

## **Wykorzystanie skaningowego mikroskopu elektronowego do badań malatury z kościoła w Radcze**

**Beata Klimek**

*Katedra Konserwacji Zabytków, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska, e-mail: b.klimek@pollub.pl*

**Streszczenie:** Jednym z głównych zadań w badaniach obiektów zabytkowych jest konieczność wskazania materiałów oryginalnych i późniejszych uzupełnień, które często także mają charakter zabytkowy. Kolejne zadanie dotyczy określenia składu i budowy historycznych materiałów, rozpoznania techniki wykonania pierwotnego opracowania malarskiego. W artykule przedstawiono wstępne wyniki badań zabytkowej malatury. Wykorzystano metodę badań w mikroobszarze z zastosowaniem skaningowego mikroskopu elektronowego sprzężonego z energo-dyspersyjną mikrosondą elektronową EDS (SEM-EDS).

**Słowa kluczowe:** kościół w Radczu, Wiktor Syczugow, badania SEM-EDS.

### **1. Wprowadzenie**

Radcze to mała wieś położona w województwie lubelskim, w powiecie parczewskim, w gminie Milanów. Kościół św. Mikołaja w Radczu wzniesiono jako prawosławną cerkiew parafialną pod wezwaniem Świętych Praksedy i Mikołaja na przełomie XIX i XX w. (ukończenie budowy w 1905 r.), według projektu Wiktora Syczugowa [1].

Wiktor Iwanowicz Syczugow absolwent Carskiej Akademii Sztuk Pięknych w Petersburgu był przedstawicielem stylu bizantyjsko – ruskiego [2]. Działał między innymi na terenie obecnej diecezji lubelsko–chełmskiej (ówczesnej guberni siedleckiej i częściowo lubelskiej). W latach 1887 – 1890 był odpowiedzialny za problemy architektury cerkiewnej Królestwa w kancelarii generała gubernatora warszawskiego [3]. Przypisuje się mu autorstwo dwunastu projektów murowanych cerkwi, przeznaczonych dla tego terenu. Utrzymuje się, że był autorem projektu cerkwi włodawskiej, która była by trzynastą świątynią. Projekty pochodzą głównie z lat: 1887, 1888 i 1889 [3].

W celu uzyskania „bizantyjskiego” wyrazu i tradycyjnej trójdzielnej architektury, ogólne bryły wszystkich świątyni opierały się na systemie podobnych modułów. Z reguły część centralna świątyni wznoszona była na rzucie kwadratu lub krzyża. W zależności od skali obiektu, architekt mnożył lub ograniczał liczbę fryzów i profilowanych obramień otworów, niemalże zawsze wprowadzał bonionowaną część cokołową. Całość wieńczyły na ogół dwie kopuły [3]. Oprócz Radcza (Rys.1) Syczugow opracował odrębne projekty dla Szóstki, Tyszowiec, Dratowa. Wykonał jeden wspólny projekt dla Ostrowa Lubelskiego i Łomaz, porównywalnie dla Chłopkowa i Kosyna, z tym, że projekt tych cerkwi posłużył do wybudowania

kolejnej, identycznej w Hostynnem. Były to cerkwie przeznaczone dla 350 wier-  
nych. Te trzy cerkwie i cerkiew w Sosnowicy miały podobną bryłę architektoniczną  
(Sosnowicka jest jednak większa, gdyż projektowana była na 500 osób). Architekt  
zręcznie rozwiązał problem wielkości cerkwi w Kobyłanach i Tarnawatce, rysu-  
jąc na dwóch identycznych projektach różne podziałki liniowe: dłuższą dla Koby-  
lan (kubatura dla 300 osób), a krótszą dla Tarnawatki (kubatura dla 400 osób).  
Jeden niezrealizowany projekt opracował dla Radomia [2,3]. Wymienione cerkwie  
w Szóstce, Tyszowcach, Dratowie, Radczu i Łomazach/Ostrowie Lubelskim wyróż-  
niają się od pozostałych dużo bogatszym wystrojem architektonicznym i bardziej  
rozbudowaną bryłą [8].



Rys. 1. Projekt cerkwi w Radczu (1890-1892) [4].

