

PROBLEMATYKA ZASOLENIA I ZAWILGOCENIA MURÓW ZABYTKOWEGO SPICHLERZA W KAZIMIERZU DOLNYM

¹Danuta Barnat-Hunek, ²Agnieszka Karwacka

¹Politechnika Lubelska, Katedra Budownictwa Ogólnego
Wydział Budownictwa i Architektury, ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin
e-mail: d.barnat-hunek@pollub.pl

²Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: a.karwacka@dydaktyka.pswbp.pl

Streszczenie:

W pracy scharakteryzowano główne czynniki powodujące niszczenie obiektów zabytkowych Kazimierza Dolnego wykonanych z opoki wapnistej. Woda, sole w niej rozpuszczalne, zmiany temperatury i działalność mikroorganizmów to główne przyczyny niszczenia elementów kamiennych. Oddziaływanie wymienionych czynników może być związane również z wieloma błędami konserwatorskimi podczas remontów zabytkowych obiektów. W roku 2010 przeprowadzono ocenę stanu technicznego murów zabytkowego Spichlerza Ulanowskich. Wykonano badania stopnia zasolenia i wilgotności zabytkowych murów spichlerza. Podano charakterystykę mineralogiczno-petrograficzną opoki wapnistej. Na podstawie wyników badań sformułowano ogólne zalecenia dotyczące zakresu prac remontowych fasady budynku.

Słowa kluczowe: opoka wapnista, zasolenie, zawilgocenie

Wstęp

Niekorzystną cechą opoki wapnistej z okolic Kazimierza Dolnego jest porowata struktura, która przekłada się na jej niską odporność na działanie wody. Nieodporny na wodę i mróz kamień ulega przyspieszonej destrukcji zwłaszcza, gdy znajdują się w nim sole rozpuszczalne w wodzie, które dodatkowo potęgują procesy jego niszczenia.

Opoka wapnista, z której zbudowano większość ówczesnych obiektów zabytkowych jest kamieniem szczególnie trudno poddającym się zabiegom renowacyjnym i konserwacyjnym. Jej specyficzny skład mineralny, struktura, oraz nierzadko zła konserwacja, wadliwe i nie zawsze zgodne z zaleceniami konserwatorskimi remonty są przyczyną postępujących zniszczeń obiektów (Barnat – Hunek D., Franus W., Klimek B., 2006).

Za postępującą degradację obiektów odpowiadają najczęściej:

- łuszczenie powierzchni kamienia związane ze zróżnicowaną rozszerzalnością cieplną materiałów użytych do wzniesienia murów (szczególnie widoczne na południowych fasadach), sztuczna patyna przejawiająca się szarymi, „brudnymi” wykwitami, nalotami, nawarstwieniami, korozja biologiczna: porosty, algi, mchy, duże zawilgocenie i zasolenie obiektu.

Przyczyny zniszczenia zmieniały się w czasie, tak jak zmieniało się przeznaczenie obiektów (część obiektów stanowiło magazyny nawozów sztucznych), sposób ich użytkowania, wpływ środowiska naturalnego, koryto Wisły itp.

Największym i niezmiennym czynnikiem niszczącym oprócz intensywnego wietrzenia (Pinińska J., Łukaszewski P., 2005) jest woda, która przez wiele lat rozpuszczała, wymywała, spęczniała składniki mineralne nieodpornego kamienia (Domasłowski W., 1993). Bezpośredniej przyczyny zniszczeń należy szukać w niskiej mrozoodporności kamienia, na którą niezaprzeczalny wpływ ma wysoka porowatość i nasiąkliwość wapienia. Wykonane badania porozymetryczne opoki wapnistej wykazały największą zawartość mezoporów, czyli porów o średnicach od 2 do 50 nm. Taka mikrostruktura kamienia sprzyja wchłanianiu wody kapilarnej, która podczas zamarzania rozsadza kamień. Skutki działania mrozu są szczególnie widoczne na nieosłoniętych fragmentach elewacji budynków, jak gzyms czy attyka, które narażone są na wody opadowe zawierające szkodliwe związki chemiczne (Płuska I., 2005). Zniszczenia spowodowane zanieczyszczeniami atmosferycznymi można zauważyć między innymi na okazałym szczycie najstarszego XVI-wiecznego spichlerza (Rys. 2).

Zniszczeń dokonują nie tylko temperatury ujemne, ale gwałtowne wahania temperatury, wielokrotne cykle zamarzania i odmarzania, co szczególnie uwidacznia się na południowych elewacjach budynków. Tam z reguły zniszczenia są największe, obserwuje się dezintegrację tynków, zapraw i samego kamienia (Rys. 7, 8).

