

UNIWERSYTET im. ADAMA MICKIEWICZA
INSTYTUT GEOLOGII



MARCIN KRYSZEK

ZRÓŻNICOWANIE, WYKORZYSTANIE I POCHODZENIE
PIASKOWCÓW W BUDOWLACH ROMAŃSKICH
REGIONU ŁÓDZKIEGO

Rozprawa doktorska

Promotor
prof. zw. dr hab. Janusz Skoczylas

Poznań 2010

Podziękowania

*Bardzo dziękuję Panu Profesorowi Januszowi Skórczylasowi
za promotorstwo, poświęcenie czasu i cierpliwości
oraz podzielenie się swoją wiedzą z zakresu
badań surowców skalnych budowli zabytkowych.*

*Bardzo dziękuję
WSZYSTKIM INNYM OSOBOM
za ogromną pomoc, cenne uwagi i życzliwość.*

*Bardzo dziękuję
moim Rodzicom oraz mojej Żonie Agnieszce
za WSZYSTKO.*

Spis treści:

I. WSTĘP	1
II. PRZEDMIOT I CELE BADAŃ	
II.1. Przedmiot badań	2
II.2. Cele badań	6
III. STAN BADAŃ	
III.1. Stan badań nad surowcami skalnymi budowli romańskich w Polsce	8
III.2. Aktualne kierunki i metody badań surowców skalnych w zabytkach	11
IV. CHARAKTERYSTYKA BUDOWNICTWA ROMAŃSKIEGO W POLSCE	17
V. METODY BADAŃ	26
V.1. Metoda podstawowa	28
V.2. Metody uzupełniające	33
VI. BUDOWLE ROMAŃSKIE REGIONU ŁÓDZKIEGO	
VI.1. Inowłódz	35
VI.2. Ruda	52
VI.3. Strońsko	65
VI.4. Sulejów	73
VI.5. Tum	83
VI.6. Żarnów	97
VI.7. Podsumowanie	117
VII. POCHODZENIE SUROWCÓW SKALNYCH	134
VII.1. Proweniencja surowców skalnych budowli grupy I	135
VII.2. Proweniencja surowców skalnych budowli grupy II	143
VII.3. Podsumowanie	151
VIII. WNIOSKI	158
Literatura	164
Spis rycin	170
Spis tabel	174
ZAŁĄCZNIKI	
Załącznik 1. Fotografie detali architektonicznych	177
Załącznik 2. Charakterystyki piaskowców z lokalizacji terenowych stanowiących potencjalne źródła surowców	181

I. Wstęp.

Autor dysertacji jako mieszkaniec centralnej Polski, regionu łódzkiego, wielokrotnie odwiedzał architektoniczne zabytki regionu, zwracając uwagę na ich walory estetyczne oraz kontekst historyczny. Będąc już pracownikiem Muzeum Geologicznego Wydziału Nauk Geograficznych miał przyjemność w roku 2003 wysłuchać wykładu prof. zw. dr hab. Janusza Skoczylasa dotyczącego badań surowców skalnych budowli zabytkowych oraz ruchomych zabytków archeologicznych, prowadzonych wiele lat przez osobę Pana Profesora w Polsce oraz w Bułgarii i na Krymie. Wtedy to, po raz pierwszy spotkał się z petroarcheologią jako interesującym nowym obszarem działań petrografii i petrologii¹. Ogromne wrażenie na autorze zrobiła duża ilość informacji dotyczących użytkowania oraz proveniencji surowców skalnych, którą można uzyskać dzięki szczegółowym badaniom petrograficznym surowców budowli zabytkowych. Znając aktualną literaturę dotyczącą obiektów romańskich centralnej Polski, a jednocześnie widząc w niej lukę w informacjach z zakresu surowców skalnych w nich wykorzystanych, w tym kierunku zwrócił swoje zainteresowania naukowe. W latach 2004–2006 prowadził inwentaryzację miejsc eksploatacji surowców skalnych na obszarze mezozoicznej osłony Gór Świętokrzyskich oraz budowli zabytkowych, w których konstrukcjach surowce te znalazły zastosowanie. W roku 2007, po rozmowie z prof. zw. dr hab. Leszkiem Kajzerem, archeologiem i specjalistą od średniowiecznego budownictwa murowanego, autor swoje zainteresowania z jednej strony zawęził do budowli romańskich, a z drugiej przestrzennie rozszerzył na obszar całego regionu łódzkiego.

W konstrukcjach murów i detalach architektonicznych większości budowli romańskich regionu łódzkiego znalazły zastosowanie skały powszechnie nazywane piaskowcami i to właśnie one są głównym przedmiotem zainteresowań autora tej pracy. Autor posługiwał się głównie klasyczną metodą badań petrograficznych – mikroskopią polaryzacyjną w świetle przechodzącym. Dzięki temu zgromadził zbiór 321 płytek cienkich, które w przyszłości mogą zostać wykorzystane do dalszych analiz. Koszty przeprowadzonych w ramach pracy badań zostały pokryte głównie ze środków prywatnych autora dysertacji.

¹ Manecki A., 2003, *Obszary działań nauk mineralogicznych, i perspektywy rozwoju tych nauk w Polsce*, Prace Specjalne Polskiego Towarzystwa Mineralogicznego, zeszyt 22, str. 12-14.

II.1. Przedmiot badań.

Przedmiotem badań autora dysertacji są piaskowce stanowiące podstawowy, zwięzły surowiec skalny, wykorzystany w konstrukcjach murów oraz detalach architektonicznych budowli romańskich regionu łódzkiego. Budowle te były przedmiotem licznych studiów z zakresu archeologii, architektury oraz historii, natomiast surowce skalne wykorzystane w ich konstrukcjach traktowano zwykle zdawkowo. W wielu opracowaniach spotykamy się z ogólnym określeniem skały, wyłącznie na podstawie oglądu makroskopowego, częstokroć wykonanego przez niespecjalistów. Co więcej, skały te ogólnie określane mianem piaskowców, poza kolorystyką, nie są w żaden sposób różnicowane. Z tego powodu nie można np. wykazać odrębności surowca zastosowanego w murach, czy detalach architektonicznych, nie mówiąc już o wskazaniu jego proveniencji. Wszystkie budowle objęte badaniami powstawały w dobie wczesnego średniowiecza, w okresie kiedy w architekturze i sztuce dominował styl romański. Objęcie badaniami wyłącznie budowli romańskich podyktowane jest tym, że są to najstarsze budowle murowane na obszarze centralnej Polski. Stanowią one cenne zabytki architektury, a ich liczba jest niewielka w porównaniu do budowli gotyckich czy renesansowych. Stosunkowo mała liczba obiektów pozwala na przebadanie wszystkich (lub większości z nich) i przedstawienie wniosków dotyczących danego stylu architektonicznego w ściśle wyznaczonych granicach chronologicznych. Analiza surowców skalnych wykorzystanych w budowlach romańskich, poza wnioskami *stricte* geologicznymi, stanowić może przyczynek do lepszego poznania gospodarki surowcowej wieków średnich oraz funkcjonowania instytucji Kościoła, gdyż wszystkie z budowli pełniły, bądź jeszcze pełnią, funkcje sakralne. Dokładne określenie ram chronologicznych badanych obiektów pozwala na umieszczenie ich w dwóch ostatnich fazach wczesnego średniowiecza, tj. od połowy XI w. do roku 1250¹. Wszystkie objekty badań znajdują się w regionie łódzkim, którego obecne granice mają odzwierciedlenie w przeszłości historycznej (ryc. 1). We wczesnym średniowieczu był to obszar prowincji łęczyckiej oraz kasztelani żarnowskiej, wchodzącej w skład tzw. kasztelani zapilickich.² Pojęcie regionu łódzkiego, w ujęciu fizyczno–geograficznym zostało przedstawione w monografii Krystyny Turkowskiej „Geomorfologia regionu łódzkiego”³, natomiast pewne elementy jego budowy geologicznej Jan Ziomek ujął w książce „Budowa geologiczna Łodzi i regionu”⁴. Na obszarze objętym badaniami, do czasów współczesnych zachowało się siedem wczesnośredniowiecznych budowli wykazujących cechy stylu romańskiego:

¹ Sikora J., 2007, *Polska Centralna we wczesnym średniowieczu w świetle badań archeologicznych i osadniczych*, *Slavia Antiqua*, tom 48, str. 125-156.

² j.w. str. 126.

³ Turkowska K., 2006, *Geomorfologia regionu łódzkiego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.

⁴ Ziomek J., 2008, *Budowa geologiczna Łodzi i regionu*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.

1. Kościół p.w. św. Idziego w Inowłodzu.
2. Kościół p.w. św. Piotra i Pawła w Krzyworzece.
3. Kościół p.w. św. Wojciecha w Rudzie.
4. Kościół p.w. św. Urszuli i Jedenastu Tysięcy Dziewic w Strońsku.
5. Kościół pocysterski p.w. NMP i św. Tomasza Kantuaryjskiego w Sulejowie.
6. Kolegiata p.w. NMP i św. Aleksego w Tumie.
7. Kościół p.w. św. Mikołaja w Żarnowie.

a także dwa obiekty, które przetrwały na poziomie fundamentów:

1. Kaplica grodowa w Sieradzu.
2. Kolegiata p.w. NMP i św. Aleksego w Tumie k/ Łęczycy.

Budowle romańskie regionu łódzkiego

▲ budowle objęte badaniami

▲ pozostałe budowle romańskie, pominięte w badaniach

Datowania obiektów podano za: Świechowski Z., „Architektura romańska w Polsce”.



Ryc. 1. Rozmieszczenie budowli romańskich w regionie łódzkim oraz złóż wybranych surowców skalnych.

Z wymienionych obiektów, autor badaniami objął siedem zabytków, przy czym dwa znajdują się w jednym miejscu. Jest to Tum, gdzie mamy do czynienia z relikdami obiektu XI-wiecznego i aktualnie oglądaną budowlą XII-wieczną. Pominięto kościół w Krzyworzece oraz relikty sieradzkiej budowli. Pierwszy, ze względu na całkowity brak odsłoneń pierwotnych

romańskich elementów murów oraz detali architektonicznych. Natomiast relikty sieradzkiej budowli znajdują się pod zabezpieczającą je warstwą ziemną, która uniemożliwia pozyskanie materiału do badań.

Dostępność do zwięzłych surowców skalnych, stanowiących potencjalny materiał budowlany, w regionie łódzkim jest bardzo ograniczona (ryc. 1). Wynika to ze specyfiki budowy geologicznej tego obszaru. Region łódzki leży głównie w obrębie następujących jednostek mezozoicznych: wału kutnowskiego oraz garbu gielniowskiego wchodzących w skład wału środkowopolskiego; niecki łódzkiej wraz z elewacją Przedborza; a także monokliny śląsko-krakowskiej⁵. Największy wpływ na ukształtowanie aktualnej powierzchni terenu oraz zróżnicowanie utworów przypowierzchniowych miała działalność plejstoceniowego lądolodu. W jej wyniku prawie całą powierzchnię województwa łódzkiego pokrywają glacialne, glacialfluwialne oraz miejscami glacialimniczne osady luźne, głównie o charakterze glin, piasków i żwirów oraz holoceniowe utwory eoliczne⁶. Wśród tych sedymentów na uwagę zasługują głązy narzutowe, które w dobie romańskiej były powszechnie wykorzystywane w architekturze. Na obszarze regionu łódzkiego największe nagromadzenia tych głązów znajdują się w jego północnej części i związane są głównie z formami morenowymi⁷. Przykładem wykorzystania tego surowca jest kolegiata w Tumie oraz wiele innych budowli romańskich znajdujących się na północ od wyznaczonego obszaru badań⁸. Także, w niektórych przypadkach, jako zwięzłe surowce skalne mogły być wykorzystywane piaskowce czwartorzędowe o lepszemu węglanowym. Ich wystąpienia znajdują się m.in. na obszarze Niziny Mazowieckiej oraz w okolicach Łodzi i związane są z osadami glacialfluwialnymi⁹. Miejscami jednak pokrywa osadów plejstoceniowych przerywana jest formami ostańców zbudowanych z utworów mezozoicznych. Z taką sytuacją mamy do czynienia w trzech obszarach regionu łódzkiego.

Pierwszy stanowi północna oraz północno-zachodnia część mezozoicznej osłony Gór Świętokrzyskich¹⁰. Na obszarze tym, tworząc niewysokie wzniesienia, odsłaniają się mezozoiczne osady reprezentowane głównie przez piaskowce, a w mniejszym stopniu przez wapień oraz chalcedony. Aktualnie na tym terenie zarejestrowane są 33 złoża

⁵ Narkiewicz M., Dadlez R., 2008, *Geologiczna regionalizacja Polski – zasady ogólne i schemat podziału w planie podkenozoicznym i podpermskim*, Przegląd Geologiczny, nr 5, str. 391-397.

Mizerski W. 2009, *Geologia Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

⁶ Turkowska K., 2006, *Geomorfologia regionu łódzkiego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.

⁷ Kozłowski S. (red.), 1978, *Mapa genetyczna kruszywa naturalnego w Polsce* [w:] Atlas litologiczno-surowcowy Polski, Surowce skalne, kruszywo naturalne. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, tablica 3. Mańkowska A., Zalewska B., 1963, *Przeglądowa mapa surowców skalnych Polski*, arkusz C3 Płock, Instytut Geologiczny, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

⁸ Świechowski Z., 1950, *Architektura granitowa Pomorza Zachodniego w XIII w.*, Poznań.

⁹ Kamiński J., Załoba M., 1985, *Geneza i wiek piaskowców czwartorzędowych w okolicach Łodzi*, Acta Geographica Lodziensia, no. 50, Łódź, str. 29-48.

¹⁰ Senkowiczowa H., (red.), 1970, *Stratygrafia mezozoiku obrzeżenia Gór Świętokrzyskich*, Prace Instytutu Geologicznego, tom LVI, Warszawa, fig. 1.

piaskowców oraz jedno wapieni (ryc. 1)¹¹. Inaczej wygląda sytuacja na drugim z wyróżnionych obszarów, który stanowi północna część Wyżyny Krakowsko–Częstochowsko–Wieluńskiej (monoklina śląsko-krakowska). Zbudowana jest ona głównie ze skał węglanowych. Obecnie zarejestrowane są w tym rejonie tylko 4 złoża wapieni (ryc. 1)¹². Trzecim z obszarów jest tzw. elewacja Przedborza, z największą kulminacją w tym rejonie – Górą Chełmo¹³. Utwory o znaczeniu surowcowym reprezentowane są głównie przez piaskowce, a w mniejszym stopniu przez wapienie. Zarejestrowanych jest aktualnie w tym rejonie 8 złóż, w tym 6 złóż piaskowców i 2 wapieni (ryc. 1)¹⁴.

Znaczenie surowcowe mają także utwory, których występowanie nie ma swojego odzwierciedlenia w rzeźbie powierzchni terenu, natomiast związane jest z działalnością erozyjną na obszarze dolin oraz pradolin rzek. Z taką sytuacją mamy do czynienia między innymi w okolicach Poddębic, gdzie od wieków eksploatowane są złoża opok. Aktualnie w tym rejonie zarejestrowane są dwa złoża¹⁵. Dodatkowo w wielu miejscach istnieją niewielkie odsłonięcia skał węglanowych, głównie kampanu i mastrychtu, które były i są eksploatowane na małą skalę przez miejscową ludność. Jak na obszar o powierzchni ponad 18 tys. km², region łódzki, posiada niewielkie zaplecze surowcowe. Dlatego autor dysertacji, w objętych badaniami obiektach, spodziewa się zidentyfikowania różnorodnych odmian piaskowców, które mogły być sprowadzane z obszaru największego zaplecza surowcowego Polski centralnej, którym jest mezozoiczna osłona Gór Świętokrzyskich. Nie jest wykluczone, że w konstrukcjach, analogicznie jak na obszarze Wielkopolski¹⁶, znalazły także zastosowanie piaskowce mioceńskie odsłaniające się w wielu miejscach, głównie na linii Warty, w okolicach Konina i Koła¹⁷. Występują one lokalnie i genetycznie związane są z pokładami węgla brunatnych¹⁸.

¹¹ http://www.pgi.gov.pl/surowce_mineralne/PDF-tabele2/Kamienie%20lamane%20i%20bloczne.pdf

¹² jw.

¹³ Pożaryski W., 1971, *Tektonika elewacji radomskiej*, Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, nr 41, Kraków, str. 169–178.

¹⁴ http://www.pgi.gov.pl/surowce_mineralne/PDF-tabele2/Kamienie%20lamane%20i%20bloczne.pdf

¹⁵ jw.

¹⁶ Skoczylas J., 2008, *The use of the Brzezno sandstone in the medieval building industry of Wielkopolska (Greater Poland)* [w:] *Petroarchaeology in the Czech Republic and Poland At the beginning of the 21st century*, Materiały 4 Międzynarodowego sympozjum petroarcheologicznego we Wrocławiu, 11-13.10.2007, Ustav geologických věd PrF MU v Brne, Brno, str. 137-142.

¹⁷ Łyczewska J., 1959, *Utwory trzeciorzędowe Kujaw środkowych i wschodnich*, Biuletyn Instytutu Geologicznego 130, tom.II, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, str. 41-120.

¹⁸ Górniak K., Bahrnowski K., Ratajczak T., 1996, *Regeneracja ziarn kwarcu w piaszczystych glebach korzeniowych w złożu węgla brunatnego Lubstów k. Konina*, Przegląd Geologiczny, nr 6, str. 626-630.

II.2. Cele badań.

Autor za podstawowe cele w pracy przyjął:

1. Identyfikację i klasyfikację petrograficzną oraz wykazanie zróżnicowania skał ogólnie określanych mianem piaskowców, które zastosowano w murach oraz detalach architektonicznych budowli romańskich na obszarze regionu łódzkiego.

Hipoteza:

Makroskopowe oznaczenie surowca skalnego romańskich budowli w przypadku piaskowców jest niewystarczające, ze względu na występowanie subtelných, ale istotnych różnic pomiędzy ich poszczególnymi rodzajami. Różnice te mają wpływ na pozycję klasyfikacyjną skały, parametry techniczne surowca oraz odporność na procesy wietrzeniowe. Surowce skalne zastosowane w budowlach objętych badaniami nazywane ogólnie piaskowcami, mogą prezentować różne typy petrograficzne piaskowców, a także skał węglanowych lub krzemionkowych.

2. Sprawdzenie czy istniała selekcja rodzajów piaskowców w zależności od zastosowania oraz jakie były jej przyczyny.

Hipoteza:

Od najdawniejszych czasów miał miejsce dobór surowca w zależności od kierunku jego zastosowania. Piaskowce charakteryzujące się większymi walorami estetycznymi stosowano w detalach architektonicznych, natomiast mniej podatne na obróbkę, a jednocześnie twardsze były wykorzystywane w konstrukcjach murów.

3. Określenie proveniencji surowców skalnych budowli romańskich, przez porównanie z próbkami skał pobranymi w terenie, za pomocą klasycznych metod analiz petrograficznych.

Hipoteza:

Można wskazać proveniencję surowca skalnego, w przypadku kiedy posiada cechy charakterystyczne, znacząco odróżniające go od innych skał i jednocześnie mamy jedno miejsce jego występowania w terenie. W przypadku piaskowców, które posiadają wiele cech zbieżnych oraz liczne miejsca występowania tego samego rodzaju skały, określenie dokładnej proveniencji jest niepewne. Sprawę utrudnia również czynnik czasu oraz zmiana technik górniczych, które przyczyniły się do zarzucenia starych, nie eksploatowanych zrobów, często zacierając całkowicie ślady górniczej działalności. W przypadku braku możliwości wskazania konkretnego miejsca pozyskania surowca, należy wykorzystać uzyskane informacje celem wykluczenia innych lokalizacji.

Osiągnięcie przedstawionych powyżej celów geologicznych może być pomocne w uzyskaniu odpowiedzi na następujące pytania natury architektoniczno–historycznej:

1. Czy wykorzystane w budowlu surowce skalne były materiałem miejscowym czy importowanym?
2. Gdzie odbywała się obróbka surowca? W miejscu jego wydobycia, czy na placu budowy?
3. Czy mury i detale architektoniczne były dziełem jednego cechu kamieniarskiego?
4. Czy fragmenty murów lub poszczególne detale noszące cechy stylu romańskiego rzeczywiście są elementami romańskimi?
5. Czy na podstawie badań petrograficznych surowców skalnych można rozdzielić poszczególne etapy budowy?

W zamierzeniu autora, praca ta ma stanowić przykład zaangażowania się geologii wraz z jej warsztatem badawczym, w krąg nauk związanych z archeologią, architekturą i sztuką, stanowiąc swego rodzaju przyczynek do rozwoju badań interdyscyplinarnych. Potrzebę prowadzenia takich interdyscyplinarnych badań budowli zabytkowych widzą także specjaliści z innych dyscyplin¹⁹.

¹⁹ Derwich M., 2000, *Badania archeologiczne – architektoniczne w Polsce: uwagi historyka*, Archeologia Historia Polona, tom 10, str. 9-18.

III.1. Stan badań nad surowcami skalnymi budowli romańskich w Polsce

Za czas powstania petroarcheologii jako nowej dyscypliny naukowej, wykorzystującej głównie metody badań geologicznych z zakresu petrografii, można przyjąć połowę lat 70-tych. W roku 1975 J. Štelcl i J. Malina publikują pracę „Základy petroarcheologie”, w której zostały przedstawione metody i główne kierunki badań nowej dyscypliny¹. Jej przedmiotem zainteresowania są, w ujęciu archeologicznym, artefakty oraz budowle zabytkowe. Jednak pierwsze w Polsce opracowania o charakterze petroarcheologicznym powstawały już w latach 30-tych XX w., o czym wzmiankują J. Skoczylas i A. Prinke². Należy jednak zaznaczyć, że dominująca ilość opracowań o charakterze petroarcheologicznym dotyczy narzędzi neolitycznych. Petroarcheologiczne badania surowców skalnych budowli prowadzone są znacznie rzadziej, co wynika z faktu mniejszej ilości tego typu zabytków. Analizy tego typu prowadzone są w dwóch kierunkach. W pierwszym badaniom poddawane są zwięzłe surowce skalne wykorzystane w murach oraz detalach architektonicznych, natomiast w drugim, badane są zaprawy murarskie. W przypadku analiz składników zapraw i występowania w nich szczątków organicznych bardzo często wykorzystywane są metody radiowęglowe C¹⁴ pozwalające na dokładne ustalenie chronologii³. Pionierską pracą, w której został przedstawiony zarys historii rzemiosła kamieniarskiego w Polsce wraz z licznymi wskazówkami dotyczącymi badania surowców skalnych w budowlach zabytkowych, jest opracowanie M. Weber–Kościńskiej „Z problematyki historii kamieniarstwa w Polsce”⁴. Jej autorstwa jest także inna ważna z punktu metodyki praca „Cele i metody badań zabytkowego materiału kamiennego”⁵. Autorka ta jako wybitny historyk sztuki, wchodziła w skład interdyscyplinarnego zespołu badającego wczesnośredniowieczne zabytki w Wiślicy. W jego skład wchodziła również B. Penkala, która wykonała identyfikację oraz klasyfikację surowców skalnych (wapieni i margli), a także wskazała ich proveniencję. Na uwagę zasługuje fakt, że obie autorki postulują wykorzystanie w badaniach surowcowych metod mikroskopowych. Szereg badań i opracowań *stricto* petroarcheologicznych surowców skalnych budowli przedromańskich i romańskich stanowi dorobek J. Skoczylasa z Instytutu Geologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Jedną z ważniejszych prac, w której zostały przedstawione metody oraz możliwości interdyscyplinarnych badań zabytków kamiennych jest praca Skoczylasa z roku 1998⁶. Na

¹ Štelcl J., Malina J., 1975, *Základy Petroarcheologie*, Universita J. E. Purkyně, Brno.

² Skoczylas J., Prinke A., 1981, *Z historii zastosowania badań petrograficznych w archeologii Polskiej*, Acta Universitatis Vratislaviensis, Prace mineralogiczne – petrograficzne VIII, nr 521.

³ Nawrocka D., Czernik J., Goslar T., 2009, *¹⁴C dating of carbonate mortars from Polish and Israeli sites*, Radiocarbon, vol 51, nr 2, str. 857-866

⁴ Weber-Kościńska M., 1958, *Z problematyki historii kamieniarstwa w Polsce*, Kwartalnik architektury i urbanistyki, tom 1, str. 61-85.

⁵ Weber-Kościńska M., 1962, *Cele i metody badań zabytkowego materiału kamiennego*, Kwartalnik Historii Kultury Materialnej, zeszyt 1 i 2, str. 182-192.

⁶ Skoczylas J., 1998, *Zakres, możliwości i rezultaty badań metodami geologicznymi archeologicznych zabytków kamiennych*, Nauki przyrodnicze i fotografia lotnicza w archeologii, Poznań, 161-172.

szczególną uwagę zasługują badania surowcowe prowadzone indywidualnie oraz wspólnie z L. Jochemczykiem na Ostrowie Lednickim⁷, dzięki którym kompleksowo zbadano pod względem użytkowania surowców skalnych ten unikalny zespół preromańskiej architektury pałacowo-sakralnej. Także gród na Ostrowie Tumskim k/ Poznania, w obrębie którego znajdowała się potężna dwukondygnacyjna rezydencja Mieszka I, był obiektem badań surowcowych prowadzonych przez Skoczylasa⁸. Na szczególne uznanie w dorobku tego badacza zasługuje zwrócenie uwagi na wykorzystanie w budownictwie średniowiecznym Wielkopolski i Kujaw piaskowców kwarcowych eksploatowanych w okolicach Konina, na obszarze wsi Brzeźno⁹. Bardzo ważnym, pod względem historii użytkowania surowców skalnych, jest odkrycie przez Skoczylasa w zaprawach wielu budowli romańskich: martwicy wapiennej i gipsu, oraz wskazanie proveniencji tych surowców (trawertyn pochodził z Trłąga, a gips z Wapna). Najbliżsi współpracownicy Skoczylasa z Zakładu Geologii Dynamicznej i Regionalnej IG UAM w osobach: J. Michniewicz, M. Mrozek – Wysocka, D. Nawrocka, M. Szczepaniak (Kasprzak) mają w swoim dorobku naukowym liczne prace o charakterze petroarcheologicznym. Tematyka prowadzonych przez ten zespół badań dotyczy głównie surowców skalnych budowli zabytkowych, czego efektem jest m.in. identyfikacja oraz wskazanie proveniencji surowców skalnych w wielu budowlach romańskich obszaru Wielkopolski, Kujaw, a także Dolnego Śląska (m.in. w Kaliszu^{10,11}, Kościelcu Kaliskim^{8,9,12}, Kruszwicy^{8,12}, Kottowie^{8,9,13,14}, Krobi^{8,9}, Strzelnie¹⁵ i Wleniu¹⁶). Badania surowców skalnych

⁷ Skoczylas J., 1994a, *Pozyskiwanie surowców skalnych dla budowli lednickich*. Prace Komisji Archeologicznej Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, nr 12, Poznań, str. 49-55.

Jochemczyk L., Skoczylas J., 1991a, *Martwice wapienne Wielkopolski i Kujaw oraz ich wykorzystanie we wczesnośredniowiecznej budowlu Ostrowa Lednickiego*, Przegląd Geologiczny, nr 7-8, str. 345-349.

Jochemczyk L., Skoczylas J., 1991b, *Petrograficzne badania materiałów wiążących z wczesnośredniowiecznej budowli Ostrowa Lednickiego*, Przegląd Geologiczny 39, nr 7-8, str. 349-352.

Skoczylas J., 1989, *Budowa geologiczna i surowce mineralne regionu Jeziora Lednickiego*, Studia Lednickie nr 1, Lednica, str. 209-224.

⁸ Skoczylas J., 2005, *Wykorzystanie surowców skalnych we wczesnoromańskiej architekturze na Ostrowie Tumskim*, [w:] Poznań we wczesnym średniowieczu. tom V, Wydawnictwo Poznańskie, Poznań, str. 111-122.

Skoczylas J., Michniewicz J., 2005, *Średniowieczne zaprawy murarskie na Ostrowie Tumskim w Poznaniu*, [w:] Poznań we wczesnym średniowieczu, tom V, Wydawnictwo Poznańskie, Poznań, str. 147-159.

Skoczylas J., Walendowski H., 2000, *Wykorzystanie surowców skalnych w architekturze Ostrowa Tumskiego w Poznaniu*, [w:] Geologia i ochrona środowiska Wielkopolski, Poznań, str. 377-387.

⁹ Skoczylas J., 2008, *The use of the Brzeźno sandstone in the medieval building industry of Wielkopolska (Greater Poland)* [w:] Petroarchaeology in the Czech Republic and Poland At the beginning of the 21st century, Materiały 4 Międzynarodowego sympozjum petroarcheologicznego we Wrocławiu, 11-13.10.2007, Ustav geologických ved PrF MU v Brne, Brno, str. 137-142.

¹⁰ Mrozek – Wysocka M., Szczepaniak M., Nawrocka D., 2008, *Analiza petrograficzna w badaniach starożytnych i średniowiecznych kamiennych elementów architektury i zapraw na wybranych przykładach*, [w:] Petroarchaeology in the Czech Republic and Poland ... Brno, str. 111-119.

¹¹ Kasprzak M., 2006, *Zróżnicowanie, pochodzenie i wykorzystania w romańskiej architekturze południowej Wielkopolski*, Instytut Geologii UAM, Poznań, maszynopis rozprawy doktorskiej.

¹² Mrozek M., 2005, *Surowce skalne romańskiej kolegiaty w Kruszwicy*, Studia Lednickie t. VIII, str. 275-282.

¹³ Kasprzak M., 2003a, *Surowce skalne jako budulec romańskiego kościoła w Kottowie koło Kalisza*, Przegląd Geologiczny 51 nr 3, str. 236-238.

¹⁴ Kasprzak M., 2003b, *Piaskowiec w architekturze średniowiecznych zabytków sakralnych Kościelca Kaliskiego i Kottowa*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego nr 130, str. 29-36.

budowli zabytkowych prowadzone są także przez inne ośrodki naukowe. We Wrocławiu tematyką tą zajmuje się m.in. Pracownia Petroarcheologii i Petrografii Technicznej Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego. Zespołowym dziełem pracowników tej jednostki oraz innych osób zaangażowanych w badania surowcowe jest m.in. kompleksowe opracowanie skał ozdobnych katedry we Wrocławiu¹⁷. Jednak prace tego zespołu ukierunkowane są głównie na badania surowców skalnych narzędzi neolitycznych. Natomiast w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, badaniami surowcowymi obiektów zabytkowych zajmuje się zespół naukowców Pracowni Surowców Skalnych Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska. Jednak nie są to badania *stricto* petroarcheologiczne, lecz ukierunkowane na określenie stanu zachowania surowca oraz możliwości rekonstrukcji danego detalu architektonicznego¹⁸.

Aktualnie w badaniach petrograficznych piaskowców – jako surowców, obiektów zabytkowych wykorzystywane jest podobne spektrum analiz. Należą do nich: mikroskopia optyczna w świetle przechodzącym, dyfrakcja rentgenowska (XRD), elektronowa mikroskopia skaningowa (SEM), już rzadziej wykorzystywane są fluorescencja rentgenowska (XRF), katodoluminescencja (CL) czy metody izotopowe. Niestety wszystkie metody są destrukcyjne i wymagają pobrania ze ściany muru, czy detalu architektonicznego niewielkiego odłupka do dalszych analiz laboratoryjnych. Mniej destrukcyjne metody wykorzystywane są głównie w badaniach narzędzi oraz biżuterii. Reprezentowane są one przez mikroanalizę laserową¹⁹ oraz spektrografię ramanowską²⁰.

¹⁵ Michniewicz J. 2006, *Proweniencja surowca rzeźb i kolumn ze Strzelna z kolekcji Muzeum Narodowego w Poznaniu w świetle badań petrograficznych*, Ochrona Zabytków nr 1, str. 91-102.

¹⁶ Michniewicz J., Nawrocka D., Pazdur A., Żurakowska M., 2007, *Issue of Actual Chronology of a Romanesque Chapel at the Wleń Castle (Lower Silesia, Poland) in the Light of Mortar Radiocarbon Dating*, Geochronometria 26, str. 31-33.

Buśko C., Michniewicz J., 2006, *Application of Petrographical Comparative Analysis in Dating of Spatial Development of the Castle Wleń*, Przegląd Archeologiczny, tom 54, str. 183-211.

¹⁷ Kryza R., Drwiega A., Grodzicki A., August C., Kryza G., Walendowski H., 2006, *1000 lat Wrocławskiej Katedry: Kamień w zmieniających się stylach architektury. I. Podziemia Katedry – ślady kilku kościołów*, Świat Kamienia 2 (39), str. 95-99.

Kryza R., Drwiega A., Grodzicki A., August C., Kryza G., Walendowski H., 2006, *1000 lat Wrocławskiej Katedry: Kamień w zmieniających się stylach architektury. II. Elewacja Świątyni – gotyk z przybudówkami*, Świat Kamienia 4 (41), str. 60-64.

Kryza R., Drwiega A., Grodzicki A., August C., Kryza G., Walendowski H., 2006, *1000 lat Wrocławskiej Katedry: Kamień w zmieniających się stylach architektury. III. Nawy i prezbiterium*, Świat Kamienia 5 (42), str. 95-100.

Kryza R., Drwiega A., Grodzicki A., August C., Kryza G., Walendowski H., 2006, *1000 lat Wrocławskiej Katedry: Kamień w zmieniających się stylach architektury. IV. Ambit i przyległe kaplice*, Świat Kamienia 6 (43), str. 94-99.

¹⁸ Bromowicz J., 2001, *Ocena możliwości wykorzystania skał okolicy Krakowa dla rekonstrukcji kamiennych elementów architektonicznych*, Gospodarka Surowcami Mineralnymi nr 17, str. 5-73.

Haber J., Kozłowski R., Magiera J., 1991, *Niszczenie wapienia pińczowskiego w zabytkach Krakowa*, Rocznik Krakowski nr 57, str. 165-191.

¹⁹ Majerowicz A., Siągło H., 2004, *Wykorzystanie mikrospektralnej analizy laserowej w badaniach petroarcheologicznych niektórych narzędzi kamiennych bez ich uszkodzenia*, Przegląd Geologiczny vol. 52 nr 7, str. 579-580.

²⁰ Sachanbiński M., Girulski R., Bobak D., Łydźba-Kopczyńska B., 2008, *Prehistoric rock crystal artefacts from Lower Silesia (Poland)*, J. Raman Spectroscopy 39, str. 1012-1017.

III.2. Aktualne kierunki i metody badań surowców skalnych w zabytkach.

Prezentowane artykuły zostały wybrane spośród dostępnej autorowi literatury światowej pod kątem:

- a) metod analiz stosowanych w badaniach surowców skalnych budowli zabytkowych,
- b) konkretnych przykładów kompleksowych badań petrograficznych surowców budowli wraz z określeniem proveniencji skał,
- c) badań nad użytkowaniem kamienia w pradziejach.

Przegląd literatury światowej autor rozpoczyna od artykułu "Historical building stones in the province of Limburg (NE Belgium): role of petrography in provenance and durability assessment" autorstwa R. Dreesena i M. Dusara²¹. Autorzy ci przebadali różne surowce skalne (w tym 17 piaskowców) wykorzystane w 35 obiektach zabytkowych znajdujących się na obszarze Flandrii. Ze względu na niewystarczającą ilość lokalnych zwięzłych surowców skalnych, już od czasów rzymskich importowano surowce skalne w rejon Flandrii głównie z obszaru południowej Belgii. Celem określenia proveniencji, autorzy ci porównywali próbki surowców pobrane z budowli z materiałem skalnym pozyskanym z historycznych miejsc eksploatacji surowców skalnych oraz kolekcji m.in. różnych uniwersytetów belgijskich. Do porównań wykorzystali podstawową metodę badań petrograficznych – mikroskopię w świetle przechodzącym. Zwracają jednak uwagę, że ze względu na duże podobieństwo utworów, występowanie w kilku miejscach, podstawowy opis petrograficzny jest niewystarczający. Ważnym spostrzeżeniem tych autorów jest to, że popularne gatunki surowców skalnych pozyskiwane były głównie w odsłonięciach półnaturalnych (kamieniołomy stokowe) np. brzegi rzek, strome stoki, natomiast cenne odmiany skał pozyskiwano głównie w wyrobiskach sztucznych tj. kamieniołomach dołowych, wymagających znacznych nakładów pracy. Owocem prowadzonych przez autorów badań jest mapa pochodzenia surowców wykorzystanych w badanych obiektach z wyróżnieniem pięciu głównych obszarów pochodzenia surowca. Autorzy ci zwracają uwagę, że wykorzystanie surowców skalnych w czasach historycznych determinowane jest przez budowę geologiczną danego regionu, ale także architektoniczne dziedzictwo bogatych historycznych miast (recycling) zwięzłych surowców skalnych.

W kolejnym interesującym artykule autorstwa J. Götzea i H. Siedelba pt. „Microscopic scale characterization of ancient building sandstones from Saxony (Germany)”²², prezentowane jest zastosowanie różnych metod badań piaskowców, celem określenia ich dystrybucji w budowlach zabytkowych, a jednocześnie możliwości pozyskania surowców do prac konserwatorskich i rekonstrukcyjnych. Badaniem objęto górnokredowe piaskowce eksploatowane w licznych

²¹ Dreesena R., Dusarb R., 2004, *Historical building stones in the province of Limburg (NE Belgium): role of petrography in provenance and durability assessment*, *Materials Characterization* 53, str. 273–287.

²² Götze J., Siedel H., 2004, *Microscopic scale characterization of ancient building sandstones from Saxony (Germany)*, *Materials Characterization* 53, str. 209–222.

historycznych kamieniołomach nad Łabą, na obszarze Saksonii. Skały te znalazły zastosowanie w wielu historycznych budowlach, w tym XIII-wiecznych, m.in. Drezna oraz Meißen. W artykule tym położono bardzo duży nacisk na przedstawienie zróżnicowanych metod badań zmierzających do jak najdokładniejszego opisu badanych piaskowców. Wśród omówionych metod znalazły się: klasyczna mikroskopia polaryzacyjna (skład mineralny, cechy budowy wewnętrznej skały oraz rozkład wielkości ziarna), katodoluminescencja (rodzaj kwarcu, skaleni oraz zawartość minerałów ilastych), elektronowa mikroskopia skaningowa (charakter powierzchni ziarn, cementy porów) oraz oznaczenie porowatości – porozymetria rtęciowa. Ogólnie analizowane piaskowce były skałami prawie monomineralnymi, o zawartości kwarcu 99%, a skład minerałów ciężkich był stały i reprezentowany przez turmalin, cyrkon i rutyl. Szczególnym osiągnięciem autorów jest wskazanie proveniencji piaskowców wykorzystanych w konstrukcji romańskiej katedry w Meißen, w niektórych przypadkach z dokładnością do kamieniołomu. Jednak możliwe było to wyłącznie dzięki zastosowaniu katodoluminescencji.

Przykładem badań prowadzonych przez Włochów, posiadających olbrzymie doświadczenie w analizach zabytków kamiennych jest artykuł: „The stone materials in the historical architecture of the ancient center of Sassari: distribution and state of conservation”²³. Przedstawiono w nim zastosowanie lokalnych surowców skalnych (głównie skał węglanowych) w budowlach historycznych Sassari (Sardynia). W badaniach wykorzystano metody kartografii cyfrowej, dzięki którym zbudowano bazę danych obiektów kamiennych posługując się różnymi kryteriami opisu budowli. Zastosowano również ilościowe metody opisu wyróżnionych typów i rodzajów skał. Z metod petrograficznych, posłużono się elektronową mikroskopią skaningową, proszkową analizą dyfrakcyjną, mikroskopią polaryzacyjną. W przypadku mikroskopii optycznej interesujące było zastosowanie tzw. „ciemnego pola” celem określenia charakteru patyny. Kolejny włoski artykuł: „Mineralogical-petrographic characterisation and provenance of “Porta Nuova” stones: A XVI century gate in Ravenna (Italy)”²⁴, dotyczy badań surowców naturalnych oraz kamieni sztucznych zastosowanych w jednej z najpiękniejszych bram Raweny. Identyfikacja materiałów konstrukcyjnych była prowadzona pod kątem prac konserwatorskich. Wykorzystując: mikroskopię polaryzacyjną, elektronową mikroskopię skaningową, dyfrakcyjną analizę rentgenowską, zidentyfikowano wykorzystane w konstrukcji surowce i opisano na podstawie składu mineralnego, cech budowy wewnętrznej oraz analizy rozkładu wielkości ziarna. W ten sposób wyróżniono 10 typów surowców w tym: cztery odmiany wapieni i marmur Veronese stanowiące zasadnicze elementy konstrukcji, natomiast w detalach użyto m.in. cenne odmiany marmurów (np. odmiany

²³ Carta L., Calcaterra D., Cappelletti P., Langella A., de’Gennaro M., 2005, *The stone materials in the historical architecture of the ancient center of Sassari: distribution and state of conservation*, Journal of Cultural Heritage 6, str. 277–286.

²⁴ Marocchi M., Dellisanti F., Bargossi G. M., Gasparotto G., Grillini G. C., Luigirossi P., 2009, *Mineralogical-petrographic characterisation and provenance of “Porta Nuova” stones: A XVI century gate in Ravenna (Italy)*, Periodico di Mineralogia, vol. 78, 2, str. 13-28.

Proconnesium i Troadense – eksploatowane już od czasów Bizancjum) oraz cegły. O proveniencji surowców skalnych w północnej części Cesarstwa rzymskiego, obecnie terytorium Serbii, jest artykuł „Stone material of regional provenance from Sirmium”²⁵. Badaniom zostały poddane kamienne zabytki (detale architektoniczne) pochodzące z czasów rzymskich, a przechowywane w Muzeum Srem. Analizy miały głównie na celu identyfikację skał oraz wskazanie antycznych kamieniołomów, z których je pozyskano. Autorzy ci jako jedyną metodę badań zastosowali mikroskopię polaryzacyjną i na tej podstawie wyróżnili trzy podstawowe litotypy surowców węglanowych, skały piroklastyczne oraz piaskowce. W rozważaniach dotyczących proveniencji pomocnym było założenie o transporcie surowców drogą wodną z wykorzystaniem rzek Savy i Dunaju. Autorzy znaleźli miejsca wydobycia trzech litotypów wapieni w dolinie Driny (Bośnia), natomiast nie udało się im wskazać proveniencji pozostałych surowców. Użytkowanie surowców skalnych w starożytnym Egipcie stanowi przedmiot badań D. i R. Klemm, którzy przedstawili swoje spostrzeżenia w artykule „The building stones of ancient Egypt – a gift of its geology”²⁶. W pracy tej omówiono i scharakteryzowano (na podstawie wcześniejszych opracowań) 11 podstawowych typów surowców skalnych eksploatowanych w dolinie Nilu, do których należą: gnejsy zachodniej Pustyni, zieleńce typu Bekhend z Hammamat Wadi, tonality i szare granity wschodniej Pustyni, porfiry Dokhan Gebel ze wschodniej Pustyni, różowe granity i granitoidy Asuanu, piaskowce z Nubian, wapień eoceneński, kwarcyty oligoceńskie z Ahmar Gebel w Kairze, bazalty, skały gipsowo – kalcytowe tzw. egipskie alabastry”, wapień oolitowy z Mareotis. Największą uwagę autorzy ci poświęcili zagadnieniom dotyczącym sposobu eksploatacji oraz rozmiarom egipskich kamieniołomów. Na podstawie przeprowadzonych szacunków okazało się, że surowce wykorzystane w aktualnie oglądanych zabytkach, stanowią zaledwie 30% surowców pozyskanych w antycznych kamieniołomach.

Bardzo interesującym pod względem metodologii jest artykuł: „A methodology for locating the original quarries used for constructing historical buildings: application to Ma’laga Cathedral, Spain”²⁷. Autorzy starali się wskazać pochodzenie surowców zastosowanych w wielostylowej katedrze w Maladze, której budowę rozpoczęto w roku 1528, jeszcze gotyku, a zakończono w 1782 r., już w stylu klasycystycznym. Należy zaznaczyć, że na podstawie danych historycznych liczone się z występowaniem dwóch typów skał: piaskowców pochodzących z kamieniołomów w Cerro Coronado oraz wapieni z Almayate. Autorzy wykorzystane w badaniach metody podzielili na cztery grupy: 1. mineralogiczno–petrograficzne (dyfrakcja rentgenowska, mikroskopia polaryzacyjna, elektronowa mikroskopia skaningowa), 2. chemiczne, w tym: atomowa

²⁵ Rižnar I., Jovanovič D., 2006, *Stone material of regional provenance from Sirmium*, Starinar LVI, str.139-152.

²⁶ Klemm D., Klemm R., 2001, *The building stones of ancient Egypt – a gift of its geology*, African Earth Sciences 33, str. 631–642.

²⁷ Galan’ a E., Carretero’ a M. I., Mayora E., 1999, *A methodology for locating the original quarries used for constructing historical buildings: application to Ma’laga Cathedral, Spain*, Engineering Geology 54, str. 287–298.

spektroskopia absorpcyjna (AAS) oraz spektrometria masowa z indukcyjnie sprzężoną plazmą (ICP – PANI), 3. izotopowe (spektrometria mas stabilnych izotopów ^{13}C , ^{18}O), 4. fizyczne (porowatość – analizy porozymetryczne z wykorzystaniem Hg, N_2 , gęstość, szybkość transmisji ultradźwięku, absorpcja wody, sprężystość – wykorzystanie młotka Schmita).

Na podstawie przeprowadzonych badań potwierdzono występowanie skał pochodzących z wcześniej znanych, na podstawie materiałów historycznych lokalizacji, oraz dodatkowo rozpoznano inny rodzaj piaskowca oraz wapienia dolomitycznego, których proveniencja jednak nie została określona, pomimo zastosowania tak szerokiego spektrum metod badań.

W artykule „The Typology of Ancient Quarries within the Paleocene Limestone of Álava in Northern Spain”²⁸, zamieszczono wyniki kompleksowych badań nad sposobem eksploatacji paleoceńskich wapieni i dolomitów w prehistorii i czasach historycznych. Skały te były wykorzystywane od czasów neolitu (megality), w okresie rzymskim na nagrobki, natomiast w dobie romańskiej i gotyckiej na potrzeby budownictwa. Zmierzch powszechnego użytkowania tego typu surowców, a jednocześnie zarzucanie kamieniołomów następuje w wieku XVIII. Autor w badaniach historycznych miejsc eksploatacji surowców skalnych korzystał z dokumentacji historycznej, analizy topografii powierzchni terenu z zastosowaniem elementów geodezji, fotogrametrii powierzchniowej oraz systemu GIS. Na podstawie uzyskanych danych wydzielił pięć typów kamieniołomów: skarpa, stokowy wznoszący, stokowy opadający, krawędziowy, dołowy. Autor przedstawia także chronologię użytkowania poszczególnych typów kamieniołomów.

Ze względu na ślady częstych pożarów nawiedzających budowle zabytkowe w czasach historycznych interesujący jest artykuł „Changes in Sandstones of Historical Monuments Exposed to Fire or High Temperature”²⁹. Zostały w nim przedstawione skutki działania ognia na piaskowce stanowiące materiał konstrukcyjny budowli zabytkowych. W wyniku działania wysokiej temperatury zmianie ulegają cechy petrograficzne oraz własności petrofizyczne piaskowców. Obiektem studiów było 10 typów piaskowców wykorzystanych w budowlach zabytkowych obszaru Niemiec i Węgier. Cylindryczne próbki o średnicy 4cm, wygrzewano w temperaturach 150, 300, 450, 600, 750, 900°C., także wielokrotnie studzono do temperatury pokojowej oraz mrożono. Zmiany zachodzące w badanych skałach kontrolowano wykorzystując m.in. mikroskopię polaryzacyjną, dyfrakcję rentgenowską oraz elektronową mikroskopię skaningową. Efekty wpływu temperatury uzależnione są głównie od składu mineralnego oraz cech budowy wewnętrznej piaskowca. Najmniejszym zmianom, wyłącznie o charakterze teksturalnym, podlegają piaskowce kwarcowe o spoiwie krzemionkowym. Podobnie zachowują się piaskowce zawierające skalenie oraz miki. Największe zmiany zachodzą w piaskowcach zawierających węglany oraz glin w spoiwach. Już przy

²⁸ Martínez-Torres L., 2009, *The Typology of Ancient Quarries within the Paleocene Limestone of Álava in Northern Spain*, *Geoarchaeology: An International Journal*, Vol. 24, No. 1, str. 42-58.

²⁹ Hajpál M., 2002, *Changes in Sandstones of Historical Monuments Exposed to Fire or High Temperature*, *Fire Technology*, 38, str. 373–382.

temperaturze 450°C pojawiają się pierwsze oznaki wpływu wysokiej temperatury w postaci zmiany barwy, złuszczenia powierzchni, zaokrąglenia krawędzi, a w konsekwencji następuje całkowita dezintegracja granularna skały. Cechą charakterystyczną dla piaskowców węglanowych jest powstawanie w temperaturze 750°C nowej fazy - portlandytu. W piaskowcach żelazistych wodorotlenki żelaza, będące składnikami spoiwa przechodzą w hematyt, powodując zmianę zabarwienia na brązowo - czerwony.

Podsumowaniem powyższego przeglądu aktualnie prowadzonych badań petrograficznych surowców skalnych budowli zabytkowych jest artykuł pt. „Scientific methods and applications to archaeological provenance studium”³⁰. Zostały w nim kompleksowo omówione aktualnie wykorzystywane metody analityczne w badaniach nad proveniencją różnych materiałów, w tym surowców skalnych, z których wykonane są zabytki ruchome oraz budowle. Do grupy najczęściej badanych pod kątem pochodzenia oraz dystrybucji „materiałów kamiennych” autorzy zaliczyli: alabaster, bazalt, granit, riolit, skały krzemionkowe (krzemienie, rogowce) oraz kwarc, serpentynity (w tym jadeity oraz nefryty), hematyt i magnetyt, wapienie i marmury, obsydian, piaskowce i kwarcyty, łupki, „mydlane kamienie” (skały ze steatytem i chlorytem) oraz turkusy. Aktualnie wykorzystywane według autorów artykułu metody badań surowców skalnych zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela. 1. Najczęściej wykorzystywane metody analityczne w badaniach archeometrycznych surowców skalnych.

Metoda badań	Skrót międzynarodowy
emisyjna spektrometria optyczna	OES
atomowa spektrometria absorpcyjna	AAS
neutronowa analiza aktywacyjna	NAA
fluorescencja rentgenowska	XRF
elektronowa mikroskopia skaningowa	SEM
mikrosonda elektronowa	EPMA
spektralna analiza rentgenowska ze wzbudzeniem cząstkami naładowanymi	PIXE/PIGME
atomowa spektrometria emisyjna z wzbudzeniem plazmowym	ICP-AES
spektrometria masowa z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej	ICP-MS
analiza stosunków stabilnych izotopów	SIRA
termiczna spektrometria masowa	TIMS

Autorzy ci przedstawiają tok badań zabytków archeologicznych oraz przykłady zastosowania wybranych metod analitycznych oceniając ich przydatność, m.in. w kontekście badań nad proveniencją obsydianu. W podsumowaniu zachęcają do wykorzystania metod analitycznych w badaniach zabytków oraz zaangażowania naukowców z innych dziedzin (m.in. fizyków) do badań artefaktów.

³⁰ Martini M., Milazzo M., Piacentini M., 2004, *Scientific methods and applications to archaeological provenance studium*, Proceedings of the International School of Physics “Enrico Fermi” Course CLIV IOS Press, Amsterdam, str. 407-432.

W trakcie tego przeglądu wybranych pozycji literatury zagranicznej autor zwraca dodatkowo uwagę na dwie bardzo ważne kwestie:

1. pobieranie materiału do badań. Najczęściej materiał pochodzący z budowli zabytkowych pobierany jest za pomocą specjalnych wiertni umożliwiających uzyskanie rdzenia o długości kilku centymetrów i średnicy 2-3cm. Dzięki takiej formie pobrania próbki możliwe jest tworzenie bazy rdzeni, a ich rozmiary umożliwiają wieloaspektową analizę petrograficzną surowca, przy minimalnej szkodzie dla substancji zabytkowej.
2. porównywanie próbek. W celu określenia proveniencji stosuje się porównania surowca zabytku wyłącznie z materiałem pobranym z kamieniołomu.

Śledząc aktualne trendy w badaniach petrograficznych surowców skalnych budowli zabytkowych oraz zabytków ruchomych, widoczna jest tendencja do tworzenia interdyscyplinarnych baz danych dotyczących surowców skalnych, użytkowanych w pradziejach oraz czasach historycznych. Wśród zgromadzonych informacji zebrane są opisy historycznych miejsc eksploatacji surowców skalnych, oraz dane dotyczące petrograficznej i geochemicznej identyfikacji danej skały. Bazy takie umożliwiają dynamiczne porównywanie uzyskanych wyników badań. Takie projekty tworzone we współpracy międzynarodowej, mają na celu stworzenie globalnej informacji o eksploatacji, transporcie oraz użytkowaniu surowców skalnych w pradziejach. Doskonałym przykładem takiej interdyscyplinarnej (archeologicznej, geologicznej, epigraficznej), międzynarodowej (kraje znajdujące się w granicach byłego Imperium Rzymskiego) współpracy jest projekt SAXA-loquuntur³¹. W Polsce niezwykle interesująco przedstawia się projekt „Historic Quarries”, którego współuczestnikami są przedstawiciele różnych dziedzin nauki, wspierani przez Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Wrocławskiego. Celem jego są m.in. działania zmierzające do identyfikacji, dokumentacji oraz stworzenia interdyscyplinarnej bazy danych dotyczącej historycznych miejsc eksploatacji surowców skalnych znajdujących się na obszarze Dolnego Śląska i Opolszczyzny³².

³¹ www.saxa-loquuntur.org.

³² Lorenc M.W., Mazurek S., 2010, *Projekt: historyczne kamieniołomy*, Nowy Kamieniarz, nr.1, str. 18-20.

IV. Charakterystyka murowanego budownictwa romańskiego w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem surowców skalnych.

Pierwsze budowle murowane na obszarze dzisiejszej Polski, wznoszono na Pomorzu, między Parsętą, deltą Wisły i Notecią, już przed połową pierwszego tysiąclecia przed naszą erą. Były to groby skrzynkowe budowane z płyt kamiennych, które stanowiły głązy częściowo ociosywane i dobierane odpowiednim kształtem. Materiał ten następnie spajano gliną przyniesioną nieraz ze znacznych odległości¹. Następnie mamy regres budownictwa murowanego, który trwa aż do czasów wczesnego średniowiecza i pojawienia się chrześcijaństwa. Wtedy to do łask powracają surowce skalne. Panujący w czasach wczesnego i dojrzałego średniowiecza styl w sztuce i architekturze nazywany romańskim, był przedmiotem wielu monograficznych opracowań². W pracach tych zostały szczegółowo omówione m.in. jego cechy architektoniczne, użytkowanie surowców naturalnych, a także ramy czasowe jego trwania. Pojawienie się na terytorium współczesnej Polski romanizmu jest następstwem wielkich przemian na kontynencie europejskim, do których dochodziło w X w. Związane były one z ekspansją na wschód religii chrześcijańskiej, a następnie wejściem jej w różne obszary życia ówczesnych społeczeństw. Człowiek doby romańskiej utożsamiał władzę cesarską z wszechwładzą Boską, co szczególnie przyczyniło się do rozkwitu budownictwa sakralnego. Jednak lokalizacja ówczesnych budowli w centrach administracyjnych, wykorzystanie w ich konstrukcjach doskonałych natenczas surowców skalnych, posiadanie charakteru monumentalnego lub obronnego, powodowały, że granice pomiędzy funkcją sakralną, a świecką często ulegały zatarciu³. Ogromny wkład w rozwój murowanego budownictwa romańskiego na obszarze dzisiejszej Polski mają fundacje związane z zakonami: benedyktynów, kanoników regularnych, norbertanów, a później również cystersów. Pierwsze murowane budowle w stylu romańskim, w granicach dzisiejszej Polski, zaczęły powstawać na obszarze Wielkopolski, w państwie Mieszka I, po roku 965 tj. już po przyjęciu przez Polskę chrześcijaństwa. Stopniowy wzrost ilości budowli romańskich, które w całości lub w reliktach zachowały się do czasów współczesnych przedstawiono na rycinie 2. Oprócz rozkwitu budownictwa murowanego, mamy także rozwój budownictwa drewnianego. Niestety do naszych czasów, ze względu na nietrwałość drewna, jako materiału budowlanego oraz podatność na pożary, nie zachowała się żadna drewniana budowla z tego okresu. Możemy o liczbie tego typu obiektów tylko wnioskować na podstawie wyników badań archeologicznych.

¹ Krassowski W., 1989, *Dzieje budownictwa i architektury na ziemiach Polski*, tom 1, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, str. 16.

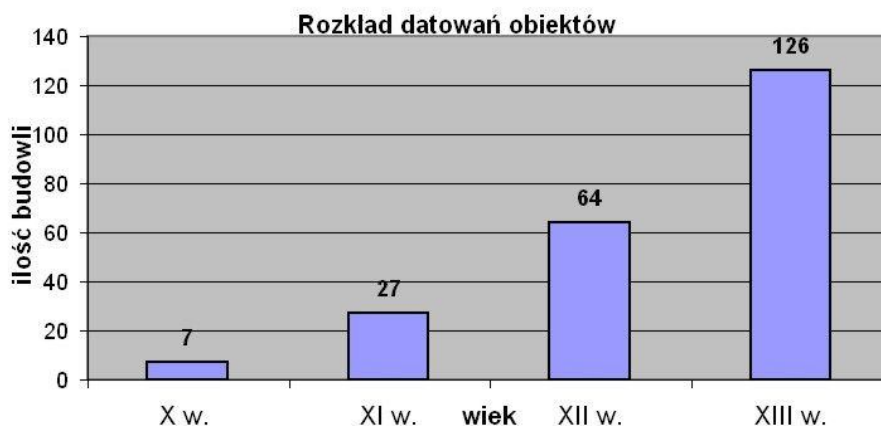
² Toman R., 2008, *Sztuka romańska. Architektura, rzeźba, malarstwo*, Wydawnictwo H.F. Ullmann.

Żarnecki J., 2005, *Sztuka romańska*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.

Świechowski Z., 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wyd. DiG, Warszawa.

Chrzanowski T., 1993, *Sztuka w Polsce Piastów i Jagiellonów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

³ Wrzesiński J., Wyrwa A.M., 2008, *Architektura świecka i sakralna średniowiecznej Wielkopolski – nowe odkrycia i interpretacje*, [w:] *Wielkopolska w dziejach. Archeologia o regionie*, Poznań, str. 153-172.



Ryc. 2. Struktura wiekowa zachowanych w całości lub w reliktach budowli romańskich Polski (na podstawie Z. Świechowskiego 2000, oraz przyjęciu za bazową liczbę 224 obiektów).

Z pewnością jednak, ze względu na dostępność surowca oraz łatwość obróbki, było ich znacznie więcej niż obiektów murowanych. Także pierwotna liczba budowli murowanych nie jest dokładnie znana. Możemy tylko założyć, że było ich znacznie mniej niż budowli drewnianych, co związane było z mniejszą dostępnością surowca oraz znacznie trudniejszą techniką obróbki w stosunku do drewna. Budownictwo murowane było znacznie droższe od drewnianego, jednak przysparzało prestiżu ówczesnym władcom, co znajduje swoje odzwierciedlenie w lokalizacji tego typu budowli m.in. w pierwszych stolicach Polski: Gnieźnie i Krakowie.

Obiekty romańskie, oglądane współcześnie, nie przedstawiają jednak rzeczywistego obrazu wczesnośredniowiecznego budownictwa romańskiego. Wynika to z faktu poddawania tych historycznych budowli, z upływem czasu kolejnym, licznym naprawom, modernizacjom, czy rozbudowom. Często w budowlach, obecnie określanych jako romańskie, mamy do czynienia z ich pierwotną romańskością zaledwie w postaci fragmentów murów lub fundamentów, także pojedynczych detali architektonicznych tkwiących w obrębie konstrukcji już znacznie młodszych, jednak często o cechach romanizmu - rekonstrukcjach. Jedne z pierwszych kompleksowych badań o charakterze archeologiczno – architektonicznym w Niepodległej Polsce były przeprowadzone w latach 1936-1938 przez Wilhelma K. Henneberga w Inowłodzu⁴. W latach 50-tych XX w. badania tego typu prowadzono m.in. w obrębie kolegiaty Tumskiej. Udział w nich brali pracownicy Instytutu Historii Kultury Materialnej PAN, czego owocem jest wszechstronne opracowanie nowo odkrytych reliktyw XI-wiecznej budowli⁵. W latach 70-tych XX w. intensywne badania archeologiczno – architektoniczne, często o charakterze interdyscyplinarnym, przyczyniły się do stale wzrastającej ilości odkryć kolejnych budowli o korzeniach romańskich. Przykładem tego są prace prowadzone m.in. przez zespół archeologów i architektów pod kierownictwem L. Kajzera z Instytutu Archeologii Historycznej UŁ, który zidentyfikował romańskie „korzenie” kościołów w Buczku, Skrzyńsku i

⁴ Henneberg W. K., 1938a, *Kościół św. Idziego w Inowłodzu*, Biuletyn Historii Sztuki i Kultury, R. 6, nr 1, str. 1-10.

Henneberg W. K., 1938b, *Kościół św. Idziego w Inowłodzu*, Biuletyn Historii Sztuki i Kultury, R. 6, nr 2, str. 208-220.

⁵ Nadolski A., Abramowicz A., Poklewski T., Kašinowski A., 1960, *Łęczyckie opactwo Panny Marii w świetle badań z lat 1954-56*, Prace i materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, seria archeologiczna nr 4.

Skrzynnie oraz prowadzi badania wielu budowli sakralnych i obronnych na obszarze centralnej Polski⁶. Z. Świechowski w swoich dwóch monograficznych opracowaniach budownictwa romańskiego w Polsce⁷, podaje liczbę 146 budowli w 1963 r., natomiast już w 2000 r. ta liczba wynosi 201⁸. W artykule J. Wrześniński i A. M. Wyrwa szacują liczbę romańskich budowli murowanych oraz drewnianych, które w całości, lub fragmentarycznie, w reliktach, zachowały się do czasów współczesnych na 220⁹. Należy zaznaczyć, że istnieje ogromna potrzeba badań budowli romańskich w Polsce, przede wszystkim z powodu, jeszcze cały czas, słabego ich rozpoznania archeologiczno – architektonicznego¹⁰. Jeżeli w ogólnej liczbie murowanych budowli romańskich uwzględnimy, dodatkowo relikty konstrukcji, nawet w szczątkowym stanie zachowania, to wtedy liczba budowli omówionych w pracy Z. Świechowskiego (2000) wzrasta do liczby 224¹¹. Ją właśnie autor dysertacji przyjął za bazową do dalszych rozważań nad stanem rozpoznania surowców skalnych wykorzystywanych w budownictwie romańskim na terytorium dzisiejszej Polski. W analizie uwzględniono wszystkie budowle omówione przez Z. Świechowskiego, również te powstałe w X w., których styl określany jest jako przedromański. W okresie wczesnego średniowiecza oprócz licznych niewielkich budowli drewnianych, zaczęły pojawiać się konstrukcje wzniesione z surowców skalnych. Powszechne wykorzystanie tego typu surowców wyznacza ramy czasowe panowania stylu romańskiego w architekturze. W budowlach, których styl określany jest jako późnoromański, mamy już do czynienia z wykorzystaniem w konstrukcjach cegły, natomiast rola surowców skalnych została zmarginalizowana do detali zdobniczych. Surowce skalne charakteryzują się naturalnym zróżnicowaniem cech fizycznych¹², co nie pozostaje bez wpływu na podatność na obróbkę, czy walory estetyczne. Niektóre z tych cech, na podstawie praktycznego doświadczenia, potrafili docenić wczesnośredniowieczni muratorzy czy kamieniarze. Z tego powodu w asortymencie opisywanych surowców skalnych dają się zauważyć pewne prawidłowości związane z rodzajem skały oraz sposobem jej obróbki, w zależności od funkcji jaką miała spełniać w danej konstrukcji. Oczywiście inne cechy surowców są pożądane w murach naziemnych, gdzie

⁶ Filipowicz P., Kajzer L., Lechowicz Z., 2007, *Badania archeologiczno-architektoniczne kościoła p.w. Świętych Apostołów Piotra i Pawła w Krzyworzece w powiecie wieluńskim*, Ochrona Zabytków, nr 4, str. 23-43

Filipowicz P., Kajzer L., Lechowicz Z., 2006, *Późnoromański kościół p.w. Świętej Urszuli i Jedenastu Tysięcy Dziewic w Strońsku nad Wartą. Interwencyjne badania architektoniczne w latach 2005-2006*, Ochrona Zabytków, nr 4, str. 7-22

⁷ Świechowski Z., 1963, *Budownictwo romańskie w Polsce. Katalog zabytków*, Wrocław.

Świechowski Z., 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wydawnictwo DIG, Warszawa.

⁸ Świechowski Z., j.w. str. 10.

⁹ Wrześniński J., Wyrwa A.M., 2008, *Architektura świecka i sakralna wczesnośredniowiecznej Wielkopolski – nowe odkrycia i interpretacje*, [w:] Wielkopolska w dziejach. Archeologia o regionie, Poznań, str. 154.

¹⁰ Wyrwa A. M., 2000, *Stan i potrzeby badań archeologiczno – architektonicznych klasztorów cysterskich (linia męska i żeńska) w Polsce*, Archeologia Historia Polona, tom 10, Toruń, str.19 – 62.

Chudziakowa J., 2000, *Romańska architektura sakralna północno – zachodniej Wielkopolski i Kujaw. Stan i potrzeby badań archeologicznych*, Archeologia Historia Polona, tom 10, Toruń, str. 111–124.

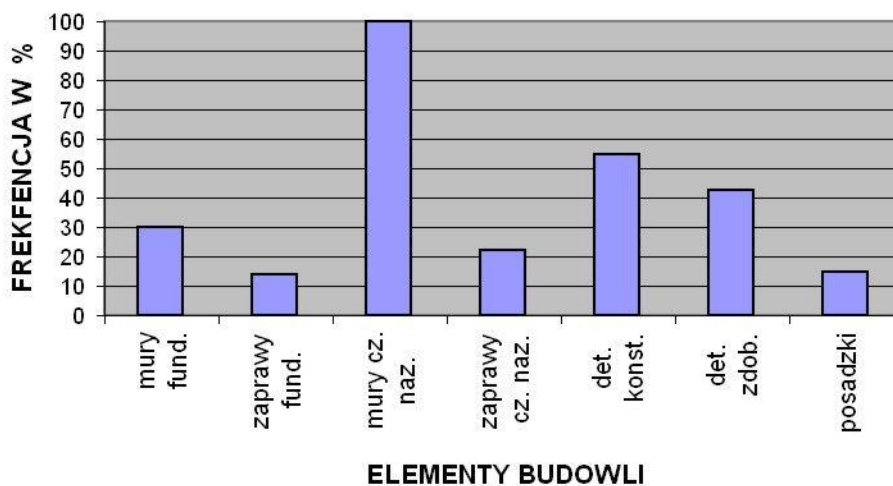
¹¹ Zestawienie aktualnego rozpoznania surowcowego budownictwa romańskiego w Polsce przygotowano głównie w oparciu o monografię: Świechowski Z., 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wydawnictwo DIG, Warszawa.

¹² Aktualnie parametry fizyczne surowców skalnych charakteryzowane są za pomocą: struktury, tekstury, gęstości pozornej, nasiąkliwości, wytrzymałości na ściskanie, ścieralności na tarczy Böhme, ścieralności na tarczy Devala, mrozoodporności i in. – Kozłowski K., 1986, *Surowce skalne Polski*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, str. 28-29.

na plan pierwszy poza wytrzymałością, wysuwają się walory estetyczne, a inne w spoiwach zapraw – szybkość wiązania. Jeszcze inne cechy są priorytetowe w przypadku detali zdobniczych, gdzie niewątpliwie najważniejsze są walory estetyczne, które jednak w wielu przypadkach mogą być wydobyte ze skały poprzez jej obróbkę. Z tych powodów, surowce budowlane w tym omówieniu podzielono na następujące kategorie, związane z funkcją konstrukcyjną:

1. Fundamenty
2. Zaprawy fundamentów
3. Mury naziemne
4. Zaprawy murów naziemnych
5. Detale konstrukcyjne
6. Detale zdobnicze
7. Posadzki

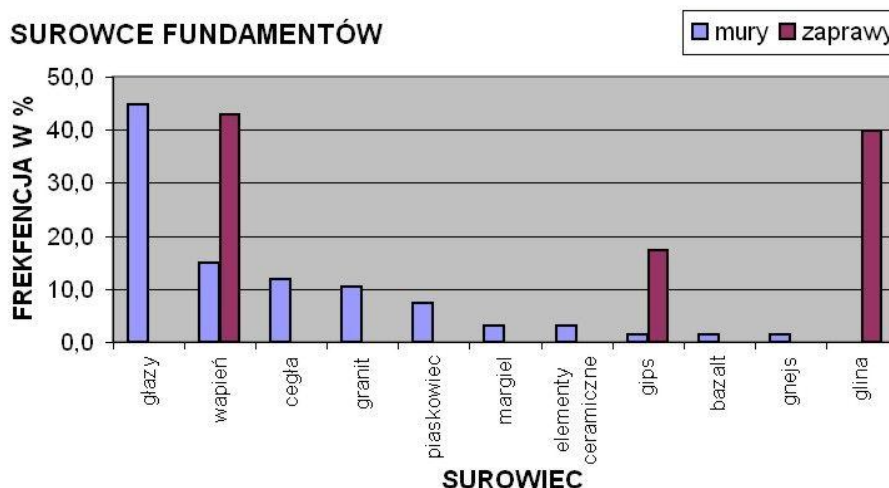
Wymienione elementy charakteryzują się nierównomiernością rozpoznania (ryc. 3). Są budowle, które stały się przysłowiowym „oczkiem w głowie” architektów, historyków sztuki, czy archeologów, pomijając zabytkowe budowle Krakowa, czy Poznania, przykładowo kościół opactwa cysterskiego w Kołbaczu – ponad 30 opracowań, opactwo benedyktynów w Mogilnie – prawie 40 opracowań, Kościół i klasztor cystersów w Sulejowie ponad 30 opracowań. Są również i takie budowle, które dotychczas stały się tematami zaledwie kilku (np. kościół p.w. Wniebowzięcia NMP lub kościół p.w. MB Królowej Różańca w Piasecznie – po 3 opracowania), czy wręcz pojedynczych opracowań (np. kościół p.w. św. Piotra w Legnicy, kościół p.w. św. Mikołaja w Głogowie).



Ryc. 3. Zróżnicowanie rozpoznania surowcowego wyróżnionych w niniejszej pracy elementów konstrukcji budowli romańskich Polski (na podstawie Z. Świechowskiego 2000, oraz przyjęciu za bazową liczbę 224 obiektów).

Fundamenty są elementami konstrukcyjnymi mającymi za zadanie zapewnienie stabilności posadowienia obiektu poprzez odpowiednie przekazywanie obciążeń na podłoże gruntowe. Mają one szczególne znaczenie w przypadku budowli wzniesionych z ciężkich surowców skalnych, a także konstrukcji wysokich, budowli monumentalnych, którymi było wiele z romańskich kościołów.

