

Danuta Barnat-Hunek, Anna Iwanek

Badania nad hydrofobizacją zniszczonych murów ceglanych na przykładzie Pawilonu I Szpitala Tworkowskiego w Pruszkowie

Research on the use of hydrophobisation for damaged brick walls. The First Pavilion of the Tworkowski Hospital in Pruszków

1. Wstęp

Zabytkowe obiekty ceglane są niejednokrotnie przedmiotem prac konserwatorskich. Jednak efekty tych prac czasami bywają niezadowolające, a wprowadzanie nowoczesnej chemii budowlanej, zwłaszcza na obiektach zabytkowych, nie zawsze zyskuje aprobatę służb konserwatorskich. Problematyka ta z uwagi na swoją złożoność jest wielokrotnie poruszana w literaturze polskiej i zagranicznej.

Czynnością warunkującą powodzenie i trwałość konserwacji obiektu zabytkowego jest właściwy dobór materiałów naprawczych. Różnorodność oferowanych na rynku budowlanym produktów renowacyjnych utrudnia podjęcie trafnej decyzji odnośnie do ich wyboru. Dobór środków naprawczych powinien opierać się na sprawdzonych, bezpiecznych dla budowlanych kompleksowych systemach wiodących producentów chemii budowlanej oraz powinien być zgodny z indywidualnymi cechami danego obiektu.

Za przykład do rozważań posłużyły prace prowadzone przy Pawilonie nr I Szpitala Tworkowskiego w Pruszkowie.

Obecnie wykonywana jest rewitalizacja całego zespołu szpitalnego ze szczególnym uwzględnieniem wartości historycznej poszczególnych obiektów, w ramach projektu współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz z budżetu województwa mazowieckiego [11]. Zakres prac ma również na celu przywrócenie budynków do stanu bezpiecznego użytkowania i dostosowanie ich funkcji do aktualnych wymagań technicznych dla obiektów leczniczych.

Badania skuteczności hydrofobizacji murów szpitala poprzedziła dokładna diagnostyka budynku, która polegała na sprawdzeniu m.in. zawartości soli i stopnia za-

wilgocenia muru, ponieważ wysoki stopień zasolenia i duża zawartość wody w porach materiału wyklucza zastosowanie hydrofobizacji.

2. Charakterystyka obiektu

Kompleks zespołu urbanistyczno-architektonicznego Szpitala Psychiatrycznego przy ul. Partyzantów 2/4 w Tworkach został wzniesiony w latach 1888-1937. W 2010 roku Szpital Tworkowski otrzymał nową, oficjalną nazwę: Mazowieckie Specjalistyczne Centrum Zdrowia im. prof. Jana Mazurkiewicza (nazwa skrócona: Centrum Zdrowia im. prof. J. Mazurkiewicza) [11].

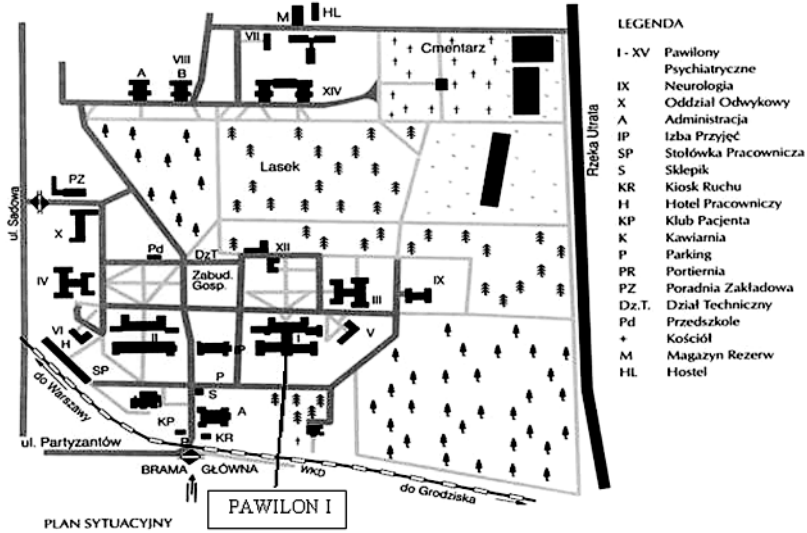
W początkowym okresie szpital był budowany w stylu eklektycznym, m.in. neogotyckim (kaplica katolicka), ormiańskim (cerkiew) i charakterystycznym dla drugiej połowy XIX wieku stylu architektury klinkierowej (pawilony pacjentów). W okresie dwudziestolecia międzywojennego szpital rozbudowano w stylu art déco, zgodnie z koncepcją miasta – ogrodu i polskim stylem architektury dworskowej [9].