Na wielu obiektach tynk wapienny nie wykazuje prawie żadnej przyczepności do podłoża jakim jest opoka wapnista (Rys. 8). Często brak oryginalnych tynków, a te które zachowały się wykazują duży stopień zwietrzenia.

Poważnym źródłem uszkodzeń związanym z wodą jest zjawisko migracji, a następnie krystalizacji soli (Rys. 12) rozpuszczalnych w wodzie (Skibiński S. 1985). Źródłem zasolenia jest między innymi zanieczyszczone powietrze w związku z bliskim sąsiedztwem Zakładów Azotowych w Puławach, które powodowało duże stężenie siarki i azotu w powietrzu. Wiele obiektów nie posiada żadnej izolacji przeciwwilgociowej, co stwarza dogodne warunki do migracji soli podciąganych kapilarnie z gruntu. W konsekwencji prowadzi to do poważnych uszkodzeń wypraw tynkarskich i samego podłoża.

W trakcie przemieszczania się na wysokości muru sole ulegają frakcjonowaniu. Zjawisko to jest wynikiem różnicy rozpuszczalności soli. Można wyróżnić trzy strefy segregacji (Adamowski J., Wydra W., 1999). W najbliższej ziemi strefie odkładają się węglany wapnia i magnezu oraz siarczan wapnia, czyli gips. Strefa druga położona nad strefą pierwszą i wykazuje największe uszkodzenia. Spowodowane jest to tym, że zalegają w niej najbardziej szkodliwe siarczany – magnezu i bezwodnego sodu. Mogą w niej również występować wykwitki azotanu potasu. W ostatniej, najwyższej położonej strefie dominują azotany: wapnia, magnezu, sodu, a także chlorki potasu i sodu (sól kuchenna). Jednocześnie jest to strefa charakteryzująca się największym zawilgoceniem.

Produkty przejścia soli z fazy ciekłej do stałej zwiększają swoją objętość. Prowadzi to bezpośrednio do wywierania ciśnienia na otaczający materiał. Ciśnienie to osiąga na tyle znaczące wartości, że po kilku cyklach krystalizacji i ponownego rozpuszczenia soli następuje dezintegracja granularna.

Czynnikiem destrukcyjnym i mało estetycznym elewacji jest korozja biologiczna, a zwłaszcza drobnoustroje autotroficzne i heterotroficzne (Domasłowski W., 1993). Algi, porosty jak i grzyby powodują powstawanie kwasów organicznych rozpuszczających składniki wypraw i samego podłoża. Na murach wapiennych można zaobserwować między innymi grzyby sadzakowate w postaci ciemnych, szpecących elewację plam. Jednym z przykładów jest południowo – wschodnia ściana spichlerza w Kazimierzu Dolnym, która sąsiaduje z wysoka zalesiona skarpą. Na rys. 9 przedstawiono bardzo niekorzystny wpływ skrajnych warunków ekspozycji zewnętrznej budynku. Czarne plamy przypominają raczej zacieki spowodowane zanieczyszczeniami atmosferycznymi i brakiem obróbki blacharskiej, niż korozję biologiczną.

Za obecny stan zachowania zabytkowych elewacji w Kazimierzu Dolnym i okolicach nie mogą ponosić odpowiedzialność tylko specyficzne właściwości kamienia; jak wysoka porowatość, niska mrozoodporność, czy też zanieczyszczenia środowiska itp. Niedopuszczalne są przede wszystkim błędy wykonawcze podczas remontów oraz zabiegów konserwatorskich. Wadliwy dobór technologii, nieodpowiednio zastosowane materiały budowlane (tynki cementowe na wapieniu, farby o niskiej paroprzepuszczalności, brak obróbek blacharskich), często nie stosowanie kompleksowych systemów naprawczych, przypadkowy dobór materiałów, przeprowadzanie remontu bez wykonania właściwej izolacji przeciwwilgociowej prowadzi do jeszcze większych, czasem nieodwracalnych szkód (Barnat – Hunek D., Franus W., Klimek B., 2006).

Opoka wapnista z której zbudowano większość obiektów Kazimierza Dolnego i okolic jest dobrym materiałem budowlanym i architektonicznym pod warunkiem zastosowania pełnej izolacji od wód opadowych i gruntowych. Wytrzymałość mokrej opoki spada nawet do 50%, a wyprawy tynkarskie nie wykazują należytej przyczepności. Za zawilgocenie murów w znacznej mierze odpowiadają niewłaściwie wykonane, bądź uszkodzone izolacje przeciwwilgociowe.

W celu oceny stanu zachowania skorodowanych murów z opoki w roku 2010 przeprowadzone badania zawilgocenia i stopnia zasolenia elewacji jednego z najstarszych obiektów Kazimierza Dolnego. Wykonano badania mineralogiczno – petrograficzne w celu dokładnej charakterystyki opoki wapnistej, zapraw i tynków użytych do wzniesienia obiektu. Na podstawie wyników badań sformułowano ogólne zalecenia dotyczące zakresu prac remontowych murów spichlerza.