## 2. Historia budowy

Jak głośzą ustne przekazy miejscowej ludności, fundatorem cerkwi, był bogaty kupiec i przemysłowiec – właściciel statku rybackiego i przetwórci rybnej, mieszkający na stałe w Moskwie. Po śmierci jedyne go syna, który zginął w wypadku, człowiek ten miał przekazać znaczną kwotę dla kościoła prawosławnego jako votum na budowę czterech cerkwi. Jedną z nich wzniesiono w Moskwie, trzy pozostałe w Polsce: w Radczu, Łomazach (rozebrana po 1918 r.) i w Szóstce. Przygotowania do rozpoczęcia budowy cerkwi w Radczu trwały trzy lata. Budowniczym był inżynier rosyjski, który zamówił w trzech okolicznych cegielniach cegły o różnych kształtach stosownie do przywiezionych przez niego modeli. Dodatkowo wynajął chłopów z wozami do zwożenia polnych kamieni na plac budowy. Po upływie trzech lat – (tyle bowiem trwało zwiezenie potrzebnej ilości kamieni i cegły) inżynier zjawił się w Radczu ponownie z własną ekipą budowlaną, która w ciągu jednego roku pod jego nadzorem wybudowała cerkiew [2].

W związku z trudnymi warunkami gruntowymi zastosowano bardzo ciekawe rozwiązanie fundamentów kościoła. Pod cały plan świątyni wykopano dół o przekroju olbrzymiej niecki. Ułożono w niej wszystkie zebrane w ciągu trzech lat kamienie – jeden obok drugiego, posuwając się od dna niecki ku jej górnym krawędziom. Utworzyły one warstwę pokrywającą wewnątrz niecki do poziomu terenu ziemi, dopiero na kamiennych krawędziach niecki zaczęto stawiać ściany. Budynek posadowiono na murowanej odwróconej kolebce, której konstrukcja dobrze przenosi i rozkłada zarówno obciążenia murów na grunt, jak i parcie gruntu na fundament. Cerkiew składa się z podłużnej, prostokątnej nawy zakończonej prezbiterium z dwoma bocznymi ryzalitami – tak, że całość tworzyła regularny plan krzyża. Na skrzyżowaniu jego ramion nad środkiem świątyni znajdowała się duża kopuła. Prezbiterium w kształcie wydłużonego prostokąta, przykryte kolebką, podniesione było w stosunku do nawy o dwa stopnie i doświetlone bocznymi pojedynczymi łukowymi oknami. W bryle budowli dominowała wieża z łukowymi otworami od frontu i po bokach – służąca jako dzwonnica, zwieńczona osmiobocznie, z małą kopułą na szczycie.

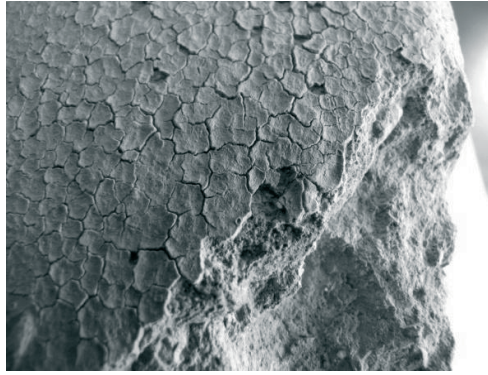
Na elewacji frontowej i elewacjach bocznych występowała charakterystyczna dla architektury cerkiewnej forma otworów okiennych w formie triforium – kompozycji trzech otworów zamkniętych łukowo, gdzie środkowy jest szerszy i wyższy od bocznych. Detale wykonane były z kształtek ceglanych, ściany – z cegły pełnej. Gzymsy wieńczące budowlę zostały otynkowane i pomalowane na biało, ceglane ściany pokryto farbą wapienną w kolorze ugru [5].

