

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

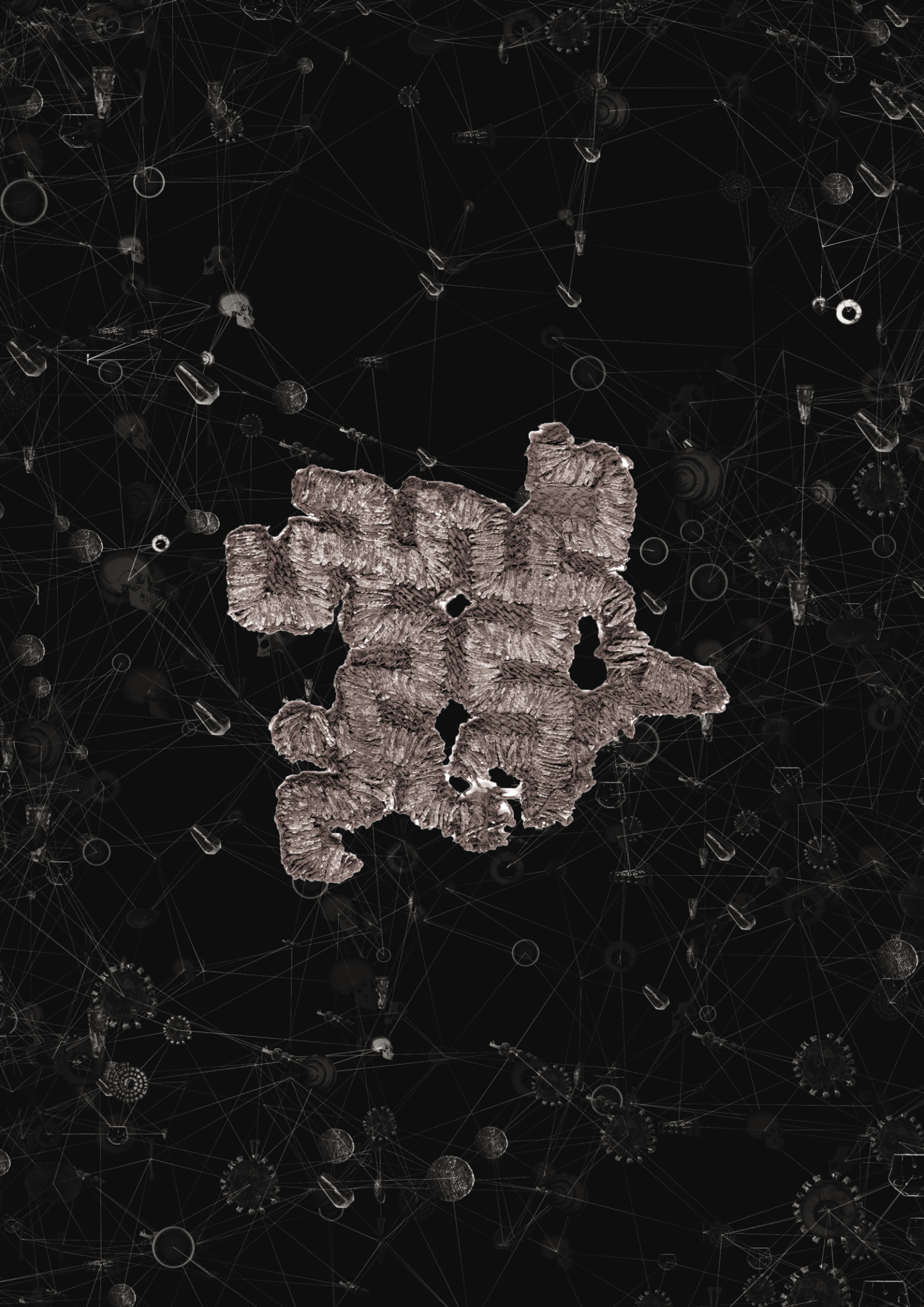
Poznań 2021

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 Hyrczała, 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



Tekstylia

Maria Cybulska, Anna Drązkowska

TEKSTYLIA ARCHEOLOGICZNE

Tekstylia archeologiczne obejmują różne wyroby wykonane technikami włókienniczymi. Zaliczamy do nich tkaniny, kobierce oraz wyroby nietkane: liny, sznurki, filce, a także koronki, sprang i dzianiny. Są to m.in. fragmenty odzieży oraz tasiemek, wstążek i koronek, którymi ją ozdabiano, a także tkaniny techniczne oraz dekoracyjne używane jako obicia, poduszki i inne akcesoria i elementy wystroju wnętrz. Pozyskiwane są z różnych stanowisk archeologicznych o zróżnicowanej chronologii i funkcji: piasków pustyni, bagien, morza, grodzisk, cmentarzysk, nawarstwień średniowiecznych i nowożytnych miast, głębokich latryn oraz z ciemnych i niebezpiecznych krypt, czasami zalanych wodą.

Znaleziska archeologiczne związane z tekstyliami to nie tylko ich formy bezpośrednie, lecz także pośrednie świadectwa ich obecności na badanym terenie. Należą do nich narzędzia do wyrobu tekstyliów, takie jak ciężarki tkackie, przęśliki, grzebienie tkackie, świadczące o istnieniu lokalnej produkcji włókienniczej i o jej technologicznym poziomie. (Broudy 1979). Plomby tekstylne to z kolei świadectwa handlu tekstyliami. (Kocińska i Maik 2004).

Do pośrednich form tekstyliów należą także odciski na naczyniach glinianych, które mogły powstać przypadkowo lub zrobione były w celu

nadania powierzchni dekoracyjnej faktury (Sikorski 2002/2003; Kaczmarek 2015).

Interesującymi formami pośrednimi tekstyliów są także pseudomorfy, czyli rodzaj matrycy powstałej z produktów korozji metali, które w środowisku archeologicznym były w bezpośrednim kontakcie z tekstyliami (Vollmer 1974; Cybulska i Maik 2007).

ZNACZENIE BADAŃ

Od lat obserwujemy systematyczny wzrost zainteresowania naukowców zabytkowymi tekstyliami. Godne uwagi jest to, że badania nad nimi stały się nie tylko domeną historyków sztuki, konserwatorów zabytków czy włókienników, lecz że także archeolodzy podejmują się tego trudnego zadania. Prace nad tekstyliami archeologicznymi prowadzone w różnych ośrodkach naukowych w Polsce przedstawił w jednym ze swych artykułów J. Maik (Maik 2019). Autor zaprezentował tam wybór publikacji na ten temat. Zagadnienia, którymi zajmują się polscy badacze tekstyliów, wskazują na dużą różnorodność podejmowanych tematów, co oznacza, że tekstylia mają ogromny potencjał naukowy o szerokim zakresie poznawczym. Można m.in. określić ich charakterystykę technologiczno-surowcową, analizować kierunki rozwoju produkcji tekstyliów, obserwować momenty przełomowe stanowiące

wyznaczniki postępu technicznego, a także doszukiwać się cech, które pomogą określić, czy mamy do czynienia z wyrobem rodzimej produkcji, czy z importem. Można również podejmować próby rekonstrukcji procesu ich wytwarzania. Pozyskiwany tekstylny materiał zabytkowy umożliwia również analizowanie krojów, wzorów, technik szycia odzieży i sposobów jej ozdabiania. Poza tym, jeśli sięgniemy głębiej, opierając się na informacjach natury formalnej dostarczanej dzięki szczegółowej analizie tekstyliów, i jednocześnie wyjdziemy poza jej schemat, możemy poznawać zwyczaje, upodobania estetyczne, zmieniającą się modę, rytuały i obyczaje pogrzebowe.

W celu poszerzenia wiedzy na temat tekstyliów konieczna jest jednak współpraca archeologów z przedstawicielami innych dyscyplin nauki, m.in. chemikami, inżynierami włókiennictwa, historykami sztuki, mikrobiologami i konserwatorami zabytków. Dowodem na to, że taka współpraca od lat jest prowadzona i coraz bardziej się rozwija, są powstające publikacje (Kamińska i Nahlik 1958; Biesaga i in. 2004; Cybulska i Maik 2007; Cybulska i in. 2011; Miazga i in. 2018; Miazga 2020; Karbowska-Berent i in. 2020; Śliwka-Kaszyńska 2020).

DEGRADACJA TEKSTYLIÓW, SPECYFIKA I WARUNKI

Mimo że tekstylia mogą zachować się w tak wielu odmiennych środowiskach, to w porównaniu z innymi artefaktami odnajdywane są stosunkowo rzadko. Ma na to wpływ ich delikatna struktura i surowce, głównie pochodzenia organicznego, z których były wytwarzane. Czynniki determinującymi procesy degradacyjne i wpływającymi na tempo ich zachodzenia są m.in.: miejsce, głębokość i warunki zalegania, rodzaj gleby, jej właściwości i skład chemiczny, a także jej struktura, czyli stan fizyczny budowy wewnętrznej gleby, na który składa się sposób powiązania i układ tworzywa glebowego oraz jego kształt i wielkość (Kabała 2015: 115-122). Poza tym istotnymi czynnikami są także: temperatura, poziom wilgoci, dostępność tlenu, rodzaj i ilość mikroorganizmów (Cybulska i in. 2008: 68-70), czas zalegania oraz intensywność działania zwierząt i roślin (Drązkowska 2008: 20-23; 2014: 71-73; Drązkowska 2015). Na stan zachowania tekstyliów poza czynnikami środowiskowymi

duży wpływ mają rodzaj włókna, z którego zostały wykonane, oraz ich struktura. Przeważnie odnajdywane są wyroby z włókien proteinowych – wełniane i jedwabne, a bawełniane, lniane i konopne należą do rzadszych znalezisk, czasami pozostają po nich jedynie pojedyncze włókna.