Charakterystyka obiektu

Przedmiotem badań jest zabytkowy szesnastowieczny Spichlerz Ulanowskich przy ul. Puławskiej w Kazimierzu nad Wisłą (Fot. 1,2), zwany dawniej jako Spichlerz Mikołaja Przybyły. Jest to najstarszy spichlerz w tej miejscowości, wybudowany w II połowie XVI w., od II połowy wieku XIX do I wojny światowej użytkowany był jako garbarnia. W latach 1946-49 przeszedł remont, a od 1975 służył jako magazyn nawozów sztucznych Gminnej Spółdzielni Samopomoc Chłopska. Aktualnie obiekt jest własnością Muzeum Nadwiślańskiego i mieści się w nim Muzeum Przyrodnicze.



Rys. 1. Spichlerz Ulanowskich – widok ogólny Rys. 2. Trzykondygnacyjny szczyt z bogatymi sterczynami

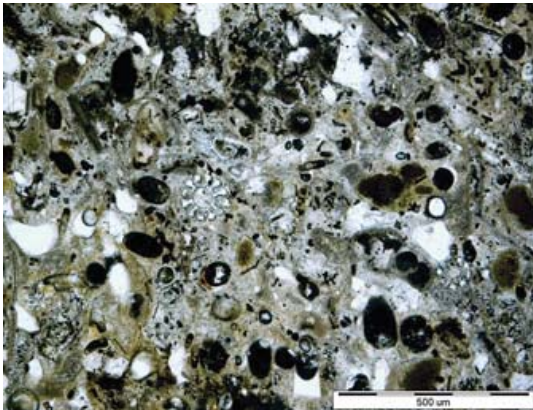
Spichlerz Ulanowskich jest budynkiem trójkondygnacyjnym, murowanym, niepodpiwniczonym. Obiekt położony jest na terenie płaskim. Spichlerz usytuowany jest kilkadziesiąt metrów od koryta Wisły tuż przy zalesionym wzgórzu. Ściany wzniesiono z opoki wapienistej – materiału charakterystycznego dla rejonu Kazimierza Dolnego. Budulec pochodzi z pobliskich kamieniołomów, które funkcjonowały jeszcze na początku XX wieku. Grubość ścian w przyziemiu waha się od około 1,00 do 1,30m. W wyższych partiach obiektu są one o około 10-15cm cieńsze. Dekoracyjne partie szczytu murowano z cegły. Więźba dachowa drewniana storczykowa z pokryciem dachówką holenderką. Elewacje budynku tynkowane w kolorze piaskowym. Tynki zewnętrzne wapienne i miejscowo cementowo – wapienne na siatce z tworzywa sztucznego pochodziły z okresu remontu w 1992 roku. Podwalina dachu zwieńczona na całym obwodzie ozdobnym gzymsem, na ścianach szczytowych zwieńczonym dachówką. Szczyty bogato zdobione sztukaterią kamienną. Od frontu na narożach znajdowały się imitacje pierwotnie występujących tutaj boni (tzw. sgraffit) (Chmielewski Ł., Gnat K., Barnat – Hunek D., 2006). W ostatnich latach przeprowadzono rewitalizację całego obiektu.

Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna opoki wapnistej

W celu zebrania danych dotyczących struktury podłoża, jego składu mineralnego i cech fizycznych wykonano badania oznaczenia składu mineralnego pobranych materiałów wykorzystując mikroskopię optyczną w świetle spolaryzowanym (Rys. 3), skaningową mikroskopię elektronową (Rys. 4) oraz dyfraktometrię rentgenowską XRD (Rys. 5). Badania mineralogiczne kamienia uzupełniono oznaczeniami teksturalnymi, wykorzystując porozymetrię rтעיową (Rys. 6).

Na dyfraktogramie składu mineralnego stwierdzono obecność kalcytu, kwarcu, glaukonitu i opalu, z którego zbudowane są igły gąbek i panczerzyki okrzemek. Potwierdziły to obrazy mikroskopu optycznego.

