

O C H

R O N

A nr 2 Z A

B 2022 Y T

K Ö W

2 (281) LXXV

Anna Tomkowska*

Joanna Kurkowska**

Elżbieta Jeżewska***

Polichromia wybranych rzeźb z projektu *Styl piękny w redakcji czeskiej w Prusach – rzeźba kamienna z lat 1380–1400 w świetle badań instrumentalnych*

Polychrome on selected sculptures included
in the project: *The Bohemian Beautiful Style
in Prussia – stone sculptures from the years
1380–1400* in the light of instrumental research

Anna Tomkowska, Joanna Kurkowska, Elżbieta Jeżewska, *Polichromia wybranych rzeźb z projektu „Styl piękny w redakcji czeskiej w Prusach – rzeźba kamienna z lat 1380–1400” w świetle badań instrumentalnych*, „Ochrona Zabytków” 2022, nr 2, s. 85–106.

Abstrakt

Przedmiotem niniejszego artykułu są wyniki badań polichromii i warstw dekoracyjnych wybranych rzeźb kamiennych w ramach projektu „Styl piękny w redakcji czeskiej w Prusach – rzeźba kamienna z lat 1380–1400”, przeprowadzonych w laboratorium Międzyuczelnianego Instytutu Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki, Pogotowia Konserwatorskiego.

Wśród materiału poddanego analizom znalazły się próbki zawierające pigmenty oraz spoiwa organiczne wchodzące w skład dekoracji barwnych, jak również materiał

* Międzyuczelniany Instytut Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki, Pogotowie Konserwatorskie, Akademia Sztuk Pięknych w Warszawie
ORCID: 0009-0006-8021-9505
e-mail: anna.tomkowska@asp.waw.pl

** Międzyuczelniany Instytut Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki, Pogotowie Konserwatorskie, Akademia Sztuk Pięknych w Warszawie
ORCID: 0009-0005-5933-3859
e-mail: joanna.kurkowska@asp.waw.pl

*** Wydział Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki, Akademia Sztuk Pięknych w Warszawie
ORCID: 0009-0004-7438-6724
e-mail: elzbieta.jezewska@asp.waw.pl

stanowiący substancję nawarstwień. Do identyfikacji wykorzystano różne techniki instrumentalne, takie jak spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR), chromatografia gazowa połączona ze spektrometrią mas (GC/MS) oraz skaningowa mikroskopia elektronowa sprzężona ze spektrometrem rentgenowskim (SEM-EDS), a także obrazowanie 3D.

Budowę warstwową oraz charakter poszczególnych warstw ustalono na podstawie obserwacji przekrojów poprzecznych próbek w świetle widzialnym (VIS) oraz we fluorescencji wzbudzonej ultrafioletem (UV).

Wśród badanych próbek wykryto historycznie stosowane pigmenty w warstwach malarskich, takie jak azuryt, cynober, grynszpan, a także złoto w warstwach pozłoty. Analiza pigmentów, spoiw oraz budowy warstwowej poszczególnych próbek dostarczyła informacji na temat techniki i technologii, rzucając światło na aspekt związany z procesem dekorowania rzeźb kamiennych.

Słowa kluczowe

rzeźba kamienna, styl piękny w redakcji czeskiej, badania materiałoznawcze, SEM-EDS, FTIR, GC-MS

Abstract

The subject of this article are the results of research on the polychrome and decorative layers of selected stone sculptures as part of the project *The Bohemian Beautiful Style in Prussia – stone sculptures from the years 1380–1400* carried out in the laboratory of the Inter-University Institute of Conservation and Restoration of Works of Art, Emergency Conservation.

Among the materials subjected to analysis were samples containing pigments and organic binders included in the colour decorations, as well as the material constituting the substance of the layers. Various instrumental techniques were used for identification, such as Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), gas chromatography – mass spectrometry (GC/MS) and scanning electron microscopy coupled with Energy-dispersive x-ray spectroscopy (SEM-EDS), as well as 3D imaging.

The layered structure and the nature of individual layers were determined based on an observation of cross-sections of the samples in visible light (VIS) and ultraviolet (UV) fluorescence excitation. Historically used pigments in the paint layers, such as azurite, cinnabar, verdigris, as well as gold in gilding layers, were detected among the samples examined. The analysis of the pigments, binders and the structure of the layers of the individual samples provided information on the technique and technology used, thereby shedding light on the aspect related to the process of decorating stone sculptures.

Keywords

stone sculpture, the Bohemian beautiful style, material science research, SEM-EDS, FTIR, GC-MS

Wstęp

Badania laboratoryjne z zastosowaniem technik mikroskopowych i analitycznych stanowią od wielu lat punkt wyjścia do uzupełnienia wiedzy na temat dzieł sztuki. Wyniki testów i analiz są obecnie podstawą zarówno dla rozpoznania techniki i technologii ich wykonania, jak i zgłębienia zagadnień historii obiektu na przestrzeni lat¹. Rozpoznanie materii i struktury fizycznej istotne jest nie tylko w zakresie badań historycznych i technologicznych, ale także podczas projektowania programu prac konserwatorskich. Rozwój technik analitycznych, jak również ich dostępność na potrzeby konserwacji i restauracji dzieł sztuki, pozwala rozszerzyć zakres badawczy prac podjętych w przeszłości, a tym samym dopełnić wiedzę na temat dzieł sztuki – zdawałoby się – już dobrze poznanych. W przypadku grup obiektów podstawą gwarantującą spójność wyników i bazujących na nich porównań jest konieczność zastosowania identycznych warunków badawczych. Równie

¹ Piotr Rudniewski et al., *Pigmenty. Analiza mikrochemiczna i instrumentalna*, Warszawa 2018, s. 7.

istotna jest właściwie zaproponowana metodyka, która umożliwia uzyskanie odpowiedzi na postawione w toku badań pytania. Te dwa warunki leżą u podstaw poprawnego projektowania założeń badawczych przy grupach obiektów zabytkowych. Warto zaznaczyć, że liczne pomiary i analizy, nierzadko wykonywane przy zróżnicowanych parametrach pomiarowych lub z zastosowaniem różnych technik i metod, nie gwarantują uzyskania porównywalnych wyników.

Wspomniane wyżej założenia stały się podstawą badań materiałoznawczych prowadzonych przez zespół Międzyuczelnianego Instytutu Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki, Pogotowia Konserwatorskiego oraz Wydziału Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki Akademii Sztuk Pięknych w Warszawie, w ramach wielodyscyplinarnego projektu „Styl piękny w redakcji czeskiej w Prusach – rzeźba kamienna z lat 1380–1400”, którego inicjatorem w 2018 roku było Muzeum Zamkowe w Malborku².

W całym projekcie szeroko przeanalizowano 15 rzeźb, należących do spuścizny artystycznej związanej z obecnością zakonu krzyżackiego na terenie Prus³. Kolejno były to: figura Pięknego Madonny i Pieta (Bazylika Mariacka w Gdańsku)⁴, zespół trzech rzeźb z tzw. Ołtarza Opłakiwania: Pieta, św. Marii Magdaleny i św. Elżbiety (Muzeum Narodowe w Gdańsku), ekstaza św. Marii Magdaleny, konsola z Mojżeszem oraz *Vir Dolorum* (katedra toruńska), św. Barbara z Barbarki (Muzeum Diecezjalne w Pelplinie), rzeźba patronki z nieistniejącej już kaplicy szpitalnej pw. św. Elżbiety, (Muzeum Narodowe w Gdańsku), Chrystus w Ogrójcu (Muzeum Zamkowe w Malborku), Pieta (sanktuarium Matki Bożej Bolesnej w Kościerzynie), Pieta (kościół parafialny w Pogrodziu), Pieta (kościół św. Tomasza w Nowym Mieście Lubawskim), św. Elżbieta (Muzeum Zamkowe w Malborku), Pieta (kościół św. Barbary w Krakowie) oraz dwie zaginione rzeźby: Toruńska Piękna Madonna i statuetka *Maria Gravida*. Dwie ostatnie rzeźby zostały ujęte w opracowaniu jedynie pod kątem cech stylistycznych.

Zaproponowany w projekcie wybór obiektów stanowi prawdopodobnie największy zbiór dzieł tzw. stylu pięknego w redakcji czeskiej zachowanych w jednym regionie⁵. Mimo różnic w poziomie artystycznego wykonania poszczególnych rzeźb, dzieła zaliczyć należy do prac wysokiej próby. Wyróżnia je znakomity poziom prac rzeźbiarskich i kunszt w opracowaniu wykończenia formy⁶. Wszystkie rzeźby to obiekty wolnostojące, niewielkich rozmiarów figury pierwotnie pokryte polichromią, których stylistyka utrzymana jest w duchu tzw. międzynarodowego stylu pięknego około 1400 roku⁷. Ponadto grupę rzeźb łączy także budulec kamienny, który w toku badań petrograficznych kilku rzeźb, oznaczono jako opokę marglistą, zwaną też praską lub złotą⁸.

Najistotniejszym celem badawczym projektu „Styl piękny w redakcji czeskiej w Prusach – rzeźba kamienna z lat 1380–1400” było potwierdzenie hipotez dotyczących pochodzenia rzeźb objętych badaniami, które swoją jakością artystyczną oraz specyficznym podłożem kamiennym znacznie wyróżniają się w przekroju sztuki Prus Krzyżackich wspomnianego okresu. Innym celem była próba wyodrębnienia warsztatów, kręgów czy usystematyzowanych technologii tworzenia i zdobienia. Podstawę opracowania wniosków na temat technologii zdobienia stanowiły przede wszystkim badania konserwatorskie i towarzyszące im analizy materiałoznawcze. Bogaty materiał badawczy zebrano dzięki wielodyscyplinarnemu zespołowi naukowców i badaczy, a kompleksowa

² Janusz Trupinda, *Wstęp*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego z lat 1300–1400 na terenie państwa zakonu krzyżackiego w Prusach. Materiały – technika – styl – funkcja*, red. Monika Jakubek-Raczkowska, Malbork–Toruń 2022, s. 11.

³ Monika Jakubek-Raczkowska, *Wprowadzenie do problematyki badawczej*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego...*, s. 19–20.

⁴ W nawiasach wskazano obecne miejsce ekspozycji rzeźb.

⁵ M. Jakubek-Raczkowska, op. cit., s. 22.

⁶ Monika Jakubek-Raczkowska, *Rzeźby czeskiego stylu pięknego w Prusach. Rozważania o formie*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego...*, s. 124.

⁷ M. Jakubek-Raczkowska, *Wprowadzenie...*, s. 19.

⁸ Więcej na temat badań petrograficznych w: Wojciech Bartz, *Materiał czeskich rzeźb kamiennych z terenu państwa zakonnego w Prusach*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego...*, s. 47–65.

ocena dostarczonych wniosków pozwoliła na identyfikację formy, stylu, struktury użytych materiałów, proveniencji, a także funkcji niektórych z rzeźb.

W ramach tego szeroko zakrojonego projektu dwa dzieła poddano konserwacji zachowawczej: Pietę z kościoła św. Tomasza w Nowym Mieście Lubawskim⁹ oraz posąg św. Elżbiety ze zbiorów Muzeum Narodowego w Gdańsku. Zabiegi konserwatorskie przyczyniły się do pełniejszego spojrzenia na materiał figur, także za pomocą analizy instrumentalnej. Wnioski płynące z poczynionych obserwacji wspomogły analizy materiałoznawcze i studia nad techniką wykonania.

Pogłębienie wniosków na temat proveniencji rzeźb możliwe było między innymi dzięki analizom jakościowym polichromii, które częściowo pozwoliły na ustalenie i porównanie systemów barwnych. Skuteczność tych porównań jest niestety wprost proporcjonalna do stanu zachowania warstw pokrywających poszczególne rzeźby. Warto zaznaczyć, że poddane badaniom dekoracje nie były jedynie uzupełnieniem rzeźbiarskiej formy, ale stanowiły wartość samą w sobie, niezwykle subtelną i decydującą o unikalności zarówno poszczególnych rzeźb, jak i całego ich zespołu.

Przedmiotem niniejszego artykułu są wyniki przeprowadzonych badań polichromii i warstw dekoracyjnych wybranych rzeźb, które miały charakter uzupełniający przy studiach nad rozpoznaniem techniki i technologii wykonania dekoracji malarskich i zdobień na rzeźbach. Szerokie ujęcie problematyki materiałoznawczej, wsparte technikami analitycznymi, przyczyniło się do uporządkowania wiedzy na temat grupy rzeźb kamiennych proveniencji czeskiej w Prusach z przełomu XIV i XV wieku¹⁰.