Bardzo niekorzystne dla stanu zachowania tkanin są zwłaszcza piaszczyste, przepuszczalne podłoże i zmienne warunki atmosferyczne: intensywne opady, wysokie temperatury lub przemarzanie podłoża. Dlatego w naszym klimacie tekstylia najlepiej zachowują się w kryptach, ponieważ na małej, odizolowanej od czynników zewnętrznych powierzchni, schowanej pod posadzką kościołów, powstaje i utrzymuje się specyficzny mikroklimat ze stałą temperaturą i ograniczonym dostępem powietrza. W tej wyjątkowej przestrzeni pozbawionej wyżej wspomnianych czynników destrukcyjnych tekstylia rzeczywiście mają większe szanse na przetrwanie. Należy jednak pamiętać, że nie jest to dla nich idealne i neutralne środowisko. W podziemnych pomieszczeniach niejednokrotnie panują ekstremalnie trudne warunki, zwłaszcza gdy są one zamurowane, a poziom wilgotności przez rozkład złożonych w nich ciał sięga około 90% (Drązkowska 2020: 120). W takich warunkach zachodzą zaawansowane procesy gnilne prowadzące do całkowitej degradacji tkanek miękkich, a czasami nawet i szkieletów. Deterioracji ulegają równocześnie tkaniny okrywające martwe ciała, a do ich szybkiego rozkładu przyczyniają się inicjujące procesy gnilne bakterie, grzyby i owady. Wysoka wilgotność przyspiesza i wzmacnia biodegradację tekstyliów (Hryszko 2001: 56; 2017: 40; Cybulska i in. 2008: 68-70). Odzież wełniana, lniana i bawełniana rozkłada się przeważnie wraz z ciałem. Czasami jej niewielkie fragmenty pozostają przyklejone do kości. Najbardziej odporne na te wyjątkowo niekorzystne warunki są jedwabie, dlatego w kryptach najczęściej odnajdujemy tekstylia jedwabne: odzież, tasiemki, koronki, wstążki, sznurowadła, guziki, pasy oraz obicia trumien i szkaplerze. Jedwabie zachowują się nierzadko w dużych fragmentach lub odnajdujemy całe uszyte z nich stroje. Często są bardzo zniszczone, odbarwione, pokryte plamami, które wniknęły głęboko pomiędzy włókna, sklejając je w twarde grudki. Na ich powierzchni występują zabrudzenia pochodzenia organicznego, przyklejone szczątki roślin, piasek, kurz i wyściółka z trumny. Tkaniny są porozdzierane, mają postrzępione krawędzie, liczne przetarcia

i dziury. Badania prowadzone w kryptach wykazały jednak, że jeśli jest w nich niski poziom wilgotności, stała temperatura i przepływ powietrza, to rozkład gnilny ciał może zostać powstrzymany lub bardzo spowolniony, co może doprowadzić do ich naturalnej mumifikacji. Na strupieszalnych, wysuszonych szczątkach oprócz ubiorów jedwabnych i wełnianych zachowuje się nawet lniana i bawełniana bieliza, a także lniane szaty liturgiczne. Na uwagę zasługuje również to, że w takich warunkach tkaniny zachowują swoje intensywne kolory.

EKSPLORACJA TEKSTYLIOW

Eksploracja tekstyliów jest niejednokrotnie zadaniem trudnym, ma na to wpływ ich delikatna struktura i zazwyczaj bardzo duży poziom zniszczeń, ponieważ straciły one swoją elastyczność i odporność na czynniki mechaniczne. Jak już wyżej opisano, stan zachowania wyrobów tekstylnych uzależniony jest od wielu zmiennych czynników i dlatego na różnych stanowiskach zakres i charakter zniszczeń jest odmienny. W trakcie wykopalisk po odkryciu tekstyliów należy natychmiast zadbać o ich szybkie wydobywanie i zapakowanie oraz przygotowanie do transportu. Podczas ich wydobywania należy zachować szczególną ostrożność. Włókna mogą się kruszyć, rozpadać na drobne części, czasami procesy gnilne są tak bardzo zaawansowane, że tkaniny rozpadają się w rękach. W podłożu bardzo wilgotnym błoto może oblepiać powierzchnię tekstyliów, przez co stają się one mało widoczne i mogą zostać niezauważone przez archeologów. Czasami zdarza się, że ich fragmenty ściśle przylegają do powierzchni innych przedmiotów lub szczątków ludzkich. Mogą być do nich przyklejone, mogą także być zespolone z podłożem gęstą siecią korzeni, która je przerasta. Na stanowisku nie należy jednak na siłę ich odspajać. Jeśli to możliwe, trzeba wydobyć je w całości z obiektem, do którego są przyklejone, i zapakować razem. Korzenie natomiast powinno się delikatnie odcinać nożyczkami a w miejscu eksploracji nie wolno usuwać ich spomiędzy splotów, dopóki nie zostaną przeprowadzone badania mikroskopowe, ponieważ korzenie mogą stabilizować i utrzymywać konstrukcje zniszczonych tkanin. Do eksploracji tekstyliów i ich przenoszenia pomocne są różnego rodzaju szpatułki, płaskie łopatkı używane przez protetyków lub konserwatorów zabytków.

Podczas eksploracji tekstyliów trzeba pamiętać, że wszystkie obiekty wydobywane z ziemi mają w sobie wilgoć, a jej poziom jest zróżnicowany i uzależniony od wielu czynników, przede wszystkim determinuje go środowisko zalegania. Dlatego nie można dopuścić, aby tekstylia utraciły wilgoć, znajdująca się w nich woda uległa odparowaniu. Przesuszone włókna tracą spójność, kruszą się i rozpadają na drobne części, a w skrajnych sytuacjach ulegając całkowitej i nieodwracalnej degradacji, zmieniają się w pył.

W celu zabezpieczenia wyrobów włókienniczych natychmiast po wydobywaniu należy zapakować je w worki, najlepiej w kilka grubych worków strunowych, o wielkości wyraźnie większej niż wkładany do nich obiekt, tak aby mogły być w nich płasko rozłożone i aby nie przylegały ciasno do krawędzi worków. Jeśli przypuszczamy, że tekstylia są bardzo zniszczone i bezpośredni kontakt z workami może być dla nich niekorzystny, można włożyć je najpierw do pojemnika z tworzywa, którego ścianki bezpiecznie odizolują obiekt, i dopiero wówczas można pojemnik dodatkowo osłonić workami.

W celu utrzymania stałego poziomu wilgoci nie można tekstyliów bezpośrednio zawijać w mokrą ligninę, ponieważ oblepi ona włókna i będzie trudna do usunięcia, co w znacznym stopniu utrudni analizy mikroskopowe i pogłębi degradację obiektów. Nie należy również bezpośrednio po wydobywaniu przystępować do oczyszczania wyrobów tekstylnych, obmywać je wodą czy wręcz zanurzać w pojemnikach z wodą, ponieważ nie znając poziomu zniszczeń, można doprowadzić do ich całkowitego rozpułnienia w cieczy. Należy również zachować wielką ostrożność, oczyszczając tekstylia pędzelkami, ponieważ mogą rozpaść się pod jego dotknięciem lub ulec deformacji.

Czasami jednak, gdy obiekty są bardzo zdegradowane i mogą nie przetrwać transportu, pojawia się konieczność dokładnego zadokumentowania ich *in situ*. Można to zrobić przy użyciu aparatów fotograficznych lub małych przenośnych mikroskopów cyfrowych, do których można podłączyć również telefon komórkowy i użyć jego aparatu do wykonania zdjęcia.

Aby zabezpieczyć rozpadające się wyroby włókiennicze i umożliwić ich wydobywanie, można je poddać impregnacji kompozycją Paraloidu B-72, poliglikolu etylenowego 400 (PEG 400) w metanolu i toluenie (Grupa 2007: 215). Impregnat ten powinno

się stosować tylko wtedy, gdy jesteśmy pewni, że obiekt bez tego zabiegu się rozpadnie.

Archeolodzy czasami znajdują pozostałości tekstyliów na przedmiotach metalowych, takich jak klamerki stanowiące części ubiorów. Zabezpieczając przedmioty metalowe żywicami, tworzy się na ich powierzchni warstwę uniemożliwiającą późniejsze analizy fizykochemiczne i utrudniającą obserwacje i analizy mikroskopowe zachowanych na nich tekstyliów. Wskazane więc jest, aby poddać je analizie przed zastosowaniem zabiegów konserwatorskich.

Bardzo ważne jest, aby odnalezione zabytki dobrze opisać, tak by oprócz standardowych informacji, zawsze zamieszczanych na metryczkach, znalazł się dokładny opis miejsca ich znalezienia i cały kontekst archeologiczny. Należy również odnotować, w sąsiedztwie jakich przedmiotów je odnaleziono, oraz z jakich surowców te artefakty wykonano. Wiedza na ten temat pomoże w zrozumieniu i w dokładnym określeniu procesów degradacyjnych zachodzących w obiektach zabytkowych oraz pomoże w identyfikacji funkcji odnalezionych wyrobów włókienniczych. W przypadku odkrycia fragmentów tekstyliów w sąsiedztwie lub bezpośrednio na szkielecie informacje na temat ich położenia pomogą w rozpoznaniu części odzieży, z jakich one pochodziły.

Oczywiście nie sposób jest opisać wszystkie sytuacje, z jakimi mogą spotkać się archeolodzy, gdy podczas wykopalisk odnajdą wyroby włókiennicze, ponieważ każde stanowisko ma swoją odmienną specyfikę i indywidualny charakter. Pierwszy kontakt z tekstyliami na stanowisku może być dla archeologów trudny, jednak nabyte doświadczenie pozwala profesjonalnie zabezpieczyć obiekty. Jeśli archeolog nie ma wiedzy konserwatorskiej, ważna jest współpraca z konserwatorem zabytków i specjalistami w dziedzinie analizy tekstyliów. Podczas eksploracji tekstyliów, a później przy ich opracowywaniu, należy pamiętać o tym, że te obiekty są skażone mikrobiologicznie, ich powierzchnię pokrywają grzyby pleśniowe i bakterie, które mogą być chorobotwórcze, co potwierdzają prowadzone badania (Walczak i in. 2015). Dlatego należy stosować środki ochrony osobistej i poddawać obiekty dezynfekcji.

Archeolodzy i konserwatorzy używają różnych metod i środków, takich jak m.in. gazowanie w komorze próżniowej przy użyciu tlenu etylenu,

działanie oparami, napyłanie lub pędzlowanie 0,5% roztworem PCMC w alkoholu etylowym (Strzelczyk i Karbowska-Berent 2004: 187-196). Nie zawsze jednak mamy dostęp do komory, a używając dezynfektanta w postaci roztworu PCMC, trzeba zachować dużą ostrożność, ponieważ jest to środek wysoce toksyczny i w dużych stężeniach ma właściwości rakotwórcze. Należy nakładać go, używając szczelnych masek z filtrami, a po zakończeniu czynności wietrzyć pomieszczenie. Dlatego bezpieczniejsze jest użycie samego wysokoprocentowego alkoholu. Szczególną ostrożność należy zachować zwłaszcza przy badaniach tekstyliów pozyskiwanych z krypt grobowych.