Przykładem ogromu prac fundamentowych, są fundamenty pierwszej, dwukondygnacyjnej budowli w Tumie p.w. NMP. Na trzon świątyni, przy założeniu kubatury 315m³, zużyto ok. 460 ton kamienia¹³. Badania fundamentów są znacznie utrudnione ze względu na konieczność wykonania wkopów w obrębie obiektów zabytkowych, a także zły stan zachowania samych elementów. Do tej pory rozpoznaniem surowcowym objętych zostało ok. 30 % fundamentów budowli romańskich (ryc. 3). Strukturę surowcową materiału wykorzystanego w fundamentach budowli przedstawiono na rycinie 4.



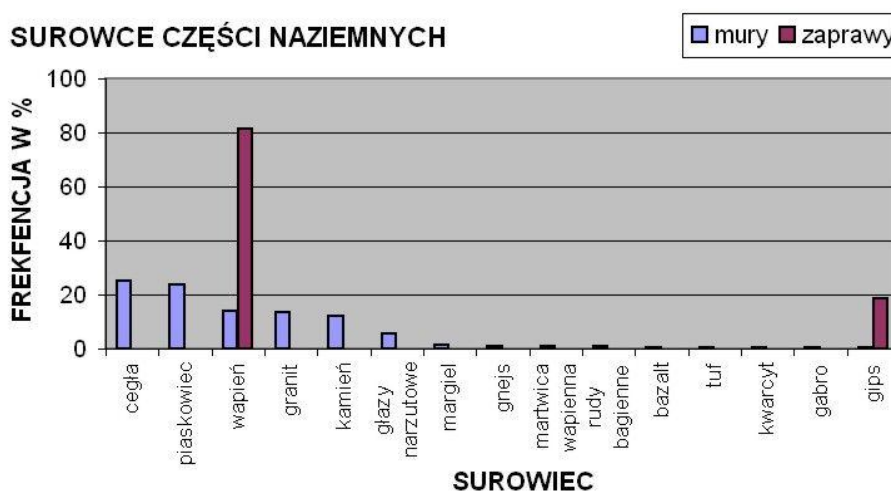
Ryc. 4. Frekwencja surowców wykorzystanych w fundamentach budowli romańskich Polski (na podstawie Z. Świechowskiego 2000, oraz przyjęciu za bazową liczbę 224 obiektów).

Najczęściej w ich konstrukcjach, wykorzystywano grupę surowców nazywanych ogólnie gładzami. Ponieważ w opisach dominuje, nieprecyzyjne określenie - gładzów, lub gładzów narzutowych, to na tej podstawie możemy wnioskować, że są to formy okrągłe, izometryczne, o średnicach z reguły większych od 50 cm, nie poddawane obróbce – surowe. Niektóre gładze wykazujące oddzielność płytkową układano z zastosowaniem wątku np. *opus spicatum* (kościół parafialny p.w. św. Piotra i Pawła w Kijach). W zbliżonych ilościach mamy wykorzystane dokładniej już określone grupy, z podziałem na podstawowe grupy petrograficzne: wapień, granity, piaskowce oraz cegły. Różnica w ich zastosowaniu w porównaniu z poprzednią grupą jest zasadnicza, gdyż były powszechnie poddawane obróbce i przygotowano z nich bloki lub płyty, a także powszechnie stosowano wątki murarskie. Pozostałe typy surowców wykorzystywano sporadycznie. Najczęściej związane było to z lokalną dostępnością danej skały np. gipsu (kościół p.w. św. Mikołaja w Wiślicy – miocenne gipsy zapadliska przedkarpacciego) czy bazaltu (kościół p.w. św. Piotra w Legnicy – środkowoeuropejska kenozoiczna prowincja wulkaniczna). Na uwagę zasługuje stosunkowo liczne zastosowanie w fundamentach cegły oraz elementów ceramicznych, przy wysokich kosztach produkcji tego surowca. Należy jednak zaznaczyć, że najczęściej był on wykorzystywany wtórnie, z rozebranych starszych faz budowy obiektu.

¹³ Nadolski A., Abramowicz A., Poklewska T., Kaśinowski A., 1960, *Łęczyckie opactwo Panny Marii w świetle badań z lat 1954-56*, Prace i materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, seria archeologiczna nr 4.

Mury fundamentów dla poprawienia ich stabilności w wielu przypadkach spajano zaprawą, w niektórych przypadkach bardzo obfitą. Jak oszacowano na fundamenty pierwszej tumskiej budowli zużyto ok. 90 m³ zapraw¹⁴. Jako spoiwo fundamentów wykorzystywano następujące składniki: wapień (41,9%), glinę (38,7%), gips (16,15%) oraz dodawano piasek (3,21%) (ryc. 4). Także posługiwano się zaprawami łączonymi np. gipsowo-wapiennymi (kościół kolegiacki p.w. św. Jerzego w Gnieźnie) lub gliniano-wapiennymi (kościół p.w. św. Aleksego w Tumie). Należy zaznaczyć, że zaledwie ok. 14% zapraw fundamentów budowli romańskich zostało przebadane (ryc. 3). Na uwagę zasługuje zastosowanie w trzech przypadkach, już na poziomie fundamentów, czerwonego barwnika w zaprawie. Ma to miejsce w fundamentach katedry Wniebowzięcia NMP i św. Wojciecha w Gnieźnie, reliktach przedcysterskiego kościoła p.w. św. Piotra w Łęknie oraz pierwszej budowli p.w. NMP i św. Aleksego w Tumie.

Naziemne części murów wznoszono z różnych surowców. Także tutaj widoczna jest jedna z najważniejszych cech budowli romańskich - dominacja surowców skalnych nad cegłą (ryc. 5).



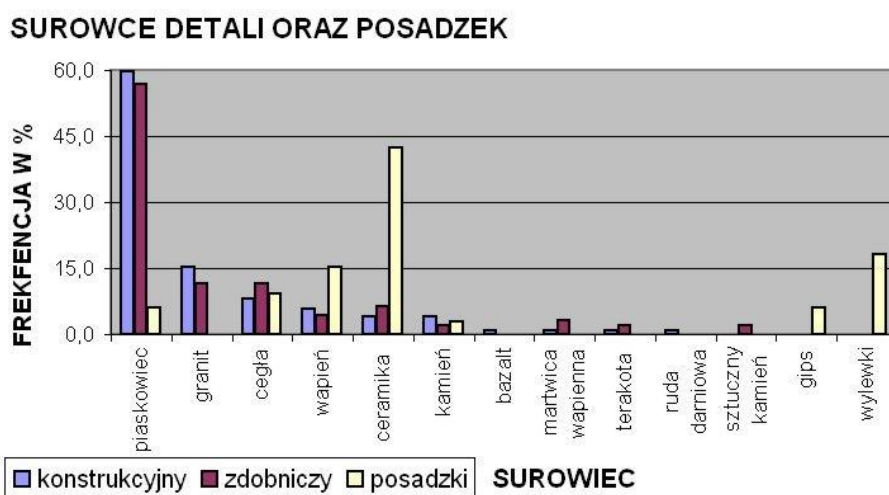
Ryc. 5. Frekwencja surowców wykorzystanych w murach naziemnych budowli romańskich Polski (na podstawie Z. Świechowskiego 2000, oraz przyjęciu za bazową liczbę 224 obiektów).

W analizowanym zestawieniu surowce skalne stanowią 75%. Reprezentowane są przez podstawowe typy skał oraz popularne określenie skały, w tym przypadku bliżej nieokreślonego surowca skalnego – „kamień” lub głazy narzutowe. Wśród skał największy udział mają piaskowce stanowiące prawie 24% surowców. W surowcowej strukturze widoczne są także skały o typowo lokalnym charakterze takie jak: martwica wapienna, ruda darniowa, tuf. Stosunkowo duży udział cegieł (25%) jest spowodowany powstawaniem dominującej liczby budowli (126 obiektów tj. - 56%) pod koniec panowania stylu (ryc. 2), kiedy to cegła była już powszechnie wykorzystywana i stanowi zarazem podstawowy budulec kolejnego stylu architektonicznego - gotyku. W wielu przypadkach mamy do czynienia z łączeniem różnych typów surowca np. relikty kościoła p.w. św. Mikołaja w Przemyślu – martwica wapienna, wapień oraz piaskowiec. Do tej pory badaniami petrograficznymi

¹⁴ Nadolski A., Abramowicz A., Poklewska T., Kašinowski A., 1960, *Łęczyckie opactwo Panny Marii w świetle badań z lat 1954-56*, Prace i materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, seria archeologiczna nr 4

objęto większość murów budowli romańskich. Jest to spowodowane pracami konserwatorskimi, które w wielu przypadkach zmierzały do odtworzenia konstrukcji wczesnośredniowiecznej z nawiązaniem do pierwotnie wykorzystywanych surowców. Pod względem technicznym również badania tych elementów są ułatwione ze względu na dostępność materiału. Zaprawy murów były sporządzane przede wszystkim na bazie wapna zawartego w wapieniach. Dlatego wykorzystanie wapieni stanowi aż 82% (ryc. 5). Zaledwie 18% reprezentują zaprawy gipsowe. Także i w tym przypadku często stosowano zaprawy mieszane np. wapienno – gipsowe. Wiele razy mamy do czynienia z dodawaniem znacznej ilości piasku, który poprawiał własności mieszalne oraz przyspieszał proces twardnienia. Udział piasku został stwierdzony w 14% zapraw. Zaprawy, stanowiące integralną część murów zostały przebadane w zaledwie 22% obiektów (ryc. 3).

Wśród detali konstrukcyjnych murów mamy znacznie mniejsze spektrum wyróżnionych surowców w porównaniu z samymi murami. Zadaniem detali konstrukcyjnych jest przede wszystkim przenoszenie sił, względy estetyczne odchodzą na plan dalszy. Z tego powodu na detale konstrukcyjne stosowano przede wszystkim najwytrzymalsze ze skał, tym samym eliminując najdelikatniejsze np. gips czy tuf (ryc. 6). Od razu wśród struktury surowcowej widoczna jest znaczna dominacja piaskowców (ok. 60%).



Ryc. 6. Struktura surowcowa detali architektonicznych oraz posadzek w budowlach romańskich Polski (na podstawie Z. Świechowskiego 2000, oraz przyjęciu za bazową liczbę 224 obiektów).

Elementy konstrukcyjne doczekały się badań petrograficznych w ponad 55% obiektów (ryc. 3). Jest to wynikiem prowadzonych kompleksowo działań konserwatorskich, zmierzających do całościowego odtworzenia pierwotnej budowli murów wraz z detalami. W przeciwieństwie do detali konstrukcyjnych zadaniem detali zdobniczych jest podnoszenie walorów estetycznych obiektu bez konieczności przenoszenia sił. Tak więc surowce wykorzystane w tego typu detalach muszą wpływać na wygląd budowli, najczęściej poprzez ładną barwę oraz interesujące kształty detalu, które uzyskano dzięki dobrej podatności surowca na obróbkę. Podobnie jak w poprzedniej grupie detali, pomimo innych oczekiwań od surowca, dominują piaskowce. Istotne są zmiany na dalszych

miejscach w strukturze surowcowej, gdyż cegła (możliwość łatwiejszego kształtowania, jednolitość oraz charakter barwy) zajęła miejsce granitu tj. skał najczęściej szarych, ale przede wszystkim bardzo trudnych w obróbce. W dalszej kolejności mamy niewielki wzrost udziału marmuru wapiennej, terakoty, a także pojawia się tzw. sztuczny kamień. Podobnie do detali konstrukcyjnych, ten typ obiektów charakteryzuje się dużą ilością opracowań surowcowych, które objęły ok. 42 % obiektów (ryc. 3).

Oddzielnie przedstawia się kwestia surowców posadzek. Mamy tutaj do czynienia zarówno z posadzkami w formie zwięzłej, a także stanowiące rodzaj wylewki. Wśród surowców zwięzłych najczęściej wykorzystywano ceramikę, w zbliżonych proporcjach szklioną i nie szklioną, a znacznie rzadziej typowe cegły. Ceramika, cegła oraz wylewki w strukturze surowcowej stanowią prawie 52% posadzek budowli romańskich. Pozostałe posadzki wykonane zostały z zastosowaniem surowców skalnych. Należy jednak wziąć pod uwagę możliwość występowania pewnej ilości pierwotnych posadzek z belek drewnianych, jak miało to miejsce w pierwszej budowlu w Tumie¹⁵. W strukturze surowców skalnych na pierwszy plan wysuwa się wapień (15,2%), następnie mamy w takich samych ilościach piaskowiec oraz gips – po 6,1%, nie do końca sklasyfikowane posadzki „kamienne” stanowią ok. 3%. Posadzki o charakterze wylewek były przygotowywane w podobnych ilościach z wykorzystaniem wapienia i gipsu. Badania pierwotnego surowca posadzek pomimo dostępności tych elementów są w wielu przypadkach wręcz niemożliwe. Wynika to z faktu szybkiego zużywania się kamiennych płyt posadzkowych lub drewnianych belek. Powoduje to na bieżąco uzupełnianie zużytych elementów lub wymianę za jednym razem, np. w trakcie rozbudowy, podyktowanej zmianą stylu architektonicznego, całej posadzki na nową.

Na podstawie powyższych zestawień widać w jaki sposób wykorzystywano piaskowce w budownictwie romańskim na terytorium dzisiejszej Polski. Przede wszystkim skały te znalazły zastosowanie w:

7,5 % - fundamentów

23,7% - murów

59,7 % - detali konstrukcyjnych

56,8 % - detalach zdobniczych

6,1 % - posadzek

Piaskowce, na podstawie przedstawionych danych były jednymi z najczęściej wykorzystywanych surowców skalnych budowli stylu romańskiego, ze znaczną dominacją nad pozostałymi surowcami szczególnie w obrębie detali – konstrukcyjnych i zdobniczych.

Popularność piaskowców jest niewątpliwie związana z dostępnością tego rodzaju skał, podatnością na obróbkę, walorami estetycznymi związanymi głównie z różnobarwnością.

¹⁵ Nadolski A., Abramowicz A., Poklewski T., Kaśinowski A., 1960, *Łęczyckie opactwo Panny Marii w świetle badań z lat 1954-56*, Prace i materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, seria archeologiczna nr 4, str. 41.

Pomimo tego, że w pewnej ilości opracowań o charakterze architektoniczno – archeologicznym surowiec skalny jest zidentyfikowany jako piaskowiec, to sprawa jego proveniencji często jest pomijana lub podawana jest informacja o jego lokalnym charakterze, bez bliższych danych.

Na tle innych budowli romańskich w Polsce, wybrane przez autora do badań kościoły w: Inowłodzu, Rudzie, Strońsku, Sulejowie, Tumie i Żarnowie¹⁶, prezentują bardzo zróżnicowany poziom rozpoznania surowcowego oraz ilości opracowań, których były tematami. Z pewnością najlepiej rozpoznane architektoniczno – archeologicznie są kościoły w: Inowłodzu, p.w. św. Idziego; Sulejowie, p.w. NMP i św. Tomasza Kantuaryjskiego oraz Tumie, p.w. NMP i św. Aleksego. Pozostałe kościoły nie posiadają tak bogatej bibliografii. Należy jednak zaznaczyć, że w ciągu ostatnich kilku lat stały się obiektami intensywnych badań pod kierunkiem L. Kajzera prowadzonych przez Katedrę Archeologii Historycznej Uniwersytetu Łódzkiego oraz Regionalny Ośrodek Badań i Dokumentacji Zabytków w Łodzi.

¹⁶ Pełna bibliografia dla wymienionych budowli jest wymieniona w opracowaniu Świechowskiej E. i Mischke W., 2001, *Architektura romańska w Polsce. Bibliografia*, Wydawnictwo DiG, Warszawa, Inowłódz – str. 34 (15 pozycji), Ruda – str. 107 (7 pozycji), Strońsko – str. 116 (4 pozycje), Sulejów – str. 121, 122 (32 pozycje), Tum – str. 131, 132 (39 pozycji), Żarnów – str. 161 (5 pozycji).

V. Metody badań.

Podstawowym przedmiotem rozważań autora dysertacji jest piaskowiec, zastosowany jako materiał konstrukcyjny oraz zdobniczy w budowlach zabytkowych. Badania zmierzały głównie do uchwycenia różnorodności w typach piaskowców i sposobach ich wykorzystania. Dodatkowo starano się wskazać miejsce pozyskania surowców *in situ* na podstawie analogii cech petrograficznych skał, z próbkami pozyskanymi w terenie. W związku z tym, badania były prowadzone w dwóch płaszczyznach. W pierwszej, zasadniczej, badano surowce skalne budowli. Specyfika obiektów, tj. zabytkowych kościołów, w których konstrukcjach wykorzystano piaskowce, wymagała przed przystąpieniem do pracy uzyskania odpowiednich zezwoleń. Badania prowadzono za bezpośrednią zgodą księży proboszczów, zarządzających kościołami oraz Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków w Łodzi i jego delegatur w Piotrkowie Trybunalskim i Sieradzu, a także pod nadzorem Regionalnego Ośrodka Badań i Dokumentacji Zabytków w Łodzi. Do analiz pobierano niewielkie odłupki skał pochodzące z murów budowli oraz detali architektonicznych. Miejsca w konstrukcjach oraz detale, z których je pobierano zostały uzgodnione z zespołem archeologów i architektów. Ogólnie z budowli pobrano 170 próbek, z których następnie wykonano 111 płytek cienkich, w tym 25 płytek z detali architektonicznych (tab. 2). Plany budowli wraz z naniesionymi miejscami pobrania próbek z murów, a także lokalizacje oraz opisy detali architektonicznych zostały zamieszczone w poszczególnych częściach rozdziału VI dotyczących konkretnych budowli.

Drugą płaszczyznę badań stanowiły piaskowce występujące w odsłonięciach terenowych. Podstawowe kryteria przy wyborze potencjalnych lokalizacji terenowych do rozważań nad pochodzeniem surowców użytkowanych w okresie wczesnego średniowiecza, stanowiły: łatwość pozyskania surowca oraz cechy użytkowe, wśród których za główną przyjęto bloczność. Na podstawie danych literaturowych, analiz materiału kartograficznego m.in. map topograficznych Wojskowego Instytutu Geograficznego w Warszawie¹, Rusland² oraz Mapy Królestwa Kongresowego³ wytypowano 41 miejsc, które są obecnie lub były w czasach historycznych związane z eksploatacją piaskowców. Odsłonięcia terenowe mają zróżnicowane wielkości, począwszy od dużych aktualnie pracujących kamieniołomów, a skończywszy na niewielkich, zaspokajających lokalne potrzeby gospodarskie łomikach. Wśród lokalizacji terenowych wzięto pod uwagę także naturalne wychodnie, bez widocznych obecnie śladów eksploatacji. Jednak, ze względu na dogodnie zaleganie pokładów skał, w czasach historycznych mogły być, choć na niewielką skalę, eksploatowane. W odsłonięciach terenowych pozyskiwano co najmniej 3 próbki, najczęściej jednak 7. Pobierano je ze ścian, gdzie eksploatacja była prowadzona najdawniej.

¹ Mapy wydawane w okresie międzywojennych przez Wojskowy Instytut Geograficzny w Warszawie, w skali 1: 100000, do tej pory uważane są za jedne z najdokładniejszych oraz najlepiej odwzorowujących powierzchnię terenu.

² Mapy topograficzne opracowane na potrzeby I wojny światowej przez Rosjan jako jedno i dwuwiorstówki, wykorzystywane również przez Niemców w nieco pomniejszonej skali 1:100 000 jako Karte des westlichen Rußlands.

³ Mapa Królestwa Kongresowego powstawała w latach 1822-1836 w skali 1:126 000.

Największą ilość próbek pobrano z miejsc o udokumentowanych historycznie tradycjach kamieniarskich m.in.: z okolic Drzewicy, Kunowa, Wąchocka, Szydłowca oraz Żarnowa⁴. Z odsłoneń terenowych łącznie pozyskano ok. 350 prób, z których następnie wykonano 210 płytek cienkich (tab. 2). Starano się, aby z jednej lokalizacji wykonać minimum trzy płytki cienkie. Wykaz miejsc, z których pozyskano próbki piaskowców, ilość wykonanych płytek cienkich oraz pozycję litostratygraficzną zamieszczono w rozdziale VII.

Ogólne zestawienie ilościowe pobranych próbek skał z budowli oraz lokalizacji terenowych, a także wykonanych z nich płytek cienkich oraz stosowanych analiz przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Ilościowe zestawienie pobranych próbek skał, wykonanych z nich płytek cienkich oraz zastosowanych analiz.

	ogółem	budowle	odsłoneńca terenowe
Ilość pobranych próbek	520	170	350
Ilość wykonanych płytek cienkich	321	111	210
Ilość zliczeń planimetrycznych	203	111	92
w tym:			
za pomocą integratora	163	111	52
za pomocą mikrometru okularowego	40	0	40
Ilość analiz XRD	18	18	0
Ilość analiz SEM	15	15	0
Ilość analiz CaCO ₃	14	8	6

Wszystkie próbki pobrane z budowli oraz lokalizacji terenowych zostały poddane oglądowi za pomocą mikroskopu stereoskopowego MST 30, przy powiększeniach 16-24x. Na tej podstawie do dalszych badań zaklasyfikowano tylko część materiału, pomijając próbki wykazujące znaczny stopień zwiertzenia lub, w przypadku materiału pobieranego w terenie, charakteryzujące się znacznym odstępstwem od przeciętnych cech grupy prób pobranych z jednej lokalizacji. Zastosowane w pracy metody badań piaskowców, można podzielić na dwie grupy: metodę podstawową, za pomocą której przebadano wszystkie zaklasyfikowane do analiz szczegółowych próbki skał oraz metody uzupełniające, którymi objęto tylko wybrane próbki.

Fotografie poszczególnych budowli oraz graficzne ilustracje wyników badań, ze względu na dużą ich ilość zostały przedstawione zespołowo na końcu każdego z rozdziałów lub podrozdziałów w których są omawiane.

⁴ Sygietyńska H., 1978, *Kamień w architekturze i rzeźbie Warszawy*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
Urban J., Gagol J., 1994, *Kamieniołomy piaskowców w dawnych ośrodkach górnictwa kamiennego północnej części regionu świętokrzyskiego jako zabytki techniki i przyrody*, Przegląd geologiczny, nr 3, str.193-200.
Praca zbiorowa, 1953, *Przewodnik Wycieczkowy Narady Państwowej Służby Geologicznej*, Państwowy Instytut Geologiczny Warszawa.

V.1. Metoda podstawowa.

Klasyczna mikroskopia optyczna w przechodzącym świetle spolaryzowanym, stanowi od ponad 100 lat, jedną z najważniejszych metod badań petrograficznych. Mimo upływu czasu jest udoskonalana oraz powszechnie wykorzystywana w badaniach petrologicznych na całym świecie. Szczególnie w ostatnich latach, w wyniku dużej dostępności programów komputerowych umożliwiających wieloaspektową analizę obrazów cyfrowych⁵. Jako jedna z najdłużej wykorzystywanych metod analizy w petrografii doczekała się licznych opracowań podręcznikowych. Także w tej pracy wykorzystano ją jako podstawową metodę badań. Poza dużą ilością informacji dotyczących cech budowy wewnętrznej oraz składu mineralnego badanej skały, niezaprzeczalną jej zaletą jest stosunkowo niska cena preparatyki, co nie jest bez znaczenia przy dużej ilości próbek.

W pracy wykorzystano preparaty mikroskopowe wykonane na bazie epoxolu. Żywica, w większości płytek jest barwiona na kolor niebieski, co znacznie ułatwiło określenie kształtu ziarn, a także oznaczenie ilości spoiwa i przestrzeni porowych. Jako główne narzędzie badań wykorzystano mikroskop polaryzacyjny POLMI A firmy Zeiss. Opisy piaskowców, na podstawie analiz płytek cienkich, wraz z klasyfikacją petrograficzną wykonano zgodnie ze wskazówkami zawartymi w podręcznikach do petrografii⁶. Mikroskopową identyfikację minerałów oparto na oznaczeniu podstawowych cech optycznych: sposobie wygaszania światła, barwie, pleochroizmie, współczynniku refrakcji oraz wysokości barwy interferencyjnej. Przy identyfikacji minerałów ciężkich, skamieniałości oraz niektórych cech strukturalno-tektonicznych dodatkowo posiłkowano się barwnymi atlasami⁷. Przy interpretacji charakteru spoiw nieocenione były opracowania z zakresu diagenety piaskowców autorstwa pracowników Pracowni Petrologii Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie⁸.

⁵ Kozłowska A., Kuberska M., 2006, *Zastosowanie metody komputerowego przetwarzania i analizy obrazu w mikroskopowej analizie skał*, Przegląd Geologiczny, nr 8, str. 671-673.

Ratajczak T. (red.), 2005, *Zastosowanie metod stereologicznych i analizy obrazu do opisu cech strukturalno – teksturalnych wybranych odmian skał*, Polskie Towarzystwo Mineralogiczne, Prace Specjalne, Zeszyt 27, Kraków.

⁶ Manecki A., Muszyński M. (red.), 2008, *Przewodnik do petrografii*, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowe – Dydaktyczne, Kraków, str. 216-246.

Maneck A., Parachoniak W., 1981, *Materiały do ćwiczeń z petrografii*, AGH, skrypty uczelniane nr 821, Kraków, str. 7-62.

⁷ Scholle P, Ulmer-Scholle D., 2003, *A Color Guide to the petrography of carbonate rocks: grains, textures, porosity, diagenesis*, AAPG Memoir 77, Oklahoma.

Pracejus B., 2008, *The ore minerale under the microscope. An optical guide*, Atlases in Geoscience, 3.

MacKenzie W.S., Guilford C., 1987, *Atlas of rock-forming minerals in the section*, Pearson Education Limited.

Adams A.E., MacKenzie W.S., Guilford C., 1984, *Atlas of sedimentary rocks under the microscope*, Pearson Education Limited.

⁸ Maliszewska A. (red.), 1999, *Diagenety osadów permu górnego i mezozoiku Kujaw*, Prace Państwowego Instytutu Geologicznego, tom. 158.

Maliszewska A., Kuberska S., Such P., Leśniak G., 1998, *Ewolucja przestrzeni porowej utworów czerwonego spągowca*, Prace Państwowego Instytutu Geologicznego, tom 165, str. 177-194.

Maliszewska A., Kuberska M., 2008, *Spojwa skał górnego czerwonego spągowca w zachodniej części Nizy Polskiego w ujęciu kartograficznym*, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, tom 429, str. 79-90.

Maliszewska A., 1996, *Wybrane zagadnienia diagenety skał klastycznych*, Przegląd Geologiczny, vol. 44, nr 6, str. 586-603.

Analiza płytek cienkich za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego, jako klasyczna, uniwersalna metoda badań petrograficznych, stosowana już od roku 1849⁹, umożliwia wykorzystanie do porównań archiwalnych opisów skał, pochodzących z kamieniołomów już nie funkcjonujących. Doskonałym tego przykładem są charakterystyki piaskowców: starachowickiego i szydlowieckiego, zawarte w pierwszym polskim podręczniku do petrografii autorstwa J. Tokarskiego¹⁰. Analizy płytek cienkich polegały na określeniu następujących cech strukturalno-teksturalnych piaskowców:

- frakcji ziarn szkieletu (podział na frakcje i podfrakcje)¹¹,
- stopnia obtoczenia i kulistości ziarn szkieletu¹²,
- wizualnego stopnia wysortowania osadu¹³,
- rodzajów kontaktów ziarn szkieletu¹⁴,
- rodzajów spoiw pod względem genezy i udziału ilościowego¹⁵,
- uporządkowania składników: warstwowanie, laminacja.

oraz składu mineralnego szkieletu ziarnowego i spoiw. Wszystkie z wymienionych cech można oznaczyć w wyniku bezpośredniej obserwacji mikroskopowej. Jednak w celu uchwycenia, czasami bardzo niewielkich różnic we frakcji, czy innych cechach budowy wewnętrznej dodatkowo wykonano cyfrową rejestrację obrazów mikroskopowych wszystkich płytek cienkich. Preparaty zostały sfotografowane przy polaryzatorach równoległych i skrzyżowanych oraz minimum dwóch powiększeniach obiektywów x2,5; x10. Wykonanie wspomnianych fotografii było możliwe dzięki uprzejmości dr hab. Jacka Michniewicza w Instytucie Geologii Wydziału Nauk Geograficznych i Geologii UAM w Poznaniu na mikroskopie Olympus Provist wyposażonym w kamerę cyfrową oraz prof. dr hab. Anny Maliszewskiej z Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, za pomocą mikroskopu Nikon Optiphot wyposażonego w klasyczny aparat fotograficzny Nikon. W tym ostatnim przypadku filmy ze zdjęciami były skanowane cyfrowo w rozdzielczości minimum 1536x1024 piksele. Cyfrowe obrazy wykorzystano, oprócz licznych porównań, do obliczenia statystycznych wskaźników uziarnienia. Wskaźniki obliczono mierząc, na obrazach cyfrowych za pomocą programu Didger, najdłuższą oś przekroju w minimum 300 ziarnach (95% poziomu

Kozłowska A., 2004, *Diagenеза piaskowców karbonu górnego występujących na pograniczu rowu lubelskiego i bloku warszawskiego*, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, tom 411, str. 5-70.

Kuberska M., 2004, *Diagenеза sadów czerwonego spagowca w strefie Szczecinek – Bydgoszcz (Pomorze Zachodnie)*, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, tom 411, str. 87-150.

⁹ Łapot W., 2004, *Optyka kryształów dla geologów i gemmologów*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, str. 182.

¹⁰ Tokarski J., 1928, *Petrografia ze szczególnym uwzględnieniem Ziemi Polski*, K. S. Jakubowski, Lwów.

¹¹ Manecki A., Muszyński M. (red), 2008, *Przewodnik do petrografii*, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowe – Dydaktyczne, Kraków, str. 217, ramka 3.4.4.

¹² j.w. str. 227, rys. 3.4.10, b). W wielu przypadkach, oznaczenie tych cech było utrudnione, gdyż w wyniku procesów diagenetycznych, kształt obserwowanych ziarn kwarcu uległ zmianom poprzez pojawienie się obwódek rekrytalizacyjnych cementu na ziarnach pierwotnych.

¹³ j.w. str. 226, rys. 3.4.9 a).

¹⁴ j.w. str. 230, rys. 3.4.12.

¹⁵ j.w. str. 231, rys. 3.4.13.

ufności). Ilość ta jest optymalną i zalecaną w mikroskopowej analizie uziarnienia¹⁶. Na podstawie pomierzonych długości, wykorzystując wzory zaproponowane przez Krumbeina, metodą momentów¹⁷ obliczono wykorzystując program Gradistat¹⁸ następujące klasyczne parametry rozkładu wielkości uziarnienia:

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. Średnią średnicę ziarna | $\bar{x}_a = \frac{\sum f m_m}{100}$ |
| 2. Odchylenie standardowe | $\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum f (m_m - \bar{x}_a)^2}{100}}$ |
| 3. Skośność | $Sk_a = \frac{\sum f (m_m - \bar{x}_a)^3}{100 \sigma_a^3}$ |
| 4. Kurtozę | $K_a = \frac{\sum f (m_m - \bar{x}_a)^4}{100 \sigma_a^4}$ |

Wybór metody momentów, związany jest z analizą całego zespołu pomierzonych średnic, a nie tylko wybranych jego części, jak ma to miejsce np. w metodzie Folka i Worda¹⁹.

Prowadzone przez autora dysertacji badania mają charakter petrograficzny, gdzie poprzez opis cech skały, następuje wykazanie ich zróżnicowania i porównanie wyników w obrębie analizowanego zespołu. Z tego powodu autor nie przeliczał uzyskanych wyników na powszechnie wykorzystywane w sedimentologii jednostki w skali Φ . Przeliczenia takie, miałyby swoje uzasadnienie m.in. w przypadku próby określenia genezy utworów, jednak nie stanowi to przedmiotu badań autora. Uzyskane wyniki pomiarów wielkości uziarnienia, pochodzące z badań mikroskopowych, są zaniżone w stosunku do rzeczywistych rozmiarów ziarn, oraz uzyskanych w wyniku analiz sitowych. Często w celu porównania wyników pomiarów uziarnienia analiza mikroskopowa/analiza sitowa stosuje się równania regresji²⁰ lub wyniki pomiarów mikroskopowych mnoży się przez wartość 1,54²¹. Jednak autor, także i w tym przypadku takie przeliczenia uznał za bezzasadne, zważywszy na to, że wszystkie analizy wielkości ziarn piaszczowców budowli oraz porównawcze próbek pobranych z lokalizacji terenowych wykonywane są tą samą metodą i nie ma porównań z analizami uziarnienia pochodzącymi z innych źródeł²². Uzyskane wyniki obliczeń, dla

¹⁶ Ratajczak T., Magiera J., Skowroński A., Tumidajski T., 1998, *Ilościowa analiza mikroskopowa skał*, Wydawnictwa AGH, Kraków, str. 136-140. W skrypcie tym, jako zalecana w mikroskopowej analizie uziarnienia jest ilość 200-500 pomiarów.

Ratajczak T., 2005, *Mikroskopowe pomiary ilościowe skał - rys historyczny*, [w:] *Zastosowanie metod stereologicznych i analizy obrazu do opisu cech strukturalno – teksturalnych wybranych odmian skał*, Polskie Towarzystwo Mineralogiczne, Prace Specjalne, Zeszyt 27, Kraków, str. 9- 19.

¹⁷ Gradziński R., Kostecka A., Radomski A., Unrug R., 1986, *Zarys sedimentologii*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, str. 90.

¹⁸ Gradistat, ver. 4.0, Surface Processes and Modern Environments Research Group, Department of Geology Royal Holloway University of London.

¹⁹ Grzegorzczak M., 1970, *Metody przedstawiania uziarnienia osadów*, Prace Komisji Geograficzno – Geologicznej, tom X, zeszyt 2, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Poznań, str. 33-35.

²⁰ Gradziński R., Kostecka A., Radomski A., Unrug R., 1986, *Zarys sedimentologii*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, str. 90.

²¹ Ratajczak T., Magiera J., Skowroński A., Tumidajski T., 1998, *Ilościowa analiza mikroskopowa skał*, Wydawnictwa AGH, Kraków, str. 138.

²² Jaworowski K., Juskowiak M., 1973, *Metoda punktowa analizy geometrycznej na tle podstawowych zagadnień opisu skał*, Instrukcje i metody badań geologicznych, zeszyt 22, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, str. 15, 16.

poszczególnych parametrów statystycznych, celu znalezienia podobieństw lub wykazania zróżnicowania przedstawiano za pomocą następujących par wskaźników:

- a) średnia średnica/odchylenie standardowe
- b) średnia średnica/skośność

Tego typu diagramy powszechnie wykorzystywane są do prezentacji różnicowania litogenetycznego osadów okruczowo-ilastych²³. Obliczone wartości kurtozy były wykorzystane do porównań z innymi statystycznymi parametrami uziarnienia. Jednak uzyskane wyniki porównań gorzej odzwierciedlają zróżnicowanie w obrębie analizowanego zespołu próbek niż wyżej przedstawione pary wskaźników. Z tego powodu autor zrezygnował z graficznej prezentacji wartości tego parametru, uznając go za mało przydatny w kierunku prowadzonych badań.

W celu wskazania podobieństw obliczonych statystycznych parametrów uziarnienia pomiędzy próbkami surowców budowli, a pobranymi w terenie, wartości obu grup próbek przedstawiono na wspólnych diagramach dla poszczególnych budowli i potencjalnych źródeł surowca. Ponieważ ilość, prezentowanych w ten sposób wartości na diagramach byłaby bardzo duża, autor zdecydował się na przedstawienie, zespołu prób pochodzących z jednego kamieniołomu lub stanowiących jeden sposób zastosowania surowca (np. w murach lub detalach) jako pojedynczy punkt. Wspomniany punkt stanowi wartość mediany, obliczonej z wartości wszystkich pojedynczych próbek. Dodatkowo na wykresach w formie „wąsów” zostały przedstawione wartości odchylenia standardowego dla zespołu próbek (populacji).

W celu wykazania zróżnicowania piaskowców oraz ich klasyfikacji w 203 płytkach cienkich zastosowano ilościową analizę składników metodą punktową (tab. 2). Ogólne założenia tej metody zostały przedstawione w „Instrukcjach i metodach badań geologicznych” Państwowego Instytutu Geologicznego²⁴. W każdej płytce wykonano po 300 zliczeń wszystkich składników skały wzdłuż linii prostych. Do analiz wykorzystano integrator firmy Eltinor (zliczenia w 163 płytkach), oraz mikrometr okularowy w kształcie siatki (zliczenia w 40 płytkach). Dla pozostałych 118 płytek cienkich wykonano szacunkowe oznaczenia ilości poszczególnych składników w skale wykorzystując tablice z wzorcami ilościowymi²⁵. Wyniki zliczeń, dla wszystkich piaskowców budowli, kwarcu (ziarna kwarcu, okruchy kwarcytów oraz skał krzemionkowych), skaleni oraz okruchów skał (w tym detrytycznych mik oraz chlorytów) przedstawiono na odpowiednich trójkątach projekcyjnych dla piaskowców według F. J. Pettijohna z późniejszymi modyfikacjami²⁶. Na potrzeby klasyfikacji skał węglanowych zawierających piasek kwarcowy posłużono się projekcją J. Czermińskiego, w której o pozycji systematycznej danej skały decydują stosunki

²³ Racinowski R., Szczypek T., Wach J., 2001, *Prezentacja i interpretacja wyników badań uziarnienia osadów czwartorzędowych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, str. 111.

²⁴ Jaworowski K., Juskowiak M., 1973, *Metoda punktowa analizy geometrycznej na tle podstawowych zagadnień opisu skał*, Instrukcje i metody badań geologicznych, zeszyt 22, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, str. 8-9.

²⁵ Roniewicz P., 1999, *Przewodnik do ćwiczeń z geologii dynamicznej*, Polska Agencja Ekologiczna S.A., Warszawa, str. 99, ryc. 95.

²⁶ Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R., 1987, *Sand and sandstone*, Springer – Verlag, New Jork.

Manecki A., Muszyński M. (red.), 2008, *Przewodnik do petrografii*, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowe – Dydaktyczne, Kraków, str. 241 ryc. 3.4.17.

ilościowe piasku, węglanów oraz iłu²⁷. W przypadku piaskowców pochodzących z lokalizacji terenowych, ze względu na dużą ilość wyników, przy jednoczesnym niewielkim ich zróżnicowaniu, zrezygnowano z ich prezentacji w formie graficznej, podając nazwę systematyczną dominującego typu piaskowca występującego w danej lokalizacji.

Dodatkowo celem określenia zróżnicowania wśród analizowanych próbek skał pochodzących z budowli określono porowatość skały. Pomiary porowatości w płytkach cienkich wykonano metodą punktową na podstawie 100 zliczeń: skała/pustka, dla każdej płytki. Uzyskane wyniki przedstawiono na diagramach punktowych obrazujących wzajemne stosunki procentowe składników mineralnych skały i przestrzeni porowych.

Oprócz klasycznych badań mikroskopowych, dla 7 polerowanych płytek odkrytych wykonano barwienie powierzchni płynem Evamy'ego²⁸. Dzięki zaistniałym reakcjom barwnym możliwa była identyfikacja faz węglanowych wśród składników szkieletu oraz cementu. Dokumentację fotograficzną wykonano za pomocą mikroskopu biologicznego Nikon Optiphot wyposażonego w cyfrowy aparat fotograficzny, dzięki uprzejmości prof. dr hab. Janusza Maszewskiego z Katedry Cytofizjologii Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego. W celach porównawczych powyższą metodę barwnikową zastosowano również w badaniach na dużych powierzchniach spolerowanych zgładów odłupków pobranych z odsłoneń terenowych.

²⁷ Czermiński J., 1955, *W sprawie klasyfikacji i nomenklatury skał osadowych*, Przegląd Geologiczny, nr 4, str. 202-205.

²⁸ Migaszewski Z., Narkiewicz M., 1983, *Identyfikacja pospolitych mineralów węglanowych przy użyciu wskaźników barwiących*, Przegląd Geologiczny, nr 4, str. 258-261.

V.2. Metody uzupełniające.

Rentgenowska analiza dyfrakcyjna (XRD).

Badania wykonano metodą proszkową w Instytucie Geologii UAM w Poznaniu za pomocą dyfraktometru ARL X'tra firmy Thermo Elektron, dzięki uprzejmości pana mgr Michała Kubiaka. Interpretację dyfraktogramów wykonano w programie WinXRD. Metoda proszkowa wykorzystywana jest od roku 1916²⁹ i znalazła zastosowanie przede wszystkim do identyfikacji związków chemicznych poprzez badanie przemian fazowych, określenie stopnia uporządkowania struktury, wyznaczania stopnia krystaliczności polimerów, czy pomiar wielkości ziarn³⁰. Zastosowanie przedstawionej metody w badaniach minerałów oraz skał zostało szczegółowo omówione w licznych podręcznikach³¹. Autor analizom XRD poddał 18 próbek skał pozyskanych z budowli. Próbkę stanowiły tzw. stopki, czyli materiał pozostały po wykonaniu płytki cieniowej. Każda z nich miała masę większą od 10 gram, przez co ilość materiału do badań była wystarczająca.

Celem przeprowadzonych badań dyfrakcyjnych było potwierdzenie zidentyfikowanych uprzednio, metodą mikroskopii optycznej, faz mineralnych oraz wskazanie innych metodą podstawową nieoznaczonych. Należy jednak zaznaczyć, że wykrywalność minerałów w skałach zwykle waha się w granicach 0,5-30% i jest uzależniona m.in. od symetrii, wielkości i pokroju krystalitów³². Większość analizowanych utworów stanowiła drobnoziarnisty konglomerat polikrystaliczny z dominacją kwarcu (najczęściej jego zawartość przekracza 90%obj. skały). W tej sytuacji może dochodzić do tłumienia refleksów innych faz mineralnych przez kwarc. Dokładna identyfikacja faz minerałów ilastych w piaskowcach, szczególnie o charakterze arenitów, jest znacznie utrudniona ze względu na: niewielką ich ilość, małe rozmiary krystalitów, słaby stopień wykrystalizowania i interstratyfikację³³, a także duże podobieństwo do siebie struktur wszystkich krzemianów warstwowych³⁴. W trakcie przeprowadzonych analiz, wśród tej grupy minerałów udało się oznaczyć wyłącznie kaolinit oraz illit. Zastosowanie analizy dyfrakcyjnej pozwoliło na szczegółowe oznaczenie faz minerałów węglanowych reprezentowanych przez kalcyt, dolomit, ankeryt.

Elektronowa mikroskopia skaningowa (SEM)

Za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego Vega 5135MM firmy Tescan wyposażonego w mikroanalizator rentgenowski EDX Link 300 ISIS firmy Oxford Instruments

²⁹ Penkala T., 1972, *Zarys krystalografii*, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa, str. 170.

³⁰ Cygański A., 1997, *Metody spektroskopowe w chemii analitycznej*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, str. 329-334.

Bojarski Z., Gigla M., Stróż K., Surowiec M., 2001, *Krystalografia*, Wydawnictwa naukowe PWN, Warszawa, str. 350-397.

³¹ Bolewski A., Kubisz J., Manecki A., Żabiński W., 1990, *Mineralogia ogólna*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, str. 313-341.

³² Manecki A., Parachoniak W., 1981, *Materiały do ćwiczeń z petrografii*, AGH, skrypty uczelniane nr 821, Kraków, str. 68.

³³ Borkowska M., Smulikowski K., 1973, *Minerały skałotwórcze*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, str. 338.

³⁴ Łydkka K., 1985, *Petrologia skał osadowych*, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, str. 107.

wykonano 15 analiz piaskowców dzięki uprzejmości dr Krzysztofa Polańskiego z Pracowni Badań Materiałowych Wydziału Fizyki Uniwersytetu Łódzkiego. Szczegółowo zarys metod badań za pomocą tego typu mikroskopu wraz z podaniem jego specyfikacji technicznej został przedstawiony w podręczniku Andrzeja Barbackiego³⁵ oraz w jednym z rozdziałów monografii „Kryształy w przyrodzie i technice” autorstwa Krzysztofa Polańskiego³⁶. Tego typu mikroskopy dają możliwość przeprowadzenia bardzo zróżnicowanych badań w zależności od tzw. modu pracy. Analizami objęto odłupki skalne ze świeżymi powierzchniami przełamania. Półilościowe analizy składu chemicznego wykonano punktowo, wykorzystując mikrosondę (spektrometr) mierzący energię promieniowania rentgenowskiego (EDX). W innym modzie pracy mikroskopu tzw. elektronów elastycznie wstecznie rozproszonych (BSE) możliwa była analiza mikromorfologii powierzchni odłupków skalnych. Ten typ mikroskopu umożliwia taką analizę w warunkach tzw. niskiej próżni, bez potrzeby napyłania warstwą przewodnika (np. złota). Badania topografii powierzchni rozwiniętych (faktograficzne) są powszechnie stosowane w metaloznawstwie, ceramice czy technologiach kompozytowych dostarczając informacji przydatnych do interpretacji własności mechanicznych³⁷. W przypadku piaskowców, badaniami tego typu objęto m.in. zabytkowe rzeźby Warszawy³⁸. Umożliwiły one m.in. identyfikację typów piaskowców, określenie stopnia zniszczenia skały, a także poznanie procesów prowadzących do destrukcji warszawskich pomników.

Oznaczenie CaCO₃ (metoda Scheiblera)

Oznaczenie węgla wapnia zastosowano w stosunku do piaskowców o cementach węglanowych, a także skał stanowiących uzupełnienie pracy – opoki oraz wapienia litotamniowego. Powyższe analizy zostały wykonane w Laboratorium Katedry Badań Czwartorzędu, Wydziału Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego. Podstawy teoretyczne metody przedstawiono w wielu podręcznikach z zakresu gleboznawstwa³⁹. Poza oznaczeniem zawartości CaCO₃, za pomocą mikroskopu stereoskopowego przeprowadzono analizę części nierozpuszczalnych w HCl.

Wyniki badań, które otrzymano stosując przedstawione w tym rozdziale metody, omówiono szczegółowo w kolejnych podrozdziałach rozdziału VI, dotyczących surowców skalnych poszczególnych budowli. Natomiast charakterystyki piaskowców pochodzących z poszczególnych lokalizacji terenowych omówiono w załączniku 2 oraz kolejnych podrozdziałach rozdziału VII.

³⁵ Barbacki A. (red.), 2005, *Mikroskopia elektronowa*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, str. 92.

³⁶ Polański K., 2008, *Analityczna mikroskopia elektronowa w badaniach kryształów* [w:] *Kryształy w przyrodzie i technice*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str. 173-190.

³⁷ Barbacki A. (red.), 2005, *Mikroskopia elektronowa*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, str. 93-97.

³⁸ Jarmontowicz A., Krzywobłocka-Laurów R., Lehman J., 1994, *Piaskowiec w zabytkowej architekturze i rzeźbie*, Biblioteka Towarzystwa Opieki nad Zabytkami, Warszawa.

³⁹ Dobrzański B., Uziak S., 1970, *Rozpoznawanie i analiza gleb*, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa, str. 159-163.

Turski R. (red.), 1986, *Gleboznawstwo, ćwiczenia dla studentów wydziałów rolniczych*, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa, str. 175-179.

VI.1. Inowódz.

Kościół p.w. św. Idziego w Inowłodzu, należy do budowli orientowanych, jednonawowych z wydzieloną od wschodu absydą (ryc. 8, 12). W części zachodniej korpusu mamy emporę, wzniesioną na dwóch przęsłach sklepieniowych wspartych kolumną. Ze względu na emporę, konstrukcja ta zaliczana jest do grupy kościołów z tzw. emporami zachodnimi (należy do niej także kościół w Żarnowie oraz najprawdopodobniej w Rudzie), które są szeroko rozpowszechnione na obszarze Anglii, Niemiec, Czech i Węgier¹. Do ściany zachodniej, od zewnątrz, przylega okrągła wieża, mieszcząca w swym wnętrzu schody na emporę. Pierwotnie kościół mógł być związany z grodem kasztelańskim², a obecnie pełni funkcję kaplicy cmentarnej. Budowla położona jest na lewym, wysokim brzegu rzeki Pilicy, która to w tym miejscu ma odcinek przełomowy (ryc.7). Nieopodal świątyni krzyżowały się ważne wczesnośredniowieczne szlaki komunikacyjne prowadzące z Płocka, Wyszogrodu i Sochaczewa do Skrzynna i Małopolski³. Budowla posadowiona jest na wzniesieniu stanowiącym południową część powierzchni wysoczyznowej zbudowanej z osadów pochodzenia wodnolodowcowego. Zalegają one na utworach jury środkowej, pięter: bajosu górnego oraz batonu i keloweju. Sedymenty bajosu reprezentowane są przez ilowce i mułowce z wkładkami syderytów, a także piaski i piaskowce, natomiast nierozdzielne dwa młodsze piętra są to piaskowce i mułowce oraz ily i wapienie⁴. Wzgórze podcięte jest od strony południowej przez meandrującą rzekę Pilicę, tworząc krawędź strukturalną⁵. W wyniku erozyjnej działalności rzeki odsłonięte zostały warstwy skalne zapadające się w kierunku północnym. U podnóża wzniesienia, od strony zachodniej, północnej oraz południowo – wschodniej widoczne są niewielkie łomiki, odsypy i podłużne rowy, z których w czasach historycznych pozyskiwano piaskowce oraz rudy żelaza. Kościół ze względu na ciekawe położenie, potrzebę istnienia pięknej świątyni w pobliżu letniej rezydencji Prezydenta II RP, stał się przedmiotem licznych opracowań o charakterze architektoniczno– archeologicznym⁶.

Czas powstania budowli oraz charakter fundacji do tej pory jednoznacznie nie zostały określone. Dowodem na fundację kościoła przez osobę Władysława Hermana, w roku 1082, miał być obecnie nie istniejący już napis, który był podobno widziany w kościele jeszcze w

¹ Tomaszewski A., 1974, *Romańskie kościoły z emporami zachodnimi na obszarze Polski, Czech i Węgier*, Wrocław – Warszawa - Kraków – Gdańsk.

² Walicki M. (red.), 1971, *Sztuka Polska przedromańska i romańska do schyłku XIII*, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa.

³ Grzybowski A., 1981, *Kościół św. Idziego w Inowłodzu*, Kwartalnik Architektury i Urbanistyki, R.26, nr 3-4, str. 193-219.

⁴ Trzmiel B., 1986, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, arkusz Tomaszów Mazowiecki (667)*, Państwowy Instytut Geologiczny, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

⁵ Turkowska K., 2006, *Geomorfologia regionu łódzkiego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, załącznik 1.

⁶ Świechowska E., Miszke W., 2001, *Architektura romańska w Polsce. Bibliografia*, Wydawnictwo DiG, Warszawa, str. 34.

XIX w., „wryty na białym kamieniu”⁷. Jednak jego oryginalność jest dyskusyjna. Fundację kościoła należy jednak wiązać z osobą Bolesława Krzywoustego oraz przyjąć czas powstania obiektu na drugą ćwierć XII w.⁸. Świątynia straciła na znaczeniu w momencie wymurowania drugiego kościoła w Inowłodzu, p.w. św. Michała w roku 1520. Pierwsze wzmianki o remoncie mocno już podupadłego obiektu pochodzą z roku 1790. W roku 1849, ze względu na zły stan techniczny, kościół był zupełnie opuszczony i popadał w dalszą destrukcję. Dopiero w 1911 roku przystąpiono do jego odbudowy pod kierownictwem architekta Józefa Piusa Dziekońskiego. Odbudowany został chór muzyczny (empora), górne części ścian w kruchcie pod wieżą oraz arkada podtrzymująca wieżę powyżej chóru. W czasie I wojny światowej budowla została bardzo silnie zniszczona. Zburzono absydę i prawie całą południową ścianę kościoła. Kolejne prace restauracyjne były prowadzone w latach 1924-1926 oraz 1936-1938⁹. Te ostatnie prowadzono z wielkim rozmachem, pod protektoratem prezydentowej Marii Mościckiej. Było to związane z uczynieniem, z tej bardzo silnie zniszczonej w owym czasie budowli, reprezentacyjnej świątyni Prezydenta Polski, który posiadał letnią rezydencję w pobliskiej Spale. Realizację projektu powierzono znanemu architektowi W. K. Hennebergowi, który dodatkowo przeprowadził badania archeologiczne. Odkryte w ich trakcie detale architektoniczne i konstrukcyjne zostały wykorzystane w pracach rekonstrukcyjnych. Część z nich została złożona w lapidarium znajdującym się w zakrystii kościoła, gdzie są przechowywane po dziś dzień. Z pierwotnej budowli romańskiej zachowanych zostało zaledwie 50% ścian wieży, 70% ściany północnej, 80% ściany zachodniej, 15% ściany południowej, natomiast ściana wschodnia wraz z absydą były całkowicie zburzone. Prace rekonstrukcyjne jednak bardzo radykalnie ingerowały w pierwotne mury romańskie oraz całą bryłę kościoła. „Konserwatorstwo wprzęgło się w służbę władzy, zmitologizowanej emporą książęcą i myśliwskimi zamiłowaniem rządców polski od Prezydenta aż do Władysława Hermana”¹⁰. Wynikiem przeprowadzonych prac jest niewiele zachowanych pierwotnych elementów średniowiecznych.

Informacje o surowcu, z którego wzniesiono kościół podają m.in. :

J. Morawiński (1938) – „Jako budulec został użyty kamień kopalny, brany prawdopodobnie z łona wzgórza na którym stoi kościół. Jest to piaskowiec koloru szaro-brunatnego o dużej przymieszce rudy żelaznej.”¹¹,

⁷ Grzybowski A., 1981, *Kościół św. Idziego w Inowłodzu*, Kwartalnik Architektury i Urbanistyki, R.26, nr 3-4, str. 195.

⁸ j.w., str. 203-204.

⁹ Dettlaff P., 2006, *Odbudowa i restauracja zabytków architektury w Polsce 1918-1939. Teoria i praktyka*, Ars vetus et nova, t. XXIII, Kraków, str. 262-266.

¹⁰ Grzybowski A., 1981, *Kościół św. Idziego w Inowłodzu*, Kwartalnik Architektury i Urbanistyki, R.26, nr 3-4, str. 211.

¹¹ Morawiński J., 1938, *Kościół romański Świętego Idziego w Inowłodzu*, Warszawa, str. 5.

A. Grzybowski (1981) - „Podstawowy budulec piaskowcowy, pochodzący z płytowych, wierzchnich złóż miejscowych, był twardszy niż piaskowiec wzięty do wykucia detali.”¹²,

Z. Świechowski (2000) – „Mury świątyni wzniesiono z miejscowego, żelazistego piaskowca...”¹³.

Mury

Pierwotne, średniowieczne mury wzniesiono ze skały o zabarwieniu brunatno-rdzawym (ryc. 9,10). Na powierzchniach niektórych bloczków widoczne są drobne lamelki zbudowane z grubszych ziarn piasku oraz żwirów, niewielkie kawerny pozostałe po rozpuszczonych skamieniałościach, a także fragmenty muszli skorupiaków (ryc. 10). Część ciosów wykazuje oznaki równoległego łuszczenia się skały, w wyniku rozpuszczenia i wypłukania równoległych warstewek minerałów węglanowych (ryc. 10). W niektórych miejscach na powierzchniach skały, utworzyły się wtórne polewy węglanowe. Surowiec, z którego wzniesiono mury, został użyty w formie podłużnych bloczków, o przeciętnych wysokościach 10-20cm. Jednak w narożnikach najczęściej wykorzystano ciosy o znacznie większych rozmiarach. Mur ma strukturę warstwową, gdzie dwie powierzchnie licujące bloczków skalnych są rozdzielone warstwą cieńszych płytek¹⁴. Owe płytki ustawione są w ten sposób, że kolejne warstwy nachylone są w przeciwnych kierunkach, przypominając rybi szkielet i obficie zalane są zaprawą. Ten typ wążku murarskiego jest jednym z najstarszych, gdyż znany był już w starożytnej Grecji i nazywany jest „opus spicatum”. Na zewnętrznej powierzchni lic nie zachowały się ślady pierwotnej kamieniarskiej obróbki (ryc. 10). Widoczne jest zróżnicowanie zabarwienia piaskowców w reliktach budowli średniowiecznej oraz części zrekonstruowanej, której skała jest koloru szaro-brunatnego (ryc. 9). Żywsza kolorystyka elementów średniowiecznych jest następstwem długotrwałej ekspozycji skały na warunki atmosferyczne, które przyczyniły się m.in. do silniejszego uwodnienia i utlenienia związków żelaza. W ten sposób na powierzchni ciosów powstała warstwa rdzawoczerwonych wodorotlenków żelaza. Szczególnie dobrze to barwne zróżnicowanie pierwotnego surowca oraz rekonstrukcji jest widoczne na ścianie południowej, gdzie mur pierwotny zachował się w formie dwóch rdzawo-brązowych „zębów” tkwiących w masie szaro-brązowej (ryc. 9).

Detale architektoniczne

Pierwotne detale architektoniczne, pozyskane w trakcie badań archeologicznych, wykonane są z piaskowca o podobnej do siebie kolorystyce oraz wielkości składników. Z innego piaskowca została wykonana płyta, najprawdopodobniej nagrobna, wtórnie wmurowana w zwieńczenie absydy (ryc. 11). Jest to jasnobieżowy piaskowiec

¹² Grzybowski A., 1981, *Kościół św. Idziego w Inowłodzu*, Kwartalnik Architektury i Urbanistyki, R.26, nr 3-4, str. 215.

¹³ Świechowski Z., 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wyd. DiG, Warszawa, str. 76–78.

¹⁴ j.w.

drobnoziarnisty z dużą ilością toczenców ilastych. Takie struktury, w innych piaskowcach wykorzystanych w inowłódzkiej świątyni, nie występują.

Detale, stanowiące elementy obecnej konstrukcji np. fryz arkadkowy, kolumny i belki łuków biforiów oraz zwieńczeniach okien, zostały zrekonstruowane drobnoziarnistym piaskowcem o zróżnicowanym zabarwieniu, od żółtego przez różowe, miejscami pojawiają się także ciemnobrązowe smugi związków żelaza. Powierzchnie bloków są doskonale obrobione. Krawędzie tych elementów pokryte są licznymi prostopadłymi nacięciami ciosaka o szerokości 1-2cm, tworząc obwiednie, wewnątrz której powierzchnia jest groszkowana. Taki sposób obróbki kamieniarskiej powierzchni piaskowców znany jest z innych budowli romańskich np. w Tumie czy Żarnowie.

Materiał do badań.

Z pierwotnych średniowiecznych murów kościoła pobrano 15 próbek, z których po wstępnych oględzinach do dalszych badań wytypowano 9. W przypadku detali architektonicznych, pobrano próbki, ze wszystkich dwunastu zgromadzonych na zakrystii elementów i poddano je dalszym analizom. Ogólnie, ze skał wykorzystanych w konstrukcji inowłódzkiej świątyni wykonano 21 płytek cienkich do światła przechodzącego, w tym 2 odkryte do analiz SEM oraz barwienia płynem Evamy'ego. Dodatkowo wykonano 7 analiz dyfrakcyjnych, w tym 3 dla próbek skał pochodzących z murów, natomiast 4 dla surowców detali architektonicznych. Badania SEM wykonano dla 2 próbek, które pochodziły z murów budowli. Miejsca pobrania próbek z muru przedstawiono na planie (ryc. 12), natomiast w tabeli 3, zamieszczono wykaz próbek wraz z opisami miejsc, z których je pobrano oraz przeprowadzonymi badaniami. Zdjęcia wszystkich detali, z których pobrano próbki wraz z ich opisem przedstawiono w załączniku.

Ryc. 12. Inowłódz. Plan kościoła, wg. Świechowskiego (2000), z zaznaczonymi miejscami oraz oznaczeniami próbek poddanych badaniom szczegółowym.

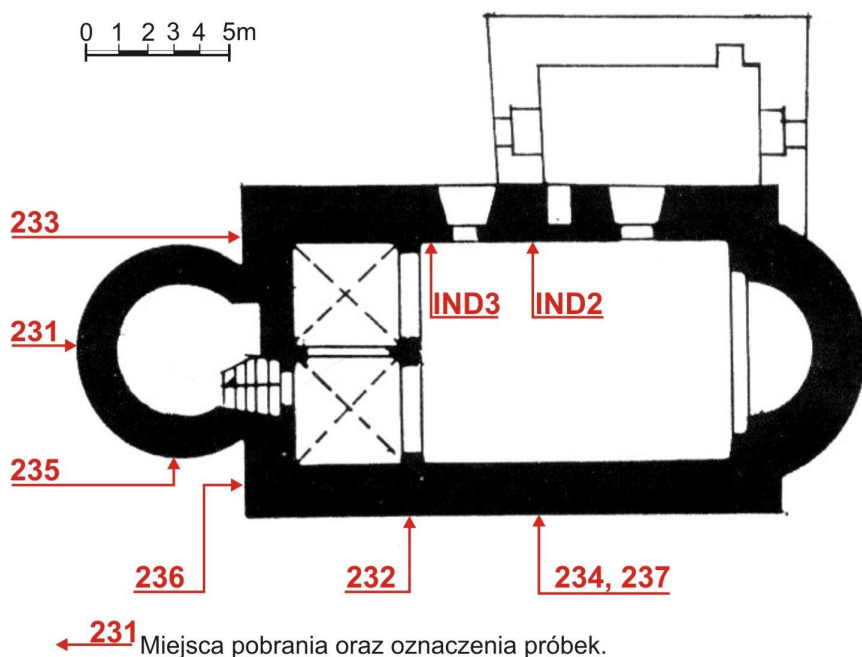


Tabela 3. Oznaczenia próbek, opisy miejsc w budowlu, z których zostały pobrane i detali architektonicznych wraz z badaniami, którym skały zostały poddane.

Mury naziemne budowli							
LP	Symb ol	Miejsce pobrania	Surowiec skalny	Zastosowane metody badań			
				Płytko cienka	XRD	SEM	CaCO ₃
1.	231	zewnątrz, dolna część wieży od strony zachodniej	piaskowiec żelazisty	tak	-	-	tak
2.	232	zewnątrz, lewy „ząb” fragmentu muru od strony południowej	piaskowiec żelazisty	tak	-	-	-
3.	233	zewnątrz, ściana zachodnia nawy, lewa strona przy wieży	piaskowiec żelazisty	tak	-	-	-
4.	234	zewnątrz, prawy „ząb” fragmentu muru od strony południowej	piaskowiec żelazisty	tak	tak	-	-
5.	235	zewnątrz, dolna część wieży od strony południowej	piaskowiec żelazisty	tak	-	-	tak
6.	236	zewnątrz, ściana zachodnia nawy, prawa strona przy wieży	piaskowiec żelazisty	tak	-	tak	-
7.	237	zewnątrz, prawy „ząb” fragmentu muru od strony południowej	piaskowiec żelazisty	tak	-	-	-
8.	Ind2	wewnątrz, ściana północna, dolna część muru, przy wejściu na zakrystię	piaskowiec żelazisty	tak	tak	tak	tak
9.	Ind3	wewnątrz, ściana północna pod emporą, dolna część muru	piaskowiec żelazisty	tak	tak	-	-
Detale konstrukcyjne i zdobnicze							
LP	Symb ol	Lokalizacja oraz nazwa detalu	Surowiec skalny	Zastosowane metody badań			
				Płytko cienka	XRD	SEM	CaCO ₃
10.	1	zakrystia, kapitel kolumnienki z biforium ozdobiony „hermanowską” plecionką	piaskowiec kwarcowy	tak	tak	-	-
11.	2	zakrystia, element z liściem	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
12.	3	zakrystia, fragment końcowy kolumnienki z biforium	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
13.	4	zakrystia, gzyms	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
14.	5	zakrystia, fragment portalu?	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
15.	7	zakrystia, fragment z profilem	piaskowiec kwarcowy	tak	tak	-	-
16.	8	zakrystia, fragment końcowy kolumnienki z biforium	piaskowiec kwarcowy	tak	tak	-	-
17.	9	zakrystia, element górnej części gzymsu wieńczącego	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
18.	10	zakrystia, mniejszy fragment z wałkiem	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
19.	11	zakrystia, fragment pierwotnej płyty posadzkowej w jodełkę	piaskowiec kwarcowy	tak	tak	-	-
20.	12	zakrystia, fragment bazy kolumny empory	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
21.	13	zakrystia, element fryzu arkadowego wieży	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-

Wyniki analiz.

Mury

Objęte badaniami próbki skał pochodzących z murów, charakteryzują się bardzo zbliżoną szaro-brązową barwą. Na świeżej powierzchni przełamu widoczne są ziarna kwarcu, fragmenty skamieniałości oraz wypełnienia sporadycznie występujących, niewielkich pustek skalnych rdzawoczerwoną substancją pylastą. Wszystkie analizowane skały, na świeżym przełame, wykazywały silną reakcję z 10% HCl. Na powierzchni wytrawionej kwasem uwidaczniają się nierozpuszczalne składniki skały w postaci ziarn kwarcu oraz koncentracji związków żelaza. Podstawowe cechy petrograficzne analizowanych skał, zaobserwowane w trakcie badań mikroskopowych zostały przedstawione w tabeli 4.

Objaśnienia skrótów do tabeli 4.

Poszczególne cechy oraz składniki skały wymienione są w kolejności poczynając od najintensywniejszej cechy lub najliczniejszego składnika.

- (1) **Kwarc**, w formie ziarn: **mk** – monokrystalicznych, **pk** – polikrystalicznych; **roz** – widoczne efekty rozpuszczania, **k** – ziarna spękanе;
- (2) **Skalenie**: **pl** – plagioklasy, **al** – alkaliczne (bez widocznych zbliźniczeń), **mi** – mikroklin, **roz** – widoczne efekty rozpuszczania;
- (3) **Łyszczyki**: **mu** – muskowił, **ar** – widoczne efekty argilizacji;
- (4) **Litoklasty**: **mu** – okruchy mułowców;
- (5) **Bioklasty**: no – nieoznaczalne fragmenty elementów szkieletowych;
- (6) **Minerały ciężkie przezroczyste**: **cr** – cyrkon, **tu** – turmalin, **ru** – rutil, **hr** – hornblenda;
- (7) **Minerały ciężkie nieprzezroczyste**: **mg** – magnetyt, **il** – ilmenit, **fe** – nieoznaczone tlenki żelaza;
- (8) **Stopień obtoczenia**, wg Powersa 1953 (vide Ryka, Maliszewska 1991): 0- bardzo ostrokrawędziste, 1- ostrokrawędziste, 2- kanciaste, 3- półobtroczone, 4- obtroczone, 5- bardzo dobrze obtroczone;
- (9) **Kontakty ziarn**: **pk** – punktowe, **pr** – proste, **ww** – wklęsło wypukłe, **bk** – brak kontaktu;
- (10) **Skład mineralny spoiw**: **kw** – kwarcowe, **il** – ilaste, **ze** – żelaziste, **we** – węglanowe,
Rodzaj spoiwa ze względu na ilość: **ko** – kontaktowe, **pr** – porowe, **pd** – podstawowe, **ob** – obiegające o charakterze filmu;
Typ spoiwa pod względem wykształcenia: **re** – regeneracyjne, **sp** – sparytowe, **mSP** – mikrosparytowe;
- (11) Średnia zawartość CaCO₃ z trzech analiz.

Wykonane analizy planimetryczne wykazały zawartość minerałów węglanowych w granicach od 31,82% (płytką IND2), do 84,60% (płytką 235), dając średnią 67,80%. Wartości te pozwalają na zaliczenie analizowanej grupy surowców skalnych do skał węglanowych. Składniki ziarnowe nieszkieletowe występują w ilości od 14,76% (płytką 235) do 68,18 (płytką IND3). Ziarna ich najczęściej nie posiadają kontaktów. W mniejszej ilości widoczne są kontakty punktowe, a sporadycznie proste. Ziarna nieszkieletowe reprezentowane są głównie przez kwarc, który występuje we wszystkich próbkach w ilości od 14,12% (płytką 235) do 69,64% (płytką IND3). Ziarna jego są głównie monokrystaliczne, normalnie wygaszające światło. Jednak we wszystkich płytkach cienkich dodatkowo, w znacznie mniejszej ilości, widoczne są także ziarna polikrystaliczne. Najczęściej ziarna są okrągłe, kanciaste, rzadziej ostrokrawędziste i półobtroczone. Wiele osobników nosi ślady spękań. Na obwodzie prawie wszystkich ziarn widoczne są ślady korozji, rozpuszczania. W niektórych ziarnach kwarcowych płytki 234 widoczne są dobrze rozwinięte obwódki kwarcu autigenicznego. Obliczone wartości statystycznych parametrów uziarnienia dla składników szkieletu zostały przedstawione w tabeli 4. Wielkości średnich średnic ziarn w analizowanej grupie skał wahają się od 0,145mm (płytką IND3) do 0,237mm (płytką 231), natomiast wartości odchylenia standardowego zawierają się w wąskim przedziale od 0,056mm (płytką IND3) do 0,089mm (płytką 232). Wartości pozostałych parametrów wynoszą, dla skośności od 0,0003mm (płytką IND3) do 0,0010mm (płytki 231 i 232), natomiast kurtozy od 0,0028mm (płytką 236) do 0,0050mm (płytką 232). Powyższe wyniki obliczonych parametrów statystycznych wskazują na zawartość, w analizowanych skałach węglanowych, kwarcu o zbliżonych rozmiarach oraz stosunkowo dobrze wysortowanego. Zawartość pozostałych

ziarnowych składników nie węglanowych jest niewielka, najczęściej nie przekracza 1%. Skalenie występują we wszystkich płytkach. Reprezentowane są głównie przez odmiany alkaliczne (we wszystkich płytkach za wyjątkiem 233). Zidentyfikowane ziarna mikroklinu, charakteryzowały się bardzo dobrze widocznymi strefami kratkowych zbliźniczeń. Tylko w jednej płytce (232) widoczne jest ziarno skalenia alkalicznego bez charakterystycznych zbliźniczeń. Plagioklasy występują w mniejszej ilości (płytki 232, 233, IND2) i łatwo są rozpoznawalne po zbliźniczeniach polisyntetycznych. Wszystkie ziarna skalenia wykazują ślady silnego rozpuszczania. Łyszczki zostały stwierdzone w sześciu płytkach (nieznaczono mik w płytkach: 232, 234 oraz 237). Minerale tej grupy reprezentowane są przez muskowit w postaci pojedynczych bardzo silnie powyginanych i rozwarstwionych zespołów blaszek o żywych barwach interferencyjnych. We wszystkich płytkach na powierzchniach blaszek widoczne są kryptokrystaliczne konglomeraty ilaste będące efektami zachodzących procesów argilizacji. Minerale ciężkie, przezroczyste oznaczono w czterech płytkach: 234, 236, 237, IND3. Są to pojedyncze ziarna cyrkonu i rutylu oraz jedno hornblendy. Kolejną grupę zidentyfikowaną we wszystkich płytkach stanowią minerale nieprzezroczyste reprezentowane przez magnetyt i ilmenit. Minerale te występują w ziarnach mniejszych od pozostałych składników szkieletu i są równomiernie rozproszone w masie skały. Dodatkowo widoczne są w obrazie mikroskopowym liczne niewielkie, z częściowo zachowanymi granicami ziarna nieprzezroczyste konglomeraty kryptokrystaliczne, stanowiące najprawdopodobniej pseudomorfozy wodorotlenków żelaza po tlenku – magnetycie. Kolejną grupą ziarnistych składników badanych skał są bioklasty. Oznaczone w płytkach 231, 233, 234, IND2, IND3 fragmenty szkieletowe zbudowane są z minerałów węglanowych i charakteryzują się bardzo słabym stopniem zachowania, co uniemożliwia ich oznaczenie. Pierwotne składniki mineralne uległy daleko posuniętym procesom rekrytalizacji oraz metasomatozy, polegającej na dostawie magnezu i żelaza w obręb elementów kalcytowego lub aragonitowego szkieletu, powodując powstanie nowych faz węglanowych.

