

# Nieinwazyjne badania japońskiej XIX-wiecznej kadzielnicy z prowincji Satsuma przy użyciu dwuźródłowej tomografii komputerowej

MGR INŻ. ANNA MIKOŁAJSKA<sup>1,2</sup>, MGR ANGELIKA GURTAT<sup>1</sup>,  
LEK. MED. MAŁGORZATA URBAŃCZYK-ZAWADZKA<sup>3</sup>,  
MGR INŻ. ROBERT PAWEŁ BANYS<sup>3</sup>

1. WYDZIAŁ KONSERWACJI I RESTAURACJI DZIEŁ SZTUKI, AKADEMIA SZTUK PIĘKNYCH IM. JANA MATEJKI W KRAKOWIE
2. AGH AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, WYDZIAŁ ODLEWNICTWA
3. ZAKŁAD RADIOLOGII I DIAGNOSTYKI OBRAZOWEJ, SZPITAL IM. JANA PAWŁA II W KRAKOWIE

## 1. WPROWADZENIE

### 1. Badany materiał i technika wykonania

Przedmiotem badań była japońska kadzielnica (rys. 1) z okresu Meiji, datowana na ok. 1880 r., pochodząca z historycznej prowincji Satsuma (obecnie prefektura Kagoshima). Obiekt od grudnia 1945 r. znajduje się w zbiorach Muzeum Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego, gdzie został przekazany ze składnicy wawelskiej, zaś w 2017 r., jako przedmiot pracy dyplomowej, trafił do konserwacji w pracowni Rzeźby Kamiennej, Ceramiki i Stiuku Wydziału Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki w Krakowie. Głównym celem pracy dyplomowej była nie tylko konserwacja zabytkowego naczynia, ale również jego końcowa aranżacja plastyczno-estetyczna związana z rekonstrukcją brakujących nóżek i innych ubytków.

Naczynie o kulistym, lekko spłaszczonym brzuścu z niską i szeroką szyją zostało wykonane z jasnej gliny ceramicznej z dodatkami wychudzającymi metodą toczenia na kole garncarskim. Posiada szeroki i spłaszczony od góry wlew, który od zewnątrz ma profil ćwierćwałka. Widoczny jest uskok na osadzenie pokrywy. Brzusiec osadzony jest na trzech wysokich nóżkach z nasadami w formie głów lwa Shishi. Z otwartych pysków lwów wystają dolne części nóżek (rys. 2), które zostały przyłączone do czerepu metodą doklejenia na mokro.

Charakteryzuje się podobnymi wymiarami jak większość japońskich kadzielnic z tego okresu: całkowita wysokość z nóżkami to 34,5 cm, średnica wlewu 20 cm, a brzuśca 22,5 cm.

Naczynie wypalano w kilku fazach ze względu na obecność bezbarwnego szkliwa ołowiowego z kraklami i bogatą dekoracją obejmującą cztery przedstawienia figuralne. Malatura wykonana została za pomocą ceramicznych farb naszkliwnych, ołowiowych szkliw barwnych i emalii, miejscami nakładanych tak grubo, że utworzyła relief. Nieszkliwiony jest natomiast pierścień wokół pogłębionego dna, wewnątrz naczynia oraz uskok wlewu szyi. Reliefowe skały zdobione są dodatkowo skupiskami punktów ze szkliwa o barwie czarnej, brązowej

#### SŁOWA KLUCZOWE

ceramika japońska, badania nieinwazyjne, rentgenografia, dwuźródłowa tomografia komputerowa – DSCT

#### KEYWORDS

Japanese ceramics, non-invasive analysis, radiography, DSCT

mgr inż. Anna Mikołajska



Absolwentka Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH. Asystent w Zakładzie Fizyki i Chemii Konserwatorskiej na Wydziale Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki Akademii Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie. Od września 2018 doktorantka na Wydziale Odlewnictwa AGH. Pracuje nad rozprawą doktorską na temat badań fizyko-

chemicznych metalowych odlewów zabytkowych.

e-mail: amikolajska@asp.krakow.pl

#### STRESZCZENIE

Kadzielnica pochodzi z historycznej prowincji Japonii Satsuma (obecnie prefektura Kagoshima) i datowana jest na okres Meiji. Obiekt od grudnia 1945 r. znajduje się w zbiorach Muzeum Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego, gdzie został przekazany ze składnicy wawelskiej.

