

Charakterystyka i proveniencja piaskowców z gotyckiego portalu bazyliki św. Elżbiety Węgierskiej we Wrocławiu

Katarzyna Zboińska^{1,2}, Wojciech Bartz¹



K. Zboińska



W. Bartz

Characterization and provenance of sandstones from the gothic portal of St. Elizabeth of Hungary basilica in Wrocław. *Prz. Geol.*, 67: 749–757; doi: 10.7306/2019.44

Abstract. The St. Elizabeth of Hungary Basilica is one of the most important and recognizable monuments of Wrocław – the capital of Lower Silesia (SW part of Poland). The origin of the church dates back to the beginning of the 13th century. The basilica received its present Gothic form in the 14th–15th centuries. At the foot of the church tower, overlooking the buildings of the nearby Market Square, there is a late-Gothic portal built in 1456. This is the oldest portal of the basilica. Adjacent to it, there are epitaphs of wealthy Wrocław burghers. These monuments are the top-class works of Silesian stonemasonry and also an interesting example of the use of natural stone in constructing architectural details. From the portal and three epitaphs (devoted to the Krapps' family, Georg Althoff Scholz and Hans Schulz von Wolkovitz), a total of ten samples of

clastic rock were collected. These were subjected to detailed petrographic and mineralogical studies in order to determine the provenance of the stone material. The research confirmed that these architectural details were made of quartz sandstones. The probable source of this material was the Cretaceous joint sandstones from the North-Sudetic Basin (Conacian, upper joint sandstone – Rakowice type).

Keywords: sandstones, petrography, provenance, Gothic portal, epitaphs

W ścisłym zabytkowym centrum Wrocławia, przy północno-wschodnim narożniku staromiejskiego Rynku, stoi kościół pw. św. Elżbiety (ryc. 1). Jest on uznawany za jeden z najcenniejszych zabytków miasta i stanowi wyraz potęgi średniowiecznych rodów mieszczańskich. W 2003 r. otrzymał miano bazyliki mniejszej, świadczące o wysokiej wartości zabytkowej i historycznej tego obiektu.

Wśród licznych portali zdobiących mury kościoła św. Elżbiety szczególną uwagę przykuwa bogato zdobiony, ostrołukowy portal u stóp monumentalnej wieży bazyliki, na jej południowej elewacji (ryc. 2). Jest to najstarszy z portali tej świątyni, gotycki, ukończony w 1456 r. (Antkowiak, 1991). Wraz z okalającymi go epitafiami stanowi interesujący przykład wykorzystania kamienia naturalnego w detalach architektonicznych i najwyższej klasy dzieło późnogotyckiej, śląskiej sztuki kamieniarskiej.

Interdyscyplinarne badania petroarcheologiczne, łączące elementy nauk o Ziemi z naukami historycznymi, przede wszystkim archeologią, a także zagadnienia zastosowania kamieni w architekturze zyskują ostatnio na popularności i doczekały się wielu opracowań naukowych (m.in. Skoczylas, 1991; Kryza, 2011; Prell, Zagożdżon, 2011; Bartz i in., 2015; Szczepaniak, 2015; Skoczylas, Gunia, 2016). Jednak o kościele św. Elżbiety we Wrocławiu wspominają nieliczni, m.in. Michniewicz (1996), Klementowski i Marcinów (2006) oraz Lorenc i Mazurek (2010).

Celem pracy jest próba określenia proveniencji materiału kamiennego użytego do wykonania późnogotyckiego portalu bazyliki św. Elżbiety Węgierskiej we Wrocławiu i trzech okalających go płyt epitafijnych: rodziny Krappów, Georga Althoffa Scholza oraz Hansa Schulza von Wolkovitz. Detale architektoniczne tego portalu i płyt, wyrzeźbione z podobnego makroskopowo piaskowca, pomimo wysokiej wartości zabytkowej nie zostały do tej pory pod-



Ryc. 1. Kościół św. Elżbiety we Wrocławiu. Fot. M. Szadkowski
Fig. 1. St. Elizabeth church in Wrocław. Photo by M. Szadkowski

dane szczegółowym badaniom. Dzięki prowadzonym pracom konserwatorskim udało się pozyskać próbki z portalu i towarzyszących mu epitafiów i opracować ich charakterystykę petrograficzno-mineralogiczną.

HISTORIA BAZYLIKI ŚW. ELŻBIETY

W 1978 r., podczas prac archeologicznych prowadzonych wokół kościoła św. Elżbiety Węgierskiej we Wrocławiu, odkryto pozostałości późnoromańskiej świątyni, zachowane w postaci kamiennej bazy budowli i fragmentów ceglanych murów (Antkowiak, 1991). Budowa tej świątyni jest datowana na pierwszą połowę XIII w. i wiązana z pierwszą lokacją miasta (Lasota, Piekalski, 1996). Ołtarz kościoła wykonano pierwotnie z granitu i cegieł. Podłoga

¹ Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski, pl. Maksa Borna 9, 50-204 Wrocław; katarzyna.zboinska@uwr.edu.pl; wojciech.bartz@uwr.edu.pl

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław



Ryc. 2. Płaskorzeźba przedstawiająca upadek gotyckiego hełmu wieży kościoła w 1529 r. Hełm podtrzymują w powietrzu aniołowie – zgodnie z legendą ich interwencja spowodowała, że podczas katastrofy nikt nie zginął (Antkowiak, 1991)

Fig. 2. Relief depicting the fall of the Gothic helmet of the church tower in 1529. The falling helmet is supported by angels – according to the legend, their intervention caused that during the catastrophe no one was killed (Antkowiak, 1991)

początkowo była drewniana. Podczas kolejnych przebudów zastąpiono ją posadzką wapienną, a później ceramiczną (Lasota, Piekalski, 1996).

Bazylikę w obecnej formie, gotyckiej, wznoszono od początków XIV w. do drugiej połowy XV w., kiedy ukończono budowę sklepienia, gotyckiego portalu oraz wieży kościoła. Ta monumentalna, trójnawowa budowla, mierząca z zewnątrz 68,2 m długości i 34,4 m szerokości (Antkowiak, 1991), jest uznawana za jeden z najważniejszych zabytków Wrocławia i Dolnego Śląska.

