z analizą petrograficzną płytek cienkich wykonanych z ceramiki (określanych także jako „cienkie szlify”), począwszy od selekcji próbek, poprzez preparatykę, zasady opisu mikroskopowego tła czerepu - przełamu. Następnie podano przykłady uzyskanych wyników badań petrograficznych ceramiki wykonanych dla niektórych stanowisk w Polsce.

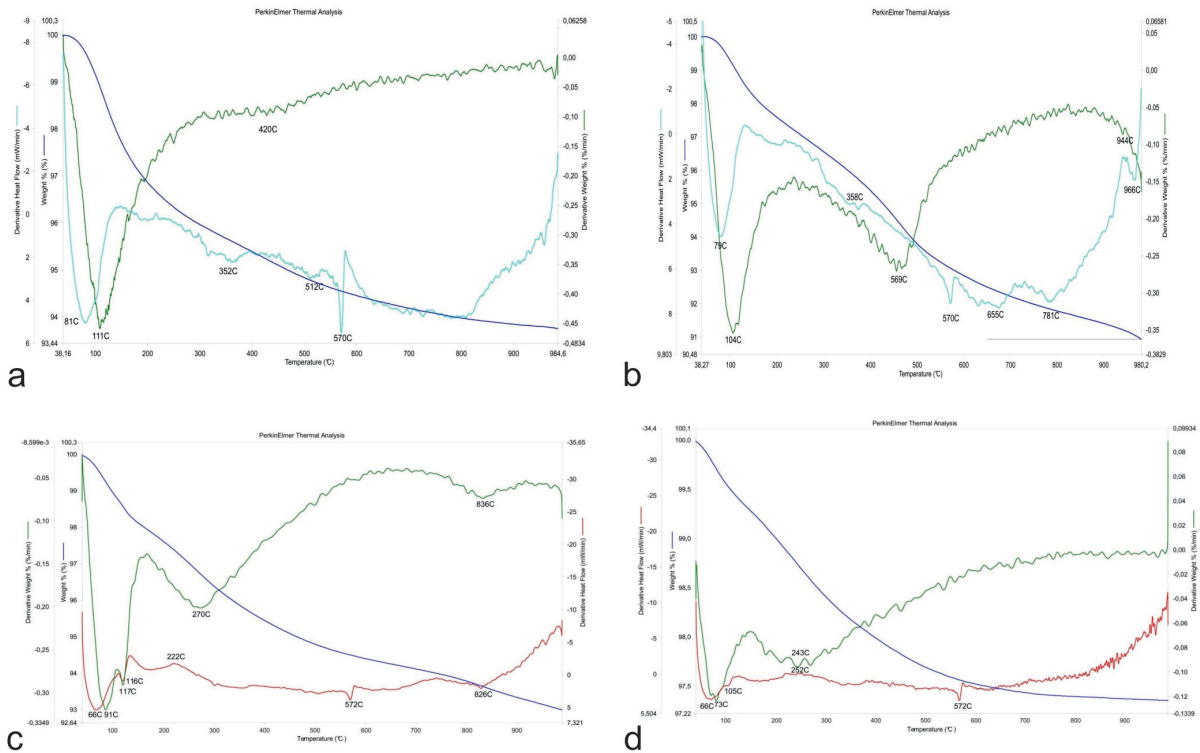
### SELEKCJA I PREPARATYKA PRÓBEK DO BADAŃ PETROGRAFICZNYCH

Podczas dokonywania selekcji ceramicznych artefaktów do badań petrograficznych przyjmuje się zasadę, aby próbki były reprezentatywne dla całego zbioru. Wybór próbek do analiz powinien być każdorazowo poprzedzony rozpoznaniem całego zbioru danego materiału, zarówno pod względem typologicznym, technologicznym (np. ceramika ręcznie lepiona vs. toczona na kole), funkcjonalnym (np. naczynia: zasobowe, do gotowania, służące do serwowania posiłków, transportowe, do picia etc.), jak i stylistycznym. Należy dążyć do tego, aby wybrane materiały jak najdokładniej oddawały zróżnicowanie badanego zbioru, ale też pochodziły z dobrze rozpoznanych, bezpiecznych kontekstów archeologicznych (Peterson i Betancourt 2009).

Zalecane jest przekazanie do analiz petrograficznych kilku fragmentów ceramiki z każdej interesującej badacza grupy, w taki sposób, żeby uzyskać jak najbardziej kompletny obraz danego zbioru. Zwykle sprowadza się to do wyboru takiej samej ilości fragmentów ceramiki z różnych form naczyń, typów lub z grup funkcjonalnych czy technologicznych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku analiz ceramiki ręcznie lepionej, której skład może się różnić nawet w przypadku kilku próbek pochodzących z jednego naczynia ze względu na technikę jego wykonywania oraz wypału (Reedy 2008; As 2004; Peterson i Betancourt 2009).