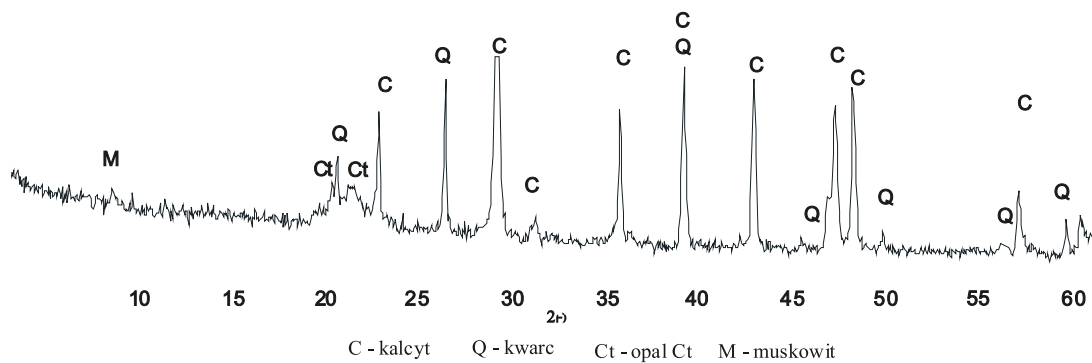
Skład chemiczny opok to węglany, głównie wapnia (CaCO_3) i magnezu (MgCO_3). Obok nich istotnym składnikiem jest krzemionka (SiO_2), które razem stanowią blisko 94%. Domieszka trójtlenku glinu (Al_2O_3), czyli korundu nie przekracza 5%. Pozostałe minerały stanowią co najwyżej 1% składu opok.



Rys. 3. Obraz mikroskopowy opoki.
Mikroskop optyczny, XN



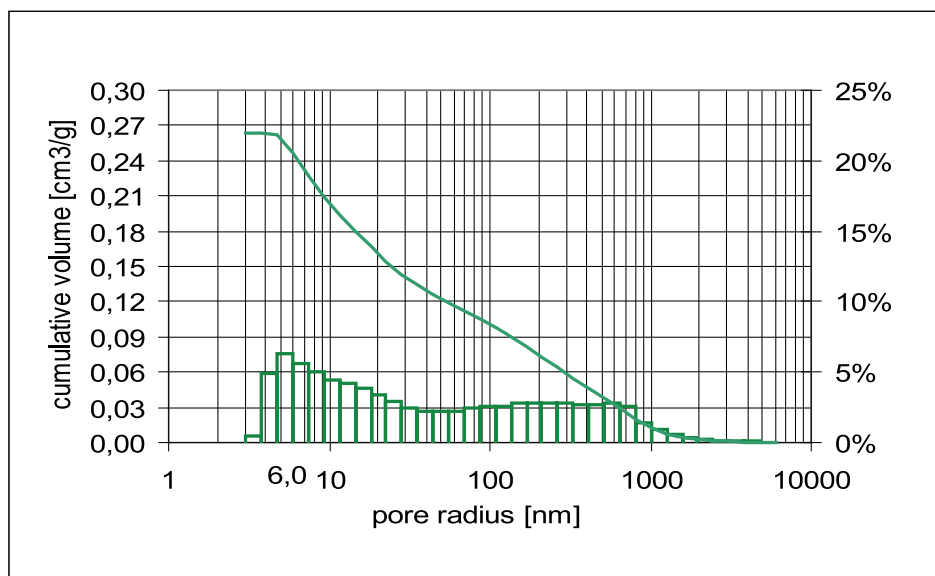
Rys. 4. Porowata struktura opoki –skaningowa
mikroskopia elektronowa SEM (x1000)



Rys. 5. Dyfraktogram składu mineralnego opoki

Zaprawa i tynk pobrane z murów spichlerza wykazują charakter wapienny. W składzie mineralnym dominuje kalcyt, któremu towarzyszą kwarc i skalenie związane głównie z wypełniaczem.

Porozymetria rtęciowa wykazała, iż w badanej skale dominują pory o średnicy 8-10 nm (Rys. 6). Są to wielkości charakterystyczne dla mezoporów zgodnie z klasyfikacją IUPAC. Porowatość tego wapienia waha się w granicach od 39,75 do 40,04 %. Gęstość właściwa wynosi od 2,48 do 2,81 g/cm³, zaś gęstość pozorna od 1,49 do 1,67 g/cm³ (badania wykonane zgodnie z PN-EN 12955:2010).



Rys. 6. Porozymetria rtęciowa opoki wapienistej z murów Spichlerza

Właściwości fizyczne i mechaniczne opok są zmienne w czasie. Opoki w złożu są skałami miękkimi, a twardnieją i stają się zwarte dopiero po wydobyciu na powierzchnię. Zasadnicze zmiany cech fizycznych zachodzą w przeciągu pierwszych sześciu miesięcy od wydobycia na powierzchnię. Parametry fizyczne i skład chemiczny opok pochodzących z kamieniołomów z okolic Kazimierza Dolnego zestawiono w Tabeli 1.

