

dr hab. inż. Jerzy Bochen prof. PŚ¹⁾
ORCID: 0000-0003-4944-430X

Zastosowanie badań fizykochemicznych w diagnostyce tynków elewacyjnych obiektu zabytkowego

The use of physical and chemical tests in the diagnosis of facade renders of historic building

DOI: 10.15199/33.2023.11.03

Streszczenie. Badaniom poddano restaurowane ściany zewnętrzne ratusza miejskiego, w których wykonana została kompleksowa naprawa tynków na elewacjach. Zastosowano specjalistyczne zaprawy tynkarskie typu renowacyjnego. Po wykonaniu napraw pojawiły się jednak liczne uszkodzenia. Badania miały na celu sprawdzenie właściwości zastosowanych tynków, ustalenie przyczyn uszkodzeń i określenie wytycznych wykonania naprawy. W tym celu pobrano próbki tynków wraz z fragmentami podłoża, aby określić stopień zasolenia murów. Następnie tynki zostały poddane badaniom fizykochemicznym, które wykazały niski stopień zasolenia tynków oraz właściwości odpowiadające odmianie renowacyjnej tynków. Jest to przykład, kiedy przy niskim zasoleniu murów wysokoporowate tynki renowacyjne nie są w pełni wykorzystane i mogą być zastąpione przez tradycyjne systemowe zaprawy tynkarskie odmiany lekkiej o zwiększonej porowatości.

Słowa kluczowe: renowacja; tynk; zasolenie; właściwości fizyczne i mechaniczne.

Abstract. The restored external walls of the town hall were examined, in which comprehensive plaster repairs were made on the facades. Specialist renovation type of render mortars were used. However, after the repairs were made, numerous damages appeared. The tests were aimed at checking the properties of the renders used, determining the causes of damage and specifying repair guidelines. For this purpose, render samples were taken along with fragments of substrates to determine the degree of salinity of the walls. Then the renders were subjected to physical and chemical tests. The tests showed a low degree of render salinity and properties corresponding to the renovation type of renders. The analyzed case is an example when, with low salinity of walls, highly porous renovation plasters are not fully used and can be replaced by traditional system plaster mortars of a light variety with increased porosity.

Keywords: renovation; render; salinity; physical and mechanical properties.

Wykwity solne, obok defektów o charakterze fizycznym lub mechanicznym, są jednym z typowych symptomów zniszczenia typu chemicznego. Najczęściej diagnozowaną przyczyną powstawania wykwitów solnych na elewacjach ceglanych jest migracja wilgoci w głąb porowatych materiałów – cegły, zaprawy murarskiej i zaprawy do fugowania, po której następuje rozpuszczanie związków mineralnych i krystalizowanie ich po wyschnięciu elewacji. Wilgoć może pochodzić z podciągania kapilarnego z gruntu, opadów atmosferycznych, ewentualnie sorpcji i kondensacji. Z tego względu wykwity pojawiają się częściej i intensywniej po okresie zimowym. Do powstawania wykwitów przyczynia się skład stosowanych materiałów budowlanych. Wysoleńia mogą wynikać z wymywania wap-

na lub związków cementu, m.in. dodatków do cementu portlandzkiego. Najczęściej pojawiające się naloty to wykwity wapienne i solne, np. siarczany i chlorki [1].