Kadzielnica wykonana jest z jasnej gliny, pokryta przezroczystą, delikatnie popękana glazurą (krakle), ozdobiona bogatą polichromią, wykończona emalią i dekoracją brokatową. Na korpusie znajdują się cztery przedstawienia: postać Kannon, postaci dwóch taoistycznych mędrców, smok z trzema pazurami oraz dwa lwy Shishi.

Są to najbardziej charakterystyczne elementy tej ceramiki. Brzusiec naczynia osadzony został na trzech prostych nogach z nasadami w formie głów lwa Shishi. Podczas prac przygotowawczych i konserwatorskich przy obiekcie zostały wykonane nieinwazyjne badania z wykorzystaniem promieniowania rentgenowskiego. W celu określenia stanu zachowania całego obiektu, a w szczególności trwałości łączeń korpusu i nóżek wykonano zdjęcia rentgenowskie oraz skany z wykorzystaniem dwuźródłowej tomografii komputerowej.

#### SUMMARY

**Non-invasive analysis of the Japanese nineteenth century censer from the province of Satsuma using Dual Source Computed Tomography.**

The censer comes from Japan, from the Meiji period, from the historical province of Japan Satsuma (now Kagoshima Prefecture). The object is in the collections of the Jagiellonian University Museum Collegium Maius, where it was transferred from the Wawel depot in December 1945. It is characterized by light clay and a transparent, slightly cracked glaze (crackles). It is decorated with rich and beautiful polychrome and finished with enamel and glitter decoration. There are four performances on the body: a dragon with three claws, the figure of Kannon, the figures of two Taoist wise men, two lions Shishi.

These are the most characteristic elements of this ceramics. The censer is mounted on three legs depicting the head of the Shishi lion.

Non-invasive X-ray examinations had been carried out before any conservation work of the presented object started. In order to assess the general condition of the whole object, in particular the durability of body and leg joints, X-ray and tomographic images were taken.



Rys. 1a, b, c, d. Zdjęcia kadzielnicy przed konserwacją.



Rys. 2. Zdjęcie zachowanej nóżki w dwóch częściach.

oraz szmaragdowego błękitu, a ich grzbiety złożone są złotem ceramicznym przeznaczonym do wypału. Przedstawienia figuralne ukazują: Kannon (rys. 1a), postacie dwóch taoistycznych mędrców (rys. 1b), smoka z trzema pazurami (rys. 1c) i dwa lwy Shishi (rys. 1d). Ponadto w dolnych partiach brzuśca, pomiędzy nasadami nóżek, znajdują się złożone kompozycje z motywem kwiatu lotosu. Na szyi widać fryz ornamentalny z lecącymi żurawiami na tle dziewięciu nieregularnych chmur w kolorze szmaragdowego błękitu ze złożonym rysunkiem, na przemian z różnymi kompozycjami brokatowego ornamentu. Krawędź wlewu ozdobiona została fryzem splecionego w warkocz pędu z listkami.

Przez wieki japońskie kadzielnice były i nadal są ustawiane w miejscach kultu religijnego, wciąż służą jako naczynia rytualne do palenia kadzideł. Jednak w drugiej połowie XIX w. zyskały również rolę dekoracyjną, szczególnie na zachodzie Europy. Miało to związek z ogromnym zainteresowaniem, a równocześnie popytem na tego typu produkty ze strony europejskich odbiorców. Wszystko zaczęło się od międzynarodowej wystawy w Paryżu w 1867 r., podczas której produkty z prowincji Satsuma zostały bardzo dobrze przyjęte. Dzięki tej wystawie rozwinęła się współpraca handlowa i powstał duży rynek eksportowy ceramiki do Europy [1–5].

Obiekt w momencie przekazania do konserwacji składał się z trzech odrębnych elementów: brzuśca z zachowanymi fragmentami dwóch nóżek (głowy lwa Shishi) oraz jednej nóżki w dwóch częściach (rys. 2). Dwóch pozostałych fragmentów nóżek brakowało. Kadzielnica prawdopodobnie posiadała również nakrywę, która się nie zachowała.

Celem prac konserwatorskich była przede wszystkim rekonstrukcja i konserwacja prezentowanego naczynia jako całości. Ze względu na bardzo dobry stan zachowania szkliv zdecydowano, że zostaną wykonane wyłącznie badania nieinwazyjne.