Omówione wyżej składniki ziarniste tkwią w masie podstawowej, którą stanowi spoiwo węglanowe o charakterze cementu w postaci sparytu, miejscami mikrosparytu. Jest on wykształcony w formie kryształów eu- i subhedralnych o rozmiarach zbliżonych do ziarn kwarcu (ryc. 17). Bardzo często w trakcie obserwacji mikroskopowych widoczna jest tzw. „jaszczurowata powierzchnia”, która stanowi cechę charakterystyczną dla przekrojów minerałów o współczynnikach refrakcji większych od 1,7 (m.in. syderytu)¹⁵. W centralnych częściach większości kryształów oraz wzdłuż płaszczyzn łupliwości widoczna jest koncentracja znacznej ilości słabo przezroczystych, kryptokrystalicznych związków żelaza

¹⁵ Łapot W., 2004, *Optyka kryształów dla geologów i gemmologów*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, str. 206.

(ryc. 17). Takie wystąpienia są typowe dla ankerytu i syderytu¹⁶. Na podstawie powyższego, widać duże zróżnicowanie składu mineralnego cementu węglanowego. Aby przestrzennie zobrazować jego zmienność zastosowano barwienie odkrytej części płytki cienkiej płynem Evamy'ego. W wyniku reakcji barwnych, wśród minerałów węglanowych zidentyfikowano w płytce IND3: syderyt, ankeryt, dolomit żelazisty, kalcyt żelazisty, kalcyt (ryc. 19). Mieszanka dolomitu żelazistego i ankerytu stanowi podstawowy składnik cementu. Częściowe potwierdzenie wcześniejszej identyfikacji faz węglanowych mamy w badaniach rentgenostrukturalnych. W próbkach 234, IND2, IND3 stwierdzono, oprócz kwarcu, następujące minerały węglanowe: kalcyt magnezowy, dolomit, ankeryt (ryc. 23). Analizy SEM BSE fizjonomii cementu na powierzchni przełamu skały wykazują ślady romboedrycznej łupliwości charakterystycznej dla minerałów węglanowych (ryc. 16,18). Dodatkowo wykonane punktowe analizy chemiczne SEM EDX z powierzchni przełamu (ryc. 18), wskazują na występowanie minerałów węglanowych o znacznej zawartości magnezu (MgO 8,04-11,33%) oraz żelaza (Fe_2O_3 5,25-6,65%). Stosunki ilościowe magnezu do żelaza pomierzone w poszczególnych punktach (ryc. 18) przedstawiają się następująco: pkt 1 – 1,34, pkt 2 – 1,86, pkt 3 – 1,25. Ponieważ stosunki magnezu do żelaza są mniejsze od 4 to cementem w badanych skałach jest ankeryt¹⁷. Jako uzupełnienie powyżej przedstawionych badań skał węglanowych, dla próbki IND2 wykonano analizę zawartości $CaCO_3$ metodą Scheiblera. Średnia zawartość tego węglanu w poszczególnych próbkach (231, 235, IND2) waha się od 12,7; 21,3; 23,7% obj. Materiał nie rozpuszczony stanowiły ziarna kwarcu, skaleni, pojedyncze konglomeraty krystaliczne o połysku metalicznym, magnetyczne oraz kryptokrystaliczne, silnie porowate okruchy nie oznaczonej substancji.

Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe cechy, autor pracy, zdecydował się na zastosowanie w celu określenia nazwy systematycznej badanych skał, klasyfikacji dla najpospolitszych typów skał osadowych zaproponowanej przez Czermińskiego¹⁸. Pozycja systematyczna analizowanych skał została przedstawiona na trójkącie projekcyjnym na rycinie 15. Punkty projekcyjne znalazły się w polach zarezerwowanych dla: wapieni silnie piaszczystych, wapieni słabo piaszczystych oraz piaskowców silnie wapnistych. Uwzględniając charakter mineralny spoiwa - ankeryt, będącego podstawowym składnikiem analizowanych skał, nazwy systematyczne omawianych skał to: ankeryty silnie piaszczyste (płytki 236, IND 2, 231, 237, 234), ankeryty słabo piaszczyste (płytki 232, 233, 235) oraz piaskowce silnie ankerytowe – płytka IND 3. Podsumowując, surowce skalne, z których wzniesiono pierwotny, romański mur kościoła p.w. św. Idziego w Inowłodzu należy zaliczyć do zróżnicowanych litologicznie skał węglanowych o charakterze ankerytytów.

¹⁶ Borkowska M., Smulikowski K., 1973, *Minerały skałotwórcze*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, str. 111, 114.

¹⁷ j.w. str. 109.

¹⁸ Czermiński J., 1955, *W sprawie klasyfikacji i nomenklatury skał osadowych*, Przegląd Geologiczny, nr 4.

Detale.

Już na poziomie oględzin makroskopowych surowca detali architektonicznych, widać że zastosowano inny niż w murach rodzaj skały. Mamy tutaj do czynienia z typowym piaskowcem. W wyniku kilkusetletniego przebywania detali architektonicznych w ziemi, zabarwienie skał, z których je wykonano uległo daleko idącym zmianom. Obecnie kolorystyka świeżej powierzchni przełamu surowca detalu, znacznie różni się od barw obserwowanych na powierzchni zewnętrznej. Za tak radykalną zmianę kolorystyki odpowiada duża zawartość żelaza w skałach budujących wzgórze, na którym posadowiony jest kościół. Świeża powierzchnia przełamu piaskowca jest jasnobieżowa, z występującymi punktowo niewielkimi, ciemniejszymi plamkami oraz podłużnymi, cienkimi prawie czarnymi lamelkami. Wyjątki stanowią próbki: 9 - o barwie jasnoszarej oraz 11, w przypadku której, piaskowiec jest śnieżnobiały. Żadna z analizowanych próbek piaskowców nie wykazała reakcji z HCl. Badane skały, w obrazie mikroskopowym, prezentują utwory podobne do siebie pod względem cech budowy wewnętrznej oraz składu mineralnego (tab. 4, ryc. 21,22). Zbudowane są ze szkieletu ziarnowego związanego niewielką ilością spoiwa. Pomierzone wielkości średnich średnic ziarn, wahają się od 0,109mm w płytce 1, do 0,279mm w płytce 9, natomiast wartości odchylenia standardowego zawierają się w granicach od 0,040mm (płytki 1) do 0,269mm (płytki 7). Skośność przyjmuje wartości od 0,0001mm (płytki 10) do 0,0044mm (płytki 7). Wartości ostatniego z podstawowych parametrów statystycznych wykorzystywanych do charakterystyki rozkładu wielkości ziarn tj. kurtozy wahają się w granicach od 0,0022mm (płytki 10) do 0,0241mm (płytki 7). Wzajemne stosunki wymienionych parametrów statystycznych zostały przedstawione na rycinie 13. Wśród prezentowanego zespołu wyników widoczna jest grupa trzech piaskowców (płytki 1,7,9), która uzyskała wartości znacznie odbiegające od pozostałych. Zawartość porów w badanych piaskowcach (ryc. 14) waha się od 6,0% (płytki 11) do 25,6% (płytki 8).

Wszystkie analizowane płytki prezentują drobno i średnioziarniste piaskowce charakteryzujące się wizualnie, wysokim stopniem wysortowania. Fotografie dwóch płytek cienkich piaskowców (1 i 11), prezentowane są na rycinach 21 i 22. Ziarna budujące szkielet są okrągłe, najczęściej kanciaste i ostrokrawędziste. Jedynie w płytce 11, zaznacza się większy udział ziarn półobtoczonych. Kontakty pomiędzy ziarnami najczęściej są proste i punktowe. Składniki szkieletu ziarnowego reprezentowane są głównie przez kwarc. Występuje on głównie w ziarnach monokrystalicznych. Ziarna polikrystaliczne widoczne są we wszystkich płytkach za wyjątkiem piaskowca płytki 4. Cechą charakterystyczną wielu ziarn kwarcu są widoczne na krawędziach wielu ziarn ślady rozpuszczania (ryc. 21). W dużej ilości ziarn widoczne są liczne, drobne wrostki mineralne oraz cienki, nieprzezroczysty film stanowiący granicę pomiędzy ziarnem pierwotnym, a cementem. Litoklasty są składnikami sześciu płytek i reprezentowane są przez okruchy mułowców. Minerale ciężkie przezroczyste

występują we wszystkich próbkach piaskowców za wyjątkiem płytki 2. Asortyment ich jest bardzo zbliżony i reprezentowany głównie przez ziarna cyrkonów i turmalinu, podrzędnie rutylu oraz w płytce 13 oznaczono pojedyncze ziarno hornblendy. Minerale te są równomiernie rozproszone w masie skały, w formie pojedynczych ziarn. Kolejną grupę składników szkieletu stanowią minerały nieprzezroczyste. Występują we wszystkich płytkach, w formie licznych nieregularnych, kryptokrystalicznych konglomeratów związków żelaza oraz pojedynczych ziarn magnetytu i ilmenitu. Wyjątek stanowi piaskowiec płytka 11, w którym ta grupa minerałów reprezentowana jest wyłącznie przez pojedyncze ziarna ilmenitu i magnetytu. Łyszczyki są składnikami większości badanych piaskowców, natomiast wyjątki stanowią płytki 1,5. Grupa tych minerałów reprezentowana jest wyłącznie przez muskowit. W większości przypadków na zespołach blaszek widoczne są efekty argilizacji. Skalenie stwierdzono tylko w dwóch płytkach. Jeden mały fragment trudny do dokładnego oznaczenia, najprawdopodobniej skalenia alkalicznego (płytki 1), oraz jedno ziarno mikroklinu zidentyfikowano w płytce 11.

Spoivo charakteryzowanych piaskowców jest bardzo skąpe. We wszystkich płytkach cienkich widoczne jest spoivo kwarcowe. Wykształcone jest ono w postaci cementu i ma charakter regeneracyjny. Pierwotne ziarna kwarcu detrytycznego, w wielu przypadkach obleczone są cienkim filmem związków żelaza, co ułatwia identyfikację kwarcu cementacyjnego. Obwódki rekrytalizacyjne tylko w niektórych ziarnach mają dobrze wykształcone elementy morfologii kryształów kwarcu autogenicznego (ryc. 21,22). Grubości obwódek są zróżnicowane w obrębie płytki. Drugim, powszechnie występującym w analizowanych skał lepiszczem jest spoivo żelaziste. Nie występuje ono tylko w płytce 11, dzięki czemu barwa tego piaskowca jest śnieżnobiała. Spoivo żelaziste stanowią słabo przezroczyste, trudne do identyfikacji, na podstawie badań optycznych, kryptokrystaliczne agregaty związków żelaza. Występują one najczęściej na kontaktach ziarn, a czasami także tworzą obwódki o charakterze filmu. Ostatnim z występujących spoiw jest spoivo ilaste oznaczone w pięciu płytkach. Wykształcone jest ono głównie na kontaktach ziarn, w postaci skrytokrystalicznej, rzadziej drobno włóknistych spilśnionych agregatów. W wielu przypadkach dwa ostatnie z wyróżnionych spoiw występują wspólnie tworząc spoivo mieszane.

Jako uzupełnienie wykonano analizy XRD piaskowców próbek 1, 7, 8 oraz 11. Jednak przeprowadzone badania, nie wniosły żadnych informacji o składzie mineralnym charakteryzowanych piaskowców, potwierdzając tylko udział w ich składzie kwarcu. Jest to spowodowane zaledwie minimalną ilością składników niekwarcowych analizowanych piaskowców.

Pozycję systematyczną badanych piaskowców, przedstawiono za pomocą trójkąta projekcyjnego na rycinie 20. Wszystkie analizowane skały, na podstawie obliczonych

stosunków ilościowych kwarcu, skaleni oraz litoklastów znalazły się w polu projekcyjnym arenitów kwarcowych. Po uwzględnieniu wcześniej przedstawionych cech budowy wewnętrznej i składu mineralnego badane piaskowce należy zaliczyć do drobno- i średnioziarnistych arenitów kwarcowych o spoiwach: kwarcowym, żelazistym, ilastym. Tylko w przypadku utworów płytki 11, mamy do czynienia ze średnioziarnistym arenitem kwarcowym o spoiwach: kwarcowym, ilastym.

Wnioski

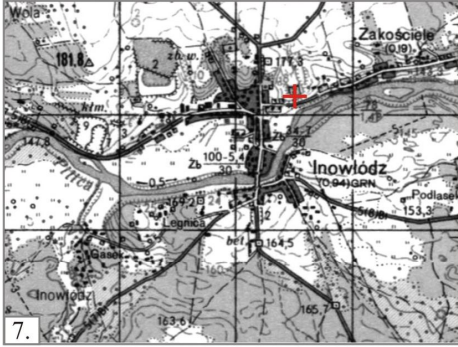
Kościół p.w. św. Idziego w Inowłodzu wzniesiono z wykorzystaniem dwóch podstawowych rodzajów skał. Pierwszy z nich, zastosowany wyłącznie w murach świątyni, reprezentowany jest przez skały węglanowe o charakterze piaszczystych ankerytytów oraz piaskowców ankerytowych. Niewielkie różnice litologiczne, występujące w obrębie analizowanych skał, są typowe dla tego typu osadów. Zróżnicowanie to jest również spowodowane zachodzącymi w charakteryzowanych skałach lokalnie procesami metasomatycznymi. Dostatecznie duża zwięzłość i twardość tych skał, przy jednoczesnym zróżnicowaniu litologicznym, a także występowanie w złożu w formie niewielkiej miąższości pokładów, o czym mogą świadczyć stosunkowo małej wysokości ciosy w murze, powodowało, że był to surowiec nie nadający się na detale architektoniczne. Także szarobrazowa barwa świeżej skały nie podnosiłaby walorów dekoracyjnych wykonanych z niej detali architektonicznych. Dwudziestowieczną rekonstrukcję murów kościoła przeprowadzono takim samym rodzajem skały, jaki był zastosowany w budowni pierwotnej. Należy zaznaczyć, że pozycja systematyczna tej grupy skał odbiega od dotychczas prezentowanych charakterystyk surowca, określanego ogólnie jako piaskowiec lub piaskowiec żelazisty.

Drugi typ surowca skalnego wykorzystany w inowłodzkim kościele to piaskowiec. W pierwotnych, romańskich detalach architektonicznych wykorzystano przynajmniej dwa rodzaje tej skały. Detale zdobnicze, takie jak: kolumnienki i ich elementy, gzymsy, fragment ozdobiony liściem, element portalu wykonano z jasnobieżowych piaskowców o charakterze drobno- i średnioziarnistych arenitów kwarcowych o spoiwach: kwarcowym, żelazistym, ilastym. Jedynie płytę posadzkową (płytki 11) wykonano ze śnieżnobiałego, średnioziarnistego arenitu kwarcowego o spoiwach: kwarcowym i ilastym. Kwestią nierozstrzygniętą pozostaje, czy owa płyta rzeczywiście stanowi fragment pierwotnej posadzki. Przemawia za tym jej kształt oraz charakterystyczny sposób obróbki piaskowca w „jodełkę”. Jeżeli jednak rzeczywiście byłby to element posadzki to takich płyt lub ich fragmentów powinno być znacznie więcej. Do tej pory jednak nie zostały odkryte w trakcie prowadzonych w obrębie kościoła i jego najbliższej okolicy badań archeologicznych. Nie jest również wykluczone, że powyższy element stanowi fragment płyty białego piaskowca, na

którym miała być wryta inskrypcja mówiąca o fundacji kościoła¹⁹. Ponieważ co do autentyczności inskrypcji były wątpliwości, nie jest wykluczone, że mogła w trakcie kolejnej przebudowy zostać pokryta „jodełką”. Surowce wykorzystane w dwudziestowiecznej rekonstrukcji detali oraz w płycie nagrobnej z krzyżem, na podstawie oględzin makroskopowych stanowią inne typy piaskowców, niż te wykorzystane w pierwotnej średniowiecznej konstrukcji.

¹⁹ Grzybowski A., 1981, *Kościół św. Idziego w Inowłodzu*, Kwartalnik Architektury i Urbanistyki, R.26, nr 3-4, str. 195, 196.

VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO



Ryc. 7. Inowłódz. Położenie kościoła p.w. św. Idziego (czerwony krzyżyk) na mapie topograficznej w skali 1:50 000.

Ryc. 8. Inowłódz. Widok ogólny budowli od strony południowo - wschodniej.

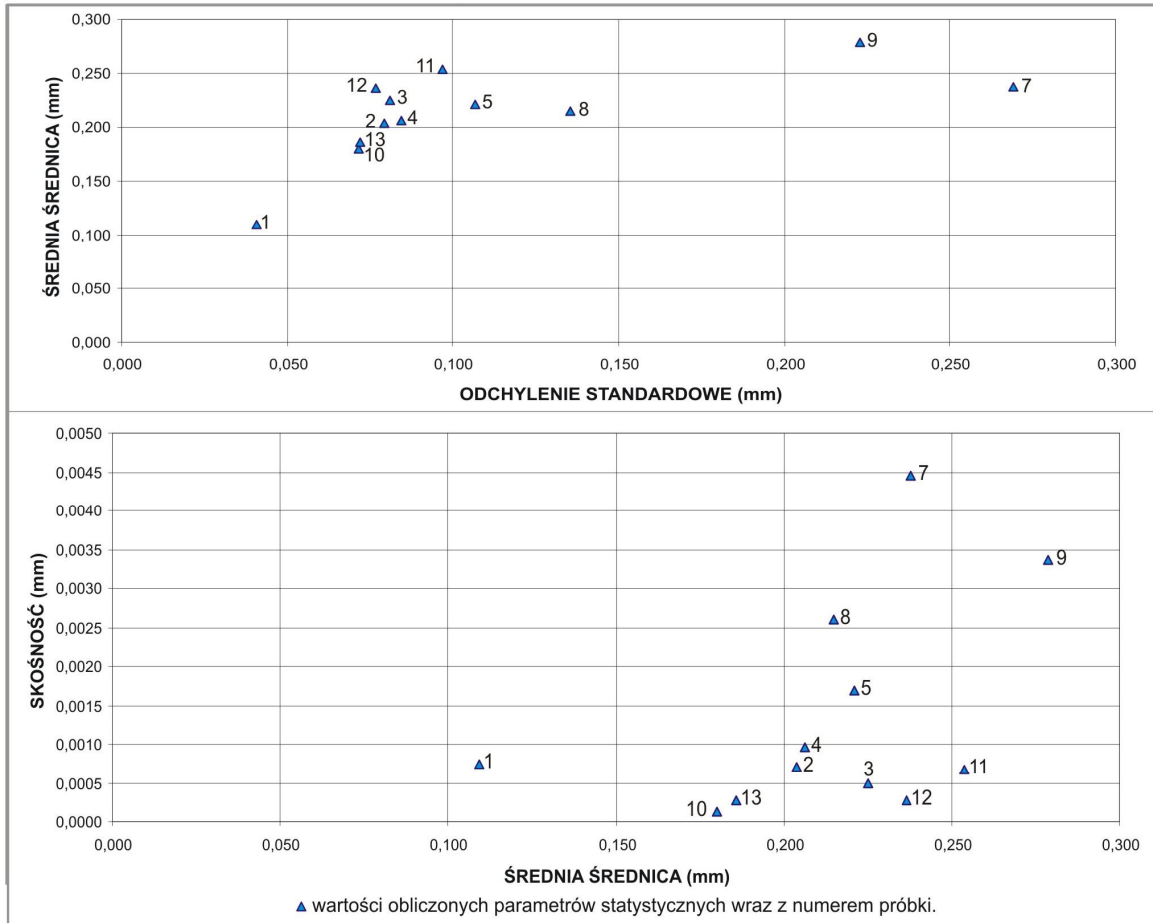
Ryc. 9. Inowłódz. Fragment muru ściany południowej, wzniesiony z różnej wielkości ciosów. Widoczne są dwie barwy skały: rdzawa - pierwotny mur romański brązowa - mur rekonstruowany. Pustki w murze są pozostałościami po drewnianych moculcach.

Ryc. 10. Inowłódz. Powierzchnia jednego z ciosów z ukruszonym narożnikiem. Widoczne jest zróżnicowanie frakcyjne składników skały, a także jasne żyłki mineralów węglanowych. Dzięki uszkodzonej powierzchni widoczna jest pierwotna brązowa barwa skały, która w partiach zewnętrznych przechodzi w rdzawą. Charakterystyczny jest brak śladów obróbki ciosów.

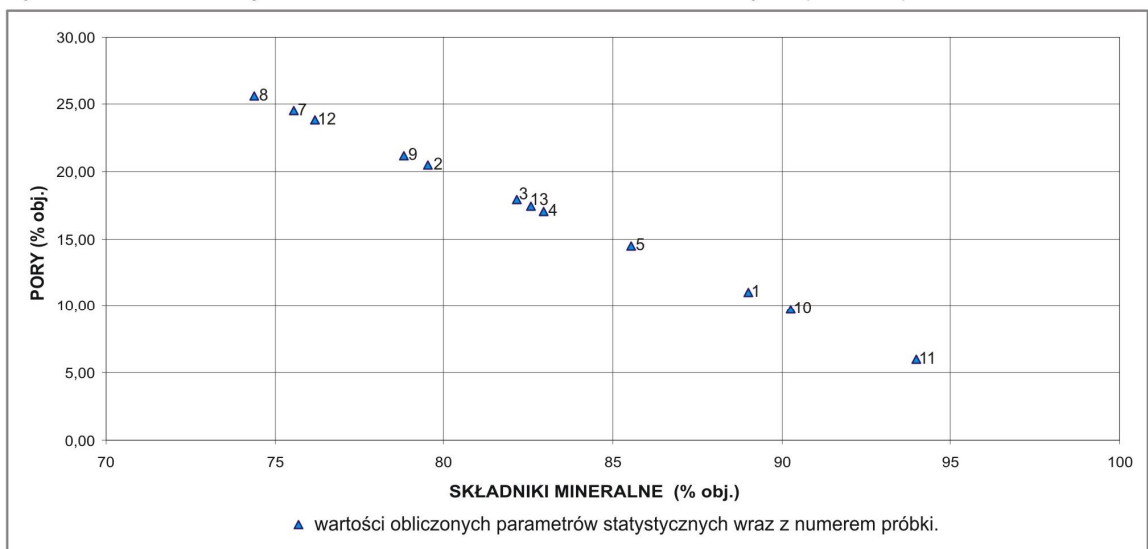
Ryc. 11. Inowłódz. Piaskowcowa płyta z krzyżem, wtórnie użyta w zrekonstruowanej absydzie. Na powierzchni piaskowca, do którego obróbki użyto ciosaka, widoczne są białe toceńce ilaste.

VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO

Ryc. 13. Inowłódz. Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia detali architektonicznych.

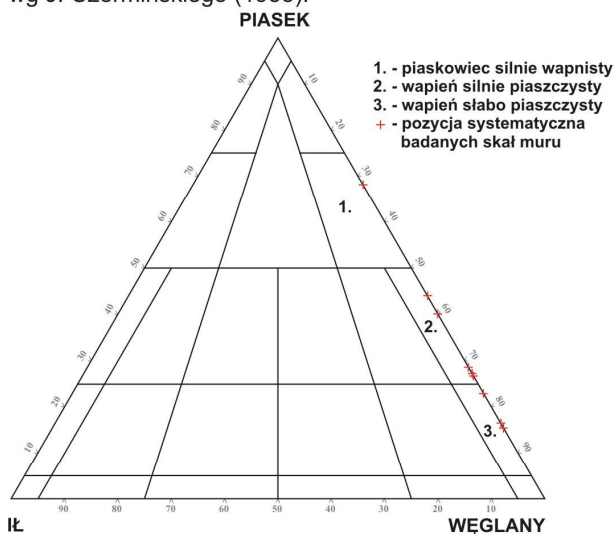


Ryc. 14. Inowłódz. Wzajemne stosunki zawartości składników mineralnych i porów w piaskowcach detali.

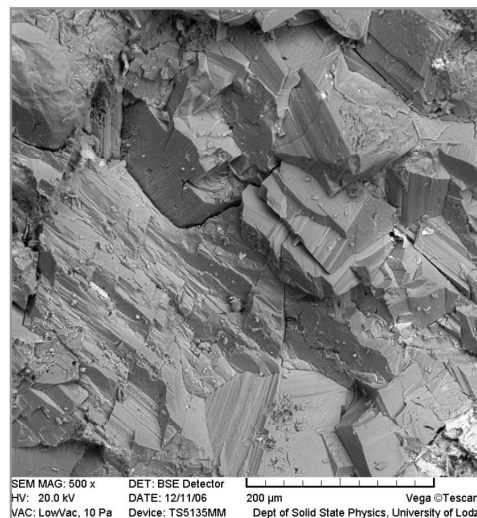


VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO

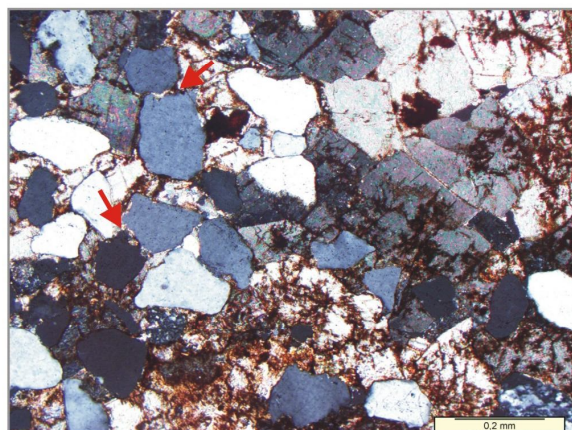
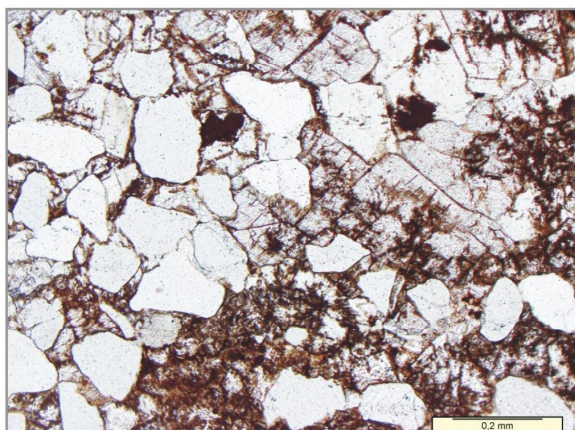
Ryc. 15. Inowłódz. Pozycja systematyczna skał murów na tle klasyfikacji najpospolitszych skał osadowych wg J. Czerwińskiego (1955).



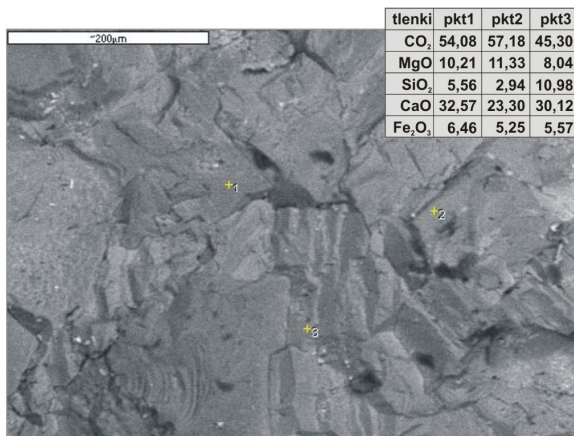
Ryc. 16. Inowłódz. Obraz SEM BSE przełamu ankerytytu silnie piaszczystego - próbka 236. Widoczna jest romboedryczna łupliwość typowa dla minerałów węglanowych.



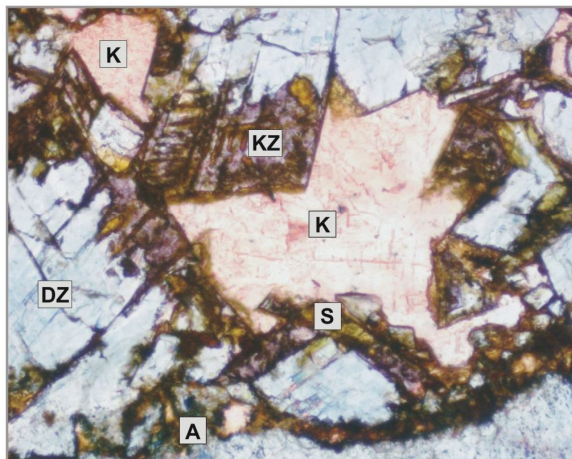
Ryc. 17. Inowłódz. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) płytki cienkiej 231, ankerytytu silnie piaszczystego. Ziarna kwarcu wykazują ślady rozpuszczania (strzałki czerwone). Spoiwo węglanowe o charakterze sparytu i mikrosparytu wykształcony w formie eu- i subhedralnych kryształów.



Ryc. 18. Inowłódz. Punktowe, półilościowe analizy chemiczne SEM EDX na powierzchni przełamu ankerytytu silnie piaszczystego IND 2. Na fotografii SEM BSE powierzchnia skały z naniesionymi punktami wykonania analiz. Wyniki pomiarów w formie tlenkowej, dla poszczególnych punktów przedstawiono w tabeli poniżej.

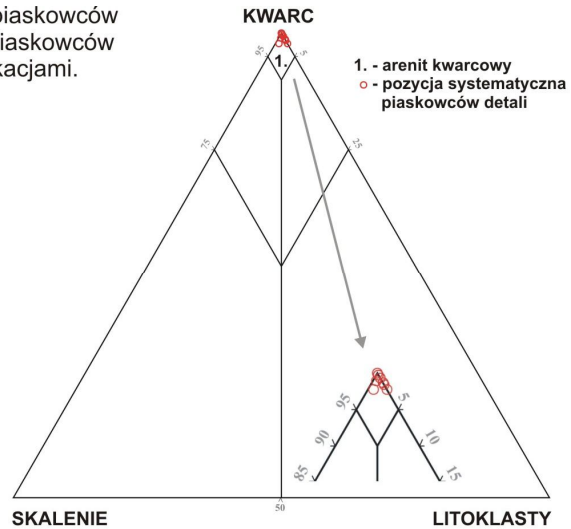


Ryc. 19. Inowłódz. Fotografia, barwionej płynem Evamy'ego, powierzchni płytki cienkiej ankerytytu silnie piaszczystego IND 2. Skala barwna: różowofioletowy - kalcyt z niewielką domieszką Fe (K), purpurowy - kalcyt żelazisty (KZ), jasnoniebieski - dolomit żelazisty (DZ), ciemnoniebieski - ankeryt (A), Syderyt (S) - żółtobrazowy nie wszedł w reakcję barwną.

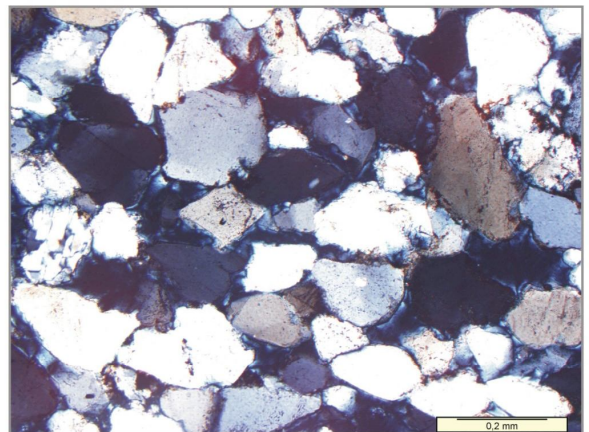
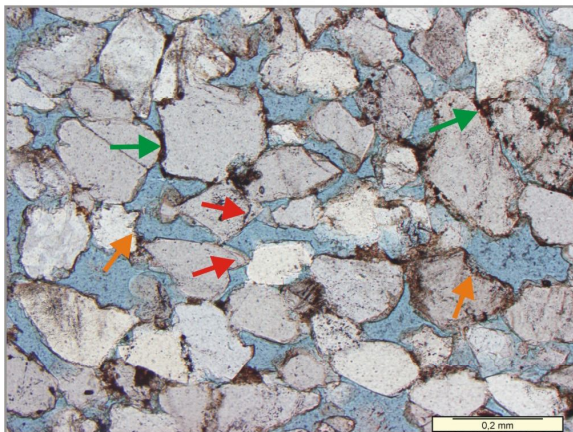


VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO

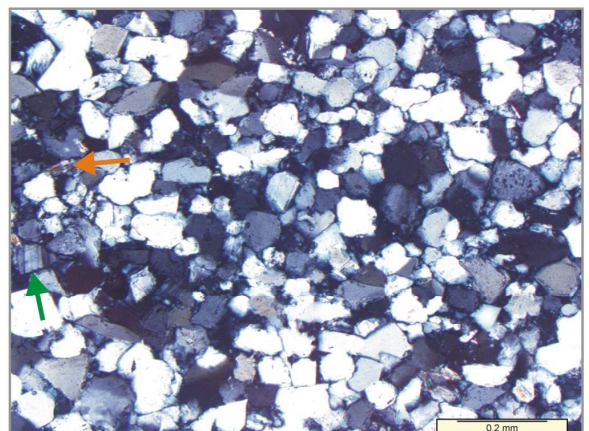
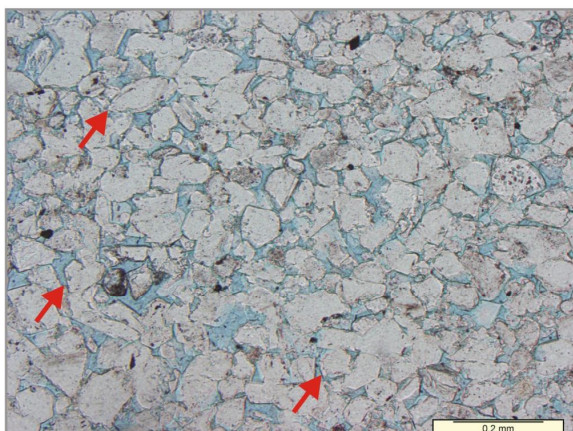
Ryc. 20. Inowłódz. Pozycja systematyczna piaskowców detali architektonicznych na tle klasyfikacji piaskowców wg Pettijohna (1972) z późniejszymi modyfikacjami.



Ryc. 21. Inowłódz. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) płytki cienkiej 1, arenitu kwarcowego. Ziarna kwarcu, głównego składnika szkieletu ziarnowego, z rozwiniętymi obwódkami regeneracyjnymi cementu kwarcowego (czerwone strzałki) oraz widocznymi śladami rozpuszczania (pomarańczowe strzałki). Spoiwo żelazisto - ilaste typu kontaktowego (strzałki zielone).



Ryc. 22. Inowłódz. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) płytki cienkiej 11, arenitu kwarcowego. Ziarna kwarcu, głównego składnika szkieletu ziarnowego, z dobrze rozwiniętymi obwódkami regeneracyjnymi cementu kwarcowego (czerwone strzałki). Inne składniki szkieletu w formie pojedynczych ziarn: plagioklaz (strzałka zielona), muskowit (strzałka pomarańczowa).



VI.2. Ruda.

Oglądana współcześnie barokowa sylwetka rudzkiej świątyni p.w. św. Wojciecha i NMP zawiera w swej konstrukcji elementy pierwotnej budowli romańskiej. Najlepiej są one zachowane i wyeksponowane w ścianie północnej kościoła (ryc. 26). Dotychczas prowadzone badania rudzkiego kościoła miały głównie charakter historyczny, gdyż obiekt ten związany jest z jedną z najstarszych polskich kasztelani – kasztelanią rudzką. Istnieją tylko pojedyncze prace traktujące o architekturze kościoła lub będące pokłosiem badań archeologicznych prowadzonych w obiekcie lub najbliższej jego okolicy. Aktualny stan badań historycznych został przedstawiony przez. L. Kajzera¹, J. Szymczaka² oraz konserwator zabytków E. Bąbkę–Horbacz³. Budowla położona jest w północnej części Wyżyny Krakowsko–Częstochowsko–Wieluńskiej, na niewielkim wzniesieniu (ryc. 25), stanowiącym formę ostańca mezozoicznego, nieznacznie wysokościowo dominującego nad okolicą. Forma ta, w kierunku Wielunia, przez stok wysoczyznowy przechodzi wysoczyznę morenową⁴. U podnóża ostańca od strony północno-wschodniej odsłonięty jest rumosz wapieni organodetrytycznych jury górnej. Za czas powstania pierwszej romańskiej budowli w Rudzie, przyjmuje się okolice roku 1100 lub I połowę XII w⁵. Świątynia położona była przy grodzie kasztelańskim, który leżał na ważnym trakcie handlowym łączącym Wielkopolskę (m.in. Kalisz) przez Radomsko z Małopolską (Kraków)⁶. Dotychczas jednak, nie udało się dokładnie wskazać miejsca owego grodu⁷. Relikty romańskiej świątyni, poza murem ściany północnej korpusu nawowego, zostały stwierdzone we fragmencie muru ściany zachodniej, a także zidentyfikowano je dzięki badaniom georadarem w centralnej części obecnego korpusu nawy głównej. Dzięki tym ostatnim badaniom wiadomo, że pierwsza świątynia, była budowlą orientowaną, jednonawową, bezwieżową. Od strony wschodniej zakończoną półokrągłą

¹ Kajzer L., 2009, *Stan badań*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część 1, Instytut Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str. 133-137.

² Szymczak J., 2006, *Ruda kasztelania rudzka w Polsce Piastowskiej*, [w:] *Ruda 900 lat historii*, Wieluńska Biblioteka Regionalna, nr 20, Wieluń, str. 12-20.

³ Bąbka–Horbacz E., 2006, *Kościół parafialny p.w. św. Wojciecha (i Narodzenia NMP) w Rudzie koło Wielunia*. Stan badań nad dziejami budowlanymi, [w:] *Ruda 900 lat historii*, Wieluńska Biblioteka Regionalna, nr 20, Wieluń, str. 62-67.

⁴ Turkowska K., 2006, *Geomorfologia regionu łódzkiego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.

⁵ Kajzer L., 2009, *Stan badań*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część 1, Instytut Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str. 136.

⁶ Augustyniak J., 2005, *Cysterskie opactwo w Sulejowie*, Biblioteka Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, nr 33, Łódź, str. 39, 60.

⁷ Filipowicz P., Lechowicz Z., Kajzer L., *Przemiany architektoniczne na tle osadnictwa*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część 1, Instytut Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str. 165-170.

absydą. Istnienie po stronie zachodniej empory dotychczas jest sprawą nie do końca wyjaśnioną, chociaż badania georadarem potwierdziły istnienie fundamentu filara empory⁸.

Obecna forma rudzkiego kościoła jest owocem wielu przebudów, które miały miejsce w XIII, XIV, XVI, XVII, XIX i XX w⁹. Przyczyniły się one do zmiany kształtu bryły świątyni, m.in. poprzez rozebranie pierwotnych elementów kamiennych. Piaskowcowe ciosy sukcesywnie zastępowano cegłą, a dodatkowo powierzchnie ścian zewnętrznych pokrywano tynkami¹⁰. Dopiero podczas prac remontowych prowadzonych u schyłku XIX w. odkryto pierwotne romańskie fragmenty muru. Przed rokiem 1934 zostały częściowo odsłonięte wczesnośredniowieczne ciosy piaskowcowe stanowiące zewnętrzne lico muru ściany północnej. Kolejne prace konserwatorskie, prowadzone w latach 50-tych XX w. przyczyniły się do odsłonięcia reszty ciosów zewnętrznych, oraz ciosów lica wewnętrznego tejże ściany. Informacje o surowcach skalnych zastosowanych w murach pierwotnego kościoła znajdujemy m.in. w artykule E. Bąbki–Horbacz¹¹ „...- wzniesiony z kamiennych ciosów (żelazisty piaskowiec o rdzawej barwie pochodzący z lokalnych złóż w pobliskim Olewinie)”.

Piaskowce w murach.

Podstawowym surowcem wykorzystanym w konstrukcji północnej ściany romańskiej świątyni w Rudzie jest piaskowiec. Marginalne znaczenie mają skandynawskie skały krystaliczne zastosowane w zaledwie ośmiu blokach (ryc. 26). Konstrukcja muru jest typowa dla budowli romańskich, wątek *opus emplectum*. Występują tutaj dwie warstwy licujące, pomiędzy którymi znajduje się wypełnienie złożone z gruzu piaskowcowego powstałego w trakcie prac kamieniarskich, zalanego obficie zaprawą wapienną¹². Piaskowcowe bloki licujące układano w równoległe warstwy o zbliżonych rozmiarach. W środkowej części muru znajduje się pierwotne wejście do świątyni stanowiące prosty romański portal zwieńczony gładkim tympanonem (ryc. 25 i 27). Już na poziomie makroskopowym, w konstrukcji lica zewnętrznego muru można wyróżnić trzy rodzaje piaskowca. Jako główny surowiec zastosowano rdzawo–żółty piaskowiec różnoziarnisty o spoiwie żelazistym (ryc. 26). Bloki wykonane z tego piaskowca mają zbliżone rozmiary. Eksponowana powierzchnia lica w wielu przypadkach nosi ślady obróbki kamieniarskiej w postaci podłużnych rowków powstałych w wyniku uderzeń ciosaka. Niestety najprawdopodobniej są to ślady, które powstały w trakcie pierwszych prac konserwatorskich, z końca XIX w. i początku XX w., zmierzających do zbitcia tynków pokrywających licowe powierzchnie ciosów elewacji.

⁸ Filipowicz P., Lechowicz Z., 2009, *Badania architektoniczne*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część 1, Instytut Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str. 139-147.

⁹ Filipowicz P., Lechowicz Z., 2009, *Badania architektoniczne*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część 1, Instytut Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str. 139-147

¹⁰ Bąbka – Horbacz E., 2006, *Kościół parafialny p.w. św. Wojciecha (i Narodzenia NMP) w Rudzie koło Wielunia*. Stan badań nad dziejami budowlanymi, [w:] *Ruda 900 lat historii*, Wieluńska Biblioteka Regionalna, nr 20, Wieluń, str. 65.

¹¹ j.w., str. 65

¹² j.w., str. 103, fot. 10

Dodatkowo, na powierzchniach niektórych ciosów widoczne są brunatno-czarne wykwyty, będące wtórnymi koncentracjami związków żelaza. Zróznicowanie wielkości ziarn piaskowców, przejawia się cienkimi lamelkami oraz warstwami wykazującymi większe nagromadzenie białych ziarn kwarcu tkwiącymi w masie drobniejszych ziarn.

Cechą charakterystyczną niektórych blozków jest występowanie cienkich lamin zbudowanych z materiału bardzo drobnoziarnistego (miazgi) będących powierzchniami luster tektonicznych, stanowiących elementy systemu uskoków. Drugi typ piaskowca jest drobnoziarnisty i ma barwę jasnobieżową, z miejscami koloru brązowo-żółtego, od wtórnych koncentracji związków żelaza. Piaskowiec ten został wykorzystany głównie jako pojedyncza warstwa ułożona na pierwszej wykonanej z piaskowców żelazistych. Dodatkowo widoczny jest w środkowych partiach muru tworząc nieciągłe warstwy (ryc. 25). Eksponowane powierzchnie tego piaskowca nie noszą jakichkolwiek śladów obróbki, natomiast wykazują ślady wietrzenia w postaci złuszczenia. Cechą charakterystyczną tego typu piaskowca jest intensywna reakcja z roztworem HCl.

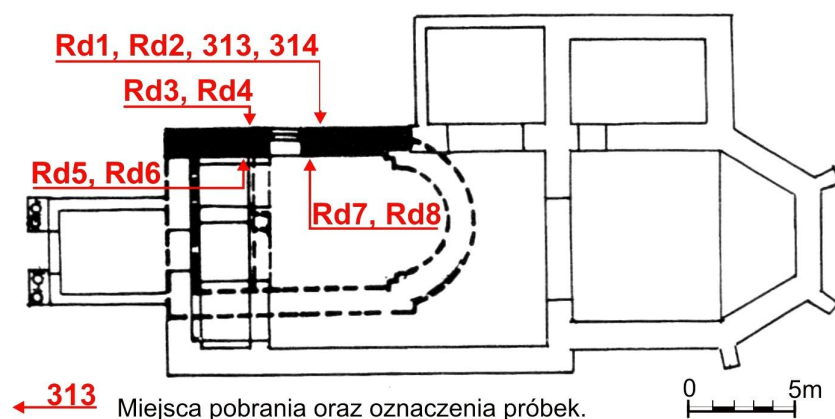
Trzeci z rozróżnialnych makroskopowo typów piaskowca wykorzystano w formie dziewięciu bloków. Siedem z nich wykorzystano jako elementy ozdobne portalu, w tym jeden na tympanon, natomiast pozostałe dwa umieszczono w północno – zachodnim narożniku kościoła (ryc. 26). Ciosy tego typu piaskowców mają większe rozmiary od innych oraz niektóre powierzchnie dokładnie, gładko szlifowane, a inne groszkowane. Bardzo dobry stan zachowania piaskowców oraz poddanie zabiegom konserwatorskim nie pozwoliły na pobranie próbek do badań szczegółowych. Oględziny makroskopowe piaskowców bezpośrednio w murze kościoła, pozwoliły na identyfikację podstawowego składnika szkieletu ziarnowego – kwarcu, którego ziarna mają wielkości do 0,25mm. O spoiwie możemy wnioskować pośrednio na podstawie twardości i zwięzłości skały. Przy pocieraniu stalowym ostrzem narożnika piaskowca, nie osypują się z niego ziarna piasku, natomiast ostrze jest rysowane. Cecha ta została doceniona przez lokalnych mieszkańców i wyłącznie bloki wykonane z tych jasnoszarych piaskowców były wykorzystywane do ostrzenia np. mieczy. Tak dużą twardość oraz zwięzłość piaskowiec może zawdzięczać spoiwu krzemionkowemu, także bardzo silnemu upakowaniu ziarn szkieletu - kwarcu. Jasnoszara kolorystyka skały, bez przebarwień, jednorodność reliefu powierzchni (brak np. pustek powstałych w wyniku rozpuszczenia lub wyługowania minerałów ilastych) wskazuje jednorodny skład mineralny. Badany piaskowiec na podstawie powyższych cech można zaliczyć do piaskowców kwarcowych. Makroskopowo wykazuje bardzo duże podobieństwo do arenitów kwarcowych wykorzystanych w detalach kościołów w Strońsku oraz Tumie. Bloki piaskowca liczące ścianę północną wewnątrz kościoła mają zbliżone rozmiary oraz prezentują jeden typ piaskowca – różnoziarnistego, żelazistego. Eksponowana powierzchnia lica piaskowcowych ciosów przypomina fakturę powstałą w wyniku łamania skały. Jednak

jest ona wynikiem działania wysokiej temperatury na piaskowiec żelazisty, powodując m.in. przechodzenie getytu w hematyt¹³ (ryc. 28). Dokładnie czasu pożaru nie ustalono, ale dane historyczne wskazują na okres panowania Bolesława Krzywoustego¹⁴.

Materiał do badań.

Ze względu na aktualnie zakończone prace konserwatorskie, podczas których m.in. usunięto odspojone fragmenty skały oraz zabezpieczono żywicami syntetycznymi części eksponowanych powierzchni licowych piaskowców, możliwości pobierania próbek do badań były bardzo ograniczone. Do analiz pozyskano materiał z dwóch na trzy wyróżnione makroskopowo odmiany piaskowców. Wszystkie próbki pochodziły z murów budowli. W sumie pobrano 12 próbek, z których do badań szczegółowych zaklasyfikowano 10. Miejsca ich pobrania zostały przedstawione na planie (ryc. 29), natomiast metody badań, wraz z charakterystyką miejsc, z których pobrano próbkę przedstawiono w tabeli. 5 (str. 57).

Ryc. 29. Ruda. Plan kościoła (wg Świechowskiego 2000), z zaznaczonymi miejscami oraz oznaczeniami próbek poddanych badaniom szczegółowym.



Wyniki badań

Różnorodność piaskowców obserwowana w skali makroskopowej jest jeszcze lepiej widoczna w trakcie badań mikroskopowych. Charakterystyki poszczególnych próbek piaskowców na podstawie analiz mikroskopowych zostały zestawione w tabeli 6 (str. 58) Piaskowce żelaziste, w obrębie badanej grupy próbek, prezentują skały bardzo zróżnicowane pod względem wielkości składników przy stałym składzie mineralnym w postaci kwarcu jako podstawowego składnika szkieletu oraz minerałów grupy wodorotlenków żelaza w spoiwie. W pobranych do szczegółowych analiz próbkach piaskowców nie

¹³ Hajpál M., 2002, *Changes in Sandstones of Historical Monuments Exposed to Fire or High Temperature*, Fire Technology, 38, str. 373–382.

Gonzalez G., Sagerzazu A., Villalba R., 2000, *Study of the mechano-chemical transformation of goethite to hematite by TEM and XRD*, Materials Research Bulletin 35, str. 2295-2308.

¹⁴ Filipowicz P., Lechowicz Z., Kajzer L., *Przemiany architektoniczne na tle osadnictwa*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część 1, Instytut Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str. 168.

zaobserwowano struktur sedymentacyjnych, natomiast charakterystyczna jest skrajnie różna zwięzłość skały.

Tabela 5. Ruda. Oznaczenia próbek, opisy miejsc w budowli, z których zostały pobrane i detali architektonicznych wraz z badaniami, którym skały zostały poddane.

Mury naziemne budowli							
LP	Symbol	Miejsce pobrania	Surowiec skalny	Zastosowane metody badań			
				Płytką cienką	XRD	SEM	CaCO ₃
1.	Rd1	zewnątrz, mur z lewej strony portalu, podłużne, niskie bloczki	piaskowiec wapnisty	tak	-	-	tak
2.	Rd2	zewnątrz, dolne partie ciosów, z lewej strony romańskiego portalu	piaskowiec żelazisty	tak	-	-	-
3.	Rd3	zewnątrz, dolne partie ciosów, z prawej strony romańskiego portalu	piaskowiec żelazisty	tak	-	tak	-
4.	Rd4	zewnątrz, dolne partie ciosów, z prawej strony romańskiego portalu	piaskowiec żelazisty	tak	tak	-	-
5.	Rd5	wewnątrz, część muru bliżej chóru	piaskowiec żelazisty	tak	tak	-	-
6.	Rd6	wewnątrz, część muru bliżej chóru	piaskowiec żelazisty	tak	-	-	-
7.	Rd7	wewnątrz, część muru bliżej współczesnego ołtarza	piaskowiec żelazisty	tak	-	tak	-
8.	Rd8	wewnątrz, część muru bliżej współczesnego ołtarza	piaskowiec żelazisty	tak	-	-	-
9.	313	zewnątrz, mur z lewej strony portalu, podłużne, niskie bloczki	piaskowiec wapnisty	tak	-	tak	tak
10.	314	zewnątrz, mur z lewej strony portalu, podłużne, niskie bloczki	piaskowiec wapnisty	tak	-	-	tak

Ogólnie piaskowce są silnie zwięzłe, za wyjątkiem próbek bardziej drobnoziarnistych Rd4, Rd5, Rd8. Żadna z próbek piaskowców żelazistych nie wykazała reakcji z roztworem HCl. Analizowane piaskowce, w płytkach cienkich, wykazują duże zróżnicowane wielkości składników ziarnistych (ryc. 31,34,36). Wartości mediany wahają się od 0,151mm (płytką Rd4), do 0,645mm (płytką Rd3), natomiast odchylenia standardowego od 0,070mm (płytką Rd4) do 0,344mm (płytką Rd3). Pozostałe z obliczonych wartości zawierają się w granicach: skośności od 0,0005 (płytką Rd8) do 0,0013 (płytką Rd3), kurtoza od 0,0027 (płytką Rd8) do 0,0045 (płytką Rd3) potwierdzając znaczne zróżnicowanie rozkładu wielkości ziarn. Mamy tutaj do czynienia z piaskowcami od drobno- do gruboziarnistych, są źle wysortowane i wzbogacone we frakcje drobniejsze. Ziarna budujące piaskowiec najczęściej są okrągłe, kanciaste, ostrokrawędziste i półobtoczone. Dodatkowo w płytkach Rd2, Rd3 (ryc. 34, 35) i Rd6 widoczne są liczne ziarna bardzo silnie spękane. Powierzchnie pęknięć nie zostały jednak względem siebie przesunięte, co świadczy o bardzo słabym stopniu metamorfizmu dynamicznego¹⁵. Porowatość analizowanych piaskowców (ryc. 31) waha się od 3,75% (płytką Rd3) do 21, 92% (płytką Rd5). Najmniej porów występuje w próbkach, w których ziarna szkieletu mają duże średnice jednak zostały skruszone, co ma także swoje odzwierciedlenie w wartościach odchylenia standardowego (ryc. 30).

¹⁵ Skały wykształcone w ten sposób stoją na pograniczu utworów nie przeobrażonych dynamicznie i brekcji tektonicznej – nazywane są kakisrytem. – Ryka W., Maliszewska A., 1991, *Słownik petrograficzny*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, str. 158.

Tabela. 6. Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych.

LP	Płytki	Wartości statystycznych parametrów uziamienia w mm			Składniki szkieletu ziarnowego							Kształt ziarn ⁽⁸⁾	Kontakty ziarn ⁽⁹⁾	Typ mineralny i rodzaj spoiwa ⁽¹⁰⁾	Zawartość CaCO ₃ ⁽¹¹⁾	Nazwa systematyczna	
		Mz	δ1	Sk ₁	Kg	K ⁽¹⁾	S ⁽²⁾	Ł ⁽³⁾	L ⁽⁴⁾	B ⁽⁵⁾	Mc ⁽⁶⁾						Mn ⁽⁷⁾
1.	Rd1	0,178	0,057	0,0007	0,0046	mk, pk, roz	mi, roz	0	0	ot, msz, szk	0	fe	2,3	pk, bk	we – pd, pr, sp, pk	6,2%	piaskowiec słabo wapnisty
2.	Rd2	0,496	0,261	0,0010	0,0035	mk, k	pl, roz	0	0	0	cr, ru	il	2,1,3	pk, ww, pr	ze – ko, pr, ob	-	arenit kwarcowy
3.	Rd3	0,645	0,344	0,0013	0,0045	mk, k	0	mu	0	0	cr, st	0	2,1,3	pr, pk, bk, ww	ze – ko, pr, ob	-	arenit kwarcowy
4.	Rd4	0,151	0,070	0,0006	0,0032	mk	0	mu	0	0	cr	0	2,1,3	pk, pr	ze – ko, pr, pd	-	arenit kwarcowy
5.	Rd5	0,203	0,087	0,0007	0,0033	mk	0	mu	0	0	0	il	2,1,3	pk, pr	ze – ko, pr, ob	-	arenit kwarcowy
6.	Rd6	0,512	0,181	0,0009	0,0033	mk, pk, k	0	mu	mu	0	ru	0	2,1,3	pk, pr, ww	ze – ko, pr, ob	-	arenit kwarcowy
7.	Rd7	0,297	0,122	0,0011	0,0041	mk, pk	0	mu	mu	0	0	0	2,1,3	pk, pr, bk	ze – ko, pr, ob, pd	-	arenit kwarcowy
8.	Rd8	0,312	0,250	0,0005	0,0027	mk, pk	0	mu	0	0	0	0	2,1,3	pk, pr	ze – ko, pr, ob., pd	-	arenit kwarcowy
9.	313	0,171	0,061	0,0004	0,0034	mk, roz	pl, roz	mu	0	ot, msz, szk, al	cr	fe	2,3	pr, pk, bk	we – pd, pr, sp, pk	4,2%	piaskowiec słabo wapnisty
10.	314	0,106	0,042	0,0007	0,0035	mk, pk, roz	0	mu	0	sz, msz	cr, hr	mg fe	2,3	pk, bk	we – ko, pr, msk	7,1%	wapień silnie piaszczysty

Objaśnienia skrótów (poszczególne cechy oraz składniki skały wymienione są w kolejności poczynając od najintensywniejszej cechy lub najliczniejszego składnika):

- (1) **Kwarc**, w formie ziarn: **mk** – monokrystalicznych, **pk** – polikrystalicznych, **k** – duża ilość silnie spękanych ziarn, **roz** – ślady rozpuszczenia;
- (2) **Stalenie**: **pl** – plagioklasy, **mi** – mikroclin, **roz** – ślady rozpuszczenia,;
- (3) **Łyszczyki**: **mu** – muskowit;
- (4) **Litoklasty**: **mu** – mulowce;
- (5) **Bioklasty**: **ot** – otwornice, **msz** – mszwywoły, **szk** – szkarłupnie, **al** – algi (fragment plechy);
- (6) **Minerały ciężkie przezroczyście**: **cr** – cyrkon, **ru** – rutył, **st** – staurolit, **hr** – hornblenda;
- (7) **Minerały ciężkie nieprzezroczyście**: **fe** – nieoznaczone tlenki żelaza, **il** – ilmenit, **mg** – magnetyt;
- (8) **Stopień obtoczenia** wg Powersa 1953 (vide Ryka, Maliszewska 1991): 0- bardzo ostrokrawędziste, 1- ostrokrawędziste, 2- kanciaste, 3- półobtroczone, 4- obtroczone, 5- bardzo dobrze obtroczone;
- (9) **Kontakty ziarn**: **pk** – punktowe, **pr** – proste, **ww** – wkłęsło wypukłe, **bk** – brak kontaktu;
- (10) **Skład mineralny spoiwa**: **ze** – żelaziste, **we** – węglanowe;
- Rodzaj ze względu na ilość i sposób wykształcenia**: **ko** – kontaktowe, **ob** – obiegające o charakterze filmu, **pd** – podstawowe, **pr** – porowe, **sp** – sparyt, **m** – mikrosparyt, **pk** – polikrystalowe;

(11) Średnia zawartość węgla wapnia z trzech analiz.

Podstawowym składnikiem analizowanych piaskowców jest kwarc, który występuje głównie w postaci ziarn monokrystalicznych, natomiast w płytkach Rd6, Rd7 i Rd8 widoczne są dodatkowo liczne ziarna polikrystaliczne. Ziarna kwarcu wykazują normalne wygaszanie światła, pomimo działania znacznych sił, które w wielu przypadkach doprowadziły do ich rozkruszenia. W płytkach R6 i R7 widoczne są pojedyncze litoklasty reprezentowane przez okruchy skał bardzo drobnoziarnistych (mułowce?). Przedstawicielem minerałów z grupy łuszczyków jest muskowił, którego nie stwierdzono tylko w płytce Rd2. Wśród minerałów ciężkich, przezroczystych oznaczono ziarna cyrkonu (Rd2, Rd3, Rd4), w dwu płytkach rutylu (Rd2 i Rd6), a także jedno staurolitu? (Rd3). Minerale nieprzezroczyste reprezentowane są przez pojedyncze ziarna ilmenitu (Rd2, Rd5). Kontakty pomiędzy ziarnami stanowiącymi składniki szkieletu są zróżnicowane. Tam, gdzie ziarna są pokruszone, kontakty mają charakter punktowy, prosty oraz wklęsło wypukły (ryc. 34). Inaczej wygląda sytuacja w przypadku płytek, gdzie obserwowane są ziarna całe, gdyż tutaj miejscami w wyniku obfitości spoiwa kontaktów nie ma (ryc. 36). Spoiwo piaskowców wykształcone jest jako mieszanina tlenków i wodorotlenków żelaza. W niektórych płytkach w obrębie spoiwa żelazistego lokalnie można oznaczyć hematyt i getyt. Spoiwo żelaziste najczęściej ma charakter kontaktowy, rzadziej porowy oraz oblegający. Najrzadziej spotykane jest spoiwo bazalne – podstawowe (ryc. 36). Silne zniszczenie, spękanie ziarn kwarcu widoczne jest także na powierzchni przełamu piaskowca (ryc. 35). Wykonane analizy składu chemicznego SEM EDX dla spoiwa żelazistego w próbce piaskowca Rd7 wykazując zawartość Fe_2O_3 większą od 80% potwierdzają występowanie hematytu. Widoczne na obrazie SEM BSE, dobrze wykształcone promieniste agregaty hematytu, wskazują na spoiwo o charakterze cementu. Analizy dyfrakcyjne XRD wykonane dla dwóch próbek Rd4 i Rd5 wzbogaciły wiedzę o badanych piaskowcach ujawniając w ich składzie mineralnym niewielkie zawartości kaolinitu, natomiast nie udało się zidentyfikować minerałów Fe (ryc. 38). Sytuacja taka może być spowodowana bardzo słabym stopniem wykrystalizowania faz tlenków i wodorotlenków żelaza. Z tego też powodu można mówić o zawartości pewnej ilości limonitu, stanowiącego mieszaninę związków żelaza o różnym stopniu krystalizacji.

Pozycję systematyczną piaskowców żelazistych przedstawiono na rycinie 32. Punkty projekcyjne analizowanych piaskowców znajdują się w polu arenitów kwarcowych. Uwzględniając powyższe cechy analizowane skały należy zaliczyć do różnoziarnistych arenitów kwarcowych o spoiwach: żelazistym i ilastym, posiadających cechy kakiryty.

Druga z wyróżnionych, już na poziomie makroskopowym, grup piaskowców wykazuje dużą jednorodność. Są to skały beżowe, na świeżej powierzchni przełamu koloru stalowoszarego, drobnoziarniste, o spoiwie węglanowym o czym świadczy reakcja z HCl. Wykonane analizy zawartości $CaCO_3$ trzech próbek tego piaskowca wahają się w granicach od 4,2% (próbka 313) do 7,1 (próbka 314). Analizowane piaskowce prócz drobnoziarnistości

są również skałami równoziarnistymi, co doskonale jest widoczne w wyliczonych statystycznych parametrach uziarnienia (ryc. 30). Wartości średniej średnicy wahają się od 0,106mm (płytki 314) do 0,178mm (płytki Rd1), natomiast odchylenie standardowe zawiera się w granicach od 0,042mm (płytki 314) do 0,057mm (płytki Rd1). Wartości pozostałych parametrów statystycznych także wykazują niewielkie zróżnicowanie, skośność od 0,0004mm (płytki 313) do 0,0007mm (płytki 314, Rd1), wskazuje na niewielkie wzbogacenie we frakcje drobniejsze, natomiast kurtoza przyjmuje wartości od 0,034mm (płytki 0,034) do 0,0046 (płytki Rd1). Piaskowce te charakteryzują się bardzo zróżnicowaną porowatością (ryc. 31). Dla próbek 313 i Rd1 mamy brak przestrzeni porowych, co spowodowane jest obfitym spoiwem o charakterze masy podstawowej. Natomiast w płytce 314 porowatość osiąga aż 12,35%, co ma swoje uzasadnienie m.in. w niewielkiej ilości spoiwa. Wśród składników mineralnych szkieletu ziarnowego dominuje kwarc. Występuje on głównie w ziarnach monokrystalicznych, rzadziej polikrystalicznych (Rd1, 314) normalnie wygaszających światło. Większość ziarn, na krawędziach, nosi ślady rozpuszczania, część jest spękanych. Skalenie reprezentowane są przez noszące ślady rozpuszczania pojedyncze ziarna mikroklinu (płytki Rd1) oraz plagioklastu (płytki 313). Muskowit tworzy pojedyncze, drobne blaszki i został zidentyfikowany w dwóch płytkach: 313 i 314. Z minerałów ciężkich przezroczystych zidentyfikowano tylko cyrkon i hornblendę (płytki 313 i 314). Minerale ciężkie nieprzezroczyste stanowią pojedyncze kryptokrystaliczne, nieprzezroczyste konglomeraty związków żelaza oraz ziarna magnetytu (płytki 314). Bardzo licznie w analizowanej grupie piaskowców występują bioklasty (ryc. 39,40,41). Składniki te najczęściej reprezentowane są przez fragmenty mszywiolów, szkarłupni, ramienionogów oraz kolonie alg, które zbudowane są z kalcytu i syderytu (ryc. 40,41). Ziarna szkieletu najczęściej mają kontakty punktowe, rzadziej występują proste lub ich nie posiadają. Spoiwo w analizowanych piaskowcach jest węglanowe. W płytkach 313 i Rd1 ma ono charakter podstawowy, rzadziej porowy. W obrębie spoiwa podstawowego widoczne jest spoiwo poikilitowe. Charakteryzowane spoiwo węglanowe wykształcone jest w postaci sparytu. Natomiast, w płytce 314 spoiwo węglanowe wykształcone jest w postaci mikrosparytu i ma charakter kontaktowy rzadziej porowy. Barwienie odkrytych płytek cienkich płynem Evamy'ego pozwala na identyfikację podstawowego minerału cementotwórczego – dolomitu żelazistego (ryc. 40, 41).

Pod względem systematyki analizowane skały należą do dwóch typów petrograficznych: piaskowców słabo wapnistych (płytki: Rd1 i 313) oraz wapieni silnie piaszczystych (płytki 313) (ryc. 33). Na podstawie przeprowadzonych badań, uwzględniając charakter i typ spoiw piaskowce tej grupy należy zaliczyć do drobnoziarnistych piaskowców słabo dolomitycznych oraz dolomitów silnie piaszczystych.

Wnioski

Piaskowce zastosowane w romańskiej części rudzkiej świątyni prezentują różne typy petrograficzne. Sposoby użycia poszczególnych typów skał zdeterminowane są przez ich walory estetyczne i parametry techniczne. Piaskowiec makroskopowo określony jako żelazisty na podstawie badań szczegółowych zaklasyfikowano do różnoziarnistych arenitów kwarcowych o spoiwie żelazistym i ilastym. Pomimo dużego zróżnicowania frakcji, przy zbliżonym składzie mineralnym wszystkie badane próbki (płytki Rd2-Rd8) należy wiązać z jednym źródłem surowca. Nie jest wykluczone, że brak śladów średniowiecznej obróbki kamieniarskiej, oprócz późniejszych działań konserwatorskich, jest wynikiem procesów dehydracji pierwotnych minerałów z grupy wodorotlenków żelaza tworzących spoiwo piaskowców¹⁶. Procesy dehydracji i związane z nimi przejścia fazowe mogą być intensyfikowane przez defekty mechaniczne w obrębie faz krystalicznych. Istnienie mechanizmów prowadzących do powstania wspomnianych defektów widoczne jest już na poziomie megaskopowym w postaci powierzchni luster tektonicznych.

Drugi z wyróżnionych typów surowca także prezentuje znaczne zróżnicowanie i reprezentowany jest przez drobnoziarniste piaskowce słabo dolomityczne oraz dolomity silnie piaszczyste. Zawartość spoiwa węglanowego wpływa niekorzystnie na strukturę kamiennych ciosów, przyspieszając procesy wietrzenia. Efekty destrukcji widoczne są w postaci złuszczenia skały, znacznego zaoblenia krawędzi ciosów. Te niekorzystne właściwości skały musiały być znane średniowiecznym muratorom, gdyż surowiec ten zastosowano tylko w pewnej partii murów. Ze względu na ciosy o połowę niższe w stosunku do wykonanych z piaskowca żelazistego, być może romańscy muratorzy nosili się z możliwością zastosowania wążku *moyen appareil*¹⁷ - jednak parametry techniczne surowca nie pozwalały na jego zastosowanie. Zważywszy na to, że na tych delikatnych węglanowych piaskowcach miałyby spoczywać ciężkie bloki piaskowca żelazistego. Jednak ze względu na brak ciągłości w układanych warstwach z wykorzystaniem piaskowca dolomitycznego, jego przeciętne walory dekoracyjne, w porównaniu z pozostałymi rodzajami piaskowców, oraz podatność na procesy wietrzenia można także wiązać zastosowanie tego surowca z niewielkimi modernizacjami lica zewnętrznego w trakcie późniejszych faz przebudowy konstrukcji romańskiej.

Trzeci surowiec scharakteryzowany został wyłącznie na podstawie cech makroskopowych. Jest to piaskowiec kwarcowy o spoiwie krzemionkowym. Skała ta najprawdopodobniej została wykorzystana, w elementach portalu, ze względu na jasnoszare, odmienne od pozostałych surowców zabarwienie.

¹⁶ Gonzalez G., Sagerzazu A., Villalba R., 2000, *Study of the mechano-chemical transformation of goethite to hematite by TEM and XRD*, Materials Research Bulletin 35, str. 2306-2308.

¹⁷ Charakteryzuje się tym, że co kilka warstw muru układana jest jedna z ciosów o mniejszej wysokości.



Ryc. 24. Ruda. Położenie kościoła p.w. św. Wojciecha (czerwony krzyżyk) na mapie topograficznej w skali 1:50 000.

Ryc. 25. Ruda. Odświeżona i zakonserwowana pierwotna romańska północna nawy. Widoczny jest portal z gładkim tympanonem. W ościeżach zastosowano zróżnicowane kolorystycznie oraz gabarytowo piaskowcowe ciosy. W wątku muru widoczne są partie wykonane z mniejszych bloczków jasnego piaskowca.

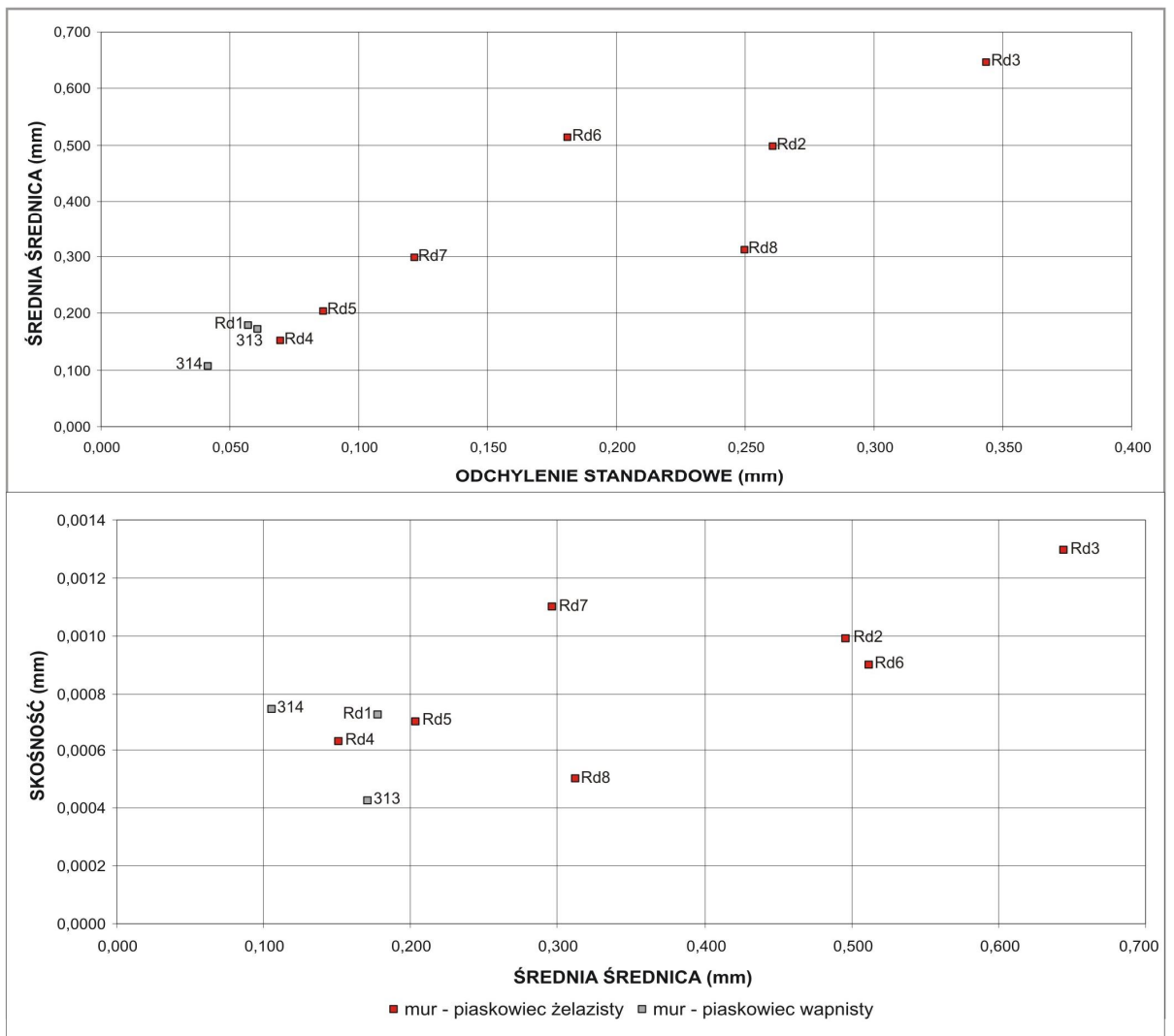
Ryc. 26. Ruda. Fragment muru wykonany głównie z żelazistych piaskowców, na powierzchniach, których widoczne są różne formy koncentracji związków żelaza. Niewielki jasny cios wykonano z piaskowców węglanowych, a także w formie pojedynczych bloczków wykorzystano materiał narzutowy.