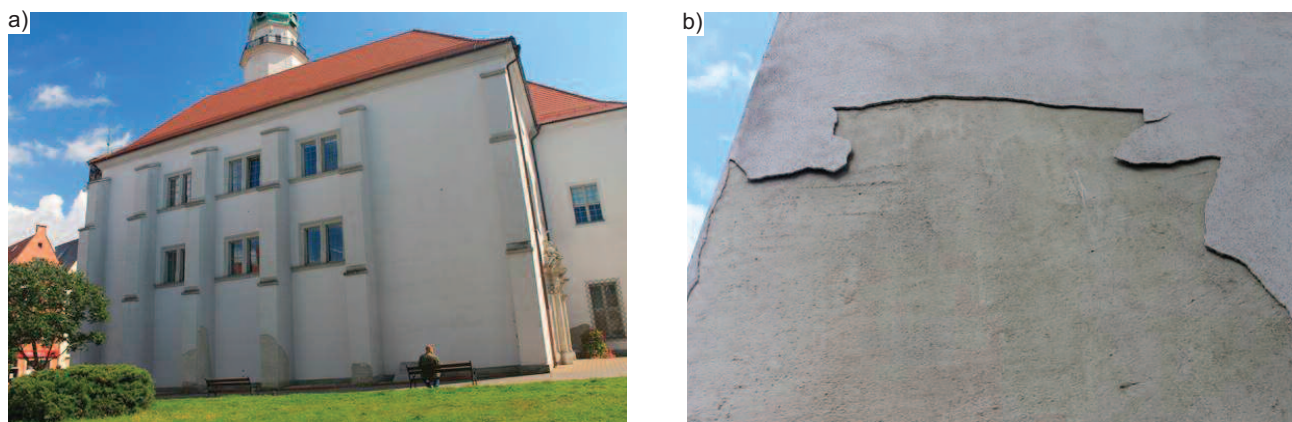
W analizowanym przypadku zabytkowego budynku ratusza miejskiego zostały wykonane nowe tynki elewacyjne o właściwościach ochronnych przed zasoleniem (fotografia 1a). Remont wykonany był w latach 2005 – 2010. Od 2014 r. na elewacjach zaczęły pojawiać się liczne i rozległe miejsca, w których zewnętrzna warstwa tzw. gładztynkowej zaczęła odpajać się i odpadać. Występowały one przede wszystkim tuż nad gruntem (fotografia 1a), ale także w partiach wyższych (fotografia 1b). Przypuszczalną przyczyną uszkodzeń tynków było wykonywanie robót tynkarskich w warunkach obniżonej temperatury (poniżej +5°C). Powodem mogło być także zastosowanie zapraw tynkarskich niezgodnych z zaleconymi w projekcie. W celu rozwiązania problemu

wykonane zostały badania tynków [2], które miały na celu określenie stopnia zasolenia murów i tynków oraz składu granulometrycznego tynków i ich właściwości fizycznych i wytrzymałościowych. Obserwacje stanu zachowania tynków oraz wyniki badań stanowiły podstawę do ich oceny i określenia sposobu naprawy.

Materiały i metody badań

Do badań dostarczono próbki fragmentów murów ścian zewnętrznych budynku ratusza wraz z tynkami, pobranych z jedenastu miejsc metodą wiercenia mechanicznego na sucho wiertłem koronkowym o średnicy 70 mm na głębokość do 40 cm. Próbki dostarczono w szczelnej osłonie z folii w celu zachowania wilgotności. Dziewięć próbek pobrano z elewacji parteru na wysokości ok. 1,0 m powyżej terenu, a dwie próbki wewnątrz pomieszczenia podziemnego na wysokości 0,65 i 0,9 m nad posadzką. Próbki nr 1 i nr 2 pobrano na elewa-

¹⁾ Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa; jerzy.bochen@polsl.pl



Fot. 1. Tynki elewacyjne budynku ratusza: a) widok ogólny budynku; b) przykładowe uszkodzenie tynku na elewacji
Photo 1. Facade renders of the City Hall building: a) general view of the building; b) exemplary damage of the facade render

cji frontowej północnej, próbki nr 3 i 4 od strony zachodniej, próbki nr 5/1, 5/2 oraz 6 od strony południowej, a próbki nr 7 i 8 od strony wschodniej. Próbki nr 9 i 10 pochodziły z kondygnacji podziemnej od strony północnej i wschodniej. Próbki z muru ceglanego (fotografia 2a) nawiercono na maksymalną głębokość 40 cm, a w przypadku twardych skał bazaltowych (fotografia 2b) odwierty wykonano o małej długości ok. 5 cm. Większość próbek zawierała w składzie tynki o pełnej grubości lub ich fragmenty na skutek uszkodzenia podczas pobierania próbki. W celu określenia ich właściwości przeprowadzono ocenę makroskopową oraz badanie wilgotności masowej, nasiąkliwości wodą, gęstości objętościowej i porowatości całkowitej, wytrzymałości na ściskanie, a także analizę granulometryczną i stężenie zasolenia w przypadku zawartości