Tab. 1. Parametry fizyczne i skład chemiczny opok z okolic Kazimierza Dolnego (praca zbiorowa pod redakcją S. Kozłowskiego, 1984)

Parametr	Kazimierz Dolny	Piotrowin (Piotrawin)	Nasilów
CaO [%]	34,0 – 42,7	25,3 – 34,4	19,6 – 45,2
MgO [%]	0,7 – 0,9	0,2 – 3,3	0,4 – 1,1
SiO ₂ [%]	17,1 – 31,9	29,6 – 46,2	14,5 – 51,6

Fe ₂ O ₃ [%]		1,1 – 3,9	0,8 – 3,1	1,1 – 3,9
Al ₂ O ₃ [%]		1,3 – 2,0	1,2 – 5,2	1,0 – 4,1
CaCO ₃ + MgCO ₃ [%]		70,9	53,4	67,4
Gęstość [t/m ³]	zakres	2,4 – 2,6	2,2 – 2,6	2,5 – 2,6
	średnia	2,5	2,5	2,6
Gęstość pozorną [t/m ³]	zakres	1,3 – 1,7	1,1 – 1,5	1,3 – 1,6
	średnia	1,5	1,3	1,4
Nasiąkliwość wagowa [%]	zakres	14,1 – 29,6	22,7 – 36,8	10,5 – 30,1
	średnia	23,2	31,7	23,2
Nasiąkliwość objętościowa [%]	zakres	–	–	10,7 – 50,0
	średnia	–	–	26,7
Porowatość [%]	zakres	35,4 – 50,1	37,9 – 50,6	40,4 – 51,1
	średnia	42,3	46,5	46,2
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	średnia	15,5	13,6	14,7
	na sucho	2,6 – 19,0	–	1,5 – 18,0
	na mokro	11,8	–	9,7
Ścieralność na tarczy Bohmego [cm]	zakres	0,4 – 1,3	0,8 – 1,8	0,5 – 1,8
	średnia	0,8	1,2	1,1

Stan zachowania murów spichlerza

Główną przyczyną zawilgocenia i zasolenia murów zabytkowego spichlerza są wpływy środowiska, a także specyficzny mikroklimat panujący w Kazimierzu Dolnym. Woda zawarta w glebie i powietrzu przez dziesięciolecia ingerowała w konstrukcję budynku. Niska mrozoodporność kamienia oraz nadmierna insolacja powodują dezintegrację zabytkowych murów z opoki. Nierozłączny związek z obiegiem wody ma migracja soli zawartych w glebie i zanieczyszczonej atmosferze. Za zły stan murów spichlerza odpowiadają także występujące na elewacjach grzyby, glony i porosty. Wydzielane przez nie związki o charakterze kwasowym rozpuszczają strukturę wapienia, co w konsekwencji zwiększa jego porowatość i obniża mrozoodporność.

Elewacja północno – zachodnia (frontowa): Można zaobserwować na niej liczne ubytki i spękania tynku na siatce, który można ręcznie odsłonić (Rys. 8). Odpadająca złuszczone farba, ciemne naloty (Rys. 7). Najbardziej zniszczone są partie przyziemia. Widoczne silne zawilgocenie, a miejscami zasolenie murów. Od strony północnej ele-

wacja zachowała się w dobrym stanie, walory estetyczne zostały zachwiane przez szare nawarstwienia. Jednak podczas pobierania próbek zaprawy wiertnicą wolnoobrotową dało się zauważyć ruch pojedynczych elementów muru co pozwala stwierdzić, że nie ma między nimi silnego powiązania.



Rys. 7. Destrakcyjne działanie wody i soli



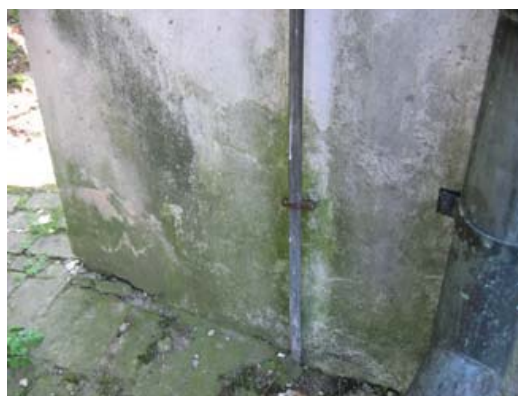
Rys. 8. Uszkodzenia tynków wapiennych na siatce – elewacja frontowa

Elewacja południowo – zachodnia: W strefie rozbryzgowej zaobserwowano ubytki tynku i farby. Elewacja ta jest najbardziej narażona na wahania temperatury i wpływ insolacji (w południe, zwłaszcza w okresie letnim dochodzi do silnego nagrzewania się muru) co szczególnie przejawia się na kamiennej przyporze (Rys. 1). W godzinach porannych panuje duża wilgotność związana z obecnością zalesionej skarpy. Na odsłoniętych fragmentach muru z opoki wapnistej występuje silne zasolenie. W budynku brak izolacji przeciwwilgociowych, a miejscami pozostały jej nieliczne fragmenty.