**Ryc. 3.** Badania mikroskopowe ceramiki; a – obtoczone ziarno kwarcu z falistym wygaszaniem światła w tle czerepu ceramiki. (Domasław, stan. 11, pow. Wrocław, woj. dolnośląskie). Mikrofotografia, światło spolaryzowane, pow. ok. 60×; b – ostrokrawędziste ziarna kwarcu i skaleni w tle czerepu ceramiki (Mierzyn, stan. 1, pow. Międzychód, woj. wielkopolskie). Mikrofotografia, światło spolaryzowane, pow. ok. 40×; c – tabliczka plagioklazu z polisyntetycznym zbliżnieniem albitowym w tle czerepu ceramiki (Zielęcin, stan. 15, gm. Wielichowo, pow. Grodzisk Wlkp., woj. wielkopolskie). Mikrofotografia, światło spolaryzowane, pow. ok. 40×; d – fragment skaleni potasowego (mikroklinu) z dobrze zaznaczonymi kratkowymi zrostami bliźniaczymi w tle czerepu ceramiki (Zielęcin, stan. 15, gm. Wielichowo, pow. Grodzisk Wlkp. woj. wielkopolskie). Mikrofotografia, światło spolaryzowane, pow. ok. 40×; e – zaokrąglony fragment słupka hornblendy zwyczajnej w tle czerepu ceramiki (Milicz, stan. 1, woj. dolnośląskie). Mikrofotografia, światło niespolaryzowane, pow. ok. 40×; f – fragment łupka kwarcowo-skaleniowego w tle czerepu ceramiki. (Świebodzice, luźne znalezisko, woj. dolnośląskie). Mikrofotografia, światło spolaryzowane, pow. ok. 40×. Fot. P. Gunia



**Ryc. 4.** Przykładowe wyniki badań derywatograficznych. Termogramy próbek: a, b – Kamieniec Ząbkowicki, pow. ząbkowski, woj. dolnośląskie; c, d – Nowy Kościół, pow. złotoryjski, woj. dolnośląskie. Oprac. P. Gunia

Należy też pamiętać o tym, że zakres wykonywanych badań jest uzależniony od wielu czynników, począwszy od czasu, miejsca pracy, funduszy i pytań badawczych. W przypadku analiz naczyń ceramicznych czy innych artefaktów wykonanych z wypalanej gliny, procedura selekcji próbek jest podobna.

Badaniom petrograficznym ceramiki powinno towarzyszyć również rozpoznanie geologiczne terenu sąsiadującego ze stanowiskiem lub danym mikroregionem. Pomocne są także analizy makroskopowe i mineralogiczno-geochemiczne lokalnych próbek surowców ilastych, zwłaszcza w przypadku studiów nad proveniencją pewnych wytworów.

Do badań ceramiki wykorzystuje się mikroskopowe preparaty petrograficzne (nakrywane) o wielkości pola obserwacji około 20 mm × 20 mm i długości około 40 mm. Przygotowanie płytki cienkiej polega na wycięciu na sucho, za pomocą piły diamentowej, fragmentu ceramiki o wymiarach około 20 mm × 20 mm, o średnicy zależnej od grubości powierzchni przełamu. Zwykle wycinane próbki pochodzą ze strefy przejścia wylewu i górnej części brzuśca, chociaż zdarzają się również przypadki pobierania materiału ze środkowej części brzuśca

naczynia (np. z listwą plastyczną) lub z dna naczynia.

Podczas przygotowywania preparatów z ceramiki bardzo istotne jest określenie kierunku cięcia danego fragmentu naczynia. Zwykle przyjmuje się, że analizowana powierzchnia powinna być prostopadła do powierzchni wylewu i dna (prostopadła do średnicy naczynia). Cięcie równoległe do wylewu lub skośne jest rzadziej wykorzystywane, ale może być szczególnie użyteczne w pewnych określonych sytuacjach, np. podczas analizy techniki wykonywania naczyń (Woods 1985; Reedy 2008).

Proces przygotowywania płytek cienkich do badań petrograficznych ceramiki obejmuje kilka etapów, podobnie jak w przypadku wykonywania preparatów z artefaktów kamiennych. Na początku następuje cięcie i impregnacja próbki balsamem kanadyjskim na gorąco i jej wysuszenie (od 1 do 4 godzin). Każdy wycięty fragment ceramiki przed zeszlifowaniem jest dokładnie badany w świetle odbitym w celu stwierdzenia, czy w tle jej czerepu nie znajduje się znaczna ilość szczelin lub porów mogących spowodować uszkodzenie wykonywanego preparatu (tzw. wysypianie) podczas dalszej jego obróbki. W przypadku zaobserwowania nadmiernej ilości

tych ubytków próbka musi zostać ponownie zaimpregnowana balsamem na gorąco, a jej dodatkowe suszenie może potrwać nawet do 4 godzin.