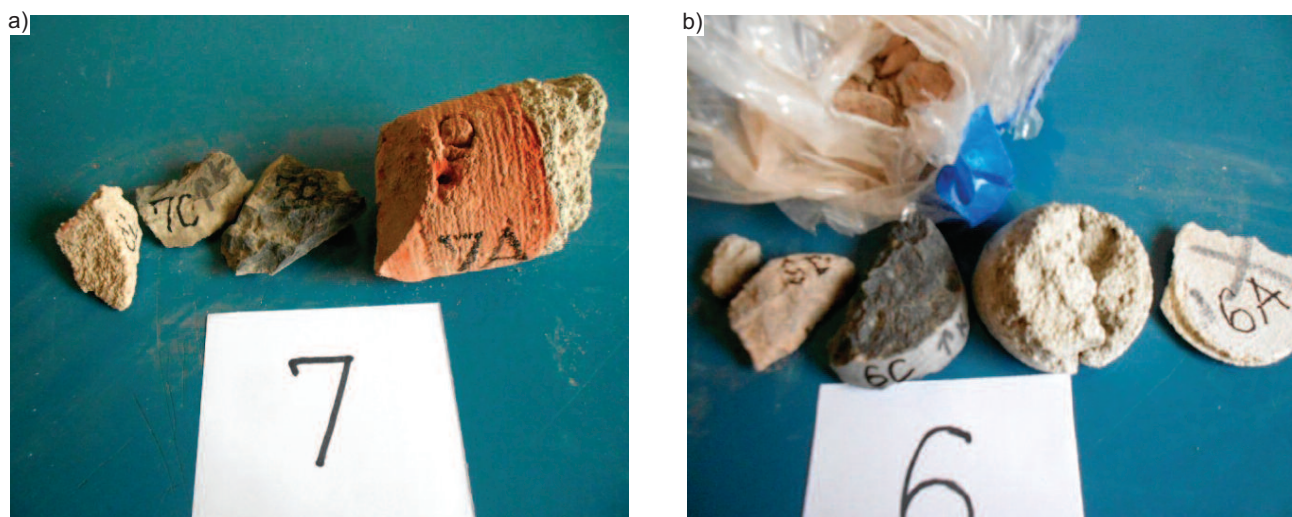
jonów chlorkowych, siarczanowych i azotowych.

Badania makroskopowe polegały na ocenie stanu fizycznego dostarczonych próbek, wyglądu tynków, układu warstw i ich grubości. Oznaczenie wilgotności tynków i podłoża wykonano typową metodą suszarkowo-wagową. W celu określenia porowatości próbek oznaczono ich nasiąkliwość zgodnie z normą PN-85/B-04500 [3].

Gęstość próbek o kształcie nieregularnym zbadano **metodą hydrostatyczną** wg normy PN-76/B-06714/05 [4]. W tym celu zważono je w stanie wysuszonym (M_s) oraz w stanie nasyconym wodą (M_n) i po zanurzeniu w wodzie na wadze hydrostatycznej (M_w). Gęstość określono jako iloraz masy suchej i objętości próbki, gdzie objętość jest różnicą masy nasyczonej i masy próbki w wodzie podzieloną przez gęstość wody.

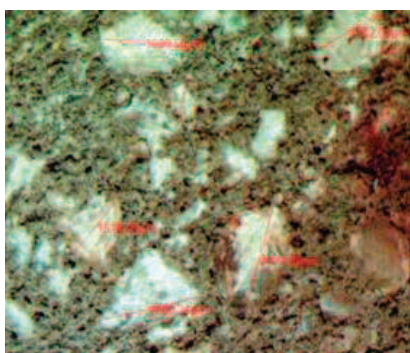
Porowatość całkowitą określono na podstawie gęstości objętościowej i rzeczywistej, którą określono w kolbie Le Chateliera [5], wsypując rozdrobniony materiał do wypełnionej wodą destylowaną kolby i ważąc odpowiednie masy przed i po wsypaniu materiału. Określając udział objętości wody zaabsorbowanej przez próbkę po nasączeniu odniesionej do objętości próbki, można było wyznaczyć porowatość otwartą. Na podstawie różnicy porowatości całkowitej i otwartej określono porowatość zamkniętą.

Wytrzymałość na ściskanie określono metodą bezpośrednią niszczącą [3] po uprzednim przygotowaniu próbek z tynków w formie kostek o boku 15 – 22 mm oraz próbek podłoża ceglanego w formie walców o średnicy 68 mm i wysokości 60 – 85 mm. Oznaczenie **składu granulometrycz-**



Fot. 2. Przykładowe pobrane próbki tynków: a) na podłożu ceglanym; b) na podłożu kamiennym
Photo 2. Exemplary samples of renders: a) on a brick base; b) on a stone base

nego kruszywa mineralnego wykonano metodą przesiewania na sucho [5]. W tym celu wytypowano fragmenty tynków, rozkruszono je w moździerzu i dodano do kwasu solnego w celu rozpuszczenia spoiwa. W niektórych tynkach kruszywo uległo rozpuszczeniu, dlatego oddzielano je od spoiwa przez rozkruszanie w moździerzu, a następnie przesiano na sitach o oczkach: 1, 2 oraz 4 mm. Dodatkowo zastosowano metodę pomiaru wielkości ziaren kruszywa na podstawie rejestrowanych obrazów w mikroskopie optycznym w ten sposób, że mierzono je, wykonując zdjęcia z pomiarem geometrii, aby odnotować największe wymiary (fotografia 3).