METODY MIKROSKOPOWE W BADANIU TEKSTYLIÓW

Badania tekstyliów prowadzono od czasów tworzenia pierwszych muzeów i zbiorów, a więc od połowy XIX w. Pierwsi badacze używali mało skomplikowanych narzędzi, jak lupy i proste mikroskopy optyczne. Jeszcze w latach 60. XX w. naukowcy wyznaczający sploty tkanin posługiwali się metodą wypruwania kolejnych nitok z pobranych próbek, co niestety prowadziło do ich destrukcji (Cybulska i in. 2016a). Obecnie, dzięki wykorzystaniu mikroskopów połączonych z rejestratorami obrazów, które wyświetlane są na ekranie komputera, oraz dzięki zastosowaniu grafiki komputerowej, a w szczególności metod analizy obrazów, możliwe jest wyznaczanie w zasadzie wszystkich podstawowych parametrów struktury włókien, nitok i tkanin oraz innych wyrobów włókienniczych, w sposób w zasadzie nienaruszający ich struktury (Cybulska 1999: 369-373; Cybulska i Pancer 2004: 124-129).

Metody wyznaczania parametrów strukturalnych tekstyliów na podstawie ich mikroskopowych obrazów stały się popularne w latach 80. i 90. XX w. Były przeznaczone głównie dla tekstyliów przemysłowych o stosunkowo prostej strukturze. Obecnie metody analizy obrazów stały się standardem w badaniach nad strukturą różnego typu tekstyliów i mogą być z powodzeniem stosowane w przypadku tekstyliów zabytkowych, a także znacznie trudniejszych ze względu na wysoki stopień deterioracji tekstyliów archeologicznych. Umożliwiają one identyfikację i wyznaczenie



Ryc. 1. Zdjęcia tkanin archeologicznych z Czermna wykonane za pomocą przenośnego mikroskopu cyfrowego. Rozdzielczość obrazu 2592 × 1944. Widoczny brak głębi ostrości i refleksy światła wynikające z rodzaju oświetlenia. Fot. M. Cybulska

liczbowych charakterystyk każdego rodzaju tekstyliów: od surowca, czyli włókien, przez parametry strukturalne nitek, aż po gotowe wyroby, jak tkaniny, dzianiny, filce itp. Obserwacje mikroskopowe umożliwiają także oszacowanie stopnia zniszczenia tkanin i intensywność ich zabrudzeń, co jest konieczne, gdy podejmowane są zabiegi konserwatorskie.

Do dokumentacji tekstyliów *in situ* lub jako mikroskop podręczny służyć mogą popularne przenośne mikroskopy cyfrowe. Oferują one stosunkowo duże powiększenia, jednak ich główną wadą jest bardzo mała głębia ostrości, stosunkowo niska rozdzielczość obrazu i, co chyba najważniejsze, sposób podświetlania obiektu. Mimo to mogą być bardzo praktyczne we wstępnych analizach obiektu (ryc. 1).



Ryc. 2. Zdjęcie jedwabnej tkaniny archeologicznej wykonane kamerą cyfrową Nikon DS-Fi3, przy użyciu mikroskopu stereoskopowego Nikon SMZ. Wykorzystano technikę EDF, która daje bardzo dobrą głębię ostrości, dzięki której widoczne są wszystkie warstwy materiału. Fot. J. Maik dzięki uprzejmości firmy Nikon w czasie pokazu sprzętu

Producenci oferują jednak nowoczesne rozwiązania, które eliminują w zasadzie wszystkie wady mikroskopów optycznych. Zdjęcia na ryc. 2 wykonano kamerą cyfrową Nikon DS-Fi3, przy użyciu mikroskopu stereoskopowego Nikon SMZ. Wykorzystano technikę EDF (ang. *extended depth of focus*), która służy do wykonania zdjęć z dużą

głębią ostrości, większą niż głębia ostrości obiektywu mikroskopu. Ważną rzeczą przy rejestracji obrazów mikroskopowych jest właściwe oświetlenie obiektu, szczególnie w przypadku tekstyliów. Wygląd ich powierzchni jest wypadkową trzech głównych czynników tworzących ich fakturę: struktura wynikająca z technologii (tkanina, dzianina

itp.), struktura samych nitek oraz rodzaj i własności włókien. W celu wydobywania faktury czy wzmocnienia koloru stosowane są filtry polaryzacyjne, UV i IR. Ważny jest również kierunek padania światła. Wbudowane oświetlenie, zwłaszcza w małych cyfrowych mikroskopach, daje najczęściej niepożądane efekty w postaci odbicia światła od obiektu, przez co jego struktura staje się nieczytelna. Obecnie najczęściej stosuje się zewnętrzne oświetlacze o szerokich możliwościach, jeśli chodzi o regulację mocy, kąta padania i szerokości wiązki światła. W zależności od potrzeb mogą dostarczać silnego, skupionego strumienia światła bądź światła rozproszonego, w tym również światła spolaryzowanego lub o ograniczonym widmie, co pozwala na uwypuklenie interesujących nas cech badanego obiektu, np. ułożenia włókien na powierzchni nitki lub splotu tkaniny. Składają się z jednostki bazowej, do której podłączone mogą być światłowodowe oświetlacze pierścieniowe, dające miękkie, rozproszone światło lub oświetlenie punktowe w formie giętkich tzw. gęsich szyjek, generujące wiązkę światła o małym kącie, pozwalające na dowolne ustawienie kąta i intensywności oświetlenia badanego obiektu.

Do celów dokumentacji, a także analizy struktury nitek i płaskich wyrobów włókienniczych (tkaniny, dzianiny) stosowane mogą być skanery o dobrej głębi ostrości i o wysokiej rozdzielczości optycznej (min. 1200 dpi). Ich zaletą jest równomierne oświetlenie obiektu, brak odbić światła na powierzchni wyrobu, a także, w przypadku dobrych skanerów, zadowalająca głębia ostrości i często wbudowane filtry UV i IR. Dużą zaletą jest brak konieczności skalowania obiektu: przy rozdzielczości 1200 dpi otrzymujemy cyfrowy obraz obiektu, na którym 1 mm odpowiada dokładnie 48 pikseli (ryc. 3).

Współczesne aparaty fotograficzne z matrycami o wysokiej rozdzielczości obrazu i obiektywami z funkcją makro pozwalają otrzymać dużo większą rozdzielczość dpi, jednak obiekt fotografowany musi być razem ze skalą, pozwalającą na późniejsze analizy strukturalne. W przypadku fotografii z ryc. 4 1 mm odpowiada 150 pikselom. Obiektywy makro mają najczęściej wbudowane własne oświetlacze, dające równomierne oświetlenie obiektu (ryc. 4).

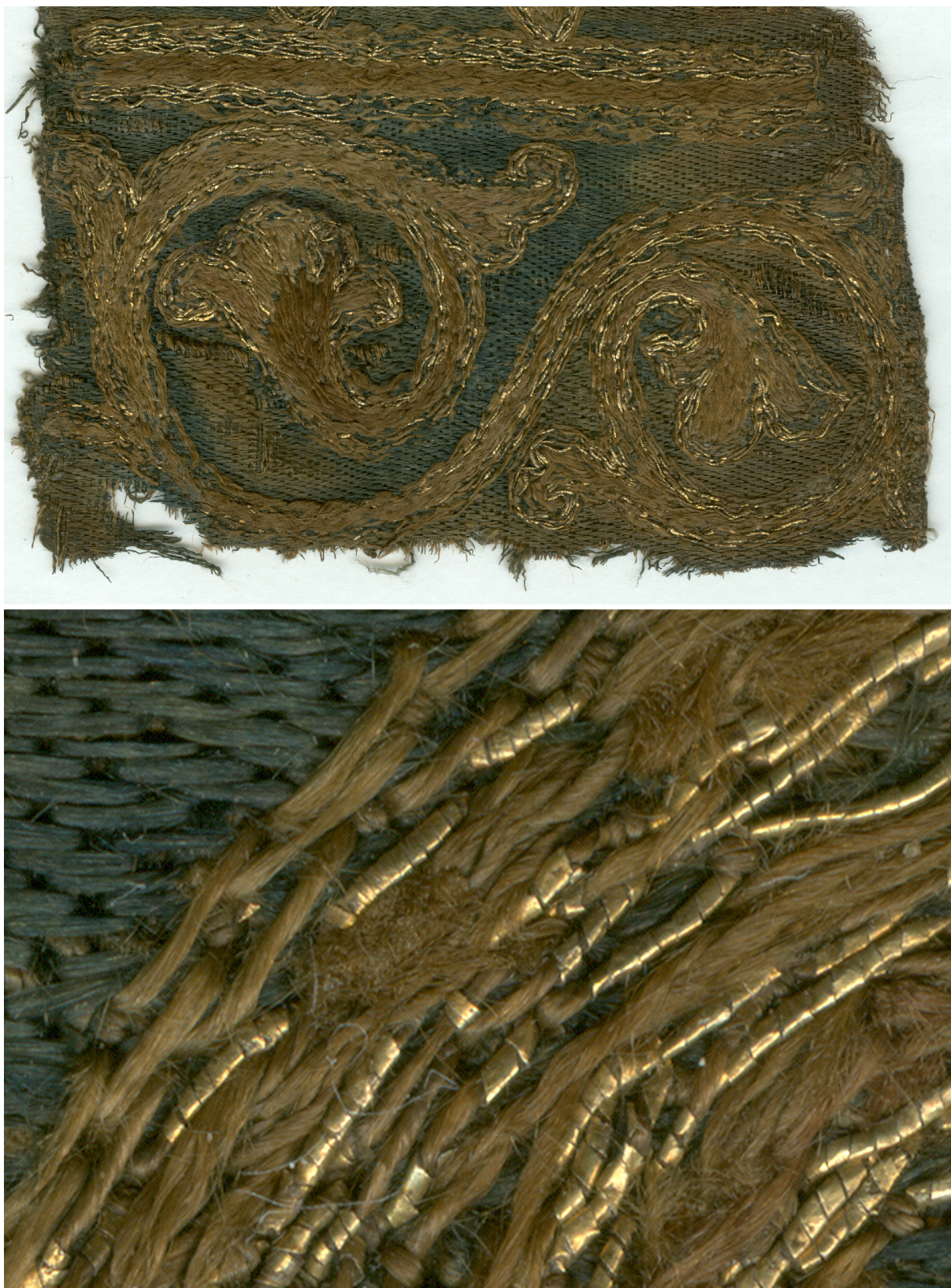
Mikroskopy optyczne są podstawowym narzędziem w badaniu tekstyliów archeologicznych. Ostatnie rozwiązania koncepcyjne i techniczne wykorzystywane w konfokalnej skaningowej mikroskopii optycznej znacznie zwiększają ich możliwości.