Po wyszlifowaniu i wygładzeniu zaimpregnowany fragment ceramiki zostaje naklejony na szkiełko podstawkowe za pomocą żywicy epoksydowej i następuje jego ponowne zeszlifowanie i wygładzenie do grubości około 30-40 µm. Po tym procesie pokrywa się go szkiełkiem nakrywkowym przyklejonym za pomocą balsamu kanadyjskiego. Po wykonaniu płytki cienkiej następuje jej suszenie przez co najmniej 24 godziny w temperaturze około 60-70°C.

### ZASADY OPISU PETROGRAFICZNEGO TŁA CZEREPY (PRZEŁAMU)

Podczas prowadzenia obserwacji mikroskopowej płytek cienkich w powiększeniu można zaobserwować pewne elementy strukturalno-teksturalne typowe dla wyrobów ceramicznych. Z geologicznego punktu widzenia obserwowane tło przypomina wyglądem skały klastyczne, takie jak: zlepiénce czy piaskowce, lecz odmienna niż w geologii jest terminologia służąca do opisu produktów wypału surowców ilastych.

Zwykle opis petrograficzny rozpoczyna się od przekazania informacji na temat cech makroskopowych badanej ceramiki uzyskanych podczas obserwacji obu powierzchni fragmentu naczynia makroskopowo (Pawlikowski 2020; Daszkiewicz i in. 2007). Do najważniejszych parametrów oceny makroskopowej należą: barwa (zmiennosc) i stopień wygładzenia obu powierzchni, obecność lub brak ornamentu, jego wzór i sposób wykonania (np. grzebykowy, kłuty, malowany itp.). Następnie podaje się informacje dotyczące cech teksturalnych powierzchni przełamu skorupy (np. obecności angoby czy śladów i rodzaju malatury, grafitowania, czernienia, lateralnej zmienności barwy itp.). Dużą pomoc w prawidłowej ocenie cech teksturalnych przełamu może przynieść skanowanie powierzchni płytki cienkiej w rozdzielczości co najmniej 1600 × 1600 pikseli. Uzyskany w ten sposób obraz można dodatkowo powiększyć za pomocą programów graficznych i dzięki temu otrzymać

wiele cennych informacji na temat szczegółów teksturalnych przekroju skorupy.

Do podstawowych terminów używanych do opisu zabytkowej ceramiki zarówno pradziejowej, jak i nowożytniej należy: tło czerepu (ang. *sherd background*), określane także jako przełam. Jest to pojęcie ogólne oznaczające zarówno tło ilaste, jak i znajdujące się w nim rozmaite komponenty stanowiące swoiste „linie papilarne” lokalnego warsztatu garncarskiego (Stoltman 1989; 2001).

Najczęściej wymienianymi elementami struktury tła czerepu są tzw. składniki schudzające masy garncarskiej. Z technologicznego punktu widzenia mają one zapobiegać nadmiernemu skurczeniu masy ilastej podczas wypału i zapobiegać pękaniu naczyń podczas ich silnego nagrzewania. W petrograficznej terminologii opisowej w odniesieniu do tych elementów używane są zwykle określenia: składniki nieplastyczne (ang. *non-plastic components*) lub/i tłuczeń (ang. *temper*). To drugie pojęcie wskazuje raczej na intencjonalne pochodzenie tych domieszek, przygotowanych specjalnie przez garncarza w celu uzyskania odpowiednich parametrów technologicznych wypalanych naczyń. W niektórych publikacjach termin ten jest jednak stosowany wyłącznie do charakterystyki ostrokrawędzistych fragmentów składników nieplastycznych.

Składniki nieplastyczne masy ceramicznej mogą być jednakowej lub różnej wielkości oraz zwykle są rozmieszczone w rozmaity sposób. W celu opisowej charakterystyki tych cech używane są zwykle pojęcia: struktura i tekstura. Terminy te odpowiadają geologicznej nomenklaturze stosowanej do opisu klastycznych skał osadowych. Pierwszy z nich jest parametrem opisu: wielkości bezwzględnych rozmiarów ziaren lub fragmentów tłuczenia, ich kształtu, wzajemnych stosunków i stopnia zaawansowania zmian wtórnych. W badaniach ceramologicznych pojęcie tekstury jest parametrem deskryptywnym obejmującym: orientację składników nieplastycznych (lub szklistych żyłek) i stopień wypełnienia przez nie przestrzeni.

Podobny znaczeniowo termin więźba stanowi odrębne określenie cech strukturalno-teksturalnych wynikających z połączenia opisów cech struktury i tekstury. Nie mniej jednak termin ten nie przyjął się na stałe w terminologii petrologicznej i jest raczej spotykany w pracach z geologii strukturalnej.

Podczas wykonywania opisu mikroskopowego poszczególnych składników nieplastycznych bierze

się pod uwagę ich cechy morfologiczne oraz własności optyczne. Szczegółowe informacje na ten temat można znaleźć w specjalistycznej literaturze petrograficznej (Borkowska i Smulikowski 1973; Manecki i Muszyński 2008).