## 3. Badania mikroskopowe (SEM-EDS) wymalowań i cegły

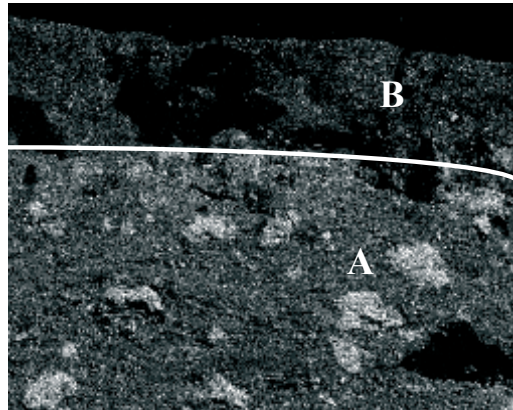
Do badań zostały pobrane trzy reprezentatywne próbki (od 5 do 15 g). Każda składa się z warstwy podłoża ceglanoego i wykończeniowej warstwy wymalowania, wszystkie zostały pobrane z historycznych fragmentów elewacji.

Morfologię i skład chemiczny w mikroobszarze głównych składników mineralnych cegły i wymalowania oznaczono za pomocą mikroskopu skaningowego (SEM). Wykorzystano mikroskop skaningowy FEI Quanta 250 FEG wyposażony w system analizy składu chemicznego oparty na dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego – EDS firmy EDAX. Obserwacje zostały wykonane w Laboratorium Wydziału Budownictwa i Architektury PL.

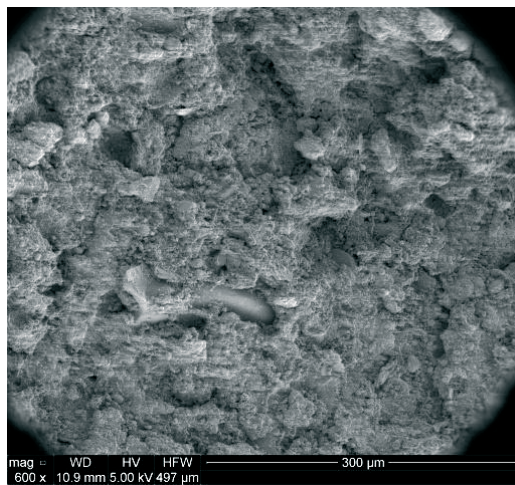
Próbki do badań SEM naklejono na holder węglowy za pomocą kleju węglowego. Obserwacje przeprowadzono na powierzchniach świeżych przełamów (bez napyłania złotem czy węglem) [5].



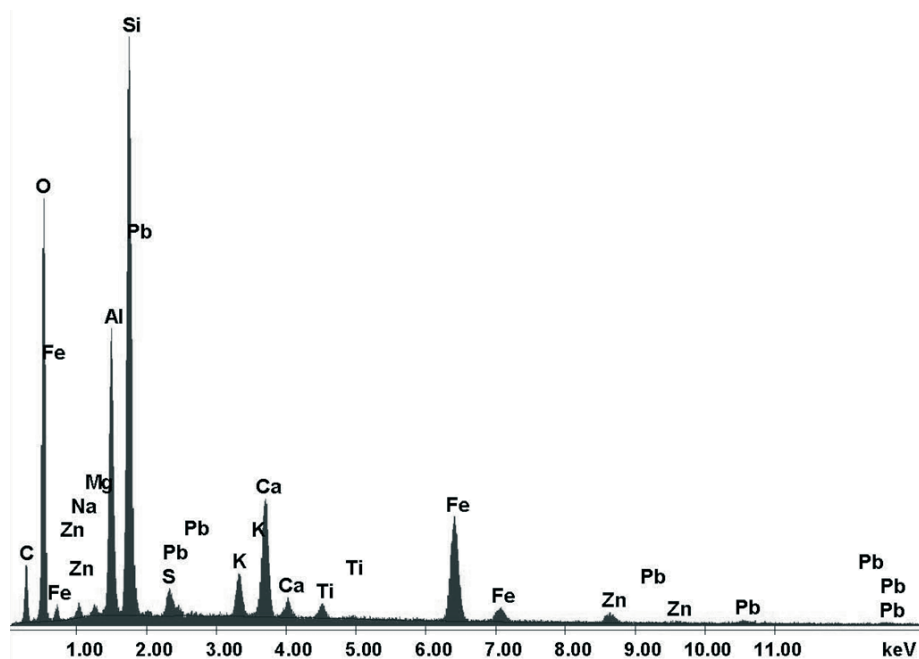
Rys. 2. Fragment cegły wraz ze spękaną powierzchnią wymalowania.