Ryc. 27. Ruda. Górna część portalu

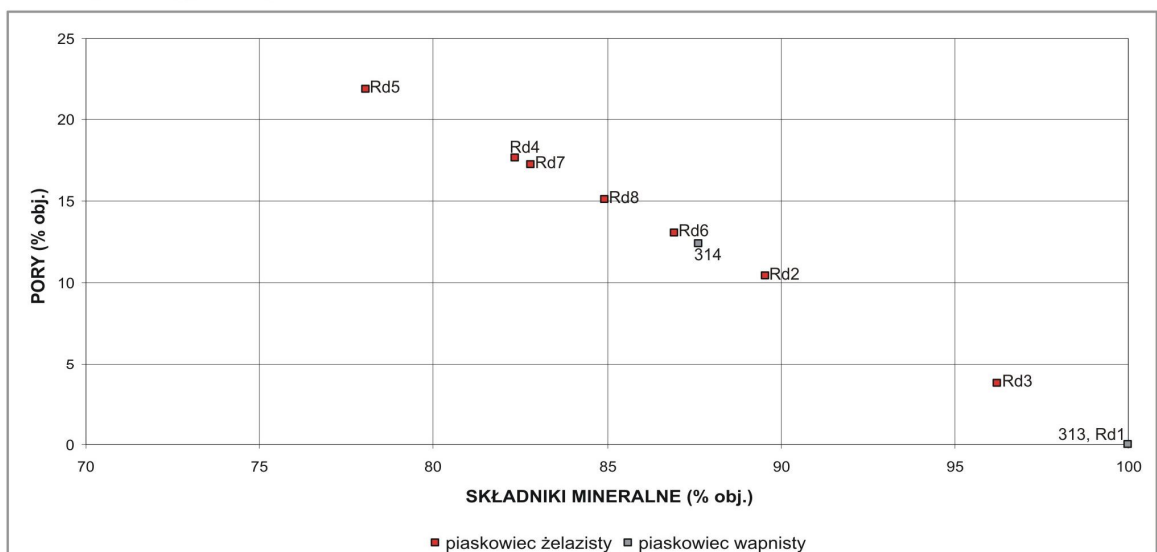
z tympanonem. Na powierzchniach bloczków żelazistego piaskowca widoczne jest zróżnicowanie frakcyjne, w niektórych dodatkowo warstwowanie równoległe. Na powierzchniach bloczków jasnego piaskowca widoczne są ślady groszkowania.

Ryc. 28. Ruda. Powierzchnia muru wewnątrz kościoła. Widoczne są charakterystyczne powierzchnie piaskowców powstałe pod wpływem działania wysokiej temperatury, sprawiające wrażenie łamania skały. W niektórych miejscach widoczne zachowały się ślady uderzeń ciosaka.

Ryc. 30. Ruda. Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia.

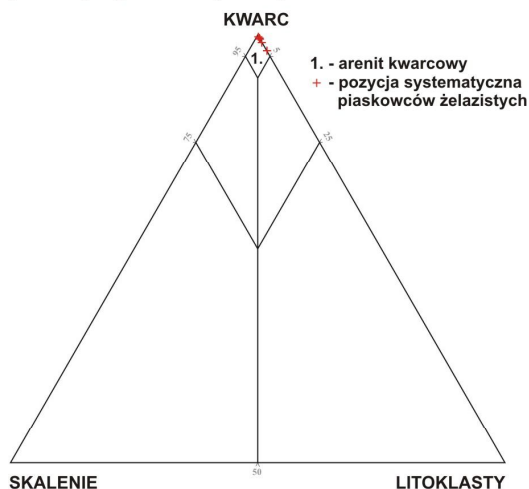


Ryc. 31. Ruda. Wzajemne stosunki zawartości składników mineralnych i porów w piaskowcach żelazistych i węglanowych.

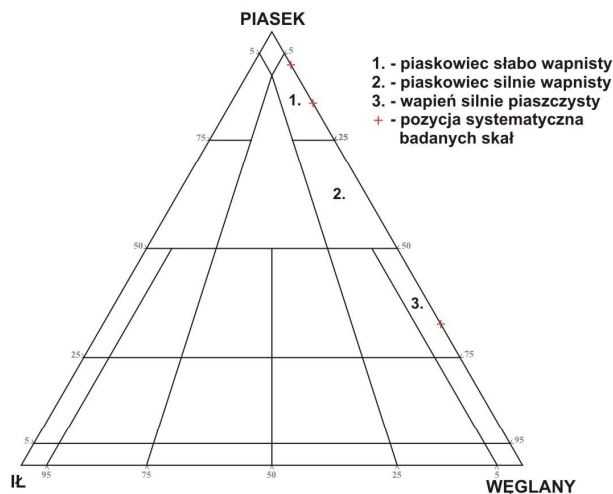


VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO

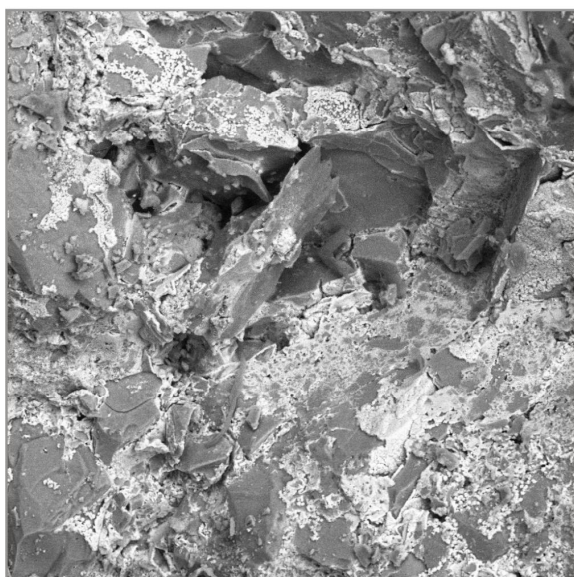
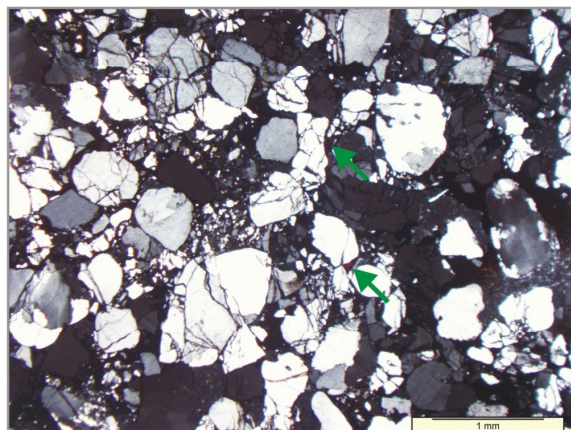
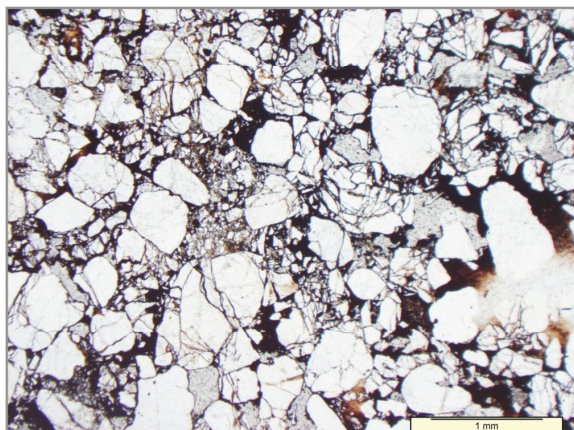
Ryc. 32. Ruda. Pozycja systematyczna piaskowców murów na tle klasyfikacji piaskowców wg Pettijohna (1972) z późniejszymi modyfikacjami.



Ryc. 33. Ruda. Pozycja systematyczna skał ze spoiwem węglanowym na tle klasyfikacji skał osadowych wg Czerwińskiego (1955).



Ryc. 34. Ruda. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) płytki cienkiej Rd3. Widoczne są silnie spękaną, ale nie przemieszczoną względem siebie ziarna kwarcu mono- i polikrystalicznego będące podstawowym składnikiem szkieletu ziarnowego piaskowca. Nieprzezroczyste spoiwo żelaziste, tylko miejscami (strzałki zielone) prześwieca na kolor czerwony, co jest charakterystyczne dla hematytu.

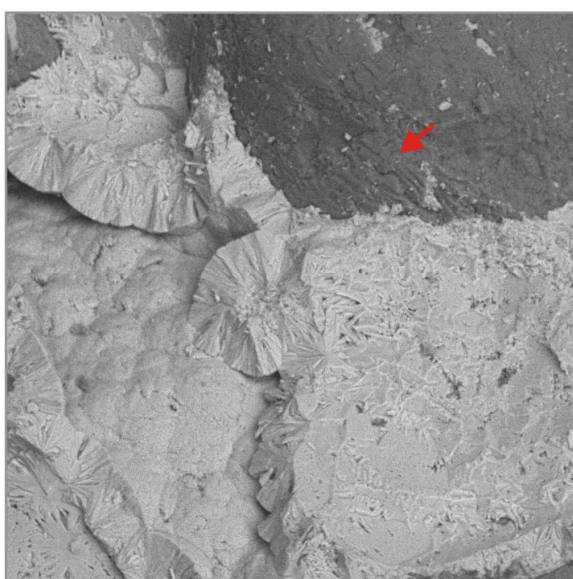
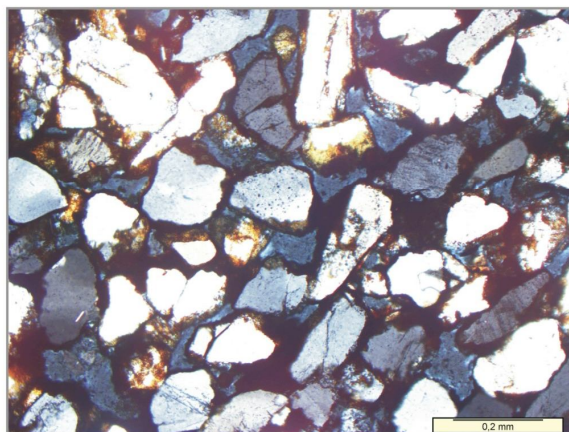
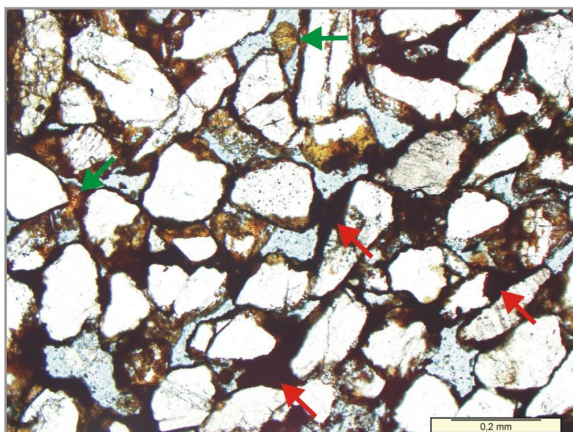


SEM MAG: 500 x DET: BSE Detector HV: 30.0 kV DATE: 05/30/08 VAC: LowVac, 9 Pa Device: TS5135MM Dept of Solid State Physics, University of Lodz

Ryc. 35. Ruda. Obraz SEM BSE powierzchni przełamu próbki piaskowca Rd3. Widoczne są ostrokrawędziste i spękaną okrychy ziarna kwarcu, na powierzchniach których spoiwo żelaziste wykształcone jest w formie powłok oraz drobnych agregatów.

VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO

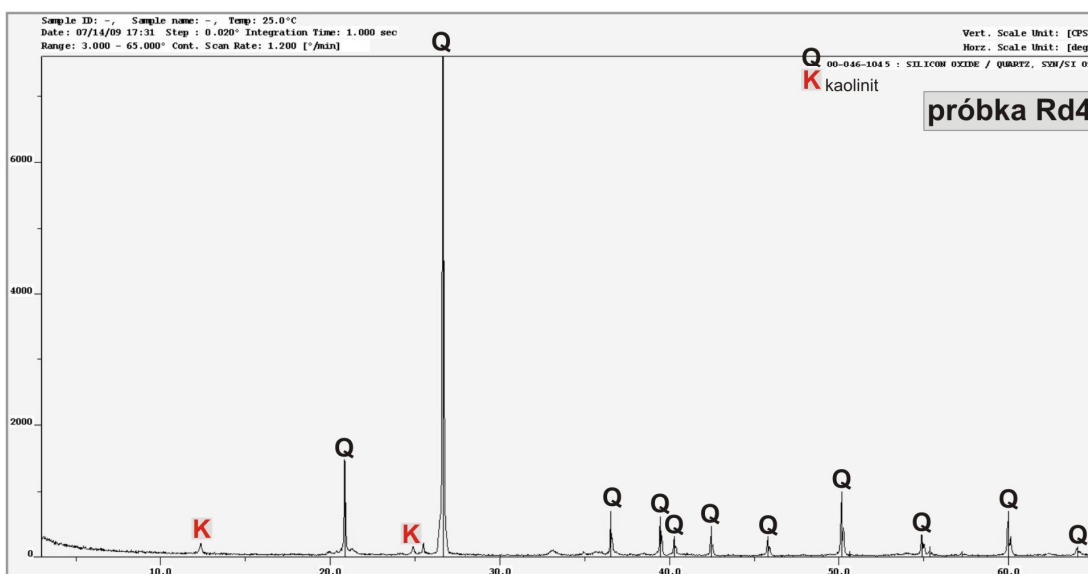
Ryc. 36. Ruda. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) płytki cienkiej Rd7. Widoczne są ziarna kwarcu, prawie nie spękane. Spoiwo żelaziste złożone z hematytu (strzałki czerwone) oraz getytu (strzałki zielone).



SEM MAG: 1.00 kx DET: BSE Detector 100 µm Vega ©Tescan
 HV: 20.0 kV DATE: 05/21/08 Dept of Solid State Physics, University of Lodz
 VAC: LowVac, 10 Pa Device: TS5135MM

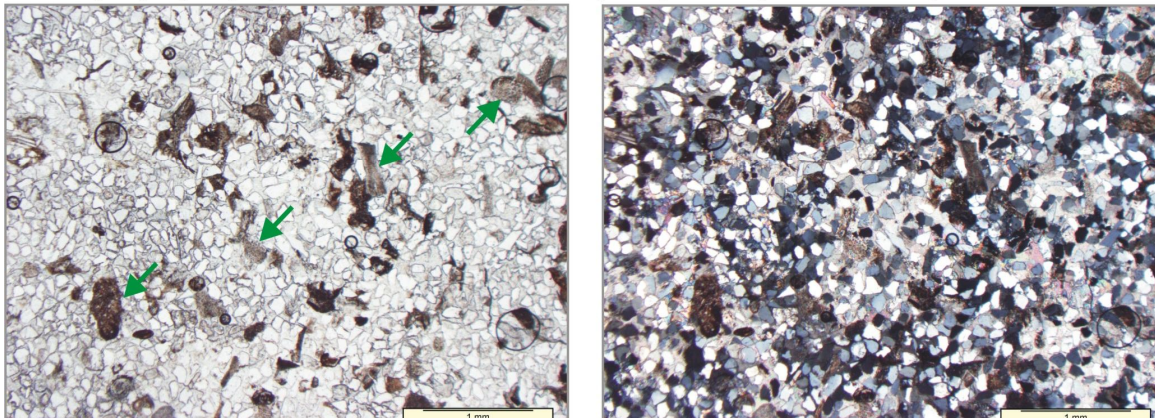
Ryc. 37. Ruda. Obraz SEM BSE powierzchni przełamu próbki piaskowca Rd7. Widoczne są promieniste agregaty kryształów hematytu, tworzące formy groniaste. Kryształy hematytu narastają na skorodowanej powierzchni ziarna kwarcu (strzałka czerwona).

Ryc. 38. Ruda. Przykładowy dyfraktogram próbki Rd4 piaskowca żelazistego, gdzie poza kwarcem widoczne są piki charakterystyczne dla kaolonitu.

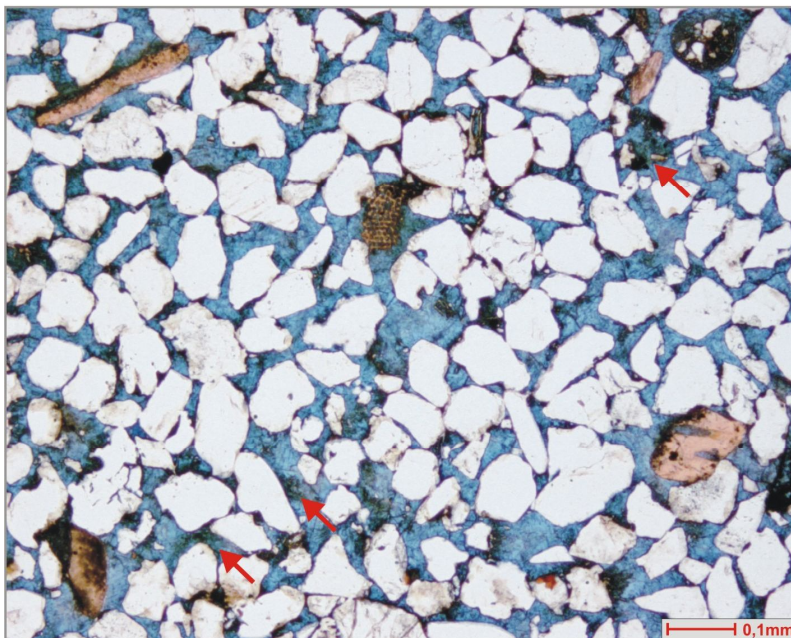


VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO

Ryc. 39. Ruda. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) płytki cienkiej 313. Piaskowiec wapienisty o szkielecie ziarnowym zbudowanym głównie z monokrystalicznych, silnie nadtrawionych ziarn kwarcu. Spoiwo, podstawowe węglanowe wykształcone poikiloklastycznie. Bioklasty najczęściej reprezentowane przez fragmenty mszywiolów (strzałki zielone).



Ryc. 40. Ruda. Fotografia, bez polaryzatorów, odkrytej płytki 313, zabarwionej płynem Evamy'ego. Piaskowiec dolomityczny z bioklastami zbudowanymi z kalcytu i syderytu.



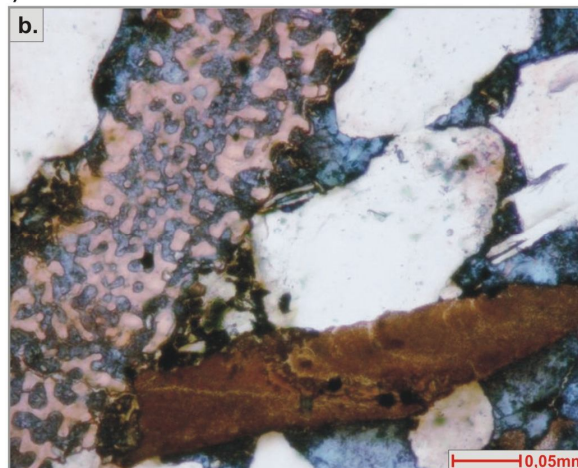
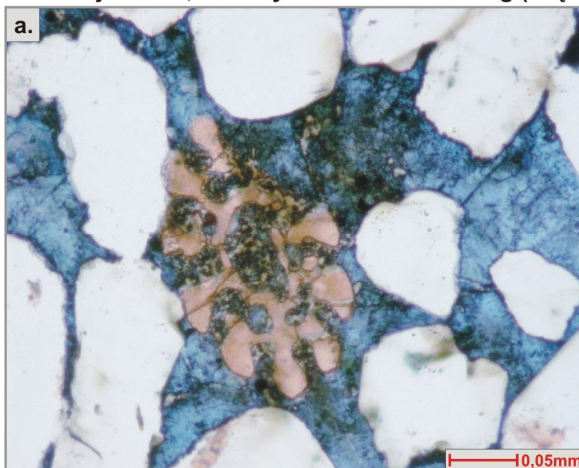
Skala barw:

czerwony - kalcyt pozbawiony Fe
różowofioletkowy - kalcyt z niewielką zawartością Fe
jasnoniebieski - dolomit żelazisty
ciemnoniebieski - ankeryt (strzałki)

Barwnika nie przyjęły:

białe ziarna kwarcu oraz inne składniki niewęglanowe szkieletu
brązowawy, miejscami mętny syderyt
czarne - koncentracje niewęglanowych związków Fe oraz minerały nieprzezroczyste.

Ryc. 41. Ruda. Fotografie, bez polaryzatorów, odkrytej płytki 313, zabarwionej płynem Evamy'ego. Skład mineralny jak w objaśnieniach do ryciny 40. Przykłady zidentyfikowanych bioklastów: a. kołec jeżowca, b. mszywiol oraz kolonia alg (brązowa).



VI.3. Strońsko.

Kościół parafialny p.w. św. Urszuli i Jedenastu Tysięcy Dziewic stanowi jeden z najstarszych zabytków architektury romańskiej w Polsce, przy wznoszeniu którego wykorzystano cegłę. Piaskowce znalazły zastosowanie wyłącznie w pojedynczych detalach architektonicznych. Budowla położona jest na krawędzi równiny wodnolodowcowej przechodzącej w kierunku południowo – zachodnim stromym stokiem w niski poziom doliny rzeki Warty, który ma charakter terasy akumulacyjnej (ryc. 42). Poziom ten ciągnąc się w kierunku obecnego koryta rzeki porozcinany jest licznymi późnovistuliańskimi – dryasowymi paleokorytami¹. Strońska świątynia ze względu na brak powiązań z ważnymi postaciami historycznymi oraz głównymi rodami szlacheckimi (poza Doliwami i Pobogami) nie doczekała się do połowy XX w. opracowań historycznych i archeologicznych, a dodatkowo mało urozmaicona konstrukcja nie zwracała uwagi architektów. Dopiero prowadzone w latach 2000-2008 interdyscyplinarne badania pod kierunkiem prof. Leszka Kajzera oraz równoległe z nimi prace konserwatorskie przyniosły wiele interesujących odkryć dotyczących samej budowli oraz kontekstu historyczno – archeologicznego. W monografii będącej pokłosiem wspomnianych badań i prac pod redakcją Kajzera² wymieniana jest bogata interdyscyplinarna bibliografia, stanowiąca uzupełnienie w stosunku do zawartej w zestawieniu Świechowskiej i Mischke³.

Powstanie strońskiej świątyni według najnowszych badań należy umiejscowić w 2 ćwierci XIII w. i wiązać z osobą Mściwoja z rodu Pobogów⁴. Romańska konstrukcja w trakcie późniejszych przebudów uległa rozbudowie i zgotycyzowaniu. Kolejne zmiany w konstrukcji miały miejsce ok. roku 1601, w 1729 oraz na początku XX w. Obecna bryła kościoła stanowi budowlę orientowaną, jednonawową, od strony wschodniej zakończoną prezbiterium z absydą. Od strony północnej i południowej do pierwotnej romańskiej konstrukcji domurowano w późniejszych etapach rozbudowy m.in. zakrystię oraz boczne kaplice, jednocześnie wyburzając pierwotne zamknięcie murów od strony zachodniej⁵. W ten sposób z pierwotnej romańskiej konstrukcji w całości zostały zachowane mury prezbiterium oraz absydy, natomiast reszta elementów przetrwała fragmentarycznie. Konstrukcja romańska została

¹ Forsyś J., Kittel P., Twardy J., 2009, *Środowisko przyrodnicze okolic Strońska ze szczególnym uwzględnieniem morfologii obszaru*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź, str. 45-54.

² Kajzer L. (red), 2009, *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź.

³ Świechowska E., Mischke W., 2001, *Architektura romańska w Polsce. Bibliografia*, Wydawnictwo DiG, Warszawa, str. 116

⁴ Kajzer L., *Stan badań*, 2009, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź, str. 55-58.

⁵ Filipowicz P., Lechowicz Z., 2009, *Badania architektoniczne*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź, str. 59-74.

wymurowana z cegieł w układzie wendyjskim i polskim. Na uwagę zasługuje obróbka kamieniarska cegieł. Widoczne jest charakterystyczne dla piaskowcowych ciosów, pokrycie brzegów eksponowanej powierzchni cegły ryflowaniem - dużą ilością równoległych nacięć ciosaka. Obróbka ta miała miejsce jeszcze przed wypaleniem cegły⁶.

Piaskowce w detalach.

Piaskowce w konstrukcji romańskiej znalazły zastosowanie wyłącznie w detalu kamiennym: obramieniu drzwi⁷ oraz tympanonie. Elementy te znajdują się w przejściu z kruchty do nawy współczesnej konstrukcji świątyni. Odślonięte fragmenty kamiennego obramienia drzwi stanowi kilka bloków oraz odłupków białego piaskowca, które umieszczono w obfitej zaprawie wapiennej (ryc. 43,44). Bloki mają zróżnicowane rozmiary oraz charakter obróbki eksponowanej powierzchni. Na oczyszczonych z zaprawy blokach widoczne są powierzchnie idealnie gładkie, szlifowane, noszące ślady równoległego dłutowania oraz groszkowania. Badania architektoniczne wykazały, że elementy te mogły zostać zainstalowane wtórnie⁸. Inaczej sytuacja wygląda z piaskowcowym tympanonem (ryc. 45). Podczas badań architektonicznych znaleziono negatyw pierwotnej belki podtrzymującej tympanon, co potwierdza pierwotną lokalizację tego elementu, umieszczonego jeszcze w trakcie budowy świątyni⁹. Bardzo ciekawa, rzadko spotykana ornamentyka płaskorzeźby pozwoliła historykom sztuki na przypisanie północnołódzkiego warsztatu kamieniarskiego typowego dla rejonu Pawii¹⁰. W surowcu płaskorzeźby widoczna jest odmienność od piaskowca zastosowanego w kamiennych odrzwiach. Piaskowiec tympanonu jest drobnoziarnisty, jasnozielony, silnie reagujący z roztworem 10% HCl. Piaskowiec ten makroskopowo wykazuje duże podobieństwo do karpaccich piaskowców fliszowych – typu Brenna.

Materiał do badań

Badaniami objęto piaskowce wykorzystane w konstrukcji ościeży portalu. Do analiz pobrano, po dwie próbki, pochodzące z dwóch bloków oraz jednego luźnego fragmentu piaskowca tkwiącego luźno w wapiennej zaprawie. Sygnatury próbek wraz z określeniem miejsca pobrania przedstawiono w tabeli 7 oraz na rycinie 46. Ze względu na stan zachowania, a także ryzyko pęknięcia (mechaniczne pobieranie próbki oraz brak oryginalnej

⁶ Filipowicz P., Lechowicz Z., 2009, *Badania architektoniczne*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź, str. 67-68.

⁷ Łoziński J. Z., 1954, *Katalog zabytków sztuki w Polsce*, województwo łódzkie, tom II, Państwowy Instytut Sztuki Warszawa, str. 59. Autor wzmiankuje: „Drzwi kute ze starym zamkiem, w kamiennym obramieniu.” Najprawdopodobniej podczas późniejszych XX-wiecznych, remontów, doszło do obłożenia zaprawą wapienną, zniszczonych, zachowanych fragmentarycznie elementów kamiennego obramienia. Zostały odślonięte ponownie podczas badań archeologiczno – architektonicznych w roku 2006.

⁸ Filipowicz P., Lechowicz Z., 2009, *Badania architektoniczne*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź, str. 59-74.

⁹ jw.

¹⁰ Kajzer L., 2009, *Stan badań*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź, str. 55

belki wspierającej ten ważny konstrukcyjnie element nośny) nie było możliwe pobranie próbek do badań mikroskopowych.

Tabela. 7. Strońsko. Sygnatury oraz miejsca pobrania próbek do badań szczegółowych wraz z analizami, którym zostały poddane.

LP	Symbol	Miejsce pobrania	Surowiec skalny	Zastosowane metody badań		
				Płytki cienka	XRD	SEM
1.	ST1-1	ściana południowa, mur lewego ościeża portalu, najwyższy cios ze śladami dłutowania	piaskowiec kwarcowy	tak	tak	tak
2.	ST2-1	ściana południowa, mur lewego ościeża portalu, najwyższy cios ze śladami dłutowania	piaskowiec kwarcowy	tak	-	tak
3.	ST2-1	ściana południowa, mur lewego ościeża portalu, najniższy blok z powierzchnią gładzoną	piaskowiec kwarcowy	tak	-	tak
4.	ST2-2	ściana południowa, mur lewego ościeża portalu, najniższy blok z powierzchnią gładzoną	piaskowiec kwarcowy	tak	-	tak
5.	STL1	ściana południowa, mur lewego ościeża portalu, luźny okrucz z zaprawy	piaskowiec kwarcowy	tak	-	tak
6.	STL2	ściana południowa, mur lewego ościeża portalu, luźny okrucz z zaprawy	piaskowiec kwarcowy	tak	-	tak

Wyniki badań

Makroskopowo, piaskowce z których wykonano płytki cienkie do badań mikroskopowych prezentują ten sam typ skały. Zbudowane są głównie z kwarcu, niewielkiej ilości minerałów barwnych oraz pojedynczych blaszek drobno łusczkowego muskowitu - serycytu. W żadnej z próbek na poziomie makroskopowym nie zaobserwowano skamieniałości oraz struktur sedymentacyjnych. Piaskowce mają barwę białą, z silnymi refleksami na powierzchniach przełamów. We wszystkich badanych próbkach widoczna była reakcja z 10% roztworem HCl, co wskazuje na obecność węglanu wapnia. Należy jednak zaznaczyć, że węglan ten może pochodzić z infiltrujących skałę roztworów zaprawy wapiennej.

Analizowane piaskowce również w badaniach mikroskopowych wykazują duże do siebie podobieństwo. Pełne charakterystyki analiz petrograficznych badanych skał zostały przedstawione w tabeli 8, na stronie 70. Średnie wielkości ziarn zawierają się w granicach od 0,291mm (płytki ST1-1) do 0,517mm (płytki STL2), natomiast wartości odchylenia standardowego wahają się od 0,102mm (płytki ST1-2) do 0,257mm (płytki STL2). Inne statystyczne parametry rozkładu uziarnienia przyjmują wartości w szerokich granicach: skośność od 0,0006mm (płytki ST1-2) do 0,0028mm (płytki ST2-2), natomiast dla kurtoza od 0,0035mm (płytki ST1-2) do 0,0153mm (płytki STL2-2). Duże dysproporcje pomiędzy wartościami poszczególnych parametrów statystycznych, przedstawione na diagramach (ryc. 47), wskazują na znaczne frakcjonalne zróżnicowanie pomiędzy piaskowcami poszczególnych elementów, a także w obrębie pojedynczego bloku (pobierano po dwie próbki). Wynikające z wykonanych obliczeń zróżnicowanie frakcjonalne odzwierciedlające stopień wysortowania osadu widoczne jest także bezpośrednio w obrazach mikroskopowych.

Tabela 8. Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych

LP.	Płytki	Wartości statystycznych parametrów uziarnienia w mm				Składniki szkieletu ziarnowego				Kształt ziarn (7)	Kontakty ziarn (8)	Typ mineralny i rodzaj spoiwa (9)	Nazwa systematyczna		
		Mz	δ1	Sk ₁	K _G	K (1)	S (2)	L (4)	Mc (5)					Mn (6)	
1.	ST1-1	0,291	0,129	0,0013	0,0058	mk, pk	0	0	0	cr	0	3	pr, ww	kw – re we – msp, ob	arenit kwarcowy
2.	ST1-2	0,297	0,102	0,0006	0,0035	mk	0	0	0	cr, tu	0	3	pr, ww	kw – re	arenit kwarcowy
3.	ST2-1	0,411	0,162	0,0011	0,0051	mk	0	0	0	hr	0	3	pr, ww	kw – re we – msp, ob	arenit kwarcowy
4.	ST2-2	0,431	0,205	0,0028	0,0153	mk	0	0	0	cr	0	3	pr, ww	kw – re we – msp, ob. il – pr, ko	arenit kwarcowy
5.	STL1	0,483	0,216	0,0011	0,0048	mk, pk	0	0	0	0	0	3	ww, pr, pk	kw – re we – msp, ob	arenit kwarcowy
6.	STL2	0,517	0,257	0,0021	0,0093	mk	0	0	0	0	0	3	ww, pr	kw – re we – msp, ob il – ko, pr	arenit kwarcowy

Objaśnienia skrótów (poszczególne cechy oraz składniki skały wymienione są w kolejności począwszy od najintensywniejszej cechy lub najliczniejszego składnika):

- (1) **Kwarc**, w formie ziarn: **mk** – monokrystalicznych, **pk** – polikrystalicznych;
- (2) **Skalenie**;
- (3) **Łyszczyki**;
- (4) **Litoklasty**;
- (5) **Minerały ciężkie przezroczyste cr** – cyrkon, **tu** – turmalin, **hr** – hornblenda;
- (6) **Minerały ciężkie nieprzezroczyste**
- (7) **Stopień obtoczenia wg Powersa 1953** (vide Ryka, Maliszewska 1991): 0 bardzo ostrokrawędziste, 1- ostrokrawędziste, 2- kanciaste, 3- półobtoczone, 4- obtoczone, 5- bardzo dobrze obtoczone;
- (8) **Kontakty ziarn: pk** – punktowe, **pr** – proste, **ww** – wkłęsło wypukłe;
- (9) **Skład mineralny spoiw: kw** – kwarcowe, **il** – ilaste, **we** – węglanowe,
Rodzaj spoiwa ze względu na ilość i sposób wykształcenia: ko – kontaktowe, **ob** – oblegające o charakterze filmu, **re** – regeneracyjne, **pd** – podstawowe, **pr** – porowe, **msp** – mikrosparyt.

Stosując wzorce do wizualnej oceny wysortowania materiału okruszowego składniki badanych piaskowców prezentują dobre wysortowanie w płytkach ST1-1 oraz ST1-2 z próbki pierwszej, natomiast w dwóch kolejnych próbkach (jedna z bloku – płytki ST2-1 i ST2-2 oraz fragment okruszu luzem płytki - STL1 i STL2) mamy do czynienia ze średnim wysortowaniem. Zawartość porów w poszczególnych płytkach także jest zróżnicowana i waha się od 2,7% (płytki ST1-2) do 9,9% (płytki ST2-2), co zostało przedstawione na rycinie 48. Należy zaznaczyć, że w obrębie jednego piaskowcowego elementu wartości te wzrastają nawet dwukrotnie. Kształt ziarn szkieletu ziarnowego trudny jest do dokładnego określenia, ze względu na licznie występujące na powierzchniach ziarn kwarcu pierwotnego, obwódki rekrytalizacyjne kwarcu autogenicznego (ryc. 50,51). Tylko w niektórych osobnikach widoczne są zarysy półobtoczonych ziarn pierwotnych. Najczęściej ziarna są ustalone, a kontakty pomiędzy nimi są proste i wklęsło – wypukłe, rzadziej punktowe (ryc. 51). Badane piaskowce prezentują skałę, której szkielet ziarnowy zbudowany jest głównie z ziarn kwarcu. Minerale ten występuje w ziarnach monokrystalicznych, normalnie wygaszających światło. W podrzędnej ilości w płytkach ST1-1 oraz STL1 widoczny jest niewielki udział ziarn polikrystalicznych. Wiele pierwotnych ziarn kwarcu wykazuje liczne, drobne, nieprzezroczyste inkluzje stałe, które rozmieszczone są równomiernie na całej powierzchni przekroju ziarna, lub układają się wzdłuż równoległych linii. Minerale ciężkie, przezroczyste reprezentowane są przez pojedyncze ziarna cyrkonu, które stwierdzono w trzech płytkach (ST1-1, ST1-2, ST2-2) oraz oznaczono jedno ziarno turmalinu (płytki ST1-2) i jedno hornblendy (płytki ST2-1). W płytkach cienkich nie zidentyfikowano minerałów łuszczykowych, których pojedyncze blaszki były widoczne makroskopowo.

Spoiwo analizowanych piaskowców obserwowane w płytkach jest mało zróżnicowane. We wszystkich piaskowcach widoczne jest spoiwo kwarcowe o charakterze cementu regeneracyjnego (ryc. 51). Cement ten wykształcony jest w formie obwódek kwarcu autogenicznego na ziarnach detrytycznych tego minerału. Obwódki o zróżnicowanej grubości, w niektórych miejscach całkowicie wypełniają przestrzenie porowe. Dwa pozostałe ze zidentyfikowanych spoiw: ilaste i węglanowe wykształcone są na cemencie kwarcowym. Spoiwo ilaste wykształcone w postaci drobnokrystalicznych, włóknistych agregatów ma charakter kontaktowy i porowy (ryc. 51). Spoiwo węglanowe wykształcone jest w postaci mikrosparytu, tworzącego cienkie powłoki, o charakterze filmu, rozwinięte na ziarnach szkieletu (ryc. 51).

Na podstawie analizy planimetrycznej pozycję systematyczną piaskowców przedstawiono na trójkącie projekcyjnym (ryc. 49). Wszystkie analizowane skały znajdują się w polu arenitów kwarcowych. Półilościowe analizy uśrednionego składu chemicznego piaskowców wykonane zostały mikrosondą SEM EDX (tabela 9). W skałach, poza krzemionką stanowiącą podstawowy składnik chemiczny piaskowców, analizy wykazały

znaczącą zawartość CaO. Szczególnie duża zawartość wapnia widoczna jest w punktowej analizie spoiwa (25,69% obj.). Brak innych pierwiastków w wynikach analizy składu chemicznego spoiwa może być spowodowany minimalną ich zawartością (<1% wag.). Dane literaturowe dotyczące analiz składu chemicznego zapraw murarskich, wykonanych metodami SEM EDX oraz chemicznymi, wykazały znaczną zawartość glinu – do 2,63% wag¹¹. Nieobecność tego pierwiastka w spoiwie badanego piaskowca może wskazywać na brak infiltracji roztworów zaprawy w głębsze partie skały. Jest to jednocześnie wskazaniem pierwotnego występowania w składzie chemicznym skały CaO.

Tab. 9. Strońsko. Uśredniony skład chemiczny SEM EDX piaskowców oraz spoiwa.

próbki	CO ₂	SiO ₂	CaO
ST1-1	29,83	69,49	0,68
ST1-2	30,42	68,88	0,70
ST2-1	47,03	52,30	0,67
ST2-2	46,95	52,51	0,54
STL1-1	29,29	69,46	1,25
STL2	32,50	65,41	2,09
spoiwo STL2	44,68	29,63	25,69

Analiza XRD składu mineralnego próbki ST1-1 poza kwarcem nie wykazała istnienia innych faz mineralnych.

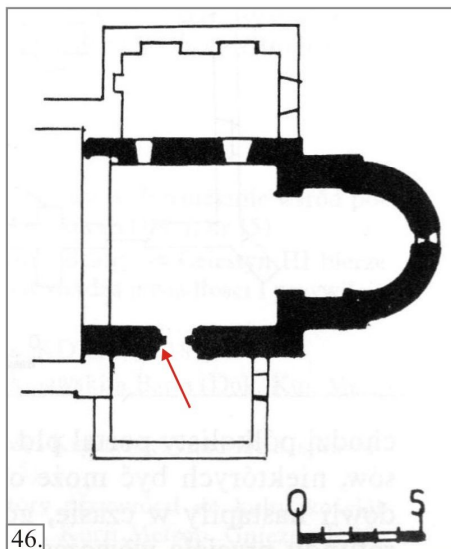
Uwzględniając pozycję systematyczną analizowanych piaskowców oraz inne wyniki przeprowadzonych analiz, grupę piaskowców wykorzystanych w ościeżach strońskiej świątyni należy zaklasyfikować do średnioziarnistych arenitów kwarcowych o spoiwie kwarcowym, węglanowym, ilastym.

Wnioski.

Piaskowce wykorzystane w ościeżach strońskiego kościoła wykazują wiele cech zbieżnych. Zarówno na poziomie makro- i mikroskopowym, prezentują jeden rodzaj piaskowca - średnioziarnisty arenit kwarcowy o spoiwach: kwarcowym, węglanowym oraz ilastym. Węglany występujące w spoiwie najprawdopodobniej mają pierwotny charakter i nie przedostały się w głębsze partie skały w wyniku infiltracji zaprawy wapiennej. Ze względu na zastosowanie tego typu surowca w jednym elemencie konstrukcyjnym oraz brak w innych partiach budowli musiał być użyty jednorazowo. Walory w postaci białej barwy, silnego „skrzzenia się” ówcześni muratorzy wykorzystali stosując tę skałę w tak reprezentacyjnym elemencie, którym są odrzwia. Zastanawiające są różne sposoby obróbki piaskowcowych ciosów, brak ciągłości kamieniarki w ościeżach oraz występowanie skały w formie druzgoty zalanej zaprawą. Nie jest także wykluczone, że tak niewielka ilość bloków o

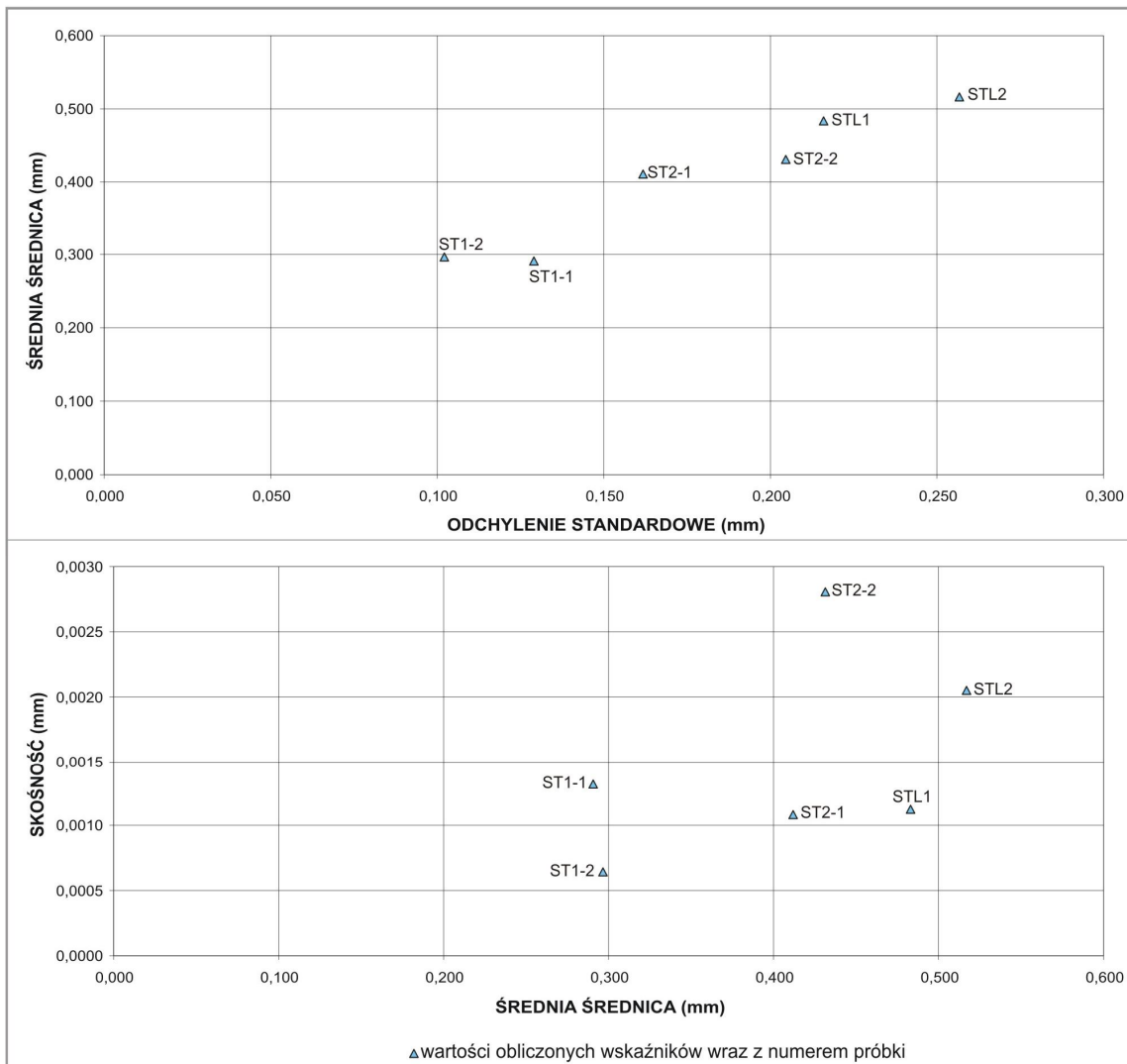
¹¹ Andrijewski G., Polański K., 2009, *Oznaczanie składu próbek zapraw murarskich pochodzących z późnoromańskiego kościoła pod wezwaniem Św. Urszuli i jedenastu Tysięcy Dziewic w Strońsku, gm. Zapolice, pow. Zduńska Wola*. [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź, str. 113-116.

zróżnicowanym sposobie obróbki, mogła stanowić swego rodzaju próbki surowca i kunsztu kamieniarskiego przywiezione przez ówczesnego muratora. Jednak ze względu na niewielkie środki finansowe przeznaczone na rozbudowę lub modernizację świątyni, ograniczono się do wykorzystania ich w ościeżach, a niedostatki zrekomensowano obfitą zaprawą wapienną. Opisywane piaskowce pomimo tego, że stanowią fragmenty muru romańskiego są elementami architektonicznymi młodszymi. Całkowicie inaczej przedstawia się pozycja tympanonu i jego surowca. Z całą pewnością, jak potwierdziły to badania architektoniczno-archeologiczne jest to pierwotny element romański, który nie ma analogii w detalach architektonicznych budowli romańskich na obszarze Polski. Natomiast surowiec, z którego został wykonany jest odmienny od tego zastosowanego w odrzwiach.

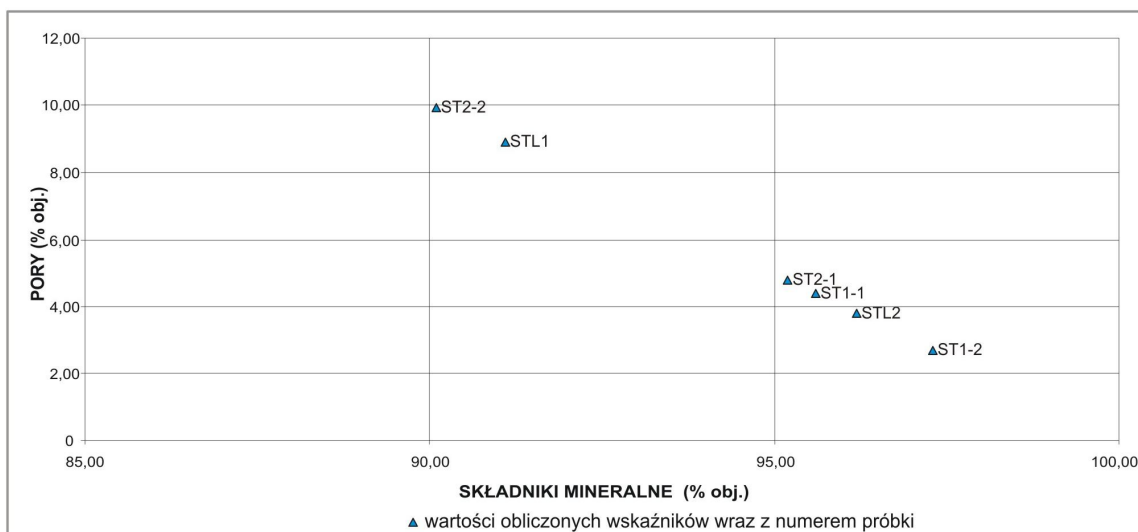


Ryc. 42. Strońsko. Położenie kościoła p.w. św. Urszuli (czerwony krzyż) na mapie topograficznej w skali 1:50 000.
Ryc. 43. Strońsko. Górna część odsłoniętego lewego ościeża portalu z widocznymi blokami białego piaskowca o rozmiarach większych od cegieł.
Ryc. 44. Strońsko. Dolna część ościeża z fragmentami piaskowcowych ciosów.
Ryc. 45. Strońsko. Tympanon z zielonkawego, wapnistego piaskowca z przedstawieniem "smoka pożerającego szarańczę".
Ryc. 46. Strońsko. Plan romańskich murów kościoła (wg Świechowskiego 2000) z zaznaczonym czerwona strzałką ościeżem, z którego pobrano próbki piaskowców do badań szczegółowych.

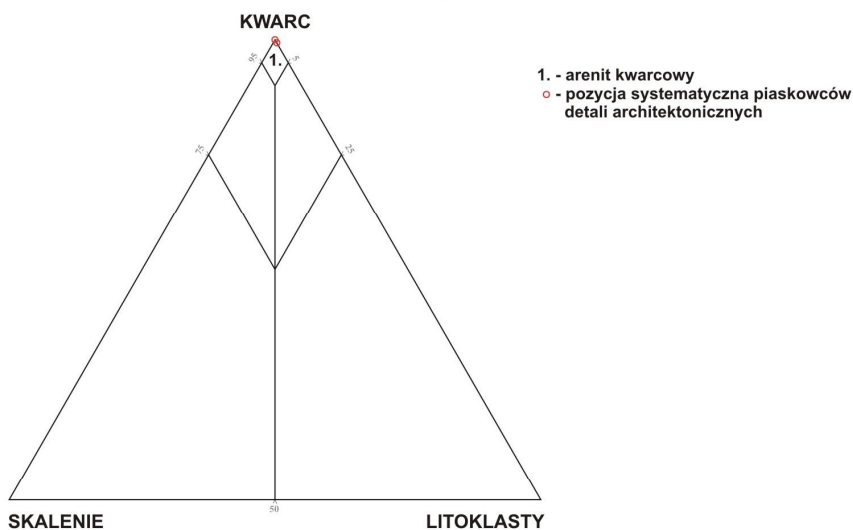
Ryc. 47. Strońsko. Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia.



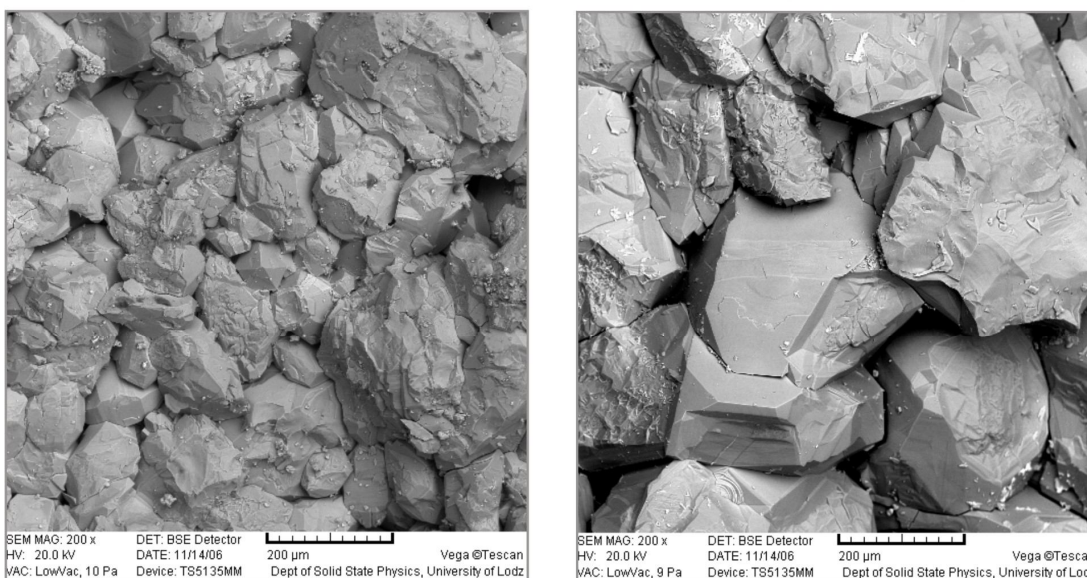
Ryc. 48. Strońsko. Wzajemne stosunki zawartości składników mineralnych i porów w piaskowcach detali architektonicznych.



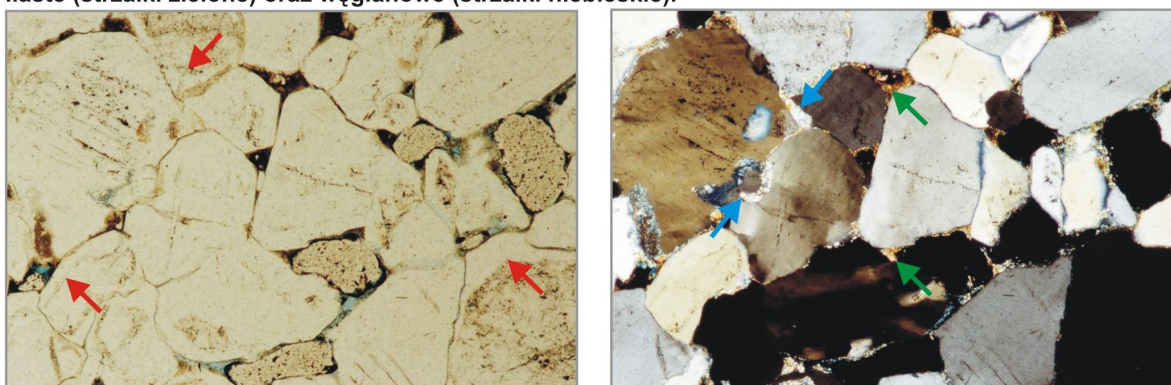
Ryc. 49. Strońsko. Pozycja systematyczna piaskowców detali architektonicznych na tle klasyfikacji piaskowców wg Pettijohna (1972) z późniejszymi modyfikacjami.



Ryc. 50. Strońsko. Obrazy SEM BSE powierzchni przełamu dwu próbek piaskowca ST1-1 (z lewej) STL2 (z prawej). Widoczne są doskonale wykształcone elementy morfologii autogenicznego kwarcu w formie obwódek regeneracyjnych. Na powierzchniach kryształów fotografii z prawej strony widoczne są dodatkowo niewielkie białe agregaty najprawdopodobniej minerałów węglanowych.



Ryc. 51. Strońsko. Fotografia płytki cieniowej STL2. (z lewej bez polaryzatora, z prawej z polaryzatorami X) (pow. x80). Widoczne są ziarna kwarcu pierwotnego, w wielu przypadkach zawierającego liczne czarne, nieprzezroczyste inkluzje oraz nieprzezroczysty film oddzielający je do kwarcowego cementu regeneracyjnego (strzałki czerwone). W przestrzeniach pomiędzy ziarnkami widoczne jest spoiwo ilaste (strzałki zielone) oraz węglanowe (strzałki niebieskie).



VI. 4. Sulejów.

Opactwo cysterskie w Sulejowie p.w. NMP i św. Tomasza Kantuaryjskiego położone jest w dzielnicy Sulejowa – Podklasztorzu i stanowi jeden z lepiej zachowanych zabytków architektonicznych sztuki sakralnej, w którym oprócz romańskiego założenia i konstrukcji obiektów istotne jest bogate barokowe wyposażenie kościoła. Obiekt ten jest także jednym z najlepiej rozpoznanych i przebadanych zabytków klasztornych na obszarze centralnej Polski, tym samym doczekał się bogatej bibliografii¹. Zabudowania opacie położone są na terasie nadzalewowej wyższej oraz stoku doliny rzeki Pilicy, od koryta której to rzeki, dzieli zabudowania zaledwie 300-400m (ryc. 52). Począwszy od okresu lateńskiego przez Sulejów przechodziły ważne trakty komunikacyjne. Później miasteczko stało się elementem szlaku handlowego prowadzącego z Gniezna do Kijowa². W skład opactwa cysterskiego wchodzi zabudowania klasztorne oraz kościół (ryc. 53), który jest przedmiotem tego opracowania. Kościół jest najstarszym i najważniejszym z zabudowań opactwa³. Najprawdopodobniej został wzniesiony w pierwszej połowie XIII w. Data konsekracji kościoła - rok 1232, przez arcybiskupa Pełkę, najprawdopodobniej jest też datą kończąca budowę świątyni⁴. Dzieje kościoła są bardzo burzliwe, gdyż trzykrotnie podlegał pożarom m.in. na skutek najazdu tatarów. Na początku XIX w. klasztor uległ kasacji oraz strawił zabudowania kolejny pożar. Prace przy odbudowie kościoła były prowadzone w czterech etapach w latach: 1852-1861, 1923-1925, 1946-1950, 1989-2000⁵. Przy czym w trakcie tych ostatnich oprócz zabiegów konserwatorskich, przeprowadzono także kompleksowe badania archeologiczno – architektoniczne. Owocem wspomnianych badań jest monograficzne opracowanie całego zabytkowego kompleksu autorstwa J. Augustyniaka⁶. Pomimo licznych zniszczeń oraz prac rekonstrukcyjnych, kościół doznał jedynie nieznacznych zmian w stosunku do pierwotnej formy romańskiej. Świątynia stanowi budowlę orientowaną o charakterze trójnawowej, czteroprzęsłowej bazyliki z transeptem (ryc. 57). W jej konstrukcji wyodrębnione jest prosto zamknięte prezbiterium z przylegającymi po obu stronach kaplicami. Wejście do kościoła prowadzi przez portal główny, uważany przez architektów za jeden z najpiękniejszych portali romańskich w Polsce. Element ten pod względem stylowym jest bardzo zbliżony do portali

¹ Świechowska E., Mischke W., 2001, *Architektura romańska w Polsce. Bibliografia*, Wydawnictwo DiG, Warszawa, str. 121-122.

² Augustyniak J., 2005, *Cysterskie opactwo w Sulejowie. Rozwój przestrzenny do końca XVI wieku, w świetle badań archeologiczno – architektonicznych w latach 1989-2003*, Biblioteka Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, nr 33, Łódź, str. 37-39.

³ j.w., str. 71.

⁴ Świechowski Z., 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wydawnictwo DiG, Warszawa, str. 241.

⁵ j.w.

⁶ Augustyniak J., 2005, *Cysterskie opactwo w Sulejowie. Rozwój przestrzenny do końca XVI wieku, w świetle badań archeologiczno – architektonicznych w latach 1989-2003*, Biblioteka Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, nr 33, Łódź.

północno – włoskich⁷. Klasztor dostawiony do korpusu kościoła, stanowi jakby przedłużenie transeptu od strony południowej. W przeciwieństwie do kościoła, stan zachowania zabudowań klasztornych jest znikomy. Ostało się wschodnie skrzydło klasztoru, przylegające bezpośrednio do transeptu, mieszczące pierwotnie kapitułarz, karcer oraz ramię wschodnie krużganku. Obiekty te w większości zostały wzniesione z cegły, wapienia, gładów narzutowych oraz wtórnie wykorzystanych bloków piaskowca i nie stanowią przedmiotu tego opracowania. Na uwagę zasługuje tympanon o prymitywnym przedstawieniu Ukrzyżowania, umieszczony nad zamurowanym wejściem północnym (ryc. 52). Na początku przypuszczano, że może on pochodzić z kościoła przedcysterskiego, oratorium, jednak ostatnie badania wskazują na pierwotne posadowienie tego elementu⁸.

Materiałem wykorzystanym do wzniesienia cysterskiego kościoła są piaskowce. Ponieważ w najbliższej okolicy Sulejowa poza wapieniami i materiałem narzutowym nie ma złóż surowców skalnych, więc materiał ten musiał być sprowadzany. Informacje o pochodzeniu piaskowców znajdujemy m.in. w pierwszym obszernym artykule dotyczącym sulejowskiego opactwa, autorstwa Władysława Łuszczkiewicza, który to autor wskazuje na proveniencję szydłowiecką, używając określenia piaskowce szydłowieckie⁹. Wskazanie tego samego pochodzenia surowców zawarte jest w „Katalogu zabytków sztuki w Polsce”¹⁰. Z kolei w pierwszej monografii tego cysterskiego zespołu autorstwa Zygmunta Świechowskiego z 1954r. zawarto sformułowanie: „Piaskowiec, z którego wykonano ciosy na budowę kościoła sulejowskiego, jest szarawy co wyklucza możliwość posiłkowania się kamieniołomem żarnowskim. Posiada on nadto jeszcze jedną właściwość, pozwalającą bliżej określić źródło proveniencji. Ma on mianowicie miejscami brunatne zabarwienie, występujące w postaci smug. Zabarwienie to jest skutkiem domieszki rud żelaznych, wiadomo zaś, że złoża piaskowca żelazistego występują koło Inowłódza. Stad wniosek że do sulejowskiej „fabrica ecclesiae” czerpano materiał z inowłodzkich kamieniołomów.”¹¹ W najnowszej monografii opactwa, J. Augustyniak podaje, powołując się na analizy wykonane przez P. Czuble, że budowlę wzniesiono z ciosów dwóch rodzajów piaskowca: kredowego

⁷ Świechowski Z., 1954, *Opactwo sulejowskie, monografia architektoniczna*, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Prace Komisji Historii sztuki, Tom IV, Zeszyt 2, PWN, Warszawa, str. 14.

⁸ Augustyniak J., 2005, *Cysterskie opactwo w Sulejowie. Rozwój przestrzenny do końca XVI wieku, w świetle badań archeologiczno – architektonicznych w latach 1989-2003*, Biblioteka Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, nr 33, Łódź, str. 82.

⁹ Łuszczkiewicz Wł., 1879, *Opactwo sulejowskie - zabytek architektury XIII w.*, Sprawozdania Komisji Historii Sztuki, tom I, Akademia Umiejętności, Kraków, str. 10.

¹⁰ Łoziński J., Wolff B., 1958, *Katalog zabytków sztuki w Polsce*, tom III, zeszyt 8, Państwowy Instytut Sztuki, Warszawa, str. 51.

¹¹ Świechowski Z., 1954, *Opactwo sulejowskie, monografia architektoniczna*, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Prace Komisji Historii sztuki, Tom IV, Zeszyt 2, PWN, Warszawa, str. 28,29.

Należy zaznaczyć, że autor ten swoje przypuszczenia oparł na podstawie porównań z opisami zawartymi w podręczniku geologii, jednak jego obserwacje są bardzo wnikliwe, a dodatkowo podaje jeszcze proveniencje wapieni wykorzystanych w zaprawach.

występującego w okolicach Przedborza oraz dolnojurajskiego, eksploatowanego w okolicach Żarnowa¹².

Podczas prac rekonstrukcyjnych domku portalowego, wykonanych na zlecenie Urzędu Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków¹³, badaniami petrograficznymi objęto pojedyncze ciosy muru, kolumn oraz wybranych detali zdobiących portal. W ich wyniku stwierdzono niejednorodność surowca oraz wskazano na jego pochodzenie z utworów: triasu i jury. Jaśniejsze piaskowce miały pochodzić z odsłoneń utworów jury dolnej (Szydłowiec, Śmiłów, Podole, Tresta), natomiast ciemniejsze, bardziej różowe z triasu dolnego (Suchedniów, Tumlin, Wąchock, Doły Biskupie).

Mury

Mury cysterskiej świątyni wzniesiono w technice *opus emplectum*, gdzie pomiędzy dwoma licami piaskowcowych ciosów znajduje się wypełnienie kamieniem łamanym i cegłami, zalane obfitą zaprawą wapienną¹⁴. Tak więc w konstrukcji jako główny surowiec wykorzystano piaskowiec, natomiast podrzędnie cegłę oraz okruchy skał narzutowych. Bloki piaskowców stanowiące lico muru są dwóch rozmiarów: większe i mniejsze. Większe, układane w równe warstwy, stanowią podstawową materię muru, natomiast z rzadka pojawiają się pojedyncze warstwy ciosów mniejszych rozmiarów. Ten typ wątku muru kamiennego nazywany jest *moyen appareil*, ma korzenie burgundzkie i powszechnie wykorzystywano go w budowlach cysterskich¹⁵. Kolorystyka piaskowców jest bardzo zróżnicowana, począwszy od barwy jasnobezowej, aż do ciemnoczerwonej (ryc. 53-56). Na uwagę zasługuje fakt niewykorzystania przez średniowiecznych muratorów atutu wielobarwności piaskowca poprzez naprzemienne ułożenie warstw jaśniejszych i ciemniejszych, tak jak w cysterskim kościele w Wąchocku. Kolorystyka ciosów najczęściej nie jest jednorodna na całej powierzchni bloku. Ciemniejsze przebarwienia układają się w różnego rodzaju smugi oraz linie, w niektórych miejscach podkreślone jest w ten sposób warstwowanie równoległe. Zróżnicowane zabarwienie związane jest ze zmienną zawartością związków żelaza. W niektórych przypadkach, w wyniku ich większej koncentracji, na eksponowanych powierzchniach skały, powstał swego rodzaju pozytywny relief. Jest on następstwem selektywności procesów wietrzeniowych. Przyczyniły się one także do powstania głębokich, równoległych bruzd, związanych z większą zawartością minerałów ilastych, które z czasem uległy wypłukaniu. Piaskowce makroskopowo wykazują zbliżoną frakcję, nie zawierają lamin żwirowych lub pojedynczych otoczków.

¹² Czubla P., 1995, *Ekspertyza kamienia użytego do budowy kościoła w zespole cysterskim w Sulejowie*, Łódź, mnps, Archiwum Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków w Łodzi, delegatura w Piotrkowie Trybunalskim.

¹³ Badania zostały wykonane przez Pracownię Konserwacji Zabytków w Toruniu. mnps, Archiwum Urzędu Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków w Łodzi, delegatura w Piotrkowie Trybunalskim.

¹⁴ Świechowski Z., 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wydawnictwo DIG, Warszawa, str. 241.

¹⁵ Świechowski Z., 1954, *Opactwo sulejowskie, monografia architektoniczna*, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Prace Komisji Historii sztuki, Tom IV, Zeszyt 2, PWN, Warszawa, str. 30, 31.

Powierzchnie ciosów prezentują różny charakter obróbki, do której wykorzystano ciosak lub dłuto, o czym świadczą proste, 2-3 centymetrowej długości, niezbyt głębokie ślady, które układają się w równoległe pasy. Na niektórych powierzchniach widoczne są również strefy świadczące o pełnej przypadkowości kierunku uderzeń. Inny sposób obróbki, za pomocą groszkownika, prezentują bloki, które zostały odświeżone podczas kolejnych prac konserwatorskich. Widoczne są one od strony wschodniej prezbiterium. Nie stwierdzono, natomiast w obrębie całej budowli bloków o tak charakterystycznym dla wielu konstrukcji romańskich sposobie obróbki polegającym na dłutowaniu brzegów ciosów za pomocą gęstych, prostopadłych do krawędzi bloku nacięć. Część piaskowcowych ciosów w wyższych partiach ściany południowej ma charakterystyczne powierzchnie będące efektem erozji termicznej, do której doszło w następstwie pożaru (ryc. 54).

Materiał do badań

Ze względu na zakończone w roku 2005 prace konserwatorskie, co związane było z trwałym zabezpieczeniem powierzchni murów, autor nie miał możliwości pobrania materiału do badań z miejsc oraz elementów architektonicznych najbardziej interesujących pod względem surowcowym. Dlatego też, pobieranie próbek do analiz zostało ograniczone do zewnętrznych części murów kościoła. Pozyskano 25 próbek, z których 15 poddano dalszym analizom laboratoryjnym. Wykaz próbek objętych szczegółowymi badaniami wraz z zaznaczeniem na planie miejsca ich pobrania został przedstawiony na rycinie 57. Opisy miejsc pobrania próbek przedstawiono w tabeli 10.

Ryc. 57. Sulejów. Plan kościoła (wg Świechowskiego 2000) z zaznaczonymi miejscami oraz oznaczeniami próbek poddanych badaniom szczegółowym.

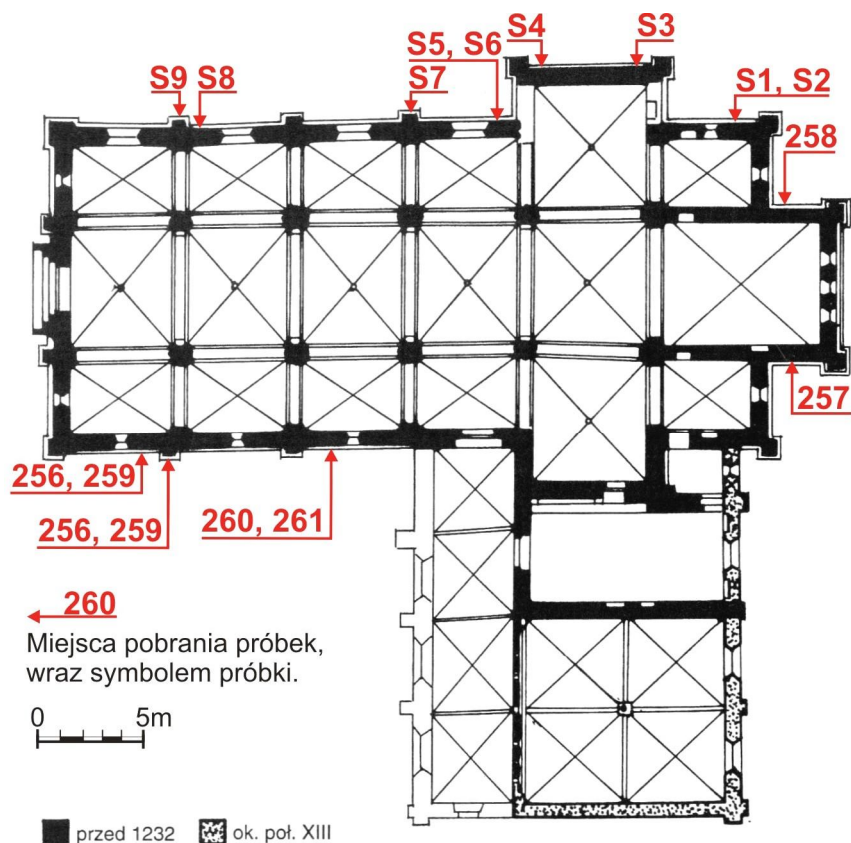


Tabela 10. Sulejów. Oznaczenia próbek, opisy miejsc w budowli, z których zostały pobrane i detali architektonicznych wraz z badaniami, którym skały zostały poddane.