Fot. 3. Obraz mikroskopowy przekroju próbki narzutu tynku 7A

Photo 3. Microscopic image of the cross-section of the render coat sample 7A

Badania zasolenia chlorkami wykonano wg PN-80/C-04617/04 [6], natomiast azotanami wg PN-EN ISO 10304-1:2009+AC:2012E [7]. Do pomiarów przygotowano klarowne przesącza z wypłukanymi jonami chlorkowymi i azotanowymi, które uwolniły się do cieczy nadosadowej po przygotowaniu zawiesin z wody destylowanej i drobno rozkruszonej zaprawy tynkowej. Jony siarczanowe oznaczono z kolei metodą grawimetryczną wg EN 196-2:2005 [8], zgodnie z którą wytrąca się je chlorkiem baru do siarczanu baru. W tym celu sproszkowany materiał poddano rozтворzeniu w kwasie chłorowodorowym. Badania grawimetryczne prowadzono z użyciem wagi analitycznej o dokładności pomiarów do 0,001 g. Wyniki stopnia zasolenia przedstawiono jako udział procentowy w odniesieniu do masy pobranego wysuszonego materiału.

Wyniki badań i obserwacji

Badania makroskopowe pokazały, że tynki zewnętrzne były 3- lub 4-warstwowe i składały się z cienkiej warstwy obrzutki, warstwy narzutu oraz warstwy gładzi. Obrzutka była cienka, o grubości 2 – 3 mm, a pod nią w miejscach kamieni bazaltowych widoczna była wyrównująca zaprawa murarska grubości 20 – 30 mm. Kolejna i główna warstwa tynku to narzut, 1-warstwowy lub 2-warstwowy, z zaprawy ziarnisto-pylastej, barwy szarej, wskazującej na typ renowacyjny, o grubości 10 – 28 mm (próbki 5, 6, 7, 8), z widocznym grubym kruszywem 1,5 – 3 mm barwy jasnej. Górna zewnętrzna warstwa to gładź o grubości 3 – 5 mm.

Badania wilgotności wykazały małe zawilgocenie, które w przypadku cegły wyniosło 1,1 – 5,9%, kamienia bazaltowego 0,6 – 2,2%, a narzutu tynku zewnętrznego 0,5 – 2,7%, natomiast gładzi 0,3 – 1,3%. **Nasiąkliwość** w warstwie narzutu tynku wyniosła 18,2 – 32,4% a w warstwie gładzi 21,4 – 25,5%. W przypadku zaprawy z muru jej nasiąkliwość wynosiła 11,6 – 20,1%. Z kolei **gęstość objętościowa** w warstwie narzutu tynku miała wartość 1,34 – 1,77 g/cm³, a w warstwie gładzi 1,55 – 1,68 g/cm³. Na tej podstawie określono, że porowatość narzutu miała wartość 39,6%, a gładzi 30,7%. Średnia **wytrzymałość na ściskanie** tynku elewacyjnego osiągnęła średnią wartość 2,9 MPa w przypadku próbki nr 6, która umożliwiła przygotowanie kostek do ściskania. W związku z tym, że kostki nie były normowe, uzyskane wartości zostały skorygowane (pomniejszone współczynnikiem korekcyjnym) ze względu na efekt skali. Z kolei wytrzymałość na ściskanie podłoża ceglanego uzyskała wartość 6,3 – 18,5 MPa (średnio 11,0 MPa).

W celu wykonania **badania granulometrycznych** oddzielone zostały ziarna kruszywa w tynkach, a następnie po przesianiu ich na sitach wydzielono frakcje 0 – 1 mm, 1 – 2 mm i 2 – 4 mm (fotografia 4) z ogólnej masy kruszywa i określono ich udział w tej masie. Wyniósł on w przypadku poszczególnych frakcji wypełniacza odpowiednio 44, 40 oraz 16%. Dodatkowo w przypadku weryfikacji pomiaru wielkości ziaren kruszywa zastosowano metodę optyczną pod mikroskopem stereoskopowym.

Dla poszczególnych próbek nr 1 – 3 oraz nr 4 – 8 wykonywano zgłady powierzchni, w których odsłonięte zostały ziarna kruszywa metodą kolejnych szlifów (metoda własna na potrzeby tej pracy). Powierzchnie poszczególnych próbek obserwowano w powiększeniu 10-krotnym. Następnie odczytywano rozmiary największych ziaren, które wyniosły 2,55 – 3,98 mm (fotografia 3). Na podstawie zastosowanej metody obserwacji mikroskopowych nie stwierdzono ziaren kruszywa większych od 4 mm.