Elewacja południowo – wschodnia: Największe zniszczenia i ubytki tynku, łuszcząca się farba. Zawilgocenie i zasolenie murów. Na całej wysokości ściany wykwit, porosty i grzyby. Dodatkowo niszczenie elewacji powoduje woda spływająca ze stalowej konstrukcji schodów prowadzących na poddasze. Kilkanaście metrów od obiektu znajduje się zalesiona skarpa sprzyjająca korozji biologicznej (Rys. 9).



Rys. 9. Wynik działania wody, soli i korozji biologicznej

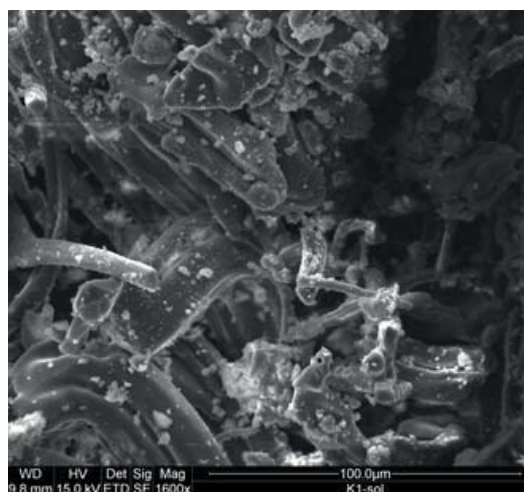


Rys. 10. Korozja biologiczna tynków przyziemia spichlerza

Elewacja północno – wschodnia: Elewacja w ciągu całego roku pozostaje zacieniona w związku z tym wpływ naprężeń termicznych jest znikomy. Występują sprzyjające warunki do rozwoju drobnoustrojów (Rys. 10). Po tej stronie obiektu występuje średnie zawilgocenie rzędu 7%. Tynki dość mocno spękane wykazują lepszą przyczepność do podłoża niż na elewacji południowej.



Rys. 11. Miejsce wykazujące największe zawilgocenie i zasolenie muru (nr 2) na elewacji północno – zachodniej (Rys. 7)

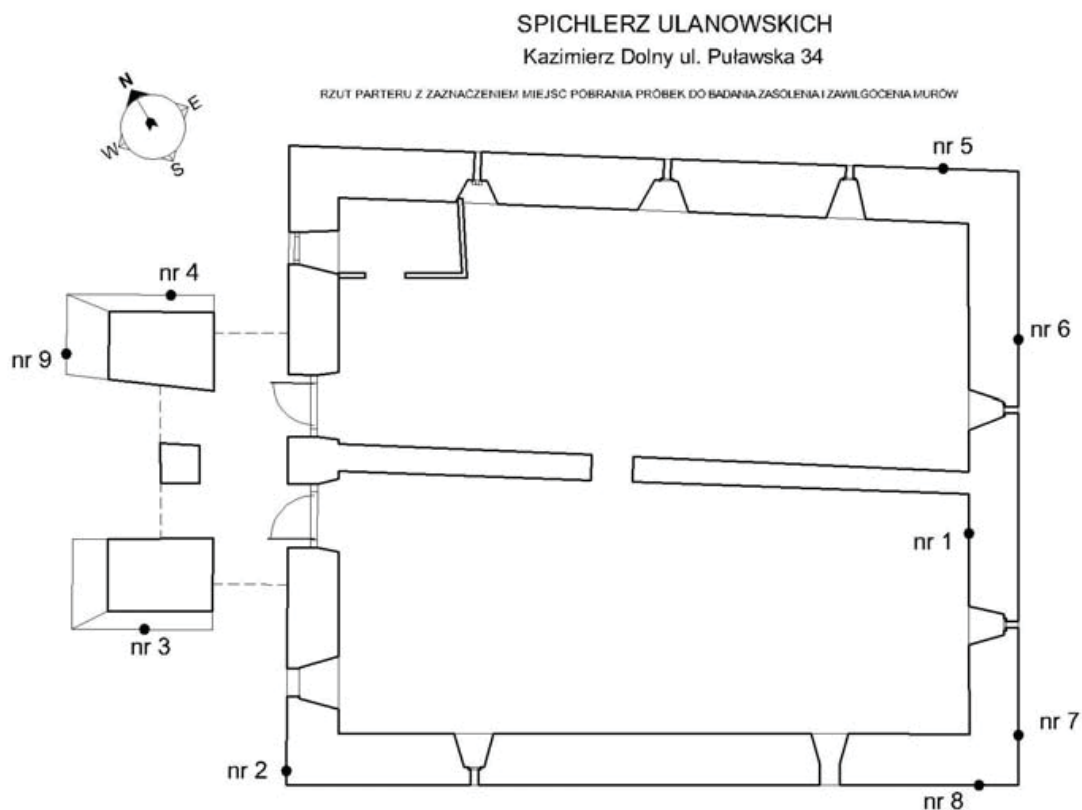


Rys. 12. Krystalizacja soli wewnątrz opoki pobranej z murów spichlerza - halit (NaCl) (x1600)