Początkowo wieżę świątyni wieńczył strzelisty hełm, sięgający wysokości 130,48 m i dominujący nad ówczesnymi zabudowaniami miasta (Antkowiak, 1991). Jednak w 1529 r. runął on podczas wieczornej wichury na pobliskie budynki. Wydarzenie to zostało przedstawione na pamiątkowej płaskorzeźbie, zdobiącej elewację wieży (ryc. 2). Nowe zwieńczenie, renesansowe, powstało w latach 1533–1535 i było znacznie niższe – wraz z nim wieża liczy zaledwie 86,4 m (Maciejewska, 1997).

Upadek hełmu wieży był jedną z wielu katastrof, które dotknęły kościół św. Elżbiety w ciągu wieków jego istnienia. Bazylika była wielokrotnie uszkodzana podczas pożarów, wichur i działań wojennych. Nie wiadomo, czy i jakim uszkodzeniom ulegał gotycki portal i otaczające go dziś



Ryc. 3. Gotycki portal wiodący do wieży kościoła św. Elżbiety we Wrocławiu wraz z otaczającymi go epitafiami. Wszystkie fot. K. Zboińska
Fig. 3. Gothic portal at the foot of the tower of the St. Elizabeth church in Wrocław with adjacent epitaphs. All photos by K. Zboińska

Ryc. 4. Figura św. Wawrzyńca nad portalem kościoła św. Elżbiety we Wrocławiu

Fig. 4. Figure of St. Lawrence at the foot of the tower of the St. Elizabeth church in Wrocław

płyty epitafijne, znane są jednak informacje o historycznych przebudowach portalu i zabiegach konserwatorskich (Wandrychowska, 2013a).

ARCHITEKTURA GOTYCKIEGO PORTALU

Najstarszy, gotycki portal kościoła św. Elżbiety wieńczy wimperga (ryc. 3) – dekoracyjne wykończenie o trójkątnym kształcie, z rzeźbionym ślepy masywem, tj. geometrycznym wzorem w polu trójkąta. Krawędzie wimpergi okalają ozdobne detale, zwane czołgankami (Wandrychowska, 2013a). Na szczycie wimpergi znajduje się figura św. Wawrzyńca – patrona wieży, który trzyma w ręce rusz – atrybut swojej męczeńskiej śmierci (ryc. 4). Po obu stronach wejścia są ulokowane fiale – strzeliste, smukłe, czworoboczne wieżyczki, dekorowane częściowo otworami. Ozdobne zagłębienia są wykończone trójlistnymi zwieńczeniami i tworzą trzy poziomy, z których najwyższy mieści w



Ryc. 5. Epitafium rodziny Krappów
Fig. 5. The Krapps' family epitaph



Ryc. 6. Epitafium Georga Althoffa Scholza
Fig. 6. Georg Althoff Scholz's epitaph



Ryc. 7. Epitafium Hansa Schulza von Wolkovitz
Fig. 7. Hans Schulz von Wolkovitz's epitaph

otworach kamienne popiersia kobiet i mężczyzn w strojach świeckich (Wandrychowska, 2013a).

Ściany po obu stronach portalu zdobią epitafia. Po lewej stronie znajduje się dekoracyjna płaskorzeźba z 1497 r., poświęcona rodzinie Krappów, majątnych wrocławskich mieszczan. Przedstawia ona scenę Sądu Ostatecznego (ryc. 5). Pierwotnie epitafium to było pokryte polichromią i znajdowało się w przylegającej do wieży kaplicy Krappów, rozebranej w XIX w. (Wandrychowska, 2013b). Poniżej znajduje się epitafium Georga Althoffa Scholza z 1604 r. (ryc. 6) w formie prostokątnej płyty ze znakami herbowymi. Tę dekoracyjną płytę heraldyczno-ornamentalną wykonano w stylu renesansowym i umieszczono na niej cztery owalne pola z herbami. W górnych narożach epitafium są głowy aniołków (*putta*), w dolnych wyrzeźbiono owoce (Wandrychowska, 2013c). Po prawej stronie portalu znajduje się późnogotyckie epitafium Hansa Schultza von Wolkovitz (ryc. 7), wykonane po 1505 r., składające się z dwóch płyt: górnej, przedstawiającej scenę zwiastowania Najświętszej Maryi Pannie oraz dolnej tablicy inskrypcyjnej z dwoma znakami herbowymi (Wandrychowska, 2013d). Poniżej została wbudowana marmurowa płyta inskrypcyjna, poświęcona pamięci Ehrenfrieda Fellnera i jego żony, Anny Reginy (Wandrychowska, 2013e).

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Z późnogotyckiego portalu i przyległych do niego trzech płyt epitafijnych pobrano do analiz 10 próbek piaskowców (ryc. 8). Ze względu na zabytkowe znaczenie badanego obiektu wszystkie próbki cechowały się niewielkimi rozmiarami (rzędu 2–3 cm). Wybór metod badawczych, którym poddano próbki (tab. 1), został podyktowany przede wszystkim niewielką ilością materiału skalnego pozyskanego do badań oraz chęcią otrzymania możliwie największej liczby danych.

W celu wstępnego scharakteryzowania składu mineralogicznego skał użytych do wykonania portalu i epitafiów z materiału pobranego do badań wykonano preparaty mikroskopowe i obserwowano je w świetle przechodzącym (PM) pod mikroskopem polaryzacyjnym firmy Zeiss. Wykonano także mikrografie tych skał i poddano je komputerowej analizie obrazu (CIA) z wykorzystaniem oprogramowania JMicroVision (Roudit, 2007), podczas której zmierzono wielkość ziaren mineralnych (największą średnicę zastępczą przekroju). Na podstawie wyników tych pomiarów obliczono i opisano geometryczne i statystyczne parametry uziarnienia, a także określono skład modalny próbek.

Skład mineralny spoiwa 5 próbek z portalu i epitafiów (tab. 1) określono na podstawie skaningowej kalorymetrii różnicowej i termogravimetrii (DSC-TG) przy użyciu kalorymetru Perkin Elmer STA 6000 (tab. 1). Badany materiał delikatnie zdeintegrowano w moździerzu agatowym, a przypisaną do spoiwa frakcję poniżej 63 μm odsiano na sicie. Próbkę o masie naważek od ok. 36 do 87 mg (w zależności od dostępnego materiału) analizowano w temperaturze 40–999°C, zadając prędkość podgrzewania 15°C/min.