Przedmiot i cel badań

W ramach projektu „Styl piękny w redakcji czeskiej w Prusach – rzeźba kamienna z lat 1380–1400” w laboratorium Międzyuczelnianego Instytutu Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki, Pogotowia Konserwatorskiego ASP w Warszawie badaniom poddano próbki pobrane z pięciu kamiennych rzeźb polichromowanych: Piety z kościoła pw. św. Tomasza w Nowym Mieście Lubawskim¹¹ oraz czterech zabytków z kolekcji Muzeum Narodowego w Gdańsku. Z gdańskiej kolekcji przebadano próbki z trzech rzeźb należących do grupy tzw. Ołtarza Opłakiwania: figury św. Marii Magdaleny (nr inw. MNG/SD/3/Rz/3)¹², figury św. Elżbiety (nr inw. MNG/SD/3/Rz/2)¹³ oraz Piety (nr inw. MNG/SD/3/Rz/1)¹⁴. Ostatnią przebadaną rzeźbą z Muzeum Narodowego w Gdańsku była

⁹ Jolanta Ratuszna, *Problematyka konserwatorska-restauratorska Piety z Nowego Miasta Lubawskiego*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego...*, s. 203–219; Kamila Ślefarska, *Problematyka konserwatorska-restauratorska figury św. Elżbiety z Muzeum Narodowego w Gdańsku*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego...*, s. 221–232.

¹⁰ Agnieszka Ruszkowska, *Technika wykonania polichromii czeskich rzeźb kamiennych z terenów Państwa Zakonnego w Prusach – wprowadzenie do zagadnienia*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego...*, s. 90.

¹¹ Zwanej dalej Pietą z Nowego Miasta Lubawskiego, zob. dokumentacja: Joanna Kurkowska et al., *Badania warstw malarskich i nawarstwień próbek pobranych z rzeźby kamiennej Piety z Nowego Miasta Lubawskiego*, Warszawa 2020, mps, Dział Dokumentacji Naukowej Muzeum Zamkowego w Malborku, sygn. MZM/KZR/596 (dalej: J. Kurkowska et al., *Rzeźba Piety z Nowego Miasta Lubawskiego*).

¹² Zwanej dalej rzeźbą św. Marii Magdaleny z grupy ołtarzowej, zob. dokumentacja: Joanna Kurkowska et al., *Badania warstw malarskich i nawarstwień próbek pobranych z rzeźby kamiennej św. Marii Magdaleny z ołtarza, z kolekcji Muzeum Narodowego w Gdańsku, nr inw. MNG/SD/3/Rz/3*, Warszawa 2020, mps, Dział Konserwacji Zbiorów MNG, pracownia konserwacji (dalej: J. Kurkowska et al., *Rzeźba św. Marii Magdaleny z ołtarza*).

¹³ Zwanej dalej rzeźbą św. Elżbiety z grupy ołtarzowej, zob. dokumentacja: Joanna Kurkowska et al., *Badania warstw malarskich i nawarstwień próbek pobranych z rzeźby kamiennej św. Elżbiety z ołtarza, z kolekcji Muzeum Narodowego w Gdańsku, nr inw. MNG/SD/3/Rz/2*, Warszawa 2020, mps, Dział Konserwacji Zbiorów MNG, pracownia konserwacji (dalej: J. Kurkowska et al., *Rzeźba św. Elżbiety z ołtarza*).

¹⁴ Zwanej dalej Pietą z grupy ołtarzowej, zob. dokumentacja: Joanna Kurkowska et al., *Badania warstw malarskich i nawarstwień próbek pobranych z rzeźby kamiennej Pieta z ołtarza, z kolekcji Muzeum Narodowego w Gdańsku, nr inw. MNG/SD/3/Rz/1*, Warszawa 2020, mps, Dział Konserwacji Zbiorów MNG, pracownia konserwacji (dalej: J. Kurkowska et al., *Rzeźba Piety z ołtarza*).

figura św. Elżbiety (nr inw. MNG/SD/2/Rz)¹⁵, pierwotnie pochodząca z kaplicy przyszpitalnej pod wezwaniem tejże świętej. Analizowane dzieła datowane na lata 1380–1400, wykonane z opoki marglistej, prezentują zróżnicowany stan zachowania, szczególnie w partiach dekoracji malarzkich. Oryginalna polichromia Piety z Nowego Miasta i rzeźby św. Elżbiety z MNG zachowana jest szczątkowo, a w przypadku grupy rzeźb z Ołtarza Opłakiwania dodatkowo pokryta jest licznymi przemalowaniami. Niektóre spośród przebadanych rzeźb poddane były wcześniej analizom stratygraficznym i mikrochemicznym¹⁶. Opisane w niniejszym artykule badania stanowiły kontynuację tych działań, a także uzupełnienie i rozszerzenie wcześniej otrzymanych wyników. Zastosowane w niniejszych badaniach dodatkowe techniki mikroskopowe oraz analizy instrumentalne pozwoliły rozwinąć zakres interpretacyjny, umożliwiając większą precyzję analiz z mikroobszarów próbek.

W najnowszych badaniach wykorzystano mikroskopię skaningową połączoną z energo-dyspersyjną spektroskopią rentgenowską (SEM-EDS), mikrospektroskopię ramanowską, a także, w przypadku analiz spoiw organicznych, spektroskopię osłabionego całkowitego odbicia w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR-ATR) oraz chromatografię gazową i cieczową połączone ze spektrometrią mas (GC/MS i LC/MS)¹⁷. Dla każdej z pobranych próbek¹⁸ określono indywidualny zakres badawczy. W przypadku próbek wielowarstwowych analizom poddawano jednocześnie kilka warstw. Obrona metodyka odpowiada nowoczesnym trendom w badaniach pigmentów oraz spoiw organicznych w dekoracjach historycznych dzieł sztuki¹⁹, w tym także kamiennych rzeźb średniowiecznych²⁰.

W niniejszym artykule przedstawione zostały najistotniejsze wyniki badań z punktu widzenia rozpoznania materiałów (pigmentów i spoiw) wykorzystanych w dekoracji rzeźb kamiennych. Nie mniej istotne w aspekcie prezentacji wyników było przybliżenie zagadnień techniki i technologii wykonania wielowarstwowych podkładów pod dekorowane partie. Przeprowadzone analizy pozwoliły jednocześnie odpowiedzieć na pytania istotne przy projektowaniu programu prac konserwatorskich.

Celem analiz było określenie składu jakościowego badanych warstw technologicznych oraz umiejscowienie ich w stratygrafiach pokładów, pokrywających kiedyś powierzchnie omawianego zespołu rzeźb, co było bardzo utrudnione ze względu na reliktowy stan zachowania polichromii lub przemalowań. W zagłębieniach i załamaniach formy rzeźbiarskiej ślady warstw malarskich występują jako obszary wzajemnie się niezazębiające, utrudniając tym samym znalezienie wspólnych płaszczyzn chronologicznych. Na uwadze należy mieć także fakt, że przy tak wiekowych obiektach wykryte na ich powierzchni warstwy, zawierające szlachetne pigmenty znane od starożytności, mogą być warstwami wtórnymi w stosunku do resztek innych zachowanych warstw.

Zatem w przypadku takich badań często można mówić jedynie o warstwach występujących najgłębiej w stratygrafii oraz tych występujących bezpośrednio na podłożu, z zastrzeżeniem, że mogą one – ale nie muszą – stanowić pozostałości opracowania oryginalnego (pierwotnego).

¹⁵ Zwanej dalej rzeźbą św. Elżbiety, zob. dokumentacja: Joanna Kurkowska et al., *Badania warstw malarskich i nawarstwień próbek pobranych z rzeźby kamiennej św. Elżbiety z kolekcji Muzeum Narodowego w Gdańsku*, nr inw. MNG/SD/2/Rz, Warszawa 2020, mps, Dział Konserwacji Zbiorów MNG, pracownia konserwacji (dalej: J. Kurkowska et al., *Rzeźba św. Elżbiety*); Aleksandra Wesołowska, Joanna Kurkowska, *Analiza składu próbek pobranych z rzeźby z przedstawieniem św. Elżbiety pochodzącej z Muzeum Narodowego w Gdańsku*, nr inw. MNG/SD/2/Rz, Warszawa 2019, mps, Dział Konserwacji Zbiorów MNG, pracownia konserwacji.

¹⁶ Maria Rogóż, *Analiza stratygraficzna oraz badania pigmentów próbek pobranych z figur kamiennych gotyckiego ołtarza św. Elżbiety ze zbiorów Muzeum Narodowego w Gdańsku*, Kraków 2007, mps, Dział Konserwacji Zbiorów Muzeum Narodowego w Gdańsku, pracownia konserwacji.

¹⁷ P. Rudniewski et al., op. cit., s. 40–66.

¹⁸ Opis metodyki – zob. niżej.

¹⁹ Vittoria Guglielmi et al., *The combined use of SEM-EDX, Raman, ATR-FTIR and visible reflectance techniques for the characterisation of Roman wall painting pigments from Monte d'Oro area (Rome): an insight into red, yellow and pink shades*, „Environmental Science and Pollution Research” 2022, vol. 29, no. 20, s. 29420.

²⁰ Lucia Pereira-Pardo, Diego Tamburini, Joanne Dyer, *Shedding light on the colours of medieval alabaster sculptures: Scientific analysis and digital reconstruction of their original polychromy*, „Color Research & Application” 2019, vol. 44, no. 2, s. 223–224.

Interpretacja przekrojów poprzecznych próbek, zarówno jakościowa, jak i porównawcza, powinna być zatem poprzedzona analizą stylistyczną, połączoną z oceną makroskopową zachowanych dekoracji.

Metodyka

Postępująca miniaturyzacja i rozwój technik mikroskopowych daje możliwość wykorzystania najnowszych urządzeń już na etapie wstępnej selekcji materiału do badań, bez konieczności transportu obiektu do laboratorium²¹. Przy pobieraniu próbek do badań stratygraficznych niezwykle istotne było wstępne rozpoznanie układu warstw, a także określenie, czy dana próbka została pobrana właściwie wraz z materiałem podłoża. W trakcie procesu pobierania próbek wykorzystano mikroskop 3D Hirox JH-1000. Zastosowanie tego urządzenia umożliwia wczesne wyodrębnienie materiału, istotnego ze względu na problematykę badawczą, rozpoznanie miejsc poddanych przekształceniom w trakcie historycznych napraw, a także weryfikację materiału już pobranego. Zatem próbki pobrano z miejsc usytuowanych w obszarach reprezentacyjnych, dokonując selekcji materiału zawierającego jak najwięcej historycznych warstw technologicznych oraz wtórnych.

Do badań w laboratorium przekazano łącznie 64 próbki, pobrane z partii karnacji oraz miejsc bezpośrednio z nimi sąsiadujących (takich jak korony cierniowe i włosy Chrystusa z obu Piet, maforium Matki Boskiej z obu piet oraz włosy Matki Boskiej z Piety z Nowego Miasta Lubawskiego), a także z polichromii szat (płaszczce oraz suknie) oraz z partii złoczeń²².

W trakcie pobierania próbek odnotowano uwagi o preparatach użytych podczas zabiegów konserwatorskich realizowanych w 2019 roku. Informacje te okazały się kluczowe na etapie interpretacji wyników analiz, nakierowanych na identyfikację spoiw organicznych oraz powierzchniowych nawarstwień. Mikrofotografie powierzchni wybranych próbek wykonano przy użyciu cyfrowego mikroskopu 3D Hirox RH-2000 z obiektywem MXB-2500REZ (maks. pow. 2500 ×). Mikroskopy 3D wykorzystano do obserwacji i dokumentacji próbek, które ze względu na kruchy lub łamliwy charakter nie nadawały się do szlifowania. Jednocześnie rejestracja mikroskopem 3D umożliwiła udokumentowanie układu warstwowego mikropróbek bez konieczności wykonywania szlifów stratygraficznych, dając tym samym szansę wykonania analiz, na których wynik wpływ może mieć obecność substancji syntetycznych, np. stosowanych do zatopienia próbki²³.

Dla większości próbek zostały sporządzone szlifów stratygraficznych, ukazujące liczbę i strukturę kolejnych warstw technologicznych, w tym także późniejszych przemaalowań. Dla ustalenia stratygrafii warstw malarskich próbki zatapiano w żywicy akrylowej²⁴. Po zeszlifowaniu i wypolerowaniu powierzchni papierami ściernymi o zmniejszającej się granulacji można było obserwować przekroje poprzeczne pod mikroskopem biologicznym Nikon Eclipse 50i, w świetle odbitym, a także ich

²¹ Zastosowanie urządzeń mobilnych na wstępnym etapie badań dało możliwość selekcji materiału z udziałem przedstawicieli laboratorium oraz zespołu konserwatorskiego z muzeum. W badaniach prowadzonych w kwietniu 2019 roku na terenie Muzeum Zamkowego w Malborku udział brały konserwatorki Jolanta Ratuszna oraz Agnieszka Ruszkowska. W Muzeum Narodowym w Gdańsku podczas badań przeprowadzonych w marcu 2020 roku zespół konserwatorski reprezentowały Kamila Ślefarska oraz Cátia Wesołowska. Wszystkie mikrofotografie i pomiary przeprowadzone z użyciem mikroskopów przenośnych oraz mikroskopu stacjonarnego 3D Hirox RH-2000 wykonała dr Anna Tomkowska.