Badania wilgotności oraz stopnia zasolenia murów spichlerza

Badania próbek kamienia, zapraw i tynku pobranych z murów Spichlerza Ulanowskich przeprowadzono na przełomie czerwca i lipca 2010r.

Próbki do badań pobrano z dziewięciu stanowisk badawczych rozmieszczonych wewnątrz i na zewnątrz budynku. Miejsca poboru próbek przedstawiono na szkicu parteru spichlerza (Rys. 13).



Rys. 13. Rzut parteru spichlerza z oznaczeniem miejsc pobrania próbek do badań (Chmielewski Ł., Gnat K., Barnat – Hunek D., 2006)

O wyborze miejsca wykonania odwiertu decydował stan zachowania murów oraz występujące uszkodzenia mechaniczne i biologiczne. Odwierty badawcze wykonano przy pomocy wiertnicy wolnoobrotowej na głębokość od 5 do 18 cm na wysokości od 20 do 180 cm nad poziomem gruntu.

Badania zawilgocenia muru oraz wilgotności próbek zostały przeprowadzone przy użyciu miernika Protimeter Surveymaster SM-BLD 5350. Ponadto w warunkach laboratoryjnych wilgotność próbek została oznaczona metodą wagowo - suszarkową, która potwierdziła wskazania miernika.

Określono zawartości chlorków metodą miareczkowania argentometrycznego wobec dwufenylokarbazonu, azotanów i siarczanów metodą półilościową, kolorymetryczną. W celu oceny stopnia zasolenia przyjęto niemiecką skalę WTA – Merkblatt 2-6-99.

Do badań użyto gotowych odczynników firmy Merck pozwalających na wykrycie odpowiednich jonów oraz ich zawartości w roztworze wyrażonej w mg/l.

Wyniki przeprowadzonych oznaczeń i badań zestawiono w tabeli (Tab. 2).

Tab. 2. Wyniki badań wilgotności i stopnia zasolenia murów Spichlerza Ulanowskich.

Nr próbki	Zawartość soli						pH	Wysokość pobrania [cm]	Wilgotność**	
	Azotany [NO ₃ ⁻]		Siarczany [SO ₄ ²⁻]		Chlorki [Cl ⁻]				%	zawilgocenie
	%	Zasolenie*	%	Zasolenie*	%	Zasolenie*				
1	>0,05	niski	<1,00	średni	0,05	niski	6,0	148	10,5%	mzw
2	0,50	wysoki	1,00	średni	0,80	wysoki	6,0	163	11,6%	mzw
3	<0,05	niski	1,00	średni	0,06	niski	6,5	90	3,8%	pw
4	<0,05	niski	1,00	średni	0,04	niski	6,0	40	7,0%	szw
5	<0,05	niski	>1,20	średni	0,04	niski	7,0	25	7,2%	szw
6	<0,05	niski	>1,70	wysoki	0,05	niski	6,0	35	3,9%	pw
7	0,05 - 0,12	niski do średniego	<1,00	średni	>0,10	niski	6,0	147	8,5%	mzw
8	<0,05	niski	<0,50	niski	0,05	niski	6,0	20	9,2%	mzw
9	<0,05	niski	>1,42	średni	0,03	niski	6,0	180	5,8%	szw

* Ocena stopnia zasolenia na podstawie WTA 2-6-99-D.

** wilgotność badano metodą wagowo - suszarkową

pw – podwyższona wilgotność, szw – średnie zawilgocenie, mzw – mocne zawilgocenie.

W Spichlerzu Ulanowskich żadna z pobranych próbek nie wykazała dopuszczalnego stopnia zawilgocenia (3-5%). Stopień zawilgocenia mieścił się w przedziale od 3,8 do 11,6%.

W większości próbek nie stwierdzono obecności chlorków i azotanów. Z całej próby tylko jedna próbka pobrana ze zniszczonego, północno-zachodniego narożnika budynku (nr 2) odznaczała się bardzo dużą obecnością chlorków i azotanów.

Odmienne jest z zawartością siarczanów. Występują one niemal we wszystkich badanych próbkach za wyjątkiem jednej (nr 8). Większość próbek odznacza się umiarkowaną zawartością soli siarczanowych, jednak trzy próbki posiadają dużą lub bardzo dużą zawartość tych soli (numery 5, 6, 9).