Do odrębnych cech petrograficznych, raczej nie spotykanych podczas opisywania skał, należą: charakterystyka zawartości domieszki w tle ilastym oraz opisy „egzotycznych” elementów czerepu masy ceramicznej, takich jak szamot, pozostałości organiczne czy ślady malowania, grafitowania, angobowania lub szkliwienia powierzchni naczyń.

Termin matriks (ang. *matrix*) oznacza składniki nieplastyczne o wielkości znacznie mniejszej niż przeciętna wielkość poszczególnych fragmentów tłuczni. Jej zawartość określa się uznaniowo z podaniem głównych jej komponentów (np. kwarcowo-skaleniowa). Z kolei, szamot – inaczej „palonka” (ang. *grog*) to fragmenty wcześniej wypalanej ceramiki dodawanej do masy garncarskiej w celu jej schudzenia. Obecne w tle czerepu pozostałości organiczne (ang. *organic remnants*) mogą reprezentować zwęglone domieszki roślinno-zwierzęce (np. pędy roślin zielnych, fragmenty węgla drzewnego, słoma, włosie lub sierść zwierząt). Czasem opisywane są natomiast wyniki oznaczeń taksonomicznych mikro- i makrofauny znajdującej się w ilastej części masy (Riederer 2004; Quinn 2009; 2013).

Dla rozpoznania cech dawnego warsztatu garncarskiego dość ważne są również ilościowe oznaczenia składu mineralnego tła czerepu, tzw. analiza modalna. Zwykle wykonuje się ją metodami: planimetryczną bądź komputerowej analizy obrazu. Często przeprowadzana jest też ilościowa ocena wielkości składników nieplastycznych, czyli tzw. analiza uziarnienia (granulometryczna). Wykorzystując uzyskane rezultaty badań uziarnienia, można np. określić procentowy udział intencjonalnie przygotowywanego tłuczni znajdującego w masie garncarskiej. Podobnie oznaczony ilościowo skład mineralny tłuczni może wskazywać na preferencje w doborze skalnych składników schudzających (np. skały lokalne, głązy narzutowe i inne). Wyniki oznaczeń ilościowych przedstawiane są w rozmaity sposób np. za pomocą diagramów słupkowych, kołowych, histogramów czy tzw. krzywych kumulacyjnych.

Podczas badań mikroskopowych ceramiki szkliwionej można też określić obecność lub brak warstwy podścielającej szklistą powłokę, np. kafli piecowych lub naczyń użytkowych, lub grubość

i zmienność zabarwienia warstwy szkliwa. W przypadku wyrobów angobowanych cechy strukturalne powłok angoby zawierają wiele cennych informacji na temat zastosowanych technik zdobienia i „poprawiania” walorów estetycznych naczyń przed ich wypałem.

## MOŻLIWOŚCI I OGRANICZENIA ANALIZY PETROGRAFICZNEJ

Przedmiotem analiz, zarówno w przypadku metod *low-tech*, jak i *high-tech*, są zwykle dwa główne elementy: masa ilasta wykorzystana do wytworzenia naczynia; dodatki schudzające (zarówno domieszka mineralna, jak i organiczna), muszle, szamot i inne, które zostały dodane do masy ceramicznej. Jednakże bardzo często możliwe jest uzyskanie informacji także na temat sposobu wykonywania danego naczynia (ręcznie lepienie lub toczona na kole), oraz temperatury wypału i jego rodzaju, zabiegów związanych z ostatnim etapem produkcji naczyń (np. stosowania szkliwienia naczyń, ich angobowania czy istnienia tzw. self-slipu) czy przygotowaniem samej masy garncarskiej (np. poprzez jej wyszlamowanie). Celem badań jest możliwie najbardziej szczegółowe rozpoznanie i charakterystyka wspomnianych komponentów, a przede wszystkim dokonanie identyfikacji poszczególnych ziaren minerałów i/lub okruchów skalnych, jak również określenie wielkości i ilości poszczególnych frakcji, jej posortowanie, granulacja, kształt ziaren oraz ich dystrybucja w obrębie danej próbki (Daszkiewicz 2014). Na tym etapie określa się również strukturę i skład tła ceramiki (czyli tzw. matriksu / tła ilastego), w którym znajdują się ziarna domieszek lub pozostałości po nich (np. w przypadku wypalenia domieszki organicznej widoczne są zwykle jedynie negatywy po pierwotniej dodanej substancji schudzającej). Dzięki tym badaniom możliwe staje się zrozumienie procesów technologicznych związanych z tworzeniem naczyń i przedmiotów ceramicznych, a tym samym funkcjonowaniem dawnych warsztatów garncarskich.