Rys. 3. Mapa rozkładu pierwiastka Si (SEM). Przekrój przez warstwę cegły (A) i malatury (B).



Rys. 4. Zdjęcie skaningowe (SEM) zewnętrznej powierzchni malatury.



Rys. 5. Widmo składu chemicznego dla obszaru z Rys. 4.

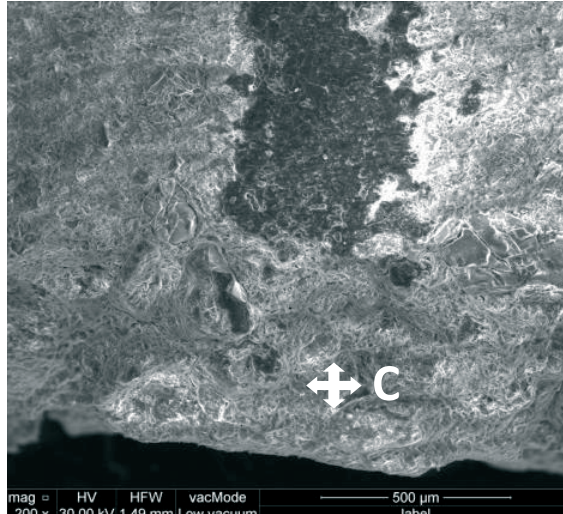
Tabela 1. Wyniki energodispersyjnej analizy rentgenowskiej z zastosowaniem mikrosondy (SEM-EDS) w mikroobszarze widocznym na Rys. 4 (zewnętrzna powierzchnia malatury).

Element	Wt [%]	Mol [%]
C K	32.48	57.26
Na K	0.35	0.32
Mg K	0.58	0.51
Al K	12.09	9.49
Si K	28.94	21.82
S K	1.07	0.71
K K	2.15	1.17
Ca K	6.43	3.40
Ti K	0.87	0.39
Fe K	10.84	4.11
Zn K	1.83	0.56
Pb L	2.36	0.24
Total	100.00	100.00

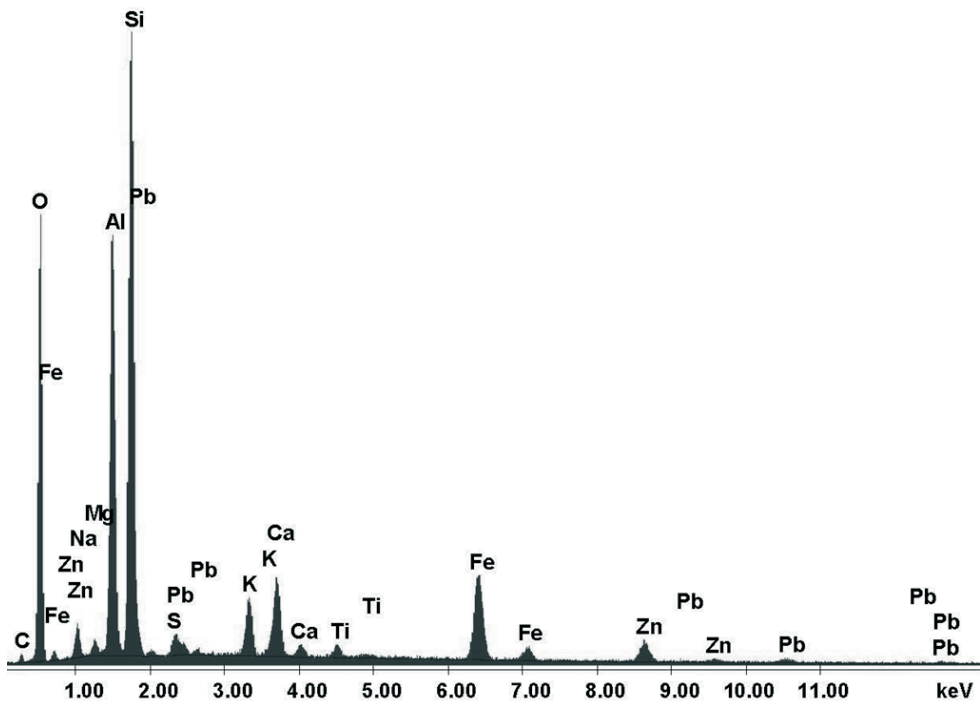
Analiza EDS powierzchni malatury wykonana w obszarze widocznym na zdjęciu (Rys. 4) wykazała oprócz obecności krzemu (28,94%), znaczną zawartości węgla około (32,48%), glinu (12,09%) żelaza (10,84 %) i wapna (6,43 %). W mniejszej ilości obecne są: ołów (2,36%), potas (2,15 %), siarka (1,07%) i cynk (1,83 %).