Budynki były projektowane przez architektów polskich i rosyjskich. Teren obejmuje obszar 57 ha, z których 23 ha to bogato zakrzewiony i zadrzewiony park. Większość ponadstuletnich obiektów znajdujących się na terenie Szpitala wpisanych jest do rejestru zabytków. W roku 1985 Park Tworkowski wpisany został do rejestru zabytkowych parków województwa warszawskiego [11].

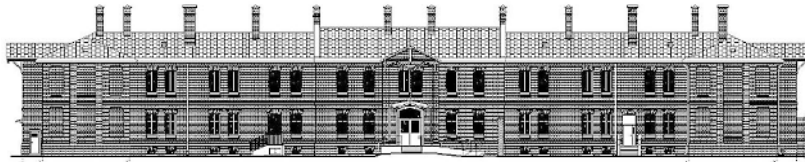
Elementem wyróżniającym, charakterystycznym dla wszystkich obiektów, są elewacje z czerwonej cegły ceramicznej glazurowanej z wieloma detalami i elementami zdobniczymi, takimi jak pilastry, gzymsy, opaski okienne, reliefowe fryzy, cokoły, balustrady schodów, kominy z elementami dekoracyjnymi.

Pawilon I jest obiektem wolno stojącym, całkowicie podpiwniczonym, wykonanym w technologii tra-

SZPITAL PSYCHIATRYCZNY TWORKI



Ryc. 1. Plan sytuacyjny [10]
Fig. 1. Location plan [10]



Ryc. 2. Elewacja frontowa Pawilonu I [1]
Fig. 2. Front elevation of the Pavilion I [1]



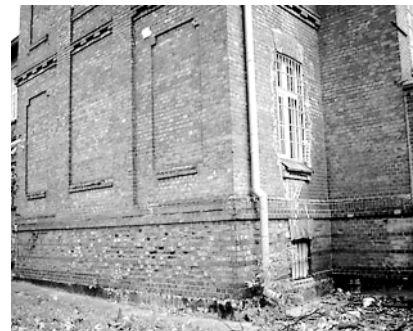
Ryc. 5, 6. Stan techniczny ceglanych elewacji pawilonu
Fig. 5, 6. Technical condition of brick elevations of the pavilion



Ryc. 7. Poziom terenu znajduje się powyżej opaski wokół budynku. Brak odpowiedniej niwelacji terenu [1]
Fig. 7. Ground level is located slightly above the finish casing round the building. Lack of appropriate ground levelling [1]



Ryc. 3, 4. Oddział sądowy szpitala (zdjęcia autorów)
Fig. 3, 4. Forensic medicine ward (photo by authors)



Ryc. 8, 9. Stan techniczny ceglanych elewacji pawilonu. Uszkodzenia dolnej części murów wynikające z dużego zawilgocenia, korozji mrozowej i obecności soli rozpuszczalnych [2]
Fig. 8, 9. Technical condition of brick elevations of the pavilion. Damage of the bottom section of the wall resulting from excessive moisture, frost corrosion and the presence of soluble salts [2]

dycyjnej, murowanym z cegły, o skomplikowanym, rozczłonkowanym rzucie w kształcie zbliżonym do litery H. Poszczególne segmenty posiadają różną ilość kondygnacji: część środkowa i zachodnia jest dwukondygnacyjna, część wschodnia jest jednokondygnacyjna. W poziomie piwnic znajdują się pomieszczenia magazynowo-gospodarcze, szatnie, kuchnie, sale jadalne. W poziomie I i II kondygnacji znajdują się sale chorych, gabinety lekarskie, świetlice, pomieszczenia sanitarne, kuchnie, jadalnie [1, 2].