Należy też zauważyć, że badania nad technologią wykonania naczyń pozwalają nie tylko zrozumieć, w jaki sposób tworzone pewne przedmioty, ale dają często odpowiedź na pytanie: dlaczego wykonywano je właśnie w taki sposób? Dzięki temu umożliwiają dostrzeżenie pewnych szerszych

trendów i procesów, jak np. istnienie specjalizacji w wytwórczości garncarskiej, określenie pewnych preferencji w doborze materiałów (surowców glinianych), funkcjonowanie trendów czy wzorców w tym zakresie. Często oparta na wynikach badań petrograficznych analiza technologiczna tych przedmiotów pozwala na określenie funkcji badanych naczyń (choć często wymaga to jednak bardziej zintegrowanych badań), ich proveniencji czy nawet umożliwia badanie procesów akulturacji (zob. poniższe przykłady, a także Krueger i Moreno Megias 2021). Z drugiej strony analizy petrograficzne mają też swoje ograniczenia, wynikające przede wszystkim z samej specyfiki materiału, jakim jest ceramika pradziejowa. Warto mieć to na uwadze, aby uniknąć pewnych pułapek interpretacyjnych podczas oceny rezultatów badań czy nawet wyboru materiałów do analizy.

Trzeba również odnotować, że ceramika jest jednym z najbardziej przetworzonych materiałów pradziejowych. Istnieje bowiem wiele czynników, które przekładają się na skład („wygląd”) próbki, np. wykorzystane surowce (zarówno glina, jak i topniki), warunki i temperatura wypału, techniki wykonania naczyń czy nawet jego forma. Jedną z podstawowych trudności może być rozróżnienie komponentów istniejących w pierwotnej glinie od składników celowo do niej dodanych. Ma to zwłaszcza znaczenie w badaniach nad proveniencją wytworów glinianych. Należy pamiętać, że bardzo rzadko pierwotnie pozyskana glina służyła do produkcji naczyń. Zwykle podlegała ona licznym zabiegom (np. była magazynowana, przemrażana, dołowana, ugniatana, szlamowana etc.) zanim została użyta do formowania naczyń. Domieszka także jest przeważnie przetwarzana, zanim zostanie wykorzystana (np. rozdrabniania, rozbijana, podgrzewana, sortowana pod względem wielkości itp.). Ponadto sam proces wypału znacząco zmienia właściwości, a często i skład masy ceramicznej (Shepard 1956; Rye 1976; 1981).

Domieszka organiczna w masie ceramicznej pod wpływem wypału ulega często utlenieniu, pozostawiając jedynie puste przestrzenie – pory. Podobnie, część minerałów ulega destrukcji lub przekształca się w inne związki, np. kwarc w krystobalit (Reedy 2008). Świadomość modyfikacji, jakim podlega masa garncarska i znajdująca się w niej domieszka, ma istotne znaczenie zwłaszcza przy badaniu kwestii, takich jak wymiana pewnych towarów (zagadnienie importów) czy istnienie naśladownictwa

form i zdobień naczyń. Ponadto zwłaszcza naczynia ręcznie lepiące charakteryzują się bardzo nierównomiernym rozmieszczeniem składników w masie glinianej. Oznacza to, że analizując kilka próbek pochodzących z tego samego naczynia, można uzyskać zupełnie odmienne rezultaty. Warto mieć to na uwadze przy selekcji próbek i wybierać materiały pochodzące z podobnych części naczyń.

W przypadku analizy cech makroskopowych jej podstawowym ograniczeniem jest stosunkowo niewielki zakres rozpoznania składników i samej masy ceramicznej. Pozwala ona na dość ogólną charakterystykę komponentów analizowanej próbki, natomiast identyfikacja skał (zwłaszcza metamorficznych) jest utrudniona lub wręcz niemożliwa. Oprócz tego drobne frakcje znajdujące się w obrębie matriks są dość trudne do wiarygodnej interpretacji. Jednak metoda ta, ze względu na swoją prostotę, możliwość wykorzystania powszechnie dostępnego sprzętu i niską cenę, świetnie służy do wstępnego rozpoznania dużej liczby próbek ze zbioru i ich kategoryzacji ze względu na cechy strukturalne (ang. *fabric group*). Pozwala ona wychwycić zróżnicowanie między poszczególnymi kategoriami zabytków i sformułować hipotezy robocze, które mogą być później zweryfikowane za pomocą bardziej dokładnych i zaawansowanych narzędzi. Poza tym może być także wykonywana w warunkach terenowych, w czasie trwających jeszcze prac wykopaliskowych (As 2004). W ostatnim okresie pojawiają się także mobilne laboratoria, które pozwalają wykonywać próbki i same oznaczenia także w trakcie prac terenowych (Goren 2014).