Dwie próbki (P5 i P6 – tab. 1) poddano badaniom proszkowej dyfrakcji rentgenowskiej (PXRD) na dyfraktometrze BRUKER D5000, wyposażonym w lampę z anodą kobaltową, która pracowała w warunkach natężenia prądu do 30 mA i pod napięciem 40 kV. Zakres pomiarów wynosił od 5 do 75° przy postępie 2Theta = 0,02°/s. Interpretacji



Ryc. 8. Miejsca pobrania próbek skał z portalu i epitafiów
Fig. 8. Places of rock sampling from the portal and epitaphs

Tab. 1. Zestawienie badań, jakim poddano próbki skał okruchowych z gotyckiego portalu kościoła św. Elżbiety we Wrocławiu i trzech towarzyszących mu epitafiów

Table 1. List of samples of clastic rocks taken from the Gothic portal and three adjacent epitaphs from the St. Elizabeth church in Wrocław with information about the conducted analyzes

Nazwa próbki Sample name	Miejsce pobrania próbki Place of sampling	PM	CIA	DSC-TG	XRD	SEM-EDS	CL
P1	Pinakiel od strony wschodniej, I poziom dekoracyjnych zagłębień <i>Pinnacle from the E side, 1st level of decorative hole</i>	+	+				
P2	Pinakiel od strony zachodniej, I poziom dekoracyjnych zagłębień <i>Pinnacle from the W side, 1st level of decorative hole</i>	+	+	+		+	+
P3	Epitafium rodziny Krappów, część dolna <i>The Krapps' family epitaph, the lower part</i>	+	+				
P4	Epitafium Georga Althoffa Scholza, część dolna <i>The Georg Althoff Scholz's epitaph, the lower part</i>	+	+	+			
P5	Epitafium Hansa Schulza von Wolkovitz, skrzydło archanioła Gabriela <i>The Hans Schulz von Wolkovitz's epitaph, wing of the archangel Gabriel</i>	+	+	+	+		+
P6	Styk bloków ponad gzymsem, poniżej marmurowego epitafium Ehrenfrieda Fellnera i jego żony, Anny Reginy <i>The contact of the blocks above the cornice, below the marble epitaph of Ehrenfried Fellner and his wife, Anna Regina</i>	+	+				
P7	Pinakiel od strony wschodniej, dolna część <i>Pinnacle from the E side, the lower part</i>	+	+	+	+	+	
P8	Ościeże od strony wschodniej <i>Jamb from the E side</i>	+	+			+	
P9	Ościeże od strony zachodniej <i>Jamb from the W side</i>	+	+				
P10	Styk bloków kamiennych pod gzymsem <i>Contact of stone blocks under the cornice</i>	+	+	+			+

PM – obserwacje pod mikroskopem polaryzacyjnym / *observation under the polarizing microscope*; **CIA** – komputerowa analiza obrazu / *computer image analysis*; **DSC-TG** – skaningowa kalorymetria różnicowa / *differential scanning calorimetry*; **XRD** – dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego / *X-ray diffraction*; **SEM-EDS** – skaningowa mikroskopia elektronowa – elektrony wstecznie rozproszone / *scanning electron microscopy – back scattered electrons*; **CL** – katodoluminescencja / *cathodoluminescence*

uzyskanych dyfraktogramów dokonano z użyciem oprogramowania *X'Pert High Score Plus*.

Trzy próbki (P2, P6 i P7 – tab. 1, ryc. 8) napyłono węglem i analizowano z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego Jeol JSM IT-100, wyposażonego w przystawkę Oxford EDS (SEM-EDS). Badanie to umożliwiło przeprowadzenie obserwacji form mineralnych i szczegółowe określenie składu fazowego.

Ostatnią z zastosowanych metod była mikroskopia katodoluminescencyjna (CL). Wykorzystano ją do zbadania próbek P2, P5 i P10 (tab. 1, ryc. 8) z użyciem zimnej katody Cambridge Image Technology Ltd. CL mk3a.

Spoivo piaskowców z portalu i epitałów (tab. 1) poddano skaningowej kalometrii różnicowej i termograwimetrii (DSC-TG) oraz proszkowej dyfrakcji rentgenowskiej (XRD), a także obserwacjom w skaningowym mikroskopie elektronowym z przystawką EDS (SEM-EDS) oraz bada-

niom katodoluminescencyjnym (CL). Uzyskane obrazy katodoluminescencyjne porównano z wynikami badań piaskowców Dolnego Śląska, opublikowanymi przez Ehling (1999) i Szczepaniak (2015).

Na podstawie danych literaturowych (Kamieński, Kubicz, 1962; Ehling, 1999; Labus, 2011; Szczepaniak, 2015) jako potencjalne źródło materiału skalnego do budowy bazyliki św. Elżbiety wytypowano złoża ciosowych piaskowców kredowych z niecki północnosudeckiej i niecki śródsudeckiej, które były wykorzystywane do celów budowlanych w czasach historycznych. Z trzech wybranych wychodni piaskowców – typu Lwówek Śląski (cenoman), Płakowice (turon) i Rakowice (koniak) – pobrano do badań referencyjne próbki skał. Wyniki analiz mikroskopowych oraz komputerowej analizy obrazu (PM, CIA, DSC-TG, PXRD, SEM-EDS) umożliwiły porównanie mineralnego składu próbek zabytkowych i referencyjnych (tab. 2).

Tab. 2. Skład mineralny szkieletu ziarnowego i spoiwa w badanych próbkach zabytkowych i próbkach piaskowców referencyjnych
Tab. 2. Mineral composition of the grain skeleton and cement in the examined historical samples and reference sandstone samples