3. Stan techniczny elewacji

Stan techniczny elewacji budynku określono na podstawie obserwacji zewnętrznych i szczegółowych badań makroskopowych. Obejmowały one m.in. wykonanie dokumentacji fotograficznej, badania stopnia zasolenia i zawilgocenia murów, obliczenia cieplno-wilgotnościowe, sprawdzenie warunku kondensacji powierzchniowej [2].

Ściany konstrukcyjne wewnętrzne i zewnętrzne wykonano z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie wapiennej. Grubość ścian zewnętrznych jest zróżnicowana i wynosi w poziomie piwnic 78 cm, w poziomie I i II kondygnacji od 38 do 65 cm łącznie z tynkiem wewnętrznym. Ściany zewnętrzne oblicowane cegłą ceramiczną glazurowaną o wymiarach $27 \times 14 \times 7 - 9$ cm.

Elewacje budynku wykonano z cegły ceramicznej pełnej, licowej, glazurowanej. Podzielone są gzymsami wieńczącymi, międzypiętrowymi i podokiennymi. Pionowymi akcentami są ryzality biegnące przez całą wysokość budynku, od cokołu aż do gzymsu górnego. Otwory okienne i drzwiowe obramowane są opaską i przesklepione odcinkowo.

Po wykonaniu wielu odkrywek oraz badań stwierdzono, że ściany zewnętrzne parteru i piętra w rejonie rur spustowych oraz obróbek blacharskich okapów i koszy są zawilgocone. W miejscach tych widoczna jest powierzchniowa korozja mechaniczna, biologiczna i chemiczna cegieł oraz ubytki struktury muru [1].

Nadproża okienne i drzwiowe od zewnętrznej strony muru – w warstwie licowej zostały wykonane w formie łuku odcinkowego z cegły ceramicznej pełnej glazurowanej o wysokości 1,5 cegły, wysuniętej poza lico muru o 2 – 3 cm.

Zauważono wyraźne pęknięcia nadproży na wszystkich kondygnacjach w tym samym pionowym rzędzie okien w wyniku nawodnienia gruntu z jednej strony budynku.

Pokrycie połaci dachowej stanowi w części parterowej blacha stalowa płaska ocynkowana oraz w części piętrowej blacha stalowa płaska powlekana.

W części parterowej pokrycie jest częściowo skorodowane i uszkodzone. Nieszczelności warstwy stwarzają możliwość powstania zawilgoceń i zacieków na elementach więźby dachowej i stropu ostatniej kondygnacji.

W części piętrowej wymieniono pokrycie. Jednakże w dalszym ciągu występują przecieki z powodu nieprawidłowego i niedokładnego wykonania warstwy z blachy powlekanej.

Obróbki blacharskie, rynny i rury spustowe są w znacznym stopniu uszkodzone, podziurawione i sko-

rodowane. Taki stan powoduje zawilgocenie ścian zewnętrznych, korozję cegieł i zaprawy.

Wzdłuż zewnętrznych ścian budynku stwierdzono obecność betonowej opaski utwardzonej, częściowo popękanej i zapadniętej w kierunku ścian. Pod wylotami niektórych rur spustowych znajdują się koryta betonowe, częściowo skorodowane, spękane.

Na dziedzińcu pomiędzy dwoma segmentami poziom terenu znajduje się powyżej opaski wokół budynku, co uniemożliwia prawidłowe odprowadzenie wody opadowej od budynku.

Teren wokół budynku jest nieuporządkowany, brak jest odpowiedniej niwelacji terenu pozwalającej na prawidłowe odprowadzenie wód opadowych.

Zewnętrzne studzienki (kosze) doświetlające, znajdujące się przy oknach piwnicy, są częściowo zniszczone, skorodowane, bez izolacji przeciwwilgociowej od strony gruntu. Nie wykonano również odpowiedniego odprowadzenia wód opadowych ze studzienek [2, 4].

Powyższe nieprawidłowości i brak izolacji przeciwwodnej studzienek powodują zawilgocenie i zasolenie ścian piwnic oraz stwarzają dogodne warunki do rozwoju korozji biologicznej.