W celu określenia **stopnia zasolenia** z każdej próbki pobierano fragmenty materiału podłoża w miejscu tuż pod tynkiem. W zależności od typu próbki była to zaprawa wyrównująca (na podłożu bazaltowym), cegła lub zaprawa między cegłami. Materiały te zostały następnie rozkruszone i przygotowano zawiesiny z użyciem wody destylowanej do oznaczenia jonów chlorkowych i azotanowych w wodzie nadosadowej. Siarczany wymywane były roztworem kwasu. Pierwszymi badaniami chemicznymi, dającymi ogólny pogląd na jakość próbek, były natomiast badania odczynu i przewodności wody nadosadowej. Przewodność jest parametrem mówiącym o ogólnym zasoleniu, bez podawania jakimi jonami. Zasolenie pochodzi od źró-



Fot. 4. Wydzielone z narzutu tynku frakcje wypełniacza 0 – 1 mm, 1 – 2 mm i 2 – 4 mm
Photo 4. Filler fractions separated from the render coat: 0 – 1 mm, 1 – 2 mm and 2 – 4 mm

deł zewnętrznych, ale również wewnętrznych (spoiwo może rozpuszczać się jeśli jest chemicznie zdegradowane). Im więcej w roztworze jest substancji rozpuszczonej – zdysocjowanej, tym otrzymujemy większe wartości zasolenia ogólnego. Woda destylowana użyta w badaniach charakteryzowała się przewodnością 2,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ oraz $\text{pH} = 7,9$ i została ona użyta do wyekstrahowania oznaczanych jonów, w wyniku czego próbki osiągnęły formę zawiesiny. Zastosowano jednakowe rozcieńczenie w przypadku wszystkich próbek, wynoszące masowo 1 : 10 (masa próbki: masa wody destylowanej). Przebadano 9 próbek podłoża ceglanego lub zaprawy $\text{pH} 8,0 - 10,6$ i przewodności 65 – 3350 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Z kolei pH czterech próbek tynków wyniosło 8,4–10,7, a przewodność 328 – 737 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Stopień zasolenia określono laboratoryjnie w procentach, w stosunku do masy. Pod uwagę wzięto azotany, siarczany i chlorki. Wartości te stanowią podstawę do zaprojektowania układu i grubości warstw systemu tynków renowacyjnych w świetle wytycznych WTA [9]. Wartość i rodzaj stopnia zasolenia określają Wytyczne Instrukcji WTA (tabela 1). Wyniki pokazują też, że w zaprawach między cegłami próbek 9A i 10A pobranych z podziemia wystąpił podwyższony, średni stopień zasolenia azotanami oraz wysoki stopień zasolenia chlorkami (tabela 2, rysunek). Koresponduje to z zaobserwowanymi zanieczyszczeniami pobranego tynku i przypuszczalnie może być skutkiem zanieczyszczenia muru np. przez obecność zwierząt.

Tabela 1. Wartości i rodzaje stopnia zasolenia w murze, wg WTA [9]

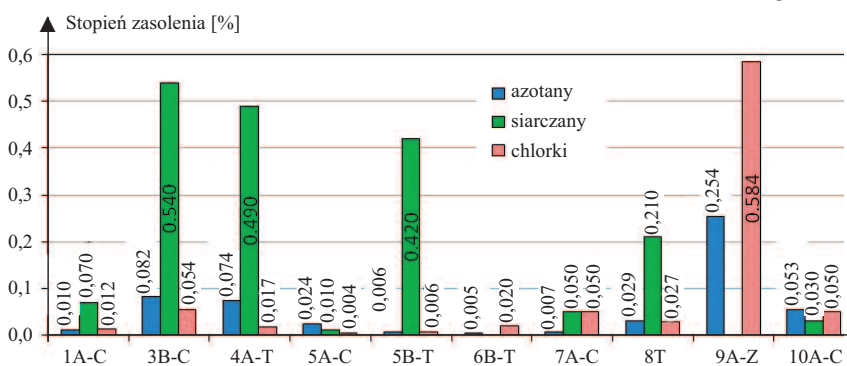
Table 1. Values and types of the degree of salinity in the wall, according to WTA [9]

| Rodzaj soli | Stopień zasolenia | | |
|------------------------------|-------------------|-----------|--------|
| | niski | średni | wysoki |
| Azotany NO_3^- | < 0,1 | 0,1 – 0,3 | > 0,3 |
| Siarczany SO_4^{2-} | < 0,5 | 0,5 – 1,5 | > 1,5 |
| Chlorki Cl^- | < 0,2 | 0,2 – 0,5 | > 0,5 |