Największą zaletą analizy mikroskopowej płytek cienkich (szlifów) jest jej ogromny potencjał poznawczy, który umożliwia szczegółowe rozpoznanie jakościowe i ilościowe wszystkich komponentów masy ceramicznej. Oprócz identyfikacji ziaren poszczególnych skał czy minerałów możliwe jest też określenie rodzaju zastosowanej domieszki organicznej (pędy roślin, fragmenty węgla drzewnego, słoma, włosie i sierść zwierząt). Odrębnie opisywane są również wyniki oznaczeń taksonomicznych mikro- i makrofauny znajdującej się w tle ilastym (Riederer 2004; Quinn 2009; 2013). Oprócz charakterystyki fragmentu naczynia oceniane są również zabiegi technologiczne związane z tworzeniem naczyń – takich jak np. glazurowanie, pokrywanie slipem, zróżnicowanie sposobów dekoracji, malowania ceramiki. Pozwala także wnioskować

o porowatości ceramiki, temperaturze wypału, jego charakterze oraz stopniu witrifikacji (Reedy 2008; Quinn 2013).

### **BADANIA ARCHEOMETRYCZNE CERAMIKI – PRZYKŁADY**

Badania archeometryczne, eksperymentalne oraz petrografia ceramiki zostały wykorzystane, aby wyjaśnić problem tzw. ceramiki grafitowanej w kulturze łużyckiej (Łaciak 2017: 31-66; Łaciak i Stoksik 2010). Ten rodzaj ceramiki stosunkowo często pojawia się na stanowiskach sepulkralnych z wczesnej epoki żelaza. Od lat trwa również dyskusja dotycząca genezy ciemnego metalicznego połysku na naczyniach, który najczęściej przypisywano grafitowaniu powierzchni. Badania zainicjowane przez D. Łaciak rzuciły nowe światło na sam proces tzw. grafitowania. Dla zastawów ceramiki kultury łużyckiej z Dolnego Śląska wykonano całe spektrum badań petrograficznych, derywatograficznych, które uzupełniono przez dyfrakcję rentgenowską i spektroskopię ramanowską. Dla porównania wykonano eksperymentalnie naczynia, których powierzchnię następnie czerniono substancją organiczną. Wyniki tych analiz wskazały, że do opracowania powierzchni naczyń „grafitowanych” wykorzystywano nie tylko substancję mineralną, ale w dużej mierze również organiczną, co dawało podobny efekt wizualny (Łaciak i in. 2019).

W przypadku ceramiki neolitycznej niezwykle ciekawe wyniki badań petrograficznych przeprowadzono dla materiałów kultury ceramiki wstęgowej kłutej. Analiza w świetle przechodzącym i odbitym składu masy garncarskiej, uzupełniona o badania mikroskopem skaningowym, pozwoliła wydzielić w naczyniach minerał staurolit, który celowo dodawano do gliny celem poprawy parametrów technicznych wyrobów (Borowski i in. 2015). Steatyt pozyskiwano najprawdopodobniej z jednej z kilku wychodni na Przedgórzu Sudeckim, które sąsiadowały ze stanowiskami kultury ceramiki wstęgowej kłutej. Zabieg celowego dodawania do domieszki steatytu jest rozpoznawany stosunkowo rzadko, a badania petrograficzne ceramiki z dolnośląskich stanowisk neolitycznych po raz pierwszy ujawniły obecność takiego komponentu.

Do unikatowych badań wykorzystujących mikroskopię elektronową (SEM) należą analizy ceramiki kultury wstęgowej rytej, które wykonano dla kilkunastu stanowisk z południowo-wschodniej Polski (Moskal del-Hoyo i in. 2017). Dzięki zastosowanej metodzie analizy mikroskopowej anatomii roślin dodawanych jako domieszka do wczesnoneolitycznej ceramiki możliwe było uzyskanie informacji o konkretnych gatunkach zbóż (pszenica płaskórka, pszenica samopsza oraz dzikie odmiany jęczmienia) i wiechlinowatych obecnych w masie ceramicznej. Identyfikacja taka nie byłaby możliwa, obserwując standardowe cechy morfologii roślin nawet przy użyciu mikroskopu stereoskopowego. Co więcej, obecność wspomnianej roślinności w masie ceramicznej wskazuje na bliskie powiązania najstarszych faz pierwszych kultur rolniczych w Polsce z zespołami bałkańskimi Starčevo–Körös–Criș (Moskal del-Hoyo i in. 2017: 339).

Badania petrograficzne z powodzeniem mogą być stosowane w analizach ceramiki budowlanej. Przeprowadzono je m.in. dla rur ceramicznych i cegieł pochodzących z badań średniowiecznego Wrocławia, wykazując lokalne podobieństwa i różnice w doborze odpowiedniego materiału, a także oszacowano temperaturę ich wypału (August i in. 2011). Stosunkowo najwięcej analiz ceramiki budowlanej (często wraz z zaprawami) przeprowadzono dla średniowiecznych zamków oraz kościołów (Bartz 2014; Buśko i Michniewicz 2006; Witkowska 2017; Witkowska i Łukaszewicz 2016). W badaniach tych próbuje się ustalić nie tylko technologię przygotowania budulca, ale także pochodzenie z jednego lub kilku warsztatów, a w przypadku zapraw ich kompozycję chemiczną. W badaniach zapraw istotne zmiany ich składu mogą być związane także z ustaleniem czasu ich aplikacji, warunków powstania i użytych komponentów (Bartz i Filar 2010; Michalska 2014a; 2014b). Dla niektórych zapraw przeprowadzono również z powodzeniem próby datowań AMS węgla znajdującego się w ich wnętrzu (Michalska 2014c).