²² Wykaz pobranych próbek wraz ze wskazaniem miejsc znajduje się w dokumentacji wyników badań dla każdego z obiektów. J. Kurkowska et al., Rzeźba Piety z ołtarza; J. Kurkowska et al., Rzeźba św. Elżbiety z ołtarza; J. Kurkowska et al., Rzeźba św. Marii Magdaleny z ołtarza; J. Kurkowska et al., Rzeźba św. Elżbiety; J. Kurkowska et al., Rzeźba Piety z Nowego Miasta Lubawskiego.

²³ Jia-Sun Tsang, Inês Madruga, *Conserving Paintings by American Artist of African Descent in the National Museum of African American History and Culture, Smithsonian Institution*, [w:] *Papers Presented at the 43rd Annual Meeting of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. Miami, Florida, May 13–16, 2015*, ed. Barbara Buckley, seria: „The AIC Paintings Specialty Group Postprints”, vol. 28, Washington 2015, s. 126.

²⁴ Meliodent Rapid Repair, Heraeus-Kulzer.

fluorescencją wzbudzoną promieniowaniem ultrafioletowym²⁵. Mikrofotografie mikroskopowe wykonane zostały aparatem cyfrowym Nikon Coolpix 8400.

Identyfikacji wypełniaczy i pigmentów dokonano przy użyciu metod mikroskopowych (rozmaży oglądane w świetle przechodzącym, Nikon Eclipse 50i), mikrochemicznych (wrażliwość pigmentów na st. HNO_3 , 4M NaOH) oraz przy wykorzystaniu reakcji charakterystycznych na wybrane jony nieorganiczne. Analiza została uzupełniona o metody spektroskopowe²⁶.

Analiza spoiw warstw malarskich oparta została głównie na spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera, uzupełnioną niezbędnym zakresem reakcji mikrochemicznych (reakcja z płynem Lugola, 4M NaOH). Analizy spektroskopowe próbek pobranych w postaci proszku przeprowadzone zostały aparatem Thermo Fisher Scientific Nicolet iS 10 techniką refleksyjną z wielokrotnym odbiciem osłabionym (ATR)²⁷. W celu precyzyjnej analizy otrzymanych widm wykonano serię widm FTIR substancji wzorcowych. Część próbek pobranych wacikami nasączonymi etanolem ekstrahowano tym samym rozpuszczalnikiem w temperaturze pokojowej. Następnie rozpuszczalnik odparowano do suchej masy, otrzymując osady spoiwa organicznego w znacznym stopniu pozbawione substancji nieorganicznych.

Wybrane próbki poddano również analizie za pomocą chromatografii gazowej połączonej ze spektrometrią mas GC/MS²⁸ oraz chromatografii cieczowej połączonej ze spektrometrią mas LC/MS (chromatograf cieczowy LC20 Shimadzu połączony z tandemowym spektrometrem mas QTRAP 3200, Applied Biosystem/MDS SCIEX)²⁹.

Analiza stratygraficzna

Ustalenie stratygrafii warstw pokrywających obiekt zabytkowy ma ogromne znaczenie w określeniu technologii wykonania obiektu. W przypadku obiektów bardzo zniszczonych i wielokrotnie konserwowanych, a zatem wykazujących duże zróżnicowanie porządku warstw w zależności od miejsca pobrania próbki, analiza stratygraficzna pozwala na scalenie chronologii układów pozornie różnych poprzez wskazanie wspólnych dla wszystkich układów warstw. Ustalenie ich tożsamości na kolejnych próbkach stratygraficznych jest możliwe bez znajomości składu jakościowego, co czyni ten rodzaj analizy bardzo pożądanym w badaniach konserwatorskich. Warstwy uważa się za identyczne, jeśli na porównywanych przekrojach stratygraficznych wykazują te same cechy morfologiczne (obecność analogicznych ziaren pigmentów), podobną grubość oraz podobną charakterystykę starzenia (np. spękania, korozja). Dodatkowego potwierdzenia tożsamości warstw dostarcza analiza próbek stratygraficznych we fluorescencji wzbudzonej UV. Jak wspomniano powyżej, jest to niezwykle przydatne podczas oceny próbek pobranych z niepełnym układem warstw, tak więc nie zawierających kompletnej informacji o pokryciach technologicznych i wtórnych. W takiej sytuacji duże znaczenie ma liczba szlifów stratygraficznych wykonanych dla danego obiektu. Ponieważ analizy te stanowią jedynie punktową sondę w głąb obiektu, im jest ich więcej (im więcej obszarów kolorystycznych, dekoracyjnych zawierają), tym

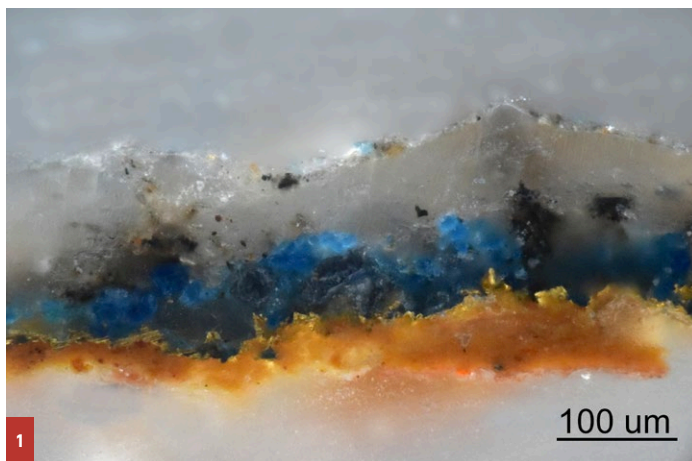
²⁵ Przystawka do mikroskopii fluorescencyjnej, filtr UV2A; wzbudzenie: 330–380 nm, filtr odcinający: 420 nm.

²⁶ W tym celu wykorzystano mikroskop skaningowy JEOL IT500 LA z mikrosondą EDS (JEOL). Pomiary i interpretacje widm wykonane zostały przez mgr inż. Kamilę Załęską, mgr Aleksandrę Wesołowską (Międzyuczelniany Instytut Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki, ASP w Warszawie) oraz dr inż. Elżbietę Jeżewską. Wykorzystano także dyspersyjny spektrometr Ramana z mikroskopem konfokalnym inVia Qontor (Renishaw) wyposażony w dwa lasery wzbudzające przy długościach fal: 532 i 785 nm. Analiza i interpretacja widm wykonana została przez mgr Aleksandrę Wesołowską (Międzyuczelniany Instytut Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki, ASP w Warszawie).

²⁷ Analizę i interpretację otrzymanych widm FTIR wykonała dr inż. Joanna Kurkowska.

²⁸ Chromatograf gazowy GCMS-QP2010 Ultra, Shimadzu, połączony z kwadrupolowym spektrometrem mas QP-5000, Shimadzu. Analizy wykonał dr Bartłomiej Witkowski (Wydział Chemii uw).

²⁹ Bartłomiej Witkowski et al., *Identification of proteins, drying oils, waxes and resins in the works of art micro-samples by chromatographic and mass spectrometric techniques*, „Journal of Separation Science” 2018, vol. 41, no. 3, s. 630–638.

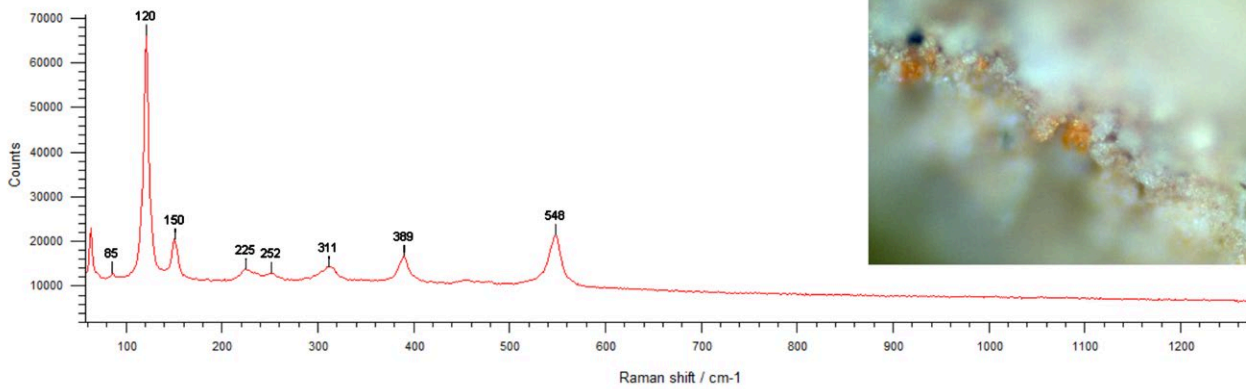


informacja o badanym obiekcie jest pełniejsza. Łącznie z omawianej grupy obiektów wykonano 25 szlifów stratygraficznych³⁰.

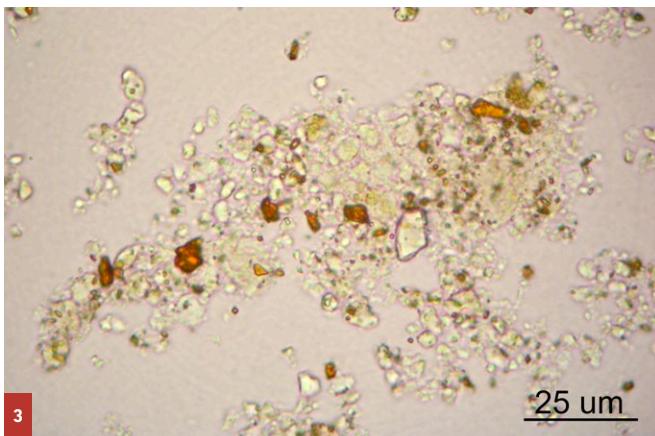
We wszystkich badanych rzeźbach najniżej (bezpośrednio na kamieniu) i najczęściej występującą w stratygrafii była warstwa pomarańczowa (niekiedy określana jako czerwona)³¹. Warstwa ta znajdowała się poniżej partii karnacji, pod włosami i koroną cierniową Chrystusa Piety z Nowego Miasta Lubawskiego, na cokole Piety z grupy ołtarzowej, jak również w próbkach pobranych z winogron obu rzeźb przedstawiających św. Elżbietę. Pod złoconiami (but Marii z Piety ołtarzowej, lamówki płaszczy i sukni, włosy Marii z Piety z Nowego Miasta Lubawskiego) także zaobserwowano warstwę o barwie pomarańczowej, jednak zawierającą znacznie więcej spoiwa i stanowiącą przypuszczalnie rodzaj mikstionu, na który kładziono pozłotę. W obu odmianach tej warstwy zidentyfikowano naturalną czerwień żelazową, przy czym wielokrotnie wykryto także dodatek minii, węgla wapnia i – niekiedy – ślady cynobru. Ograniczenia metod mikrochemicznych, a także bliskość warstw zawierających biel ołowiową, wywołały wątpliwości co do obecności minii, którą udało się zweryfikować metodami pozwalającymi punktowo określić strukturę ziaren. Przy pomocy mikrospektroskopii ramanowskiej wykonano pomiary na warstwie pomarańczowej pokrywającej winogrona oraz pomarańczowym podkładzie pod złocone na lamówce płaszczka figury św. Elżbiety (il. 1). W obu próbkach wykryto czerwień żelazową naturalną i minię (il. 2). Selektywne pobranie warstwy pomarańczowej z włosów Chrystusa (Pieta z Nowego Miasta Lubawskiego) pozwoliło zaobserwować strukturę ziaren pigmentów w świetle przechodzącym (il. 3). Podczas wykonywania rozmazów z tej próbki stwierdzono także obecność cynobru naturalnego i nieokreślonej czerwieni organicznej (przypuszczalnie kraplaku). Ta niejednorodność, stanowiąca niejednokrotnie problem analityczny, jest jednocześnie dowodem na przygotowawczy charakter omawianej warstwy. Wyjątkiem jest próbka pochodząca z karnacji św. Elżbiety, w której bezpośrednio na kamieniu wykryto warstwę różową, co może świadczyć o jej nieoryginalnym charakterze. Podobna sytuacja wydaje się dotyczyć próbki stratygraficznej pobranej z rany Chrystusa z Piety z Nowego Miasta Lubawskiego (il. 4). W najniższej partii tej próbki wykryto obecność warstwy wykazującej się luminescencją charakterystyczną dla bieli cynkowej. Próbka ta nie zawiera warstwy kamiennego podłoża, ale jedynie pożółkłe spoiwo, na którym stwierdzono obecność białej, a następnie czerwonej warstwy. Pobrana z górnej krawędzi rany dodatkowa próbka zawierała jednak minię i czerwień żelazową w warstwie leżącej bezpośrednio na kamieniu. W próbce pobranej z języka Chrystusa w omawianej rzeźbie (il. 5) udało się stwierdzić obecność warstwy pomarańczowej, ale dodatkowo także pożółkłego spoiwa o podobnej, zgaszonej fluorescencji w UV. Ta warstwa spoiwa wydaje się dowodem na to, że warstwa

³⁰ Czternaście szlifów stratygraficznych wykonano dodatkowo dla trzech figur z grupy ołtarzowej w trakcie badań przeprowadzonych przez dr Marię Rogóż, zob. M. Rogóż, op. cit., s. 27.