Podstawowym badaniem stanu zachowania obiektu przed konserwacją jest rentgenografia, traktowana obecnie wręcz jako rutynowe badanie danego zabytku przed podjęciem jakichkolwiek działań konserwatorskich. Było to pierwsze badanie prezentowanej kadzielnicy. Wykonane zdjęcia rentgenowskie dostarczyły wprawdzie wielu cennych informacji o stanie zachowania ceramicznego naczynia, jednak nie były wystarczające, aby prawidłowo zaplanować i wykonać zabezpieczenie istniejącej nóżki oraz dwóch brakujących.

W związku z tym, bazując na dotychczasowych doświadczeniach badawczych [10], została podjęta decyzja o wykonaniu tomografii komputerowej. Umożliwiła ona zapoznanie się z wewnętrzną budową kadzielnicy i jej fragmentów poprzez analizę kilkuset poprzecznych przekrojów.

Tomografia komputerowa jest słusznie uważana za jedną z najskuteczniejszych nieinwazyjnych metod, dających całkowity objętościowy obraz badanego dzieła. Dostarcza przede wszystkim informacji o wewnętrznej i strukturalnej budowie badanego zabytku [6, 7, 10].

Wprowadzona wiele lat temu do diagnostyki wielowarstwowo tomografia komputerowa pozwala na dokładne obrazowanie wewnętrznych struktur z możliwością uzyskania kilkudziesięciu do kilkuset warstw podczas jednej akwizycji z bardzo dobrą rozdzielczością. To z kolei umożliwia tworzenie dowolnej ilości różnego typu trójwymiarowych rekonstrukcji.

Kilkanaście lat temu, wraz z dynamicznym rozwojem technologii, pojawiła się dwuźródłowa tomografia komputerowa. W dwuźródłowym aparacie TK w porównaniu do zwykłej tomografii komputerowej zastosowano podwójny zestaw lampy – detektor umożliwiający jednoczesne otrzymanie danych z dwóch zestawów detektorów. Rozwiązanie to poprawia dwukrotnie rozdzielczość czasową przy jednoczesnym skróceniu czasu niezbędnego do zebrania danych obrazowych i możliwości redukcji dawki promieniowania, dzięki czemu jest stosowane w medycynie przy badaniu ruchomych narządów, np. serca [8, 9]. Kolejną zaletą dwuźródłowej tomografii komputerowej jest możliwość skanowania dwuenergetycznego, którą wykorzystuje się między innymi do dekompozycji materiałowej, a więc rozróżniania struktur o podobnym składzie chemicznym, a także do eliminacji artefaktów od przedmiotów o wysokim współczynniku osłabiania promieniowania, np. metalu. Znajduje to zastosowanie, poza wskazaniami medycznymi, również w badaniach dzieł sztuki, szczególnie w przypadku rzeźb drewnianych [10].

## 2. ZASTOSOWANE TECHNIKI BADAŃ

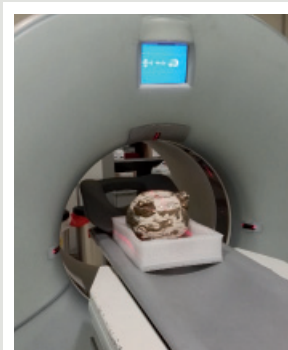
### 2.1 Rentgenografia

W celu rozpoznania stanu zachowania japońskiej kadzielnicy wykonano szereg zdjęć rentgenowskich aparatem RTG ORANGE 1040 z systemem pośredniego ucyfrowienia RTG Carestream Vita LE. Maksymalna moc generatora lampy to 2,4 kW, zakres wartości napięcia na lampie: 40–100 kV, natomiast zakres mAs: 0,32–100 mAs.