Mury naziemne budowli						
LP	Symbol	Miejsce pobrania	Surowiec skalny	Zastosowane metody badań		
				Płytką cienką	XRD	SEM
1.	256	zewnątrz, ściana południowa, druga szkarpa od strony wschodniej, najniższa warstwa ciosów	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
2.	257	zewnątrz, prawa ściana absydy, najniższa warstwa ciosów	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
3.	258	zewnątrz, lewa ściana absydy, najniższa warstwa ciosów	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
4.	259	zewnątrz, ściana południowa, druga szkarpa od strony wschodniej, najniższa warstwa ciosów	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
5.	260	zewnątrz, ściana południowa, dolne partie ciosów tuż za trzecią szkarpą	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
6.	261	zewnątrz, ściana południowa, dolne partie ciosów tuż za trzecią szkarpą	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
7.	S1	zewnątrz, ściana północna za transeptem, dolne partie ciosów	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
8.	S2	zewnątrz, ściana północna za transeptem, dolne partie ciosów	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
9.	S3	zewnątrz, północna ściana transeptu, dolne partie ciosów	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
10.	S4	zewnątrz, północna ściana transeptu, dolne partie ciosów	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
11.	S5	zewnątrz, ściana północna za czwartą szkarpą, tuż przed transeptem, dolne partie ciosów	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
12.	S6	zewnątrz, ściana północna za czwartą szkarpą, tuż przed transeptem, dolne partie ciosów	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
13.	S7	zewnątrz, ściana północna, szkarpa czwarta, cios na wysokości ok. 1 m	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
14.	S8	zewnątrz, ściana północna tuż za drugą szkarpą, dolne partie ciosów	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-
15.	S9	zewnątrz, ściana północna, szkarpa druga, dolne partie ciosów	piaskowiec drobnoziarnisty	tak	-	-

Wyniki analiz

Pobierając do badań próbki piaskowców starano się tak dobrać materiał, aby pochodził z ciosów o zróżnicowanym zabarwieniu. Jak się okazało, pomimo wielobarwności na powierzchniach zewnętrznych, wewnątrz piaskowce prezentują bardzo zbliżoną kolorystykę, od barwy jasnobezowej, przez jasnożółtą do jasnoróżowej. Żadna z próbek nie wykazała reakcji z HCl. Szczegółowe zestawienie cech petrograficznych badanych skał zostało przedstawione w tabeli 11, na stronie 82. Analizowane piaskowce zbudowane są ze szkieletu ziarnowego połączonego niewielką ilością spoiwa. Średnie średnice ziarn szkieletu wahają się od 0,131mm (płytką S5) do 0,364mm (płytką S3), natomiast wartości odchylenia standardowego zawierają się w granicach od 0,045mm (płytką S5) do 0,154mm (płytką S3). Inne parametry statystyczne, także wykazują niewielkie zróżnicowanie; wartości skośności zawierają się w granicach od 0,0003mm (płytki 259, S2) do 0,0029mm (płytką S3), a kurtozy od 0,0028mm (płytką 259) do 0,0233mm (płytką S3). Powyższe wyniki obliczonych parametrów statystycznych przedstawiono w formie graficznej na rycinie 58. Zespół prezentowanych wartości potwierdza duże podobieństwo frakcjonalne badanych piaskowców. Do wyjątków można zaliczyć piaskowiec próbki S3, gdyż jest to skała o znacznie grubszym i słabiej wysortowanym ziarnie od pozostałych. Wartości porowatości analizowanej grupy piaskowców zawierają się w granicach od 13,33% do 34,21% (ryc. 59).

Tabela. 11. Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych.

LP.	Płytki	Wartości statystycznych parametrów uziarnienia w mm						Składniki szkieletu ziarnowego						Kształt ziarn (7)	Kontakty ziarn (8)	Typ mineralny i rodzaj spoiwa (9)	Nazwa systematyczna
		Mz	δ1	Sk ₁	K _G	K ⁽¹⁾	S ⁽²⁾	L ⁽⁴⁾	Mc ⁽⁵⁾	Mn ⁽⁶⁾							
1.	256	0,233	0,104	0,0016	0,0086	mk, pk	0	mu	mu	cr, tu	fe	2,3	pr, pk	kw-re il-pr, ko	arenit kwarcowy		
2.	257	0,260	0,105	0,0005	0,0035	mk, pk	0	mu	mu	0	fe, il, mg	2,3	pk, pr, ww	kw-re il-ko	arenit kwarcowy		
3.	258	0,279	0,111	0,0005	0,0033	mk, pk	0	0	mu	tu	fe	2,3, 4	pk, pr	il-pr, ko kw-re	arenit kwarcowy		
4.	259	0,273	0,103	0,0003	0,0028	mk, pk	0	0	0	cr, tu	fe	2,3	pk, pr	kw-re il-ko, ob	arenit kwarcowy		
5.	260	0,278	0,126	0,0008	0,0037	mk, pk	0	mu, ar	0	tu	fe	2,3	pr, pk	kw-re ze-pr, ko il-ko, ob	arenit kwarcowy		
6.	261	0,210	0,075	0,0007	0,0035	mk, pk	0	mu, ar	0	cr	fe, mg	2,3	pr, pk	kw-re ze-pr, ko il-ko, ob	arenit kwarcowy		
7.	S1	0,259	0,099	0,0007	0,0037	mk, pk	mi	mu, ar	mu	cr	fe	2,3	pr, pk, ww	kw-re il-ko, ob	arenit kwarcowy		
8.	S2	0,188	0,074	0,0003	0,0029	mk, pk	0	mu, ar	mu	cr, ru	fe	2,3	pk, pr	kw-re il-ko, ob	arenit kwarcowy		
9.	S3	0,364	0,154	0,0029	0,0233	mk, pk	0	0	0	cr	fe, mg	2,3	pr, pk, ww	kw-re il-ko, ob ka-pr	arenit kwarcowy		
10.	S4	0,217	0,093	0,0016	0,0075	mk, pk	0	mu, ar	0	cr	fe	2,3	pr, pk	kw-re il-ko	arenit kwarcowy		
11.	S5	0,131	0,045	0,0010	0,0045	mk, pk	0	mu, ar	0	cr, ru	il, fe	2,3	pk, pr	kw-re il-pr, ko ka-pr	arenit kwarcowy		
12.	S6	0,275	0,097	0,0010	0,0030	mk, pk	0	0	mu	cr	fe	2,3	pr, ww	il-ko kw-re	arenit kwarcowy		
13.	S7	0,201	0,110	0,0020	0,0040	mk, pk	0	mu	0	tu, cr	fe	2,3	pr, pk	il-ko, ob kw-re ze-pr, ko	arenit kwarcowy		
14.	S8	0,239	0,098	0,0010	0,0030	mk, pk	0	mu	mu	0	fe	2,3	pr, pk, ww	kw-re il-pr, ko	arenit kwarcowy		
15.	S9	0,258	0,070	0,0010	0,0030	mk, pk	0	mu, ar	mu	cr	fe	2,3	pr, pk	kw-re	arenit kwarcowy		

Objaśnienia skrótów (poszczególne cechy oraz składniki skały wymienione są w kolejności począwszy od najintensywniejszej cechy lub najliczniejszego składnika):

- (1) **Kwarc**, w formie ziarn: **mk** – monokrystalicznych, **pk** – polikrystalicznych;
- (2) **Skalenie**: **mi** – mikrokliny;
- (3) **Łyszczyki**: **mu** – muskowit, **ar** – widoczne efekty argilizacji;
- (4) **Litoklasty**: **mu** – okruchy mufłowców;
- (5) **Minerały ciężkie przezroczyste**: **cr** – cyrkon, **tu** – turmalin, **ru** – rutył;
- (6) **Minerały ciężkie nieprzezroczyste**: **mg** – magnetyt, **il** – ilmenit, **fe** – nieoznaczone tlenki żelaza;
- (7) **Stopień obtoczenia** wg Powersa 1953 (vide Ryka, Maliszewska 1991): 0- bardzo ostrokrawędziste, 1- ostrokrawędziste, 2- kanciaste, 3- półobtoczony, 4- obtoczony, 5- bardzo dobrze obtoczony;
- (8) **Kontakty ziarn**: **pk** – punktowe, **pr** – proste, **ww** – wklesło wypukłe;
- (9) **Skład mineralny spoiw**: **kw** – kwarcowe, **il** – ilaste, **ka** – kaolinitowe (odmiana spoiwa ilastego), **ze** – żelaziste; **rodzaj spoiwa ze względu na ilość i sposób wykształcenia**: **ko** – kontaktowe, **ob** – oblegające o charakterze filmu, **re** – regeneracyjne, **pr** – porowe;

Zróznicowanie tego parametru jest znaczne, jednak wartości dla poszczególnych próbek rozkładają się na wykresie w sposób ciągły, bez znaczących przerw (ryc. 59). Z tego powodu nie można wskazać próbki, która nie pasowałaby do analizowanej grupy (ryc. 59). Ziarna szkieletu wykazują głównie kontakty punktowe oraz proste, sporadycznie wklęsło-wypukłe. Pod względem kształtu i obtoczenia we wszystkich płytkach cienkich dominują okrągłe, ziarna kanciaste i półobtroczone.

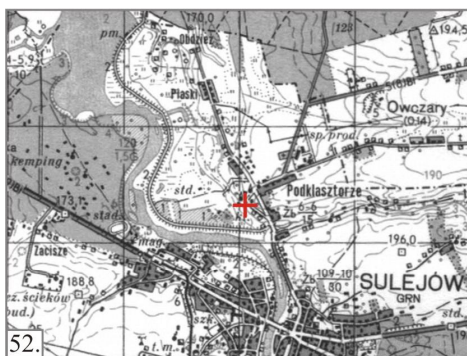
Wśród składników szkieletu ziarnowego dominuje kwarc. Występuje on głównie w formie monokrystalicznej, normalnie wygaszającej światło. W znacznie mniejszej ilości, we wszystkich płytkach widoczne są ziarna polikrystaliczne. Litoklasty, których udział stwierdzono w ośmiu płytkach stanowią okruchy mułowców. Minerale nieprzezroczyste, są składnikami wszystkich analizowanych piaskowców. Najczęściej występują w postaci niewielkich rozmiarów, bezładnie rozmieszczonych, kryptokrystalicznych konglomeratów trudnych do oznaczenia związków żelaza. Tyko w trzech płytkach (257, 261, S3) oznaczono niewielkie ziarna magnetytu, natomiast w dwóch ilmenitu (257, S5). Minerale ciężkie, przezroczyste, występują w większości próbek, wyjątki stanowią płytki oznaczone 257 oraz S8. Ta grupa minerałów reprezentowana jest głównie przez pojedyncze, niewielkich rozmiarów ziarna cyrkonów, rzadziej turmalinu (płytki 256, 259, 260, S7) oraz sporadycznie rutylu (płytki S2 i S5). Łyszczyki, zidentyfikowano w przeważającej ilości próbek, wyjątkami są płytki: 258, 259, S3, S6. Wśród tej grupy minerałów oznaczono tylko muskowitz. Występuje on w formie niewielkich zespołów blaszek, które często wykazują daleko posunięte procesy argilizacji (płytki 260, 261, S1, S2, S4, S5, S9) (ryc. 62). Z minerałów grupy skaleni, w całym zespole badanych piaskowców, oznaczono tylko jedno świeże ziarno mikroklinu (płytki S1).

Spoiwo analizowanych piaskowców jest skąpe. Najczęściej obserwuje się spoiwo krzemionkowe wykształcone w postaci cementu kwarcowego. Grubości obwódek regeneracyjnych są zróżnicowane (ryc. 61). Pierwotne, detrytyczne ziarna kwarcu oddzielone są od fazy regeneracyjnej cienkim, nieprzezroczystym filmem związków żelaza. Tylko, na powierzchniach niektórych obwódek tworzących wspomniany cement widoczne są dobrze wykształcone elementy morfologii autogenicznych kryształów kwarcu - płytki 258, S3 (ryc. 61). We wszystkich piaskowcach widoczne jest spoiwo ilaste występujące najczęściej na kontaktach ziarn, znacznie rzadziej je oblega lub wypełnia przestrzenie porowe. Ten typ spoiwa wykształcony jest głównie jako drobno- i skrytokrystaliczna mieszanina włóknistych minerałów ilastych, w niektórych miejscach jest słabo przezroczysta. Tylko w dwóch płytach (S3 i S5) oznaczono kaolinit. Ten ilasty minerał, wykształcony jest w postaci charakterystycznych dla niego książeczkowych agregatów (ryc. 61). Najbardziej w analizowanych piaskowcach występuje spoiwo żelaziste. Tworzy ono niewielkie nagromadzenia w przestrzeniach porowych, rzadziej na kontaktach ziarn. Tylko w płytce 261 w obrębie spoiwa żelazistego, widoczne są strefy zbudowane z agregatów getytu.

Na podstawie stosunków ilościowych wybranych składników szkieletu oraz niewielkiej zawartości spoiwa, wszystkie badane piaskowce zostały zaklasyfikowane do grupy arenitów kwarcowych. Pozycję systematyczną badanych skał przedstawiono na rycinie 60. Pełna nazwa analizowanych skał to drobno i średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, ilastym i żelazistym.

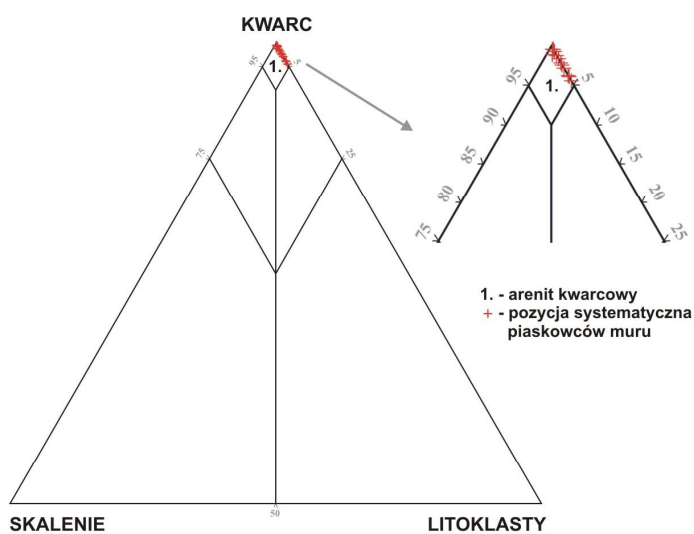
Wnioski

Grupa analizowanych piaskowców stanowi skały bardzo do siebie zbliżone pod względem wielu cech strukturalnych. Wyjątek może stanowić piaskowiec reprezentowany przez próbkę S3, która różni się rozkładem frakcji od pozostałych. Jednak są to niewielkie różnice, na podstawie których nie można definitywnie stwierdzić, że mamy do czynienia z innym typem piaskowca. W obrębie analizowanego zespołu piaskowców nie stwierdzono charakterystycznych dla najniższego triasu piaskowców żelazistych w litoklastami wapieni oraz glaukonitu, który jest powszechnym składnikiem piaskowców górnokredowych.

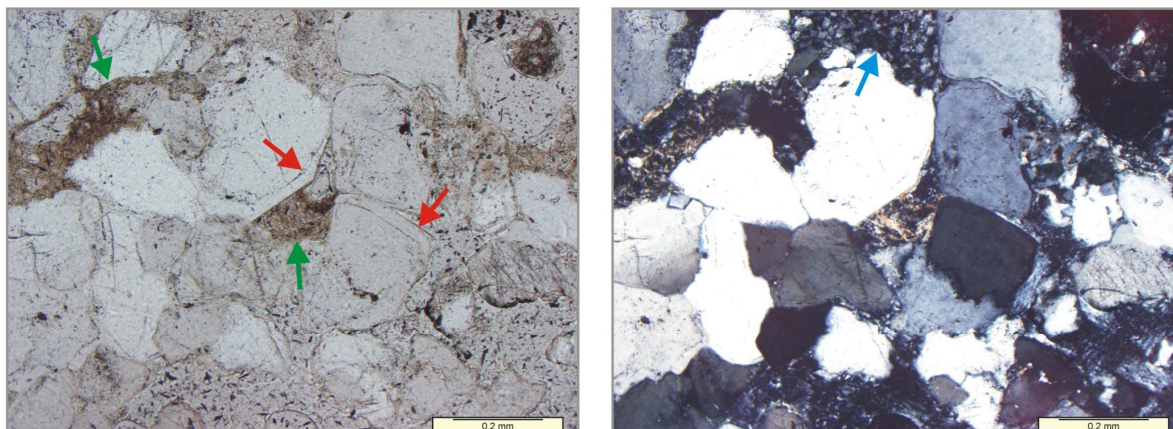


Ryc. 52. Sulejów. Położenie kościoła p.w. św. Tomasza Kantuaryjskiego (czerwony krzyżyk) na mapie topograficznej 1:50 000.
Ryc. 53. Sulejów. Widok ogólny budowli od strony północnej.
Ryc. 54. Sulejów. Fragment muru od strony południowej z zachowanym oryginalnym oknem romańskim. Widoczna jest wielobarwność zastosowanych ciosów, oraz nowożytna nadbudowa. Zróznicowana faktura bloków jest następstwem pożarów.
Ryc. 55. Sulejów. Powierzchnia muru ściany południowej. Widoczne są ślady odróbki piaskowcowych bloków za pomocą ciosaka.
Ryc. 56. Sulejów. Północne wejście do kościoła, zwieńczone tympanonem. Z prawej strony wejścia, na niektórych blokach widoczne jest warstwowanie skośne oraz bruzdy powstałe w wyniku wypłukania ilastych lamin.

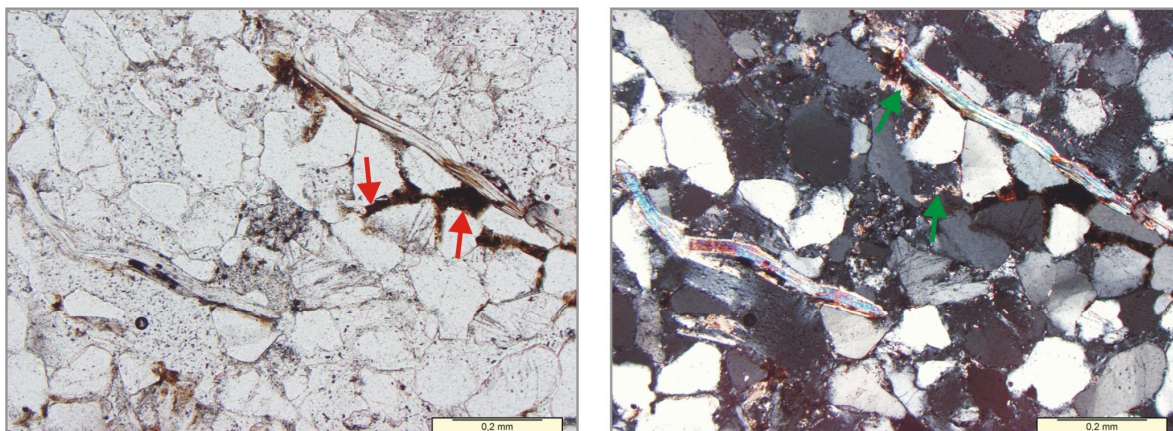
Ryc. 60. Sulejów. Pozycja systematyczna piaskowców murów na tle klasyfikacji piaskowców wg Pettijohna (1972) z późniejszymi modyfikacjami.



Ryc. 61. Sulejów. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) płytki cienkiej arenitu kwarcowego - S3. Na ziarnach kwarcu, stanowiących podstawowy składnik szkieletu badanego piaskowca, widoczne są bardzo dobrze wykształcone kwarcowe obwódki rekrytalizacyjne (strzałki czerwone). Dodatkowo jako spoiwo występują minerały ilaste (strzałki zielone) w tym kaolinit (strzałka niebieska).



Ryc. 62. Sulejów. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) płytki cienkiej arenitu kwarcowego - 261. W szkielecie ziarnowym oprócz kwarcu widoczne są blaszki muskowitu powyginane w wyniku kompaktacji mechanicznej i chemicznej. Spoiwo żelaziste (strzałki czerwone) i ilaste (strzałki zielone).



VI.5. Tum.

Kolegiata p.w. NMP i św. Aleksego w Tumie stanowi jeden z najbardziej znanych zabytków architektury romańskiej w Polsce, który do dzisiejszych czasów przetrwał w formie prawie nie zmienionej. Z tego też powodu, obiekt ten stał się tematem licznych opracowań o charakterze architektoniczno-archeologicznym¹. Budowla położona jest ok. 2km, na wschód od Łęczycy, na skrzyżowaniu ważnych, już w okresie lateńskim, szlaków komunikacyjnych. Prowadziły one z obszaru Wielkopolski i Kujaw przez Łęczycę, Tum, dalej Wolbórz, na obszar Gór Świętokrzyskich i Małopolskę². Pod względem geomorfologicznym świątynię wybudowano na wyższym akumulacyjnym poziomie dolinnym. Forma ta z jednej strony przechodzi w niższy poziom wysoczyznowy, natomiast z drugiej w dno doliny Bzury oraz jej niewielkiego, bezimiennego dopływu (ryc. 63)³. W pobliżu budowli znajdują się wały ziemne, w kształcie owalu i wysokości 5m, pierwotnie otoczone fosą. Stanowią one pozostałości wczesnośredniowiecznego grodziska, które funkcjonowało w od VI do XII w.

Bryła kolegiaty, którą dzisiaj oglądamy, powstała w miejscu znacznie starszej budowli funkcjonalnie związanej ze wspomnianym grodziskiem. Jej relikty zostały odkryte dopiero w roku 1954⁴. Znajdują się na głębokości ok. 2m pod poziomem współczesnej posadzki. Powstanie tej pierwszej świątyni wiązane jest najprawdopodobniej z zakonem benedyktynów – eremitów i miała ona charakter monasterium⁵. Kontekst archeologiczny budowli oraz charakter konstrukcji pozwoliły na lokowanie tego zabytku u schyłku X w., lub w okolicach roku 1000⁶. Autor tego opracowania przyjął w dalszej części pracy, po konsultacjach z prof. L. Kajzerem, za stosowniejsze drugie datowanie, czyli na wczesny początek XI w. Konstrukcję tę posadowiono na fundamencie z surowych gładów narzutowych spojonych gliną. Była to orientowana, jednonawowa budowla, zamknięta od wschodu absydą. Od zachodu dodatkowo, później, do murów tej pierwotnej konstrukcji, dobudowano dwa niewielkie, prostokątne pomieszczenia o nieznanym przeznaczeniu. Świątynia ta została jednak rozebrana, już w latach 40-tych XII w., i na jej miejscu powstała całkiem nowa konstrukcja, którą posadowiono na sztucznym nasypie zawierającym nie do końca rozebrane pozostałości wcześniejszej budowli. Kolejna, tym razem bardzo potężna konstrukcja

¹ Świechowska E., Mischke W., 2001, *Architektura romańska w Polsce*, Wydawnictwo DiG, Warszawa, str. 131,132.

² Augustyniak J., 2005, *Cysterskie opactwo w Sulejowie. Rozwój przestrzenny do końca XVI wieku, w świetle badań archeologiczno – architektonicznych w latach 1989-2003*, Biblioteka Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, nr 33, Łódź, str. 39, ryc. 21, str. 60, ryc. 43.

³ Turkowska K., 2006, *Geomorfologia regionu łódzkiego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str. 49, ryc. 21.

⁴ Poklewski T., Tomaszewski Z., 1956, *Ślady starszej budowli w kolegiacie romańskiej w Tumie, pow. Łęczycza*, Acta Archaeologica Universitatis Lodzensis, nr IV.

⁵ Walicki M. (red.), 1971, *Sztuka polska romańska i przedromańska do schyłku XIII wieku*, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa, str. 89.

⁶ Świechowski Z., 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wydawnictwo DiG, Warszawa, str. 262.

umieszczona została dodatkowo na fundamencie z nieobrobionych gładów narzutowych, połączonych zaprawą gliniano – wapienną⁷. Fundatorem, powstającej na przestrzeni lat 1140-1161 budowli, był arcybiskup gnieźnieński Janik⁸.

Konstrukcja świątyni jest bardzo rozwinięta architektonicznie i znacznie większa od starszej budowli (ryc. 64). Jest to orientowana, trójnawowa, filarowa bazylika emporowa, od strony wschodniej z wydzielonym prezbiterium, zakończonym absydą z absydiolą. Od zachodu korpus świątyni ujęty jest dwiema czworobocznymi wieżami flankującymi z umieszczoną pomiędzy nimi dużą, dwupoziomową absydą. Budowlę postawiono głównie z wykorzystaniem surowców skalnych. Jednak już na początku ostatniej ćwierci XV w. konstrukcja poddana została zgotycyzowaniu poprzez zastąpienie niektórych elementów kamiennych, wnętrza świątyni cegłą. Kolejne przebudowy miały miejsce w XVII, XVIII i XIX w.⁹. Po drugiej wojnie światowej przystąpiono na szeroką skalę do licznych prac konserwatorsko – rekonstrukcyjnych. Przywrócenie, pierwotnego w pełni romańskiego charakteru świątyni powierzono wybitnemu architektowi Janowi Koszyc–Witkiewiczowi. Wzmianki dotyczące wykorzystanych w pierwszej z tumskich budowli surowców skalnych, znajdujemy w sprawozdaniu z przeprowadzonych w latach 1954-1956 badań archeologiczno – architektonicznych¹⁰. Zamieszczono tam szczegółowe opisy sposobów zastosowania oraz ilości wykorzystanych w tej konstrukcji surowców skalnych, a także przypuszczenia co do organizacji warsztatu ówczesnych wczesnośredniowiecznych muratorów. W budowlu tej zostały wykorzystane gładzi narzutowe oraz piaskowce, autorzy jednak nie wzmiankują o ich proveniencji. Informacje na temat surowców skalnych zastosowanych w aktualnie oglądanej świątyni znajdujemy m.in. w opracowaniu Władysława Łuszczkiewicza, który to autor wskazuje na zastosowanie dwóch rodzajów surowca. Pierwszym jest: „granit polny w sztuki mniej więcej prostokątne u lica¹¹”. Drugi surowiec wykorzystano w „szlachetniejszym wątku (...) Jest to mocno zbity krzemienisty piaskowiec o ziarnie nadzwyczaj delikatnym, błyszczącym jak cukier w głowie, posiadający twardość dobrego marmuru a zachowujący kolor szaropopielaty. Na powietrzu nie wietrzeje, kant trzyma ostry przez wieki. (...) kamienia takiego w okolicy nie znają, gdyby był nieco miększym można by go uznać za tak zwany Szydłowiecki piaskowiec. Sprowadzono go więc z dala; widać to po oszczędnym i umiejętnym jego użyciu przy budowie i tylko tam gdzie potrzeba tego wymagała, jak na

⁷ Świechowski Z., 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wydawnictwo DIG, Warszawa, str. 262.

⁸ Walicki M. (red.), 1971, *Sztuka polska przedromańska i romańska do schyłku XIII*, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa, str. 114.

⁹ Świechowski Z., 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wydawnictwo DIG, Warszawa, str. 263, 264.

¹⁰ Nadolski A., Abramowicz A., Poklewska T., Kašinowski A., 1960, *Łęczyckie opactwo P. Marii*, Prace i materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, seria archeologiczna, nr 4, Łódź.

¹¹ Łuszczkiewicz Wł., 1879, *Kościół kolegiacki łęczycki, dziś parafialny we wsi Tumie jako zabytek XII w.*, Sprawozdania Komisji do Badania Historii Sztuki w Polsce, zeszyt IV, Kraków, str. 93.

obramowania okien, ich kolumnienki, na rzeźby portalu, gzymsa, okantowania¹². W monografii tumskiej kolegiaty autorstwa Michała Walickiego, autor podaje identyczną charakterystykę surowca jak wcześniej wspomniany Łuszczkiewicz¹³. Kolejny badacz Zygmunt Świechowski wskazuje jako miejsce pochodzenia piaskowca wykorzystanego na narożniki murów okolice Konina¹⁴. Dalej ten sam autor podaje informacje o zastosowaniu w detalu architektonicznym piaskowca z domieszką krzemionki oraz wapienia lub piaskowca o znacznej domieszce lepiszcza wapiennego¹⁵. Tak więc zastosowane w tumskiej kolegiacie surowce skalne na podstawie danych literaturowych reprezentowane są przez skały narzutowe, piaskowce krzemionkowe, piaskowce wapniste oraz wapienie.

Mury

Odsłonięte, pod współczesną posadzką, fragmenty pierwszej budowli, przedstawiają mur w technice *opus emplectum*. Jest on zbudowany z warstw ciosów licujących, pomiędzy którymi wewnątrz wypełnia materiał drobniejszy, łamany, zalany zaprawą. Lica wykonane są głównie z grubsza ociosanych gładów narzutowych. Tylko ich powierzchnie zewnętrzne są starannie obrobione ciosakiem. Udział piaskowców jest znacznie mniejszy niż materiału narzutowego. Piaskowce znalazły zastosowanie głównie w konstrukcji narożników, natomiast w wątku muru stosowane są sporadycznie. Bloki mają większe rozmiary od wykonanych z gładów narzutowych oraz są starannie obrobione. Obróbka piaskowcowych ciosów widoczna jest w postaci groszkowania oraz ryflowania obramienia uderzeniami ciosaka. Piaskowce mają zabarwienie od białego do lekko żółtego, w poszczególnych blokach są równoziarniste, nie zaobserwowano w nich żadnych skamieniałości czy struktur sedymentacyjnych. Na świeżej powierzchni przełamu, widoczne jest bardzo dobrze charakterystyczne mienienie się, skrzemie ziarn kwarcu. Jest ono typowe dla dobrze rozwiniętych powierzchni ścian form regeneracyjnych tego minerału. Wśród surowców pierwszej budowli autor zidentyfikował, także w pierwszym od wschodu pomieszczeniu, 3 bloczki opoki. Mają one rozmiary zbliżone do ciosów wykonanych z materiału narzutowego, a powierzchnię eksponowaną z grubsza obrobioną uderzeniami ciosaka. Rozmieszczone są w sposób nieregularny, ale w obrębie jednego, najbardziej wschodniego pomieszczenia. Nie jest wykluczona ich obecność w innych częściach konstrukcji. Jednak istnieją obecnie poważne trudności w badaniach reliktyw murów tej świątyni, ponieważ zostały one zabezpieczone warstwą ziemną. We współcześnie oglądanej XII-wiecznej konstrukcji, analogicznie jak w starszej, mury postawiono w technice *opus emplectum*. Bloki licujące, najczęściej w przekroju kwadratowe

¹² Łuszczkiewicz Wł., 1879, *Kościół kolegiacki łęczycki, dziś parafialny we wsi Tumie jako zabytek XII w.*, Sprawozdania Komisji do Badania Historii Sztuki w Polsce, zeszyt IV, Kraków, str. 93.

¹³ Walicki M., 1938, *Kolegiata w Tumie pod Łęczycą*, Wydawnictwo Łódzkiego Obywatelskiego Komitetu Ratowania Kolegiaty w Tumie, Łódź, str. 21, 22.

¹⁴ Świechowski Z., 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wydawnictwo DIG, Warszawa, str. 262.

¹⁵ j.w.

o długości krawędzi ok. 25cm układane były w równe rzędy. Kilka warstw ciosów niższych rozdzielonych jest rzędem bloków o rozmiarach znacznie większych - *moyen appareil* (ryc. 65,66). Podstawowym surowcem wykorzystanym w konstrukcji murów jest materiał narzutowy. Bloki wykonane z tego typu surowca mają powierzchnie tylko z grubsza ciosane. O zgrubnej obróbce bloków świadczy także znaczna ilość zaprawy, wypełniająca szczeliny pomiędzy ciosami. Eksponowane powierzchnie kamiennych ciosów charakteryzują się obróbką „sztok – hamerowaną”¹⁶ tzn. bez widocznych śladów uderzeń dłuta (ryc. 67). W mniejszej ilości znalazły zastosowanie piaskowce. W obrębie ścian murów udział tych skał nie jest jednakowy. W części zachodniej konstrukcji (ryc. 68), w profilach ścian do 2 m. piaskowców jest więcej nawet do 100% w stosunku do części wschodniej¹⁷. Najprawdopodobniej jest to związane z wtórnym wykorzystaniem materiału pochodzącego z rozebranej pierwszej konstrukcji. Piaskowcowe ciosy zastosowano głównie jako pojedyncze bloki, znacznie rzadziej mamy kilka bloków umieszczonych w poziomie obok siebie. Analogicznie jak w przypadku pierwszej budowli, w konstrukcjach narożników posłużono się piaskowcem (ryc. 66,67). Piaskowcowe ciosy są większe od ciosów wykonanych z innych rodzajów skał. Powierzchnie bloków z piaskowca są groszkowane, a niektóre dodatkowo obrębione ciągiem gęstych prostopadłych do krawędzi śladów po uderzeniach ciosaka (ryc. 67). Piaskowce są jasnoszare i jasnożółte, makroskopowo równoziarniste, nie zawierają skamieniałości oraz struktur sedymentacyjnych.

Detale architektoniczne

Wśród zachowanych relikwów pierwszej budowli nie ma żadnych detali architektonicznych. Brak tego typu elementów może być wynikiem ogólnie niewielkiej ilości tego typu elementów w budowlach wczesnoromańskich, lub też następstwem wtórnego ich zagospodarowania w młodszej konstrukcji. Jako podstawowy surowiec w detalach architektonicznych budowli XII w. zastosowano piaskowiec. Jest on makroskopowo bardzo podobny do wykorzystanego w wątku muru, tj. jasnoszary, bez przebarwień, równoziarnisty, silnie skrzący się na powierzchni przełamu. Wszystkie obramienia okien, czy otworów wejściowych wykonane są z bloków o powierzchniach groszkowanych obrębionych ryflowaniem. Ten sam sposób obróbki ciosów widoczny jest także wewnątrz świątyni m.in. w blokach stanowiących dolne partie filarów przęseł czy stopniach schodów. Inne surowce skalne wykorzystane w pojedynczych detalach stanowią wyjątki. Do grupy tej należą m.in. jeden z rzygaczy, zainstalowanych na ścianie południowej kościoła, który został wykonany

¹⁶ Walicki M., *Kolegiata w Tumie pod Łęczycą*, Wydawnictwo Łódzkiego Obywatelskiego Komitetu Ratowania Kolegiaty w Tumie, Łódź, 1938, str. 22.

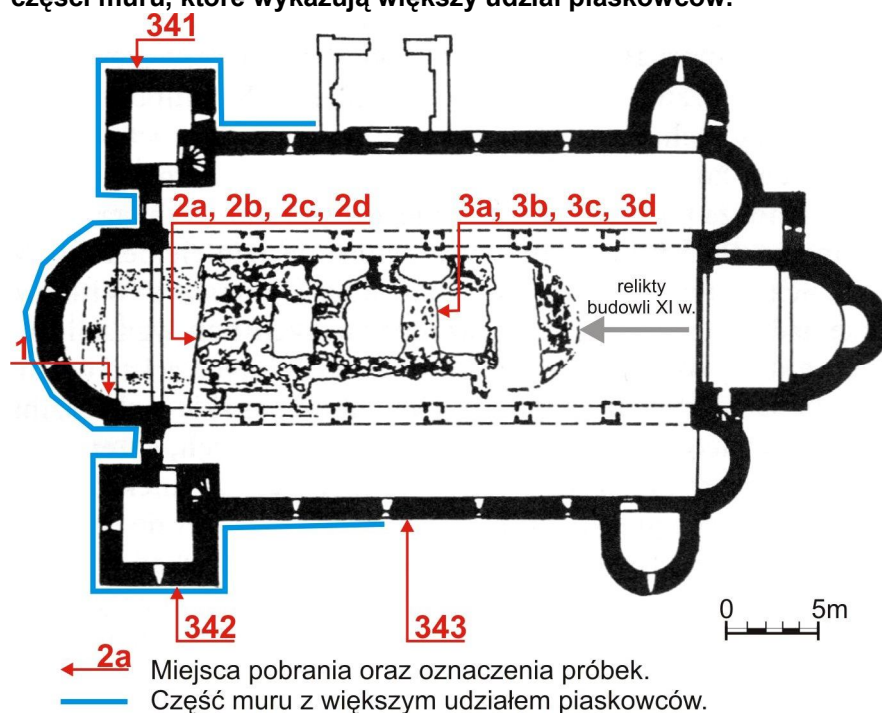
¹⁷ Autor pracy, w czerwcu 2006 r. wykonał rozpoznanie surowców skalnych zastosowanych w głównym wątku muru Tumskiej Kolegiaty. Wyniki badań były prezentowane m.in. na IV Międzynarodowym Sympozjum Petroarcheologicznym we Wrocławiu w roku 2007. Wyróżniono 11 grup petrograficznych wśród materiału narzutowego oraz lokalne piaskowce, których udział w tym asortymencie skalnym wyniósł 13,1%.

ze skały o cechach opoki (na powierzchni przełamu skały widoczne są pojedyncze ziarna kwarcu, silnie reaguje z HCl oraz jest lekka). Bardzo przypomina opokę zidentyfikowaną w murach pierwszej konstrukcji. Skała ta wykazuje oznaki wietrzenia w formie silnie zaoblonych kształtów oraz złuszczenia. Zważywszy na sposób wmurowania tego detalu oraz brak analogii wśród innych elementów, nie można wykluczyć jego pochodzenia z pierwszej budowli oraz wtórnego zastosowania w młodszej konstrukcji. Także jeden z najpiękniejszych w Polsce tympanonów romańskich został wykonany z innego niż pozostałe detale piaskowca. Jednak ze względu na sposób instalacji, stan zachowania, sposób zakonserwowania nie było możliwości lepszego poznania surowca tego cennego zabytku.

Materiał do badań.

Obecny obraz tumskiej kolegiaty jest wynikiem prac konserwatorskich, które zabezpieczając zabytkową materię jednocześnie znacznie ograniczyły możliwość pobierania próbek do badań. Ze względu na bardzo duże makroskopowe podobieństwo piaskowców, pobieranie dużej ilości próbek nie było jednak konieczne. Ogółem z dwóch budowli XI w. i XII w. pobrano 35 próbek, z których następnie wytypowano do dalszych badań 21. W ten sposób z surowców murów pierwszej budowli wykonano 7 płytek cienkich z piaskowców oraz 1 z opoki. Dla murów budowli XII-wiecznej płytki cienkie wykonano z 3 próbek. Miejsca pobrania próbek z murów świątyni przedstawiono na rycinie 68.

Ryc. 68. Tum. Plan kościoła (wg Świechowskiego 2000) z zaznaczonymi miejscami oraz oznaczeniami próbek poddanych badaniom szczegółowym. Na planie zaznaczono także te części muru, które wykazują większy udział piaskowców.



Z detali architektonicznych pozyskano 9 próbek i wszystkie poddano badaniom szczegółowym. Próbkę tę pochodzą z elementów złożonych na piętrze nawy bocznej kościoła, w tymczasowym lapidarium. Fotografie detali objętych badaniami surowcowymi

przedstawiono w załączniku. Tylko jedną pobraną *in situ* próbkę stanowi fragment gzymsu przypodłogowego absydy zachodniej. Należy także zaznaczyć, że znaczna część detali architektonicznych, pozyskanych w trakcie wielosezonowych badań archeologicznych znajduje się w muzeum w Łęczycy. W tabeli 12 przedstawiono szczegółowy wykaz miejsc, z których pobrano próbki oraz nazwy detali architektonicznych wraz z wyszczególnieniem zastosowanych metod badań.

Tabela. 12. Tum. Sygnatury oraz miejsca pobrania próbek do badań szczegółowych wraz z analizami, którym zostały poddane.

Mury naziemne budowli								
LP	Symbol	Miejsce pobrania	Chronologia	Surowiec skalny	Zastosowane metody badań			
					Płytko cienka	XRD	SEM	CaCO ₃
1.	341	zewnątrz, lewa wieża, ściana północna	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
2.	342	zewnątrz, prawa wieża, ściana południowa	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
3.	343	zewnątrz, ściana południowa, połowa długości muru	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
4.	1	wewnątrz, gzyms przypodłogowy, absyda zachodnia	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	tak	-	-
5.	2a	wewnątrz, pod podłogą, część zachodnia reliktyw muru budowli benedyktyńskiej	XI w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
6.	2b	wewnątrz, pod podłogą, część zachodnia reliktyw muru budowli benedyktyńskiej	XI w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
7.	2c	wewnątrz, pod podłogą, część zachodnia reliktyw muru budowli benedyktyńskiej	XI w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
8.	2d	wewnątrz, pod podłogą, część zachodnia reliktyw muru budowli benedyktyńskiej	XI w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
9.	3a	wewnątrz, pod podłogą, część wschodnia reliktyw muru budowli benedyktyńskiej	XI w.	piaskowiec kwarcowy	tak	tak	-	-
10.	3b	wewnątrz, pod podłogą, część wschodnia reliktyw muru budowli benedyktyńskiej	XI w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
11.	3c	wewnątrz, pod podłogą, część wschodnia reliktyw muru budowli benedyktyńskiej	XI w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
12.	3d	wewnątrz, pod podłogą, część wschodnia reliktyw muru budowli benedyktyńskiej	XII w.	opoka	tak	-	-	tak
Detale konstrukcyjne i zdobnicze								
LP	Symbol	Lokalizacja oraz nazwa detalu	Chronologia	Surowiec skalny	Zastosowane metody badań			
					Płytko cienka	XRD	SEM	CaCO ₃
13.	4	lapidarium, kapitel kostkowy a	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	tak	-	-
14.	5	lapidarium, kapitel kostkowy b	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
15.	6	lapidarium, baza kolumny a	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	tak	-	-
16.	7	lapidarium, baza kolumny b	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
17.	8	lapidarium, wspornik	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
18.	9	lapidarium, trzon kolumny	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
19.	10	lapidarium, element arkadki	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-
20.	11	lapidarium, głowica kostkowa	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	tak	tak	-
21.	12	lapidarium, część podwójnego kapitelu	XII w.	piaskowiec kwarcowy	tak	-	-	-

Wyniki badań

Próbki piaskowców, objętych badaniami szczegółowymi, wykazują bardzo duże makroskopowe podobieństwo do siebie. Wszystkie charakteryzują się barwą białą, jasnoszarą lub jasnożółtą, bez przebarwień oraz mają bardzo słabo wykształconą patynę koloru szarego. Na świeżej powierzchni przełamanej skały widoczne są bardzo intensywne refleksy pochodzące od zregenerowanych ziarn kwarcu. W zakresie wielkości składników są to skały równoziamiste, bez żwirków oraz ilastych przeławiceń. Nie stwierdzono także żadnych skamieniałości, koncentracji substancji organicznej czy struktur sedymentacyjnych. Wśród analizowanych odłupków żaden nie wykazał reakcji z 10% roztworem HCl. Zestawienie poszczególnych cech analizowanych próbek piaskowców zostało przedstawione w tabeli 13 na stronie 95.

Mury

Ogólnie płytki cienkie badanych piaskowców prezentują jeden typ piaskowca kwarcowego, wykazującego jednak pewne zróżnicowanie strukturalne. Obliczone, na podstawie pomiarów wielkości, wartości średnich średnic ziarn szkieletu zawierają się w przedziale od 0,159mm (płytką 2c) do 0,529mm (płytką 3c), natomiast odchylenia standardowe wahają się od 0,077mm (płytką 2c) do 0,278mm (płytką 342). Skośność przyjmuje wartości od 0,0008mm (płytką 3c) do 0,028 (płytką 343), natomiast obliczone wielkości kurtozy wahają się od 0,0051mm (płytką 3a) do 0,0195mm (płytką 341). Najgrubsze ziarno oraz najniższy stopień wysortowania prezentują próbki piaskowców pobrane z muru XII w. Wzajemne stosunki tych parametrów statystycznych zostały przedstawione na rycinie 69. Porowatość badanych skał zawiera się w granicach od 2,2% (płytką 2c) do 19,1% (płytką 2a). Ilość porów w próbkach pochodzących z budowli XII w. zawiera się w granicach 9,9-13,7%, co lokuje je w centralnej części wartości tego parametru osiągniętych przez próbki pochodzące z budowli XI w. (ryc. 70).

Podstawowym składnikiem szkieletu ziarnowego jest kwarc. Wykształcony jest on głównie w postaci ziarn monokrystalicznych, normalnie wygaszających światło. W znacznie mniejszej ilości występują ziarna polikrystaliczne, które są widoczne we wszystkich płytkach. Cechą charakterystyczną kwarcu jest występowanie wielu ziarn zawierających znaczne ilości substancji organicznej w formie bardzo drobnoziarnistego pelitu, który powoduje spadek przezroczystości. Dzięki tej własności można w niektórych ziarnach łatwo odróżnić pierwotny kwarc detrytyczny od autogenicznego stanowiącego cement. We wszystkich płytkach stwierdzono występowanie minerałów ciężkich przezroczystych, w formie pojedynczych ziarn. Reprezentowane są one przez cyrkon zidentyfikowany we wszystkich próbkach za wyjątkiem płytek 2b i 2d. Pozostałe oznaczone minerały to turmalin (6 płytek), hornblenda (2 płytki). Obecność rutylu stwierdzono w dwóch płytkach: 2d i 341. Litoklasty oznaczono tylko w płytce 2a i reprezentują je niewielkie okruchy mułowców.

Tab. 13. Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych.

LP.	Płytki	Wartości statystycznych parametrów uziarnienia w mm				Składniki szkieletu ziarnowego				Kształt ziarn (7)	Kontakty ziarn (8)	Typ mineralny i rodzaj spoiwa (9)	Nazwa systematyczna		
		Mz	δ1	Sk1	Kg	K (1)	S (2)	L (3)	L (4)					Mc (5)	Mn (6)
1.	341	0,296	0,167	0,0027	0,0195	mk, pk	0	0	0	cr, tu, ru	0	3	pk, pr	c, kw - re m, kw - pr	arenit kwarcowy
2.	342	0,474	0,278	0,0014	0,0054	mk, pk	0	0	0	cr, tu	0	3,2	pk, pr	c, kw - re m, kw - pr	arenit kwarcowy
3.	343	0,366	0,266	0,0028	0,0134	mk, pk	0	0	0	cr, tu	0	3,2	pr, pk	c, kw - re	arenit kwarcowy
4.	2a	0,454	0,169	0,0015	0,0121	mk, pk	0	0	0	mu	il	3	pk, pr	c, kw - re	arenit kwarcowy
5.	2b	0,402	0,163	0,0015	0,0078	mk, pk	0	0	0	0	0	3	pk, pr	c, kw - re we - msp, ob	arenit kwarcowy
6.	2c	0,159	0,077	0,0012	0,0045	mk, pk	0	0	0	0	0	3	pk, pr	c, kw - re m, kw - pr	arenit kwarcowy
7.	2d	0,311	0,131	0,0013	0,0058	mk, pk	0	0	0	mu, ar	il	3	pk, pr	c, kw - re we - msp, ob	arenit kwarcowy
8.	3a	0,309	0,124	0,0011	0,0051	mk, pk	0	0	0	0	il	3,2	pk, pr	c, kw - re	arenit kwarcowy
9.	3b	0,251	0,130	0,0026	0,0164	mk, pk	0	0	0	0	cr	3	pk, pr	c, kw - re	arenit kwarcowy
10.	3c	0,529	0,207	0,0008	0,0041	mk, pk	0	0	0	0	cr	3	pk, pr	c, kw - re we - msp	arenit kwarcowy
11.	1	0,366	0,148	0,0011	0,0062	mk, pk	0	0	0	0	cr, tu	3	pk, pr	c, kw - re il - ob	arenit kwarcowy
12.	4	0,271	0,131	0,0015	0,0064	mo	0	0	0	0	cr, hr	3	pk, pr	c, kw - re we - msp, ob	arenit kwarcowy
13.	5	0,287	0,144	0,0022	0,0135	mk, pk	al	0	0	0	cr	3	pk, pr	c, kw	arenit kwarcowy
14.	6	0,279	0,115	0,0012	0,0053	mk, pk	0	0	0	mu, ar	il	3	pk, pr	c, kw - re we - msp, ob	arenit kwarcowy
15.	7	0,306	0,126	0,0019	0,0119	mk, pk	0	0	0	wp	cr	3	pk, pr	c, kw	arenit kwarcowy
16.	8	0,422	0,179	0,0013	0,0059	mk, pk	0	0	0	0	0	3	pk, pr	c, kw	arenit kwarcowy
17.	9	0,300	0,113	0,0008	0,0037	mk, pk	0	0	0	0	cr, tu, ru	3	pk, pr	c, kw	arenit kwarcowy
18.	10	0,362	0,161	0,0019	0,0098	mk, pk	0	0	0	0	cr	3	pk, pr	c, kw - re ze - ob, pr	arenit kwarcowy
19.	11	0,295	0,131	0,0018	0,0109	mk, pk	0	0	0	0	cr	3	pk, pr	c, kw - re	arenit kwarcowy
20.	12	0,277	0,103	0,0012	0,0063	mk, pk	0	0	0	0	cr	3	pk, pr	c, kw - re we - msp, ob	arenit kwarcowy

Objaśnienia skrótów (poszczególne cechy oraz składniki skały wymienione są w kolejności począwszy od najintensywniejszej cechy lub najliczniejszego składnika):

(1) **Kwarc**, w formie ziarn: **mk** – monokrystalicznych, **pk** – polikrystalicznych;

(2) **Skalenie**; **al** – skalenie alikaliczne, bez widocznych zbliżnięć;

(3) **Łyszczyki**; **mu** – muskowił, **ar** – argilizacja;

(4) **Litoklasty**; **mu** – mułowiec, **wa** – wapień;

(5) **Minerały ciężkie przezroczyście**: **cr** – cyrkon, **tu** – turmalin, **ru** – rutył, **hr** – hornblenda;

(6) **Minerały ciężkie nieprzezroczyście**; **il** – ilmenit, **mg** – magnetyt;

(7) **Stożek obtoczenia** wg Powersa 1953 (vide Ryka, Maliszewska 1991): 0- bardzo ostrokrawędziste, 1- ostrokrawędziste, 2- kanciaste, 3- półobtroczone, 4- obtroczone, 5- bardzo dobrze obtroczone;

(8) **Kontakty ziarn**: **pk** – punktowe, **pr** – proste;

(9) **Charakter**: **c** – cement, oznaczony w przypadku dobrze widocznych form autigenicznych minerałów; **m** – matryks, drobnoziarniste spoiwo okruchowe pochodzenia terygenicznego; **typ mineralny spoiwa**: **kw** – kwarcowe, **il** – ilaste (zbudowane głównie z illitu oraz ilastych konglomeratów kryptokrystalicznych), **we** – węglanowe, **ze** – żelaziste; **rodzaj spoiwa ze względu na ilość i sposób wykształcenia**: **ko** – kontaktowe, **pr** – porowe, **ob** – oblegające, **re** – regeneracyjne, **msp** – mikrosparyt.

Łyszczyki w postaci silnie zargilizowanych pojedynczych blaszek muskowitu występują tylko w piaskowcu płytki 2d. Składniki nieprzezroczyste szkieletu ziarnowego stanowią pojedyncze ziarna ilmenitu (płytki 2a, 2d, 3a).

Ziarna budujące szkielet ziarnowy najczęściej są półobtoczone. Tylko w płytkach 342, 343, 3a widoczny jest dodatkowo niewielki udział ziarn kanciastych. Kontakty pomiędzy ziarnami najczęściej są punktowe, rzadziej proste (ryc.72,73).

Wśród analizowanych piaskowców dominuje spoiwo krzemionkowe, którego obecność stwierdzono we wszystkich płytkach. Jest ono wykształcone w postaci regeneracyjnego cementu kwarcowego (ryc. 72). Miąższości obwódki rekrystalizacyjnych są zróżnicowane. Prawie zawsze są one dobrze widoczne, dzięki obecności inkluzji w ziarnie pierwotnym lub pokryciu ziarna detrytycznego cienkim, nieprzezroczystym filmem. Najlepiej wykształcony cement kwarcowy jest widoczny w płytce 343, gdzie na niektórych kwarcach detrytycznych osiąga 1/3 średnicy ziarna. Dodatkowo w płytkach 341, 342, 2c widoczna jest niewielka ilość pelitu kwarcowego - stanowiącego matriks, wypełniającego przestrzenie międzyziarnowe. Kolejnym oznaczonym, wśród analizowanych piaskowców spoiwem jest spoiwo węglanowe (płytki: 2b,2d,3c). Wykształcone jest ono w postaci mikrosparytu wypełniającego przestrzenie międzyziarnowe (ryc. 72), rzadziej tworzącego cienkie obwódki o charakterze filmu. Wykonana analiza dyfrakcyjna na jednej próbce (3a) pobranej z murów XI w. poza kwarcem nie wykazała innych faz mineralnych. Analizy planimetryczne składników szkieletu, przy uwzględnieniu ilości i charakteru spoiwa, pozwalają na zaliczenie piaskowców murów tumskiej świątyni do drobno-, średnio- i gruboziarnistych arenitów kwarcowych o spoiwie kwarcowym, miejscami węglanowym (ryc. 71).

Detale.

Piaskowce stanowiące surowiec XII-wiecznych detali tumskiej kolegiaty, pomimo niewielkich różnic w kolorystyce, stanowią skały bardzo do siebie zbliżone. Podobieństwo to jest także widoczne w obrazach płytek cienkich. Obliczone statystyczne wskaźniki uziarnienia zawierają się w granicach od 0,271mm (płytki 4) do 0,422mm (płytki 8), natomiast wielkości odchylenia standardowego przyjmują wartości od 0,103mm (płytki 12) do 0,179mm (płytki 8). Wartości innych wskaźników statystycznych przedstawiają się następująco: skośność od 0,0008mm (płytki 9) do 0,0022mm (płytki 5), natomiast kurtoza od 0,0037mm (płytki 9) do 0,0135mm (płytki 5). Wartości powyższych parametrów statystycznych zostały przedstawione za pomocą diagramów na rycinie 69. Obliczone wartości wskazują na skały zbliżone do siebie pod względem wielkości składników ziarnistych oraz stopnia wysortowania. Nie ma wśród badanej grupy próbek, która prezentowałaby wartości znacznie różniące się od pozostałych. Porowatość badanej grupy piaskowców waha się od 6,0% (płytki 12) do 19,2% (płytki 7) (ryc. 70). Należy zaznaczyć,

że koncentracja wartości tego parametru występuje w przedziale od 8,2 do 9,3% dla płytek: 4, 6, 9, 10, 11, co także potwierdza podobieństwo do siebie analizowanych piaskowców.

Podstawowym składnikiem piaskowców jest kwarc występujący głównie jako ziarna monokrystaliczne, normalnie wygaszające światło. W podrzędnej ilości widoczne są także ziarna polikrystaliczne. Oznaczono je we wszystkich piaskowcach za wyjątkiem płytki 4. Ogólnie, wśród ziarn kwarców występuje duża ilość osobników mętnych, które w centralnych częściach posiadają liczne wrostki substancji organicznej (ryc. 73). Minerale ciężkie przezroczyste, zidentyfikowano we wszystkich płytkach oprócz płytki 8. Wśród tej grupy składników szkieletu oznaczono: cyrkon (8 płytek), turmalin (3 płytki), hornblendę (1 płytka) oraz rutyl (1 płytka). W postaci pojedynczych ziarn, o rozmiarach mniejszych od innych składników szkieletu, występują minerały nieprzezroczyste, które zidentyfikowano w 5 płytkach. Wśród tej grupy zidentyfikowano ilmenit (płytki: 4, 5, 6, 11, 12) oraz magnetyt (płytki: 4, 5). Inne grupy oznaczonych w analizowanych piaskowcach minerałów reprezentowane są przez łuszczyki i skalenie. Z grupy łuszczyków oznaczono pojedynczą blaszkę zargilizowanego muskowitu (płytki 6), natomiast ze skaleni zidentyfikowano ziarno skalenia alkalicznego (płytki 5). Litoklasty, w postaci pojedynczych okruchów wapieni, oznaczono w płytce 7.

Składniki szkieletu najczęściej wykształcone są w postaci ziarn okrągłych, półobtoczonych. Jednak dokładne określenie charakteru ziarna pierwotnego jest znacznie utrudnione w wyniku obecności cementu kwarcowego (ryc. 63).

Spoiwa piaskowców, podobnie jak w przypadku piaskowców stanowiących surowiec murów, reprezentowane są głównie przez cement kwarcowy. Wykształcony jest on w formie bardzo dobrze rozwiniętych obwódek kwarcu autigenicznego. Pozostałe spoiwa obserwowane w płytkach cienkich występują tylko miejscami i w niewielkich ilościach. W trzech płytkach (4, 6, 9) oznaczono spoiwo węglanowe. Wykształcone jest ono w postaci mikrosparytu oblegającego ziarna kwarcu. Dodatkowo w jednej płytce (1) oznaczono oblegające spoiwo ilaste, natomiast w płytce 10, na niewielkiej powierzchni, wypełniające pory spoiwo żelaziste. Obserwacja SEM BSE fizjonomii składników przełamanej powierzchni piaskowca oprócz doskonale wykształconych form autogenicznego kwarcu wykazała niewielkie ilości nieoznaczonego cementu tworzącego się na kontaktach kryształów kwarcu oraz wypełniającego zgłębienia powstałe w miejscach kontaktu kilku kryształów (ryc. 74).

Wykonane dyfrakcyjne analizy rentgenowskie wybranych próbek piaskowców (4, 6, 11) wykazały w składzie mineralnym badanych skał wyłącznie kwarc. Skład mineralny szkieletu ziarnowego oraz ilość spoiwa, piaskowce z badanej grupy, lokuje na trójkącie klasyfikacyjnym w polu arenitów kwarcowych (ryc. 71). Cechy budowy wewnętrznej oraz skład mineralny analizowanych piaskowców stanowiących surowce detali architektonicznych wykorzystanych w tumskiej świątyni, potwierdzają duże podobieństwo w obrębie

analizowanej grupy elementów. Jednak największe jest pomiędzy próbkami 4,6,9,10,11, co może wskazywać na zastosowanie w detalach surowca pochodzącego z jednego łomu lub nawet warstwy skalnej. Piaskowce będące surowcem detali architektonicznych tumskiej kolegiaty stanowią średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwie kwarcowym, rzadziej węglanowym, ilastym, żelazistym.

Jako uzupełnienie surowcowej charakterystyki tumskiej świątyni, badaniami o charakterze dokumentacyjnym objęto surowiec węglanowy – opokę. Z jej zastosowaniem spotykamy się w pierwszej budowlu XI-wiecznej, a także w murach współcześnie oglądanej konstrukcji XII-wiecznej oraz jej detalu architektonicznym. Pobrana próbka z muru pierwszej budowlu w obrazie mikroskopowym przedstawia skałę zbudowaną z mieszaniny kryptokrystalicznego konglomeratu mikrytu węglanowego. W masie tej tkwią pojedyncze ziarna glaukonitu, blaszki muskowitu oraz krzemionkowe igły gąbek (ryc. 75). Przeprowadzone analizy zawartości CaCO_3 metodą Scheiblera określiły ilość tego związku na 26,62%obj., co pozwala badaną skałę zaklasyfikować do opok¹⁸.

Wnioski.

Wszystkie analizowane piaskowce prezentują jeden typ petrograficzny: arenitów kwarcowych. Dodatkowo charakteryzują się one znaczną zawartością cementu kwarcowego w formie dobrze rozwiniętych obwódek rekrytalizacyjnych. Pomimo istnienia dużego podobieństwa obliczonych wartości parametrów statystycznych, porowatości oraz oznaczonych składników mineralnych, wśród badanych grup piaskowców dostrzegalne są subtelne różnice. Surowce wykorzystane w konstrukcji XI-wiecznej prezentują najbardziej zróżnicowaną grupę piaskowców. Widoczny jest na diagramach (ryc. 69,70) brak koncentracji wyników, jednocześnie osiągają najwyższe wartości skrajnych. Inaczej przedstawiają się piaskowce murów budowlu XII-wiecznej, tutaj mamy do czynienia ze skałami bardziej gruboziarnistymi, gorzej wysortowanymi. W przypadku piaskowców detali architektonicznych obliczone parametry statystyczne, na wykresach (ryc. 69,70), prezentują pewną koncentrację wyników. Jest to szczególnie dobrze widoczne w przypadku próbek 4,6,9,10,11 i może być wskaźnikiem dotyczącym jednej proveniencji. Ogólnie piaskowce wykorzystane w detalach prezentując koncentrację wyników jednocześnie odróżniając je od surowców murów, wskazują na selekcję surowca stosowanego w detalach architektonicznych.

Zastosowanie opoki ma znaczenie marginalne, jednak zasługuje na uwagę, ze względu na wykorzystanie jej w konstrukcji murów. Byłoby ono bezzasadne zważywszy na znacznie mniejszą jej odporność, od krystalicznych skał narzutowych oraz piaskowców, na

¹⁸ Kowalski W.C. 1961, *Wytrzymałość na ściskanie budowlanych skał senońskich przelomowego odcinka Wisły środkowej na tle ich litologii*, Biuletyn Geologiczny Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego, tom 1, cz. 2, str. 53.

procesy wietrzenia. Jest to spowodowane zawartością węglanów. Także, minerały te mają wpływ na wytrzymałość skały na ściskanie (doskonała łupliwość, niska twardość wg skali Mosha 3-4). W przypadku granitów, gnejsów i piaskowców kwarcowych wytrzymałość ta jest większa od 100 MPa, natomiast dla opoki wynosi średnio ok. 20 MPa¹⁹. Skałę tę najprawdopodobniej wykorzystywano ze względu na jasną barwę oraz jej podatność na obróbkę.

¹⁹ Kozłowski S., 1986, *Surowce skalne Polski*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, str. 218, 219; tab. 76.



63.



67.

Ryc. 63. Tum. Położenie kolegiaty (czerwony krzyżyk) na mapie topograficznej 1:50 000.

Ryc. 64. Tum. Widok ogólny budowli od strony południowo - zachodniej na basztę, wieżę oraz zachodnią absydę.

Ryc. 65. Tum. Fragment ściany południowej nawy bocznej. Widoczne jest zastosowanie w oryginalnym wątku muru (niższe partie) ciosów z różnokolorowego materiału narzutowego oraz piaskowców, które także stanowią ościeża romańskich okien. W wyższej części muru widoczna jest rekonstrukcja konstrukcji szarym granitem oraz piaskowcem.

Ryc. 66. Tum. Powierzchnia muru wieży południowej z zastosowaniem piaskowców w narożnikach. Widać większe ciosy z piaskowców mniejsze z materiału eratycznego.

Ryc. 67. Tum. Fragment muru z widocznymi blokami piaskowców, których powierzchnia jest groszkowana i dodatkowo obrębiona ryflowaniem. Na powierzchniach bloków skał narzutowych nie widać śladów uderzeń tzw. obróbka sztuk - hamerowana.



64.

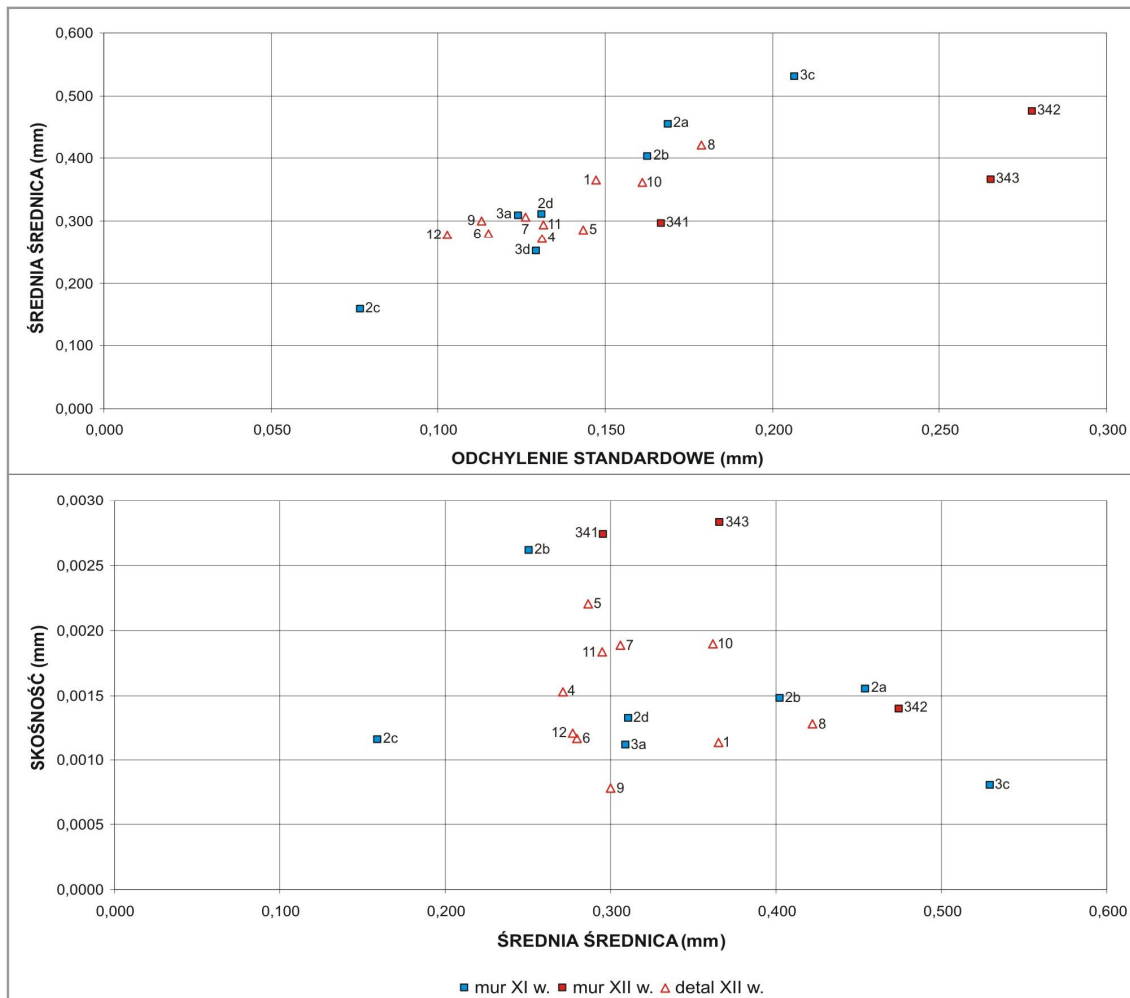


65.

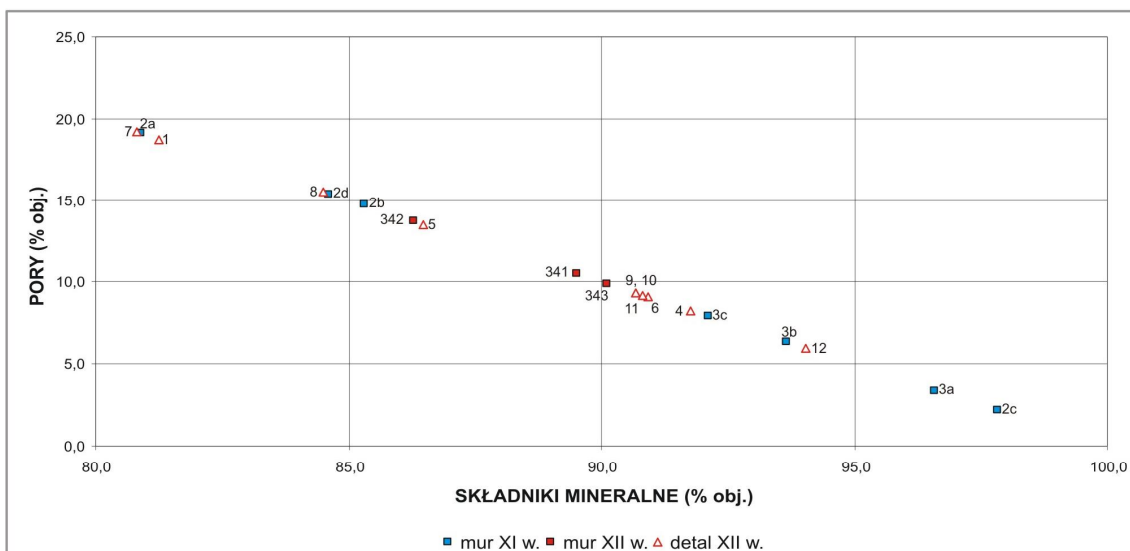


66.

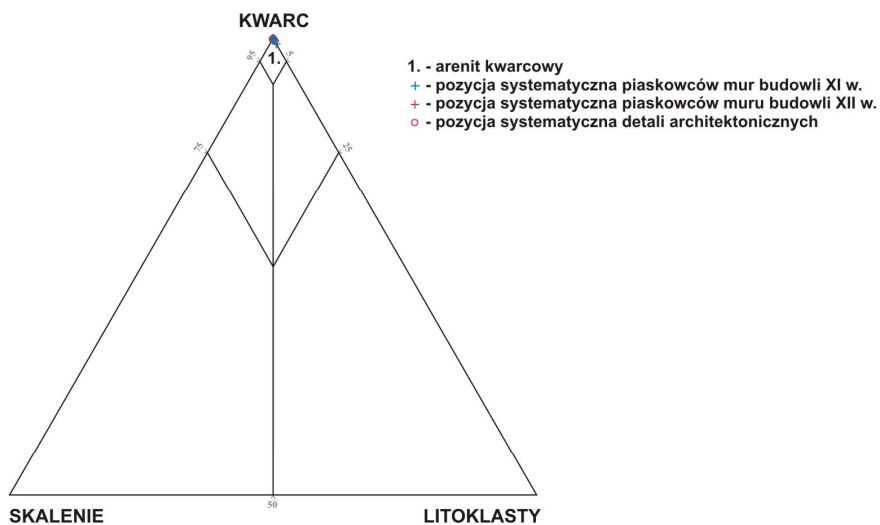
Ryc. 69. Tum. Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia.



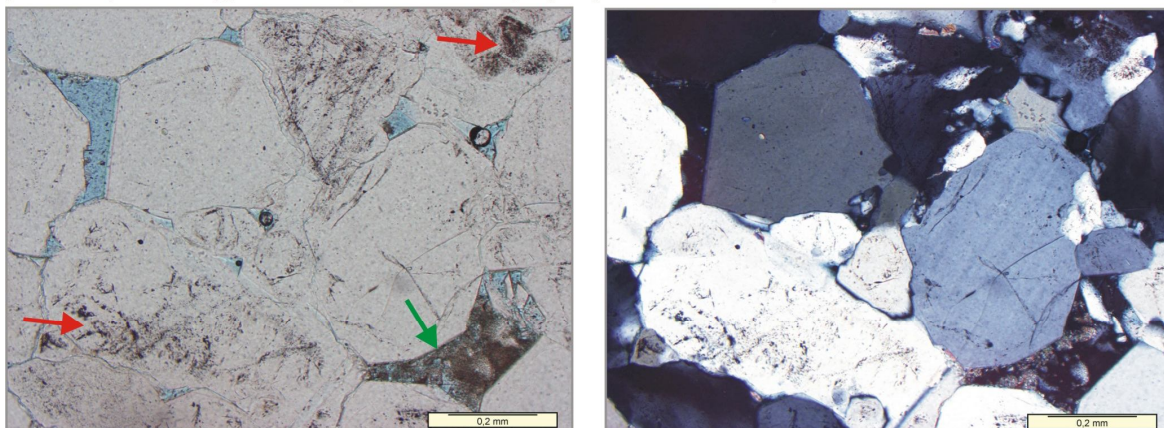
Ryc. 70. Tum. Wzajemne stosunki zawartości składników mineralnych i porów w piaskowcach murów dwóch budowli oraz detali architektonicznych.