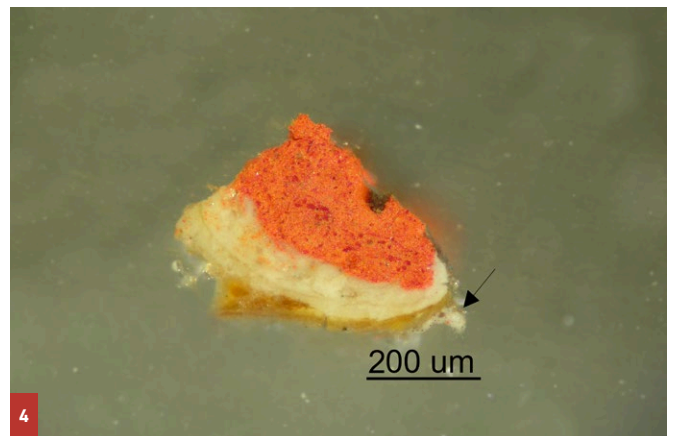
³¹ Ibidem, s. 2–27.



2



3



4

1 Złocenie lamówki płaszczka figury św. Elżbiety. Przekrój stratygraficzny próbki w świetle odbitym. Pomarańczowy podkład pokryty warstwą złota, a następnie błękitem zawierającym azuryt. Fot. A. Wesółowska

Gilding on the trim of the mantle of the figure of St Elizabeth. Stratigraphic cross-section of the sample in reflected light. The orange foundation layer is covered with a layer of gold, followed by blue containing azurite. Photo A. Wesółowska

2 Podkład pod złocenie lamówki płaszczka figury św. Elżbiety. Widmo mikroramanowskie dla pomarańczowego ziarna pochodzącego z pomarańczowego podkładu. Parametry pomiaru: 785 nm, czas ekspozycji: 1 s, moc lasera: 1%. Fot. A. Wesółowska

Foundation layer for the gilding on the trim of the mantle of the figure of St Elizabeth. Micro-Raman spectrum for the orange grain coming from the orange primer. Measurement parameters: 785 nm, exposure time: 1 s, laser power: 1%. Photo A. Wesółowska

3 Rozmaz wodny warstwy pomarańczowej z partii włosów Chrystusa Pieti z Nowego Miasta Lubawskiego w świetle przechodzącym. Widoczne oranżowe ziarna minii. Fot. E. Jeżewska

Aqueous smear of the orange layer from a part of Christ's hair on the Pietà from Nowe Miasto Lubawskie in transmitted light. Orange grains of minium visible. Photo E. Jeżewska

4 Warstwy malarskie z partii rany Chrystusa Pieti z Nowego Miasta Lubawskiego. Przekrój stratygraficzny próbki w świetle odbitym. Strzałką oznaczono wtórną, kremową warstwę, która wpłynęła pod odspojone warstwy starsze, zawierającą biel cynkową. Fot. K. Załęska

Paint layers from the wound part of the Pietà from Nowe Miasto Lubawskie. Stratigraphic cross-section of the sample in reflected light. The arrow marks the secondary, cream-coloured layer, which has flowed under the detached older layers, containing zinc white. Photo K. Załęska

pomarańczowa w partii rany nie zachowała się, co z kolei może wskazywać na wtórność podkładów wypełniających ten obszar rzeźby. Górne warstwy stratygraficzne w próbkach z ran Chrystusa w obu Pietach wykazują jednak analogię w postaci występowania białej warstwy opartej na bieli ołowiowej oraz pokrywających ją warstwach zawierających cynober i kraplak.

Nie stwierdzono obecności warstwy pomarańczowej na maforium Marii z Piety z Nowego Miasta Lubawskiego ani na jej błękitnym płaszczu. Wcześniejsze badania³² nasuwają logiczny wniosek, iż partie te nie były podmalowywane pomarańczowym podkładem. Analizując próbki stratygraficzne z Piety z Nowego Miasta Lubawskiego, nie znaleziono relacji pomiędzy warstwą błękitu na płaszczu a warstwą pomarańczową, stanowiącą podkład pod złocenia. Takie połączenie wykazano na próbce z fałdy na lamówce płaszczu św. Elżbiety, gdzie warstwa gruboziarnistego błękitu leży bezpośrednio na złoceniu (il. 1). Technologicznie taka kolejność jest uzasadniona i może wskazywać na oryginalność błękitu. Jak widać, ustalenie zależności warstw w obrębie jednego obiektu jest kluczowe, jednak nie zawsze możliwe. Ponadto, jak wspomniano we wstępie, szlachetne pigmenty stosowane od starożytności poprzez czasy nowożytne – takie jak azuryt, cynober lub biel ołowiowa – były używane także podczas licznych przemalowań, reperacji czy konserwacji omawianych rzeźb, czyniąc proces wytypowania warstw oryginalnych niemal niemożliwym. Próbka złocenia z lamówki płaszczu św. Elżbiety z grupy Ołtarza Opłakiwania oraz próbki z partii lamówek pobranych z pozostałych rzeźb, gdzie warstwa złocenia leży na warstwie azurytu, są na to dowodem (il. 6 i il. 10). W przypadku partii buta Marii z Piety z grupy ołtarzowej błękit płaszczu także leży na pozłocie³³.

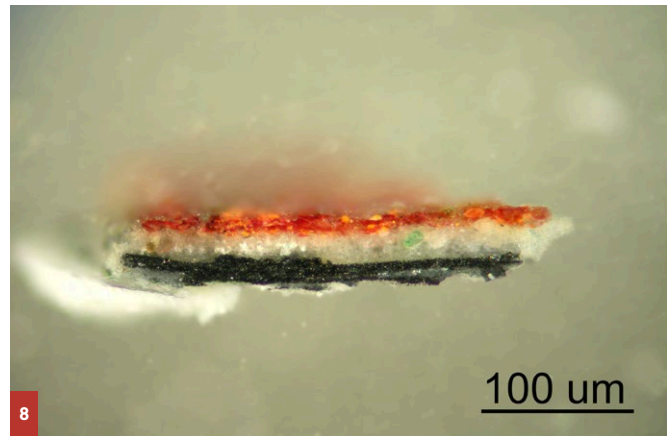
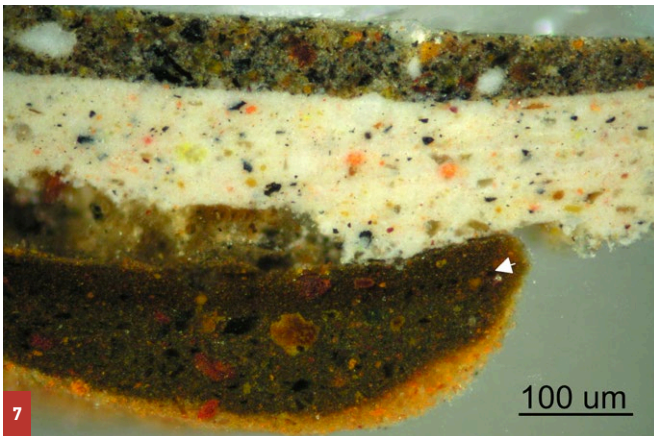
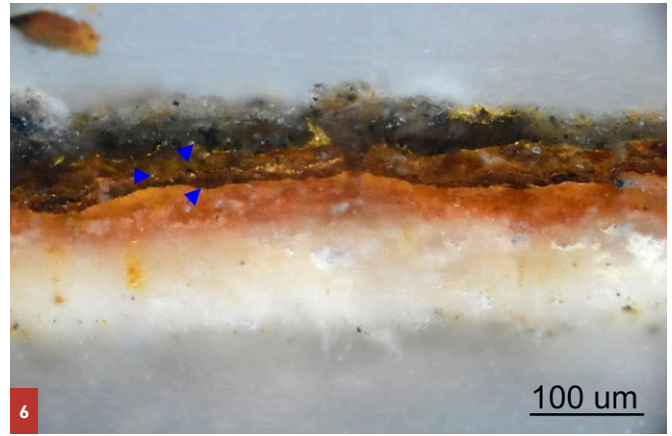
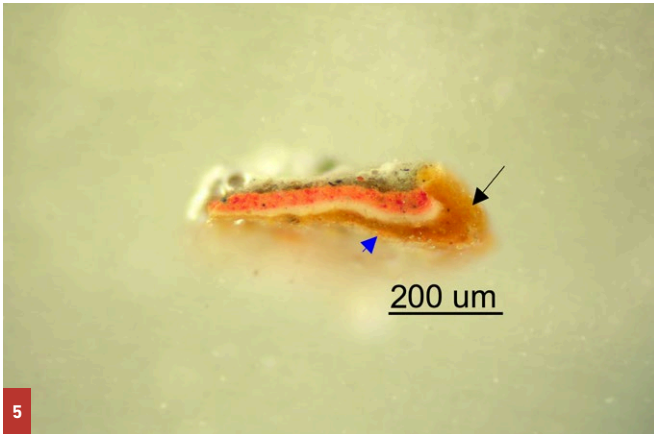
Przykładem miejsca, gdzie analiza stratygraficzna dostarczyła informacji porównawczej, są próbki z partii włosów Chrystusa z obu Piet. W obu przypadkach na kamieniu położona jest warstwa pomarańczowa oraz dwa pokłady brązu zawierającego głównie umbry i czerń roślinną (il. 7). Podobnie można porównać wyniki analiz kropli krwi na maforium Marii z obu Piet. W obu obiektach stwierdzono obecność warstwy białej opartej na kredzie, pokrytej następnie jedną lub dwoma warstwami, których głównym składnikiem jest kraplak z dodatkami w postaci cynobru, ochry żółtej i czerwonej.

Próbki stratygraficzne niezawierające kompletu warstw, zwłaszcza te bez podłoża, mogą stanowić wyzwanie związane z określeniem orientacji warstw. Z pomocą przychodzą wtedy mikroskopowe fotografie powierzchni obiektu, ukazujące nieco szerszy obraz i kontekst pobrania próbki. Przykładem takiej sytuacji był fragment polichromii z płaszczu św. Marii Magdaleny z grupy ołtarzowej. Luźna próbka zawierała trzy warstwy: białą zamkniętą między czarną i czerwoną. Świadomość makroskopowej budowy obiektu oraz możliwego sposobu nanoszenia zarysu ornamentu na suknię (przypuszczalnie metodą przepróchy) pozwoliła ustalić, iż czarna warstwa zawierająca czerń roślinną jest najniższym pokładem próbki (il. 8).

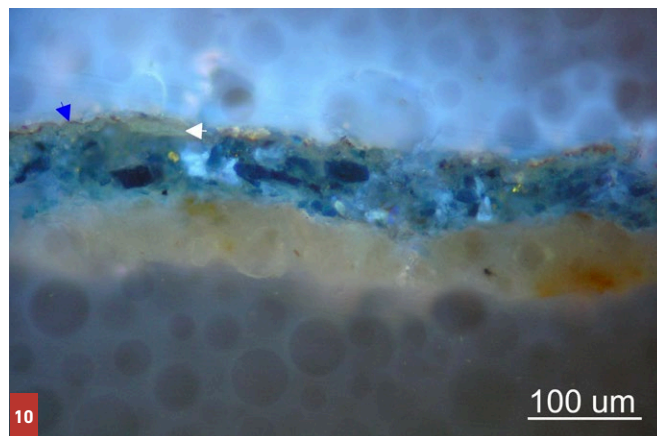
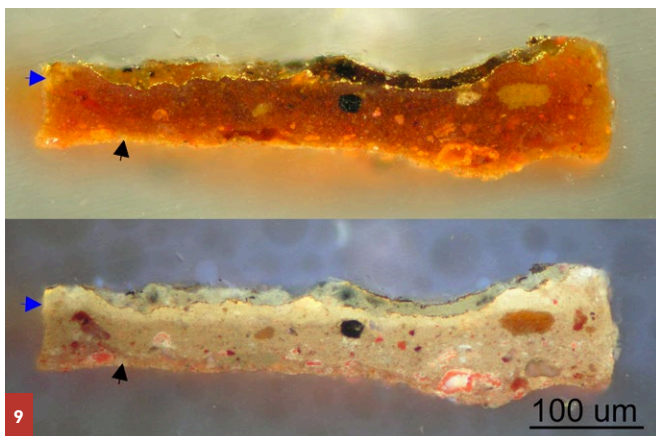
Analiza fluorescencji próbek stratygraficznych wzbudzonej promieniowaniem ultrafioletowym pozwoliła także na porównanie warstw spoiw, które w świetle odbitym prezentują się najczęściej bardzo podobnie: jako pożółkła lub zbrązowiała, półprzezroczysta warstwa. Zastosowanie tej techniki umożliwiło porównanie w obrębie poszczególnych figur, a także pomiędzy nimi. W tym kontekście interesujące było zestawienie spoiw występujących pod złoceniami. W większości przypadków gruba, półprzezroczysta warstwa pełniąca funkcję mikstionu charakteryzowała się jasną, oranżową luminescencją (il. 9 i 13). W figurze św. Marii Magdaleny z grupy ołtarzowej pozłota lamówki płaszczu zawiera dwa kolejne złocenia. Tylko pod spodnim złoceniem spoiwo wykazuje się wspomnianą luminescencją, dowodząc wtórności drugiej pozłoty (il. 9). Przypuszczenie to potwierdza niska, zielonkawa luminescencja spoiwa, leżącego bezpośrednio na azurycie, a pod złoceniem w partiach płaszczu Marii z ołtarzowej Piety (il. 10). W porównaniu warstwa złocenia na włosach Marii w Piecie z Nowego Miasta Lubawskiego, choć położona na omawianej wcześniej warstwie oranżowej, posiada zgaszoną, brązową luminescencję, co wskazuje na zupełnie inne spoiwo.