Wykonano badania malatury w punkcie C z powierzchni świeżego przełamu (Rys. 6) Analiza EDS w punkcie wykazała przede wszystkim znaczną ilość krzemu (42,52%), ponadto głównie glinu (20,98%) i dużą ilość żelaza (10,25%). W mniejszej ilości obecne jest wapno (5,11%), cynk (4,16%), potas (3,68%), ołów (3,67%) i znikoma zawartość siarki (0,72%).



Rys. 6. Zdjęcie skaningowe (SEM) przełamu próbki.



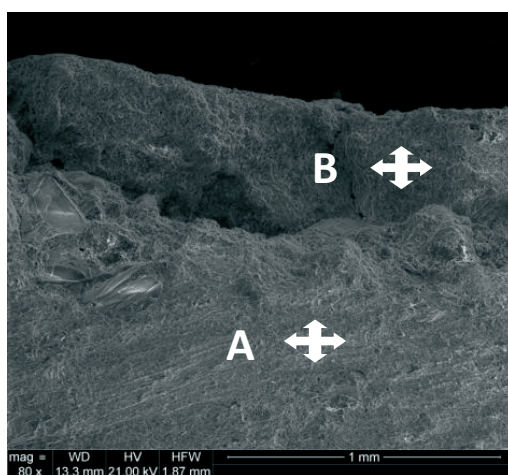
Rys. 7. Widmo składu chemicznego dla punktu C (brzeg warstwy malatury) z Rys. 6.

Tabela 2. Wyniki energodispersyjnej analizy rentgenowskiej z zastosowaniem mikrosondy (SEM-EDS) w mikroobszarze widocznym na Rys.6 (analiza z punktu C brzeg warty malatury).

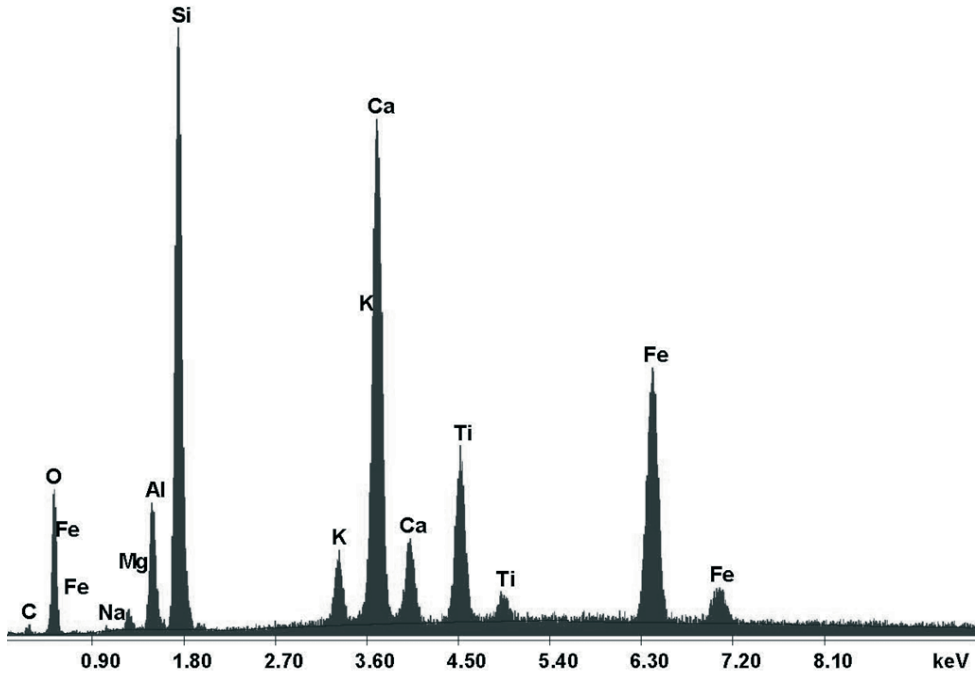
Element	Wt	Mol
	[%]	[%]
C K	6.82	16.54
Na K	0.19	0.23
Mg K	0.93	1.12
Al K	20.98	22.64
Si K	42.52	44.07
S K	0.72	0.65
K K	3.68	2.74
Ca K	5.11	3.71
Ti K	0.97	0.59
Fe K	10.25	5.34
Zn K	4.16	1.85
Pb L	3.67	0.52
Total	100.00	100.00