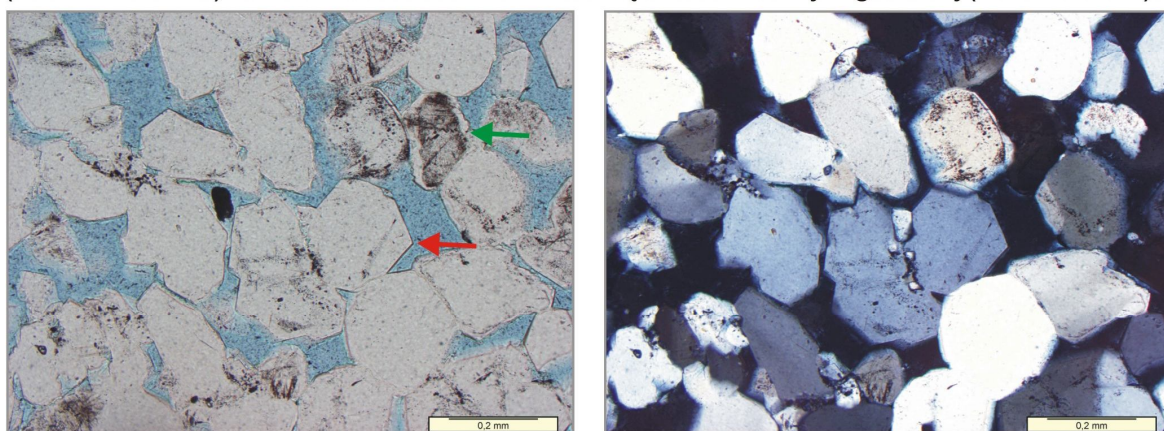
Ryc. 71. Tum. Pozycja systematyczna piaskowców murów dwóch budowli oraz detali architektonicznych na tle klasyfikacji piaskowców wg Pettijohna (1972) z późniejszymi modyfikacjami.



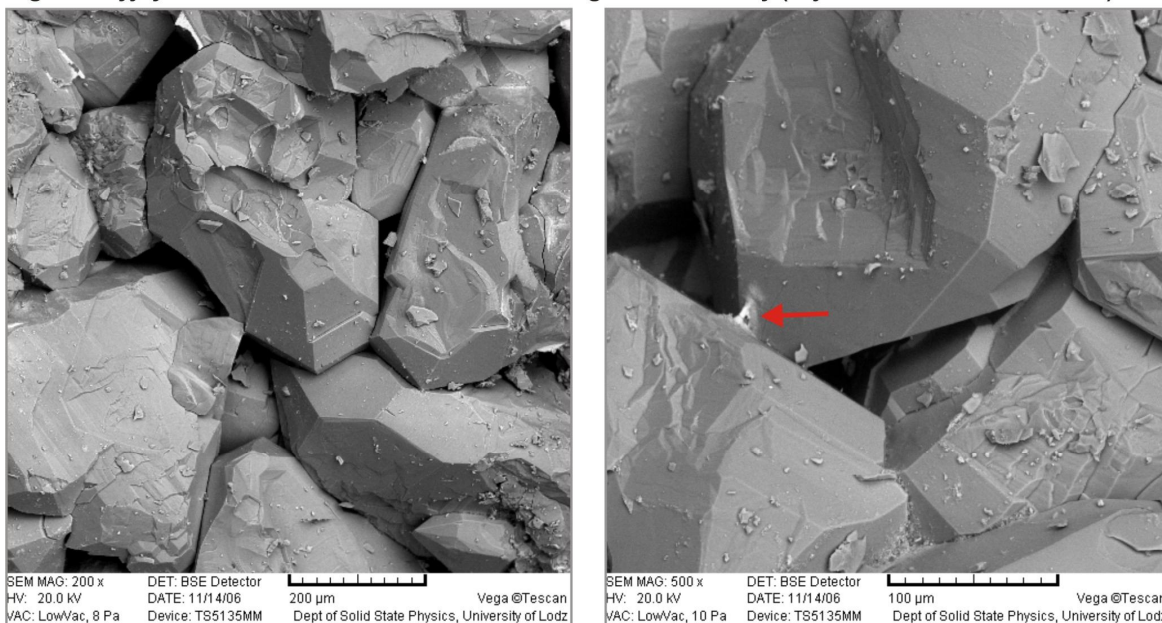
Ryc. 72. Tum. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) płytki cienkiej 3c. Arenit kwarcowy. Pierwotne ziarna kwarcu z licznymi wrostkami substancji organicznej (strzałki czerwone), częściowo spękane, otoczone są przez obwódki regeneracyjne. Oprócz spoiwa kwarcowego widoczne jest porowe spoiwo węglanowe w postaci mikrosparytu (strzałka zielona).



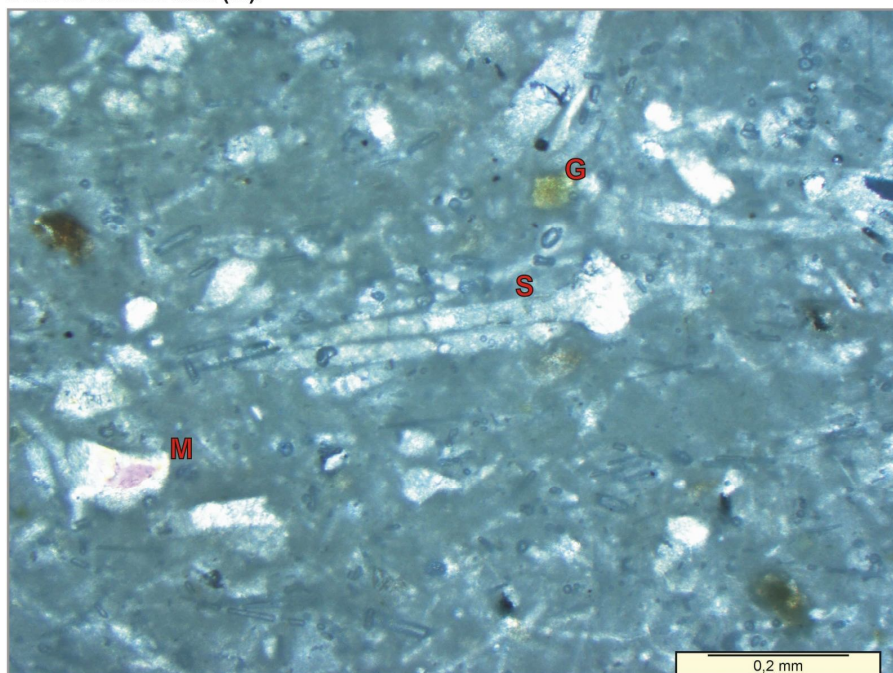
Ryc. 73. Tum. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) płytki cienkiej 11. Arenit kwarcowy. Bardzo dobrze rozwinięty cement kwarcowy, z wykształconymi elementami morfologii kwarcu autigenicznego (strzałka czerwona). Niektóre ziarna zabarwione znaczną ilości substancji organicznej (strzałki zielone).



Ryc. 74. Tum. Obrazy SEM BSE powierzchni przełamu próbki piaskowca 11. Widoczne są doskonale wykształcone elementy morfologii autogenicznego kwarcu w formie obwódek regeneracyjnych oraz minimalna ilość cementu innego niż kwarcowy (zdj. lewe - strzałka czerwona)



Ryc. 75. Tum. Obraz mikroskopowy płytki cienkiej 3d. Polaryzatory X. W masie mikrytowej tkwią spikule gąbek (S), pojedyncze ziarna glaukonitu (G), kwarcu oraz blaszki muskowitu (M).



VI.6. Żarnów.

Aktualnie oglądana bryła kościoła p.w. św. Mikołaja w Żarnowie ma charakter neogotyckiej monumentalnej bazyliki. Zawiera ona w swej bryle liczne elementy architektoniczne pochodzące z pierwszej wczesnośredniowiecznej konstrukcji romańskiej oraz późniejszych etapów rozbudowy świątyni. Z pierwotnego romańskiego obiektu zachowała się okrągła wieża oraz zachodnia część korpusu nawowego, aktualnie stanowiąca lewy, zachodni fragment transeptu (ryc. 77). Data budowy kościoła to najprawdopodobniej rok 1111 - przez historyków jest wiązana z fundacją świątyni przez Bolesława Krzywoustego¹. Kościół położony jest na niewysokim wzniesieniu o genezie glacialnej², w północnej części miasta (ryc. 76), na obszarze którego krzyżowały się już w początkach XIII w. bardzo ważne szlaki komunikacyjne. Prowadziły one m.in. z Łęczycy, przez Sulejów do Wąchocka i dalej do Sandomierza, a także z Radomska, przez Przedbórz na Skrzyżsko do Radomia³. Pomimo tego, że świątynia znajdowała się przy ważnym trakcie handlowym, wzbudzając podziw podróżnych piękną bryłą⁴, a w jej konstrukcji można doszukać się elementów prezentujących różne style architektoniczne, jednak nie stanowiła obiektu wielu badań naukowych, co pokutuje niezwykle małą ilością opracowań dotyczących tego interesującego zabytku⁵. Pierwotna wczesnośredniowieczna, romańska budowla była orientowana, jednonawowa oraz posiadała od strony zachodniej w nawie emporę. Do ściany zachodniej korpusu, od zewnątrz, przylega okrągła wieża (ryc. 77). Mieści się w niej klatka schodowa, prowadząca wejście na emporę, kończące się szerokim, rozglifionym i zamkniętym półkoliście otworem. Empora, miejsce dla lokalnego możnowładcy, stanowi galerię na dwóch polach sklepieniowych, wspartych na jednym, masywnym okrągłym filarze (kolumnie) i pilastrach przyściennych. Doskonały stan zachowania tych elementów konstrukcyjnych wykorzystał Wilhelm Henneberg i na ich wzór zrekonstruował emporę w pobliskim Inowłodzu. Niestety o założeniu wschodnim konstrukcji wczesnośredniowiecznej nie można wiele powiedzieć, gdyż jej przestrzeń była wykorzystywana podczas kolejnych rozbudów. W ich efekcie całkowicie został zatarty pierwotny charakter części prezbiterialnej budowli romańskiej. Świątynia pierwotnie pełniła rolę kaplicy grodowej oraz najprawdopodobniej miała bezpośrednie połączenie z położonym nieopodal domem

¹ Kalinowski Z., 1991, *Kościół parafialny w Żarnowie*, Wydawnictwo Diecezjalne, Sandomierz, str. 9.

² Janiec J., 1993, *Objaśnienia do szczegółowej map geologicznej Polski, arkusz Żarnów (739)*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, tablica I, Szkic geomorfologiczny.

³ Augustyniak J., 2005, *Cysterskie opactwo w Sulejowie. Rozwój przestrzenny do końca XVI wieku, w świetle badań archeologicznych – architektonicznych w latach 1989-2003*, Biblioteka Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, nr 33, Łódź, str. 59, 60, ryc. 42, 43.

⁴ Wiśniewski J., 1913, *Dekanat opoczyński*, Wydawnictwo Jan Kanty Trzebiński, Radom, str. 332-340.

⁵ Świechowska E., Mischke W., 2001, *Architektura romańska w Polsce. Bibliografia*, Wydawnictwo DiG, Warszawa, str. 161.

kasztelana, znajdującym się w obrębie grodu kasztelańskiego. Pozostałości grodu, znajdującego się obok świątyni, widoczne są współcześnie w formie częściowo zachowanego nasypu oraz śladów po fosie⁶. Oprócz romańskich fragmentów murów zachowały się do dzisiejszych czasów detale architektoniczne, w tym o charakterze *stricte* ozdobnym, co w przypadku surowości architektury romańskiej jest bardzo rzadko spotykane. Reprezentowane są one m.in. przez bestiarusze, czyli płaskorzeźby przedstawiające motywy roślinno-zwierzęce, które umieszczono jako kapitele pilastrów przyściennych na balkonie empory. Pierwotny kształt bryły tej romańskiej świątyni został zmieniony jeszcze w średniowieczu przez dobudowanie od strony północnej niewielkiej kaplicy⁷. Pierwsza, większa przebudowa miała miejsce przed rokiem 1510, o czym świadczy data oraz herby fundatorów przebudowy (Habdank, Poraj, Lis) wykute na zwieńczeniu szkarp⁸. Jej efektem było dobudowanie od strony wschodniej późnogotyckiego prezbiterium, o rozmiarach zbliżonych do już istniejącego romańskiego korpusu nawowego. Dodatkowo od strony południowej wymurowano dwie kaplice, z których jedną rozebrano w roku 1862⁹. W wyniku największej rozbudowy rozpoczętej w 1903 r., a ukończonej w 1917 r., wg projektu Stefana Szyllera, istniejące części: romańska z gotycką, stały się transeptem dla bryły neogotyckiej. Jej efektem było postawienie obszernego prezbiterium od strony północnej, natomiast od południa obiekt wzbogacono o potężny trójnawowy korpus.

Kościół w Żarnowie stanowi jeden z niewielu zabytków architektury, w którego konstrukcji wykorzystano niemal wyłącznie piaskowiec (wyjątki stanowią ceglane elementy XX-wiecznego stropu i poddasza). Kolejne fazy rozbudów autorstwa różnych architektów, zmieniające się style architektoniczne nie wpłynęły na podstawowy rodzaj surowca, którym cały czas był piaskowiec. Wzmianki o charakterze wykorzystanego surowca pojawiały się w różnych opracowaniach:

- Wł. Łuszczkiewicz – „Materiałem dla najstarszej (budowli¹⁰) jest wyborny twardy piaskowiec, opierający się dzielnie czasowi, koloru to ciemno popielatego, to ceglastoczerwonego z ostrymi dotąd kantami.”¹¹ W innym miejscu ten sam autor charakteryzuje surowiec wykorzystany na rzeźby bestiaruszy: „Kamień użyty jest

⁶ Walicki M. (red.), 1971, *Sztuka polska przedromańska i romańska do schyłku XIII*, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa, str. 136.

⁷ Kalinowski Z., 1991, *Kościół parafialny w Żarnowie*, Wydawnictwo Diecezjalne, Sandomierz, str. 2, 3.

⁸ Łuszczkiewicz Wł., 1891, *Kościół parafialny w Żarnowie i reszty tamtejszego zamku*, Sprawozdania Komisji do Badania Historii Sztuki w Polsce, IV, str. 118–137.

⁹ Kalinowski Z., 1991, *Kościół parafialny w Żarnowie*, Wydawnictwo Diecezjalne, Sandomierz, str. 23.

¹⁰ autor.

¹¹ Łuszczkiewicz Wł., 1891, *Kościół parafialny w Żarnowie i reszty tamtejszego zamku*, Sprawozdania Komisji do Badania Historii Sztuki w Polsce, IV, str. 124.

delikatniejszym piaskowcem, niż ten w ścianach i wieży, to też spowodowało zniszczenia rzeźb.”¹²

- B. Chlebowski – „... zbudowany wedle tradycji przez Piotra Dunina, komesa na Skrzynnie, z kamienia wapiennego.”¹³
- Z. Świechowski - „Budowla została wzniesiona ze starannie opracowanych ciosów miejscowego piaskowca...”¹⁴

Informacje literaturowe dotyczące lokalności surowca, z którego wzniesiono kościół nie są bezzasadne zważywszy na bliskość złóż piaskowców o dobrych parametrach technicznych¹⁵. Ze względu na unikalny charakter wykorzystania piaskowców w różno stylowych elementach żarnowskiej świątyni, autor objął badaniami, oprócz części romańskiej, także gotycką oraz dwudziestowieczną – neogotycką. Miało to na celu uchwycenie cech charakterystycznych dla piaskowców pochodzących z poszczególnych faz budowy, a tym samym przyporządkowanie chronologiczne detali architektonicznych m.in. wykorzystanych wtórnie w murze ogrodzenia kościoła. Także jako uzupełnienie surowcowego obrazu żarnowskiej świątyni badaniami objęto surowiec pochodzący z ołtarza wykonanego w roku 1610, który obecnie znajduje się w lewej nawie świątyni¹⁶. Element ten dotychczas nie był badany surowcowo, natomiast w opinii mieszkańców Żarnowa, także miał być wykonany z lokalnego piaskowca.

Mury.

Pierwotna budowla romańska została wzniesiona z bloków różnokolorowego piaskowca. W literaturze nie ma wzmianek dotyczących wątku kamieniarskiego. Najprawdopodobniej ciosy były układane jeden obok drugiego, w równych warstwach, zbliżonej wysokości, bez zastosowania typowych, dla wczesnośredniowiecznych muratorów, wątków *opus spicatum* czy *opus emplectum*. Dowodem na brak typowego romańskiego wątku, są odsłonięte fragmenty struktury muru w narożniku północno zachodnim, lewego skrzydła transeptu (ryc. 77). Bloki piaskowca mają bardzo zróżnicowane rozmiary i formy, od izometrycznych do silnie wydłużonych. Stopień obróbki piaskowcowych ciosów jest tak doskonały, a powierzchnie łączy idealnie płaskie, gładkie, że nie widać w ogóle zaprawy, którą są spojone. Ekspozowane powierzchnie ciosów najczęściej pokryte są dużą ilością mniej lub bardziej regularnych śladów po uderzeniach ciosaka, w mniejszym stopniu szpicy.

¹² Łuszczkiewicz Wł., 1891, *Kościół parafialny w Żarnowie i reszty tamtejszego zamku*, Sprawozdania Komisji do Badania Historii Sztuki w Polsce, IV, str. 130.

¹³ Chlebowski B., 1895, *Słownik geograficzny Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich*, tom. XIV, Wydawnictwo Wiek, Warszawa, str. 739, 740.

¹⁴ Świechowski Z., 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wydawnictwo DIG, Warszawa, str. 319.

¹⁵ Praca zbiorowa, 1966, *Monografia złóż materiałów kamiennych w Polsce i ich przydatności do celów drogowych, Okręg południowo – centralny Polski*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, poz. 190, str. 104, 105 oraz poz. 149 str. 90, 91.

¹⁶ Kalinowski Z., 1991, *Kościół parafialny w Żarnowie*, Wydawnictwo Diecezjalne, Sandomierz, str. 27.

Część bloków dodatkowo została obwiedziona strefą krótkich, gęstych, równoległych nacięć, prostopadłych do krawędzi ciosu (ryc. 78). Na powierzchniach wielu bloków bardzo dobrze widoczne jest, w wyniku selektywności procesów wietrzenia, warstwowanie równoległe. Dodatkowo, w niektórych ciosach, występują niewielkie laminy białych żwirów kwarcowych, a także strefy z okrągłymi pustkami o zróżnicowanej wielkości. Pustki te powstały w wyniku wypłukania minerałów ilastych lub żelaza. Na uwagę zasługuje zewnętrzna strona ściany północnej lewego ramienia transeptu. Jej górne partie sprawiają wrażenie zastosowania bloków nieobrobionych, łamanych. Jednak nieregularny charakter powierzchni ciosów jest następstwem pożaru, do którego doszło w roku 1893¹⁷ (ryc. 77). Piaskowiec wystawiony na działanie wysokiej temperatury uległ spękaniu oraz zaczął się odpajać. Średniowieczni muratorzy, w niewielkim stopniu w żarnowskiej świątyni wykorzystali zróżnicowanie kolorystyczne piaskowców, tak jak miało to miejsce w budowlach cysterskich m.in. w pochodzącym z początku XIII w¹⁸. klasztorze w Wąchocku, gdzie naprzemian układane są warstwy piaskowców czerwonych i białych. Tylko w dolnych partiach wieży opisywanej świątyni widoczne jest zastosowanie dwóch warstw piaskowca czerwonego rozdzielonych warstwą białego.

Piaskowcowe ciosy murów części gotyckiej, w porównaniu z romańską charakteryzują się zbliżoną obróbką powierzchni eksponowanej (ryc. 79). Do obróbki wykorzystywano głównie ciosaka. Posługiwano się nim w sposób bardzo precyzyjny, gdyż w wielu przypadkach centralne strefy bloków pokryte są równoległymi rzędami idealnie równych nacięć. Narzędzie musiało być prowadzone wzdłuż pewnej linii. Gotyccy muratorzy musieli być bardzo dobrymi kamieniarzami i znać swoją wartość, skoro na murach zostawili „podpisy”. Analogicznie jak w części romańskiej, bloki piaskowców mają zróżnicowanie kolorystyczne oraz niejednakowe rozmiary. Także w tych piaskowcach widoczne są strefy z różnego rodzaju przebarwieniami oraz pustkami, natomiast laminki i warstewki złożone z białych żwirków zdarzają się znacznie częściej, w prawie każdym bloku (ryc. 79). Pomimo dokładności w obróbce eksponowanej powierzchni ciosów, pomiędzy nimi są znacznej szerokości szczeliny, które obficie wypełniono zaprawą zawierającą fragmenty czarnej ceramiki. Od zewnątrz, w ścianie gotyckiego prezbiterium mamy jedyny w tej fazie rozbudowy kościoła przykład wykorzystania wielobarwności skał. Z ciosów czerwonego piaskowca ułożono krzyż, który odcina się od przyjętego wątku muru, ze względu na wielkość bloków.

¹⁷ http://dziedzictwo.ekai.pl/@@zarnow_kosciol.

Hajpál M., 2002, *Changes in Sandstones of Historical Monuments Exposed to Fire or High Temperature*, Fire Technology, 38, str. 373–382.

¹⁸ Świechowski Z., 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wydawnictwo DIG, Warszawa, str. 278.

Podobnie jak w fazach wcześniejszych w trakcie najmłodszej rozbudowy żarnowskiej świątyni wykorzystano ciosy piaskowcowe. Różnice w porównaniu z wcześniejszymi fazami tkwią w typie piaskowca oraz sposobie jego obróbki. Wszystkie zastosowane w neogotyckiej części bloki piaskowca mają zbliżoną barwę jasnobieżową, nie zawierają żwirowych lamin, natomiast licznie pojawiają się niewielkie ilaste smugi, będące fragmentami ripplemarków (ryc. 80). Współcześnie owe smugi w żargonie kamieniarskim określane są „liściami”, dzięki obecności którego można odróżnić piaskowce żarnowieckie od szydlowieckich. Na niektórych ciosach widoczne są defekty kamienia w formie konkrecji żelazistych wraz z otaczającymi je barwnymi pierścieniami Liesseganga. Pojedyncze bloki piaskowca o ciemniejszym, kremowo szarym zabarwieniu, różnią się znacznie kolorystyką od typowego surowca XX-wiecznego. Tego typu ciosy rozmieszczone są nierównomiernie w neogotyckiej konstrukcji, jednak największą ich ilość obserwujemy w północnej ścianie współczesnego prezbiterium. Budując je musiano przebić się przez ciosowe mury romańskie i gotyckie. Z tego też powodu, te odbiegające kolorystyką bloki stanowią surowiec pochodzący ze starszych faz budowy użyty wtórnie. Powierzchnie bloków pokryte są rzędami równoległych nacięć ciosaka, tylko w niższych partiach wewnątrz neogotyckiego prezbiterium widoczna jest niewielka ilość bloków poddanych groszkowaniu. Dodatkowo na blokach widnieje jeden podpis kamieniarza oraz sześć rodzajów znaków kamieniarskich. Mogą one być sygnaturami kamieniołomów, z których dostarczano piaskowiec, ale najprawdopodobniej stanowią sygnaturki obrabiających poszczególne ciosy kamieniarzy. W latach dziewięćdziesiątych XX wieku, z piaskowców dostarczonych ze złoża Sielec II wybudowano nową dzwonnice. Detale architektoniczne.

Na podstawie oglądu makroskopowego detali architektonicznych, głównie o walorach dekoracyjnych, stanowiących elementy pochodzące z różnych faz rozbudowy świątyni widoczne jest jeszcze mniejsze zróżnicowanie wykorzystanych typów piaskowców, niż ma to miejsce w murach. Wszystkie skały użyte w detalach mają charakter piaskowców kwarcowych. Barwy ich są jaśniejsze i mniej zróżnicowane niż w blokach murów. Nie zaobserwowano żadnego detalu zdobniczego wykonanego z piaskowca czerwonego. W porównaniu z surowcami murów, w tych skałach, nie widać makroskopowo pojedynczych żwirów, czy ich lamin, a także pustek skalnych. Oddzielną kwestię stanowią detale architektoniczne wykorzystane wtórnie, w murze ogrodzenia kościoła. Ogrodzenie to widoczne jest w nieco innej formie niż oglądane współcześnie na jednej z rycin w opracowaniu Łuszczkiewicza¹⁹, a więc powstało jeszcze przed ostatnią XX-wieczną rozbudową świątyni. W murze ogrodzenia zainstalowano m.in. długie rzygacze, które mogą

¹⁹ Łuszczkiewicz Wł., 1891, *Kościół parafialny w Żarnowie i reszty tamtejszego zamku*, Sprawozdania Komisji do Badania Historii Sztuki w Polsce, IV, str. 122, fig. 1.

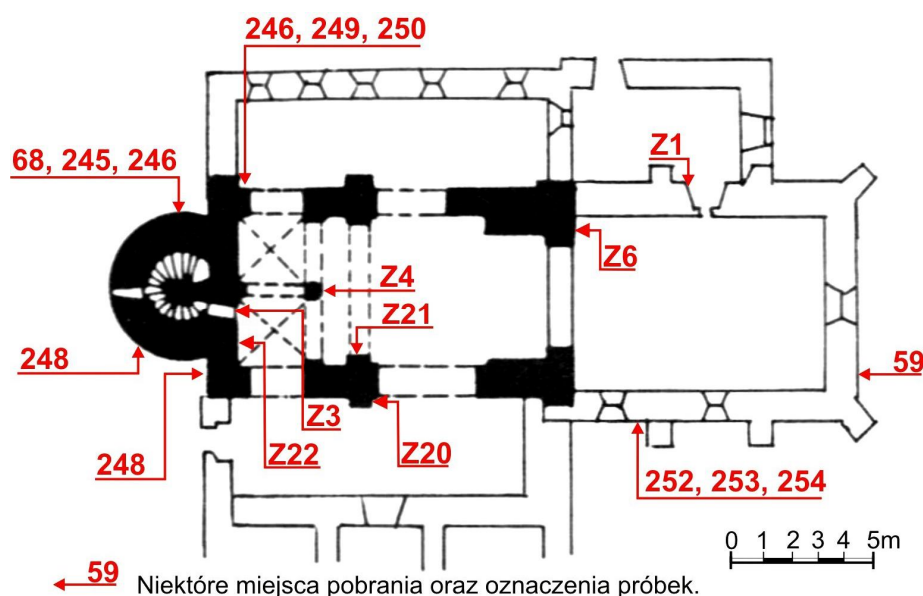
stanowiąc elementy latryny, a także piaskowcową płytę z płaskorzeźbą, przedstawiającą hełm zdobiony rogami tj. herb Jelita – Koźlerogi.

Tak wielka kamienna budowla, funkcjonująca bez przerwy, przez 800 lat, wymagała na bieżąco dokonywania różnego rodzaju napraw kamieniarki. Doskonałym tego świadectwem są rachunki za prace kamieniarskie, które miały być zlecane od połowy XIX w²⁰. Dzięki nim widać jak wiele zróżnicowanych prac kamieniarskich i napraw było wykonywanych na bieżąco, począwszy od wymiany pojedynczych spękanych ciosów, a skończywszy na przemurowaniu fragmentu ściany. Z tego powodu nie można mieć przysłowiowej 100% pewności, czy badany element o cechach romańskich jest pierwotny, czy faktycznie został wykonany w okresie wczesnego średniowiecza.

Materiał do badań

Z różnych elementów architektonicznych żarnowskiej świątyni pobrano łącznie 65 próbek, z których do dalszych szczegółowych analiz przeznaczono 38. Wśród nich 37 są to piaskowce, natomiast 1 reprezentowana jest przez skałę węglanową. Na pierwotne elementy romańskie przypada 30 próbek, w tym 23 pochodzące z murów, a 7 z detali architektonicznych. W przypadku surowców wykorzystanych w trakcie gotyckiej rozbudowy szczegółowym analizom poddano 6 próbek, wśród których 4 pochodzą z murów, natomiast 2 z detali architektonicznych. Dodatkowo, badaniom szczegółowym poddano 1 próbkę pobraną z XX-wiecznej części muru. Na rycinie 81, przedstawiony jest plan przyziemi świątyni z zaznaczonymi niektórymi miejscami pobrania próbek z elementów romańskich i gotyckich. Natomiast w tabeli 14. zamieszczono dokładne opisy miejsc pobrania próbek oraz rodzaje badań, którym zostały poddane.

Ryc. 81. Żarnów. Plan kościoła (wg Świechowskiego 2000) z zaznaczonymi miejscami oraz oznaczeniami próbek poddanych badaniom szczegółowym.



²⁰ Wspomniane rachunki przechowywane są w kancelarii w archiwum parafii.

Tabela 14. Żarnów. Oznaczenia próbek, opisy miejsc w budowlu, z których zostały pobrane i detali architektonicznych wraz z badaniami, którym skały zostały poddane.

Mury naziemne budowli							
LP	Symbol	Miejsce pobrania	Chronologia	Surowiec skalny	Zastosowane metody badań		
					Płytką cienką	XRD	SEM
1.	68	zewnątrz, dolna część wieży, od strony północnej	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
2.	239	wewnątrz, wieża, lewa strona ościeża otworu okiennego	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
3.	240	wewnątrz, empora, z prawej strony, przy kolumnie,	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
4.	241	wewnątrz, empora, z lewej strony, przy kolumnie	XII w.	piaskowiec	tak	-	tak
Mury naziemne budowli							
LP	Symbol	Miejsce pobrania	Chronologia	Surowiec skalny	Zastosowane metody badań		
					Płytką cienką	XRD	SEM
5.	243	wewnątrz, wieża, schody ostatni stopień, przy emporze	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
6.	244	wewnątrz, wieża, schody na wysokości otworu okiennego	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
7.	245	zewnątrz, dolna część muru wieży od strony północnej	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
8.	246	zewnątrz, dolna część muru przy wieży od strony północnej	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
9.	248	zewnątrz, dolna, południowo - zachodnia część muru przy wieży	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
10.	249	zewnątrz, dolna część muru przy wieży od strony północnej	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
11.	250	zewnątrz, dolna część muru przy wieży od strony północnej	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
12.	ZKZ1	wewnątrz, mur wieży, koniec kamiennych schodów, 2 warstwa od najwyższego stopnia, 13 warstwa nad emporą	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
13.	ZKZ2	wewnątrz, mur wieży, koniec kamiennych schodów, łuk nad emporą, drugi blok łuku od lewej strony	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
14.	ZKZ3	wewnątrz, wieża, schody ostatni stopień, przy emporze	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
15.	ZKZ4	wewnątrz, mur wieży, koniec kamiennych schodów, ósma warstwa nad wspornikiem empory	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
16.	ZKZ5	wewnątrz, przyoknie zamurowanego okna, wewnętrzna część muru, 10 warstwa nad parterem	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
17.	ZKZ6	wewnątrz, wieża, schody, 2 stopień od dołu	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
18.	Z2	wewnątrz, prawy łuk empory, patrząc od strony wieży, trzeci blok łuku	XII w.	piaskowiec	tak	-	tak
19.	Z6	wewnątrz, strych, podstawa ściany szczytowej nad nawą od strony wschodniej, strona zewnętrzna ściany wschodniej	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
20.	Z20	wewnątrz, południowa lizena, część zewnętrzna, pod amboną	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
21.	Z21	wewnątrz, południowa lizena, część wewnętrzna, przy wejściu na ambonę	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
22.	Z22	wewnątrz, mur, odsłonięcie z lewej strony gotyckiego portalu, przy wejściu na wieżę, bloki piaskowca łamanego	XII w.	piaskowiec	tak	-	-
23.	Z23	wewnątrz, lewy łuk empory patrząc w kierunku wschodniej, nieistniejącej romańskiej absydy	XII w.	piaskowiec	tak	-	-

VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO

24.	59	zewnątrz, gotycki mur, od strony wschodniej w miejscu instalacji licznika energii	XVI w.	piaskowiec	tak	-	-	
25.	252	zewnątrz, mur od strony południowej przy wejściu do zakrystii	XVI w.	piaskowiec	tak	-	-	
26.	253	zewnątrz, mur od strony południowej przy wejściu do zakrystii	XVI w.	piaskowiec	tak	-	-	
27.	254	zewnątrz, mur od strony południowej przy wejściu do zakrystii	XVI w.	piaskowiec	tak	-	-	
28.	71	zewnątrz, część dobudowana w 1903, strona zachodnia	XX w.	piaskowiec	tak	-	-	
Detale konstrukcyjne i zdobnicze								
LP	Symbol	Lokalizacja oraz nazwa detalu	Chronologia	Surowiec skalny	Zastosowane metody badań			
					Płytki cienka	XRD	SEM	CaCO ₃
29.	Z3	wewnątrz, gotycki portal wejściowy na wieżę z ostrołukiem, górna część łuku	XII w.	piaskowiec	tak	tak	tak	-
30.	Z4	wewnątrz, środkowa kolumna wspierająca empore, próbka z dolnej części	XII w.	piaskowiec	tak	tak	-	-
31.	Z5	wewnątrz, bestiariusz stanowiący kapitel lewego pilastru przyściennego	XII w.	piaskowiec	tak	tak	-	-
32.	Z24	wewnątrz, chrzcielnica	XII w.	piaskowiec	tak	-	-	-
33.	Z1	wewnątrz, portal gotycki z archiwoltą, strona od zakrystii, dolna część z prawej strony	XVI w.	piaskowiec	tak	-	-	-
34.	Z7	wewnątrz, strzelnica kluczowa, strych, ściana wschodnia, od strony wewnętrznej kościoła	XVI w.	piaskowiec	tak	-	-	-
35.	Z8	ogrodzenie, płyta nagrobna z herbem Jelita-Koźlerogi	XVI w.	piaskowiec	tak	-	-	-
36.	Z9	ogrodzenie, rzygacz, prawdopodobnie element łatryny	XVI w.	piaskowiec	tak	-	-	-
37.	60	wewnątrz, ołtarz	XVII w.	wapień litotamniowy	tak	-	-	tak

Wyniki analiz

Szczegółowe charakterystyki petrograficzne analizowanych piaskowców zostały przedstawione w tabeli 15 i 16 na stronach 112-114.

Mur XII w.

Próbki surowców pobrane z pierwotnych murów romańskich stanowią piaskowce kwarcowe o barwach od białej przez kremową, różową, czerwoną do brązowej. Często w obrębie jednego niewielkiego kawałka mamy do czynienia z wielobarwnością (próbki: 239, 240, 245). Wśród analizowanych próbek piaskowców nie zaobserwowano struktur sedymentacyjnych, reakcji z roztworem HCl, natomiast wszystkie wykazują makroskopowo znaczne do siebie podobieństwo. Wstępne badanie płytek cienkich potwierdza makroskopowo określony rodzaj skały jako piaskowce kwarcowe. Wielkości średnic średnic szkieletu ziarnowego w poszczególnych płytkach wahają się od 0,140mm (płytki Z21) do 0,0404mm (płytki 239), przy wartościach standardowego odchylenia od 0,050mm (płytki Z21) do 0,181mm (płytki 239).

Tab. 15. Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych murów XII-wiecznych.

LP.	Płytki	Wartości statystycznych parametrów uziarnienia w mm				Składniki szkieletu ziarnowego						Kształt ziarn (7)	Kontakty ziarn (8)	Typ mineralny i rodzaj spoiwa (9)	Nazwa systematyczna
		Mz	δ_1	Sk ₁	K _G	K (1)	S (2)	Ł (3)	L (4)	Mc (5)	Mn (6)				
1.	68	0,237	0,096	0,00077	0,0038	mk, pk	pl	mu	0	cr, ru	fe	3,4,2,1	pk, pr	kw-re il-pk, pr ze-pr, ko	arenit kwarcowy
2.	239	0,404	0,181	0,00017	0,0024	mk, pk	0	0	0	cr	0	3,4,2	pk, pr	kw-re il-pk, pr ze-pr, ko	arenit kwarcowy
3.	240	0,224	0,067	0,00044	0,0033	mk, pk	0	mu, ar	mu	ru	fe	3,4,2	pk, pr	kw-re il-pk, pr, ob ze-pr, ko, ob	arenit kwarcowy
4.	241	0,215	0,088	0,00161	0,0074	mk, pk	0	0	mu	cr	fe	3,4,2	pr, pk	kw-re il-po, ob ze-po, ob	arenit kwarcowy
5.	242	0,265	0,189	0,00150	0,0052	mk, pk	0	mu, ar	0	cr, hr	fe	3,4,2	ww, pr, pk	kw-re il-ko, pr ze-pr, ko	arenit kwarcowy
6.	243	0,159	0,059	0,00052	0,0034	mk, pk	0	mu, ar	0	cr	0	3,4,2	ww, pr	kw-re il-pr, ko, ob ze-pr, ko	arenit kwarcowy
7.	244	0,286	0,108	0,00048	0,0033	mk, pk	0	mu	0	tu	il	3,4,2	ww, pr	kw-re il-pr, ko, ob ze-pr, ko	arenit kwarcowy
8.	245	0,357	0,187	0,00103	0,0043	mk, pk	0	0	0	cr, tu, ru	fe	4,2	ww, pr	kw-re il-ko, pr, ob ze-pr, ko, ob	arenit kwarcowy
9.	246	0,240	0,105	0,00139	0,0077	mk, pk	0	0	0	cr	fe	4,2,1	pk, pr, ww	c, kw-re il-pr, ko, ob ze-ko, pr gt-pr	arenit kwarcowy
10.	248	0,221	0,071	0,00043	0,0045	mk, pk	0	0	mu	cr, ru	fe	3,4,2	ww, pr	kw-re il-ko, pr ze-pr, ko	arenit kwarcowy
11.	249	0,234	0,093	0,00072	0,0040	mk, pk	0	mu	mu	cr	fe	3,4,2	pk, pr	c, kw-re il-ko, pr, ob ze-pr, ko	arenit kwarcowy
12.	250	0,257	0,097	0,00061	0,0039	mk, pk	0	mu	0	cr	0	3,4,2	pk, pr	kw-re il-ko, pr ze-pr, ko	arenit kwarcowy
13.	ZKZ1	0,255	0,102	0,00064	0,0036	mk, pk	0	mu, ar	0	tu	fe	3,4,2	pk, ww, pr	kw-re il-ko, pr, ob ze-pr, ko, ob	arenit kwarcowy
14.	ZKZ2	0,239	0,080	0,00032	0,0030	mk, pk	0	mu	0	cr, tu	fe	3,4,2	ww, pr, pk	kw-re il-ko, pr ze-pr, ko	arenit kwarcowy
15.	ZKZ3	0,242	0,071	0,00037	0,0033	mk	pl	mu	mu	0	il	3,4,2,1	pk, ww	kw-re il-ko, pr	arenit kwarcowy
16.	ZKZ4	0,218	0,070	0,00065	0,0038	mk, pk	0	0	0	ru	fe	3,4,2,1	ww, pr	kw-re il-ko, pr	arenit kwarcowy
17.	ZKZ5	0,242	0,114	0,00122	0,0064	mk, pk	0	mu	mu	0	fe	3,4,2,1	pk, pr	kw-re il-ko, pr ze-pr, ko	arenit kwarcowy

cd. Tab. 15. Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych murów XII-wiecznych.

LP.	Płytki	Wartości statystycznych parametrów uziarnienia w mm				Składniki szkieletu ziarnowego						Kształt ziarn (7)	Kontakty ziarn (8)	Typ mineralny i rodzaj spoiwa (9)	Nazwa systematyczna
		Mz	δ1	Sk ₁	K _G	K (1)	S (2)	Ł (3)	L (4)	Mc (5)	Mn (6)				
1.	ZKZ6	0,250	0,143	0,00109	0,0038	mk, pk	0	mu	0	cr, tu	fe	3,4,2	ww, pr	kw - re il - ko, pr ze - pr, ko	arenit kwarcowy
2.	Z2	0,227	0,103	0,00118	0,0054	mk, pk	0	mu	0	cr, ru	mg	3,4,2,1	pk	kw - re il - ko, pr	arenit kwarcowy
3.	Z20	0,327	0,149	0,00084	0,0042	mk, pk	0	mu	mu	cr, ru	fe	3,4,2,1	pr, ww	kw - re il - ko, pr ze - pr, ko	arenit sublityczny
4.	Z21	0,140	0,050	0,00043	0,0031	mk, pk	0	mu, ar	wp	cr, ru	fe	3,4,2,1	ww, pr, pk	kw - re il - ko, pr, ob ze - pr, ko, ob	arenit kwarcowy
5.	Z22	0,195	0,065	0,00049	0,0034	mk, pk	pl	mu	mu	cr, tu, ru, gr, st	fe	3,4,2,1	pr, ww	kw - re il - ko, pr ze - pr, ko	arenit sublityczny
6.	Z23	0,162	0,072	0,00063	0,0033	mk, pk	0	mu	0	tu	fe	3,4,2,1	pr, pk, bk	kw - re il - ko, pr ze - pr, ko	arenit kwarcowy

Objaśnienia skrótów do tabel 15 i 16 (poszczególne cechy oraz składniki skały wymienione są w kolejności począwszy od najintensywniejszej cechy lub najliczniejszego składnika):

- (1) **Kwarc**, w formie ziarn: **mk** – monokrystalicznych, **pk** – polikrystalicznych;
 - (2) **Skalenie**: **al** – skaień alkalicznych bez widocznej siatki zbliźniaczeń, **mi** – mikroklin,;
 - (3) **Łyszczyki**: **mu** – muskowił, **bi** – biotył, **ar** – widoczne efekty argilizacji;
 - (4) **Litoklasty**: **mu** – mułowce, **wp** - wapienie;
 - (5) **Minerały ciężkie przezroczyste**: **cr** – cyrkon, **tu** – turmalin, **ru** – rudy, **gr** – granat, **ep** – epidot, **st** - staurolit;
 - (6) **Minerały ciężkie nieprzezroczyste**: **mg** – magnetyt, **il** – ilmenit, **fe** – nieoznaczone tlenki żelaza;
 - (7) **Stopień obtoczenia** wg Powersa 1953 (vide Ryka, Maliszewska 1991): 0- bardzo ostrokrawędziste, 1- ostrokrawędziste, 2- kanciaste, 3- półobtroczone, 4- obtroczone, 5- bardzo dobrze obtroczone;
 - (8) **Kontakty ziarn**: **pk** – punktowe, **pr** – proste, **ww** – wkłęsło wypukłe;
 - (9) **Spoivo, typ mineralny**: **kw** – kwarcowe, **il** – ilaste, **ze** – żelaziste, **gt** - getytowe;
- rodzaj spoiwa ze względu na ilość i sposób wykształcenia**: **ko** – kontaktowe, **ob** – oblegające o charakterze filmu, **re** – regeneracyjne, **pr** – porowe;

Wartości pozostałych parametrów statystycznych wykorzystywanych do charakterystyki uziarnienia zwierają się w granicach dla skośności od 0,0002mm (płytki 239) do 0,0016mm (płytki 241), natomiast kurtozy od 0,002mm (płytki 239) do 0,008mm (płytki 246). Zróżnicowanie powyższych parametrów przedstawione jest za pomocą diagramów na rycinie 82. Ogólnie są to piaskowce głównie średnio ziarniste, rzadziej drobnoziarniste o różnym stopniu wysortowania. Wartości porowatości w badanym zespole piaskowców, wahają się w szerokich granicach, od 4,00% (płytki 246) do 36,19% (płytki ZKZ4) (ryc. 83). Powyższe wartości wskazują na stosunkowo duże zróżnicowanie opisywanych skał zarówno pod względem rozkładu wielkości uziarnienia oraz porowatości. Stosując wizualną skalę określania stopnia dojrzałości osadu, w przypadku 15 płytek można stwierdzić, że analizowane piaskowce zbudowane są z ziarn bardzo dobrze wysortowanych. W płytkach 68, 249, ZKZ5, Z20, Z23 stopień wysortowania jest nieco gorszy – dobry, natomiast piaskowce płytek 242, 245, ZKZ6 prezentują słabe wysortowanie. Kształt ziarn w analizowanych piaskowcach jest także zróżnicowany. Mamy tutaj do czynienia zarówno z ziarnami okrągłymi, półobtoczonymi i dobrze obtoczonymi jak i wydłużonymi, kanciastymi oraz ostrokrawędzistymi (ryc. 85).

Wśród składników mineralnych szkieletu ziarnowego dominuje kwarc. Występuje on głównie w ziarnach monokrystalicznych. Ziarna polikrystaliczne obserwowane są w niewielkich ilościach we wszystkich płytkach, za wyjątkiem płytki ZKZ3, natomiast w płytce 239 udział tego typu ziarn w budowie szkieletu jest znaczny. Litoklasty są składnikami 9 analizowanych piaskowców i reprezentowane są w ośmiu płytkach przez okruchy mułowców, natomiast w płytce Z20 oznaczono jeden okruszek wapienia. Minerale ciężkie, przezroczyste oznaczono w większości płytek, za wyjątkiem płytek ZKZ3, ZKZ5. Grupa tych minerałów występuje głównie w formie pojedynczych ziarn rozproszonych bezładnie w masie skały. Tylko w płytce Z22 mamy do czynienia z cienkimi laminami, stanowiącymi formy koncentracji tych minerałów. Wśród tej grupy minerałów oznaczono ziarna cyrkonów, w mniejszej ilości występują turmaliny, rutyl, hornblenda, staurolit i granat. Kolejną grupą pod względem ilościowym składników badanych piaskowców to łuszczki. Występują one w 16 na 23 analizowane piaskowce i reprezentowane są wyłącznie przez muskowię. W niektórych przypadkach (płytki: 240, 242, 243, ZKZ1, Z21) wykazuje on oznaki silnej argilizacji. Minerale nieprzezroczyste są powszechnymi składnikami analizowanych skał, nie oznaczono ich tylko w płytkach: 240, 243, 250. Ten typ składników mineralnych stanowią najczęściej kryptokrystaliczne konglomeraty o nieregularnych kształtach, w mniejszej ilości występuje ilmenit, natomiast w płytce Z2 oznaczono pojedyncze ziarno magnetytu. Z grupy skaleni w trzech płytkach (68, ZKZ3, Z22) zidentyfikowano pojedyncze ziarna plagioklazów.

Ziarna opisywanych piaskowców najczęściej mają kontakty punktowe, znacznie rzadziej widoczne są proste lub wklęsło – wypukłe. Tylko, w płycie piaskowca Z23, ze względu na miejscową obfitość spoiwa niektóre ziarna nie posiadają kontaktów.

Wśród spoiw analizowanych piaskowców dominuje cement kwarcowy. Tworzy on dobrze wykształcone obwódki kwarcu autogenicznego (ryc. 86). W znacznie mniejszej ilości widoczne jest spoiwo ilaste oraz żelaziste. Często te dwa rodzaje spoiwa tworzą mieszaninę oblegającą ziarna szkieletu (ryc. 86). Spoiwo ilaste najczęściej wypełnia przestrzenie porowe, rzadziej występuje na kontaktach ziarn lub je oblega. Spoiwo żelaziste występuje powszechnie i najczęściej ma postać kryptokrystalicznego konglomeratu o charakterze porowym, rzadziej punktowym, czy oblegającym. Jedynie w płycie 246 spoiwo to wykształcone jest z charakterystycznych dla getytu, równoległych, włóknistych agregatów. W piaskowcu płytki 243, jako jedynym spośród wszystkich próbek pochodzących z żarnowskiego kościoła, widoczny jest w niewielkiej ilości detrytus zwęglonych roślin.

Wykonane analizy mikromorfologii powierzchni przełamu skały (próbka 68), potwierdziły występowanie bardzo dobrze wykształconych ziarn kwarcu autigenicznego, jako podstawowego spoiwa badanych piaskowców (ryc. 90).

Na podstawie zliczeń ilości kwarcu, skaleni oraz litoklastów, pozycja systematyczna analizowanej grupy piaskowców została przedstawiona na rycinie 84. Punkty projekcyjne większości opisywanych piaskowców znalazły się w polu arenitów kwarcowych. Wyjątki stanowią próbki płytek Z20 oraz Z22, których projekcje wypadły w polu arenitów sublitycznych. Uwzględniając frakcję oraz pozostałe cechy piaskowców, analizowane skały należy zaliczyć do drobno- i średnioziarnistych arenitów kwarcowych oraz arenitów sublitycznych o spoiwie kwarcowym, ilastym i żelazistym.

Mur XVI w.

Próbki piaskowców pobrane z murów dobudowanej w XVI wieku części świątyni w obrazie mikroskopowym prezentują piaskowce kwarcowe bardzo do siebie zbliżone pod względem barwy oraz cech petrograficznych. Parametry statystyczne wielkości ziarn badanej grupy piaskowców przedstawiają się następująco: średnie średnice ziarn zawierają się w granicach od 0,206mm (płytki 252) do 0,350mm (płytki 253), wartości odchylenia standardowego wahają się od 0,072mm (płytki 252) do 0,139mm (płytki 253), skośności od 0,0006mm (płytki 253,254) do 0,0007mm (płytki 59 i 252), kurtoza od 0,0003mm (płytki 59, 253, 254) do 0,0005mm (płytki 252), a porowatość zawiera się w granicach od 22,00% (płytki 253) do 28,16% (płytki 252). Powyższe wartości parametrów statystycznych oraz porowatości analizowane piaskowce lokują wśród wyników uzyskanych dla poprzedniej grupy piaskowców wykorzystanych w murach XII-wiecznych (ryc.82, 83). Na podstawie wizualnej oceny stopnia wysortowania, piaskowce trzech płytek (252,253,254) przedstawiają osad dojrzały, bardzo dobrze wysortowany, tylko w jednej płycie 57, mamy do czynienia z

piaskowcem średnio wysortowanym. Podobnie jak we wcześniej opisanym surowcu murów XII-wiecznych, w analizowanych piaskowcach mamy ten sam zespół składników szkieletu ziarnowego, występujący w takich samych proporcjach ilościowych. Wyjątkiem jest oznaczenie jednego ziarna skalenia alkalicznego (płytką 254). W przypadku typów spoiw oraz charakteru ich wykształcenia, także widoczne są duże analogie z piaskowcami wcześniej opisanymi. Na uwagę zasługuje obfitsze występowanie spoiwa ilastego oraz częstsze spoiwa getytowego (płytki 252, 253, 254) (ryc. 88). Badania mikromorfologii przełamu świeżej skały SEM BSE na powierzchniach cementu kwarcowego wykształconego w formie autigenicznych obwódek ujawniły bardzo dobrze wykształcone zespoły charakterystycznych blaszek kaolinitu (ryc. 90). Wszystkie piaskowce tej grupy na trójkącie projekcyjnym znalazły się w polu arenitów kwarcowych (ryc. 84). Analizowaną grupę piaskowców stanowiących surowiec XVI-wiecznych murów żarnowskiej świątyni należy zaklasyfikować do średnioziarnistych arenitów kwarcowych o spoiwie kwarcowym, ilastym, żelazistym.

Mur XX w.

Inaczej prezentuje się piaskowiec wykorzystany w murach XX-wiecznej fazy rozbudowy żarnowskiej świątyni. Najważniejszą cechą odróżniającą ten piaskowiec od surowców wykorzystanych we wcześniejszych fazach rozbudowy jest drobnoziarnistość oraz jednorodność widoczne we wszystkich blokach zastosowanych w konstrukcji. Piaskowiec ten zbudowany jest ze składników o frakcji aleurytowej (średnia średnica ziarna 0,038mm – płytką 71). Ziarna budujące ten typ piaskowca są bardzo dobrze wysortowane i upakowane. Głównym składnikiem szkieletu ziarnowego jest kwarc monokrystaliczny. Polikrystaliczny widoczny jest w zaledwie kilku ziarnach. Pozostałe grupy składników szkieletu: łuszczyki, minerały ciężkie oraz litoklasty występują w znacznie mniejszej ilości niż we wcześniej opisywanych piaskowcach. Spoiwo skały jest bardzo skąpe, głównie kwarcowe, miejscami ilaste, w formie nieregularnych agregatów. Punkt projekcyjny badanej skały znajduje się w polu arenitów kwarcowych (ryc. 84). Uwzględniając wielkość składników oraz charakter mineralny skały należy ją zaliczyć do gruboziarnistych pyłowców o charakterze arenitów kwarcowych o spoiwie kwarcowym i ilastym.

Detal XII w.

Próbki surowców pobrane z detali XII-wiecznych, przedstawiają podobne do siebie piaskowce kwarcowe. Skały te charakteryzują się zabarwieniem od śnieżnobiałego (próbka Z3) do jasnobeżowego (próbka Z4) oraz jasnorożowego (próbki Z5, Z6, Z24). W badanych skalnych odłupkach nie stwierdzono struktur sedymentacyjnych. Także nie występowała w żadnej z badanych próbek reakcja z roztworem HCl. Pomierzone i obliczone statystyczne parametry uziarnienia w poszczególnych płytkach cienkich przedstawiają się następująco: wielkości średnich średnic zawierają się w granicach od 0,133mm (płytką Z4) do 0,427mm

(płytki Z3), wartości odchylenia standardowego wahają się od 0,080mm (płytki Z4) do 0,172mm (płytki Z3), skośność od 0,0005mm (płytki Z3) do 0,0009mm (płytki Z6), natomiast kurtoza od 0,003mm (płytki Z3, Z24) do 0,005mm (płytki Z5 i Z6). Ilość porów w badanej grupie piaskowców waha się od 10,58% (płytki Z3) do 24,00% (płytki Z5). Przedstawione wartości świadczą o znacznym zróżnicowaniu rozkładu wielkości ziarna w obrębie różnoziarnistych piaskowców stanowiących surowce detali architektonicznych (ryc. 82,83). Jednak uzyskane wyniki mieszczą się w granicach najczęściej spotykanych wartości obliczonych dla piaskowców zastosowanych w romańskich murach tej świątyni, oraz dla surowców zastosowanych podczas jej gotyckiej rozbudowy (ryc. 82,83). Także analizowany wizualnie bardzo dobry stopień wysortowania piaskowców, za wyjątkiem płytki Z24, której osad jest tylko dobrze wysortowany, zbliża badane skały do surowców stosowanych w murach żarnowskiego kościoła.

Wśród składników szkieletu ziarnowego dominuje kwarc, występujący głównie w formie ziarn monokrystalicznych, rzadziej oznaczonych we wszystkich płytkach osobników polikrystalicznych. Także we wszystkich płytkach zidentyfikowano minerały z grupy tyszczaków. Dominuje wśród nich muskowił, którego blaszki w płytkach Z5 i Z24 wykazują ślady daleko posuniętej argilizacji. Tylko w płytce Z4 oznaczono pojedynczą blaszkę biotyłu (ryc. 86). Minerale ciężkie nieprzezroczyste występują we wszystkich płytkach w formie pojedynczych ziarn ilmenitu, a w dwóch płytkach (Z3, Z4) oznaczono ziarna magnetytu. Dodatkowo, minerały tej grupy w płytkach Z3, Z4 tworzą większe nagromadzenia w formie lamin, zbudowane z wielu drobnych ziarn charakteryzujących się daleko posuniętymi procesami wietrzenia. W laminach tych widoczne są także koncentracje minerałów ciężkich przezroczystych, wśród których oznaczono: cyrkon, turmalin, rutil, granat, epidot, dysten oraz staurolit. W płytce Z5 minerały ciężkie, przezroczyste występują jako pojedyncze ziarna cyrkonu rozmieszczone bezładnie w masie skały, a w płytce Z24 wśród tej grupy minerałów oznaczono pojedyncze ziarna cyrkonu, turmalinu i granatu. Skalenie w analizowanej grupie piaskowców oznaczono wyłącznie w płytce Z5 i reprezentowane są przez dwa osobniki plagioklaz. Litoklasty, stanowiące okruchy mułowców oznaczono w dwóch płytkach Z3 i Z24.

Składniki szkieletu ziarnowego najczęściej są okrągłe półobtoczone i obtoczone, rzadziej kanciaste i ostrokrawędziste. Kontakty pomiędzy ziarnami są głównie proste, rzadziej punktowe i wklęsło wypukłe.

Spoiwa analizowanych piaskowców są skąpe. Powszechnie we wszystkich płytkach występuje spoiwo ilaste. Spoiwo to ma charakter punktowy i porowy, rzadziej oblegający - w formie cienkiego filmu. Kolejne z oznaczonych spoiw to kwarcowe o charakterze cementu. Tworzy ono obwódki rekrytalizacyjne widoczne we wszystkich płytkach oprócz płytki Z5. Spoiwo żelaziste (płytki Z5, Z24) występuje miejscowo w postaci słabo przezroczystego

konglomeratu wypełniającego lokalnie przestrzenie porowe. Wykonane dla próbek piaskowców: Z3, Z4 i Z5, dyfrakcyjne analizy rentgenowskie, w składzie mineralnym oprócz kwarcu wykazały kaolinit (nieoznaczony metodą mikroskopową) oraz jedynie w próbce Z5 – illit (ryc. 91). Obliczone wzajemne stosunki kwarcu, skaleni i litoklastów, analizowaną grupę piaskowców pozwalają zaklasyfikować do arenitów kwarcowych, za wyjątkiem piaskowca płytki Z24, którego punkt projekcyjny znalazł się w polu arenitów sublitycznych (ryc. 84). Analizowane piaskowce stanowią drobno i średnioziarniste arenity kwarcowe i arenity sublityczne o spoiwie ilastym, kwarcowym, miejscami żelazistym.

Detal XVI w.

Piaskowce stanowiące surowce detali gotyckich charakteryzują się barwami od śnieżnobiałej (próbka 9) przez jasnoróżową (próbka Z1), jasnobeżową (próbka Z7) do jasnoszarej (próbka Z8). W żadnej z próbek skał analizowanej grupy nie pojawiła się reakcja na roztwór HCl. Wielkości obliczonych statystycznych parametrów uziarnienia przedstawiają się następująco: średnie średnice w poszczególnych płytkach wahają się od 0,110mm (płytki Z9) do 0,264mm (płytki Z7), odchylenie standardowe zawiera się w granicach od 0,041mm (płytki Z9) do 0,095mm (płytki Z7), natomiast skośność przyjmuje wartości do 0,0006mm (płytki Z6) do 0,0010mm (płytki Z1), a kurtoza od 0,003mm (płytki Z8, Z9) do 0,005mm (płytki Z1). Obliczona porowatość analizowanych piaskowców waha się od 17,00% (płytki Z1) do 25,00% (płytki Z8 i Z9). Rozkład wartości statystycznych parametrów uziarnienia oraz porowatości przedstawiono na diagramach (ryc. 82, 83), gdzie obliczone wartości dla analizowanych piaskowców lokują je w miejscach największej ilości wartości parametrów obliczonych dla pozostałych zastosowanych w żarnowskim kościele piaskowców. Także duże analogie, z wcześniej charakteryzowanymi piaskowcami widoczne są w bardzo dobrym wysortowaniu ziarn oraz składzie szkieletu ziarnowego.

Podstawowym składnikiem szkieletu jest kwarc, występujący głównie w ziarnach monokrystalicznych, rzadziej polikrystalicznych. Z łuszczyków wśród analizowanych płytek oznaczono wyłącznie muskowił, przy czym tylko w płytce Z9 wykazywał oznaki bardzo silnej argilizacji. Mineralów ciężkich, przezroczystych nie zidentyfikowano w płytkach Z1 i Z7. Natomiast w płytce Z8, tę grupę minerałów reprezentują pojedyncze, niewielkie ziarna cyrkonów, natomiast w płytce Z9 widoczne są liczne ziarna cyrkonów, epidotu, turmalinu i granatów, które tworzą większe nagromadzenia w formie lamin. Grupę minerałów ciężkich, nieprzezroczystych oznaczono we wszystkich płytkach. Jednak w największej ilości minerały tego typu występują w piaskowcu płytki Z9. Mamy tutaj do czynienia z pojedynczymi ziarnami ilmenitu i magnetytu oraz częściowo rozłożonymi ziarnami minerałów z grupy tlenków żelaza, które widoczne są w postaci licznych okrągłych kryptokrystalicznych konglomeratów. Litoklasty, wyłącznie w postaci fragmentów mułowców, występują we wszystkich płytkach za wyjątkiem piaskowca płytki Z9.

Wśród składników szkieletu dominują ziarna okrągłe, półobtoczone, rzadziej obtoczone i kanciaste. Na tym tle pewne odstępstwo prezentuje piaskowiec płytki Z9, w którym dominują ziarna kanciaste, rzadziej widoczne są okrągłe oraz występują także, w niewielkiej ilości ostrokrawędziste.

Kontakty ziarn w poszczególnych płytkach są zróżnicowane. W płytkach Z1 i Z7 dominują kontakty punktowe oraz proste, natomiast w pozostałych tj. Z8 i Z9 mamy do czynienia z kontaktami wklęsło-wypukłymi, prostymi oraz punktowymi.

W analizowanych piaskowcach oznaczono trzy typy spoiw. Podstawowym, obserwowanym we wszystkich piaskowcach tej grupy jest cement kwarcowy. Wykształcony jest on w postaci zróżnicowanej grubości obwódek kwarcu autogenicznego na ziarnach kwarcu detrytycznego (ryc. 88,89). Także powszechnie obserwowanym, za wyjątkiem płytki Z8, jest spoiwo ilaste, które najczęściej występuje na kontaktach ziarn, rzadziej ma charakter porowy i oblegający. W większej ilości ten typ spoiwa występuje w płytce Z7. Ostatnie ze spoiw – żelaziste, oznaczono w płytkach Z1 i Z9. Występuje ono w niewielkich ilościach i wypełnia przestrzeń porowe.

Pozycję systematyczną badanych piaskowców wyznaczają punkty projekcyjne znajdujące się w polu arenitów kwarcowych i arenitów sublitycznych. Uwzględnivszy wszystkie poddane analizie cechy tej grupy piaskowców, należy zaliczyć je do drobno- i średnioziarnistych arenitów kwarcowych i arenitów sublitycznych o spoiwie kwarcowym, miejscami ilastym i żelazistym.

Surowiec ołtarza.

Próbka surowca pochodząca z ołtarza (płytki 60), jeszcze w trakcie pobierania wskazywała na skałę węglanową. Potwierdziła to bardzo silna reakcja z roztworem HCl. W badanej skale, określona na podstawie trzech analiz, metodą Scheiblera, średnia zawartość CaCO₃ wynosi 94,0%. W obrazie mikroskopowym płytki cienkiej (ryc. 92) widoczne są fragmenty charakterystycznych glonów z grupy krasnorostów *litotamnia*, zbudowane głównie z mikrytu oraz podrzędnie mikrosparytu. Wśród nie węglanowych składników wapienia zidentyfikowano:

1. Kwarc, występujący w formie monomineralnych ziarn normalnie wygaszających światło. Na krawędziach osobników tego minerału widoczne są ślady rozpuszczania.
2. Glaukonit, tworzący okrągłe ziarna, o barwach od zielonej do oliwkowożółtej. Taka kolorystyka świadczy o zróżnicowanym stopniu wietrzenia, prowadzącym w konsekwencji do powstania mieszaniny wodorotlenków żelaza.
3. Cyrkon występuje w formie pojedynczych, okrągłych ziarn, o rozmiarach znacznie mniejszych od pozostałych składników skały.
4. Litoklasty występują w ilości kilku okruchów skał krzemionkowych. Rozmiary ich znacznie przewyższają inne składniki skały.

Powyższą skałę należy zaklasyfikować do wapieni litotamniowych.

Wnioski

Surowce wykorzystane w romańskich murach i detalach architektonicznych kościoła p.w. św. Mikołaja w Żarnowie, oraz na różnych etapach jego rozbudowy stanowią piaskowce. Skały innych typów jak wapienie litotamniowe czy techniczne marmury świętokrzyskie zastosowano wyłącznie w pojedynczych elementach wyposażenia wnętrza kościoła, które nie są bezpośrednio związane z konstrukcją świątyni. Surowcem murów romańskich oraz gotyckich jest jeden typ piaskowca - arenit, pomimo tego, że widoczne jest pewne zróżnicowanie cech budowy wewnętrznej oraz składu mineralnego w obrębie wyróżnionych grup surowców. Wszystkie wartości obliczonych parametrów statystycznych dla piaskowców XVI-wiecznego muru, mieszczą się w granicach wyników uzyskanych dla próbek murów XII-wiecznych (ryc. 82). Inny typ prezentują piaskowce wykorzystane w murach XX-wiecznych. Ze względu na znaczną drobnoziarnistość składników stanowią gruboziarniste pyłowce oraz mają uboższy skład mineralny i spoiwo w stosunku do wykorzystanych w murach romańskich i gotyckich.

W badaniach detali architektonicznych starano się uzyskać odpowiedź na pytanie: czy istnieje podobieństwo surowców murów z surowcami murów poszczególnych faz rozbudowy, a także czy w grupie piaskowców nie ma surowca o indywidualnych cechach, które pozwoliłyby na wskazanie ewentualnego importu detalu. Na podstawie przeprowadzonych analiz widać duże podobieństwo opisywanych piaskowców detali z surowcami murów konstrukcji XII i XVI-wiecznej. Obliczone wartości statystycznych parametrów uziarnienia oraz porowatości, przedstawione w wykresach (ryc. 82,83) badane skały lokują w centralnej części wartości uzyskanych dla innych grup piaskowców. Tylko niewielkie odstępstwa występują w przypadku surowców płytek Z3, Z4, Z24. Większe zróżnicowanie pojawia się jeżeli weźmiemy pod uwagę składniki szkieletu ziarnowego. W przypadku badań detali architektonicznych stawia się pytania w stosunku do konkretnych elementów, jak wygląda surowiec, z którego został wykonany, na tle surowców innych detali. W piaskowcach żarnowskich detali największe odstępstwa prezentują próbki pochodzące z:

1. ostrołukowego portalu zdobiącego wejście na wieżę (płytką Z3)
2. kolumny wspierającej empore (płytką Z4)
3. rzygacza, prawdopodobnie element latryny (płytką Z9)
4. romańskiej chrzcielnicy (płytką Z24)

Ad.1 i 2. Te dwa elementy oprócz innego typu piaskowca, niż ten z którego wykonano pozostałe detale architektoniczne, wykazują podobny do siebie sposób obróbki. Należy również zwrócić uwagę na ich cechy stylowe. Pomimo tego, że stanowią ważne elementy znajdujące się w obrębie konstrukcji romańskiej, to jednak posiadają cechy pozwalające na zaliczenie ich do elementów wczesnogotyckich (ostrołuk oraz typ bazy i głowicy kolumny).

Brak zgodności surowcowej tych elementów, z surowcem gotyckiego portalu (płytką Z1), może być potwierdzeniem istnienia przebudowy pierwotnej konstrukcji romańskiej, jeszcze przed rozbudową gotycką. Nie jest także wykluczona wymiana tych elementów w trakcie dobudowywania od strony północnej pierwszej kaplicy, o której wzmiankuje ks. Kalinowski²¹ lub po pożarze, w wyniku którego mogło dojść do zawalenia się pierwotnego stropu, po którym pozostały tylko filarki²².

Ad.3. Jest to jeden z dwóch rzygaczy tkwiących w murze ogrodzenia. Do tej pory nie ma pewności co do miejsca pierwotnego zastosowania tych elementów w żarnowskiej świątyni. Nie jest także wykluczone ich pochodzenie z innej, obecnie nie istniejącej budowli. Wykazane znaczne odstępstwa w typie piaskowca, od piaskowców innych detali żarnowskiego kościoła może być potwierdzeniem na pochodzenie tych dwóch rzygaczy z innej budowli.

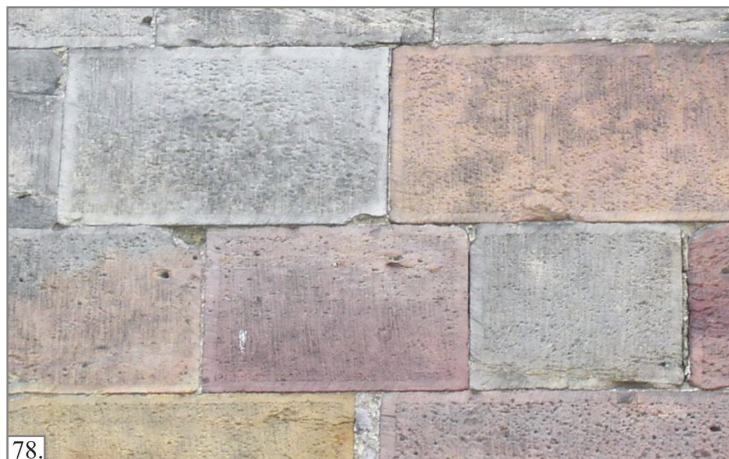
Ad.4. Romańskie chrzcielnice charakteryzują się ogromną prostotą przy surowości formy. Jest to element konstrukcyjnie nie związany z budowlą. Do jej wykonania wystarczy jeden monolityczny blok piaskowca i nie potrzeba zbyt dużych umiejętności kamieniarskich. W związku z tym jej wykonanie mogło mieć miejsce rzeczywiście w okresie wczesnego średniowiecza lub w dowolnym późniejszym czasie. Elementy stylowe oraz typ surowca w tym przypadku nie są pomocne przy określeniu chronologii tego elementu.

Zastosowanie wapienia litotamniowego w XVII-wiecznym ołtarzu podyktowane było przede wszystkim przewagą tego surowca nad piaskowcami w zakresie podatności na obróbkę oraz walorami estetycznymi, którymi niewątpliwie była jasna, prawie biała barwa.

²¹ Kalinowski Z., 1991, *Kościół parafialny w Żarnowie*, Wydawnictwo Diecezjalne, Sandomierz, str. 2, 3.

²² Łuszczkiewicz Wł., 1891, *Kościół parafialny w Żarnowie i reszty tamtejszego zamku*, Sprawozdania Komisji do Badania Historii Sztuki w Polsce, nr 4, str. 129.

VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO



78.



79.



80.

Ryc. 76. Żarnów. Położenie kościoła (czerwony krzyżyk) p.w. św. Mikołaja , na mapie topograficznej 1:50 000.

Ryc. 77. Żarnów. Widok ogólny północnej ściany budowli romańskiej. W dolnej części widoczna jest XX-wieczna rekonstrukcja muru jasnym piaskowcem. W górnej części, przy pierwotnym romańskim oknie na powierzchniach ciosów widoczny jest efekt działania wysokiej temperatury (pożaru). Zwieńczenie ściany stanowi XX-wieczna nadmurówka.

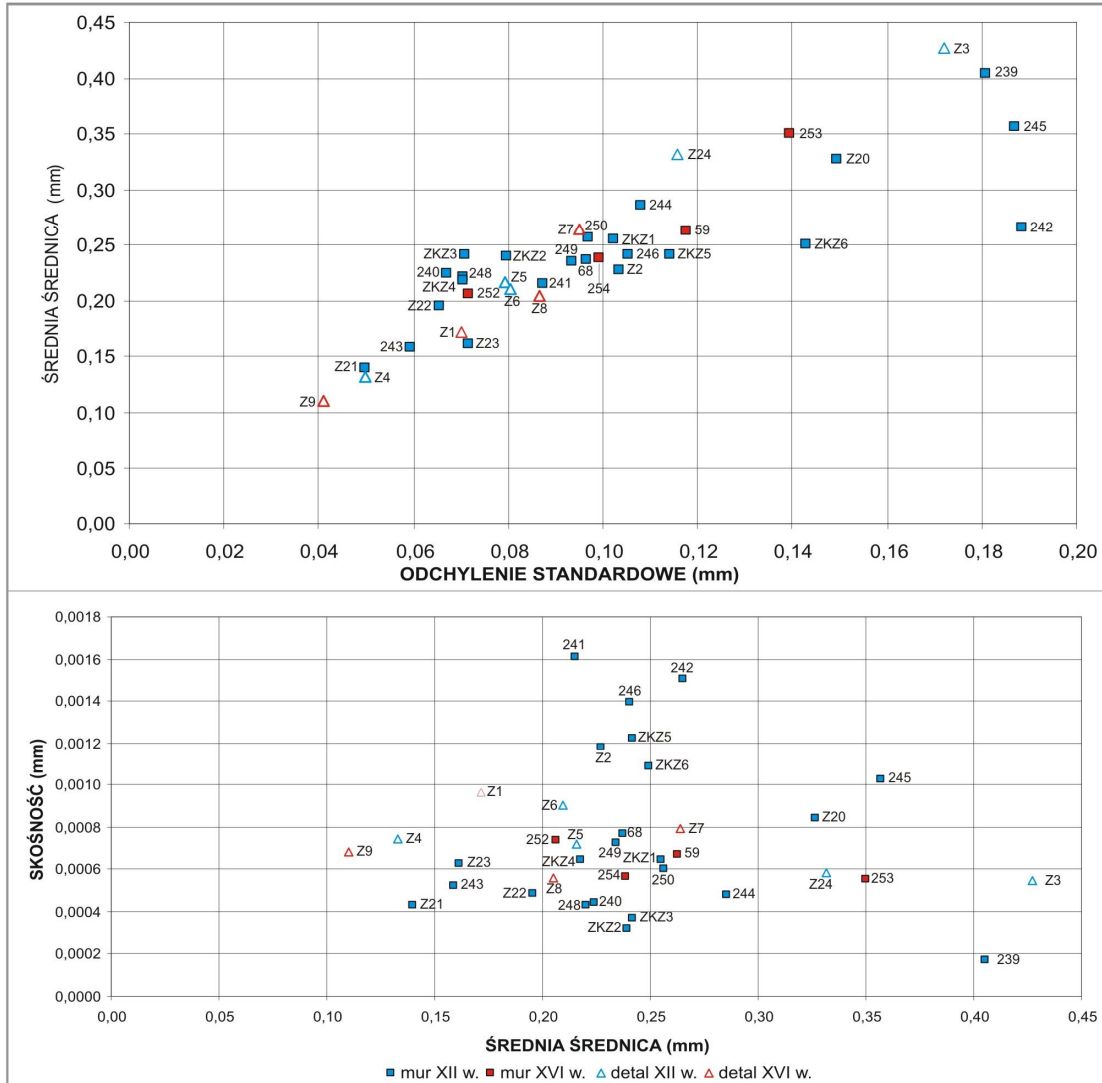
Ryc. 78. Żarnów. Fragment pierwotnego romańskiego wątku muru z powierzchniami piaskowców pokrytych śladami po uderzeniach ciosaka oraz szpicy, z ryflowanym obwodem.