³² Ibidem, s. 9–12.

³³ Ibidem, s. 15.



- 5** Warstwy malarskie z partii czerwieni na języku Chrystusa Piety z Nowego Miasta Lubawskiego. Przekrój stratygraficzny próbki w świetle odbitym. Strzałką czarną oznaczono żółtą warstwę spoiwa charakteryzującą się zgaszoną fluorescencją w uv. Niebieska strzałka wskazuje warstwę pomarańczową. Fot. K. Załęska
- Painted layers from the red part on the tongue on the Pietà from Nowe Miasto Lubawskie. Stratigraphic cross-section of the sample in reflected light. The black arrow indicates the yellowed binder layer characterized by quenching (decreased intensity of fluorescence) in uv. The blue arrow indicates the orange layer. Photo K. Załęska
- 6** Pozłoty z lamówki płaszcza św. Elżbiety. Przekrój stratygraficzny próbki w świetle odbitym. Strzałkami oznaczono trzy kolejne złocenia. Fot. A. Wesołowska
- Gilding on the trim of St Elizabeth's mantle. Stratigraphic cross-section of the sample in reflected light. The arrows indicate three consecutive gildings. Photo A. Wesołowska
- 7** Warstwy malarskie z partii włosów Chrystusa Piety z Nowego Miasta Lubawskiego. Przekrój stratygraficzny w świetle odbitym. Na spodzie próbki widoczna pomarańczowa warstwa podkładowa. Białą strzałką wskazano granicę pomiędzy dwoma brązami. Fot. E. Jeżewska
- Paint layers from the hair part of the Pietà from Nowe Miasto Lubawskie. Stratigraphic cross-section in reflected light. On the underside of the specimen, an orange foundation layer is visible. The white arrow indicates the border between the two browns. Photo E. Jeżewska
- 8** Warstwy malarskie ornamentu z płaszcza św. Marii Magdaleny z grupy ołtarzowej. Przekrój stratygraficzny w świetle odbitym. W środkowej, białej warstwie widoczne pojedyncze zielone ziarno, które zidentyfikowano jako grynspan. Fot. E. Jeżewska
- Paint layers of the ornament from the mantle of St Mary Magdalene from the altar group. Stratigraphic cross-section in reflected light. In the middle white layer a single green grain is visible, which was identified as verdigris. Photo E. Jeżewska



9 Warstwy złocień na lamówce płaszczka św. Marii Magdaleny z grupy ołtarzowej. Przekrój stratygraficzny w świetle odbitym (górna fotografia) oraz fluorescencja próbki wzbudzona promieniowaniem uv (dolna fotografia). Czarną strzałką zaznaczono pomarańczowy podkład. Niebieska strzałka wskazuje warstwę pod pierwszym złoceniem wykazującą się oranżową fluorescencją w uv. Fot. E. Jeżewska

Layers of gilding on the trim of the mantle of St Mary Magdalene from the altar group. Stratigraphic cross-section in reflected light (top photo) and uv-induced fluorescence of the sample (bottom photo). The black arrow indicates the orange foundation layer. The blue arrow indicates the layer under the first gilding showing orange fluorescence in uv. Photo E. Jeżewska

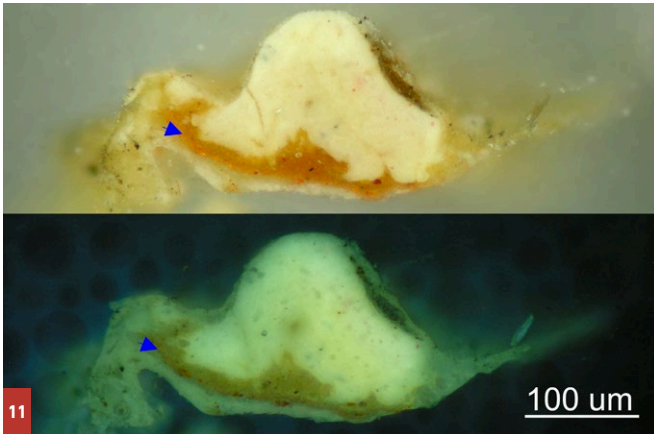
10 Złocenie z płaszczka Marii, Pietà z grupy ołtarzowej. Przekrój stratygraficzny, fluorescencja próbki wzbudzona promieniowaniem ultrafioletowym. Niebieska strzałka wskazuje na płatek metalu, biała na spoiwo o zielonkawej fluorescencji występujące tuż pod pozłotą, a na warstwie azurytu. Fot. E. Jeżewska

Gilding from Mary's mantle, Pietà from the altar group. Stratigraphic cross-section, sample with ultraviolet-excited fluorescence. The blue arrow points to the metal flake, the white arrow to the binder with greenish fluorescence occurring just below the gilding and on the azurite layer. Photo E. Jeżewska

Ostatecznie także stratygrafia może dostarczyć informacji na temat struktury przestrzennej próbki. Tak było w przypadku warstwy malarskiej łączy Marii z Pietą z Nowego Miasta Lubawskiego. Znikoma ilość oryginalnej materii pozostałej w kącikach oczu figury to poważne wyzwanie w zakresie optymalnego jej zagospodarowania, a także wykorzystania nieniszczących technik obrazowania (il. 11 i 12).

Analiza pigmentów, wypełniaczy i metali

Podczas analizy składu jakościowego warstw pokrywających obiekt zabytkowy niejednokrotnie warto wykorzystać analizę stratygraficzną. Ręczne rozdzielenie dwóch lub więcej warstw o zbliżonej barwie jest często niemożliwe. Ponadto bez wykonania szlifów stratygraficznych wiedza o liczbie wspomnianych warstw pozostaje bardzo często nieosiągalna. Przykładem takiej sytuacji jest próbka brązu z partii włosów Chrystusa z Pietą z Nowego Miasta Lubawskiego (il. 7). Leżące na oranżowym podkładzie dwie brązowe warstwy tylko nieznacznie różnią się odcieniem, jednak podczas analiz pierwiastkowych z użyciem techniki SEM-EDS wykryto różnicę polegającą na dodatku grynspanu i minii do spodniej oraz złotocieni ołowiuowo-cynowej do wierzchniej warstwy. Pozostałe pigmenty w obu warstwach pokrywają się: umbrzy, ochry czerwone i żółte, czerń roślinna i niewielka ilość bieli ołowiuowej.



11 Warstwy pobrane z kącika lewego oka Marii, Pietà z Nowego Miasta Lubawskiego. Przekrój stratygraficzny w świetle odbitym (górną fotografią) oraz fluorescencją próbki wzbudzona promieniowaniem uv (dolna fotografia). Niebieską strzałką oznaczono pomarańczowy podkład. Fot. E. Jeżewska

Layers taken from the corner of Mary's left eye, Pietà from Nowe Miasto Lubawskie. Stratigraphic cross-section in reflected light (top photo) and uv-excited fluorescence of the sample (bottom photo). The blue arrow indicates the orange foundation layer. Photo E. Jeżewska



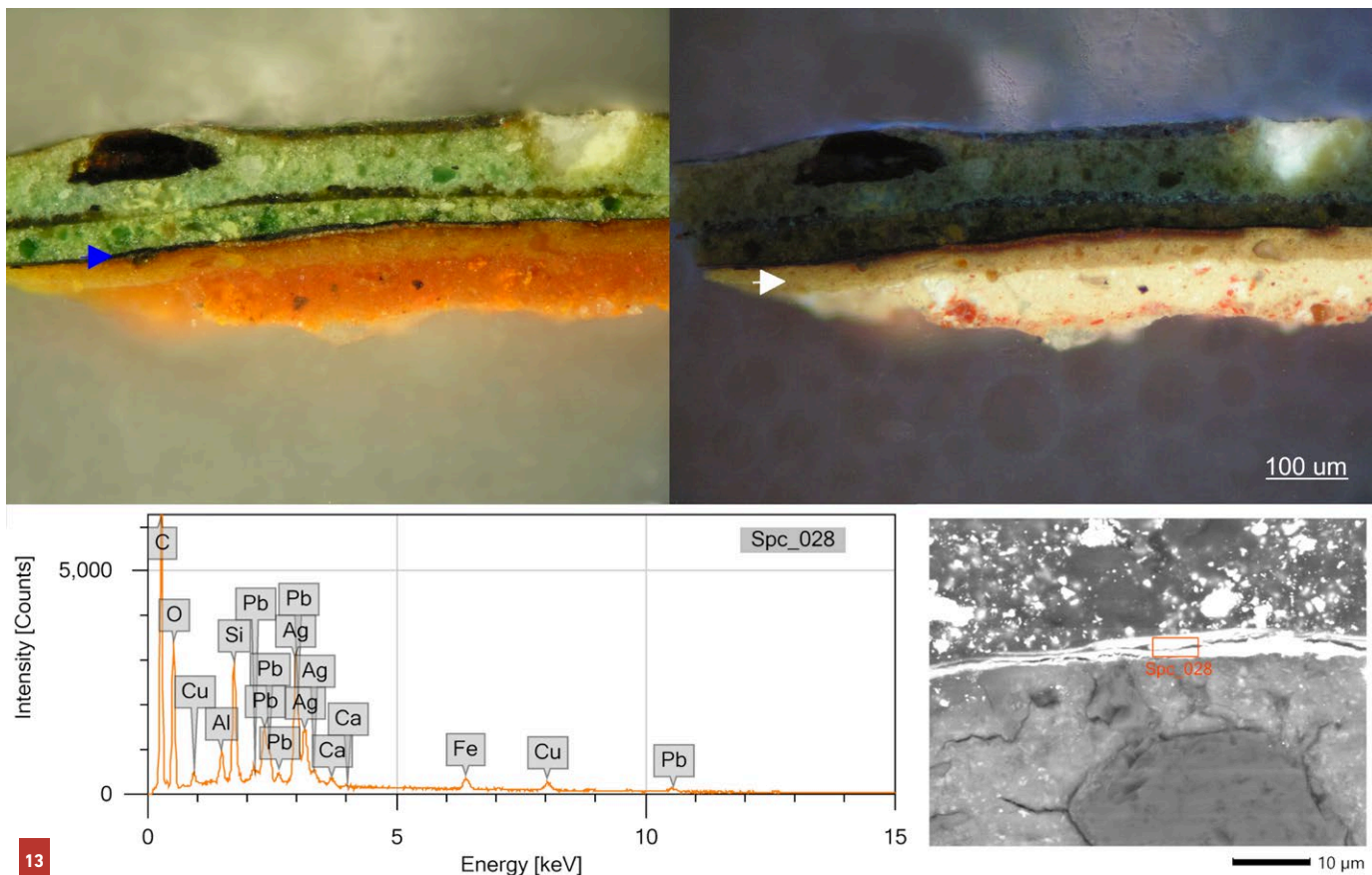
12 Mikrofotografia miejsca pobrania (górną zdjęcie) oraz mikrofotografia próbki (dolne zdjęcie) z warstwami z kącika lewego oka Marii, Pietà z Nowego Miasta Lubawskiego. Fot. A. Tomkowska

Microphotograph of the collection site (top photo) and microphotograph of the sample (bottom photo) with layers from the corner of Mary's left eye, Pietà from Nowe Miasto Lubawskie. Photo A. Tomkowska

Innym przykładem miejsca, z którego analiza jakościowa dostarczyła informacji uzupełniającej badania stratygraficzne, była próbka z partii winogron figury św. Elżbiety z grupy ołtarzowej (il. 13). Cienka, czarna warstwa, wykryta tuż pod zieleniami, okazała się skorodowanym płatkim srebra, co w sposób znaczący wpłynęło na interpretację wniosków w zakresie sposobu dekoracji zastosowanych w partiach płaszczu św. Elżbiety. W tej figurze, jak też i w pozostałych tu omawianych, stwierdzono ponadto płatki złota.