Dzięki wysokiej rozdzielczości oraz wielokrotnie większej niż w mikroskopii optycznej głębi ostrości i skali powiększenia obrazu mikroskopia elektronowa pozwala na doskonałe odwzorowanie badanych próbek tekstylnych. Jest niezastąpioną metodą identyfikacji rodzaju i stopnia uszkodzenia poszczególnych włókien w tekstyliach, pozwala również na uzyskanie wyraźnego obrazu powierzchni tekstyliów w określonym (w zależności od zastosowanego powiększenia) obszarze skanowania, przy zachowaniu nienaruszonej struktury obserwowanego fragmentu próbki.

Technika SEM (skaningowy mikroskop elektronowy) jest od wielu lat wykorzystywana do analizy struktury włókien, tekstyliów i kompozytów, w tym tekstyliów archeologicznych. Gdy SEM jest używany w połączeniu ze spektroskopią dyspersji energii (EDS) lub spektroskopią fotoelektronów rentgenowskich (XPS), analiza dostarcza również danych jakościowych i ilościowych do analizy chemicznej próbki. Jest to szczególnie przydatne w badaniu nieorganicznych komponentów tekstyliów jak – przykładowo – nitki metalowe (Cybulska i in. 2008: 67-73).

Ostatnią metodą, którą przedstawiamy, jest mikrotomografia rentgenowska (micro-CT). Choć nie jest to metoda *stricto* mikroskopowa, jej celem jest jednak obrazowanie obiektów, a ściślej rzecz ujmując, ich wewnętrznej struktury, co w przypadku tekstylnych znalezisk archeologicznych, jest szczególnie istotne. Micro-CT wykorzystuje promieniowanie rentgenowskie do oglądania wnętrza obiektu, warstwa po warstwie.

Skanery micro-CT rejestrują serię płaskich obrazów rentgenowskich 2D, na podstawie których można następnie tworzyć modele 3D. Dzięki promieniom rentgenowskim można widzieć przez obiekt, ale można także zobaczyć wnętrze obiektu, analizować jego wewnętrzne cechy. Metoda micro-CT jest podobna do obrazowania w szpitalnej tomografii komputerowej, ale ze znacznie zwiększoną rozdzielczością (1 piksel na 100 nanometrów). Badanie jest niedestrukcyjne: skanowana próbka nie jest zmieniana ani niszczona podczas badania lub w trakcie przygotowania do badania (Payne 2012: 17-29; Tuniz i Zanini 2018). Dzięki tej metodzie można uzyskać trójwymiarową wizualizację wewnętrznej geometrii tkaniny, a także złożonych obiektów tekstylnych, jak hafty wypukłe wykonywane na podkładach. Pozwala też zidentyfikować bliżej nieokreślone obiekty znajdujące się wewnątrz skłębionych, trudnych do rozdzielenia warstw tekstyliów.



Ryc. 3. Skan fragmentu haftu z Kruszwicy (Cybulska i Orlińska-Mianowska 2016: 31-40) w rozdzielczości 2400 dpi i detal ze skanu obejmujący prostokąt o szer. 8,3 mm. Dobra głębia ostrości, brak refleksów świetlnych. Fot. M. Cybulska



Ryc. 4. Haft z Gródka nad Bugiem (Cybulska i in. 2018: 735-799). U góry skan tkaniny, u dołu detal awersu i rewersu haftu, wykonane aparatem fotograficznym Canon Eos M6 z obiektywem makro z własnym podświetleniem. Wyraźnie widoczne szczegóły haftu kładzionego gubionego na rewersie pętliki uformowane przez nitkę złotą oplataną. Fot. M. Cybulska

BADANIA TEKSTYLIÓW ARCHEOLOGICZNYCH

Analiza włókien

Włókna są podstawowym komponentem tekstyliów. To z nich przędzie się nitki, z których powstają wyroby włókiennicze, takie jak tkaniny, dzianiny, plecionki. Bezpośrednio z włókien powstają także filce.

W archeologii spotykamy w zasadzie jedynie włókna naturalne, pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego. Włókna pochodzenia zwierzęcego to wełna i jedwab. Spektrum włókien roślinnych, z którymi spotkać możemy się w tekstyliach archeologicznych, jest znacznie szersze. Obejmuje zarówno tak znane włókna, jak lniane, konopne i bawełniane, ale także mniej popularne – z pokrzywy, bambusa, łyka wierzbowego itp. Każdy rodzaj włókna ma swoją charakterystyczną budowę w sensie grubości, długości, charakterystycznej powierzchni i przekroju poprzecznego, a także wewnętrznej struktury (Żyliński 1958; Houck 2009).

Do identyfikacji rodzaju włókien używa się wielu metod. Najprostsze, polegające na paleniu lub działaniu na włókna różnymi odczynnikami chemicznymi, są przede wszystkim niszczące, a poza tym pozwalają jedynie odróżnić włókna roślinne od zwierzęcych, ale już nie rozróżniają między sobą różnych typów tych włókien (Polska Norma PN 72/P 04604). W przypadku włókien proteinowych rozróżnienie pomiędzy wełną i jedwabiem jest możliwe dzięki obserwacji mikroskopowej ze względu na różną średnicę i długość włókien – włókna jedwabiu są gładkie, cieńsze i w porównaniu z włóknami wełny niemal nieskończenie długie. Jednak identyfikacja różnego rodzaju włókien roślinnych nie jest taka prosta. Służyć może do tego test Herzoga, wykorzystujący także obserwację mikroskopową, który pozwala na analizę orientacji fibryli w kolejnych warstwach włókna, która jest inna dla lnu czy pokrzywy (Haugan i Holst 2013; Lukešová i in. 2017).

Pomocą w identyfikacji rodzaju włókien może być także mikroskopowe badanie przekroju poprzecznego włókien i nitek. Jest to możliwe przy użyciu nawet mikroskopu optycznego. Wymaga to jednak odpowiedniego przygotowania próbki: zatopienia jej w utwardzalnej żywicy i cięcia plasterków za pomocą specjalnych tarcz. Na ryc. 5a widoczny jest przekrój poprzeczny współczesnej

przędzy wykonanej z mieszanki bawełniano-poliestrowej. Włókna bawełny mają przekrój poprzeczny w kształcie ziarna fasoli, poliestrowe zaś okrągły.

Aby zidentyfikować surowce, można jednak wykorzystać bardziej wyrafinowane metody. Jedną z nich jest SEM, dzięki któremu możemy analizować morfologię powierzchni włókien, nitek i tkanin. Mikroskopia skaningowa jest obecnie standardową metodą badania włókien w celu ich identyfikacji i oceny ich kondycji. Liczne publikacje dotyczą zarówno włókien z wykopalisk archeologicznych, jak i współczesnych włókien wykorzystywanych w przemyśle (Rast-Eicher 2016; Greaves 1995).

WYBRANE PRZYKŁADY BADAŃ NAD WŁÓKNAMI Z TEKSTYLIÓW ARCHEOLOGICZNYCH Z TERENU POLSKI

Metodę SEM zastosowano do analizy włókien z tekstylnych znalezisk z okresu rzymskiego i średniowiecza. Badania wykonano przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego JSM-5200LV JEOL z wykorzystaniem półprzewodnikowego detektora elektronów rozproszonych wstecznie, umożliwiającego obserwację próbki bez wstępnego przygotowania (próbki nie były pokryte złotem). Zastosowana metoda nie jest niszcząca, umożliwia ponowne przebadanie tej samej próbki inną metodą (Cybulska i in. 2008: 67-73). Wykorzystano ją do identyfikacji surowca ozdobnego plecionego sznurka pokazanego na ryc. 6a, który został znaleziony na cmentarzu wielbarskim, pochodzącym z późnego okresu rzymskiego (III w.) w grobie 269, inw. 1534. Za pomocą mikroskopu optycznego włókna były trudne do zidentyfikowania ze względu na ich bardzo małą średnicę i na pierwszy rzut oka wyglądały jak jedwab. Jednak analiza SEM pozwoliła scharakteryzować materiał jako len ze względu na typowe dla lnu „kolanka”, które są wyraźnie widoczne na obrazie włókna (Cybulska i in. 2008) (ryc. 5c, 6c).

Na ryc. 6b można zobaczyć obraz SEM średniowiecznej tkaniny jedwabnej tkanej na krosienku tabliczkowym oraz włókna jedwabiu, z którego została zrobiona (ryc. 6d). Porównanie obu włókien pozwala stwierdzić, że włókno lniane jest równie delikatne jak jedwabne. Świadczy o wysokiej jakości odzieży lnianej z okresu rzymskiego.

Kolejne dwa zdjęcia na ryc. 7 przedstawiają włókna wełniane z ubrań z okresu rzymskiego

(ryc. 7a) i ze średniowiecza (ryc. 7b). Widoczne są także przekroje poprzeczne włókien, których analiza pokazuje, że średniowieczna wełna (XV w.) była znacznie grubsza niż ta z II w. Potwierdza to fakt, że w okresie rzymskim produkcja wełny była na bardzo wysokim poziomie (Maik 1988).