Ryc. 79. Żarnów. Fragment muru XVI-wiecznego. Powierzchnie ciosów są bardzo dobrze obrabiane, podobnie jak w części XII-wiecznej. Kolorystyka piaskowców jest mniej zróżnicowana oraz licznie występują warstewki białych żwirków.

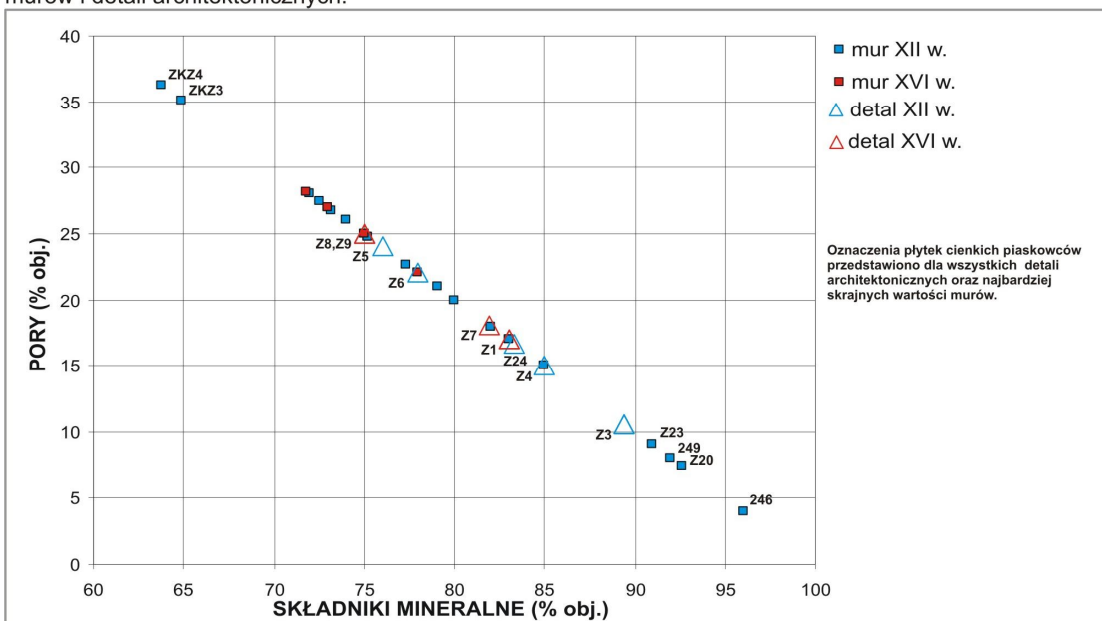
Ryc. 80. Żarnów. Ciosy piaskowca występujące w konstrukcji XX-wiecznej. Widoczny jest inny sposób obróbki, wyłącznie za pomocą ciosaka, a także znak kamieniarski. Widoczne na powierzchniach bruzdy, najczęściej prostopadłe w stosunku do śladów obróbki stanowią elementy riplemarków, z których zostały wyerodowane minerały ilaste.

VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO

Ryc. 82. Żarnów. Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia.

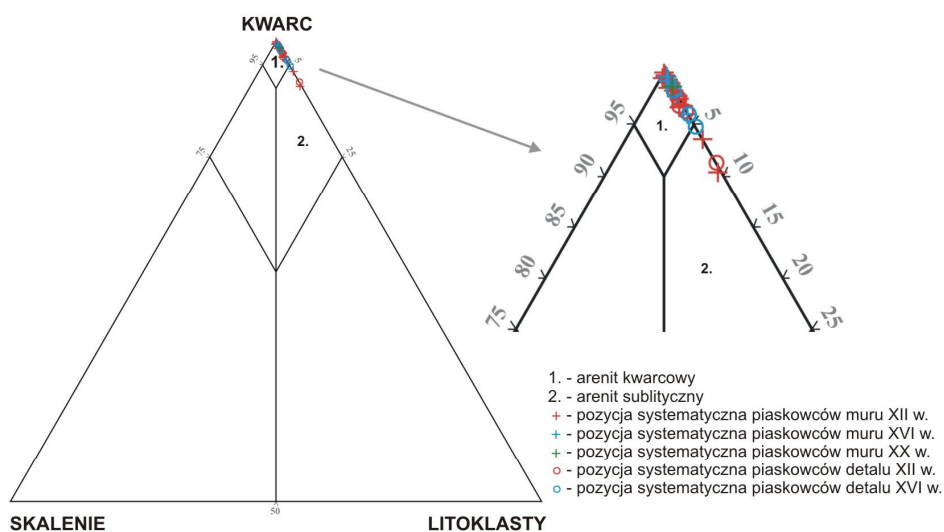


Ryc. 83. Żarnów. Wzajemne stosunki zawartości składników mineralnych i porów w piaskowcach murów i detali architektonicznych.

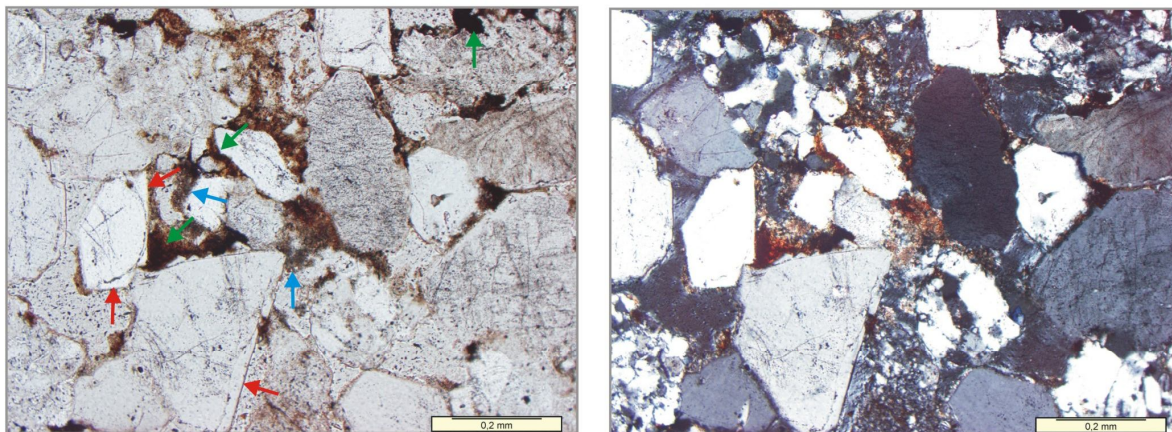


VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO

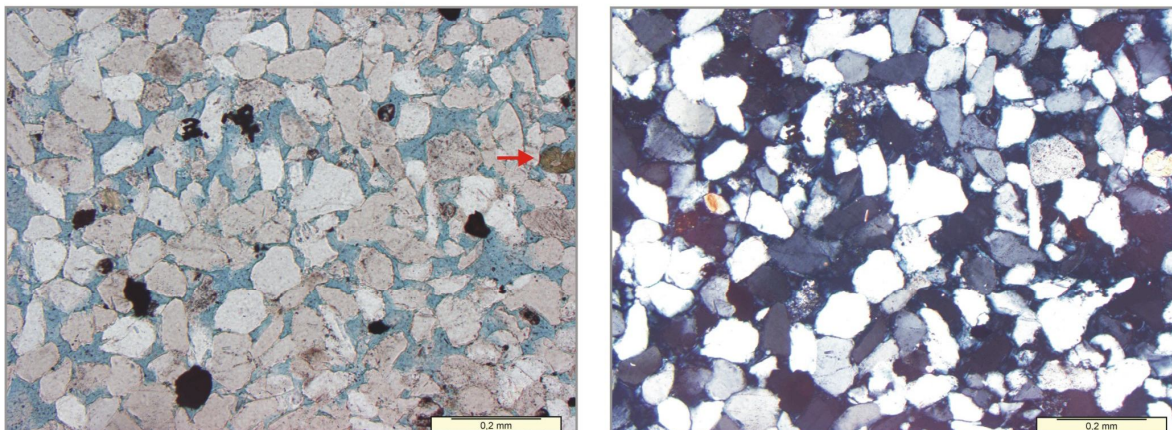
Ryc. 84. Żarnów. Pozycja systematyczna piaskowców murów i detali architektonicznych na tle klasyfikacji piaskowców wg Pettijohna (1972) z późniejszymi modyfikacjami.



Ryc. 85. Żarnów. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) surowca muru budowli XII w. - arenit kwarcowy (płytką 239). Widoczne są ziarna kwarcu mono- i polikrystalicznego, z dobrze wykształconymi autigenicznymi obwódkami (strzałki czerwone). Spoiwo żelaziste (strzałki zielone) oraz ilaste (strzałki niebieskie).

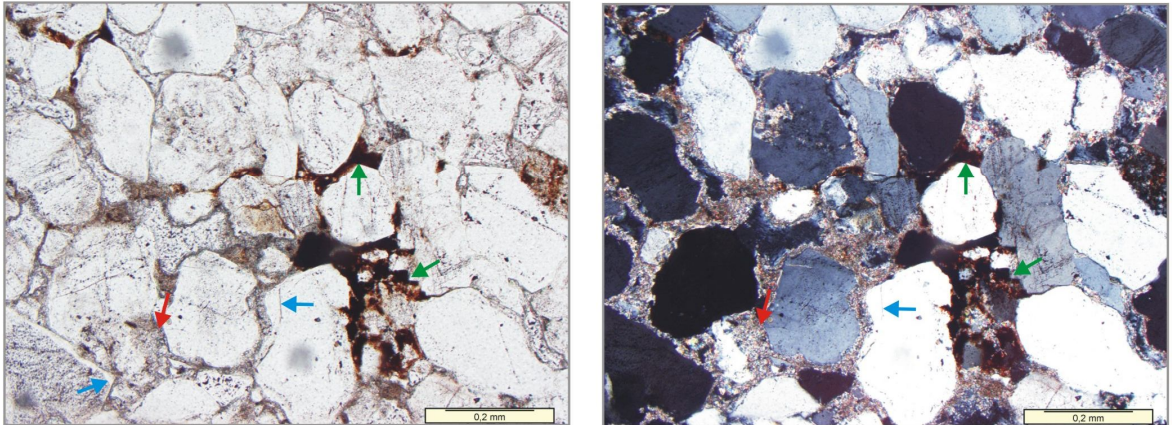


Ryc. 86. Żarnów. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) surowca detalu architektonicznego XII w. - (kolumna wspierająca empore) - arenit kwarcowy (płytką Z4). Ziarna kwarcu mają słabo wykształcone obwódki rekryystalizacyjne, stanowiące główne spoiwo analizowanego piaskowca. Pozostałe składniki szkieletu ziarnowego reprezentowane są przez minerały nieprzezroczyste oraz ziarna rutylu, cyrkonu i jedną płytkę biotytu (strzałka czerwona).

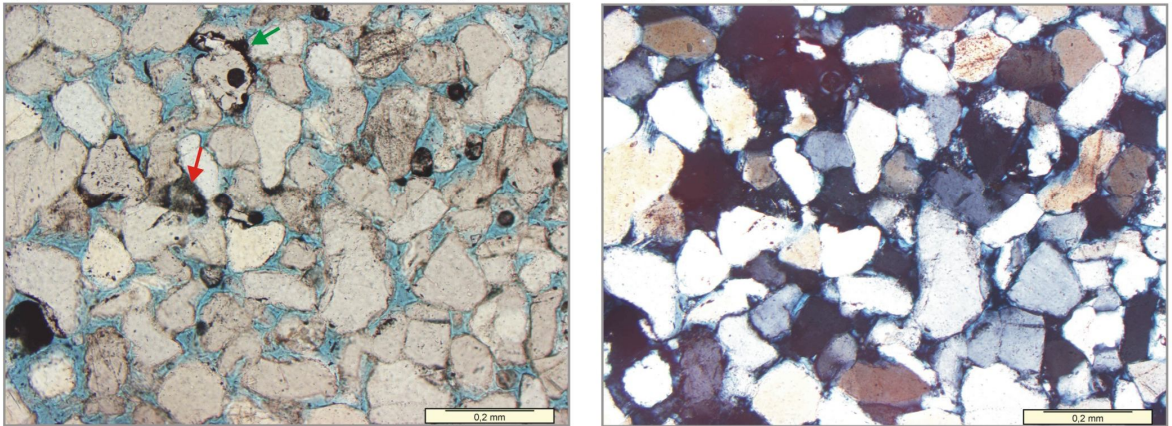


VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO

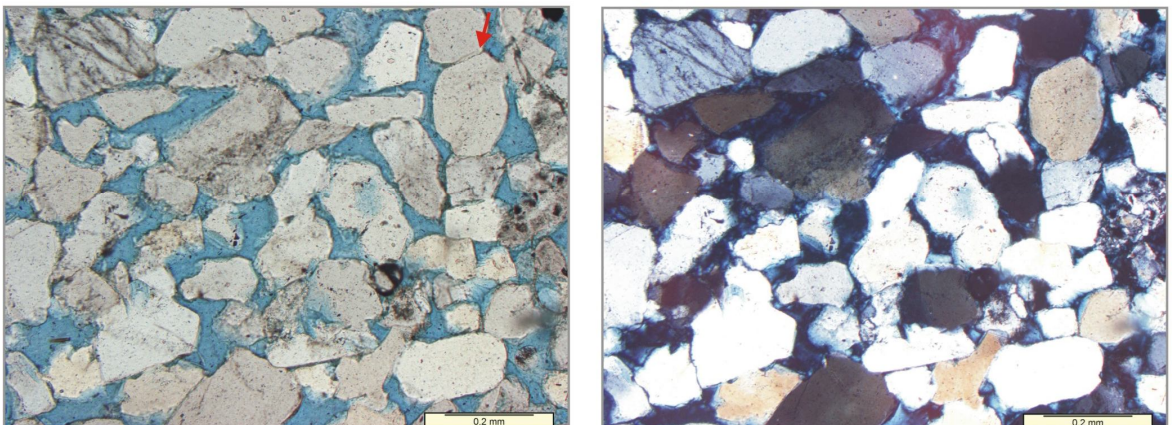
Ryc. 87. Żarnów. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) surowca muru budowli XVI w. - arenit kwarcowy (płytką 59). Ziarna kwarcu spojone są lepiszczem ilastym (illit?) (strzałki czerwone) oraz żelazistym (getyt?) (strzałki zielone). Na niektórych ziarnach kwarcu widoczny jest cement kwarcowy (strzałki niebieskie).



Ryc. 88. Żarnów. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) surowca detalu architektonicznego XVI w. - (portal ostrołukowy) - arenit kwarcowy (płytką Z1). Ziarna kwarcu detrytycznego z obwódkami kwarcu autogenicznego spojone niewielką ilością lepiszcza ilastego (strzałka czerwona) i żelazistego (strzałka zielona).

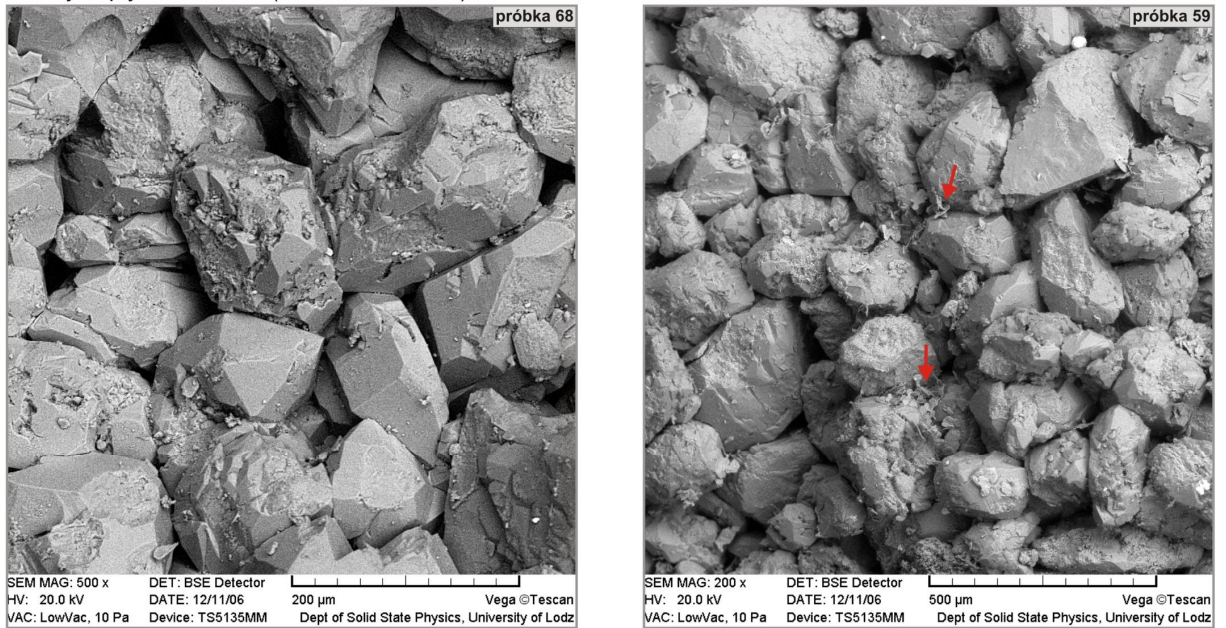


Ryc. 89. Żarnów. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) surowca detalu architektonicznego XVI w. - (płyta z herbem Jelita Koźlerogi) - arenit kwarcowy (płytką Z8). Szkielet ziarnowy zbudowany z ziarn kwarcu, natomiast spoiwo stanowi niewielka ilość cementu kwarcowego (strzałka czerwona).

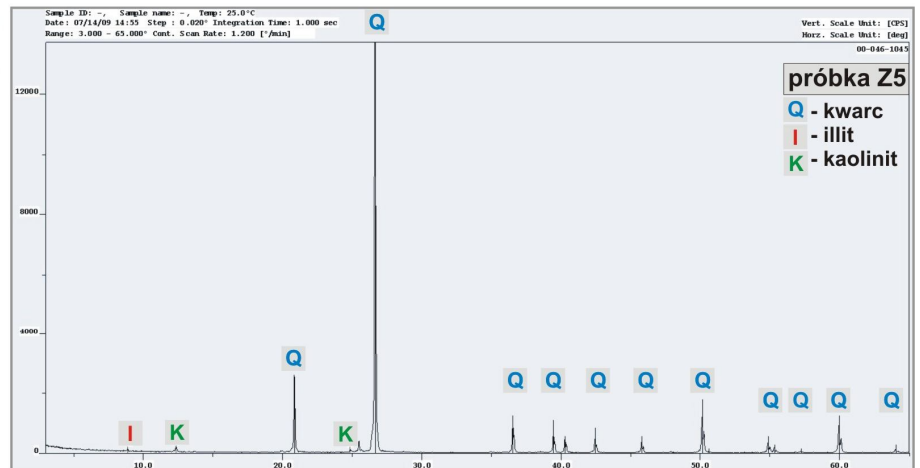


VI. PIASKOWCE W BUDOWLACH ROMAŃSKICH REGIONU ŁÓDZKIEGO

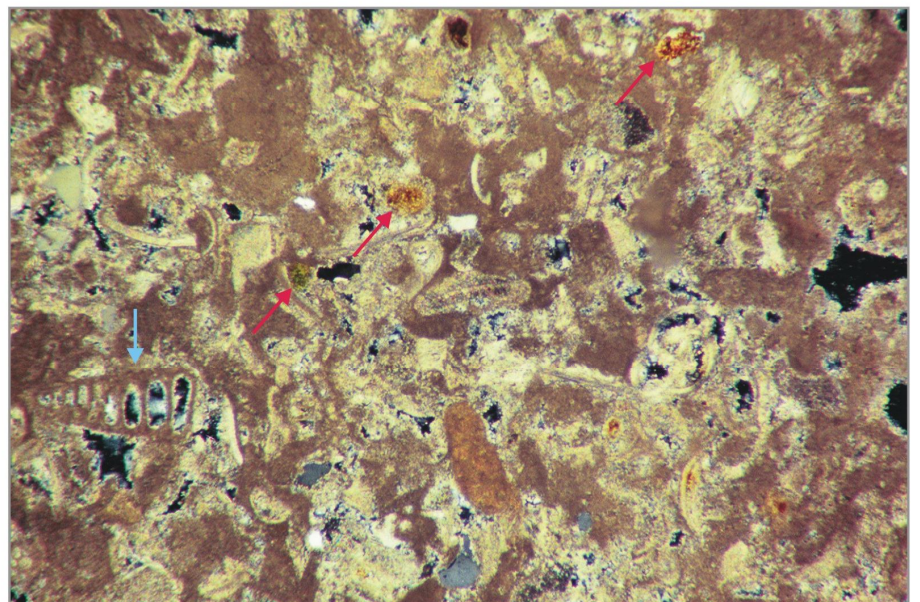
Ryc. 90. Żarnów. Obrazy SEM BSE powierzchni przelamu próbek: 68 (mur XII w.) i 59 (mur XVI w.). Oprócz doskonale wykształconych autigenicznych kryształów kwarcu, widoczne są zespoły drobnych płytek kaolinitu (strzałki czerwone).



Ryc. 91. Żarnów. Dyfraktogram próbki piaskowca (Z5) pochodzącego z XII-wiecznego detalu. Oprócz kwarcu jest widoczny niewielki udział kaolinitu oraz illitu.



Ryc. 92. Żarnów. Fotografia (polaryzatory X) surowca ołtarza bocznego (płytką 60). Wapień litotamniowy. Masa podstawowa zbudowana z pokruszonych szczątków litotamnii oraz mikrytovej masy kalcytovej. Dodatkowo widoczne są pojedyncze otwornice (strzałka niebieska) oraz ziarna kwarcu i glaukonitu (strzałki czerwone).



VII. 2. Prowienienienia surowców skalnych budowli grupy II.

W drugiej z wyróżnionych grup budowli autor liczył się z możliwością ujawnienia w ich murach oraz detalach typowych zwięzłych surowców skalnych pochodzących z obszaru Wielkopolski, tj. piaskowców trzeciorzędowych, tzw. brzeźnińskich. W badaniach analizowano głównie piaskowce pochodzące z 5 odsłoneń utworów mioceńskich, w tym z historycznego kamieniołomu w Brzeźnie. Dodatkowo w celach porównawczych, badaniami objęto materiał narzutowy: trzy głązy narzutowe z okolic Tumu oraz tzw. „głaz mszczonowski”, który był eksploatowany jeszcze przed I wojną światową¹. Nie jest wykluczone, że eratyk ten, już w okresie neolitu, stanowił obiekt eksploatacji surowcowej, na co wskazują liczne znaleziska narzędzi kamiennych wykonanych z tego surowca, na pobliskim stanowisku archeologicznym w Polesiu². Do porównań z piaskowcami trzeciorzędowymi, wykorzystano także typowe świętokrzyskie piaskowce, o charakterze kwarcytów: dewońskie z Barczy³ oraz kambryjskie z Wiśniówki Wielkiej⁴. Analizami objęto również dwa rodzaje lokalnych piaskowców występujących w okolicach Rudy.

Ruda

Podstawowym surowcem skalnym wykorzystanym we wczesnośredniowiecznych murach rudzkiej świątyni są różnoziarniste piaskowce żelaziste o cechach kakiryty. Osady tego typu budują niewysokie wzgórza w odległości ok. 4km, na wschód od rudzkiego kościoła, w okolicach wsi Olewin (ryc. 102). Mamy tutaj zespół płytkich piaskowni w obrębie lokalnej kulminacji, które ciągną się na południe od wsi i zakończone są głębszym wyrobiskiem. Aktualnie, odsłaniają się w nich głównie różnokolorowe (żółte, rdzawe, brunatne) piaski, miejscami piaskowce, które w dolnych partiach mają charakter średnio- i gruboziarnisty, z wkładkami żwirów i zlepieńców. W piaskowcach spoiwem są związki żelaza, natomiast w utworach luźnych związki te ujawniają się, tylko miejscami, tworząc różnego rodzaju smugi i nacieki. Na powierzchniach niektórych piaskowców widoczne są zespoły luster tektonicznych, takich samych, jakie widoczne są na niektórych piaskowcowych ciosach rudzkiej budowli. Najsilniej zliyfikowane osady widoczne są w najgłębszym z odsłoneń, w postaci masywnych piaskowców i zlepieńców pociętych siecią bardzo nieregularnych spękań. Jednak charakter spękań uniemożliwia uzyskanie bloków skalnych o gabarytach widocznych w ciosach murów rudzkiej świątyni. Około 150m od opisywanych

¹ Małkowski S., 1926, *Wielki głaz narzutowy piaskowca w Zawadach pod Mszczonowem*, Posiedzenia Naukowe Państwowego Instytutu Geologicznego nr 14, str. 3.

² Szydłowski M., 2009, *Zabytki kamienne (niekrzemienne) ze stanowiska Polesie 1, gm. Łyszkowice*. Fundacja Badań Archeologicznych im. prof. Konrada Jażdżewskiego, maszynopis opracowania.

³ Harpińska – Depciuch M., 1957, *Petrografia piaskowców kwarcytowych dewońskich z Gór Świętokrzyskich*, Kwartalnik Geologiczny, nr 1, str. 169-176.

⁴ Czermański J., 1959, *Petrografia piaskowców kwarcytowych środkowego kambry z Dużej Wiśniówki koło Kielc*, Kwartalnik Geologiczny, nr 3, 677-687.

wyrobisk przebiega droga asfaltowa z Olewina do Wierzchlasu, przez Starą Wieś (ryc. 102). Jest ona poprowadzona przez obszar starego zrehabilitowanego wyrobiska. Do dzisiaj widoczne są, doskonale zachowane, boczne odsypy skrywek od strony wschodniej. Niestety, już w pierwszych opracowaniach Premika⁵, a także w przewodniku do wycieczki terenowej po okolicach Olewina organizowanej w ramach XXXIII zjazdu PTG⁶, żadnych wzmianek o sytuacji geologicznej występujących tutaj osadów nie spotykamy. W związku z tym wyrobisko musiało być zasypane już na początku XX w. Nie jest wykluczone, że właśnie w nim występowały warstwy piaskowców umożliwiające uzyskanie bloków skalnych o rozmiarach widocznych w pobliskim kościele. Utwory będące przedmiotem eksploatacji w przedstawionych dwóch lokalizacjach należą do synemuru górnego – pliensbachu i pod względem litostratygraficznym zaliczane są do serii olewińskiej⁷. Charakterystyki petrograficzne, na podstawie analizy płytek cienkich, piaskowców olewińskich (ryc. 103) zostały przedstawione w tabeli 23 oraz załączniku 2. Piaskowce te charakteryzują się znaczną różnoziarnistością składników oraz dominacją w składzie mineralnym szkieletu ziarn kwarcu. Jego ziarna w dużej ilości są silnie spękane (ryc. 103) i spojone są spoiwem żelazistym, tak jak piaskowce stanowiące surowiec murów rudzkiej świątyni.

Drugi ze zidentyfikowanych w murach rudzkiego kościoła typów surowca charakteryzujący się spoiwem węglanowym, ma liczne wychodnie w najbliższej okolicy świątyni (ryc. 102). Powszechnie, tego typu piaskowce, w formie lokalnego materiału narzutowego występują w formie okruchów oraz bloczków na polach na południe od Wielunia. Próbkę skał, do porównań, pobrano z obszaru nieczynnej cegielni w Krzyworzece, gdzie piaskowce te występują *in situ*, tworząc kilkunasto centymetrowej miąższości pokłady poroziarniane warstwami ilów. Pod względem stratygraficznym, osady te należą do jury środkowej – batonu górnego⁸. Analizy mikroskopowe płytek cienkich w składzie mineralnym piaskowców ujawniły jako podstawowy składnik szkieletu ziarnowego - kwarc. W podrzędnej ilości występują skaleni reprezentowane przez mikrokliny i plagioklasy. Na krawędziach skaleni widoczne są ślady rozpuszczania. Wśród pozostałych składników szkieletu wyróżniono: pojedyncze blaszki muskowitu, niewielkie ilości ziarn: cyrkonu i turmalinu, a także liczne bioklasty (m.in. fragmenty mszywiolów oraz szkarłupni). Opisywane piaskowce mają spoiwo węglanowe, podstawowe, poikiloklastyczne, wykształcone głównie w formie

⁵ Premik, J., 1924, *Sprawozdanie z badań geologicznych w okolicy Olewina, Kraszkowic, Burzenina, Widawy i Szczercowa*, Państwowy Instytut Geologiczny, Posiedzenia naukowe, nr 8.

⁶ Deczkowski Z., Jurkiewiczowa I., 1960, *Kajper i jura okolic Wielunia*, Przewodnik XXXIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Częstochowa, Warszawa, str. 70.

⁷ Piotrowski J., Piotrowska K., 2004, *Słownik jednostek litostratygraficznych Polski, Jednostki nieformalne mezozoiku i kenozoiku*, tom IV, wersja elektroniczna: www.pig.gov.pl.

⁸ Kowicka A., Zajac J., 1979, *Mapa podstawowa utworów powierzchniowych w skali 1: 50 000 do mapy geologicznej Polski w skali 1: 200 000*, arkusz Wieluń 733, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

sparytu oraz mikrosparytu. Analizowane skały należą do piaskowców wapnistych i pod względem genetycznym są bardzo zbliżone do piaskowców słabo dolomitycznych oraz dolomitów silnie piaszczystych stanowiących surowiec w rudzkiej świątyni. Bardzo często te dwie grupy skał występują wspólnie w obrębie większych kompleksów skał węglanowych, gdzie lokalnie zaznaczyły się epigenetyczne procesy dolomityzacji pierwotnych wapieni. Ponieważ ilość zastosowanych w rudzkiej świątyni ciosów z tego typu skał jest niewielka, to niemożliwe jest wskazanie miejsca jej pozyskania w postaci wyrobiska. Skały te mogły pochodzić z luźnych bloków lokalnego materiału narzutowego spoczywających na polach. Surowiec ten ówcześni muratorzy mogli także pozyskiwać z licznych odsłoneń zróżnicowanych utworów jury środkowej np. w Krzyworzece, czy Gaszynie. Jednak autor jest zdania, że źródła tego typu surowca należy upatrywać także na obszarze Wzgórz Olewińskich. Piaskowce wapniste środkowej jury, jako młodsze, spoczywają w profilu pionowym na utworach jury dolnej, którymi są wcześniej opisane, piaskowce żelaziste, stanowiące podstawowy surowiec budowlany rudzkiej świątyni. Z tego powodu jeżeli założymy, że piaskowce żelaziste były pozyskiwane w zrehabilitowanych obecnie wyrobiskach przy drodze Olewin – Wierzchlas, to w stropie wyrobisk występowały właśnie piaskowce wapniste (ryc. 102). Zastosowanie w konstrukcji muru, na niewielką skalę gorszych pod względem parametrów fizycznych i estetycznych piaskowców wapnistych, mogło stanowić próbę zagospodarowania skał towarzyszących kopalinie podstawowej. Podsumowując, zdaniem autora, oba typy piaskowców były prawdopodobnie pozyskiwane, w obrębie jednego wyrobiska.

Trzeci z wyróżnionych w rudzkim kościele typów piaskowca, na poziomie analiz makroskopowych, jest bardzo podobny do mioceńskich piaskowców występujących m.in. w okolicach Konina. Podobne piaskowce były także eksploatowane w miejscowościach położonych w okolicach Ostrzeszowa. W swojej pracy Gołąb⁹ wymienia liczne miejsca odsłoneń tego typu piaskowców w wspomnianych okolicach: Kottów, Mikstat, Rogaszyce, Tamborek, Olszyna, Sobolizna, Paszynów, Zmyślona Parzynowska, Marcinki. Trudno jest bez badań mikroskopowych przypisać proveniencję surowca do danej lokalizacji tj. okolic Konina lub okolic Ostrzeszowa¹⁰. Jednak autor na podstawie analizy makroskopowej oraz faktów historycznych, skłania się za przypisaniem piaskowcom kwarcowym, stanowiącym elementy portalu rudzkiej świątyni proveniencję z okolic Konina, gdyż:

⁹ Gołąb J., 1931, *Zarys budowy geologicznej okolic Ostrzeszowa*, Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, tom 7, Kraków, str. 398,399.

¹⁰ Kasprzak M., 2006, *Zróżnicowanie, pochodzenie i wykorzystania w romańskiej architekturze południowej Wielkopolski*, Instytut Geologii WNGiG UAM, Poznań, maszynopis rozprawy doktorskiej.

- występujące w okolicach Ostrzeszowa piaskowce charakteryzują się głównie: zawartością znacznej ilości kwarcowego matriks (ryc. 107) oraz występowaniem odmian o charakterze zlepieńców autoklastycznych - „pseudokonglomeratów”¹¹.
- brak tradycji kamieniarskich w okolicach Ostrzeszowa¹². Poza kościołem p.w. Narodzenia Matki Boskiej w Kotłowie¹³, brak jest budowli historycznych o rodowodzie romańskim, czy gotyckim, w konstrukcji których wykorzystano lokalne piaskowce kwarcowe. Istnienie ośrodka kamieniarskiego jest bardzo ważne, przy założeniu, że transportowano gotowy do zainstalowania surowiec, który obróbce podlegał w miejscu wydobycia.

Strońsko

Piaskowce, zidentyfikowane w blokach strońskiej świątyni wykazują wiele cech zbliżonych z mioceńskimi arenitami kwarcowymi, przy jednoczesnym braku cech indywidualnych (tabela 22, załącznik 2). Z rozpatrywanych potencjalnych źródeł piaskowców kwarcowych ze względu na występowanie znacznych różnic w ich budowie wewnętrznej należy stanowczo wykluczyć świętokrzyskie piaskowce paleozoiczne – kambriu i dewonu. Odmienne od surowców strońskich, prezentują się piaskowce mioceńskie, których próbki zostały pobrane z pokładów *in situ* na terenie odkrywek węgla brunatnego w okolicach Konina. Odmienność ta, widoczna w płytkach cienkich, związana jest z bardzo dużą zawartością pyłu węglowego. Największe podobieństwo, pod względem składu mineralnego oraz cech budowy wewnętrznej, w tym rozkładu wielkości ziarna, skały strońskiej świątyni wykazują z mioceńskimi piaskowcami pochodzącymi z kamieniołomów w Brzeźnie, „głazu mszczonowskiego” oraz trzeciorzędowych piaskowców narzutowych występujących w okolicach Tumu (ryc. 105, 106). Z tych trzech lokalizacji można wykluczyć „głaz mszczonowski” ze względu na dużą odległość od świątyni tj. ok. 115km. Również należy zrezygnować z możliwości pozyskania surowca w okolicach Tumu, ponieważ występujące w postaci głazów narzutowych niewielkie bloczki tego typu piaskowców, nie przedstawiają realnego źródła surowca na potrzeby budownictwa. Pobranie tych próbek, miało na celu zwrócenie uwagi, na powszechność występowania na obszarze Polski centralnej, tego typu piaskowców w postaci lokalnego materiału narzutowego. Autor, piaskowcom stanowiącym

¹¹ Kasprzak M., 2006, *Zróżnicowanie, pochodzenie i wykorzystania w romańskiej architekturze południowej Wielkopolski*, Instytut Geologii WNGiG UAM, Poznań, maszynopis rozprawy doktorskiej.

Kuhl J., 1933, *Wstępne badania petrograficzne kwarcytów z Olszyny i Parzynowa*, Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, tom 9, Kraków, str. 104-107.

¹² Jak podaje Gołąb w pracy z roku 1931 r., *Zarys budowy geologicznej okolic Ostrzeszowa*, str. 399 - „Jedną z odkrywek Parzynowskich znana jest od roku 1927, reszta to odkrywki młodsze, powstałe przez intensywniejszą eksploatację kwarcytów.”

¹³ Jako podstawowy surowiec w murach kościoła wykorzystano piaskowce pochodzące z okolic Konina, natomiast lokalne piaskowce okolic Ostrzeszowa, wykorzystano wyłącznie jako pojedyncze bloki -
- Kasprzak M., 2006, *Zróżnicowanie, pochodzenie i wykorzystania w romańskiej architekturze południowej Wielkopolski*, Instytut Geologii WNGiG UAM, Poznań, maszynopis rozprawy doktorskiej, str. 115.

elementy portalu w strońskim kościele, przypisuje proveniencje okolic Konina, a konkretnie kamieniołomom w Brzeźnie.

Drugiemu z wyróżnionych typów piaskowca, stanowiącemu surowiec tympanonu, trudno jest bez szczegółowych badań porównawczych przypisać proveniencje. Aktualnie, ze względu na brak podobieństw przedstawień figuralnych wśród innych detali romańskich w Polsce, a uwzględniając informacje o analogiach wśród tympanonów włoskich¹⁴, należy raczej wykluczyć proveniencję małopolską.

Tum.

Piaskowce wykorzystane w murach dwóch budowli romańskich, pierwszej XI-wiecznej oraz drugiej XII-wiecznej, a także w detalach architektonicznych, stanowią arenity kwarcowe. W pobliżu budowli nie występują złoża tego typu piaskowców. Dopiero w odległości ok. 50km w okolicach Koła i dalej posuwając się w kierunku Konina pojawiają się odsłonięcia tego typu skał. Analizowane próbki piaskowców z tumskiej budowli pośród różnych piaskowców o charakterze arenitów kwarcowych wykazują największe podobieństwo do skał pozyskiwanych w czasach historycznych w okolicach Konina – Brzeźnie (tab. 22, ryc. 105). Wystąpienia tych piaskowców związane są z tzw. mioceńską formacją adamowską. Osady neogenu podścielają sedymenty plejstoceńskie złożone w wyniku działalności mas lądolodu. Z tego powodu należy liczyć się z większym rozprzestrzenieniem piaskowców typu brzeźnińskiego jako lokalnego materiału narzutowego. Dlatego autor badaniami objął dodatkowo piaskowce kwarcowe, makroskopowo bardzo przypominające brzeźnińskie, lecz występujące jako materiał narzutowy. Należy zaznaczyć, że udział tego typu piaskowców w strukturze eratyków okolic Tumu jest znaczny i wynosi 12%¹⁵. Jednak do tej pory, autor pracy nie znalazł wśród materiału narzutowego większej ilości głazów pozwalających na uzyskanie bloków skalnych o rozmiarach ciosów wykorzystanych w konstrukcji tumskiej świątyni. Oczywiście wyjątkiem jest „głaz mszczonowski”, jednak realnie należy kluczyć pozyskiwanie surowca w wyniku eksploatacji tej piaskowcowej kry. Największe podobieństwo do piaskowców brzeźnińskich wykazują arenity kwarcowe stanowiące surowiec detali architektonicznych (tab. 22, ryc. 105). Prezentują one odmiany piaskowców bardziej drobnoziarniste oraz lepiej wysortowane niż surowce zastosowane w murach konstrukcji XI i XII-wiecznej (ryc. 105).

Zastosowana w konstrukcji murów opoka ma charakter surowca lokalnego. Skały tego typu tworzą pas wychodni w kierunku zachodnim, ciągnący się od Roźniatowa po

¹⁴ Kajzer L., 2009, *Stan badań*, [w:] Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej, część 1, Instytut Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str. 56.

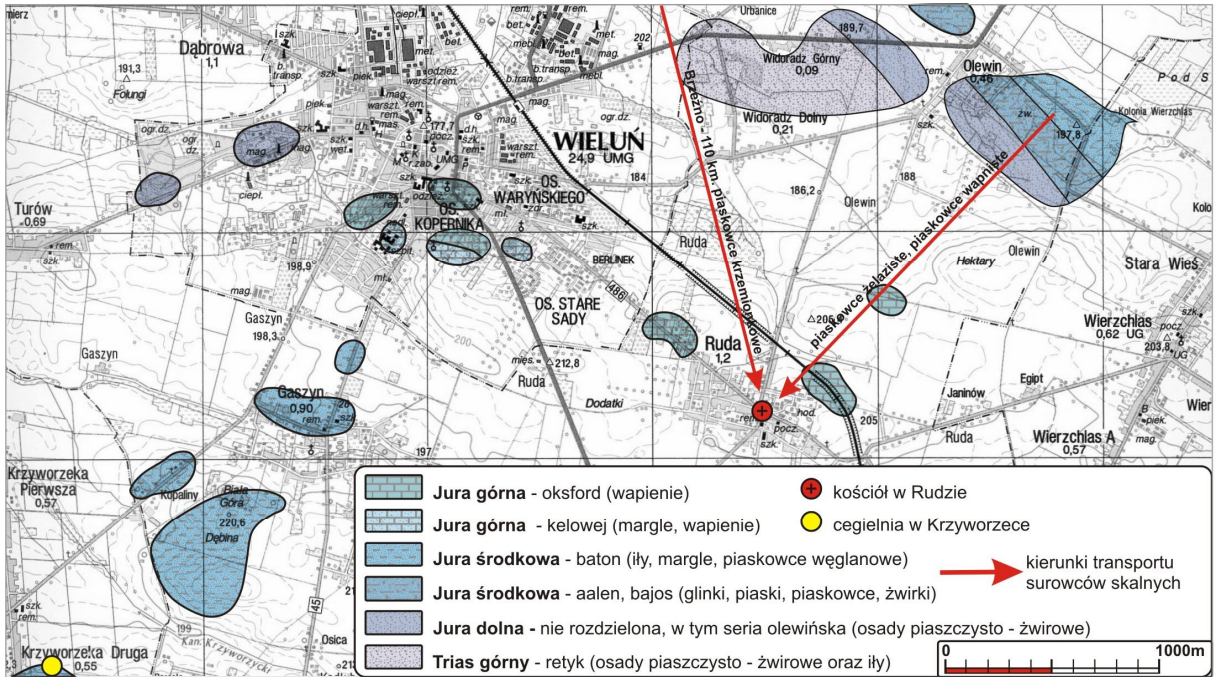
¹⁵ Badania autora, przeprowadzone na próbie 1000 głazów narzutowych w promieniu 3km od tumskiej kolegiaty.

Świnice, Kraski; w odległości ok. 20km od Tumu¹⁶. Co więcej znajdują się po drodze do złóż piaskowca w Brzeźnie.

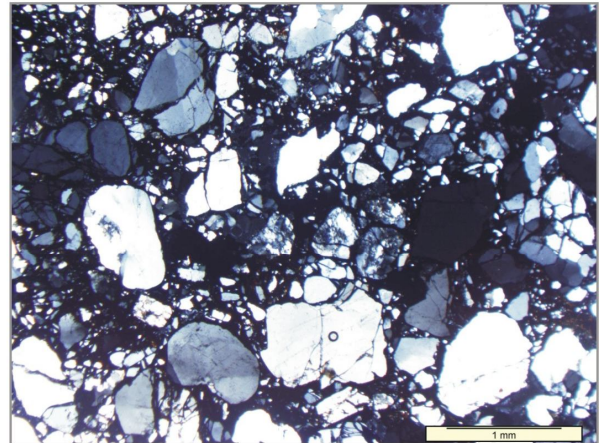
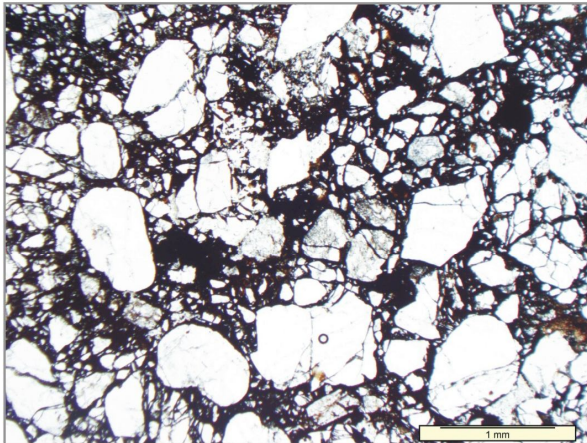
¹⁶ Kajzer L., 2009, *Stan badań*, [w:] Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej, część 1, Instytut Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str. 20-21.

Nowacki K., 2003, *Szczegółowa mapa geologiczna Polskie w skali 1: 50 000*, arkusz Dąbie (551), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

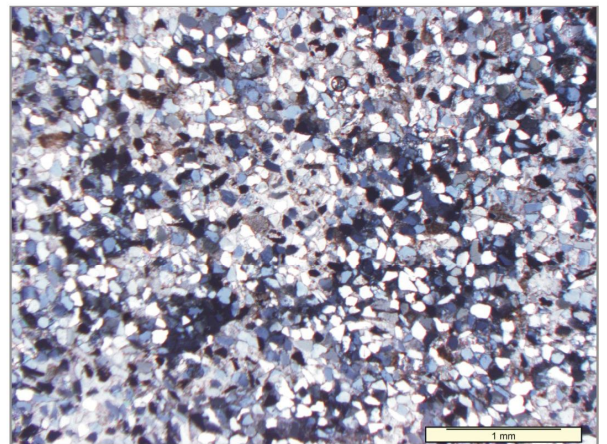
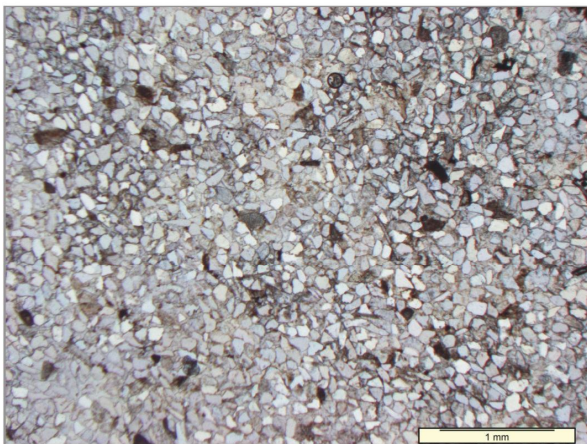
VII. PROWNIENIENIA SUROWCÓW



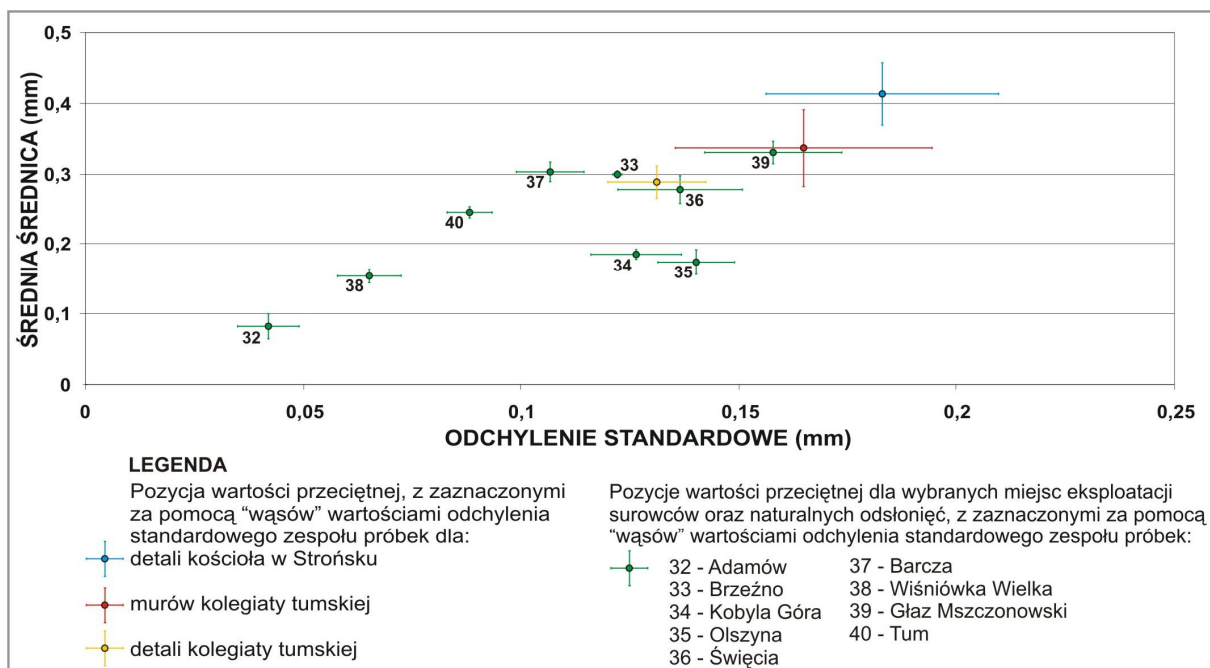
Ryc. 102. Ruda. Szkic występowania lokalnych związanych surowców skalnych w okolicach Rudy. Szkic został wykonany na podkładzie mapy topograficznej w skali 1:50 000 oraz mapy podstawowej utworów powierzchniowych w skali 1: 50 000 do Mapy geologicznej Polski w skali 1: 200 000, arkusz Wieluń 733, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1979



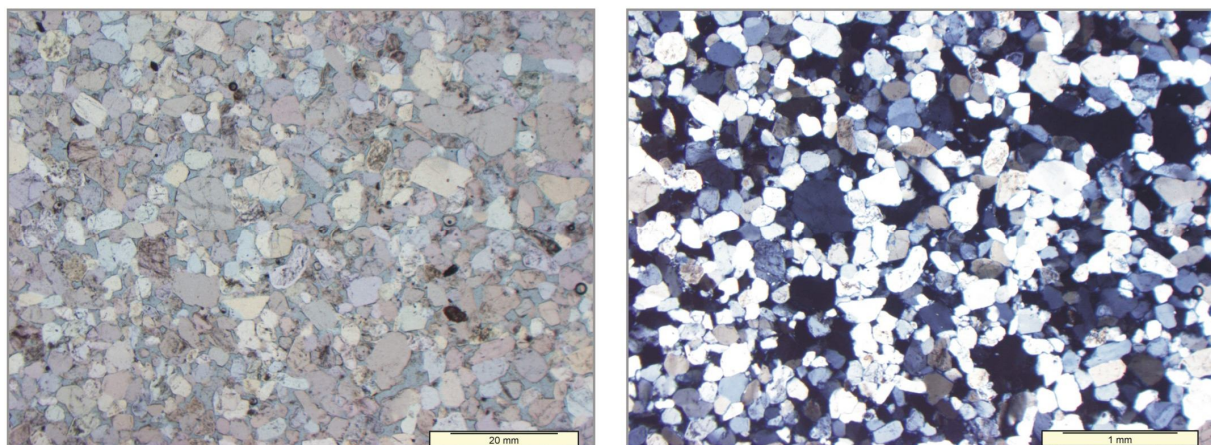
Ryc. 103. Olewin. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) płytki cienkiej OL2, piaskowca żalazistego.



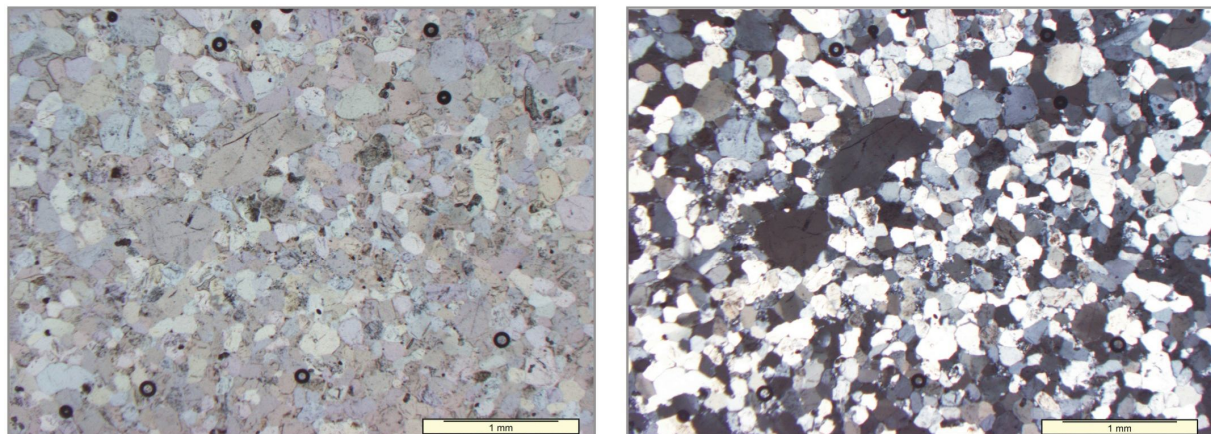
Ryc. 104. Krzyworzece. Fotografie (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej) płytki cienkiej KRZ3, piaskowca wapnistego.



Ryc. 105. Strońsko i Tum. Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia zestawione dla piaskowców pochodzących z lokalizacji terenowych oraz kościołów w Stońsku i Tumie.



Ryc. 106. Brzeźno. Fotografie płytki cienkiej BRZ3 arenitu kwarcowego (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej).



Ryc. 107. Olszyna. Fotografie płytki cienkiej O2 arenitu kwarcowego (polaryzatory: II - z lewej, X - z prawej).

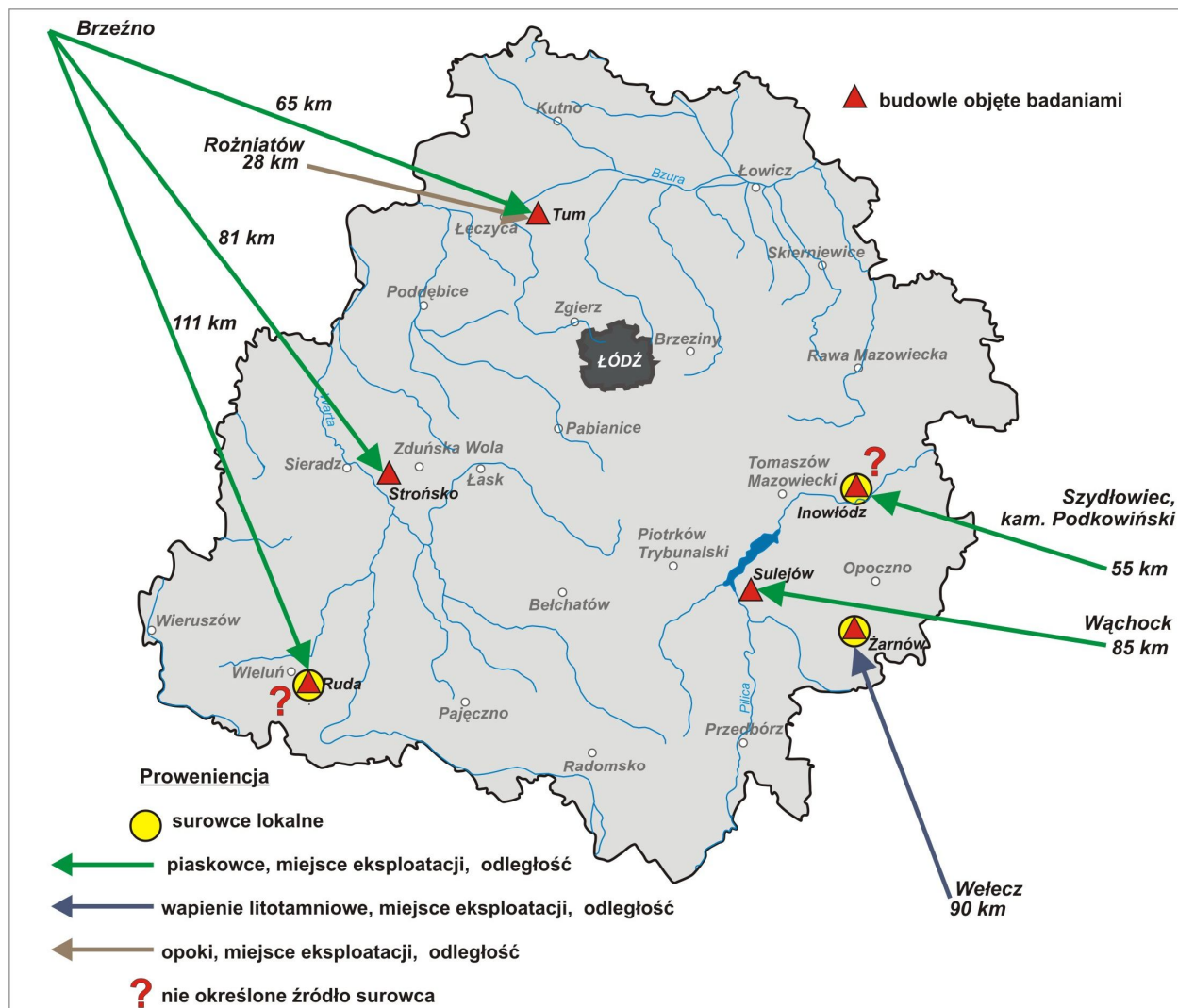
VII. 3. Podsumowanie.

Wskazanie proveniencji surowców murów oraz detali architektonicznych jest zadaniem trudnym, a w wielu przypadkach niemożliwym. Spowodowane jest to m.in. powtarzalnością cech petrograficznych osadów oraz występowaniem danych utworów na dużej przestrzeni lub w licznych miejscach. Najłatwiej było wskazać źródła surowców dla murów kościoła inowłodzkiego oraz murów rudzkiej świątyni, co związane jest z wykorzystaniem w konstrukcjach, skał o indywidualnych cechach petrograficznych. Utwory te występują w pojedynczych odsłonięciach na obszarze centralnej Polski. Inaczej sytuacja wygląda z mioceńskimi piaskowcami występującymi w okolicach Konina oraz piaskowcami dolnej jury mezozoicznej osłony Gór Świętokrzyskich. W przypadku piaskowców okolic Konina mamy do czynienia z najstarszym, udokumentowanym historycznie ośrodkiem eksploatacji piaskowców. Jest to również jedyny obszar (od Konina do Koła) występowania tego typu piaskowców *in situ* w Polsce centralnej. Z tego powodu piaskowce eksploatowane w okolicach Konina były na przestrzeni wieków wykorzystywane w licznych budowlach Wielkopolski i Kujaw¹⁷. W miejscu eksploatacji musiał funkcjonować ośrodek kamieniarski, którego kamieniarze posiadali dużą wiedzę w zakresie obróbki kamienia, czego dowodem jest stosowanie bardziej drobnoziarnistych i lepiej wysortowanych odmian piaskowców na detale architektoniczne, w przeciwieństwie do ciosów murów. Także jakość oraz walory estetyczne pozyskiwanych piaskowców musiały być wysoko cenione, skoro stosowano je w budowlach oddalonych o przeszło 90km (Strońsko), czy 110km (Ruda).

W przypadku piaskowców mezozoicznej osłony Gór Świętokrzyskich, jeżeli nie było istotnych różnic w obrazie petrograficznym, przy określaniu proveniencji kierowano się determinantą odległości oraz uwarunkowaniami historycznymi. Na tej zasadzie jako piaskowce lokalne określono surowce wykorzystane w żarnowieckim kościele, natomiast w przypadku kościoła sulejowskiego, po uwzględnieniu przesłanek historycznych jako źródło surowca możemy upatrywać kamieniołomy w okolicach Wąchocka. Nie znaleziono analogii wśród materiału pozyskanego z odsłonień terenowych dla surowców romańskich detali kościoła w Inowłodzu. Wyjątkiem jest piaskowiec płyty posadzkowej, który wykazuje wiele cech zbieżnych z piaskowcami szydlowieckimi eksploatowanymi w kamieniołomie Podkowiński. O pochodzeniu piaskowca, z którego wykonano płytę nagrobną z krzyżem, wtórnie zainstalowaną w absydzie inowłodzkiego kościoła, bez badań szczegółowych, można tylko zaryzykować stwierdzenie o proveniencji z obszaru występowania utworów jury dolnej w obrębie osłony Gór Świętokrzyskich. W przypadku piaskowca strońskiego tympanu

¹⁷ Skoczylas J., 2008, *The use of the Brzezno sandstone in the medieval building industry of Wielkopolska (Greater Poland)* [w:] *Petroarchaeology in the Czech Republic and Poland At the beginning of the 21st century*, Materiały 4 Międzynarodowego sympozjum petroarcheologicznego we Wrocławiu, 11-13.10.2007, Ustav geologických ved PrF MU v Brne, Brno.

bez badań szczegółowych o źródle surowca nie można nic powiedzieć, tym bardziej, że autor nie dysponował żadnym materiałem porównawczym z obszaru północnych Włoch. Określone na podstawie przeprowadzonych badań miejsca pozyskania piaskowców oraz innych surowców skalnych wymienionych w tekście zostały przedstawione na rycinie 108.



Ryc. 108. Mapa proveniencji surowców skalnych w budowlach romańskich regionu łódzkiego.

Objaśnienia skrótów dla tabel 18-24, poszczególne cechy oraz składniki skały wymienione są w kolejności poczynając od najintensywniejszej cechy lub najliczniejszego składnika:

- (1) Podstawą do określenia danej jednostki litostratygraficznej były wyróżnienia dokonane na poszczególnych arkuszach „Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000”; „Tabeli stratygraficznej Polski, Polska pozakarpaska”, red. Wagner R., Państwowy Instytut Geologiczny 2008; Pieńkowski G., 2004, The epicontinental Lower Jurassic of Poland, Special Papers 12, Państwowy Instytut Geologiczny; „Słownik jednostek litostratygraficznych Polski” - <http://slp.pgi.gov.pl>.
- (2) Wartości dla całego zespołu próbek, podano w układzie pionowym od góry: **minimalna, mediana, maksymalna**.
- (3) **Kwarc** – dominacja ziarn: **mk** – monokrystalicznych, **pk** – polikrystalicznych; **charakter wygaszania światła**: **wn** – wygaszanie normalne, łącznie w tej grupie rozpatrywane jest wygaszanie proste, skośne, symetryczne; **wa** – wygaszanie anormalne, do tej grupy zaliczono wygaszanie smużyste i sektorowe (mozaikowe), **sor** – ziarna zawierające dużą ilość nieprzezroczystej substancji organicznej rozproszonej równomiernie w masie ziarna, **sou** – ziarna zawierające dużą ilość nieprzezroczystej substancji organicznej wypełniającej spękania i szczeliny, **sp** – liczne ziarna spękanne, **t** – efekty częściowego rozpuszczenia ziarn.
- (4) **Skalenie**: **pl** – plagioklasy, **al** – alkaliczne (bez widocznych zbliźniaczeń), **mi** – mikroklin, **pr** – pertyt, **t** – ślady rozpuszczania, **k** – kaolinityzacja.
- (5) **Łyszczyki**: **mu** – muskowit, **bi** – biotyt, **ar** – argilizacja.
- (6) **Litoklasty**: **mu** – mułowce, **wp** – wapienie.
- (7) **Minerały ciężkie przezroczyste**: **cr** – cyrkon, **tu** – turmalin, **ru** – rutyl, **hr** – hornblenda, **gr** – granat, **ap** – apatyt, **ep** – epidot.
- (8) **Minerały ciężkie nieprzezroczyste**: **mg** – magnetyt, **il** – ilmenit, **fe** – nieoznaczone tlenki żelaza.
- (9) **Stopień obtoczenia** wg Powersa 1953 (vide Ryka, Maliszewska 1991): 0- bardzo ostrokrawędziste, 1- ostrokrawędziste, 2- kanciaste, 3- półobtoczony, 4- obtoczony, 5- bardzo dobrze obtoczony.
- (10) **Kontakty ziarn**: **pk** – punktowe, **pr** – proste, **ww** – wklęsło wypukłe, **su** – suturowe, **bk** – 0 kontaktu,
- (11) **Spoiwa**: charakter: **m** - matriks;
typ mineralny: **kw** – kwarcowe, **ch** – chalcedonowe, **il** – ilaste (zbudowane głównie z illitu oraz innych kryptokrystalicznych minerałów ilastych), **ka** – kaolinitowe, prezentujące dobrze wykształcone, charakterystyczne formy kaolinitu), **ze** – żelaziste, **gt** – getytowe, **ca** – węglanowe,
rodzaj ze względu na ilość i sposób wykształcenia: **ko** – kontaktowe, **ob** – oblegające o charakterze filmu, **re** – regeneracyjne, **pd** – podstawowe, **po** – porowe;
dla spoiw węglanowych: **sp** – sparyt, **mSP** – mikrosparytu.
- (12) Dla piaskowców klasyfikacja według F. J. Pettijohna 1972, z późniejszymi modyfikacjami: **ak**- arenit kwarcowy, **wk** – waka kwarcowa; Dla innych skał osadowych klasyfikacja według J. Czermińskiego 1955): **akp** – ankerytyty piaszczyste (wapienie piaszczyste) oraz piaskowce ankerytowe (piaskowce wapniste), **pw** – piaskowce wapniste.

Tabela 19. Cechy petrograficzne żółtych piaskowców pochodzących z mezozoicznej osłony Gór Świętokrzyskich.

Nazwa lokalizacji terenowej	Lito-stratygrafia ⁽¹⁾	Wartości statystycznych parametrów uziarnienia w mm ⁽²⁾			Składniki szkieletu ziarnowego					Kształt ziarn ⁽⁶⁾	Kontakt ziarn ⁽¹⁰⁾	Typ mineralny i rodzaj spoiwa ⁽¹¹⁾	Nazwa syst. ⁽¹²⁾	Uwagi		
		Mz	δ1	Sk ₁	K _G	K ⁽³⁾	S ⁽⁴⁾	Ł ⁽⁵⁾	L ⁽⁶⁾						Mc ⁽⁷⁾	Mn ⁽⁸⁾
Bąkowa Góra (1)	piaskowce przedborskie, alb	0,18143	0,08116	0,08116	0,00378	mk, pk, wn	0	mu - ar	0	cr, ru	fe	3,4	pr, pk	il - po kw - re ze - po	ak	
Bugaj Dmeniński (4)	piaskowce przedborskie, alb	0,22294 0,25141 0,26670	0,08950 0,09192 0,09958	0,00011 0,00039 0,00080	0,00258 0,00296 0,00590	mk, pk, wn	0	mu	mu	cr, ru	il, fe	3,4	pr, pk	il - po kw - re ze - po	ak	
Dolny Biskupie (5)	piaskowiec pstry	0,22816 0,25934 0,43769	0,08507 0,11043 0,21976	0,00049 0,00097 0,00145	0,00286 0,00444 0,00691	mk, pk, wn	0	mu	mu	cr, ru, tu	fe	3,4	pr, ww, pk	il - po, ko kw - re ze - po	ak	
Drzewica (3)	formacja ciechocińska, toark	0,15251 0,20251 0,28814	0,05390 0,07772 0,09901	0,00040 0,00060 0,00070	0,00296 0,00321 0,00348	mk, pk, wn	mi	mu	mu	cr, tu	mg, il	3	pr, pk, ww	kw - re il - po ze - po	ak	
Góra Chelmo (5)	piaskowce przedborskie, alb	0,16126 0,21827 0,30330	0,08194 0,10071 0,12023	0,00056 0,00086 0,00129	0,00313 0,00555 0,01040	mk, pk, wn	mi	mu - ar, bi	0	ru, gl	0	3,4	pk, pr, ww	il - po, ko ze - po m, kw - pd	ak, wk	
Inowódz, ściana po drugiej stronie Piłicy (1)	baton / kelowej	0,26710	0,09058	0,00042	0,00378	mk, pk, wn	0	mu	0	cr	0	2,3	pk, pr	il - po, ko	ak	otwornica
Krynki (3)	przysuska formacja rudońska, helang	0,18471 0,35006 0,36315	0,05781 0,13602 0,14458	0,00040 0,00067 0,00067	0,00281 0,00290 0,00509	mk, pk, wn	0	0	mu	ru, cr, tu	mg	3	pk, ww, pr	kw - re ze - po il - po	ak	
Majowa Góra (3)	piaskowce przedborskie, alb	0,18438 0,19187 0,19649	0,06746 0,08474 0,08607	0,00042 0,00081 0,00109	0,00316 0,00484 0,00565	mk, pk, wn	0	mu - ar, bi	0	0	il	4	pk, pr	il - ko, po ze - po	ak	
Rozwady (3)	formacja ostrowiecka, synemur	0,20231 0,20424 0,21369	0,07296 0,07355 0,07540	0,00071 0,00075 0,00077	0,00400 0,00511 0,00564	mk, pk, wn	0	mu	0	cr	il	3	pr, ww, pu	kw - re il - pr ze - ob	ak	
Sielec (3)	przysuska formacja rudońska, helang	0,12040 0,22992 0,33872	0,04715 0,07173 0,18840	0,00076 0,00127 0,00150	0,00469 0,00557 0,00653	mk, pk, wn	0	mu - ar	mu	cr	il	2,3	pr, ww, pu	kw - re il - po	ak	
Topolewice (3)	formacja borucicka, toark	0,11887 0,13204 0,13432	0,04295 0,05051 0,06006	0,00043 0,00049 0,00130	0,00278 0,00301 0,00671	mk, pk, wn	mi, k	mu - ar	0	cr	fe	3	pk, pr	il - pd, po ka - po kw - re ze - po	ak	
Wąchock PKP (10)	formacja ostrowiecka, synemur	0,19169 0,23147 0,39281	0,06152 0,10253 0,14564	0,00032 0,00075 0,00150	0,00289 0,00430 0,01037	mk, pk, wn	0	mu	mu	cr, ru	il, mg	2	pk, pr, ww	kw - re il - po ka - po gt - ob ze - ob, po	ak	

Tabela 20. Cechy petrograficzne wielobarwnych piaskowców pochodzących z mezozoicznej osłony Gór Świętokrzyskich.

Nazwa lokalizacji terenowej	Lito-stratygrafia ⁽¹⁾	Składniki szkieletu ziarnowego										Kształt ziarn ⁽⁶⁾	Kontakty ziarn ⁽¹⁰⁾	Typ mineralny i rodzaj spoiwa ⁽¹¹⁾	Nazwa syst. ⁽¹²⁾	Uwagi
		Wartości statystycznych parametrów					Składniki szkieletu ziarnowego									
		MZ	δ1	Sk ₁	K _G	K ⁽³⁾	S ⁽⁴⁾	Ł ⁽⁵⁾	L ⁽⁶⁾	Mc ⁽⁷⁾	Mn ⁽⁸⁾					
Ruszenie (11)	formacja borucicka, toark	0,15626 0,17860 0,19697	0,06337 0,06871 0,07739	0,00023 0,00069 0,00106	0,00290 0,00344 0,00582	mk, pk, wn	0	mu - ar	0	cr, ru, hr	il, mg	3,2	pu, pr	il - po, ko, kw - re ze - ob, po gl - ob	ak	
Wolica Stara (3)	formacja skłobska, hetang	0,11960 0,16008 0,18820	0,04995 0,05321 0,07354	0,00057 0,00069 0,00113	0,00303 0,00361 0,00622	mk, pk, wn	al - k	mu	cr, tu	il	3,2	pu, pr, ww	il - ko kw - re ze - ob	ak		

Tabela 21. Cechy petrograficzne czerwonych piaskowców pochodzących z mezozoicznej osłony Gór Świętokrzyskich.