Wykryte w najstarszych warstwach pigmenty nie datują polichromii omawianych rzeźb, gdyż pozwalają na szeroką interpretację czasu powstania obiektów. Fakt ten czyni także niemożliwym przypisanie wielu warstwom charakteru pierwotnego lub wtórnego. Wykryte w próbce pobranej z karnacji św. Elżbiety pigmenty: biel ołowiowa, cynober naturalny i ochra czerwona, należą do wspomnianej wyżej grupy. Porównanie przekroju poprzecznego tej próbki (il. 14) z innymi karnacjami w omawianej grupie rzeźb (il. 11) wykazuje zasadniczą różnicę w grubości warstwy barwnej i wskazuje na możliwość jej wtórnego charakteru we wspomnianej wyżej figurze.

Podczas analiz dało się zauważyć stosowanie tańszych pigmentów, takich jak minia, czerwienie i żółcienie żelazowe, w spodnich warstwach, a cenniejszych – jak cynober, kraplak, żółcień ołowiowo-cynowa – w warstwach wyższych. W wyżej położonych pokładach stwierdzano minię bardzo rzadko (brąz włosów Chrystusa z Piety z Nowego Miasta Lubawskiego i czerwony ornament z płaszczu św. Marii Magdaleny z grupy ołtarzowej). Czerwienie z warstw wyżej położonych (nie

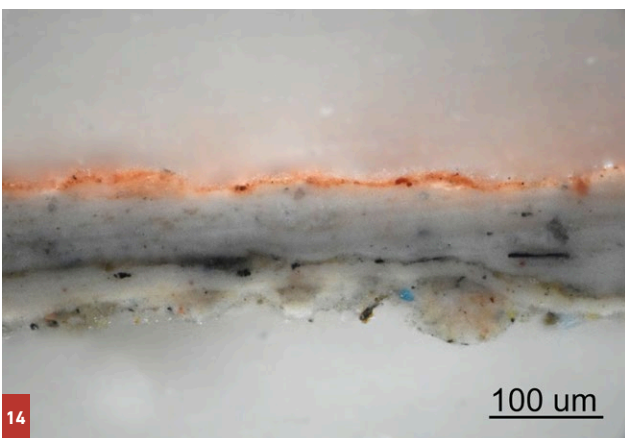


13

13

Warstwy malarskie z partii winogron, figura św. Elżbiety z grupy ołtarzowej. Przekrój stratygraficzny próbki w świetle odbitym (lewa górna fotografia, niebieska strzałka wskazuje cienką czarną warstwę produktów korozji srebra), fluorescencja próbki wzbudzona promieniowaniem uv (prawa górna fotografia, biała strzałka wskazuje warstwę pod srebrzeniem, charakteryzującą się oranżową fluorescencją), widmo SEM-EDS warstwy czarnej (lewy dolny wykres) oraz zbliżenie przekroju stratygraficznego próbki w świetle elektronów wstecznie rozproszonych SEM-BSE pokazujące obszar analizy EDS (prawa dolna fotografia). Fot. E. Jeżewska

Paint layers from the part with grapes, figure of St Elizabeth from the altar group. Stratigraphic cross-section of the sample in reflected light (left, top photo, blue arrow indicates thin black layer of silver corrosion products), uv-excited fluorescence of the sample (right, top photo, white arrow indicates the layer under the silvering, characterized by orange fluorescence), the SEM-EDS spectrum of the black layer (left, bottom graph), and a close-up of the stratigraphic cross-section of the sample under SEM-BSE backscattered electron imaging showing the EDS analysis area (right, bottom photograph). Photo E. Jeżewska



14

14

Warstwy malarskie z partii karnacji, prawa dłoń figury św. Elżbiety. Przekrój stratygraficzny próbki w świetle odbitym. Widoczna cienka, czerwona warstwa karnacji. Fot. E. Jeżewska

Paint layers from the complexion part, right hand of the figure of St Elizabeth. Stratigraphic section of the sample in reflected light. Thin red complexion layer visible. Photo E. Jeżewska

bezpośrednio na kamieniu) zawierały najczęściej cynober naturalny. Czerwień zawierającą ten pigment stwierdzono w jedenastu próbkach. W przypadku próbek z ust Chrystusa oraz rany na obu Pietach warstwa zawierająca cynober leży na podkładzie z bieli ołowiowej. Kropla z krwi na maforium Marii z obu Piet zawiera szklistą warstwę czerwoną, w której cynober stanowi niewielki tylko dodatek do kraplaku, a która położona została na podkładzie wykonanym z kredy. Trudno ustalić, z którą ze wspomnianych w tym akapicie czerwieni najwięcej wspólnego ma cynobrowa warstwa wykryta bezpośrednio na kamieniu w rzeźbieniach tronu Marii (Pieta z Nowego Miasta Lubawskiego). Zawiera ona dodatkowo czerwień organiczną, zatem występuje analogia z warstwami używanymi do malowania krwawych kropli.

Wśród błękitów najczęściej odnotowywano obecność azurytu naturalnego, który z racji dużych ziaren tworzy porowate, ale połyskujące warstwy. W pojedynczych tylko przypadkach wśród prze-malowań Piety z grupy ołtarzowej wykryto błękity wtórne, takie jak smalta, indygo i błękit pruski³⁴. Najczęściej występującą zielenią był grynszpan, wykryty w pierwszych warstwach korony cierniowej obu Piet. W figurach z ołtarza św. Elżbiety sporadycznie pojawiały się malachit i ziemia zielona.

Biele zidentyfikowane na powierzchniach rzeźb są najczęściej oparte na bieli ołowiowej. Szczególnym przykładem bieli użytej w warstwach malarskich wydaje się kreda w próbkach z krwi z maforium w obu Pietach. Na kilku stratygrafiach (jedynie w Piecie z Nowego Miasta Lubawskiego) wykryto warstwy, które w świetle ultrafioletowym dają charakterystyczną fluorescencję wskazującą na użycie bieli cynkowej, jednoznacznie potwierdzając ich najwcześniej XIX-wieczne pochodzenie.

Analiza spoiw organicznych

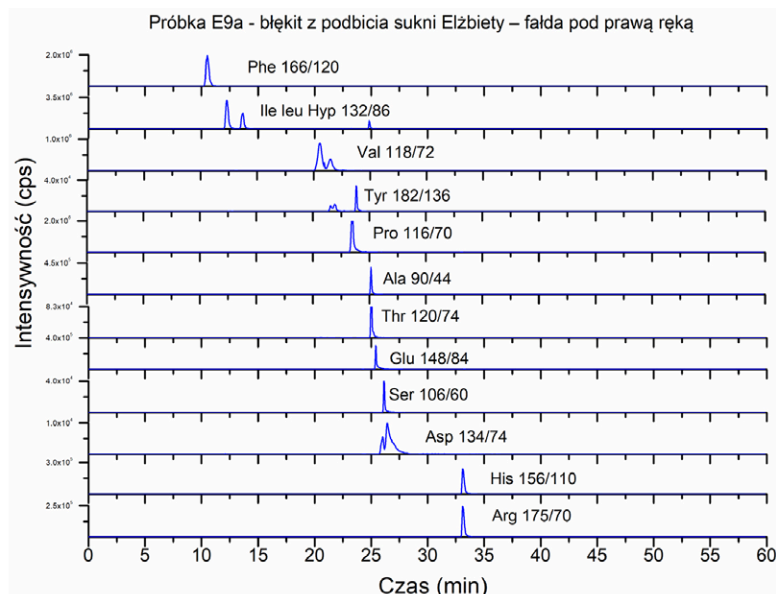
Wykonanie analizy instrumentalnej oraz interpretacja otrzymanych wyników badań dla spoiw organicznych pochodzących z analizowanych rzeźb kamiennych – nie są łatwe. Szlify stratygraficzne wielu próbek barwnych wykazały, że warstwy są bardzo cienkie i niejednokrotnie przenikają się nawzajem. Dlatego też niemalą trudność stanowiła konieczność selektywnego pobrania próbek z określonej warstwy.

W dużej liczbie przypadków pobranie do analizy instrumentalnej konkretnego spoiwa w sposób bardzo selektywny było wręcz niemożliwe. Dlatego też część próbek pobrana została za pomocą wacików nasączonych etanolem, a następnie poddana ekstrakcji. Inne, w formie luźnych okruchów, analizowane były po uprzednim starannym wyselekcjonowaniu przy użyciu mikroskopu optycznego z odpowiednim powiększeniem. Niestety, nie we wszystkich przypadkach wyodrębnienie konkretnej warstwy, zawierającej interesujące spoiwo organiczne, było możliwe. W związku z tym analizie poddane zostały próbki zawierające kilka warstw, co wiąże się z uzyskaniem wyników wymagających szczególnie ostrożnej interpretacji.

Główną metodą analizy instrumentalnej spoiw organicznych była spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR). Niestety, dużą trudność podczas interpretacji wykresów uzyskanych widm sprawiały związki nieorganiczne (pigmenty, wypełniacze oraz składowe budulca rzeźb), których sygnały – w postaci bardzo silnych pasm – widnieją na wszystkich wykresach, również tych wykonanych z próbek uprzednio ekstrahowanych. W znacznym stopniu przysłaniają one obszar daktyloskopowy analizowanych widm, w którym znajdują się charakterystyczne pasma grup funkcyjnych różnych klas związków organicznych.

W związku z tym skład spoiw organicznych wybranych próbek interpretowano również za pomocą chromatografii gazowej połączonej ze spektrometrią mas (GC/MS) oraz chromatografii cieczowej połączonej ze spektrometrią mas (LC/MS). Pomimo że obecność substancji nieorganicznych nie ma w tej technice wpływu na wynik analizy spoiw, nie jest możliwa identyfikacja wszystkich klas związków organicznych, np. węglowodanów (gum roślinnych czy skrobi). Obydwie techniki są jednak kompatybilne i ich wyniki uzupełniają się nawzajem.

³⁴ Ibidem, s. 26.



15

15 Chromatogramy LC/MS otrzymane w wyniku analizy frakcji białkowej próbki błękitnej warstwy malarskiej pobranej z fałdy pod prawą ręką podbicia sukni św. Elżbiety z grupy ołtarzowej. B. Witkowski

LC/MS chromatograms obtained by analysing the protein fraction of a sample of the blue paint layer taken from the fold under the right hand of St Elizabeth's undergown from the altar group. B. Witkowski

16 Wykres widma w podczerwieni FTIR-ATR próbki błękitnej warstwy malarskiej, łącznie z wierzchnią warstwą wtórną, pobranej z płaszczka Marii z Piety z Nowego Miasta Lubawskiego. J. Kurkowska

Graph of an FTIR-ATR infrared spectrum of a sample of the blue paint layer, including the top secondary layer, taken from the mantle of Mary from the Pietà from Nowe Miasto Lubawskie. J. Kurkowska

17 Zestawienie wykresów widm w podczerwieni FTIR-ATR próbki substancji pobranej z kącika oka Marii z piety z ołtarza św. Elżbiety (wykres czerwony) oraz z kącika oka Marii z Piety z Nowego Miasta Lubawskiego (wykres niebieski). J. Kurkowska

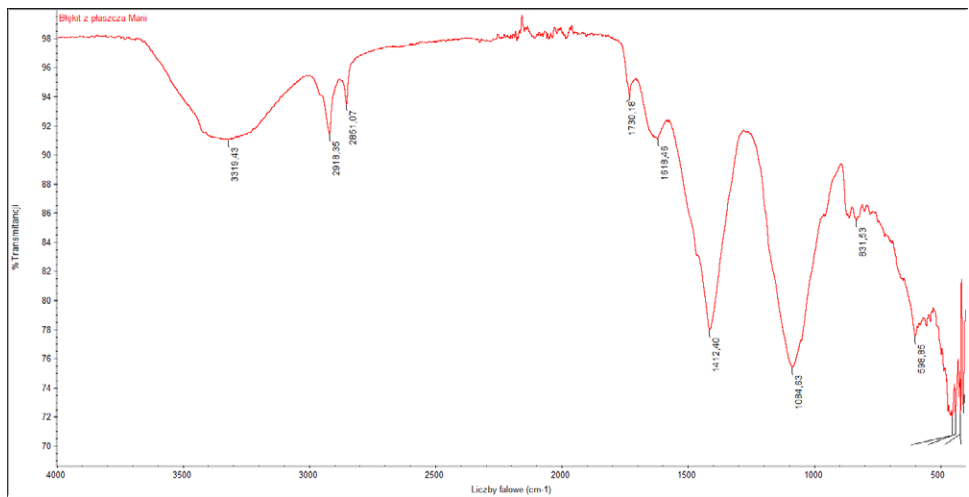
Summary graphs of FTIR-ATR infrared spectra of a sample of the substance taken from the corner of Mary's eye from the Pietà from the altar of St Elizabeth (red graph) and from the corner of Mary's eye from the Pietà from Nowe Miasto Lubawskie (blue graph). J. Kurkowska