Rozkład zasolenia oraz stężenie oznaczanych jonów w murze Spichlerza jest bardzo zróżnicowany, czego przykładem są chociażby próbki o numerach 2 i 8. Pierwsza odznacza się bardzo dużą zawartością soli azotanowych podobnie jak chlorkowych, natomiast próbka ósma jako jedyna spośród badanych zawierała śladowe ilości wszystkich rodzajów soli tj. chlorków, siarczanów i azotanów. Wysoki stopień zasolenie nie można w tym przypadku wiązać wyłącznie z wodą podciągana kapilarnie z gruntu, gdyż miejsce o najniższym zasoleniu znajduje się około 20 cm nad terenem. Natomiast największe zniszczenia spowodowane wodą i zasoleniem zlokalizowane są na elewacji frontowej 163 cm nad poziomem gruntu (Rys. 7, 11).

Podsumowanie

Stan zachowania murów i wypraw tynkarskich wielu obiektów zabytkowych Kazimierza Dolnego jest niezadowalający. Charakter opoki wapnistej zbliżony do nieodpornych na wodę wapieni oraz jej wysoka porowatość i nasiąkliwość powodują, że kamień jest podatny na działanie niszczących czynników atmosferycznych. Specyficzne właściwości podłoża, jakim jest opoka utrudniają dobór odpowiednich metod konserwatorskich.

Analizując w 2010 roku stan murów spichlerza można zalecić między innymi następujące etapy prac renowacyjnych: skucie tynków i zaprawy na głębokość 2 cm; oczyszczanie, odsalanie, odgrzybianie, uzupełnienie spoin i ubytków kamienia, hydrofobizację (zrezygnowanie z tynkowania, gdyż dotychczasowe próby tynkowania nie przyniosły oczekiwanych efektów) lub wykonanie tynków wykazujących dobrą przyczepność do opoki.

Warunkiem skutecznej renowacji będzie wykonanie izolacji przeciwwilgociowej poziomej i pionowej strefy rozbryzgowej i ścian fundamentowych oraz wykonanie obróbek blacharskich i odpowiedniego odprowadzenia wody z dachu.

Nadrzędnym celem działań konserwatorskich powinna być likwidacja i ograniczenie skutków i źródeł zawilgocenia oraz zasolenia.

Podziękowania

Wyniki prac były finansowane w ramach środków statutowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr S/14/2014

Bibliografia:

1. Barnat – Hunek D., Franus W., Klimek B., 2006: Stan zachowania i przyczyny niszczenia zabytkowych budynków z opoki wapnistej w Kazimierzu Dolnym i okolicach. Polska Mineralogia 2006. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. PAN. Kraków 18-20.09.2006.
2. Pinińska J., Łukaszewski P., 2005: Wietrzeniowa degradacja obiektów kamiennych na przykładzie wapienia detrytycznego z Józefowa. Konferencja Naukowa: Historia i współczesność górnictwa na terenie Lubelszczyzny. 7 – 8. 12. 2005 Kazimierz Dolny n. Wisłą.
3. Domasłowski W., 1993 - Profilaktyczna konserwacja kamiennych obiektów zabytkowych. Wyd. UMK Toruń, Skrypty i teksty pomocnicze, s. 1-253.
4. Płuska I., 2005: Konserwacja kamienia w architekturze i sztuce. Renowacje i Zabytki 1 (13)/2005

5. Skibiński S., 1985: Udział soli rozpuszczalnych w wodzie w procesach niszczenia kamiennych obiektów zabytkowych oraz konserwatorskie sposoby ograniczania ich działania. *Ochrona Zabytków*, Vol. 3-4 (1985), pp. 244-257.
6. Adamowski J., Wydra W., XIII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Ustroń 25-27.02.1999r. – źródło: H. Reul, Handbuch Batenschul-tz, Bausanierung. Leitfaden für die Sainerungsbranche, Rudolf Müller, Köln 1991
7. Chmielewski Ł., Gnat K., Barnat – Hunek D., 2006: Na ratunek zabytkom. Cz. II – Zasolenie i zawilgocenie murów z opoki wapnistej. *Kalejdoskop Budowlany* 2/2006. 72-76.
8. PN-EN 1936:2010 Metody badań kamienia naturalnego. Oznaczanie gęstości i gęstości objętościowej oraz całkowitej i otwartej porowatości.
9. WTA 2–6–99–D „Ergänzungen zum Merkblatt 2–2–99–D „Sanierputzsysteme”.
10. Praca zbiorowa pod redakcją S. Kozłowskiego, Surowce mineralne środkowow-schodniej Polski, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1984r.

Liczba znaków ze spacjami: 23 033