Pozostałe próbki tynków renowacyjnych miały niski stopień zasolenia, jedynie próbka 3B wykazała średni stopień zasolenia siarczanami (powyżej 0,5%). Wartość ta nie rzutuje jednak na charakter zasolenia pozostałych próbek. Podwyższone zasolenie siarczanami stopnia niskiego odnotowano

Tabela 2. Zawartość jonów azotanowych, siarczanowych i chlorkowych w masie próbek
Table 2. Content of nitrate, sulfate and chloride ions in the mass of samples

| Oznaczenie próbki | | Azotany NO_3^- [%] | Siarczany SO_4^{2-} [%] | Chlorki Cl^- [%] |
|-------------------|---------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 1A-C | cegła | 0,0097 | 0,07 | 0,0123 |
| 3B-C | cegła | 0,0820 | 0,54 | 0,0540 |
| 4A-T | tynk | 0,0744 | 0,49 | 0,0169 |
| 5A-C | cegła | 0,0024 | 0,01 | 0,0035 |
| 5B-T | tynk | 0,0060 | 0,42 | 0,0061 |
| 6B-T | tynk | 0,0049 | – | 0,0200 |
| 7A-C | cegła | 0,0068 | 0,05 | 0,0050 |
| 8-T | tynk | 0,0293 | 0,21 | 0,0268 |
| 9A-Z | zaprawa | 0,2538 | – | 0,5842 |
| 10A-C | cegła | 0,0529 | 0,03 | 0,0495 |
| 10A-Z | zaprawa | 0,2700 | – | 1,4848 |



Porównanie stopni zasolenia materiałów elewacyjnych

Comparison of salinity degrees of facade materials

w próbkach 4A i 5/1B. Wcześniej obserwacje pokazały, że próbka 3B była złej jakości (rozłupywała się niewielką siłą rąk). Możliwe, że przyczyniła się do tego zwiększona zawartość siarczanów pochodzących z etapu produkcji cegły, powodując efekty korozyjne. Wyniki końcowe zestawiono w tabeli 3.

Analiza wyników badań

Wyniki badań podano w tabeli 3. Na podstawie oceny makroskopowej stwierdzono, że tynki zewnętrzne są 3-warstwowe lub 4-warstwowe i zawierają ciekłą warstwę obrzutki (grubość

1 – 2 mm), jedno- lub dwuwarstwową, zasadniczą warstwę narzutu (grubość 8 – 40 mm) oraz warstwę gładzi (grubość 2 – 5 mm). Warstwa obrzutki była wykonana z tej samej szarej zaprawy co narzut, natomiast warstwa gładzi z zaprawy jaśniejszej o nieco innym składzie, zapewne na drobnym kruszywie piaszkowym i spoiwie wapiennym. Narzut wykonany został z szarej zaprawy o strukturze ziarnisto-pylastej z kruszywem frakcji 0 – 4 mm. Grubość warstwy nie była jednakowa. Wynika to zarówno z dostarczonych próbek, jak i danych z raportu ich pobierania. W tynkach nr 1, 2, 3, 4 narzut miał grubość

8 – 20 mm, w próbkach nr 5, 7, 8 wyniosł 10 – 30 mm, a najgrubszy był w próbce nr 6 (40 mm). W tynkach grubych narzut wykonany był najczęściej w dwóch warstwach, które mogły być poprawiane i wykonywane w niektórych miejscach jak 3-warstwowe, co zaobserwowano w tynkach nr 7 i 8. W tynkach cienkich narzut był jednowarstwowy.

Tynk wewnętrzny w podziemiu był typu 3-warstwowego grubości 12 – 18 mm i zawierał cienkie warstwy obrzutki, narzutu i gładzi, wykonane ze zwykłej zaprawy wapiennej na kruszywie piaszkowym. Warstwa narzutu była dobrze zespolona z warstwą gładzi.