18 Wykres widma w podczerwieni FTIR-ATR próbki zielonej warstwy malarskiej pobranej z korony Chrystusa z Piety z ołtarza św. Elżbiety. J. Kurkowska

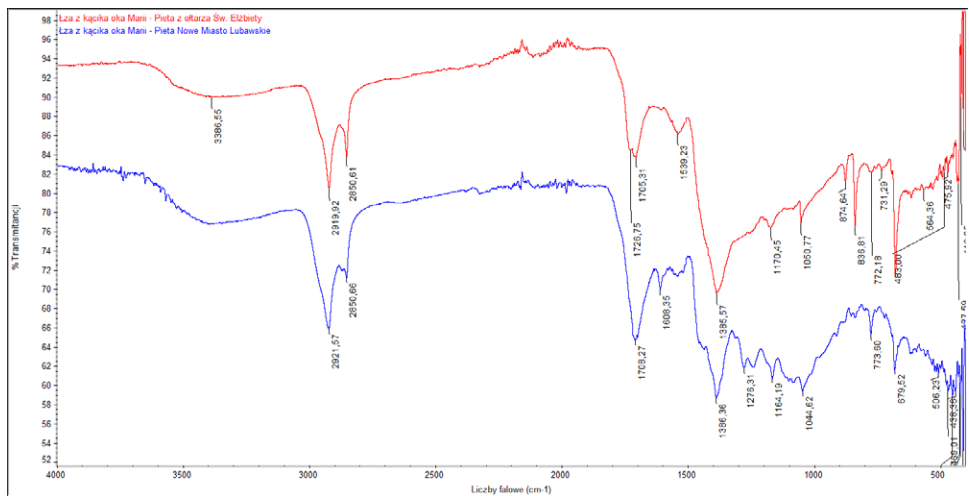
Graph of the FTIR-ATR infrared spectrum of a sample of the green paint layer taken from the crown of Christ from the Pietà from the altar of St Elizabeth. J. Kurkowska

Porównując otrzymane wyniki analiz, można zauważyć, że na pierwszy plan wysuwa się skład spoiw organicznych obecnych w próbkach błękitu pobranego z płaszczy pięciu figur – Marii z obydwu Piet, obydwu św. Elżbiet oraz św. Marii Magdaleny. Wspólnym pigmentem nieorganicznym obecnym w tych rzeźbach jest azuryt. Zastosowanie spoiw organicznych jest natomiast różne. W próbkach błękitu pobranego z grupy figur ołtarzowych obecny jest klej zwierzęcy (św. Elżbieta i św. Maria Magdalena) (il. 15) oraz olej pochodzenia roślinnego (Pieta). W błękitcie z płaszczka św. Elżbiety analiza chromatograficzna wykazała obecność mieszaniny substancji białkowych – kazeiny lub białka jaja ptasiego (wynik trudny do jednoznacznej interpretacji) oraz niewielkiego dodatku kleju zwierzęcego. Dużą trudność (z uwagi na znikomą ilość) stanowiła analiza jakościowa spoiwa zawartego w próbce błękitu pobranego z płaszczka Marii z Piety z Nowego Miasta

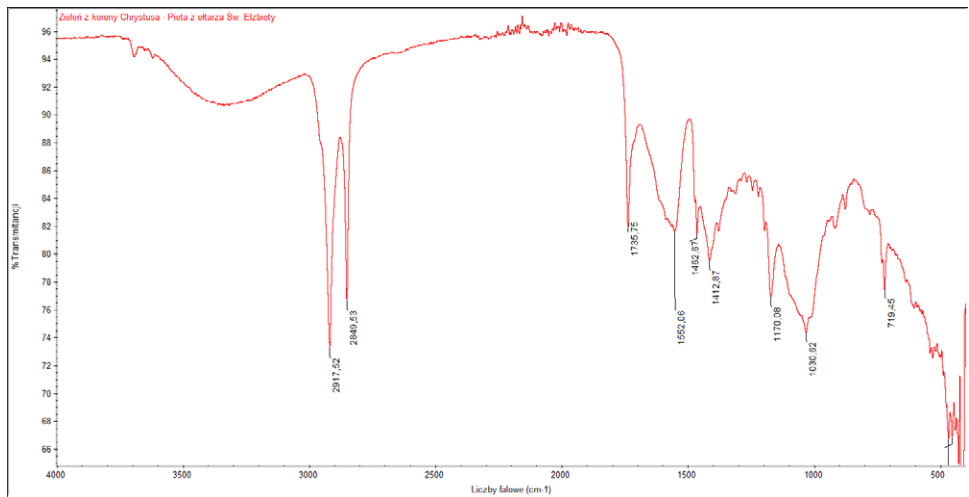
16



17



18



Lubawskiego. Wynik analizy chromatograficznej nie wykazał obecności jakiegokolwiek spoiwa organicznego. Zdecydowano zatem o pobraniu kilku próbek z różnych miejsc w obrębie płaszczu i ich ekstrakcji celem oddzielenia związków organicznych od mineralnego pigmentu. W konsekwencji tej separacji, opierając się na wynikach analizy spektroskopowej w podczerwieni FTIR, stwierdzono jednoznacznie, że spoiwem organicznym tej partii warstwy malarskiej są gumy roślinne, prawdopodobnie z drzew pestkowych (il. 16). Na wykresie uwidocznione są również pasma lipidowe, potwierdzające użycie oleju lnianego jako substancji wtórnej.



19

Fotografia miejsca pobrania (górne zdjęcie) oraz mikrofotografia próbki (dolne zdjęcie) ukazująca lewe oko Marii, Pieta z grupy ołtarzowej. Fot. A. Tomkowska

Photograph of the collection site (top photo) and microphotograph of the sample (bottom photo) showing Mary's left eye, Pietà from the altar group. Photo A. Tomkowska

Bardzo ciekawe porównawcze wyniki analiz instrumentalnych udało się uzyskać dla próbek warstw pomarańczowych, znajdujących się pod złoceniami. Wspólnym spoiwem łączącym technologicznie te trzy rzeźby jest olej lniany, obecny w próbkach pobranych z Piety z Nowego Miasta Lubawskiego (razem z białkiem jaja ptasiego i gumami z drzew pestkowych w lamówce płaszczka Marii oraz z białkiem jaja ptasiego i żywicą naturalną w warstwie pod złoceniem włosów Marii) oraz z Piety i św. Marii Magdaleny z grupy ołtarzowej (tutaj również z niewielkim dodatkiem protein). Natomiast warstwa pod złoceniem z rzeźby św. Elżbiety zawiera spoiwo białkowe – mieszaninę kazeiny z klejem zwierzęcym.

Analizując uzyskane wyniki badań, porównać można również rodzaj czysto białkowego spoiwa organicznego próbki karnacji pobranej z rzeźby św. Elżbiety z próbką z karnacji Chrystusa z Piety z grupy ołtarzowej. Ta ostatnia pobrana została w sposób nieselektywny i zawierała również warstwę czerwieni. Z uwagi na niemożliwe odseparowanie tychże warstw poddana została analizie chromatograficznej w całości. Otrzymano bogaty skład spoiwa organicznego w postaci oleju lnianego jako składnika dominującego oraz mieszaniny substancji białkowych (kazeiny bądź białka jaja kurzego i kleju zwierzęcego). Wyniki analiz składu spoiwa w tych dwóch warstwach technologicznych należy rozpatrywać bardzo ostrożnie.

Na uwagę zasługują również wyniki analizy transparentnych substancji, imitujących łzy, pobranych z kąćków oczu Marii z dwóch Piet (il. 12 i 19). W próbce pobranej z rzeźby z grupy ołtarzowej potwierdzono obecność kalafonii, natomiast kroplę łzy drugiej Piety stanowi bursztyn (il. 17). Dla porównania zanalizowano również podobną substancję obecną w koronie cierniowej Chrystusa z tego samego obiektu, gdzie zidentyfikowano inny rodzaj żywicy naturalnej – szelak. Skłania to do refleksji: czy dwie różne żywice w obrębie tej samej rzeźby są pierwotne, czy któraś z nich (a może obie) zostały nałożone w późniejszym czasie?

W rzeźbie Piety z Nowego Miasta Lubawskiego w spoiwach dwunastu próbek warstw malarzkich zidentyfikowano olej lniany, proteiny (w tym białko jaja ptasiego), gumy z drzew pestkowych

oraz żywicę naturalną (z drzew iglastych). Spoiwem wyróżniającym tę rzeźbę od pozostałych jest użycie oleju pochodzenia roślinnego (lub jego pochodnej – np. pokostu), prawdopodobnie w celu późniejszej impregnacji. Dla jednoznacznej identyfikacji tej substancji pobrano (za pomocą wacików nasączonych etanolem) i przebadano pięć próbek. Głównym składnikiem spoiw organicznych warstw malarskich rzeźby św. Elżbiety są proteiny, w tym kazeina lub białko jaja ptasiego, oraz niewielka ilość kleju zwierzęcego. W grupie trzech rzeźb ołtarzowych składnikami spoiw organicznych warstw malarskich są: olej pochodzenia roślinnego (lniany), proteiny (w tym klej zwierzęcy, kazeina i prawdopodobnie białko jaja ptasiego) oraz żywica naturalna.

Podsumowując wyniki potwierdzające skład spoiw organicznych wszystkich 29 badanych warstw barwnych, należy zauważyć, że w skład żadnej z próbek nie wchodzi żółtko jaja ptasiego, co jednoznacznie zaprzecza zastosowaniu tempery żółtkowej. W próbkach, w których potwierdzono obecność oleju pochodzenia roślinnego oraz jednocześnie bieli ołowiowej jako pigmentu, spoiwo organiczne występuje w postaci zhydrolizowanej (soli ołowiowej kwasu tłuszczowego). Potwierdza to obecność bardzo silnego pasma przy częstotliwości 1540–1530 cm^{-1} , występującego na wykresach widm w podczerwieni FTIR-ATR (il. 18). Jego przesunięcie pokrywa się z usytuowaniem II pasma amidowego C-N, charakterystycznego dla protein, co w sposób znaczny utrudniało prawidłową interpretację niektórych widm. W tym celu wykonano analizę porównawczą wybranych próbek za pomocą chromatografii gazowej połączonej ze spektrometrią mas (GC/MS) oraz chromatografii cieczowej połączonej ze spektrometrią mas (LC/MS).

Podczas interpretacji wyników analiz wykluczono obecność syntetycznych spoiw organicznych, w tym opartych na związkach wielkocząsteczkowych (polimerach). Na widmach w podczerwieni FTIR nie zinterpretowano charakterystycznych pasm – np. dla modyfikowanej celulozy czy też poli(octanu winylu) – mogących sugerować ślady przebytych XX-wiecznych konserwacji.

Wnioski

Badanie obiektów, które przez wieki ulegały przekształceniom, naprawom i uzupełnieniom, wymaga podejścia holistycznego. Makroskopowa obserwacja omawianych figur, ocena miejsc pobrania próbek, jak też i analiza samych próbek wymagały wykorzystania technik obrazowania i metod analitycznych operujących różnymi skalami. W sytuacji, gdy nieznana jest liczba oryginalnych i wtórnych pokładów pokrywających obiekt, niezbędna wydaje się zmiana kąta obserwacji analitycznej: od prostopadłej, drążącej na wskroś przez warstwy, do niezwykle precyzyjnej, w płaszczyźnie poziomej, uwzględniającej chronologię, grubość i strukturę poszczególnych pokładów. Fotografia makro- i mikroskopowa miejsc pobrania próbek, niezwykle przydatna przy selekcji materiału do badań, stanowiła niezbędne uzupełnienie analiz laboratoryjnych w mikroskali. Różnorodność zastosowanych technik analitycznych pozwoliła na rozwianie wątpliwości podczas wstępnego formułowania wniosków dla wielu analizowanych próbek.

Należy podkreślić, że wyniki badań przeprowadzonych przez zespół pracowników Międzyuczelnianego Instytutu Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki, Pogotowia Konserwatorskiego oraz Wydziału Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki Akademii Sztuk Pięknych w Warszawie wraz z wynikami badań przeprowadzonych w przeszłości przez innych badaczy na różnych analizowanych rzeźbach stylu pięknego proveniencji czeskiej³⁵, stanowiły podstawę postawienia hipotezy o powstaniu rzeźb w tradycji warsztatów czeskich oraz szerokiego opracowania wielu zagadnień technologicznych³⁶.

³⁵ Radomír Surma, *Tři barvy krve. K původní polychromii Křivákovy Piety*, [w:] *Piety krásného slohu. Příspěvky z mezinárodního sympozia / Vesperbilder des schönen Stils. Beiträge des internationalen Symposiums*, ed. Jana Hrbáčová, Olomouc 2017, s. 65–73; Richard Příkryl, Zuzana Weishauptová, *Materiálový průzkum vzorku přírodního kamene z polychromované Piety ze sbírky olomouckého kanovníka Petra Křiváka*, [w:] *Křivákova Pieta. Restaurování 2005/2013–2014*, ed. Jana Hrbáčová, Olomouc 2015, s. 49–50.