Badania petrograficzne ceramiki na podstawie analiz mikroskopowe należą do wciąż rozwijanych dziedzin archeometrii. Jest to metoda perspektywiczna, dająca badaczom szerokie pole manewru zarówno w zakresie doboru analiz uzupełniających, jak i możliwości interpretacji wyników, a także eksperymentalnego testowania nowych technologii.

## LITERATURA

- Annis, M.B. 1985. Resistance and change: pottery making in Sardinia. *World Archaeology* 17: 240–55.
- Annis, M.B. 1988. Modes of production and the use of space in potters workshops in Sardinia: a changing picture. *Newsletter of the Department of Pottery Technology* 6: 47–78.
- As, A. van, 1984. Reconstructing the potter's craft, (w:) S.E. van der Leeuw, A.C. Pritchard (red.), *The dimensions of pottery*. Amsterdam, 131–64.
- As, A. van, 2004. Leiden studies in pottery technology. *Leiden Journal of Pottery Studies* 20: 8211–8222.
- As, A. van, 2010. How and why? The Neolithic pottery from Teleor 003, Teleor 008 and Magura-Bran, Teleorman River Valley, Southern Romania. *Buletinul Muzeului Județean Teleorman* 2: 29–43.
- As, A. van, Jacobs, L., Thissen L. 2005. Vădastra pottery from Teleor 003, Teleorman River Valley, Southern Romania: a preliminary report. *Leiden Journal of Archaeological Ceramic Studies* 21: 61–68.
- August, C., Chudziak, J., Gunia, P. 2011. Temperatura wypału ceramiki budowlanej z późnośredniowiecznego Wrocławia w świetle badań fazowych, (w:) A. Michalak, A. Jaszewska (red.), *Ogień – żywioł ujarzmiony i nieujarzmiony*. Zielona Góra, 393–405.
- Bartz, W. 2014. Characterization of the bricks from the Medieval castle in Wrocław (SW Poland) and identification of the construction phases by petrographic analyses. *Mineralogia – Special Papers* 42: 123.
- Bartz, W., Filar, T. 2010. Mineralogical characterization of rendering mortars from decorative details of a baroque building in Kozuchów (SW Poland). *Materials Characterization* 61: 105–115.
- Borkowska, M., Smulikowski, K. 1973. *Minerały skałotwórcze*. Warszawa.
- Borowski, M., Furmanek, M., Czarniak, K., Gunia, P. 2015. Steatite-tempered pottery of the Stroke Ornamented Ware culture from Silesia (SW Poland): a Neolithic innovation in ceramic technology. *Journal of Archaeological Science* 57: 207–222.
- Buśko, C., Michniewicz, J. 2006. Application of petrographical comparative analysis in dating of spatial development of the castle Wleń. *Przegląd Archeologiczny* 54: 183–211.
- Daszkiewicz, M. 2014. Ancient pottery in the laboratory – principles of archaeoceramological investigations of provenance and technology. *Novensia* 25: 177–198.
- Daszkiewicz, M., Schneider, G. 2014. Analysis of chemical composition of ancient ceramics. *Novensia* 25: 199–206.
- Daszkiewicz, M., Schneider, G., Haeser, J., Bobryk, E., Baranowski, M. 2007. Possibilities and Limitations of Macroscopic Determination of Pottery Fabrics in the Field, (w:) K.T. Biró, V. Szilágyi, A. Kreiter (red.), *Vessels: Inside and Outside. Proceedings of the Conference EMAC '07, 9th European Meeting on Ancient Ceramics 24–27 October 2007*. Budapest, 29–36.
- Franken, H.J., Kalsbeek, J. 1969. *Excavations at Tell Deir 'Alla I. A stratigraphical and analytical study of the Early Iron Age pottery*. Leiden.
- Goren, Y. 2014. The operation of a portable petrographic thin-section laboratory for field studies. *New York Microscopical Society Newsletter* 2014: 1–17.
- Jacobs, L. 1983. A summary of the research methods, *Newsletter, Department of Pottery Technology* 1: 34–35.
- Krueger, M., Moreno Megias, V. 2021. La Transición Bronce Pleno–Orientalizante en Setefilla (Lora Del Río, Sevilla): datos arqueométricos de una secuencia estratigráfica. *Estudios Arqueológicos de Oeiras* 29: 25–32.
- Łaciak, D. 2017. *Nadodrzańska ceramika malowana. Społeczno-kulturowe konteksty wytwórczości we wczesnej epoce żelaza*. Wrocław.
- Łaciak, D., Stoksik, H. 2010. Problematyka ceramiki malowanej i „grafitowanej” z wczesnej epoki żelaza w świetle badań fizykochemicznych. *Przegląd Archeologiczny* 58: 105–146.
- Łaciak, D., Borowski, M., Łydzba-Kopczyńska, B., Baron, J., Furmanek, M. 2019. Archaeometric characterization and origin of black coatings on prehistoric pottery. *Geochemistry International* 79: 453–466.
- Manecki, A., Muszyński, M. (red.) 2008. *Przewodnik do petrografii*. Kraków.
- Michalska, D. 2014a. Mortar in archaeometric research, (w:) D. Michalska, M. Szczepaniak (red.), *Geosciences in Archaeometry. Methods and case studies*. Poznań, 119–126.
- Michalska, D. 2014b. Organic components in mortars, (w:) D. Michalska, M. Szczepaniak (red.), *Geosciences in Archaeometry. Methods and case studies*. Poznań, 127–138.
- Michalska, D. 2014c. Radiocarbon dating of mortars, (w:) D. Michalska, M. Szczepaniak (red.), *Geosciences in Archaeometry. Methods and case studies*. Poznań, 139–152.
- Moskal del-Hoyo, M., Rauba-Bukowska, A., Lityńska-Zajac, M., Mueller-Bieniek, A., Czekaj-Zastawny A. 2017. Plant materials used as temper in the oldest Neolithic pottery from south-eastern Poland. *Vegetation History and Archaeobotany* 26: 329–344.
- Nieuwenhuys, O.P. 2013. The social uses of decorated ceramics in Late Neolithic Upper Mesopotamia, (w:) O.P. Nieuwenhuys, R. Bernbeck, P.M.M.G. Akkermans, J. Rogasch (red.), *Interpreting the Late Neolithic of Upper Mesopotamia, Papers on Archaeology of the Leiden Museum of Antiquities* no. 9. Brepols, 135–145.
- Peterson, S.E., Betancourt, P.P. 2009. *Thin-section petrography of ceramic materials* 2. Philadelphia.
- Pawlikowski, M. 2020. *Ceramologia archeologiczna*. Krosno.
- Quinn, P.S. 2009. *Interpreting silent artefacts. Petrographic approaches to Archaeological Ceramics*. Oxford.