Nazwa lokalizacji terenowej	Lito-stratygrafia ⁽¹⁾	Składniki szkieletu ziarnowego										Kształt ziarn ⁽⁶⁾	Kontakty ziarn ⁽¹⁰⁾	Typ mineralny i rodzaj spoiwa ⁽¹¹⁾	Nazwa syst. ⁽¹²⁾	Uwagi
		Wartości statystycznych parametrów					Składniki szkieletu ziarnowego									
		MZ	δ1	Sk ₁	K _G	K ⁽³⁾	S ⁽⁴⁾	Ł ⁽⁵⁾	L ⁽⁶⁾	Mc ⁽⁷⁾	Mn ⁽⁸⁾					
Lewoszew, Kamienna Góra (3)	piaskowiec pstry	0,22818 0,22880 0,25301	0,09924 0,10840 0,11684	0,00040 0,00070 0,00279	0,00308 0,00349 0,02243	mk, pk, wn, wa	0	mu - ar, bi	wp	cr, ru, hr	fe	2	ww, pr, pk	kw - re ze - ob, pr ch - ko	ak	
Suchedniów, Barania Góra (7)	piaskowiec pstry	0,16778 0,25178 0,31508	0,06002 0,10786 0,11168	0,00030 0,00056 0,00089	0,00235 0,00335 0,00457	mk, pk, wn	0	mu - ar	mu, wp	ru	il	2,3	ww, pr, pk	kw - re il - po ka - po ze - pd, po	ak	
Suchedniów, Kopolak (8)	piaskowiec pstry	0,14813 0,23958 0,33148	0,07152 0,11282 0,13426	0,00065 0,00095 0,00151	0,00319 0,00465 0,00730	mk, pk, wn	0	mu - ar	mu, wp	ru, tu	il, mg	2	ww, su, pr, pk	kw - re ze - po, ob il - po ka - po	ak	
Tumlin Gród (3)	formacja zagnańska, ogniwo z Tumlina, piaskowiec pstry - ind	0,29215 0,29466 0,31016	0,13734 0,14327 0,15727	0,00094 0,00098 0,00124	0,00407 0,00466 0,00562	mk, pk, wn, wa	mi - k	mu	mu	cr, ru	il, mg	2	pr, ww, pk	ze - po, ob kw - re il - po	ak	
Wąchock, „Skala Butkowskiego” (7)	piaskowiec pstry, warstwy z Wąchocka, olenek	0,27094 0,28979 0,29172	0,13975 0,14343 0,14882	0,00076 0,00079 0,00093	0,00358 0,00358 0,00438	mk, pk, wn	0	mu - ar, bi	mu	cr, gr, ru	il, mg	3	pr, pk, ww	kw - re il - ko, po ka - po ze - ob gl - ob	ak	

Tabela 22. Własności różnorodnych piaskowców kwarcowych pochodzących z obszaru Polski centralnej.

Nazwa lokalizacji terenowej	Lito-stratygrafia ⁽¹⁾	Wartości statystycznych parametrów uziarnienia w mm ⁽²⁾					Składniki szkieletu ziarnowego										Kształt ziarn ⁽⁶⁾	Kontakty ziarn ⁽¹⁰⁾	Typ mineralny i rodzaj spoiwa ⁽¹¹⁾	Nazwa syst. ⁽¹²⁾	Uwagi
		Mz	δ1	Sk1	Kg	K ⁽³⁾	S ⁽⁴⁾	Ł ⁽⁵⁾	L ⁽⁶⁾	Mc ⁽⁷⁾	Mn ⁽⁸⁾										
Adamów (3)	formacja adamowska, miocen środkowy	0,06555 0,08122 0,14050	0,03588 0,04241 0,06768	0,00088 0,00095 0,00172	0,00303 0,00443 0,00613	0	0	0	cr, tu	il	2,3	pr	kw - re m, kw - po	ak, wk	duża ilość rozproszonej substancji organicznej						
Brzeźno (10)	formacja adamowska, miocen środkowy	0,28753 0,29056 0,31236	0,12081 0,12082 0,12553	0,00085 0,00126 0,00126	0,00400 0,00593 0,00606	0	0	cr, tu, ru, ep, ap?	il, mg	4	pr	kw - re ch - po il - pr ze - pr, ob m, kw - pd	ak, wk	duża ilość rozproszonej substancji organicznej							
Kobyła Góra (5)	formacja adamowska, miocen środkowy	0,17285 0,18462 0,21067	0,11652 0,12662 0,16502	0,00150 0,00183 0,00227	0,00499 0,00684 0,01023	0	0	cr, ru	il	3,4	pr, ww su	kw - re m, kw - po, pd ch - ko	wk	duża ilość rozproszonej substancji organicznej							
Olszyna (3)	formacja adamowska, miocen środkowy	0,16730 0,17394 0,26071	0,10673 0,14048 0,14706	0,00228 0,00280 0,00388	0,01064 0,01505 0,03402	mi	0	cr, ru, hr	0	4	pu, bk, pr ww	m, kw - pd kw - re	ak, wk								
Święcia (3)	formacja adamowska, miocen środkowy	0,23980 0,27670 0,31360	0,10824 0,13652 0,16481	0,00083 0,00095 0,00107	0,00389 0,00396 0,00402	0	0	cr, ru, tu	il	3,4	ww, pr, bk	m, kw - pd kw - re il - ko ch - pr	wk ak	duże zróżnicowanie litologiczne.							
Barcza (3)	formacja barczańska, dewon dolny	0,28093 0,30085 0,34639	0,09182 0,10719 0,12828	0,00018 0,00039 0,00048	0,00269 0,00278 0,00314	0	0	cr, tu	0	3,4	pr, su	kw - re il - po, ob	ak	stylolity							
Wiśniówka Wlk. (3)	formacja piaskowców z Wiśniówki, kamb. górny	0,13809 0,15211 0,18562	0,05648 0,06528 0,09033	0,00067 0,00108 0,00145	0,00323 0,00508 0,00643	0	0	cr, tu, ru	il	2	su, ww, pr	kw - re ch - po il - po	ak								
Mszczonów (3)	nie dotyczy	0,25971 0,32915 0,33698	0,09337 0,15795 0,16106	0,00063 0,00110 0,00166	0,00384 0,00412 0,00720	0	0	cr, ru, tu	il, mg	4	pr, pk, ww	kw - re il - ko	ak								
Tum (3)	nie dotyczy	0,21080 0,24292 0,24974	0,08502 0,08860 0,10722	0,00051 0,00051 0,00161	0,00292 0,00347 0,00845	mi	0	cr, tu, hr, ru	il	3,4	pr, ww, pu	kw - re ca - ko, ob il - ko	ak								

Tabela 23. Cechy petrograficzne pozostałych skał analizowanych z lokalizacji terenowych.

Nazwa lokalizacji terenowej	Lito-stratygrafia ⁽¹⁾	Wartości statystycznych parametrów uziarnienia w mm ⁽²⁾					Składniki szkieletu ziarnowego										Kształt ziarn ⁽⁶⁾	Kontakty ziarn ⁽¹⁰⁾	Typ mineralny i rodzaj spoiwa ⁽¹¹⁾	Nazwa syst. ⁽¹²⁾	Uwagi
		Mz	δ1	Sk1	Kg	K ⁽³⁾	S ⁽⁴⁾	Ł ⁽⁵⁾	L ⁽⁶⁾	Mc ⁽⁷⁾	Mn ⁽⁸⁾										
Inowódz (9)	bajos górny	0,18803 0,23024 0,36823	0,05568 0,14897 0,36778	0,00006 0,00130 0,00334	0,00315 0,00418 0,01683	mi, pt, t	0	mu - il, bi	cr, ru	fe	2	bk, pk	ca - pd, sp, msp	akp	bioklasty						
Krzyworzeka, cegielnia (3)	baton górny	0,17166 0,17506 0,17525	0,05151 0,05238 0,05916	0,00020 0,00034 0,00084	0,00296 0,00309 0,00518	mi, pl, t, k	0	mu - il	cr, tu	fe	3	bk, kp	ca - pd, sp, msp ze - ob kw - re	pw	bioklasty, oolity szamozytowe						
Olewin (9)	seria olewińska, synemur górny — ptiensbach	0,35624 0,50714 0,59320	0,15274 0,26978 0,34362	0,00083 0,00096 0,00127	0,00298 0,00400 0,00424	al, pl	0	mu - il	cr, ru	il, mg	1,2,3	ww, pu, bk	ze - po, ko gt - pd, ko	ak	skała o cechach kakinytu						

VIII. Wnioski.

Autor dysertacji wykonał badania petrograficzne surowców skalnych wybranych budowli romańskich regionu łódzkiego. Analizami objęto obiekty, które dotychczas nie były przedmiotem badań o charakterze petroarcheologicznym i petroarchitektonicznym.

I. Przedmiot analiz stanowiły skały, które w literaturze, na podstawie oznaczeń makroskopowych są przedstawiane jako piaskowce. Na podstawie przeprowadzonych badań mikroskopowych, skały te zostały zidentyfikowane i sklasyfikowane. Na tej podstawie wśród wstępnie oznaczonych piaskowców wyróżniono:

1. gruboziarniste pyłowce o charakterze arenitów kwarcowych o spoiwach: kwarcowym i ilastym;
 2. drobno- i średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, ilastym, żelazistym;
 3. drobno- i średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, żelazistym, ilastym;
 4. drobno- i średnioziarniste arenity kwarcowe i sublityczne o spoiwach: kwarcowym, ilastym i żelazistym;
 5. drobno- i średnioziarniste arenity kwarcowe i sublityczne o spoiwach: ilastym, kwarcowym, żelazistym;
 6. średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, ilastym;
 7. średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, ilastym, żelazistym;
 8. średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, węglanowym;
 9. średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, węglanowym, ilastym;
 10. średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, węglanowym, ilastym, żelazistym;
 11. różnoziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, węglanowym;
 12. różnoziarniste arenity kwarcowe o spoiwie żelazistym, skała o cechach kakiryty;
- oraz
13. drobnoziarniste piaskowce słabo dolomityczne;
 14. dolomity silnie piaszczyste
 15. piaskowce silnie ankerytowe;
 16. ankerytyty silnie piaszczyste;
 17. ankerytyty słabo piaszczyste.

Dodatkowo, na podstawie analiz makroskopowych, wśród surowców detali architektonicznych wyróżniono:

1. drobnoziarniste piaskowce wapniste,
2. piaskowce z tocząciami ilastymi.

W celu uzyskania pełnych informacji dotyczących wykorzystania surowców skalnych w budowlach objętych badaniami, jako uzupełnienie wykonano analizy surowców węglanowych, które sklasyfikowano jako:

1. wapienie litotamniowe,
2. opoki.

Zestawienie wyników identyfikacji i klasyfikacji poszczególnych typów surowców skalnych przedstawiono w tabeli 24 na stronach 162 i 163.

Wykonane przez autora badania wykazały, że wśród wstępnie oznaczonych na poziomie makroskopowym piaskowców, występują zróżnicowane typy piaskowców, a także skały węglanowe o charakterze ankerytytów i dolomitów. W obrębie analizowanych piaskowców ich zróżnicowanie odzwierciedlone jest głównie:

1. frakcją składników szkieletu,
2. typem oraz charakterem spoiw.

Założona hipoteza o zróżnicowaniu piaskowców została potwierdzona.

- II. Przeprowadzone analizy sposobu wykorzystania poszczególnych typów surowców skalnych w elementach konstrukcyjnych i zdobniczych potwierdzają selekcję materiału. Była ona prowadzona w stosunku do materiału wykorzystywanego w detalach architektonicznych. Kryteria, którymi kierowali się ówcześni muratorzy przy wyborze surowca na dany element architektoniczny, sprowadzają się do walorów estetycznych na które składają się:

1. Frakcja. We wszystkich przypadkach mamy do czynienia ze stosowaniem w detalach odmian piaskowców bardziej drobnoziarnistych i lepiej wysortowanych, niż w ciosach murów. Drobnoziarnistość oraz brak ziarn grubszych podnoszą walory estetyczne skały i mają wpływ na łatwość obróbki.
2. Barwa. Piaskowce detali architektonicznych były jaśniejsze i bardziej jednorodne (bez punktowych przebarwień) w stosunku do kolorystyki ciosów murów.

Na ciosy murów wykorzystywano piaskowce o zróżnicowanym, ale grubszym niż w detalach ziarnie. W przypadku kolorystyki ciosów stosowanych w murach, mamy do czynienia z piaskowcami różnokolorowymi instalowanymi bez wykorzystania tego waloru, którym jest barwa.

Założona hipoteza o selektywnym doborze surowców została potwierdzona.

- III. Zastosowanie podstawowej, klasycznej metody badań petrograficznych, tj. mikroskopii polaryzacyjnej, w niektórych przypadkach może być wystarczające w celu określenia proveniencji surowcowej, jednak tylko wtedy gdy:

1. potencjalne miejsce pozyskania surowca położone jest w niewielkiej odległości od obiektu, w którym go zastosowano,
2. badany surowiec posiada cechy indywidualne.

W przypadku skał o zbliżonych cechach, zastosowanie jednej metody analizy jest niewystarczające. Dla podobnych odmian piaskowców pomocne są analizy statystycznych wskaźników uziarnienia, bazujące na badaniach mikroskopowych. Jednak należy stosować je z ostrożnością, co podyktowane jest często dużą zmiennością litologiczną tych utworów na niewielkiej przestrzeni. Zdaniem autora stosowanie wszystkich czterech parametrów: mediana, odchylenie standardowe, skośność, kurtoza do interpretacji podobieństw uziarnienia nie jest konieczne, ponieważ zbyt duża ilość parametrów statystycznych częstokroć prowadzi do maskowania cech zbieżnych. W tym celu najbardziej przydatnymi wydają się diagramy przedstawiające wzajemne zależności średnia średnica / odchylenie standardowe oraz skośność / średnia średnica.

Ze względu na petrograficzne podobieństwo skał, charakter prowadzonej w średniowieczu eksploatacji surowców skalnych oraz czynnik czasu, dla najdokładniejszego i najpewniejszego wskazania proveniencji należałoby zastosować:

1. wieloaspektowe analizy skał (w tym: geochemiczne, izotopowe, fizyczne), pozwalające na określenie jak największej ilości parametrów, na podstawie których będzie można potwierdzić ich podobieństwo z próbkami pochodzącymi z odsłoneń terenowych,
2. badania terenowe – geograficzne, topograficzne oraz analizy źródeł historycznych celem wskazania historycznych miejsc eksploatacji surowców skalnych.

Jednak przedstawione kompleksowe badania nad proveniencją wymagają dużych nakładów środków finansowych, co w wielu przypadkach stanowi barierę.

W niektórych przypadkach pomimo braku wskazania konkretnego miejsca pozyskania surowca, wykonane analizy i porównanie z dużą ilością prób pobranych z lokalizacji terenowych, pozwoliły na poddanie dyskusji, przypisywanych przez innych autorów źródeł surowca.

Hipoteza dotycząca możliwość wskazania proveniencji surowców została potwierdzona.

Zestawienie zidentyfikowanych typów piaskowców oraz innych surowców skalnych wraz ich proveniencją zostało przedstawione w tabeli 24.

Przeprowadzone badania petrograficzne piaskowców pozwoliły na uzyskanie informacji dotyczących metodyki badań petroarcheologicznych oraz petroarchitektonicznych, historii danej budowli oraz elementów historii gospodarczej regionu. Najważniejszymi spostrzeżeniami są:

1. Wśród wykorzystanych w budowlach surowców skalnych jest materiał lokalny oraz sprowadzany ze znacznych odległości.
2. Mury i detale architektoniczne w danej budowlu były dziełem jednego cechu kamieniarskiego, pod warunkiem, że mamy do czynienia z zastosowaniem jednego typu surowca. Przy założeniu, że surowiec obrabiano bezpośrednio w miejscu jego wydobycia. W przypadku piaskowców, ma to duże znaczenie, gdyż z upływem czasu skały tracą wodę i dochodzi do krystalizacji nowych faz mineralnych czyniąc skałę znacznie trudniejszą w obróbce.
3. Elementy stylowe danego detalu, czy fragmentu muru nie zawsze są wyznacznikami jego chronologii. Pewność taką dają kompleksowe badania architektoniczne, historyczne oraz petrograficzne surowca.
4. Pewne rozdzielenie faz poszczególnych etapów budowy obiektu na podstawie badań surowcowych jest możliwe tylko w niektórych przypadkach:
 - a. Istnienia wyraźnych różnic pomiędzy poszczególnymi typami surowców zastosowanych w poszczególnych fazach budowlu.
 - b. Braku surowców lokalnych, które przez cały okres funkcjonowania budowlu mogły stanowić surowiec użytkowany w postaci pojedynczych ciosów w obrębie części pochodzących z różnych faz budowlu.

Badania przeprowadzone przez autora dysertacji pozwoliły na potwierdzenie przyjętych hipotez oraz utrwaliły w przeświadczeniu o przydatności petrograficznych analiz surowców w badaniach nad historią budownictwa, co jednocześnie stanowi przyczynek do rozwoju badań o tematyce petroarcheologicznej i petroarchitektonicznej.

Tabela. 24. Surowce skalne i ich proveniencja w budowlach romańskich regionu łódzkiego.

Budowla	Element konstrukcji	Rodzaj skały	Proveniencja surowców		Uwagi
			wg literatury (rozdział VI)	na podstawie badań autora dysertacji	
Kościół p.w. św. Idziego w Inowłodzu	pierwotny mur romański	1. piaskowce silnie ankerytowe 2. ankeryty silnie piaszczyste 3. ankeryty słabo piaszczyste	okolice Inowłodza	okolice Inowłodza	
	pierwotne detale architektoniczne	1. drobno- i średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, żelazistym, ilastym 2. średnioziarniste arenit kwarcowy o spoiwie: kwarcowym i ilastym	brak	brak	
	zrekonstruowany mur o charakterze romańskim	skała węglanowa o charakterze ankerytowy	brak	Szydłowiec, kam. Podkowiński	
	plyta nagrobna z krzyżem o nieustalonej chronologii	drobnoziarnisty piaskowiec z toczencami ilastymi	okolice Inowłodza	okolice Inowłodza	analiza makroskopowa
Kościół p.w. św. Wojciecha i NMP w Rudzie	pierwotny mur romański	różnoziarnisty arenit kwarcowy o spoiwie żelazistym, skała o cechach kakirytu	brak	wychodnie jury dolnej obrzeża Gór Świętokrzyskich	analiza makroskopowa
	mur romański	1. drobnoziarniste piaskowce słabo dolomityczne 2. dolomity silnie piaszczyste	Wzgórza Olewińskie	Wzgórza Olewińskie	poźniejsze uzupełnienie
Kościół p.w. św. Urszuli i Jedenastu Tysięcy Dziewic w Stronisku	elementy portalu i tympanon	średnioziarniste piaskowce kwarcowe o spoiwie krzemionkowym	brak	Brzeźno	analiza makroskopowa
	odrzwia romańskiego portalu	średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, węglanowym, ilastym	brak	Brzeźno	zastosowanie późniejsze niż pierwotna konstrukcja
	tympanon romańskiego portalu	szaro-zielony, drobnoziarnisty piaskowiec wapnisty	południowe Włochy	brak	analiza makroskopowa
	pierwotny mur romański	drobno- i średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, ilastym i żelazistym	okolice Szydłowca, okolice Żarnowa, okolice Inowłodza, okolice Przedborza	okolice Wąchocka	
Kościół p.w. NMP i św. Aleksego w Turmie	mur romański XI w.	różnoziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, węglanowym	Brzeźno	Brzeźno	
	mur romański XII w.	średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, węglanowym	Brzeźno	Brzeźno	materiał rozbiórkowy pochodzący z pierwszej budowl
	detale architektoniczne XII w.	średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, węglanowym, ilastym, żelazistym	Brzeźno	Brzeźno	
	mur i detale architektoniczne	opoka	brak	okolice Roźniatowa	

cd. Tabela. 24. Surowce skalne i ich proveniencja w budowlach romańskich regionu łódzkiego.

Budowla	Element konstrukcji	Rodzaj skały	Proveniencja surowców		Uwagi
			wg literatury (rozdział VI)	na podstawie badań autora dysertacji	
Kościół p.w. św. Mikołaja w Żarnowie	mur romański XII w.	drobno- i średnioziarniste arenity kwarcowe i subityczne o spoiwach: kwarcowym, ilastym i żelazistym	okolice Żarnowa	okolice Żarnowa	
	mur gotycki XVI w.	średnioziarniste arenity kwarcowe o spoiwach: kwarcowym, ilastym, żelazistym	okolice Żarnowa	okolice Żarnowa	
	mur neogotycki XX w.	gruboziarniste pyłowce o charakterze arenitów kwarcowych o spoiwach: kwarcowym i ilastym	okolice Żarnowa	okolice Żarnowa	
	detal XII w.	drobno- i średnioziarniste arenity kwarcowe i subityczne o spoiwach: ilastym, kwarcowym, żelazistym	okolice Żarnowa	okolice Żarnowa	
	detal XVI w.	drobno- i średnioziarniste arenity kwarcowe i subityczne o spoiwach: kwarcowym, ilastym, żelazistym	okolice Żarnowa	okolice Żarnowa	
	ołtarz z roku 1610	wapień litotamiony	brak	Pasmo Wójczowsko - Pińczowskie	

LITERATURA.

1. **Adams A.E., MacKenzie W.S., Guilford C.**, 1984, *Atlas of sedimentary rocks under the microscope*, Pearson Education Limited.
2. **Andrijewski G., Polański K.**, 2009, *Oznaczanie składu próbek zapraw murarskich pochodzących z późnoromańskiego kościoła pod wezwaniem Św. Urszuli i jedenastu Tysięcy Dziewic w Strońsku, gm. Zapolice, pow. Zduńska Wola*. [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź, str. 113-116.
3. **Augustyniak J.**, 2005, *Cysterskie opactwo w Sulejowie. Rozwój przestrzenny do końca XVI wieku, w świetle badań archeologiczno – architektonicznych w latach 1989-2003*, Biblioteka Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, nr 33, Łódź.
4. **Barbacki A.** (red.), 2005, *Mikroskopia elektronowa*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
5. **Bąbka-Horbacz E.**, 2006, *Kościół parafialny p.w. św. Wojciecha (i Narodzenia NMP) w Rudzie koło Wielunia. Stan badań nad dziejami budowlanymi*, [w:] *Ruda 900 lat historii*, Wieluńska Biblioteka Regionalna, nr 20, Wieluń, str. 62-67.
6. **Bojarski Z., Gigla M., Stróż K., Surowiec M.**, 2001, *Krystalografia*, Wydawnictwa naukowe PWN, Warszawa.
7. **Bolewski A., Kubisz J., Manecki A., Żabiński W.**, 1990, *Mineralogia ogólna*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
8. **Borkowska M., Smulikowski K.**, 1973, *Minerały skalotwórcze*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
9. **Bromowicz J.**, 2001, *Ocena możliwości wykorzystania skał okolicy Krakowa dla rekonstrukcji kamiennych elementów architektonicznych*, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, nr 17, str. 5-73.
10. **Brzeziński H.**, 1990, *Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50000, arkusz Sulejów (702)*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
11. **Buško C., Michniewicz J.**, 2006, *Application of Petrographical Comparative Analysis in Dating of Spatial Development of the Castle Wleń*, *Przegląd Archeologiczny*, tom 54, str. 183-211
12. **Carta L., Calcaterra D., Cappelletti P., Langella A., de'Gennaro M.**, 2005, *The stone materials in the historical architecture of the ancient center of Sassari: distribution and state of conservation*, *Journal of Cultural Heritage* 6, str. 277-286.
13. **Chlebowski B.**, 1895, *Słownik geograficzny Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich*, tom. XIV, Wydawnictwo Wiek, Warszawa.
14. **Chrzanowski T.**, 1993, *Sztuka w Polsce Piastów i Jagiellonów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
15. **Chudziakowa J.**, 2000, *Romańska architektura sakralna północno – zachodniej Wielkopolski i Kujaw. Stan i potrzeby badań archeologicznych*, *Archeologia Historia Polona*, tom 10, Toruń, str. 111-124.
16. **Cygański A.**, 1997, *Metody spektroskopowe w chemii analitycznej*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
17. **Czermiński J.**, 1955, *W sprawie klasyfikacji i nomenklatury skał osadowych*, *Przegląd Geologiczny*, nr 4, str. 202-205.
18. **Czermiński J.**, 1959, *Petrografia piaskowców kwarcytowych środkowego kambru z Dużej Wiśniówki koło Kielc*, *Kwartalnik Geologiczny*, nr 3, str. 677-687.
19. **Czubla P.**, 1989, *Ekspertyza kamienia użytego do budowy kościoła w zespole cysterskim w Sulejowie*, Łódź, mnps, Archiwum Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków w Łodzi, delegatura w Piotrkowie Trybunalskim.
20. **Deczkowski Z., Jurkiewiczowa I.**, 1960, *Kajper i jura okolic Wielunia*, Przewodnik XXXIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Częstochowa, Warszawa.
21. **Derwich M.**, 2000, *Badania archeologiczno – architektoniczne w Polsce: uwagi historyka*, *Archeologia Historia Polona*, tom 10, str. 9-18.
22. **Dettlaff P.**, 2006, *Odbudowa i restauracja zabytków architektury w Polsce 1918-1939. Teoria i praktyka*, *Ars vetus et nova*, t. XXIII, Kraków.
23. **Dobrzański B., Uziak S.**, 1970, *Rozpoznawanie i analiza gleb*, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa.
24. **Dreesena R., Duser R.**, 2004, *Historical building stones in the province of Limburg (NE Belgium): role of petrography in provenance and durability assessment*, *Materials Characterization* 53, str. 273-287.
25. **Fijałkowska E., Fijałkowski J.**, 1966, *O zastosowaniu kamienia pińczowskiego w budowlach wczesnego średniowiecza*, *Przegląd Geologiczny* nr 12, str. 531-532.
26. **Filipowicz P., Kajzer L., Lechowicz Z.**, 2006, *Późnoromański kościół p.w. Świętej Urszuli i Jedenastu Tysięcy Dziewic w Strońsku nad Wartą. Interwencyjne badania architektoniczne w latach 2005-2006*, *Ochrona Zabytków*, nr 4, str. 5-22.

27. **Filipowicz P., Kajzer L., Lechowicz Z.**, 2007, *Badania archeologiczno-architektoniczne kościoła p.w. Świętych Apostołów Piotra i Pawła w Krzyworzece w powiecie wieluńskim*, Ochrona Zabytków, nr 4, str. 23-43
28. **Filipowicz P., Lechowicz Z., Kajzer L.**, 2009, *Przemiany architektoniczne na tle osadnictwa*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź, str. 165-170.
29. **Filipowicz P., Lechowicz Z.**, 2009, *Badania architektoniczne*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź, str. 59-74.
30. **Forysiak J., Kittel P., Twardy J.**, 2009, *Środowisko przyrodnicze okolic Strońska ze szczególnym uwzględnieniem morfologii obszaru*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź, str. 45-54.
31. **Galan1'a E., Carretero'a M. I., Mayora E.**, 1999, *A methodology for locating the original quarries used for constructing historical buildings: application to Ma'laga Cathedral*, Spain, *Engineering Geology* 54, str. 287-298.
32. **Gągol J., Wróblewski T.**, 1996, *Bloczne kamienie budowlane w regionie świętokrzyskim*, [w:] *Kamienie budowlane w Polsce*, Warszawa – Kielce, str. 53-64.
33. **Gągol J.** (red.), 1996, *Kamienie budowlane w Polsce*, Państwowy Instytut geologiczny, Warszawa – Kielce.
34. **Golałb J.**, 1931, *Zarys budowy geologicznej okolic Ostrzeszowa*, *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, tom 7, Kraków, str. 398, 399.
35. **Gonzalez G., Sagerzazu A., Villalba R.**, 2000, *Study of the mechano-chemical transformation of goethite to hematite by TEM and XRD*, *Materials Research Bulletin* 35, str. 2295-2308.
36. **Götze J., Siedel H.**, 2004, *Microscopic scale characterization of ancient building sandstones from Saxony (Germany)*, *Materials Characterization* 53, str. 209- 222.
37. **Górniak K., Bahranowski K., Ratajczak T.**, 1996, *Regeneracja ziarn kwarcu w piaszczystych glebach korzeniowych w złożu węgla brunatnego Lubustów k. Konina*, *Przegląd Geologiczny* nr 6, str. 626-630.
38. **Gradziński R., Kostecka A., Radomski A., Unrug R.**, 1986, *Zarys sedymentologii*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
39. **Grzegorzczak M.**, 1970, *Metody przedstawiania uziarnienia osadów*, *Prace Komisji Geograficzno – Geologicznej*, tom X, zeszyt 2, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Poznań.
40. **Grzybowski A.**, 1981, *Kościół św. Idziego w Inowłodzu*, *Kwartalnik Architektury i Urbanistyki*, R. 26, nr 3-4, str. 193-219.
41. **Haber J., Kozłowski R., Magiera J.**, 1991, *Niszczenie wapienia pińczowskiego w zabytkach Krakowa*, *Rocznik Krakowski*, nr 57, str. 165-191.
42. **Hajpál M.**, 2002, *Changes in Sandstones of Historical Monuments Exposed to Fire or High Temperature*, *Fire Technology*, nr 38, str. 373-382.
43. **Harpińska-Depciuch M.**, 1957, *Petrografia piaskowców kwarcytowych dewońskich z Gór Świętokrzyskich*, *Kwartalnik Geologiczny*, nr 1, str. 169-176.
44. **Henneberg W. K.**, 1938a, *Kościół św. Idziego w Inowłodzu*, *Biuletyn Historii Sztuki i Kultury*, R. 6, nr 1, str. 1-10.
45. **Henneberg W. K.**, 1938b, *Kościół św. Idziego w Inowłodzu*, *Biuletyn Historii Sztuki i Kultury*, R. 6, nr 2, str. 208-220.
46. **Janiec J.**, 1993, *Objaśnienia do szczegółowej map geologicznej Polski, arkusz Żarnów (739)*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, tablica I, Szkic geomorfologiczny.
47. **Jarmontowicz A., Krzywobłocka-Laurów R., Lehman J.**, 1994, *Piaskowiec w zabytkowej architekturze i rzeźbie*, Biblioteka Towarzystwa Opieki nad Zabytkami, Warszawa.
48. **Jaworowski K., Juskowiak M.**, 1973, *Metoda punktowa analizy geometrycznej na tle podstawowych zagadnień opisu skał*, *Instrukcje i metody badań geologicznych*, zeszyt 22, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
49. **Jochemczyk L., Skoczylas J.**, 1991a, *Martwice wapienne Wielkopolski i Kujaw oraz ich wykorzystanie we wczesnośredniowiecznej budowli Ostrowa Lednickiego*, *Przegląd Geologiczny*, nr 7-8, str. 345-349.
50. **Jochemczyk L., Skoczylas J.**, 1991b, *Petrograficzne badania materiałów wiążących z wczesnośredniowiecznej budowli Ostrowa Lednickiego*, *Przegląd Geologiczny*, nr 7-8, str. 349-352.
51. **Jurkiewiczowa I.**, 1967, *Lias zachodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich i jego paralelizacja z liasem Wyżyny Krakowsko – Częstochowskiej*, *Biuletyn Instytutu Geologicznego* 200, tom. II.
52. **Kajzer L.**, 2009, *Stan badań*, [w:] *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str. 133- 137.
53. **Kajzer L.** (red), 2009, *Początki architektury sakralnej w Polsce Centralnej*, część I, Instytut Archeologii UŁ, Łódź.
54. **Kalinowski Z.**, 1991, *Kościół parafialny w Żarnowie*, Wydawnictwo Diecezjalne, Sandomierz.
55. **Kamiński M., Kubicz A.**, 1962, *Kwasoodporność piaskowców Gór Świętokrzyskich i Dolnego Śląska na tle ich własności petrograficznych*, Instytut Geologiczny Biuletyn 178.

56. **Kamiński J., Załoba M.**, 1985, *Geneza i wiek piaskowców czwartorzędowych w okolicach Łodzi*, Acta Geographica Lodziensia, nr 50, Łódź, str. 29-48.
57. **Karaszewski W.**, 1960, *Nowy podział liasu świętokrzyskiego*, Kwartalnik Geologiczny, T. 4, nr 4, str. 333-397.
58. **Kasprzak M.**, 2006, *Zróżnicowanie, pochodzenie i wykorzystania w romańskiej architekturze południowej Wielkopolski*, Instytut Geologii WNGiG UAM, Poznań, maszynopis rozprawy doktorskiej.
59. **Kasprzak M.**, 2003a, *Surowce skalne jako budulec romańskiego kościoła w Kotłowie koło Kalisza*, Przegląd Geologiczny nr 3., str. 236-238.
60. **Kasprzak M.**, 2003b, *Piaskowiec w architekturze średniowiecznych zabytków sakralnych Kościelca Kaliskiego i Kotłowa*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego nr 130, str. 29-36.
61. **Klemm D., Klemm R.**, 2001, *The building stones of ancient Egypt – a gift of its geology*, African Earth Sciences 33, str. 631-642.
62. **Kowalski W. C.** 1961, *Wytrzymałość na ściskanie budowlanych skał senońskich przelomowego odcinka Wisły środkowej na tle ich litologii*, Biuletyn Geologiczny Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego, tom 1, cz. 2, str. 17-120.
63. **Kowecka A., Zając J.**, 1979, *Mapa podstawowa utworów powierzchniowych w skali 1: 50 000 do mapy geologicznej Polski w skali 1: 200 000*, arkusz Wieluń 733, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
64. **Kozłowska A.**, 2004, *Diagenеза piaskowców karbonu górnego występujących na pograniczu rowu lubelskiego i bloku warszawskiego*, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, tom 411, str. 5-70.
65. **Kozłowska A., Kuberska M.**, 2006, *Zastosowanie metody komputerowego przetwarzania i analizy obrazu w mikroskopowej analizie skał*, Przegląd Geologiczny, nr 8, str. 671-673.
66. **Kozłowski S.**, 1986, *Surowce skalne Polski*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
67. **Kozłowski S.** (red.), 1978, *Mapa genetyczna kruszywa naturalnego w Polsce* [w:] Atlas litologiczno-surowcowy Polski, Surowce skalne, kruszywo naturalne. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
68. **Krassowski W.**, 1989, *Dzieje budownictwa i architektury na ziemiach Polski*, tom 1, Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
69. **Kryza R., Drwięga A., Grodzicki A., August C., Kryza G., Walendowski H.**, 2006, *1000 lat Wrocławskiej Katedry: Kamień w zmieniających się stylach architektury. I. Podziemia Katedry – ślady kilku kościołów*, Świat Kamienia 2 (39), str. 95-99.
70. **Kryza R., Drwięga A., Grodzicki A., August C., Kryza G., Walendowski H.**, 2006, *1000 lat Wrocławskiej Katedry: Kamień w zmieniających się stylach architektury. II. Elewacja Świątyni – gotyk z przybudówkami*, Świat Kamienia 4 (41), str. 60-64.
71. **Kryza R., Drwięga A., Grodzicki A., August C., Kryza G., Walendowski H.**, 2006, *1000 lat Wrocławskiej Katedry: Kamień w zmieniających się stylach architektury. III. Nawy i prezbiterium*, Świat Kamienia 5 (42), str. 95-100.
72. **Kryza R., Drwięga A., Grodzicki A., August C., Kryza G., Walendowski H.**, 2006, *1000 lat Wrocławskiej Katedry: Kamień w zmieniających się stylach architektury. IV. Ambit i przyległe kaplice*, Świat Kamienia 6 (43), str. 94-99.
73. **Kuberska M.**, 2004, *Diagenеза sadów czerwonego spągowca w strefie Szczecinek – Bydgoszcz (Pomorze Zachodnie)*, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, tom 411, str. 87-150.
74. **Kuhl J.**, 1933, *Wstępne badania petrograficzne kwarcytów z Olszyny i Parzynowa*, Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, tom 9, str. 104-107.
75. **Lorenc M.W., Mazurek S.**, 2010, *Projekt: historyczne kamieniołomy*, Nowy Kamieniarz, nr 1, str. 18-20.
76. **Łapot W.**, 2004, *Optyka kryształów dla geologów i gemmologów*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
77. **Łoziński J. Z.**, 1954, *Katalog zabytków sztuki w Polsce*, województwo łódzkie, tom II, Państwowy Instytut Sztuki, Warszawa.
78. **Łoziński J., Wolff B.**, 1958, *Katalog zabytków sztuki w Polsce*, tom III, zeszyt 8, Państwowy Instytut Sztuki, Warszawa.
79. **Łuszczkiewicz Wł.**, 1879 a, *Opactwo sulejowskie - zabytek architektury XIII w.*, Sprawozdania Komisji do Badania Historii Sztuki w Polsce, tom I, Akademia Umiejętności, Kraków, str. 10.
80. **Łuszczkiewicz Wł.**, 1879 b, *Kościół kolegiacki łączycy, dziś parafialny we wsi Tumie jako zabytek XII w.*, Sprawozdania Komisji do Badania Historii Sztuki w Polsce, zeszyt IV, Kraków, str. 8-104.
81. **Łuszczkiewicz Wł.**, 1891, *Kościół parafialny w Żarnowie i reszty tamtejszego zamku*, Sprawozdania Komisji do Badania Historii Sztuki w Polsce, nr 4, str. 118-137.
82. **Łyczewska J.**, 1959, *Utwory trzeciorzędowe Kujaw środkowych i wschodnich*, Biuletyn Instytutu Geologicznego 130, tom. 2, str. 41-120.
83. **Łydka K.** 1985, *Petrologia skał osadowych*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
84. **MacKenzie W. S., Guilford C.**, 1987, *Atlas of rock-forming minerals in the section*, Pearson Education Limited.

85. **Majerowicz A., Siagło H.**, 2004, *Wykorzystanie mikrospektralnej analizy laserowej w badaniach petroarcheologicznych niektórych narzędzi kamiennych bez ich uszkodzenia*, Przegląd Geologiczny nr 7, 579-580.
86. **Maliszewska A.**, 1996, Wybrane zagadnienia diagenety skał klastycznych, Przegląd Geologiczny, vol. 44, nr 6, str. 586-603.
87. **Maliszewska A.** (red.), 1999, *Diageniza osadów permu górnego i mezozoiku Kujaw*, Prace Państwowego Instytutu Geologicznego, tom. 158.
88. **Maliszewska A., Kuberska S., Such P., Leśniak G.**, 1998, *Ewolucja przestrzeni porowej utworów czerwonego spągowca*, Prace Państwowego Instytutu Geologicznego, tom 165, str. 177-194.
89. **Maliszewska A., Kuberska M.**, 2008, Spoiwa skał górnego czerwonego spągowca w zachodniej części Niziu Polskiego w ujęciu kartograficznym, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, tom 429, str. 79-90.
90. **Małkowski S.**, 1926, *Wielki gład narzutowy piaskowca w Zawadach pod Mszczonowem*, Posiedzenia Naukowe Państwowego Instytutu Geologicznego nr 14, str. 3.
91. **Manecki A.**, 2003, *Obszary działań nauk mineralogicznych, i perspektywy rozwoju tych nauk w Polsce*, Prace Specjalne Polskiego Towarzystwa Mineralogicznego, zeszyt 22, str. 12-14.
92. **Manecki A., Parachoniak W.**, 1981, *Materiały do ćwiczeń z petrografii*, AGH, skrypty uczelniane nr 821, Kraków.
93. **Manecki A., Muszyński M.** (red.), 2008, *Przewodnik do petrografii*, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowe – Dydaktyczne, Kraków.
94. **Mańkowska A., Zalewska B.**, 1963, *Przeglądowa mapa surowców skalnych Polski*, arkusz C3 Płock, Instytut Geologiczny, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
95. **Marocchi M., Dellisanti F., Bargossi G. M., Gasparotto G., Grillini G. C., Luigrossi P.**, 2009, *Mineralogical-petrographic characterisation and provenance of "Porta Nuova" stones: A XVI century gate in Ravenna (Italy)*, Periodico di Mineralogia, vol. 78, 2, str. 13-28.
96. **Martínez-Torres L.**, 2009, *The Typology of Ancient Quarries within the Paleocene Limestone of Álava in Northern Spain*, Geoarchaeology: An International Journal, Vol. 24, nr. 1, str. 42-58.
97. **Martini M., Milazzo M., Piacentini M.**, 2004, *Scientific methods and applications to archaeological provenance studies*, Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi" Course CLIV IOS Press, Amsterdam.
98. **Michniewicz J.** 2006, Proweniencja surowca rzeźb i kolumn ze Strzelna z kolekcji Muzeum Narodowego w Poznaniu w świetle badań petrograficznych, Ochrona Zabytków nr 1, str. 91-102.
99. **Michniewicz J., Nawrocka D., Pazdur A., Żurakowska M.**, 2007, *Issue of Actual Chronology of a Romanesque Chapel at the Wleń Castle (Lower Silesia, Poland) in the Light of Mortar Radiocarbon Dating*, Geochronometria 26, str. 31-33.
100. **Migaszewski Z., Narkiewicz M.**, 1983, *Identyfikacja pospolitych minerałów węglanowych przy użyciu wskaźników barwiących*, Przegląd Geologiczny, nr 4, str. 258-261.
101. **Miks-Rudkowska N.**, 1973, *Rzemiosło kamieniarskie Kielecczyzny (zarys historyczny)*, Rocznik Muzeum Świętokrzyskiego nr 8, str. 41-60.
102. **Mizerski W.** 2009, *Geologia Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
103. **Morawiński J.**, 1938, *Kościół romański Świętego Idziego w Inowłodzu*, Warszawa.
104. **Mrozek M.**, 2005, *Surowce skalne romańskiej kolegiaty w Kruszwicy*, Studia Lednickie t. VIII, str. 275-282.
105. **Mrozek-Wysocka M., Szczepaniak M., Nawrocka D.**, 2008, *Analiza petrograficzna w badaniach starożytnych i średniowiecznych kamiennych elementów architektury i zapraw na wybranych przykładach, [w:] Petroarchaeology in the Czech Republic and Poland At the beginning of the 21st century*, Materiały 4 Międzynarodowego sympozjum petroarcheologicznego we Wrocławiu, 11-13.10.2007, Ustav geologických ved PrF MU v Brne, Brno, str. 111-119.
106. **Nadolski A., Abramowicz A., Poklewski T., Kašinowski A.**, 1960, *Łęczyckie opactwo Panny Marii w świetle badań z lat 1954-56*, Prace i materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, seria archeologiczna nr 4.
107. **Narkiewicz M., Dadlez R.**, 2008, *Geologiczna regionalizacja Polski – zasady ogólne i schemat podziału w planie podkenozoicznym i podpermskim*, Przegląd Geologiczny, nr 5, str. 391-397.
108. **Nawrocka D., Czernik J., Goslar T.**, 2009, *¹⁴C dating of carbonate mortars from Polish and Israeli sites*, Radiocarbon, vol 51, nr 2, str. 857-866.
109. **Nawrocki K.**, 1999, *Żarnów wczoraj i dziś*, Towarzystwo Przyjaciół Żarnowa, Żarnów.
110. **Nowacki K.**, Szczegółowa mapa geologiczna Polskie w skali 1: 50 000, arkusz Dąbie (551), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
111. **Penkala T.**, 1972, *Zarys krystalografii*, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa.
112. **Peszat Cz.**, Własności techniczne piaskowców Gór Świętokrzyskich, Biuletyn Geologiczny AGH nr 8, Kraków, str. 11-54.

113. **Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R.**, 1987, *Sand and sandstone*, Springer – Verlag, New Jork.
114. **Pieńkowski G.**, 2004, *The epicontinental Lower Jurassic of Poland*, Special Papers nr 12, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
115. **Piotrowski J., Piotrowska K.**, 2004, *Słownik jednostek litostratygraficznych Polski, Jednostki nieformalne mezozoiku i kenozoiku*, tom IV, wersja elektroniczna: www.pig.gov.pl.
116. **Poklewski T., Tomaszewski Z.**, 1956, *Ślady starszej budowli w kolegiacie romańskiej w Tumie, pow. Łęczycza*, Acta Archaeologica Universitatis Lodziensis, nr IV.
117. **Polański K.**, 2008, *Analityczna mikroskopia elektronowa w badaniach kryształów [w:] Kryształy w przyrodzie i technice*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str. 173-190.
118. **Pożaryski W.**, 1971, *Tektonika elewacji radomskiej*, Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, nr 41, Kraków, str. 169–178.
119. **Praca zbiorowa**, 1953, *Przewodnik Wycieczkowy Narady Państwowej Służby Geologicznej*, Państwowy Instytut Geologiczny Warszawa.
120. **Praca zbiorowa**, 1966, *Monografia złóż materiałów kamiennych w Polsce i ich przydatności do celów drogowych, Okręg południowo – centralny Polski*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
121. **Pracejus B.**, 2008, *The ore minerale under the microscope. An optical guide*, Atlases in Geoscience, 3.
122. **Premik, J.**, 1924, *Sprawozdanie z badań geologicznych w okolicy Olewina, Kraszkowic, Burzenina, Widawy i Szczercowa*, Państwowy Instytut Geologiczny, Posiedzenia naukowe, nr 8.
123. **Przybyłowicz T.**, 1967, *Petrografia dolnego liasu środkowej części Doliny Kamiennej*, Archiwum Mineralogiczne, tom 27, z. 2, str. 121-172.
124. **Racinowski R., Szczypek T., Wach J.**, 2001, *Prezentacja i interpretacja wyników badań uziarnienia osadów czwartorzędowych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
125. **Radwan M.**, 1963, *Rudy, kuźnice i huty żelaza w Polsce*, Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa.
126. **Ratajczak T.**, (red) 2005, *Zastosowanie metod stereologicznych i analizy obrazu do opisu cech strukturalno – teksturalnych wybranych odmian skał*, Polskie Towarzystwo Mineralogiczne, Prace Specjalne, Zeszyt 27, Kraków.
127. **Ratajczak T.**, 2005, *Mikroskopowe pomiary ilościowe skał - rys historyczny, [w:] Zastosowanie metod stereologicznych i analizy obrazu do opisu cech strukturalno – teksturalnych wybranych odmian skał, Polskie Towarzystwo Mineralogiczne, Prace Specjalne, Zeszyt 27, Kraków, str. 9- 19.*
128. **Ratajczak T., Magiera J., Skowroński A., Tumidajski T.**, 1998, *Ilościowa analiza mikroskopowa skał*, Wydawnictwa AGH, Kraków.
129. **Rižnar I., Jovanovič D.**, 2006, *Stone material of regional provenance from Sirmium*, Starinar LVI, str. 139-152.
130. **Roniewicz P.**, 1999, *Przewodnik do ćwiczeń z geologii dynamicznej*, Polska Agencja Ekologiczna S.A., Warszawa.
131. **Rydzewski A.**, 1975, *Mikrofacjalne badania petrograficzne dolnotortońskich wapieni litotamniowych pasma wójcowsko – pińczowskiego*, Przegląd Geologiczny, nr 1, str. 8-12.
132. **Ryka W., Maliszewska A.**, 1991, *Słownik petrograficzny*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
133. **Sachanbiński M., Girulski R., Bobak D., Łydzba-Kopczyńska B.**, 2008, *Prehistoric rock crystal artefacts from Lower Silesia (Poland)*, J. Raman Spectroscopy 39, str. 1012-1017.
134. **Scholle P, Ulmer-Scholle D.**, 2003, *A Color Guide to the petrography of carbonate rocks: grains, textures, porosity, diagenesis*, AAPG Memoir 77, Oklahoma.
135. **Senkowiczowa H.** (red.), 1970, *Stratygrafia mezozoiku obrzeżenia Gór Świętokrzyskich*, Prace Instytutu Geologicznego, tom LVI, Warszawa.
136. **Sikora J.**, 2007, *Polska Centralna we wczesnym średniowieczu w świetle badań archeologicznych i osadniczych*, Slavia Antiqua, tom 48, str. 125-156.
137. **Skoczylas J.**, 1989, *Budowa geologiczna i surowce mineralne regionu Jeziora Lednickiego*, Studia Lednickie nr 1, str. 209-224.
138. **Skoczylas J.**, 1994a, *Pozyskiwanie surowców skalnych dla budowli lednickich*. Prace Komisji Archeologicznej Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, nr 12. str. 49-55.
139. **Skoczylas J.**, 1994b, *Użytkowanie surowców skalnych w początkach państwa polskiego Wielkopolsce, [w:] Użytkowanie surowców skalnych w początkach państwa polskiego, I Seminarium Petroarcheologiczne, Poznań str. 63-74.*
140. **Skoczylas J.**, 1998, *Zakres, możliwości i rezultaty badań metodami geologicznymi archeologicznych zabytków kamiennych*, Nauki przyrodnicze i fotografia lotnicza w archeologii, Poznań, 161-172.
141. **Skoczylas J.**, 2005, *Wykorzystanie surowców skalnych we wczesnoromańskiej architekturze na Ostrowie Tumskim, [w:] Poznań we wczesnym średniowieczu. Tom V*, Wydawnictwo Poznańskie, Poznań, str. 111-122.

142. **Skoczylas J.**, 2008, *The use of the Brzezno sandstone in the medieval building industry of Wielkopolska (Greater Poland)* [w:] *Petroarchaeology in the Czech Republic and Poland At the beginning of the 21st century*, Materiały 4 Międzynarodowego sympozjum petroarcheologicznego we Wrocławiu , 11-13.10.2007, Ustav geologických ved PrF MU v Brne, Brno.
143. **Skoczylas J., Michniewicz J.**, 2005, *Średniowieczne zaprawy murarskie na Ostrowie Tumskim w Poznaniu*, [w:] *Poznań we wczesnym średniowieczu*, Tom V, Wydawnictwo Poznańskie, Poznań, str. 147-159.
144. **Skoczylas J., Prinke A.**, 1981, *Z historii zastosowania badań petrograficznych w archeologii Polskiej*, Acta Universitatis Vratislaviensis, Prace mineralogiczno – petrograficzne VIII, nr 521.
145. **Skoczylas J., Walendowski H.**, 2000, *Wykorzystanie surowców skalnych w architekturze Ostrowa Tumskiego w Poznaniu*, [w] *Geologia i ochrona środowiska Wielkopolski*, Poznań, , str. 139-155.
146. **Štelcl J., Malina J.**, 1975, *Základy Petroarcheologie*, Universita J. E. Purkyně, Brno.
147. **Sygietyńska H.**, 1978, *Kamień w architekturze i rzeźbie Warszawy*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
148. **Szydłowski M.**, 2009, *Zabytki kamienne (niekrzemienne) ze stanowiska Polesie 1, gm. Łyszkowice*. Fundacja Badań Archeologicznych im. prof. Konrada Jażdżewskiego, maszynopis opracowania.
149. **Szymczak J.**, 2006, *Ruda kasztelania rudzka w Polsce Piastowskiej*, [w:] *Ruda 900 lat historii*, Wieluńska biblioteka regionalna, nr 20, Wieluń, str. 12-20.
150. **Świechowska E., Mischke W.**, 2001, *Architektura romańska w Polsce. Bibliografia*, Wydawnictwo DiG, Warszawa.
151. **Świechowski Z.**, 1950, *Architektura granitowa Pomorza Zachodniego w XIII w.*, Poznań
152. **Świechowski Z.**, 1954, *Opactwo sulejowskie, monografia architektoniczna*, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Prace Komisji Historii sztuki, Tom IV, Zeszyt 2, PWN, Warszawa.
153. **Świechowski Z.**, 1963, *Budownictwo romańskie w Polsce. Katalog zabytków*, Wrocław.
154. **Świechowski Z.**, 2000, *Architektura romańska w Polsce*, Wydawnictwo DIG, Warszawa.
155. **Teofilak–Maliszewska A.**, 1967, *Petrografia osadów liasu na Niżu Polskim*, Biuletyn 207, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, str. 67-144.
156. **Teofilak–Maliszewska A.**, 1971, *Petrografia osadów liasu w północnym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich*, Biuletyn 216, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, str. 107-181.
157. **Tokarski J.**, 1928, *Petrografia ze szczególnym uwzględnieniem Ziemi Polski*, K. S. Jakubowski, Lwów.
158. **Toman R.**, 2008, *Sztuka romańska. Architektura, rzeźba, malarstwo*, Wydawnictwo H.F. Ullmann.
159. **Tomaszewski A.**, 1974, *Romańskie kościoły z emporami zachodnimi na obszarze Polski, Czech i Węgier*, Wrocław – Warszawa - Kraków – Gdańsk.
160. **Trzmiel B.**, 1986, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, arkusz Tomaszów Mazowiecki (667)*, Państwowy Instytut Geologiczny, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
161. **Turkowska K.**, 2006, *Geomorfologia regionu łódzkiego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
162. **Turski R.** (red.), 1986, *Gleboznawstwo, ćwiczenia dla studentów wydziałów rolniczych*, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa.
163. **Urban J., Gagol J.**, 1994, *Kamieniolomy piaskowców w dawnych ośrodkach górnictwa kamiennego północnej części regionu świętokrzyskiego jako zabytki techniki i przyrody*, Przegląd Geologiczny, nr 3, str. 193-200.
164. **Walendowski H.**, 2008, *Piaskowiec szydłowiecki*, Nowy Kamieniarz, nr 6, str. 6.
165. **Walicki M.**, 1938, *Kolegiata w Tumie pod Łęczycą*, Wydawnictwo Łódzkiego Obywatelskiego Komitetu Ratowania Kolegiaty w Tumie, Łódź.
166. **Walicki M.** (red.), 1971, *Sztuka polska przedromańska i romańska do schyłku XIII*, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa.
167. **Weber-Kozińska M.**, 1958, *Z problematyki historii kamieniarstwa w Polsce*, Kwartalnik Architektury i Urbanistyki, tom 1, str. 61-85.
168. **Weber-Kozińska M.**, 1962, *Cele i metody badań zabytkowego materiału kamiennego*, Kwartalnik Historii Kultury Materialnej, zeszyt 1 i 2, str. 182-192.
169. **Wiśniewski J.**, 1913, *Dekanat opoczyński*, Wydawnictwo Jan Kanty Trzebiński, Radom.
170. **Wrzesiński J., Wyrwa A. M.**, 2008, *Architektura świecka i sakralna średniowiecznej Wielkopolski – nowe odkrycia i interpretacje*, [w:] *Wielkopolska w dziejach*. Archeologia o regionie, Poznań, str. 153-172.
171. **Wyrwa A. M.**, 2000, *Stan i potrzeby badań archeologiczno – architektonicznych klasztorów cysterskich (linia męska i żeńska) w Polsce*, Archeologia Historia Polona, tom 10, Toruń, str. 19–62.
172. **Ziomek J.**, 2008, *Budowa geologiczna Łodzi i Regionu*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
173. **Żarnecki J.**, 2005, *Sztuka romańska*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.

SPIS RYCIN.

Rozdział II.

Strona 3.

1. Rozmieszczenie budowli romańskich w regionie łódzkim oraz złóż wybranych surowców skalnych.

Rozdział IV.

Strona 18.

2. Struktura wiekowa zachowanych w całości lub w reliktach budowli romańskich Polski.

Strona 20.

3. Zróżnicowanie rozpoznania surowcowego wyróżnionych w niniejszej pracy elementów konstrukcji budowli romańskich Polski.

Strona 21.

4. Frekwencja surowców wykorzystanych w fundamentach budowli romańskich Polski.

Strona 22.

5. Frekwencja surowców wykorzystanych w murach naziemnych budowli romańskich Polski.

Strona 23.

6. Struktura surowcowa detali architektonicznych oraz posadzek w budowlach romańskich Polski.

Rozdział VI.

Strona 48.

7. **Inowłódz.** Położenie kościoła p.w. św. Idziego na mapie topograficznej w skali 1:50 000.
8. **Inowłódz.** Widok ogólny budowli od strony południowo – zachodniej.
9. **Inowłódz.** Fragment muru ściany południowej.
10. **Inowłódz.** Powierzchnia jednego z ciosów.
11. **Inowłódz.** Piaszkowcowa płyta z krzyżem.

Strona 38.

12. **Inowłódz.** Plan kościoła z zaznaczonymi miejscami oraz oznaczeniami próbek poddanych badaniom szczegółowym.

Strona 49.

13. **Inowłódz.** Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia
14. **Inowłódz.** Wzajemne stosunki zawartości składników mineralnych i porów w piaszkowcach detali.

Strona 50.

15. **Inowłódz.** Pozycja systematyczna skał murów na tle klasyfikacji najpospolitszych skał osadowych wg J. Czerwińskiego (1955).
16. **Inowłódz.** Obraz SEM BSE przełamu ankerytytu silnie piaszczystego - próbka 236.
17. **Inowłódz.** Fotografie płytki cienkiej 231, ankerytytu silnie piaszczystego.
18. **Inowłódz.** Punktowe, półilościowe analizy chemiczne SEM EDX na powierzchni przełamu ankerytytu silnie piaszczystego IND 2.
19. **Inowłódz.** Fotografia, barwionej płynem Evamy'ego, powierzchni płytki cienkiej IND 2 ankerytytu silnie piaszczystego.

Strona 51.

20. **Inowłódz.** Pozycja systematyczna piaszkowców detali architektonicznych na tle klasyfikacji piaszkowców wg Pettijohna (1972) z późniejszymi modyfikacjami.
21. **Inowłódz.** Fotografie płytki cienkiej 1, arenitu kwarcowego.
22. **Inowłódz.** Fotografie płytki cienkiej 11, arenitu kwarcowego.

Strona 52.

23. **Inowłódz.** Dyfraktogramy próbek: 324, IND2, IND3 pochodzących z murów kościoła.

Strona 62.

24. **Ruda.** Położenie kościoła p.w. św. Wojciecha na mapie topograficznej w skali 1:50 000.
25. **Ruda.** Odsłonięta i zakonserwowana pierwotna romańska północna nawy.
26. **Ruda.** Fragment muru wykonany głównie z żelazistych piaszkowców, na powierzchniach, których widoczne są różne formy koncentracji związków żelaza.
27. **Ruda.** Górna część portalu z tympanonem.
28. **Ruda.** Powierzchnia muru wewnątrz kościoła.

Strona 56.

29. **Ruda.** Plan kościoła z zaznaczonymi miejscami oraz oznaczeniami próbek poddanych badaniom szczegółowym.

Strona 63.

30. **Ruda.** Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia.

31. **Ruda.** Wzajemne stosunki zawartości składników mineralnych i porów w piaskowcach żelazistych i węglanowych.

Strona 64.

32. **Ruda.** Pozycja systematyczna piaskowców murów na tle klasyfikacji piaskowców wg Pettijohna (1972) z późniejszymi modyfikacjami.

33. **Ruda.** Pozycja systematyczna skał ze spoiwem węglanowym na tle klasyfikacji skał osadowych wg Czerwińskiego (1955).

34. **Ruda.** Fotografie płytki cienkiej Rd3.

35. **Ruda.** Obraz SEM BSE powierzchni przełamu próbki piaskowca Rd3.

Strona 65.

36. **Ruda.** Fotografie płytki cienkiej Rd7.

37. **Ruda.** Obraz SEM BSE powierzchni przełamu próbki piaskowca Rd7.

38. **Ruda.** Dyfraktogramy próbek piaskowców żelazistych: Rd4, Rd5 pochodzących z murów kościoła.

Strona 66.

39. **Ruda.** Fotografie płytki cienkiej 313.

40. **Ruda.** Fotografia, bez polaryzatorów, odkrytej płytki 313, zabarwionej płynem Evamy'ego.

41. **Ruda.** Fotografie, bez polaryzatorów, odkrytej płytki 313, zabarwionej płynem Evamy'ego.

Strona 74.

42. **Strońsko.** Położenie kościoła św. Urszuli na mapie topograficznej w skali 1:50 000.

43. **Strońsko.** Górna część odsłoniętego lewego ościeża portalu.

44. **Strońsko.** Dolna część ościeża z fragmentami piaskowcowych ciosów.

45. **Strońsko.** Tympanon z zielonkawego, piaskowca wapnistego z przedstawieniem "smoka pożerającego szarańczę".

46. **Strońsko.** Plan romańskich murów kościoła z zaznaczonym czerwoną strzałką ościeżem, z którego pobrano próbki piaskowców do badań szczegółowych.

Strona 75.

47. **Strońsko.** Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia.

48. **Strońsko.** Wzajemne stosunki zawartości składników mineralnych i porów w piaskowcach detali architektonicznych.

Strona 76.

49. **Strońsko.** Pozycja systematyczna piaskowców detali architektonicznych na tle klasyfikacji piaskowców wg Pettijohna (1972) z późniejszymi modyfikacjami.

50. **Strońsko.** Obrazy SEM BSE powierzchni przełamu dwu próbek piaskowca ST1-1, STL2.

51. **Strońsko.** Fotografie płytki cienkiej STL2.

Strona 85.

52. **Sulejów.** Położenie kościoła p.w. św. Tomasza Kantuaryjskiego na mapie topograficznej 1:50 000.

53. **Sulejów.** Widok ogólny budowli od strony północnej.

54. **Sulejów.** Fragment muru od strony południowej z zachowanym oryginalnym oknem romańskim.

55. **Sulejów.** Powierzchnia muru ściany południowej.

56. **Sulejów.** Północne wejście do kościoła, zwieńczone tympanonem.

Strona 81.

57. **Sulejów.** Plan kościoła z zaznaczonymi miejscami oraz oznaczeniami próbek poddanych badaniom szczegółowym.

Strona 86.

58. **Sulejów.** Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia.

59. **Sulejów.** Wzajemne stosunki zawartości składników mineralnych i porów w piaskowcach murów.

Strona 87.

60. **Sulejów.** Pozycja systematyczna piaskowców murów na tle klasyfikacji piaskowców wg Pettijohna (1972) z późniejszymi modyfikacjami.

61. **Sulejów.** Fotografie płytki cienkiej arenitu kwarcowego - S3.

62. **Sulejów.** Fotografie płytki cienkiej arenitu kwarcowego - 261.

Strona 100.

63. **Tum.** Położenie kolegiaty na mapie topograficznej 1:50 000.

64. **Tum.** Widok ogólny budowli od strony południowo - zachodniej na basztę, wieżę oraz zachodnią absydę.

65. **Tum.** Fragment ściany południowej nawy bocznej.

66. **Tum.** Powierzchnia muru wieży południowej z zastosowaniem piaskowców w narożnikach.

67. **Tum.** Fragment muru z widocznymi blokami piaskowców, których powierzchnia jest gorszowana i dodatkowo obrębiona ryflowaniem.

Strona 92.

68. **Tum.** Plan kościoła z zaznaczonymi miejscami oraz oznaczeniami próbek poddanych badaniom szczegółowym.

Strona 101.

69. **Tum.** Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia.

70. **Tum.** Wzajemne stosunki zawartości składników mineralnych i porów w piaskowcach murów dwóch budowli oraz detali architektonicznych.

Strona 102.

71. **Tum.** Pozycja systematyczna piaskowców murów dwóch budowli oraz detali architektonicznych na tle klasyfikacji piaskowców wg Pettijohna (1972) z późniejszymi modyfikacjami.

72. **Tum.** Fotografie płytki cienkiej 3c.

73. **Tum.** Fotografie płytki cienkiej 11.

Strona 103.

74. **Tum.** Obrazy SEM BSE powierzchni przełamu próbki piaskowca 11.

75. **Tum.** Obraz mikroskopowy płytki cienkiej 3d.

Strona 123.

76. **Żarnów.** Położenie kościoła w p.w. św. Mikołaja na mapie topograficznej 1:50 000.

77. **Żarnów.** Widok ogólny północnej ściany budowli romańskiej.

78. **Żarnów.** Fragment pierwotnego romańskiego wątku muru z powierzchniami piaskowców pokrytych śladami po uderzeniach ciosaka oraz szpicy, z ryflowanym obwodem.

79. **Żarnów.** Fragment muru XVI wiecznego.

80. **Żarnów.** Ciosy piaskowca występujące w konstrukcji XX wiecznej.

Strona 109.

81. **Żarnów.** Plan kościoła z zaznaczonymi miejscami oraz oznaczeniami próbek poddanych badaniom szczegółowym.

Strona 124.

82. **Żarnów.** Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia.

83. **Żarnów.** Wzajemne stosunki zawartości składników mineralnych i porów w piaskowcach murów i detali architektonicznych.

Strona 125.

84. **Żarnów.** Pozycja systematyczna piaskowców murów i detali architektonicznych na tle klasyfikacji piaskowców wg Pettijohna (1972) z późniejszymi modyfikacjami.

85. **Żarnów.** Fotografie surowca muru budowli XII w. - arenit kwarcowy (płytką 239).

86. **Żarnów.** Fotografie surowca detalu architektonicznego XII w. (kolumna wspierająca empore), arenit kwarcowy (płytką Z4).

Strona 126.

87. **Żarnów.** Fotografie surowca muru budowli XVI w., arenit kwarcowy (płytką 59).

88. **Żarnów.** Fotografie surowca detalu architektonicznego XVI w., (portal ostrołukowy), arenit kwarcowy (płytką Z1).

89. **Żarnów.** Fotografie surowca detalu architektonicznego XVI w. (płyta z herbem Jelita Koźlerogi), arenit kwarcowy (płytką Z8).

Strona 127.

90. **Żarnów.** Obrazy SEM BSE powierzchni przełamu próbek: 68 (mur XII w.) i 59 (mur XVI w.).

91. **Żarnów.** Dyfraktogram piaskowca Z5, stanowiącego surowiec detalu XII w.

92. **Żarnów.** Fotografia (polaryzatory X) surowca ołtarza bocznego (płytką 60). Wapień litotamniowy.

Rozdział VII.

Strona 140.

93. **Inowłódz.** Ślady dawnej eksploatacji rud żelaza oraz surowców okruchowych prowadzonej po stronie zachodniej wzgórza na którym wzniesiono kościół.

94. **Inowłódz.** Odsłonięta ściana jednej z odkrywek od strony zachodniej kościoła. Widoczne są w górnej części zdjęcia kilkunastocentymetrowej miąższości bloki porozdzielane warstewkami szarych ilów.

95. **Inowłódz.** Fotografie płytki cienkiej 229, ankerytytu piaszczystego.

96. **Inowłódz.** Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia zestawione dla piaskowców białych, żółtych i różnokolorowych oraz detali architektonicznych inowłodzkiego kościoła.

Strona 141.

97. **Sulejów.** Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia zestawione dla piaskowców białych, żółtych i różnokolorowych oraz detali architektonicznych inowłodzkiego kościoła.

98. **Wąchock** - zespół historycznych kamieniołomów za stacją PKP.

99. Efekty selektywnej erozji w postaci wypłukania lamin ilasto - żelazistych. Zdjęcie z lewej powierzchnia jednego z ciosów kościoła w Sulejowie, z prawej kościoła w Wąchocku.

Strona 142.

100. **Żarnów.** Plan rozmieszczenia wychodni i odsłoneń piaskowców w okolicach Żarnowa.

101. **Żarnów.** Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia zestawione dla różnych lokalizacji terenowych oraz piaskowców murów i detali architektonicznych kościoła w Żarnowie.

Strona 149.

102. **Ruda.** Szkic występowania lokalnych zwięzłych surowców skalnych w okolicach Rudy.

103. **Olewin.** Fotografie płytki cienkiej OL2, piaskowca żelazistego.

104. **Krzyworzeka.** Fotografie płytki cienkiej KRZ3, piaskowca wapnistego.

Strona 150.

105. **Strońsko i Tum.** Zależności wartości statystycznych wskaźników uziarnienia zestawione dla piaskowców pochodzących z lokalizacji terenowych oraz kościołów w Strońsku i Tumie.

106. **Brzeźno.** Fotografie płytki cienkiej BRZ3 arenitu kwarcowego.

107. **Olszyna.** Fotografie płytki cienkiej O2 arenitu kwarcowego.

Strona 152.

108. Mapa proveniencji surowców skalnych w budowlach romańskich regionu łódzkiego.

SPIS TABEL.**Rozdział III.****Strona 15.**

1. Najczęściej wykorzystywane w badaniach archeometrycznych surowców skalnych metody analityczne.

Rozdział IV.**Strona 27.**

2. Ilościowe zestawienie pobranych próbek skał, wykonanych z nich płytek cienkich oraz zastosowanych analiz.

Rozdział VI.**Strona 39.**

3. **Inowłódz.** Oznaczenia próbek, opisy miejsc w budowlu, z których zostały pobrane i detali architektonicznych wraz z badaniami którym skały zostały poddane.

Strona 40.

4. **Inowłódz.** Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych.

Strona 57.

5. **Ruda.** Oznaczenia próbek, opisy miejsc w budowlu z których zostały pobrane i detali architektonicznych wraz z badaniami którym skały zostały poddane.

Strona 58.

6. **Ruda.** Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych.

Strona 69.

7. **Strońsko.** Sygnatury oraz miejsca pobrania próbek do badań szczegółowych wraz z analizami, którym zostały poddane.

Strona 70.

8. **Strońsko.** Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych.

Strona 72.

9. **Strońsko.** Uśredniony skład chemiczny SEM EDX piaskowców oraz spoiwa.

Strona 81.

10. **Sulejów.** Oznaczenia próbek, opisy miejsc w budowlu z których zostały pobrane i detali architektonicznych wraz z badaniami którym skały zostały poddane.

Strona 82.

11. **Sulejów.** Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych.

Strona 93.

12. **Tum.** Sygnatury oraz miejsca pobrania próbek do badań szczegółowych wraz z analizami, którym zostały poddane.

Strona 95.

13. **Tum.** Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych.

Strony 110, 111.

14. **Żarnów.** Oznaczenia próbek, opisy miejsc w budowlu z których zostały pobrane i detali architektonicznych wraz z badaniami którym skały zostały poddane.

Strony 112, 113,

15. **Żarnów.** Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych murów XII-wiecznych.

Strona 114.

16. **Żarnów.** Charakterystyka petrograficzna poszczególnych próbek surowców skalnych murów XVI i XX-wiecznych oraz detali architektonicznych.

Strony 128, 129.

17. Typy surowców skalnych zastosowane w murach oraz detalach badanych kościołów romańskich.

Rozdział VII.**Strona 153.**

18. Cechy petrograficzne białych piaskowców pochodzących z mezozoicznej osłony Gór Świętokrzyskich.

Strona 155.

19. Cechy petrograficzne żółtych piaskowców pochodzących z mezozoicznej osłony Gór Świętokrzyskich.

Strona 156.

20. Cechy petrograficzne wielobarwnych piaskowców pochodzących z mezozoicznej osłony Gór Świętokrzyskich.

21. Cechy petrograficzne czerwonych piaskowców pochodzących z mezozoicznej osłony Gór Świętokrzyskich.

Strona 157.

22. Cechy petrograficzne piaskowców kwarcowych pochodzących z obszaru Polski centralnej.

23. Cechy petrograficzne pozostałych skał analizowanych z lokalizacji terenowych.

Rozdział VIII.

Strony 162, 163.

24. Surowce skalne i ich proveniencja w budowlach romańskich regionu łódzkiego.