Obraz powierzchni świeżego przekładu (cegły i malatury) nie wykazuje spękań jest zwięzły i jednorodny z wyraźnie zarysowanymi dwiema warstwami (Rys. 8). Widoczne są drobne ostrokrawędziste ziarna kwarcu, które tkwią masie ceglanej. Wykonana analiza EDS mikroobszaru w punkcie A (cegła) wykazała, obecność krzemionki (29,36%), w dużej ilości występuje również żelazo (23,70%), wapno (22,20%), tytan (10,10%), w znacznie mniejszej ilości obecne są glin (6,52%), potas (2,77%), magnez (1,26%).

Analiza mikroobszaru w punkcie B (malatura) wykazała również znaczną ilość krzemionki (30,76%), wapna (27,51%), glinu (14,83%) i mniejszą żelaza (5,10 %), występuje również ołów (3,74%), cynk (2,81%), potas (1,73%) i siarka (1,37%).



Rys. 8. Zdjęcie skaningowe (SEM) przekładu próbki widoczne warstwy cegły (A) i malatury (B).

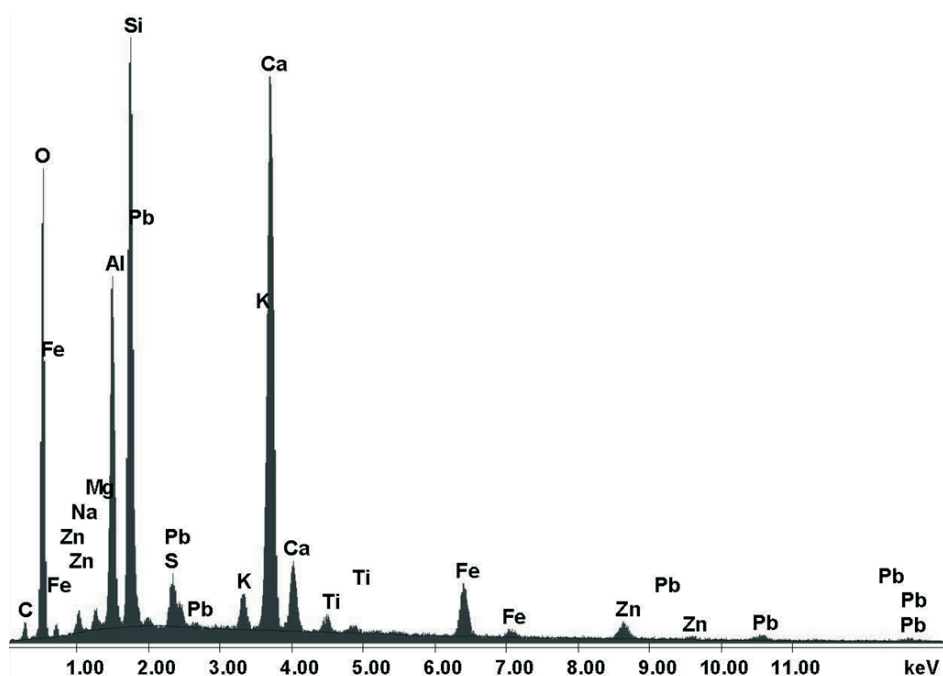


Rys. 9. Widmo składu chemicznego dla punktu A (cegła) z Rys. 8.