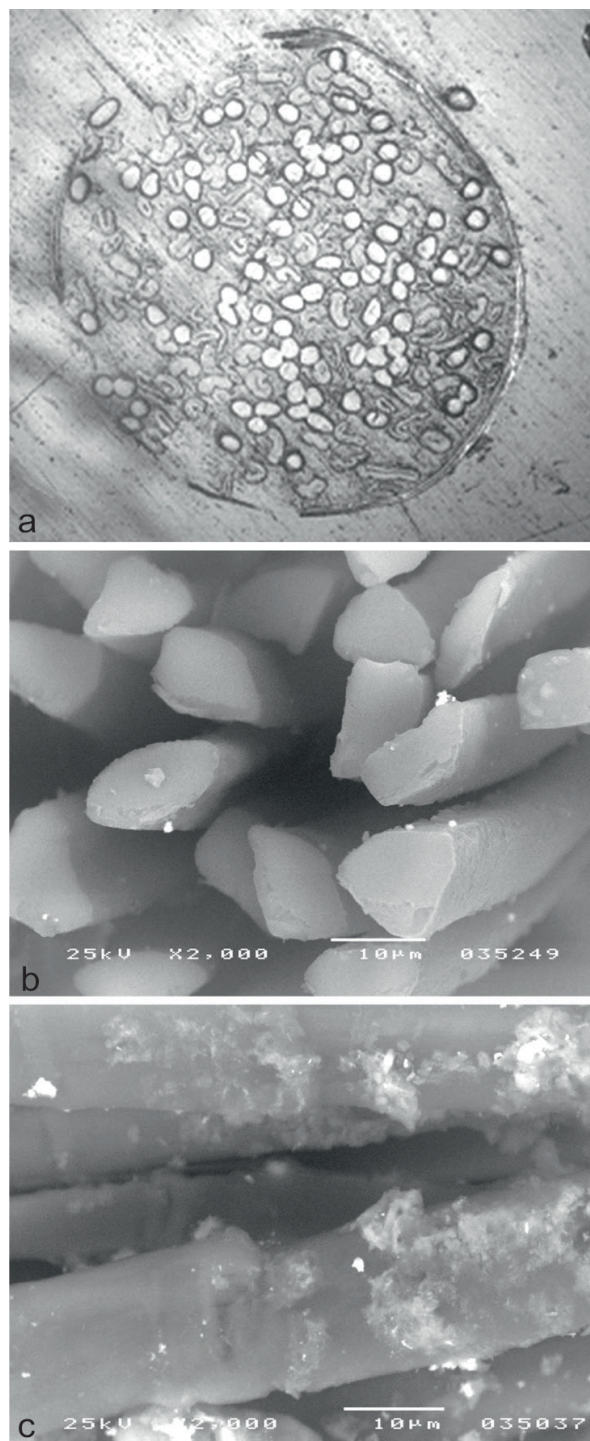
Mikroskopia elektronowa pozwala nam także badać stopień degradacji włókien. Na ryc. 8 widoczne są zdjęcia włókien lnu i jedwabiu pochodzących z tkanin znalezionych podczas badań wykopaliskowych prowadzonych w 1976 r. na cmentarzystku w Cermnie. W grobie nr 5 znaleziono resztki stroju dziewczynki zmarłej w wieku około 10 lat (Infans II), na który składały się pozostałości tkanin datowanych na XII/XIII w., które przetrwały w nieprzyjnym środowisku w bezpośrednim kontakcie z przedmiotami metalowymi (Cybulska i in. 2016a: 519-531). Analiza mikroskopowa pozwoliła zidentyfikować zarówno tkaniny jedwabne, jak i lniane. Na zdjęciach SEM widać wysoki stopień degradacji włókien. Na zdjęciu u góry widoczne są włókna jedwabiu, z których część pozbawiona jest sercyny, tak że wyraźnie widoczne są nitki fibroiny. Fotografia u dołu (ryc. 8) prezentuje włókna łykowe, prawdopodobnie lniane, o popękanych i pokruszonych ściankach.

Analiza nitek

Nitki, które możemy zidentyfikować w tekstyliach archeologicznych, mają średnicę rzędu 0,1-1 mm. Z punktu widzenia analizy i identyfikacji znalezisk istotne ich parametry, jak budowa, grubość i jej równomierność, kierunek i wielkość skrętu, mogą być oszacowane w niedestrukcyjny sposób, za pomocą wspomnianych metod analizy obrazów (Cybulska 1999: 369-373).

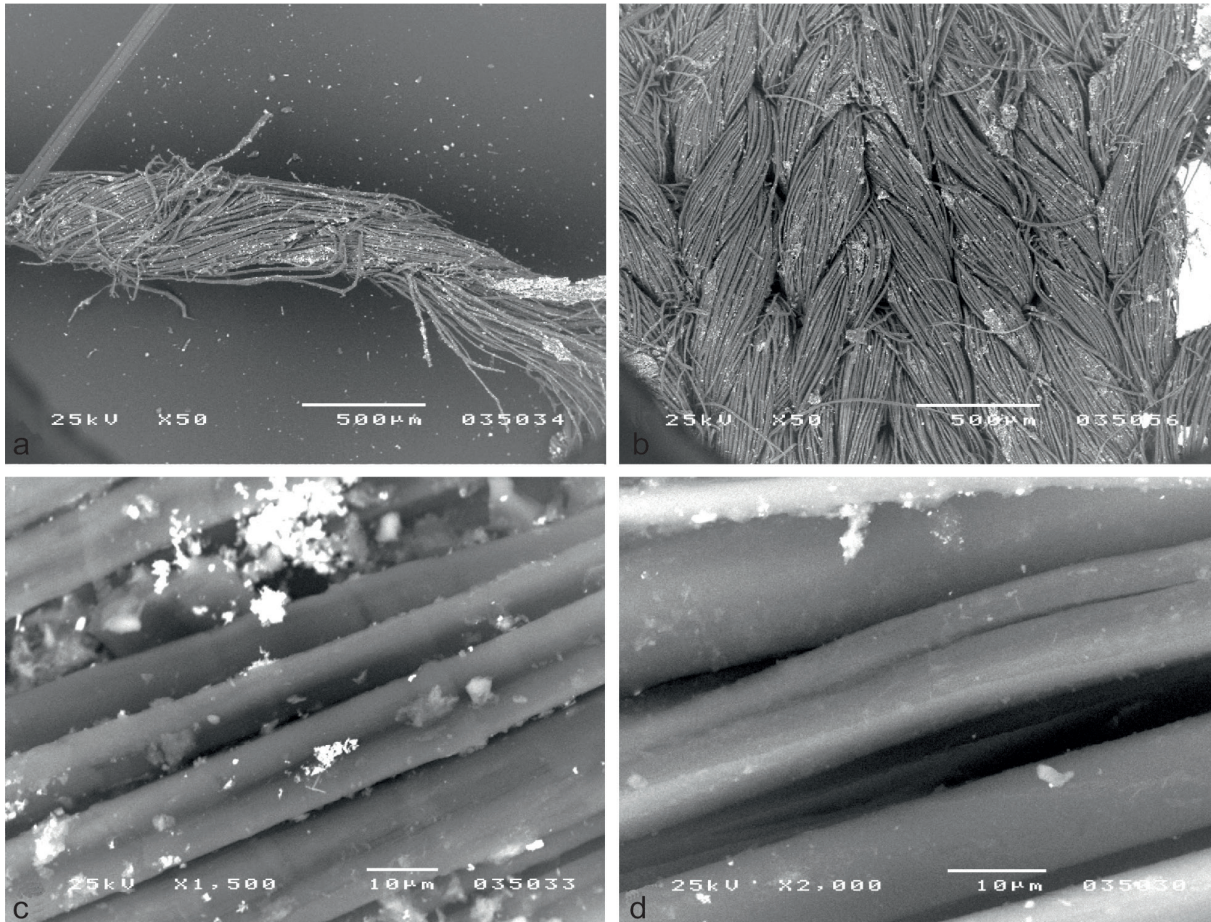
W praktyce parametry te możemy oszacować nie tylko na podstawie zdjęć mikroskopowych, ale także skanów i fotografii makro w wysokiej rozdzielczości, edytując fotografie w dowolnym programie graficznym, pozwalającym mierzyć te wielkości w pikselach, wykorzystując prostą zasadę proporcji. Detal tkaniny z ryc. 3 obejmuje dokładnie 8,3 mm.

Ważnym i często spotykanym w archeologicznych tekstyliach rodzajem nitek są nitki metalowe. Mogą one mieć różną formę: płaskiej nitki metalowej (lamelka); metalowego filamentu (nitka



Ryc. 5. Charakterystyka włókien: a – mikroskop optyczny: przekrój poprzeczny przędzy mieszankowej, widoczne włókna bawełny i poliestru; b – SEM: przekrój poprzeczny jedwabiu; c – SEM: charakterystyczne kolanko występujące na włóknach łykowych. Fot. M. Cybulska (a), J. Sielski (b i c)

drukowa) prostego lub w formie sprężynki (bajorek); nitki metalowej oplatanie (ryc. 9).



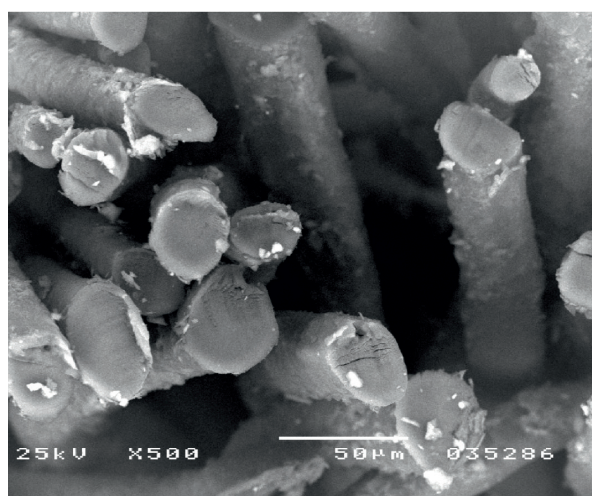
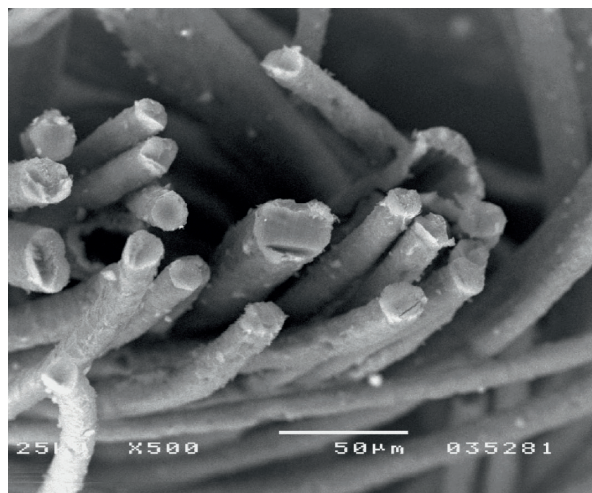
Ryc. 6. Technika SEM w badaniu tekstyliów archeologicznych: po prawej – sznurowadło i włókna lnu, z którego został zrobiony; po lewej – jedwabna tkanina wykonana na krosienku tabliczkowym i włókna jedwabiu, materiał archeologiczny z terenu Mazowsza (Cybulska i in. 2008: 67-73)

W przypadku nitek o złożonej budowie, jak nitka metalowa oplataną, analiza polega na identyfikacji wszystkich komponentów, zarówno włókiennego rdzenia, jak i metalowego paska, którym jest on owinięty. Charakterystyka rdzenia to podanie parametrów nitki, która go tworzy: surowca, grubości, skrętu. Charakterystyka metalowego opłotu, oprócz standardowych danych, jak szerokość blaszki, kierunek oplatania (S/Z) i liczba opłotów na jednostkę długości nitki, wymaga także charakterystyki samej blaszki: składu stopu metali, z jakiego została zrobiona, metody złożenia lub srebrzenia oraz metody produkcji samej blaszki: czy była cięta z arkusza blachy, czy wykonana z płaszczzonego drutu, młotkowana czy rolowana.