	Szkielet ziarnowy / Grain skeleton							Spoiwo / Cement		
	kwarc / quartz	skalenie alkaliczne i plagioklasy alkali feldspars and plagioclases	składniki lityczne lithic components	minerale nieprzezroczyste opaque minerals	muskowit / muscovite	turmalin / tourmaline	cyrkon / zircon	ilaste / argillaceous	krzemionkowe / siliceous	żelaziste / ferruginous
Próbki zabytkowe / Historical samples										
P1	+++	+	+	-	-	-	-	++ *	+++	+
P2	+++	+	+	-	-	-	-	++ (kaolinit/kaolinite) + (illit/illite)	+++	++
P3	+++	+	-	+	-	+	-	++ *	+++	+
P4	+++	+	-	+	+	-	-	++ (kaolinit/kaolinite) + (illit/illite)	+++	+
P5	+++	+	-	+	+	+	+	++ (kaolinit/kaolinite)	+++	+
P6	+++	+	+	+	-	+	-	++ *	+++	+
P7	+++	+	+	+	-	-	-	++ (kaolinit/kaolinite) + (illit/illite)	+++	+
P8	+++	+	-	-	+	+	-	++ (kaolinit/kaolinite) + (illit/illite)	+++	+
P9	+++	+	+	+	+	+	+	++ *	+++	++
P10	+++	+	+	+	+	+	+	++ (kaolinit/kaolinite) + (illit/illite)	+++	+
Piaskowce referencyjne / Reference sandstone samples										
typu / type Lwówek Śląski (cenoman / Cenomanian)	+++	+	+	+	+	+	+	++ (kaolinit/kaolinite) + (illit/illite)	+++	++
typu / type Płakowice (turon / Turonian)	+++	+	+	+	+	+	+	++ (kaolinit/kaolinite)	+++	+
typu / type Rakowice (koniak / Coniacian)	+++	+	+	+	+	+	+	++ (kaolinit/kaolinite) + (illit/illite)	+++	+

+++ znacząca zawartość składnika / abundant component;

++ składnik podrzędny / sub-component;

+ niewielka zawartość składnika / low content of component;

- składnika nie stwierdzono / component not found;

* nie analizowano szczegółowo ze względu na niedostateczną ilość materiału badawczego

* not analyzed in detail due to the insufficient amount of research material

WYNIKI BADAŃ

Próbki pobrane z gotyckiego portalu kościoła św. Elżbiety oraz trzech okalających go płyt epitafiowych reprezentują skały okruczowe frakcji piaskowej. Makroskopowo różnią się one barwą, która zmienia się od bladożółtej po szarobrazową. Na podstawie obserwacji mikroskopowych można stwierdzić, że w składzie ich szkieletu ziarnowego dominuje kwarc, stanowiący w poszczególnych próbkach od ok. 95 do 98% obj. szkieletu ziarnowego (ryc. 9). Zawartość innych ziaren, takich jak fragmenty lityczne czy składniki akcesoryczne, tj. minerały nieprzezroczyste, turmalin, muskowit i cyrkon, jest nieznaczna i nie pojawiają się one we wszystkich próbkach (tab. 2). W związku z tym można uznać, że do wykonania badanych detali architektonicznych użyto piaskowców kwarcowych.

Wielkość ziaren mineralnych jest w niewielkim stopniu zróżnicowana. W 7 z 10 zabytkowych próbek skał dominuje przedział uziarnienia 0,25–0,50 mm (tab. 3; ryc. 9), toteż należy je zaliczyć do piaskowców średnioziarnistych. Pozostałe 3 próbki cechują się dominacją drobniejszego ziarna i przedziałem modalnym ziaren w zakresie 0,125–0,25 mm (tab. 3). Zatem można je sklasyfikować jako piaskowce drobnoziarniste. Stopień obtoczenia ziaren we wszystkich próbkach jest średni do dobrego, przeważnie są one półostrokrawędziste, półobtroczone i obtroczone.

Tab. 3. Geometryczne i statystyczne parametry uziarnienia próbek skał okruczowych z późnogotyckiego portalu kościoła św. Elżbiety we Wrocławiu i trzech towarzyszących mu epitafiów

Table 3. Geometrical and statistical parameters for elastic rocks samples from the late Gothic portal from the St. Elizabeth church in Wrocław and three epitaphs

Nazwa próbki Sample name	Parametr / Parameter [mm]			
	M _d	PM	Q ₁	Q ₃
P1	0,33	0,25–0,50	0,19	0,44
P2	0,32	0,25–0,50	0,19	0,43
P3	0,27	0,25–0,50	0,19	0,36
P4	0,13	0,125–0,25	0,07	0,19
P5	0,18	0,125–0,25	0,09	0,25
P6	0,25	0,25–0,50	0,1	0,38
P7	0,28	0,25–0,50	0,11	0,4
P8	0,21	0,25–0,50	0,12	0,29
P9	0,18	0,125–0,25	0,08	0,26
P10	0,24	0,25–0,50	0,07	0,41

M_d – mediana uziarnienia – połowa ziaren jest mniejsza od mediany, a połowa większa (Folk, 1980) / median; the value in the middle of the set – half of the grain is smaller than the median, and half is larger (Folk, 1980)

PM – przedział modalny; największy (najbardziej liczny) przedział wielkości ziaren, determinujący nazwę skał okruczowych / modal interval; the largest (most numerous) grain size range, determining the name of the clastic rocks

Q₁ – I kwartył; wartość, poniżej której znajduje się 25% przeprowadzonych obserwacji (pomiarów), a 75% powyżej / I quartile; the value below which there is 25% of observations (measurements), and 75% is above

Q₃ – III kwartył; wartość, poniżej której znajduje się 75% przeprowadzonych obserwacji (pomiarów), a 25% powyżej / III quartile; the value below which there is 75% of observations (measurements), and 25% is above

Badane skały różnią się pod względem zawartości detrytycznego matriksu (reprezentowanego przez frakcję mniejszą od 0,063 mm), stanowiącego w całej populacji ziaren, w zależności od próbki, od 4% do 24%. Matrix tworzą bardzo drobne ziarna i mimo dużej liczebności objętościowo stanowią one poniżej 15% skały, co pozwala na zakwalifikowanie analizowanych piaskowców do arenitów kwarcowych (Pettijohn i in., 1987). Spoiwo tych skał jest krzemionkowo-ilaste, z domieszkami związków żelaza (tab. 2).

Na termogramach uzyskanych metodą DSC-TG (tj. krzywych termicznych i wagowych) powszechnie ujawniły się efekty wskazujące na obecność w spoiwie minerałów ilastych (Földvári, 2011), takich jak kaolinit, rzadziej illit (tab. 2). Także wyniki analizy XRD potwierdziły obecność minerałów ilastych w spoiwie, w tym refleksy o niewielkiej względnej intensywności, które zinterpretowano jako pochodzące od kaolinitu ($d = 7,18 \text{ \AA}$). Obserwacje SEM-EDS ujawniły, że minerały ilaste występują najczęściej w postaci „robakowatych” pakietów, charakterystycznych dla kaolinitu, tworzonych przez połączone ze sobą drobne blaszki (ryc. 5), a rzadziej w formie groniastej i zbitej (typowej dla illitu), obrastającej ziarna kwarcu i wypełniającej przestrzenie pomiędzy ziarnami szkieletu.