Tabela 3. Zestawienie wyników badań

Table 3. Summary of research results

| Właściwości | Wynik badań | Uwagi |
|----------------------------------|--|----------------------------------|
| Rodzaj tynków | 3-warstwowe | poprawna budowa warstwowa |
| Wilgotność masowa | < 6% | zawilgocenie niskie, podwyższone |
| Wytrzymałość na ścislenie tynku* | < 2,9 MPa | wynik dla jednej próbki |
| Wytrzymałość na ścislenie muru** | 6,3 – 18,5 MPa | wartość średnia: 11,0 MPa |
| Nasiąkliwość tynku | 18,2 – 32,4% | podwyższona nasiąkliwość |
| Gęstość objętościowa | gładź: 1,63 g/cm^3 ; narzut: 1,44 g/cm^3 | wskazuje na tynki renowacyjne |
| Porowatość całkowita | gładź: 30,7%; narzut: 39,6% | szczelniejsza struktura gładzi |

Oznaczenia: * tynk renowacyjny; ** mur ceglany

Wilgotność masowa dostarczonych próbek nie przekraczała 6%. Największą wilgotność – 5,9% miał mur w podziemiu oraz ułożony na nim tynk – 4,8%. Wilgotność muru i tynku kondygnacji nadziemnej była mniejsza i wynosiła 5,2% w przypadku muru oraz 2,7% – tynku. Mury i tynki miały więc wilgotność niską oraz podwyższoną (3 – 5%,) zgodnie z ustaleniami literaturowymi [1, 10].

Analiza granulometryczna głównej części tynku renowacyjnego w dostarczonych próbkach, tj. narzutu, wykazała, że zastosowane zostało kruszywo o frakcji 0 – 4 mm. Największa średnica ziaren tego kruszywa nie przekraczała 4 mm. Oznaczenia rozmiarów ziaren kruszywa pokazały obecność frakcji 2 – 4 mm.

Wytrzymałość na ścislenie podłoża muru ceglanego wynosiła 6,3 – 18,5 MPa, średnio 11,0 MPa, tynku renowacyjnego średnio 2,9 MPa i spełniała wymagane minimum 1,5 MPa wg WTA [9] i zgodnie z normą [11] oraz publikacją [12]. Pozostałe tynki uległy uszkodzeniu podczas przycinania i dlatego ich wytrzymałość mogła wynosić 1 – 2 MPa.

Analiza stopnia zasolenia murów w podłożu w miejscu pod tynkiem wykazała, że najbardziej zanieczyszczony solami był mur w podziemiu (próbki 9 i 10). Natomiast zawartości siarczanów na granicy poziomu niskiego i średniego odnotowano w cegle próbki 3B i prawdopodobnie pochodzili z etapu jej produkcji. Mury zewnętrzne powyżej terenu były nieznacznie zasolone (w stopniu niskim), zgodnie z wytycznymi WTA [9].

Dodatkowe analizy gęstości objętościowej i porowatości warstwy narzutu i gładzi wykazały różnice potwierdzające, że warstwy te wykonane zostały z odmiennych rodzajów zapraw. Średnia gęstość narzutu to 1,42 g/cm³, a gładzi 1,63 g/cm³. Porowatość całkowita narzutu wynosiła 37,5 – 42,5%, a gładzi 28,2 – 33,6%. Wynika z tego, że warstwa gładzi miała szczelniejszą strukturę i była mniej paroprzepuszczalna.

Jako przyczynę odpajania warstwy gładzi można uznać różne właściwości warstwy narzutu i gładzi, które wykonano z różnych zapraw. Efektem była szczelniejsza warstwa zewnętrzna i o innych właściwościach fizykomechanicznych, co mogło przyczynić się do osłabienia przyczepności gładzi. Na osłabie-

nie przyczepności mogło też wpłynąć ciśnienie strumienia pary wodnej towarzyszącego przepływowi ciepła, gdyż pomieszczenia użytkowe były ogrzewane. Podczas przepływu ciepła i pary wodnej zwiększony opór dyfuzyjny szczelnej gładzi tynkowej może powodować kumulowanie i kondensowanie pary wodnej pod warstwą gładzi, a w efekcie osłabiać jej przyczepność do warstwy narzutu. W takiej sytuacji niekorzystne jest układanie tynków w temperaturze poniżej 5°C, co miało miejsce. Dodatkowy czynnik osłabiający przyczepność gładzi może wynikać z różnego skurczu podczas twardnienia oraz rozszerzalności cieplnej gładzi i narzutu na skutek różnej ich gęstości. Warstwy te wykonane z różniących się zapraw mogą pracować odmiennie pod względem odkształcalności i powodować powstawanie naprężeń na styku narzut-gładź.