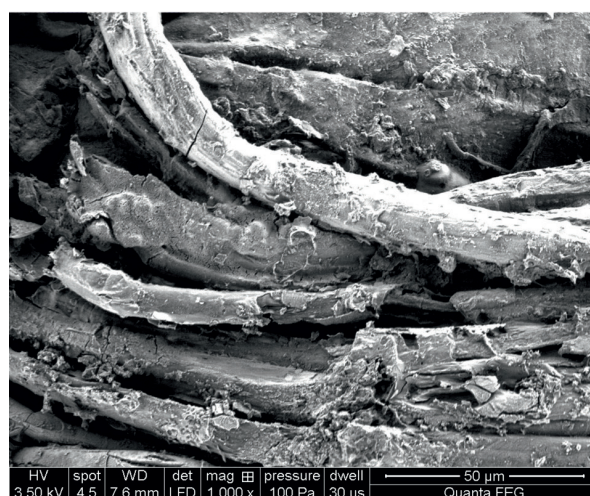
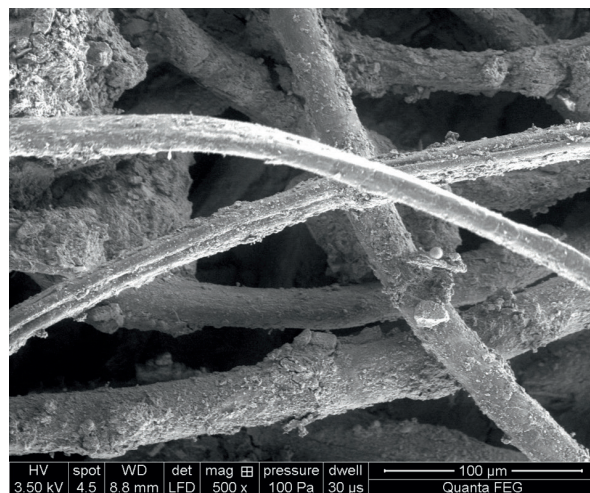
Znakomitym do tego narzędziem jest mikroskop elektronowy SEM z analizatorem składu pierwiastkowego EDS lub XPS. Oglądając na ekranie komputera mikroskopowy obraz blaszki, możemy dokładnie wskazać miejsca, w których ma być wykonana

analiza. Jej wyniki wraz z charakterystyką obrazu mikroskopowego pozwalają zidentyfikować technikę wykonania blaszki stanowiącej opłot.

Tego typu badania są już standardem w analizie tekstyliów archeologicznych wykonanych z udziałem nitek metalowych. Fotografie na ryc. 10 pokazują fragmenty nitek metalowych z wczesnośredniowiecznych tkanin z bazyliki kolegiackiej św. Piotra i Pawła w Kruszwicy (u góry) oraz z Gródka nad Bugiem (u dołu). Zostały one poddane analizie SEM EDS. Jej wyniki wykazały, że nitki widoczne po lewej stronie wykonane są z blaszki złotej, a te po prawej ze złożonej blaszki srebrnej. Na podstawie tych fotografii można zmierzyć bardzo dokładnie szerokość, a nawet grubość blaszki, a także ocenić stopień ich zniszczenia (Cybulska i in. 2018: 735-799; Cybulska i Orlińska-Mianowska 2016: 31-40). W przypadku nitek złożonych (ryc. 10 po prawej) stwierdzono obecność złota po jednej stronie srebrnej blaszki,



Ryc. 7. Technika SEM w badaniu tekstyliów archeologicznych: u góry włókna wełny z okresu rzymskiego, u dołu wełna średniowieczna (Cybulska i in. 2008: 67-73)



Ryc. 8. Degradacja włókien: u góry włókna jedwabiu pozabawione jest serycyny, z widocznymi nitkami fibroiny; u dołu włókna łykowe o popękanych i pokruszonych ściankach. SEM. (Cybulska i in. 2016a: 519-531)

co wskazuje, że zostały wykonane w wyniku cięcia srebrnej blaszki złożonej po jednej stronie. O cięciu świadczą także ostre krawędzie.

Analiza tkanin i innych płaskich wyrobów tekstylnych

W przypadku złożonych obiektów tekstylnych, takich jak tkaniny, hafty itp., analiza mikroskopowa umożliwia przede wszystkim identyfikację struktury, która wynika bezpośrednio z zastosowanej metody wytwarzania i techniki – rodzaju splotu czy ściegu hafciarskiego. W przypadku tkanin o złożonej strukturze, takich jak aksamity lub lampasy, dodatkowo mniej czytelnych ze względu na

biodeteriorację, najlepiej wykonać taką analizę po obu stronach tkaniny. Po identyfikacji typu tkaniny kolejny etap to estymacja jej parametrów strukturalnych. Metody analizy obrazów pozwalają, po określeniu liczby osnów i wątków, na wyznaczenie liczności nitek osnowy/osnów i wątku/wątków w tkaninie i analogicznie liczności kolumnienek i rządów w dzianinach. Inne parametry to wypełnienie tkaniny oraz wrobienie nitek, jednak są one rzadko wyznaczane w archeologii, choć niosą ze sobą ważne informacje (Cybulska i in. 2016a: 519-531; Cybulska 2010: 100-105). Jak to już było wspomniane, do wyznaczenia tych parametrów nie są konieczne obrazy mikroskopowe, wystarczają skany i fotografie makro o dużej rozdzielczości (ryc. 3, 4).

Do badania struktury złożonych obiektów tekstylnych, takich jak współczesne wyroby techniczne:



Ryc. 9. Różne typy nitki metalowych: u góry filament metalowy (nitka drutowa)- mikroskop cyfrowy, oraz płaska nitka metalowa (lamelka)- aparat fotograficzny z obiektywem makro; u dołu nitka metalowa oplatana i bajorek – skany. Fot. M. Cybulska

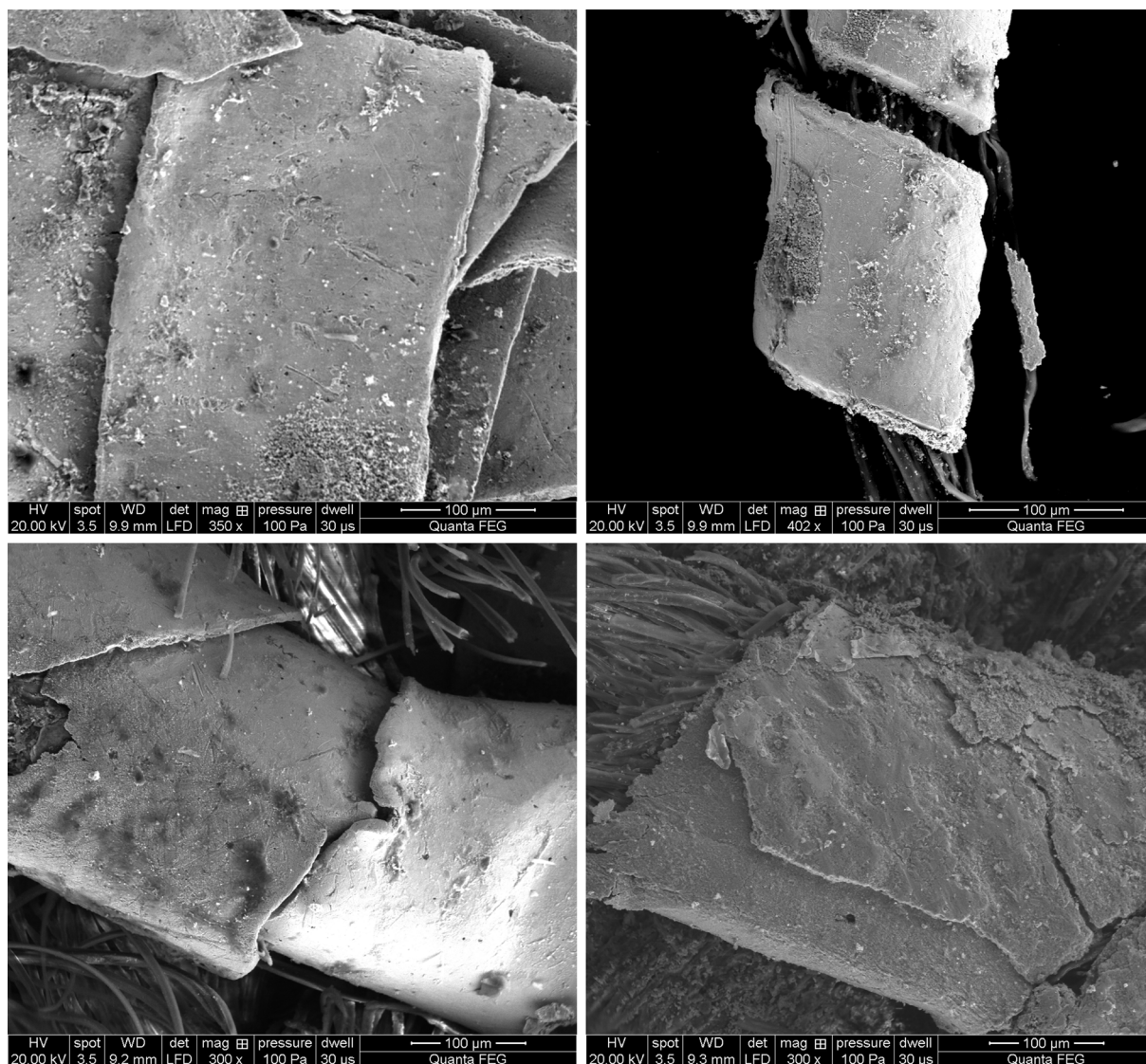
tkaniny dystansowe czy kompozyty, stosowane są także metody mikrotomografii rentgenowskiej (micro-CT). Obecnie są one także wykorzystywane w archeologii do badania papirusów, ceramiki, drewna czy nawet szczątków ludzkich (Tuniz i Zanini 2018).