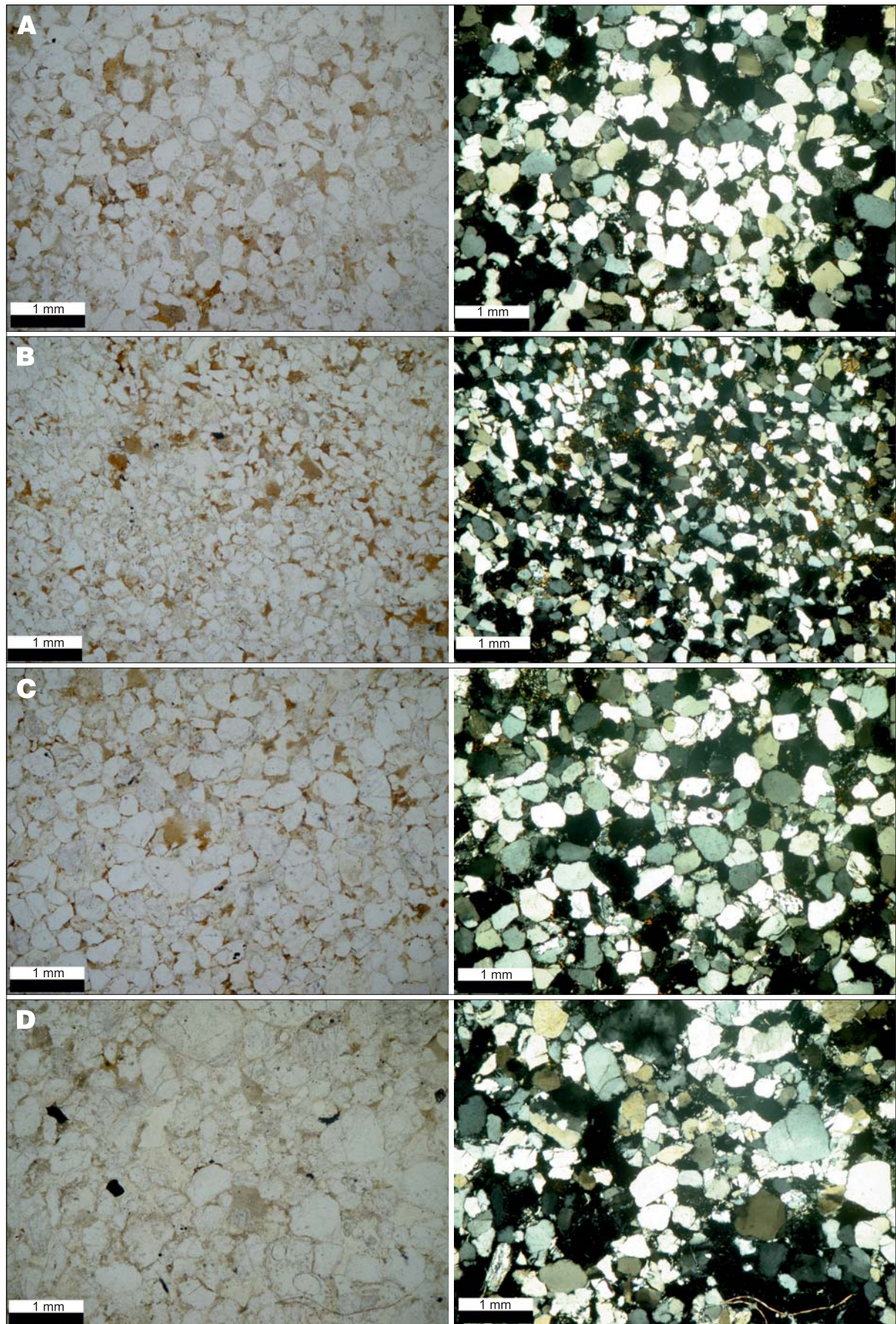
Na podstawie wyników badań DSC-TG w spoiwie badanych próbek stwierdzono kwarc, obserwowany już pod mikroskopem polaryzacyjnym, oraz hydroksytlenki żelaza: getyt $\alpha\text{-FeOOH}$ i lepidokrokit $\gamma\text{-FeOOH}$.

Rezultaty analizy termicznej wskazują na obecność w spoiwie piaskowców z portalu i epitafiów składników mniej typowych, takich jak gips i węglany (kalcyt). Obecność gipsu potwierdzają dodatkowo wyniki badań XRD (refleks $d = 7,63 \text{ \AA}$) oraz SEM-EDS, gdzie gips jest miejscami dostarczalny w postaci niedużych, krzyżujących się tabliczek, zarastających przestrzenie międzyziarnowe. Uznać należy, że minerały ilaste i hydroksytlenki żelaza stanowią pierwotny skład spoiwa, kwarc jest elementem, który pozostał w próbkach mimo odsiewania na sicie, natomiast węglany (kalcyt) i gips są substancjami wtórnymi.