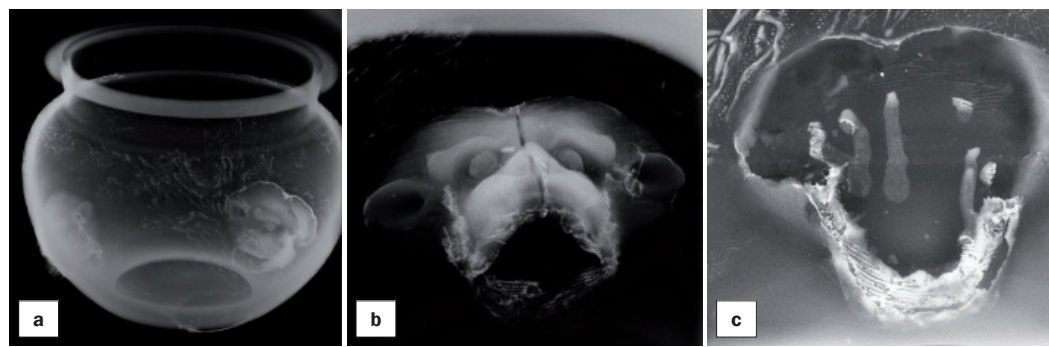
Badanie wykonano przed przystąpieniem do prac konserwatorskich, a badany obiekt został poddany prześwietleniom w różnych pozycjach geometrycznych. Wszystkie zdjęcia rentgenowskie zostały wykonane w Zakładzie Chemii i Fizyki Konserwatorskiej Wydziału Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki Akademii Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie.

### 2.2 Dwuźródłowa tomografia komputerowa

Dwuźródłową tomografię komputerową wykonano w Zakładzie



Rys. 3. Kadzielnica w trakcie badania przy użyciu aparatu SOMATOM Definition firmy Siemens.



Rys. 4. Zdjęcia RTG kadzielnicy: (a) cała kadzielnica, (b) nasada jednej z nóżek w formie głowy lwa Shishi, (c) nasada drugiej nóżki w formie głowy lwa Shishi.

Radiologii i Diagnostyki Obrazowej Szpitala im. Jana Pawła II w Krakowie dzięki wieloletniej współpracy między Zakładem Chemii i Fizyki Konserwatorskiej krakowskiej ASP a Zakładem Radiologii i Diagnostyki Obrazowej.

Badanie z wykorzystaniem dwuźródłowej tomografii komputerowej zostało przeprowadzone w celu jeszcze głębszego poznania stanu zachowania badanej kadzielnicy. Chodziło przede wszystkim o dokładne zbadanie obecnego stanu łączenia nóżek z brzuścem.

W przypadku badania prezentowanego obiektu (rys. 3) przy użyciu dwuźródłowej tomografii komputerowej zastosowano dwa moduły badań: DSCT z opcją dwuenergetyczną – wykonując akwizycję obrazu techniką spiralną (napięcia na lampach 80 kV i 140 kV, grubość warstwy, tj. rozdzielczość przestrzenna, 0,6 mm dla 64 warstw podczas jednego pełnego obrotu 360° układu lampa-detektory), jak również badanie w opcji tzw. wysokiej rozdzielczości, korzystając z protokołu „ucha wewnętrzznego”, czyli wykonując akwizycję obrazu techniką spiralną i sekwencyjną (napięcie na lampie 120 kV, grubość warstwy 0,33 mm, ale jedynie dla zredukowanego zakresu 12 warstw podczas jednego pełnego obrotu 360° układu lampa-detektory<sup>1</sup>).

### 3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

#### 3.1. Analiza stanu zachowania badanego obiektu na podstawie zdjęć rentgenowskich

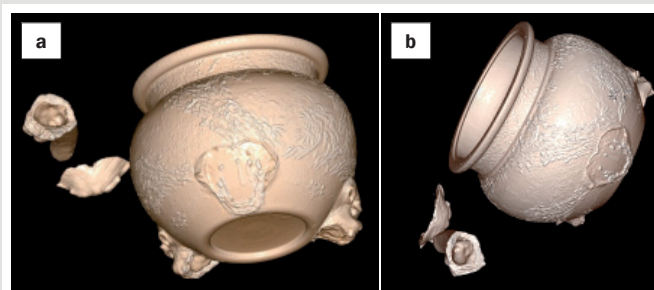
Na podstawie analizy wykonanych zdjęć rentgenowskich można było zaobserwować różną grubość ścianek naczynia wynikającą z procesu tworzenia brzuśca (toczenie na kole). Widoczny jest również zarys dekoracji (rys. 4a) oraz, co bardzo ciekawe, sposób przyczepu nóżek do brzuśca w postaci poziomych kresiek na dole paszczy lwa. Są to ślady grzebienia użytego do „zmierzwienia” gliny (rys. 4b). Widoczne są też wyraźnie pęknięcia naczynia na brzuścu oraz ich przebieg w postaci ciemnej linii od nosa do czoła głowy lwa Shishi (rys. 4b, c). Można sądzić, iż jest to uszkodzenie powstałe podczas pierwszego wypału naczynia. Kolejne pęknięcia widoczne są na uchu lwa Shishi (stanowiącego nasadę nóżki) po lewej stronie i na łączeniu głowy z brzuścem po prawej stronie – tym razem jako białe, nieregularne linie, co jest efektem zalania tych pęknięć szkliwem w trakcie kolejnego wypału (rys. 4c). Wykonane zdjęcia rentgenowskie nóżek pomogły ustalić miejsca osłabienia łączeń nóżek z brzuścem oraz pokazały pęknięcia związane ze skurczem masy ceramicznej powstałe podczas wypału, a niemożliwe do zaobserwowania gołym okiem (rys. 4b, c).