Ograniczenia w zastosowaniu tej metody do badania tekstyliów archeologicznych mają kilka przyczyn. Z jednej strony strukturę wyizolowanego obiektu tekstylnego można przeanalizować mniej kosztownymi metodami, z drugiej zaś micro-CT nie może być stosowana do tekstyliów zachowanych na innych obiektach, np. na metalowych klamrach czy na naczyniach ze względu na skrajnie różną ich charakterystykę, jeśli chodzi o współczynnik absorpcji energii, powodującą, że tekstylia w kontakcie z tymi przedmiotami przestają być widoczne. Jednak metoda ta doskonale sprawdza się do badania tekstyliów, gdy wiemy lub przypuszczamy, że między ich warstwami znajdują się inne obiekty, a próba ich manipulowaniem grozi destrukcją tekstyliów. Taka sytuacja zdarzyła się w przypadku fragmentów płótna lnianego z XVII w. znalezionej w miejscu pochówku w okolicach Rawy Mazowieckiej. Tkanina przetrwała przymocowana do jakiegoś

przedmiotu – monety lub guzika (ryc. 11a, b). Próba wydobywania go oznaczałaby całkowite zniszczenie tkaniny, obiekt poddano więc badaniu micro-CT, które wykazało, że pomiędzy warstwami lnianego płótna znajduje się moneta – grosz Zygmunta III Wazy z 1533 r. (ryc. 11c) (Cybulska i Maik 2007: 185–189).

PODSUMOWANIE

Tekstylia, ze względu na swoją złożoną strukturę, są specyficznym rodzajem obiektów. Ich podstawowym komponentem są różnego rodzaju włókna o grubości od kilku mikrometrów w przypadku cienkich włókien jedwabiu hodowlanego do kilkudziesięciu mikrometrów w przypadku jedwabiu dzikiego czy wełny. Nitki wykonane z tych włókien mają grubość rzędu od 0,1 mm do 1 mm, a z nich dopiero powstają wyroby wykonywane różnymi technikami – tkaniny, dzianiny, hafty, plecionki i koronki. Na ich ostateczny wygląd i własności wpływają wszystkie komponenty i etapy ich wytwarzania. Na każdym z tych etapów w wyniku



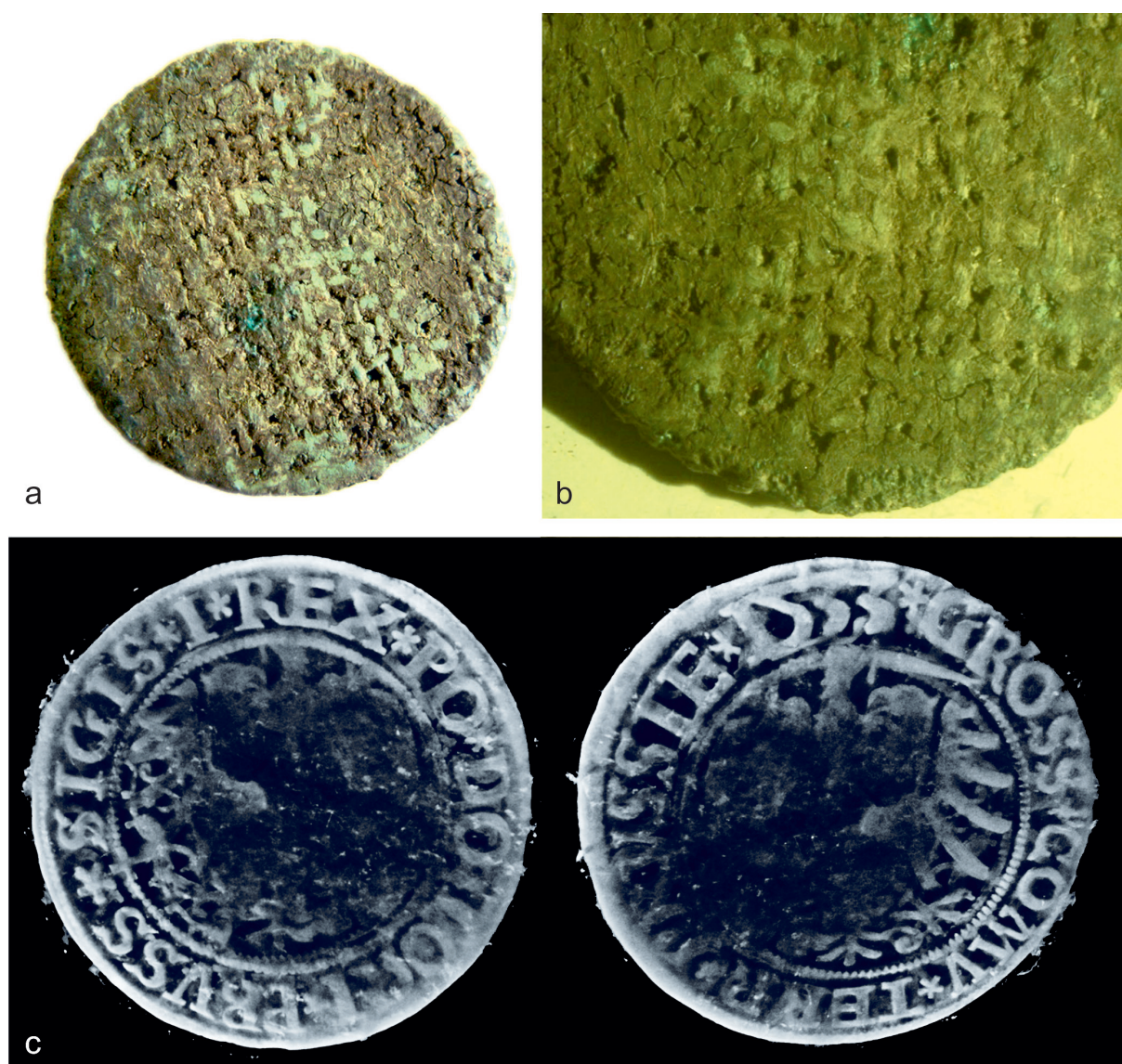
Ryc. 10. Technika SEM EDS w badaniu nitok metalowych. Fragment nitok z tkanin z bazyliki kolegiackiej św. Piotra i Pawła w Kruszwicy (u góry) oraz z Gródka nad Bugiem (u dołu). Po lewej stronie nitki z blaszki złotej, po prawej ze złożonej blaszki srebrnej. Fot. M. Cybulska, S. Kuberski (u góry), J. Sielski (u dołu)

stosowanych procesów technologicznych końcowy wyrób ma nadawane własności, których identyfikacja umożliwia określenie okresu i miejsca jego powstania, a także ocenę poziomu i jakości jego wykonania. Z tego wynika także możliwość analizy porównawczej, poszukiwania obiektów analogicznych i ostatecznie pochodzenia wyrobu.

Większość technik mikroskopowych umożliwia obrazowanie próbek w ich oryginalnej kondycji, bez specjalnego przygotowania. Należą do nich zarówno mikroskopia optyczna, skanowanie, makrofotografia, jak i SEM i micro-CT. W ich przypadku „obraz” badanych próbek jest rejestrowany w sposób niezmieniający ich stanu. Pozwala to na

ich zachowanie w celu archiwizacji lub ponownego przetestowania w późniejszym terminie lub za pomocą innej metody.

Przy wyborze próbki czy też punktu pomiarowego na próbce należy pamiętać o celu badania. Do oszacowania parametrów strukturalnych zawsze wybieramy miejsca, w których obiekt w jak najmniejszym stopniu uległ biodeterioracji i deformacji. Oczywiście sytuacja jest inna, gdy analizujemy sam proces degradacji tekstyliów. Zawsze jednak należy pamiętać, że pomiary należy powtarzać w kilku miejscach, a do celów dokumentacji i w analizie porównawczej posługiwać się ocenami statystycznymi analizowanych parametrów.



Ryc. 11. Tkanina lniana z Rawy Mazowieckiej: a – skan tkaniny; b – obraz z mikroskopu optycznego; c – obraz awersu i rewersu monety znajdującej się między warstwami tkaniny, micro-CT. Fot. M. Cybulska (a i b), M. Barburski (c)

Ze względu na rząd wielkości komponentów tekstyliów oraz złożoność ich struktury w zasadzie żadna z istotnych ich cech, poza ornamentyką, nie może być oceniona na podstawie oglądu „gołym okiem”. Dlatego metody mikroskopowe są pierwszym i podstawowym krokiem w analizie tekstyliów archeologicznych. Obecnie trudno wyobrazić sobie jakiegokolwiek badania tekstyliów archeologicznych bez zastosowania którejś z przedstawionych metod. Mimo często bardzo wysokich cen sprzętu w coraz większym stopniu dostępne są nie tylko mikroskopy optyczne, ale i nowoczesne narzędzia typu SEM EDS czy micro-CT,

oferujące nie tylko obrazowanie próbki, ale także jej specjalistyczną analizę. Wspominana przez nas współpraca pomiędzy archeologami i specjalistami z dziedziny inżynierii materiałowej i chemicznej otwiera dla archeologii bardzo szerokie możliwości badawcze.

Mimo dużych możliwości mikroskopii jej metody nie zawsze są wystarczające do identyfikacji typu włókien. Badania mikroskopowe są często uzupełniane przez metody spektroskopii, która pozwala na identyfikację surowca poprzez porównanie widma badanej próbki z widmem wzorca. (Cybulska i in. 2008). Możliwe są także bardziej szczegółowe

badania, pozwalające określić nie tylko typ włókien, ale także miejsce i sposób ich hodowli. Dla przykładu, możliwe jest określenie, czy mamy do czynienia z jedwabiem dzikim czy też hodowanym, poprzez badanie DNA (Pääbo i in. 1989). Analiza izotopów strontu pozwala z kolei na określenie obszaru pochodzenia materiału. (Frei i in. 2009; Ryan i in. 2021).

Postęp w naukach ścisłych i szybki rozwój metod badawczych to duża szansa dla archeologii. Zastosowanie nowoczesnych metod, mimo że najczęściej bardzo kosztowne, stwarza jednak możliwości współpracy pomiędzy naukowcami z różnych dziedzin, z obopólną korzyścią.