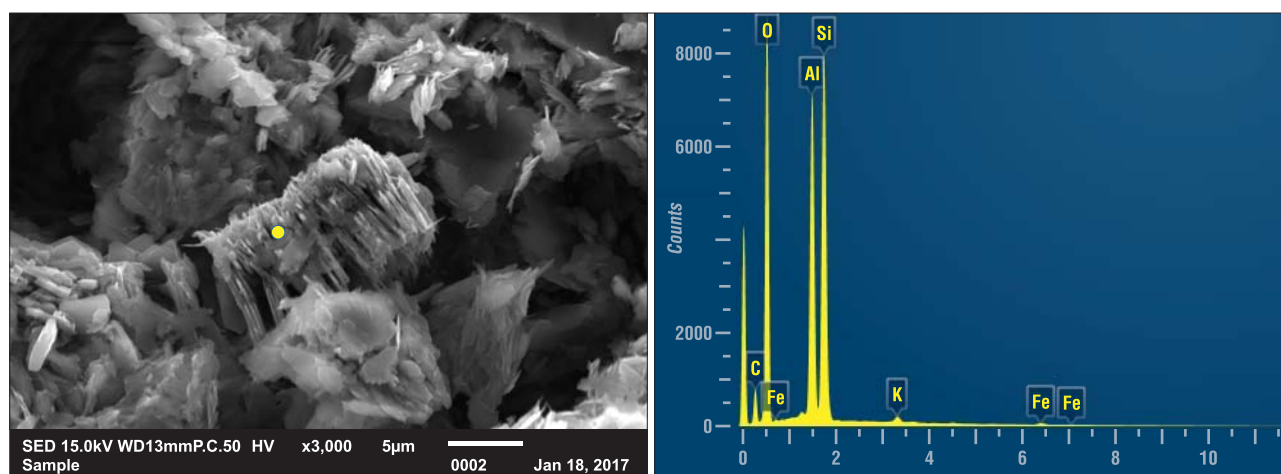
Reakcja dehydratacji gipsu jest wyraźnie dostrzegalna w analizie termicznej. Zazwyczaj ma ona przebieg 2-etapowy – najpierw gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, oddając $1,5 \text{ H}_2\text{O}$, przechodzi w półwodzian $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, a następnie woda jest całkowicie usuwana z jego struktury i powstaje $\gamma\text{-CaSO}_4$ (Földvári, 2011; Ramachandran i in., 2002).

Węglany bardzo łatwo ulegają mobilizacji, przez co mogą być rozpuszczane przez wody opadowe i odkładane w skałach przed wydobyciem ich ze złoża i wykorzystaniem do celów budowlanych (Michniewicz, 1996). Ich migrację może też powodować podsiąkanie wód gruntowych lub filtracja wód opadowych (Michniewicz, 1996). Węglany stwierdzone w badanych próbkach piaskowców mogły pochodzić z sąsiednich elementów architektonicznych – z zapraw wapiennych i detali wykonanych ze skał wapiennych (np. pobliskiej węglanowej płyty epitafiowej).

Obecność gipsu można wyjaśnić tym, że badane próbki skał pochodzą z elewacji budynku usytuowanego w centrum dużego miasta, w którego atmosferze znajdują się związki siarki pochodzące ze spalania paliw kopalnych (przede wszystkim SO_2). Związki te mogą wpływać na tempo wietrzenia skał, a w połączeniu z węglanami prowadzić do powstania gipsu (Michniewicz, 1996). Jednocześnie Michniewicz (1996) zauważa, że katalizatorem reakcji SO_2 z jonami węglanowymi mogą być takie pierwiastki, jak Fe i Mn, a jak już wspomniano, hydroksytlenki żelaza



Ryc. 9. Mikroskopowe zdjęcia skał pobranych do badań (z lewej strony – jeden nikol, z prawej – nikole skrzyżowane): **A** – mikrografia próbki P2; **B** – mikrografia próbki P5; **C** – mikrografia próbki P8; **D** – mikrografia próbki P12
Fig. 9. Microphotographs of the rocks samples (left – plane-polarized light, right – cross-polarized light): **A** – microphotograph of sample P2; **B** – microphotograph of sample P5; **C** – microphotograph of sample P8; **D** – microphotograph of sample P12



Ryc. 10. Obraz próbki P9 w elektronach wtórnych oraz widmo EDS zaznaczonego punktu

Fig. 10. SEM-SED microphotograph of sample P9 with an EDS spectrum of the selected point

są pierwotnym składnikiem spoiwa analizowanych piaskowców.

Badania katodoluminescencyjne próbek P2, P5 i P10 (tab. 1), wytypowanych do tej analizy ze względu na różnice w uziarnieniu, dowiodły, że szkielet ziarnowy badanych piaskowców jest zdominowany przez kwarc, przybierający fioletowo-brunatne barwy luminescencyjne, miejscami lekko wpadające w czerwień, lub fioletowo-niebieskie. Spoiwo w próbkach ma barwę ciemnofioletową. W obrazach katodoluminescencyjnych są wyraźnie dostrzegalne pojedyncze ziarna skaleni potasowych (o intensywnie jasnoniebieskich barwach) oraz cyrkonów. Tworzące szkielet skały ziarna kwarcu są najprawdopodobniej pochodzenia plutonicznego, o czym świadczą barwy fioletowe do niebieskich bądź brązowych z fioletowym lub niebieskim odcieniem (Götze i in., 2001). Natomiast barwy spoiwa najprawdopodobniej są związane z kaolinitem (Ehling, 1999; Szczepaniak, 2015).

DYSKUSJA

Próba określenia proveniencji piaskowców wykorzystanych do budowy portalu bazyliki św. Elżbiety Węgierskiej we Wrocławiu i przyległych do niego trzech epitafiów jest zagadnieniem istotnym między innymi ze względu na potencjalną użyteczność takich danych w celach konserwatorskich.

Na obszarze Polski różnowiekowe złoża jasnych (żółtoszarych) piaskowców kwarcowych o odpowiedniej bloczności i parametrach umożliwiającym wykorzystanie w budownictwie występują w kilku obszarach. Wymienić tu należy kredowe piaskowce z terenu Dolnego Śląska – niecki północnosudeckiej i niecki śródsudeckiej (Szczepaniak, 2015; Glapa, Sroga, 2011; Ehling, 1999; Kamiński, Kubicz, 1962), złoża jurajskich piaskowców obszaru świętokrzyskiego (Kobylec, 2008; Kamiński, Kubicz, 1962), a także kredowe piaskowce Karpat (Kobylec, 2008). Jednak w rozważaniach dotyczących pochodzenia piaskowców użytych do wykonania portalu i epitafiów kościoła św. Elżbiety we Wrocławiu pod uwagę wzięto jedynie złoża dolnośląskie. Takie założenie przyjęto ze względu na bliskość złóż piaskowców dolnośląskich, przekazy historyczne, że początki eksploatacji tych skał datuje się na XII w. (Szczepaniak, 2015), a także potwierdzone w literaturze informacje o wykonaniu części różnowiekowych zabytków Wrocławia z tych właśnie skał (Michniewicz, 1996).