Tabela. 3. Wyniki energodispersyjnej analizy rentgenowskiej z zastosowaniem mikrosondy (SEM-EDS) w mikroobszarze widocznym na Rys. 8 (analiza z punktu A - cegła).

Element	Wt [%]	Mol [%]
C K	3.83	10.89
Na K	0.27	0.40
Mg K	1.26	1.77
Al K	6.52	8.25
Si K	29.36	35.69
K K	2.77	2.42
Ca K	22.20	18.91
Ti K	10.10	7.20
Fe K	23.70	14.49
Total	100.00	100.00





Rys. 10. Widmo składu chemicznego dla punktu B (malatura) z Rys. 8.

Tabela 4. Wyniki energodispersyjnej analizy rentgenowskiej z zastosowaniem mikros sondy (SEM-EDS) w mikroobszarze widocznym na fot. 5 (analiza z punktu B - malatura).

Element	Wt	Mol
	[%]	[%]
C K	9.93	23.84
Na K	0.17	0.22
Mg K	1.05	1.25
Al K	14.83	15.85
Si K	30.76	31.57
S K	1.37	1.23
K K	1.73	1.28
Ca K	27.51	19.79
Ti K	0.98	0.59
Fe K	5.10	2.63
Zn K	2.81	1.24
Pb L	3.74	0.52
Total	100.00	100.00

### 3.1. Wyniki z badań (SEM-EDS)

Przeprowadzono analizę trzech próbek pochodzących z elewacji budynku. Z przedstawionych zdjęć oraz analiz EDS, wynika iż warstwa podłoża i wymalowania różnią się nieznacznie między sobą składem pierwiastkowym jak i obrazem

mikrostruktury. Zdjęcia uzyskane za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego pokazują mikrostrukturę cegły zbudowaną z różnej wielkości ziaren oraz wolnych przestrzeni między nimi. Wolne przestrzenie, widoczne na zdjęciach powstają w czasie wypalania cegły i powodują, że cegła jest materiałem porowatym. Na podstawie wyników analiz EDS dla różnych obszarów badanego materiału można stwierdzić, że głównymi pierwiastkami wchodzącymi w skład badanych próbek są: krzem, glin, a także żelazo oraz wapno. Oprócz wymienionych pierwiastków, badany materiał zawierał również niewielkie ilości potasu oraz magnezu. Stwierdzony skład pierwiastkowy jest konsekwencją składu chemicznego złóż pierwotnych glinki używanej do wyrobu cegły. Skład tlenkowy takich złóż to:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  i  $\text{Na}_2\text{O}$ . Znaczna ilość krzemu, tlenu oraz glinu wynika z obecności glinokrzemianów, a więc głównego materiału wchodzącego w skład glinki ceglanej. Obecność żelaza potwierdza występowanie w składzie cegły tlenków tego metalu, głównie  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  nadającego jej charakterystyczne bruno-czerwone zabarwienie.

Równomierne występowanie prawie wszystkich pierwiastków (poza Si, Ca), (Rys. 3) w warstwie wymalowania i w warstwie cegły świadczy o podobnym składzie pierwiastkowym obu warstw. Rozkład cząstek większości pierwiastków pokrywa się ze sobą. Bezpośrednio w warstwie wymalowania widoczna jest większa ilość Ca i mniejsza ilość Si, co świadczy, że jest to osobna warstwa technologiczna, ale o podobnym składzie, co podłoże.

#### 4. Wnioski

Elewacja świątyni w Radczu była pokryta nietypowym dla obiektów muryanych wymalowaniem, wykonanym bezpośrednio na licu ceglanym. Warstwa wymalowania była spękana i nierównomiernie przebarwiona, brak było śladów osypywania się, czy pudrowania warstwy. Nawet cienka warstwa malatury dość dobrze przylega do podłoża ceglanego. Do roku 2013, kiedy przy budynku podjęto prace konserwatorskie i naprawcze, brak było informacji na temat opracowania wymalowania.