- Quinn, P.S. 2013. *Ceramic petrography: the interpretation of archaeological pottery & related artefacts in thin section*. Oxford.
- Reedy, C.L. 2008. *Thin-section petrography of stone and ceramic cultural materials*. London: Archetype: 264–264.
- Riederer, J. 2004. Thin section microscopy applied to the study of archaeological ceramics. *Hyperfine Interactions* 154(1): 143–158.
- Rye, O. 1976. Keeping your temper under control: Material and the Manufacture of Papuan Pottery. *Archaeology and Physical Anthropology in Oceania* 11(2): 106–137.
- Rye, O. 1981. *Pottery Technology: Principles and Reconstruction*. Washington.
- Shepard, A.O. 1956. *Ceramics for the Archaeologist*. Washington.
- Steiner, M.L., Jacobs, L. 2008. The Iron Age Pottery of al-Lehun, Jordan: Fabrics and Technology. *Leiden Journal of Pottery Studies* 24: 133–41.
- Stienstra, P. 1986. Systematic macroscopic description of the texture and composition of ancient pottery – some basic methods. *Newsletter Department of Pottery Technology* 4: 29–48.
- Steiner, M.L., Jacobs, L. 2008. The Iron Age Pottery of Al-Lehun, Jordan: Fabrics and Technology. *Leiden Journal of Pottery Studies* 24: 133–40.
- Stoksik, H. 2007. *Technologia warsztatu ceramicznego średniowiecznego Śląska w świetle badań specjalistycznych i eksperymentalnych*. Wrocław.
- Stoltman, J.B. 1989. A quantitative approach to the petrographic analysis of ceramic thin sections. *American Antiquity* 54(1): 147–160.
- Stoltman, J.B. 2001. *The role of petrography in the study of archaeological ceramics*. In *Earth sciences and archaeology*. Boston, 297–326.
- Witkowska, K. 2017. Badania nad średniowiecznymi materiałami budowlanymi z zamku w Radzynie Chełmińskim. *Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo* 48: 37–56.
- Witkowska, K., Łukaszewicz, J. 2016. Comparative Studies on Masonry Bricks and Bedding Mortars of the Fortress Masonry of the Teutonic Order State in Prussia: Malbork, Toruń and Radzyń Chełmiński Castles, (w:) J.J. Hughes, T. Howind (red.), *Science and Art: A Future for Stone: Proceedings of the 13th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone*. Paisley, 621–629.
- Woods, A. 1985. An introductory note on the use of tangential thin sections for distinguishing between wheel-thrown and coil ring-built vessels. *Bulletin of the Experimental Firing Group* 3: 100–114.