Ze względu na charakterystykę petrograficzną badane piaskowce są podobne do piaskowców ciosowych wieku kredowego, występujących i eksploatowanych na obszarze niecki śródsudeckiej (region kłodzki) oraz północnosudeckiej (region bolesławiecki). Porównując cechy petrograficzne i parametry uziarnienia analizowanych próbek z danymi dostępnymi w literaturze (Ehling, 1999; Labus, 2011; Szczepaniak, 2015; Kamiński, Kubicz, 1962) można zauważyć, iż w większości wypadków zbliżone cechy mają piaskowce z regionu bolesławieckiego. Piaskowce kłodzkie, wieku cenomańskiego, zawierają domieszki glaukonitu, a piaskowce wieku środkowoturońskiego (np. z Radkowa) w szkielecie ziarnowym mają znaczne ilości skaleni, przez co ich skład jest zbliżony do arenitów arkozowych. Piaskowce górnoturońskie z tego regionu (Łężyce, Szczytna), mimo podobnego uziarnienia, charakteryzują się obecnością spoiwa krzemionkowego przy małej domieszce spoiwa ilastego, podczas gdy w analizowanych skałach mamy do czynienia ze spoiwem mieszanym, krzemionkowo-ilastym, typowym dla regionu bolesławieckiego (Labus, 2011).

Warto ponadto wspomnieć, że udokumentowana historia wydobycia piaskowców w rejonie kłodzkim (np. złożo Długopole) sięga zaledwie XVI w. (Walendowski, 2009), zatem rozpoczęła się po zakończeniu budowy gotyckiego portalu, podczas gdy wydobycie piaskowców w rejonie Lwówka Śląskiego prowadzono już w średniowieczu (Walendowski, 2010).

Piaskowce ciosowe z cenomanu, dolnego i środkowego turonu i środkowego koniakum niecki północnosudeckiej (Milewicz, 1961) w literaturze są często określane jako dolny, środkowy i górny piaskowiec ciosowy (Labus, 2009) albo też – ze względu na występowanie poszczególnych złóż w pobliżu konkretnych miejscowości – jako piaskowce typu Lwówek Śląski, typu Płakowice i typu Rakowice (Ehling, 1999). W składzie szkieletu ziarnowego wszystkich trzech wymienionych typów piaskowców dominuje kwarc, oprócz którego występują nieliczne ziarna skaleni i okruchy skał, a spoiwo jest krzemionkowo-ilaste. Skały te różnią się m.in. pod względem parametrów uziarnienia i cech spoiwa.

Cenomańskie piaskowce typu Lwówek oraz turońskie piaskowce typu Płakowice cechują się przeważnie grubszym uziarnieniem niż piaskowce użyte do wykonania portalu i epitafiów, a minerałem ilastym występującym w ich spoiwie jest głównie kaolinit. Mogą ponadto zawierać skaleni i fragmenty skał (Ehling, 1999).

Na podstawie analizy cech petrograficznych próbek piaskowców pobranych z gotyckiego portalu bazyliki św. Elżbiety we Wrocławiu, danych literaturowych oraz wyników badań kredowych piaskowców typu Lwówek Śląski, Płakowice i Rakowice, można stwierdzić, że najbardziej prawdopodobnym źródłem materiału skalnego, użytego do wykonania wymienionych elementów architektonicznych kościoła, mogą być pochodzące z niecki północnosudeckiej piaskowce koniackie typu Rakowice. Reprezentują one górny piaskowiec ciosowy i są zlokalizowane w takich złożach jak Żerkowice, Rakowice Małe i Wartowice.

WNIOSKI

Późnogotycki portal bazyliki św. Elżbiety we Wrocławiu oraz wmurowane obok niego trzy epitafia – rodziny Krappów, G.A. Scholza oraz H.S. von Wolkovitz – zostały wykonane z drobno- i średnioziarnistych piaskowców kwarcowych. Są to piaskowce o spoiwie mieszanym, krzemionkowo-ilastym, w którym oprócz kaolinitu występują także domieszki illitu. Analizowane próbki skał prawie nie zawierają skaleni i okruchów innych skał. Mają podobny skład petrograficzny, jednak wykazują niewielkie różnicowanie pod względem wielkości uziarnienia, zawartości spoiwa lub barwy.

Wyniki porównania z danymi literaturowymi oraz próbkami piaskowców z wystąpień na obszarach nieck północnosudeckiej i śródsudeckiej sugerują, że materiałem skalnym użytym do budowy kościoła są piaskowce ciosowe wieku koniackiego niecki północnosudeckiej (górny piaskowiec ciosowy – typu Rakowice). Wskazują na to wielkość ziaren badanych piaskowców oraz skład mineralny szkieletu ziarnowego i spoiwa.

Badane próbki skał noszą oznaki wietrzenia i wpływu zanieczyszczeń atmosferycznych na elementy architektoniczne bazyliki św. Elżbiety we Wrocławiu, co sugeruje obecność fazy wtórnej, jaką jest gips.

Nieznaczne różnicowanie cech piaskowców z portalu i epitafiów może być rezultatem historycznych przebudów i zabiegów konserwatorskich, m.in. uzupełnień konserwatorskich w XIX w., o których wspomina Wandrychowska (2013a).

Zbliżony skład petrograficzny, a także podobna prowadząca materiału skalnego wskazują, że prace konserwatorskie prowadzono z zastosowaniem materiału zbliżonego do oryginalnej materii zabytkowej.

Autorzy pragną serdecznie podziękować Panu Piotrowi Wanatowi (Restoart Sp. z o.o.) za pomoc w pozyskaniu próbek z portalu oraz Dr. Pawłowi Raczyńskiemu z Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego za umożliwienie wykonania badań katodoluminescencyjnych. Prezentowane dane stanowią część pracy magisterskiej pt. *Charakterystyka petrograficzna wybranych detali architektonicznych z bazyliki pw. św. Elżbiety Węgierskiej we Wrocławiu*, zrealizowanej w Instytucie Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego pod kierunkiem dr. Wojciecha Barza i obronionej w 2017 r.