#### 3.2 Analiza stanu zachowania badanego obiektu z wykorzystaniem dwuźródłowej tomografii komputerowej

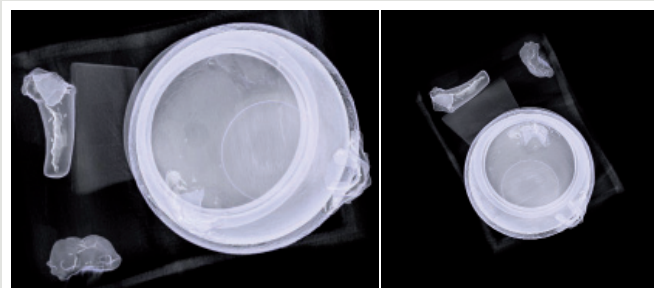
1. Ograniczono się do 12 warstw, ponieważ tylko tyle da się przesłonić kolimatorem tak, żeby uzyskać grubość warstwy 0,33 mm.

Badania z użyciem dwuźródłowej tomografii komputerowej znacznie dokładniej niż zdjęcia RTG pokazały stan zachowania całego obiektu. Ujawniły zakres zniszczeń oraz stan łączeń nóżek z brzuścem. Na podstawie wykonanych pomiarów określono zakres grubości ścianek naczynia na 0,66–1,2 cm oraz grubości glazury na 0,08–0,16 cm. Na prezentowanych rekonstrukcjach objętościowych możemy zaobserwować nawarstwienia szkliwa oraz emalii jako dekoracji naszkliwnych (rys. 5a, b).

Widoczne są doskonale miejsca przełomów nóżek (rys. 5a, b). Na kolejnych rekonstrukcjach objętościowych bardzo dobrze widać pełen obraz badanej kadzielnicy oraz dwóch fragmentów oderwanej nóżki, jak również puste przestrzenie w trzonie nóżki w postaci kilkumilimetrowych szczelin (rys. 6). Zaobserwowane pęknięcia wzdłuż nóżki są wynikiem skurczu masy ceramicznej podczas wypału. Na licznych przekrojach poprzecznych badanego naczynia ukazały się bardzo wąskie łączenia nóżki z kadzielnicą, co może być przyczyną oderwania się jednej z nóżek (rys. 7a). Z kolei na jednym z przekrojów poprzecznych trzonu bardzo dobrze udało się uwidocznic pustą przestrzeń w masie w postaci czarnego obszaru (rys. 7b).

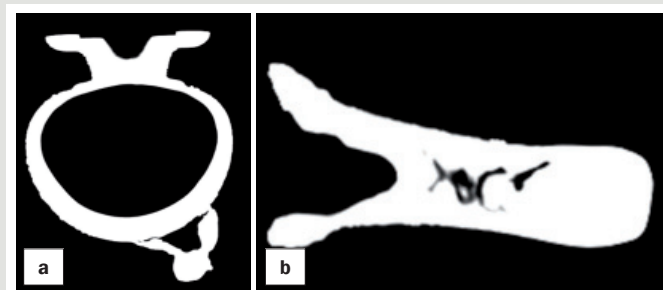


Rys. 5a, b. VRT rekonstrukcja objętościowa – uwidoczniła się grubość szkliwa oraz dekoracje emaliowe. Widoczne są doskonale miejsca przełomów nóżek.