Analizując i porównując inne świątynie zaprojektowane przez Syczugowa, żadna nie posiadała opracowania malarskiego bezpośrednio na cegle. Nie ulega wątpliwości, że elewacja już w założeniu projektowym miała być pokryta warstwami wypraw tynkarskich. Wskazuje na to sposób opracowania samego lica muru ceglanego (zastosowana cegła nie była cegłą licową) jak również zachowana dokumentacja projektowa, dostępna na mikrofilmach w Archiwum Głównym Akt Dawnych w Warszawie [4].

Obserwacje mikroskopowe i analizy dostarczonego materiału wskazują, że malatura znajdująca się na powierzchni cegły ma skład pierwiastkowy zbliżony do składu cegły. Różni się jedynie znaczną ilością kalcytu i mniejszą ilością kwarcu w warstwie wymalowania. W badaniach mikroskopowych nie natrafiono na struktury mikroorganizmów, czy pozostałości związane z krystalizującymi solami.

Nie znamy dziś przyczyny podjęcia decyzji o wykonaniu malatury, prawdopodobnie chodziło o zabezpieczenie i ujednolicenie powierzchni lica ceglanego. Warstwa o ugrowym odcieniu położona wprost na warstwę cegły, zmieniła charakter muru ceglanego. Szczegółowe rozważania na temat składu wymalowania

zostaną podjęte w odrębnej publikacji. Połączenie wiedzy z historii obiektu i badań technologicznych pozwoli na obszerniejszą interpretację wyników badań.

## Literatura

- [1] Brykowski R., Smulikowska E. (red.) *Katalog zabytków sztuki w Polsce, t. VIII - województwo lubelskie, zeszyt 14 - powiat parczewski*. Instytut Sztuki Polskiej Akademii Nauk, s.11.
- [2] Seniuk B. *Prawosławne cerkwie guberni lubelskiej i siedleckiej zrealizowane według projektów arch. Wiktora Syczugowa, członka Cesarskiej Akademii Sztuk Pięknych w Petersburgu*. w: Do piękna nadprzyrodzonego. Sesja naukowa na temat rozwoju sztuki sakralnej od X do XX wieku na terenie dawnych diecezji chełmskich Kościoła rzymskokatolickiego, prawosławnego, grekokatolickiego, T I. Referaty. Red. Krystyna Mart. Chełm 2003.
- [3] Cynalewska-Kuczma P. *Architektura cerkiewna Królestwa Polskiego narzędziem integracji z Imperium Rosyjskim*. Poznań: 2004, s. 97-98.
- [4] *Dokumentacja techniczna w AGAD*, Zbiory kartograficzne, sygn. 61/1.
- [5] Motorna U. *Kościół w Radczu – rys historyczny*. [w:] *Radcze wczoraj i dziś* monografia miejscowości. (Red. ks. Grzymała Z), Radcze 2012.s. 90-91.
- [6] Klimek B. *Metody badań struktury zabytkowych zapraw budowlanych. Część I- Analiza makroskopowa, mikroskopia w świetle przechodzącym i mikroskopia skaningowa*, *Budownictwo i Architektura* 11 (2012) 113-120.
- [7] Nardini I., Zendri E., Biscontin G., Riato S., *Composition and technology of historical stuccoes coming from Grimani Palace in Venice (Italy)*. *Journal of Cultural Heritage* 8 (2007) 61-64.
- [8] Mrozek U. *Zabytkowa cerkiew w Sosnowicy. Ocena stanu technicznego i koncepcja prac naprawczych*. Praca magisterska KKZ, WBiA, PL, promotor prof. B. Szmygin. Lublin 2007.

## The use of scanning electron microscopy to the study of the painting from the Church in Radcze

Beata Klimek

*Department of Historic Building Preservation, Faculty of Civil Engineering and Architecture,  
Lublin University of Technology, e-mail: b.klimek@pollub.pl*

**Abstract:** One of the main tasks in the study of historic buildings is the need to identify the original materials and extensions, which often have historic character. The next task concerns the determination of the composition and structure of the historical, diagnosis technique to develop original paint. The article presents the preliminary results of paintings. Methods were used with the scanning electron microscope was equipped with an energy dispersive X-ray spectrometer (SEM-EDS).

**Keywords:** church in Radcze, the investigations of the polychromy, SEM-EDS.