LITERATURA

- ANTKOWIAK Z. 1991 – Kościoły Wrocławia. Muzeum Archidiecezjalne we Wrocławiu.
- BARTZ W., KIERCZAK J., GAŚSIOR M., WANAT P. 2015 – Historical materials from the post-Cisterian abbey in Kamieniec Żąbkowski (southwestern Poland) – application of mineralogical methods for identification of source of raw materials. *Arch. Anthropol. Sci.*, 9 (2): 279–291.
- EHLING A. 1999 – Die oberkretazischen Bausandsteine Schlesiens. Dissertation, Universität Hannover.
- FÖLDEVÁRI M. 2011 – Handbook of thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice. *Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary*: 213.
- FOLK R. 1980 – Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company.
- GLAPA W., SROGA C. 2011 – Piaskowce dolnośląskie – zagospodarowanie i eksploatacja złóż w latach 2002–2010. *Zesz. Nauk. Inst. Gosp. Sur. Min. i Energ. PAN*, 81: 209–226.
- GÖTZE J., PLÖTZE M., HABERMANN D. 2001 – Origin, spectral characteristic and practical applications of the cathodoluminescence (CL) of quartz – a review. *Mineralogy and Petrology*, 71: 225–250.
- KAMIENSKI M., KUBICZ A. 1962 – Kwasoodporność piaskowców Gór Świętokrzyskich i Dolnego Śląska na tle ich własności petrograficznych. *Wyd. Geol.*
- KLEMENTOWSKI J., MARCINÓW K. 2006 – Tempo wietrzenia piaskowcowych zabytków architektury Dolnego Śląska. *Prz. Geol.*, 54 (12): 1044–1046.
- KOBYLEC K. 2008 – Tendencje w gospodarowaniu piaskowcami budowlanymi w Polsce. *Sur. Min.*, 24 (4): 175–191.
- KRYZA R. 2011 – Kamień w architekturze i sztuce – od Asuanu do Żagania. [W:] Żelazniewicz A., Wojewoda J., Cieżkowski W. (red.), *Mezozoik i kenozoik Dolnego Śląska*. WIND, Wrocław: 195–209.
- LABUS M. 2011 – Parametry przestrzeni porowej jako determinanty podatności na wietrzenie surowców skalnych dolnośląskich piaskowców ciosowych. *Wyd. Pol. Śl.*
- LASOTA C., PIEKALSKI J. 1996 – Kościół św. Elżbiety we Wrocławiu w świetle badań archeologicznych. *Wyd. UW.*
- LORENC M.W., MAZUREK S. 2010 – Wybrane, nowe propozycje atrakcji geoturystycznych z Dolnego Śląska. *Geoturystyka*, 3–4 (22–23): 3–18.
- MACIEJEWSKA B. 1997 – Elżbietńska fara. *Wyd. Wratysłavia*.
- MICHNIEWICZ J. 1996 – Niszczenie górnokredowych piaskowców ciosowych w zabytkach Wrocławia pod wpływem zanieczyszczeń atmosferycznych. *Prz. Geol.*, 44 (3): 271–274.
- MILEWICZ J. 1961 – Uwagi o piaskowcach budowlanych rejonu Bolesławca–Lwówka Śląskiego. *Prz. Geol.*, 9 (4): 186–190.
- PETTITJOHN F.J., POTTER P.E., SIEVER R. 1987 – Sand and sandstone. Springer-Verlag.
- PRELL M., ZAGOŹDŻON K.D. 2011 – Kamień naturalny w wybranych obiektach komercyjnych Wrocławia. *Pr. Nauk. Inst. Górn. PWr.*, 133 (40): 109–121.
- RAMACHANDRAN V.S., PAROLI R.M., BEAUDOIN J.J., DELGADO A.H. 2002 – Handbook of thermal analysis of construction materials. Noyes Publications, William Andrew Publishing.
- RODUIT N. 2007 – JMicroVision: un logiciel d'analyse d'images pétrographiques polyvalent. <http://www.jmicrovision.com>.
- SKOCZYŁAS J. 1991 – Geologia a historia kultury materialnej w Wielkopolsce. *Prz. Geol.*, 39 (7–8): 337–339.
- SKOCZYŁAS J., GUNIA P. 2016 – Zastosowanie wiedzy geologicznej w archeologii. *Prz. Geol.*, 64 (9): 734–738.
- SZCZEPANIAK M. 2015 – Procesy diagenetyczne w wybranych piaskowcach Dolnego Śląska i ich znaczenie dla romańskiej architektury południowej Wielkopolski. *Bogucki Wyd. Nauk.*
- WALENDOWSKI H. 2009 – Piaskowiec z Długopola. *Minimonografie polskich kamieni budowlanych*, 42 (6): 66.
- WALENDOWSKI H. 2010 – Piaskowiec z Płakowic. *Minimonografie polskich kamieni budowlanych*, Nowy Kamieniarz, 50 (7): 110.
- WANDRYCHOWSKA D. 2013a – Kościół p.w. św. Elżbiety, Wrocław. Południowy portal na elewacji wieży. Program prac konserwatorskich – weryfikacja i zmiana programu po udostępnieniu obiektu z poziomu rusztowań. *Arch. Dolnośl. Woj. Kons. Zabytków we Wrocławiu*.
- WANDRYCHOWSKA D. 2013b – Kościół p.w. św. Elżbiety, Wrocław. Epitafium rodziny Krappów. Program prac konserwatorskich – weryfikacja i zmiana programu po udostępnieniu obiektu z poziomu rusztowań. *Arch. Dolnośl. Woj. Kons. Zabytków we Wrocławiu*.
- WANDRYCHOWSKA D. 2013c – Kościół p.w. św. Elżbiety, Wrocław. Epitafium Georga Althoffa Scholza. Program prac konserwatorskich – weryfikacja i zmiana programu po udostępnieniu obiektu z poziomu rusztowań. *Arch. Dolnośl. Woj. Kons. Zabytków we Wrocławiu*.
- WANDRYCHOWSKA D. 2013d – Kościół p.w. św. Elżbiety, Wrocław. Epitafium Hansa Schulza von Wolkowitz. Program prac konserwatorskich – weryfikacja i zmiana programu po udostępnieniu obiektu z poziomu rusztowań. *Arch. Dolnośl. Woj. Kons. Zabytków we Wrocławiu*.
- WANDRYCHOWSKA D. 2013e – Kościół p.w. św. Elżbiety, Wrocław. Epitafium Ehrenfrieda Fellnera i jego żony. Program prac konserwatorskich – weryfikacja i zmiana programu po udostępnieniu obiektu z poziomu rusztowań. *Arch. Dolnośl. Woj. Kons. Zabytków we Wrocławiu*.
- WYRWICKI R. 1988 – Analiza derywatograficzna skał ilastych. *Wyd. UW.*