LITERATURA

- Biesaga, M., Donten, M., Maik, J., Wach, A. 2004. Zastosowanie chromatografii cieczowej w badaniach barwników tkanin zabytkowych. *Kwartalnik Historii Kultury Materialnej* 52(3): 33–339.
- Broudy, E. 1979. *The Book of Looms. History of the Handloom from Ancient Times to the Present*. Providence.
- Cybulska, M. 1999. Assessing yarn structure with image analysis methods. *Textile Research Journal* 69(5): 369–373.
- Cybulska, M., Pancer, R. 2004. Analysis of woven fabrics using image analysis. *Proceedings of the VI International Conference ArchTex 2004*. Kraków, 124–129.
- Cybulska, M., Kowalska-Pietrzak, A., Kuberski, S., Maik, J., Orlińska-Mianowska, E. 2011. Piętnastowieczna preteksta z herbem Korzbok z Archikolegiaty Łęczyckiej w Tumie, (w:) M. Żemigala (red.), *850 lat w służbie Bogu i ludziom. Archikolegiata Łęczycka w Tumie, Materiały z sesji naukowej w Łęczycy dnia 21 maja 2011 roku*. Łęczycza, 81–90.
- Cybulska M., Florczak, T., Maik J. 2010. Virtual reconstruction of archaeological textiles, (w:) E. Andersson Strand, M. Gleba, U. Mannering, Ch. Munkholt, M. Ringgaard (red.), *North European Symposium for Archaeological Textiles X*, Ancient Textiles Series Oxford, 5: 36–40.
- Cybulska, M., Maik, J. 2007. Archaeological Textiles – A Need for New Methods of Analysis and Reconstruction. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 15(5–6): 185–189.
- Cybulska, M., Jedraszek-Bomba, A., Kuberski, S., Wrzosek, H. 2008. Methods of Chemical and Physicochemical analysis in the identification of archaeological and historical textiles. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 16(5): 67–73.
- Cybulska, M. 2010. Reconstruction of Archaeological Textiles. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 18(3): 100–105.
- Cybulska, M., Orlińska-Mianowska, E. 2016. Fragmenty dwóch tkanin z depozytu Muzeum Narodowego w Warszawie znalezionych w kolegiacie w Kruszwicy w 1960 roku. *Studia Źródłoznawcze* 54: 31–40.
- Cybulska, M., Maik, J., Sielski, J. 2016a. Textiles from the cemetery in Czeremo, site 3, (w:) M. Florek, M. Wołoszyn (red.), *The early medieval settlement complex at Czeremo in the light of results from past research (up to 2010). Material evidence*. Kraków-Leipzig-Rzeszów-Warszawa, 519–531.
- Cybulska, M., Orlińska-Mianowska, E., Stanilewicz, K. 2016b. Nowoczesne metody analizy i wizualizacji tekstyliów zabytkowych dla potrzeb dokumentacji, rekonstrukcji i konserwacji, (w:) A. Nadolska Styczyńska (red.), *Snuć nieć jak opowieść. Tkaniny w kulturach świata. Toruńskie studia o sztuce orientu* 5. Toruń, 274–292.
- Cybulska, M., Marciniak, M., Sielski, J. 2018. Textile finds from Gródek upon the Bug river. An analysis of materials, manufacturing techniques and origin, (w:) M. Wołoszyn (red.), *The Early Medieval Settlement Complex at Gródek Upon the Bug River in the Light of Results from Past Research (1952-1955): Material Evidence, Tom 4. U źródeł Europy Środkowo-Wschodniej, Frühzeit Ostmitteleuropas*. Leipzig, 735–799.
- Drażkowska, A. 2008. *Odzież grobowa w Rzeczypospolitej w XVII i XVIII wieku*. Toruń.
- Drażkowska, A. 2014. *Odzież i insygnia grobowe biskupów przemyskich obrządku łacińskiego*. Toruń.
- Drażkowska, A. 2015. Przyczyny i rodzaje zniszczeń XVII- i XVIII-wiecznych tkanin z badań archeologicznych w Gniewie. *Pomorania Antiqua* 24: 527–536.
- Drażkowska, A. 2020. Pochówki z krypt bazyliki i krużganków klasztoru. Analiza i próba identyfikacji, (w:) A. Drażkowska (red.), *Krypty grobowe kościoła pw. św. Franciszka z Asyżu w Krakowie w świetle badań interdyscyplinarnych. Archeologia – Historia – Kostiumologia* 1. Toruń, 118–129.
- Frei, K.M., Skals, I., Gleba, M., Lyngstrøm, H. 2009. The Huldremose Iron Age textiles, Denmark: An attempt to define their provenance applying the strontium isotope system. *Journal of Archaeological Science* 36(9): 1965–1971.
- Greaves, R. 1995. *Microscopy of Textile Fibres, Royal Microscopical Society Microscopy Handbooks*. New York.
- Grupa, M. 2007. Konserwacja jedwabnych tkanin i rekonstrukcja szat. *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, Seria Numizmatyczna i Konserwatorska* 13: 207–218.
- Haugan, E., Holst, B. 2013. Determining the fibrillar orientation of bast fibres with polarized light microscopy: the modified Herzog test (red plate test) explained. *Journal of Microscopy* 252(2): 159–168.
- Houck, M.M. (red.) 2009. *Identification of Textile Fibers*. Cambridge-New Delhi.

- Hryszko, H. 2001. Fibrylizacja – metoda uzupełniania ubytków i konsolidacji tkanin masy z włókien naturalnych. *Ochrona Zabytków* 54(1): 56–62.
- Hryszko, H. 2017. *Tkaniny z grobu królowej Jadwigi*. Warszawa.
- Iwiński, J. 1952. Częściowa mineralizacja tkaniny wykopaliskowej z XIII wieku. *Studia Wczesnośredniowieczne* 1: 83–84.
- Kabała, C. 2015. Struktura gleby. (w:) A. Mocek (red.), *Gleboznawstwo*. Warszawa, 115–122.
- Kaczmarek, M. 2015. Sznur czy tekstylia? Analiza tekstylina ornamentu odciskanego na ceramice funeralnej społeczności niżowych III tysiąclecia przed Chr. *Fontes Archaeologici Posnanienses* 51: 263–281.
- Kamińska, J., Nahlik, A. 1958. *Włókiennictwo gdańskie w X–XIII wieku*. Łódź.
- Karbowska-Berent, J., Szulc, J., Ruman, T., Drążkowska, A., Gutarowska, B., Jarmińko, J. 2020. Charakterystyka zniszczeń tkanin jedwabnych, (w:) A. Drążkowska (red.), *Krypty grobowe kościoła pw. św. Franciszka z Asyżu w Krakowie w świetle badań interdyscyplinarnych. Antropologia – Archeobotanika – Mikrobiologia – Konserwacja zabytków* 2. Toruń, 157–170.
- Kocińska, M.K., Maik, J. 2004. *Średniowieczne i nowożytnie plomby tekstylne z wykopalisk w Gdańsku*. Łódź.
- Lukešová, H., Salvador Palaub, A., Holst, B. 2017. Identifying plant fibre textiles from Norwegian Merovingian Period and Viking Age graves: The Late Iron Age Collection of the University Museum of Bergen. *Journal of Archaeological Science: Reports* 13: 281–285.
- Maik, J. 1988. *Wyroby włókiennicze na Pomorzu z okresu rzymskiego i ze średniowiecza*. Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk-Łódź.
- Maik, J. 2019. 70 years of Polish research on archaeological textiles. *Przegląd Archeologiczny* 67: 73–87.
- Miazga, B., Grupa, M., Grupa, D. 2018. Wyniki nieniszczących badań mikroskopowych i spektralnych galonów grobowych z Torunia i Gdańska. *Wiadomości Archeologiczne* 69: 67–78.
- Miazga, B. 2020. Studia archeometryczne wybranych tasemek i koronek, (w:) A. Drążkowska (red.), *Krypty grobowe kościoła pw. św. Franciszka z Asyżu w Krakowie w świetle badań interdyscyplinarnych. Antropologia – Archeobotanika – Mikrobiologia – Konserwacja zabytków* 2. Toruń, 186–204.
- Payne, E.M. 2012. Imaging Techniques in Conservation. *Journal of Conservation and Museum Studies* 10(2): 17–29.
- Pääbo, S., Higuchi, R.G., Wilson, A.C., 1989. Ancient DNA and the polymerase chain reaction. *Journal of Biological Chemistry* 264(17): 9709–9712.
- Rast-Eicher, A. 2016. *Fibres: microscopy of archaeological textiles and furs*. Budapest.
- Ryan, S.E., Dabrowski, V., Dapigny, A. 2021. Strontium isotope evidence for a trade network between southeastern Arabia and India during Antiquity. *Scientific Reports* 11(1): 303.
- Sikorski, A. 2002/2003. Analiza odcisków tkanin na IX–XI-wiecznej ceramice naczyniowej z Góry, gm. Pobiedziska, woj. Wielkopolskie, stan.1. *Folia Praehistorica Posnaniensis* 10/11: 244–254.
- Strzelczyk, A.B., Karbowska-Berent, J. 2004. *Drobnoustroje i owady niszczące zabytki oraz ich zwalczanie*. Toruń.
- Śliwka-Kaszyńska, M. 2020. Izolacja i identyfikacja naturalnych substancji barwiących obecnych w tkaninach grobowych, (w:) A. Drążkowska (red.), *Krypty grobowe kościoła pw. św. Franciszka z Asyżu w Krakowie w świetle badań interdyscyplinarnych. Antropologia – Archeobotanika – Mikrobiologia – Konserwacja zabytków* 2. Toruń, 407–421.
- Tuniz C., Zanini, F. 2018 Microcomputerized Tomography (MicroCT) in Archaeology, (w:) C. Smith C. (red.), *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51726-1_675-2, dostęp: 20.01.2021.
- Vollmer, J. 1974. Textile pseudomorphs on Chinese bronzes, (w:) I. Emory (red.), *Roundtable on Museum Textiles*. Washington, 170–174.
- Walczak, M., Drążkowska, A., Burkowska-But, A., Swiontek-Brzezinska M. 2015. Zagrożenie mikrobiologiczne w kryptach grobowych, (w:) A. Drążkowska (red.), *Kultura funeralna elit Rzeczypospolitej od XVI do XVIII wieku na terenie Korony i Wielkiego Księstwa Litewskiego Próba analizy interdyscyplinarnej*. Toruń, 327–343.
- Żyliński, T. 1958. *Nauka o włóknie*. Warszawa.