Rys. 6. VRT rekonstrukcja objętościowa – obraz kadzielnicy oraz dwóch fragmentów oderwanej nóżki. Widoczne są przestrzenie puste w trzonie nóżki.





Rys. 7. Przekroje poprzeczne z tomografu: (a) przekrój poprzeczny kadzielnicy – widoczne bardzo wąskie łączenie nóżki z kadzielnicą, (b) przekroje poprzeczne trzonu oderwanej nóżki – widoczna pusta przestrzeń w masie w postaci czarnego obszaru.

#### 4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania obejmujące rentgenografię oraz wielowarstwową dwuźródłową tomografię komputerową dostarczyły wielu niezbędnych i interesujących danych, będących podstawą do szerszej analizy kadzielnicy. Zdjęcia rentgenowskie i skany tomograficzne pokazały stan zachowania całego obiektu – ujawniły zakres zniszczeń oraz sposób i stan łączeń nóżek z korpusem. Informacje o dokładnej lokalizacji punktowych osłabień powstałych podczas wypadu lub w późniejszym okresie pozwoliły na zaplanowanie wykonania wzmocnień tych obszarów, co było kluczowym zadaniem wykonanych z sukcesem prac konserwatorskich, hamujących dalsze niszczenie cennego obiektu. Dzięki wykonanym badaniom nieniszczącym udało się zrealizować wszystkie zaplanowane rekonstrukcje brakujących elementów (rys. 8a, b). Przekroje z tomografu komputerowego dają niezwykle cenny materiał do analiz porównawczych dla dzieł i zabytków wykonanych zarówno z podobnego materiału, jak i z materiałów o różnej absorpcji promieniowania rentgenowskiego [10]. Są skarbnicą wiedzy dla konserwatorów i naukowców pragnących dokładnie poznać stan zachowania obiektu i pozostałości po

poprzednich konserwacjach czy też dokładnie zlokalizować elementy wykonane z innych materiałów niż materiał „bazowy” badanego obiektu.

#### LITERATURA

- [1] Tubielewicz J. (1977), *Mitologia Japonii*, Warszawa
- [2] Sotheby's (2005), *Chinese and Japanese Ceramics & Works of Art*, Amsterdam
- [3] Gorham H.H. (1991), *Japanese and Oriental Ceramics*, Tokio
- [4] Kotoński W. (1963), *Zarys dziejów religii w Japonii*, Warszawa
- [5] Różewicz E. (1958), *Technika Zdobienia Ceramicznego*, Warszawa
- [6] Morigi M.P., Casali F., Bettuzzi M., Bianconi D., Brancaccio R., Cornacchia S., Pasini A., Rossi A., Aldrovandi A., Cauzzi D. (2007), *CT investigation of two paintings on wood tables by Gentile da Fabriano*, „Nuclear Instruments and Methods in Physics Research”, A 580, s. 735–738
- [7] Morigi M.P., Casali F., Bettuzzi M., Brancaccio R., D'Errico V. (2010), *Application of X-ray Computed Tomography to Cultural Heritage diagnostics*, „Applied Physics”, A 100, s. 653–661
- [8] Scheffel H., Alkadhi H., Plass A., Vachenaue R., Desbiolles L., Gaemperli O., Schepis T., Frauenfelder T., Schertler T., Husmann L., Grunenfelder J., Genoni M., Kaufmann P.A., Marincek B., Leschka S. (2006), *Accuracy of dual-source CT coronary angiography: first experience in a high pre-test probability population without heart rate control*, „Eur Radiol”, 16, s. 2739–2747, DOI 10.1007/s00330-006-0474-0
- [9] Petersilka M., Bruder H., Krauss B., Stierstorfer K., Flohr T.G. (2008), *Technical principles of dual source CT*, „European Journal of Radiology”, Vol. 68, Issue 3, s. 362–368
- [10] Mikołajska A., Luboń – Radwańska A., Urbańczyk Zawadzka M., Banyś R.P. (2015), *Badania krucyfiks z belki tęczy w kościele św. Wojciecha w Krakowie przy użyciu dwuźródłowej tomografii komputerowej*, „Opuscula Musealia”, nr 23, s. 133–141



Rys. 8. Zdjęcia kadzielnicy po konserwacji: (a) cała kadzielnica, (b) zbliżenie zrekonstruowanych nóżek.