³⁶ A. Ruzkowska, op. cit., s. 89–99.

Anna Tomkowska

Doktor sztuki w dyscyplinie sztuk plastycznych i konserwacji dzieł sztuki. Absolwentka Wydziału Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki ASP w Warszawie oraz podyplomowych studiów na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego. Pracowniczka Międzyuczelnianego Instytutu Konserwacji i Restauracji Zabytków oraz Pogotowia Konserwatorskiego. Od 2013 roku pracuje także na Wydziale Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki, gdzie prowadzi wykłady oraz ćwiczenia z zakresu konserwacji i restauracji zabytków archeologicznych i etnograficznych. Uczestniczka i koordynatorka wielu projektów konserwatorskich realizowanych w kraju oraz poza granicami.

Joanna Kurkowska

Doktor nauk chemicznych. Absolwentka Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej, specjalizowała się w technologii produktów lekkiej syntezy organicznej. W 2004 roku uzyskała stopień doktora nauk chemicznych. Jest pracownikiem naukowym w Międzyuczelnianym Instytucie Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki ASP w Warszawie. Specjalizuje się w analizie i identyfikacji spoiw organicznych pochodzących z różnorodnych dzieł sztuki przy użyciu m.in. spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR). Jednocześnie jest zatrudniona na stanowisku adiunkta na Wydziale Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki ASP w Warszawie; prowadzi wykłady z zakresu chemii; od 2016 roku pełni funkcję kierownika Zakładu Badań Specjalistycznych i Technik Dokumentacyjnych. Autorka wielu publikacji i zgłoszeń patentowych.

Elżbieta Jeżewska

Doktor sztuki w dyscyplinie sztuk plastycznych i konserwacji dzieł sztuki. Absolwentka Wydziału Technologii Drewna SGGW w Warszawie oraz Wydziału Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki ASP w Warszawie. Pracownik naukowo-dydaktyczny Zakładu Badań Specjalistycznych i Technik dokumentacyjnych na WKiROD ASP w Warszawie; prowadzi wykłady i ćwiczenia z zakresu wiedzy o drewnie, a także o papierze dla studentów dwu specjalności – konserwacji i restauracji malarstwa i rzeźby polichromowanej oraz konserwacji i restauracji książki, grafiki i skóry zabytkowej. Zajmuje się także zastosowaniem opracowanych w zakładzie technik analitycznych do identyfikacji materiałów z obiektów zabytkowych. Uczestniczy w realizacji licznych projektów badawczych. Malarka i ilustratorka, pasjonatka jeździectwa.

Anna Tomkowska

Doctorate in the fine arts and conservation of works of art. Graduate of the Faculty of Conservation and Restoration of Works of Art at the Academy of Fine Arts in Warsaw and postgraduate studies at the Faculty of Chemistry of the Jagiellonian University. She works at the Inter-University Institute of Conservation and Restoration of Works of Art, and the Emergency Conservation Service. Since 2013, she has also worked at the Faculty of Conservation and Restoration of Works of Art, where she lectures and carries out practical work in the field of conservation and restoration of archaeological and ethnographic artefacts. She has participated in and coordinated many conservation projects carried out both in Poland and abroad.

Joanna Kurkowska

Doctorate in chemistry. Graduate of the Faculty of Chemistry, Warsaw University of Technology, she specialized in organic synthesis technologies. She received her doctoral degree in chemistry in 2004. She is a researcher at the Inter-University Institute for Conservation and Restoration of Works of Art at the Academy of Fine Arts in Warsaw. She specializes in the analysis and identification of organic binders from various works of art using, among other things, Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. At the same time, she is employed as an assistant professor at the Department of Conservation and Restoration of Works of Art at the Academy of Fine Arts in Warsaw; she lectures in chemistry; since 2016, she has been head of the Department of Specialized Research and Documentation Techniques. She has authored numerous publications and has many patent applications.

Elżbieta Jeżewska

Doctorate in the fine arts and conservation of works of art. Graduate of the Faculty of Wood Technology at the Warsaw University of Life Sciences and the Faculty of Conservation and Restoration of Works of Art at the Academy of Fine Arts in Warsaw. Academic and didactic employee of the Department of Specialized Research and Documentation Techniques at the WKiROD at the Academy of Fine Arts in Warsaw; lectures and conducts practical work on knowledge of wood, as well as paper for students of two specialties – conservation and restoration of paintings and sculptures ornamented with polychrome, as well as conservation and restoration of books, prints and antique leather. She is also involved in the application of analytical techniques developed at the university to identify materials from historical artefacts. She takes part in numerous research projects. A painter and illustrator, she is also a passionate equestrian.

Bibliografia

Wykaz literatury

Bartz Wojciech, *Materiał czeskich rzeźb kamiennych z terenu państwa zakonnego w Prusach*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego z lat 1300–1400 na terenie państwa zakonu krzyżackiego w Prusach. Materiał – technika – styl – funkcja*, red. Monika Jakubek-Raczkowska, Malbork–Toruń 2022, s. 47–65.

Guglielmi Vittoria, Andreoli Martina, Comite Valeria, Baroni Anna, Fermo Paola, *The combined use of SEM-EDX, Raman, ATR-FTIR and visible reflectance techniques for the characterisation of Roman wall painting pigments from Monte d’Oro area (Rome): an insight into red, yellow and pink shades*, „Environmental Science and Pollution Research” 2022, vol. 29, no. 20, s. 29419–29437.

Jakubek-Raczkowska Monika, *Rzeźby czeskiego stylu pięknego w Prusach. Rozważania o formie*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego z lat 1300–1400 na terenie państwa zakonu krzyżackiego w Prusach. Materiał – technika – styl – funkcja*, red. Monika Jakubek-Raczkowska, Malbork–Toruń 2022, s. 103–124.

Jakubek-Raczkowska Monika, *Wprowadzenie do problematyki badawczej*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego z lat 1300–1400 na terenie państwa zakonu krzyżackiego w Prusach. Materiał – technika – styl – funkcja*, red. Monika Jakubek-Raczkowska, Malbork–Toruń 2022, s. 19–30.

Pereira-Pardo Lucia, Tamburini Diego, Dyer Joanne, *Shedding light on the colours of medieval alabaster sculptures: Scientific analysis and digital reconstruction of their original polychromy*, „Color Research & Application” 2019, vol. 44, no. 2, s. 221–233.

Příkryl Richard, Weishauptová Zuzana, *Materiálový průzkum vzorku přírodního kamene z polychromované Piety ze sbírky olomouckého kanovníka Petra Křiváka*, [w:] *Křivákova Pieta. Restaurování 2005/2013–2014*, ed. Jana Hrbáčová, Olomouc 2015, s. 49–50.

Ratuszna Jolanta, *Problematyka konserwatorska-restauratorska Piety z Nowego Miasta Lubawskiego*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego z lat 1300–1400 na terenie państwa zakonu krzyżackiego w Prusach. Materiał – technika – styl – funkcja*, red. Monika Jakubek-Raczkowska, Malbork–Toruń 2022, s. 203–219.

Rudniewski Piotr, Jarmińska Danuta, Jeżewska Elżbieta, Kępa Luiza, Kurkowska Joanna, Nowicka Anna, Syta Olga, Wagner Barbara, Wesołowska Aleksandra, *Pigmenty. Analiza mikrochemiczna i instrumentalna*, Warszawa 2018.

Ruszkowska Agnieszka, *Technika wykonania polichromii czeskich rzeźb kamiennych z terenów państwa zakonnego w Prusach – wprowadzenie do zagadnienia*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego z lat 1300–1400 na terenie państwa zakonu krzyżackiego w Prusach. Materiał – technika – styl – funkcja*, red. Monika Jakubek-Raczkowska, Malbork–Toruń 2022, s. 89–102.

Surma Radomír, *Tři barvy krve. kK původní polychromii Křivákovy Piety*, [w:] *Piety krásného slohu. Příspěvky z mezinárodního sympozia / Vesperbilder des schönes Stils. Beiträge des internationalen Symposiums*, ed. Jana Hrbáčová, Olomouc 2017, s. 65–73.

Ślefarska Kamila, *Problematyka konserwatorska-restauratorska figury św. Elżbiety z Muzeum Narodowego w Gdańsku*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego z lat 1300–1400 na terenie państwa zakonu krzyżackiego w Prusach. Materiał – technika – styl – funkcja*, red. Monika Jakubek-Raczkowska, Malbork–Toruń 2022, s. 221–232.

Trupinda Janusz, *Wstęp*, [w:] *Rzeźba kamienna czeskiego stylu pięknego z lat 1300–1400 na terenie państwa zakonu krzyżackiego w Prusach. Materiał – technika – styl – funkcja*, red. Monika Jakubek-Raczkowska, Malbork–Toruń 2022, s. 11–14.

Tsang Jia-Sun, Madruga Inês, *Conserving Paintings by American Artist of African Descent in the National Museum of African American History and Culture, Smithsonian Institution*, [w:] *Papers Presented at the 43rd Annual Meeting of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. Miami, Florida, May 13–16, 2015*, ed. Barbara Buckley, seria: „The AIC Paintings Specialty Group Postprints”, vol. 28, Washington 2015, s. 119–128.

Witkowski Bartłomiej, Duchnowicz Anna, Ganeczko Monika, Laudy Agnieszka, Gierczak Tomasz, Biesaga Magdalena, *Identification of proteins, drying oils, waxes and resins in the works of art micro-samples by chromatographic and mass spectrometric techniques*, „Journal of Separation Science” 2018, vol. 41, no. 3, s. 630–638.

Raporty badawcze

Kurkowska Joanna, Jeżewska Elżbieta, Witkowski Bartłomiej, Tomkowska Anna, *Badania warstw malarских i nawarstwień próbek pobranych z rzeźby kamiennej Pieta z ottarza, z kolekcji Muzeum Narodowego w Gdańsku, nr inw. MNG/SD/3/Rz/1*, Warszawa 2020, mps, Dział Konserwacji Zbiorów Muzeum Narodowego w Gdańsku, pracownia konserwacji.

Kurkowska Joanna, Jeżewska Elżbieta, Witkowski Bartłomiej, Tomkowska Anna, *Badania warstw malarских i nawarstwień próbek pobranych z rzeźby kamiennej św. Elżbiety, z kolekcji Muzeum Narodowego w Gdańsku*,

nr inw. MNG/SD/2/Rz, Warszawa 2020, mps, Dział Konserwacji Zbiorów Muzeum Narodowego w Gdańsku, pracownia konserwacji.

Kurkowska Joanna, Jeżewska Elżbieta, Witkowski Bartłomiej, Tomkowska Anna, *Badania warstw malarskich i nawarstwień próbek pobranych z rzeźby kamiennej św. Elżbiety z ołtarza, z kolekcji Muzeum Narodowego w Gdańsku, nr inw. MNG/SD/3/Rz/3*, Warszawa 2020, mps, Dział Konserwacji Zbiorów Muzeum Narodowego w Gdańsku, pracownia konserwacji.

Kurkowska Joanna, Jeżewska Elżbieta, Witkowski Bartłomiej, Tomkowska Anna, *Badania warstw malarskich i nawarstwień próbek pobranych z rzeźby kamiennej św. Marii Magdaleny z ołtarza, z kolekcji Muzeum Narodowego w Gdańsku, nr inw. MNG/SD/3/Rz/2*, Warszawa 2020, mps, Dział Konserwacji Zbiorów Muzeum Narodowego w Gdańsku, pracownia konserwacji.

Kurkowska Joanna, Jeżewska Elżbieta, Witkowski Bartłomiej, Tomkowska Anna, Załęska Kamila, Wesołowska Aleksandra, *Badania warstw malarskich i nawarstwień próbek pobranych z rzeźby kamiennej Piety z Nowego Miasta Lubawskiego*, Warszawa 2020, mps, Dział Dokumentacji Naukowej Muzeum Zamkowego w Malborku, sygn. MZM/KZR/596.

Rogóż Maria, *Analiza stratygraficzna oraz badania pigmentów próbek pobranych z figur kamiennych gotyckiego ołtarza św. Elżbiety ze zbiorów Muzeum Narodowego w Gdańsku*, Kraków 2007, mps, Dział Konserwacji Zbiorów Muzeum Narodowego w Gdańsku, pracownia konserwacji.

Wesołowska Aleksandra, Kurkowska Joanna, *Analiza składu próbek pobranych z rzeźby z przedstawieniem św. Elżbiety pochodzącej z Muzeum Narodowego w Gdańsku, nr inw. MNG/SD/2/Rz*, Warszawa 2019, mps, Dział Konserwacji Zbiorów Muzeum Narodowego w Gdańsku, pracownia konserwacji.