Wnioski i podsumowanie

Uzyskane wyniki badań oraz ich analiza wskazują, że:

- zastosowane tynki z porowatą warstwą narzutu i strukturą ziarnisto-pyłastą, to tynki typu renowacyjnego. Ich analiza granulometryczna potwierdziła obecność kruszywa o frakcji 0 – 4 mm, w tym frakcji 2 – 4 mm, co odpowiada tynkowi systemowemu;

- prawdopodobną przyczyną odpajania warstwy gładzi były różne właściwości warstw narzutu i gładzi, wykonanych z różnych zapraw, w tym szczelniejsza była warstwa zewnętrzna. Na osłabienie przyczepności mogło też wpłynąć układanie tynków w obniżonej temperaturze oraz różna gęstość warstwy tynku, co wpływało na ich różną rozszerzalność cieplną i skurcz;

- w celu poprawy zaistniałej sytuacji zalecono skuć tynk w miejscach osłabionych, a także w pozostałych miejscach wykazujących efekt „głuchego tynku” i uzupełnić warstwami tynku wykonanymi z tych samych zapraw. Tynki wskazujące na dobrą przyczepność należy pozostawić bez skuwania, a miejsca otwartych warstw narzutu zagruntować przed ułożeniem warstwy gładzi w celu ograniczenia szybkiej utraty wody z tej warstwy i poprawy jej przyczepności. Do pokrycia tynków zalecono zastosować farby elewacyjne ce-

chujące się dobrą paroprzepuszczalnością, np. farby krzemianowe;

- niski stopień zasolenia i zawilgoce- nia murów części nadziemnej budynku ratusza nie potwierdził konieczności zastosowania tynków renowacyjnych o dużej grubości. W takich warunkach mogły być zastosowane tynki renowacyjne cieńsze o grubości 20 mm lub nawet gotowe systemowe zaprawy cementowo-wapienne z dodatkiem zwiększającym odporność na sole, takim jak np. tras [13], mający właściwości wiązania soli i ograniczania wykwitów. Przydatne mogły być także tradycyjne zaprawy cementowo-wapienne odmiany lekkiej, ponieważ wykonane z nich tynki cechują się podwyższoną porowatością. Taki zabieg został zastosowany z dobrym skutkiem w restaurowanym przemysłowym budynku Galerii Sztuki Współczesnej Elektrownia w Czeladzi [14]. Warto mieć na uwadze opisany przypadek przy dobieraniu tynków elewacyjnych w innych obiektach.

Literatura

- [1] Opałka P. Naprawa tynków. Aspekty budowlane i konserwatorskie. PWN, Warszawa 2016.
- [2] Bochen J, Słomka-Słupik B, Cygan G. Badania laboratoryjne właściwości fizykochemicznych tynków budynku Ratusza w Lubaniu. Praca O-7/RB3/2022, Gliwice, 2022.
- [3] PN-85/B-04500 Zaprawy budowlane. Badania cech fizycznych i wytrzymałościowych.
- [4] PN-76/B-06714/05 Badania gęstości objętościowej metodą hydrostatyczną.
- [5] Gatner E, Wrońska Z, Wędrzychowski W, Nicewicz S. Materiały budowlane z technologią betonu. Ćwiczenia laboratoryjne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2000.
- [6] PN-80/C-04617/04 Woda i ścieki. Badanie zawartości chlorków.
- [7] PN-EN ISO 10304-1:2009+AC:2012E. Jakość wody – Oznaczanie rozpuszczonych anionów za pomocą chromatografii jonowej – Część 1: Oznaczenie bromków, chlorków, fluorków, azotanów, azotynów, fosforanów i siarczanów.
- [8] EN 196-2:2005 Metody badania cementu cz. 2. Analizy chemiczne cementu.
- [9] WTA Merkblatt 2-9-04/D-2005-10 Sanierputzsysteme.
- [10] Magott C, Rokiel M. Osuszanie murów. Inżynier Budownictwa. 2017; 09: 93 – 100.
- [11] PN-EN 998-1:2004 Wymagania dotyczące zapraw do murów – cz. 1: Zaprawa tynkarska.
- [12] Jarmontowicz R. Zaprawy tynkarskie do murów wg PN-EN 998-1. Materiały Budowlane. 2009; 9 (457): 69 – 71.
- [13] Koprowicz R. Zasady doboru zapraw do prac renowacyjnych przy zabytkowych murach ceglanych i kamiennych. Inżynier Budownictwa. 2016; 2.
- [14] Bochen J, Słomka-Słupik B, Podwómy J. Diagnostyczne badania wykwitów solnych na restaurowanych elewacjach. Cz. 2, Badania zapraw i tynków. Ochrona przed Korozją. 2018 R. 61 nr 2: 43 – 47.

Przyjęto do druku: 04.10.2023 r.