W czasie badań na ścianach fundamentowych stwierdzono obecność fragmentów zniszczonej izolacji poziomej, przeciwwilgociowej składającej się z lepiku smołowego gr. 6 – 8 mm. Izolację pionową ścian zewnętrznych wykonano w przeważającej części z emulsji asfaltowej na zimno. Jednakże podczas wizji lokalnych i badań makroskopowych nie stwierdzono izolacji nigdzie poza niewielkim odcinkami. W przeważającej części izolacja ta jest w bardzo złym stanie technicznym [2].

Analiza konstrukcyjna fasady budynku oraz badania zauważonych uszkodzeń pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

Budynek Pawilonu I jest w dostatecznym stanie technicznym i może być dalej użytkowany w sposób bezpieczny zarówno dla konstrukcji, jak i dla jego użytkowników. Elementy konstrukcyjne budynku są w dostatecznie dobrym stanie technicznym. Zauważono jedynie niegroźne dla elementów konstrukcji spękania, rysy oraz ubytki w materiale.

Wnioski wynikające z badań i oględzin są następujące: Stan techniczny murów i tynków wewnętrznych jest miejscowo bardzo zły. Przyczyną takiego stanu jest podciąganie kapilarne wody wraz z solami rozpuszczalnymi w wodzie w wyniku nieszczelności lub braku izolacji przeciwwodnej. Inną przyczyną obszernych zacieków wody są uszkodzone obróbki blacharskie na dachu i skorodowane rynny leżące.

Powyższa sytuacja jest skutkiem wieloletnich zaniedbań w zakresie prac konserwatorskich. W minionych latach nie przeprowadzono na obiekcie konserwacji ani wymaganych prac remontowych.

4. Ogólne zalecenia dotyczące zakresu prac remontowych obejmujących elementy fasady budynku

Obecny stan elewacji budynku wymaga przede wszystkim natychmiastowego przeprowadzenia następujących prac budowlanych. Należy wykonać pozio-

mą izolację wtórną ław fundamentowych i pionową izolację przeciwwilgociową murów. Konieczne jest także prawidłowe zaprojektowanie ukształtowania terenu i zapewnienie właściwego odprowadzenia wody opadowej poza budynek, wykonanie kanalizacji deszczowej, demontaż starej opaski betonowej wokół budynku oraz wykonanie nowej ze żwiru o uziarnieniu od 32 do 64 mm na podsypce piaskowej. Również studzienki betonowe przy oknach piwnicznych wymagają prac naprawczych i izolacyjnych na styku z gruntem i ścianą budynku.

Dla ceglanych elewacji proponuje się sześć głównych etapów prac renowacyjnych, takich jak oczyszczanie, odsalanie, odgrzybianie, uzupełnienie spoin i ubytków w materiale oraz hydrofobizacja powierzchni. Ze względu na mały zasięg skażenia korozją biologiczną i chemiczną etap odsalania i odgrzybiania przewidziano jedynie na fragmentach elewacji, podobnie jak uzupełnianie spoin i ubytków.

Należy naprawić lokalne zarysowania z zastosowaniem systemu Helfix i metodą iniekcji.

Nie zaleca się hydrofobizacji ani impregnacji cegły na wysokość do około 1 m n.p.t., ponieważ badania wykazały średnie i wysokie stężenie soli rozpuszczalnych w wodzie. Wyklucza to wykonywanie tego typu zabiegów, ponieważ mogłyby krystalizować sole w strefie przypowierzchniowej muru, co doprowadziłoby do zniszczenia tej strefy. Zaleca się natomiast wykonanie hydrofobizacji powyżej 1 m n.p.t., po uprzednim wykonaniu badań laboratoryjnych skuteczności hydrofobizacji.

Szczególnie ważne jest, aby prace związane z oczyszczeniem powierzchni muru ceglano i zabiegami impregnacyjno-konserwatorskimi były wykonane pod nadzorem osoby uprawnionej.

5. Badania stopnia zasolenia i zawilgocenia murów

Próbki do badań (pył wiertniczy) pobrano z miejsc zawilgoconych i zasolonych przy pomocy wolnoobrotowej wiertarki udarowej. Odwierty badawcze przeprowadzono na głębokość około 10 – 12 cm na wysokości muru od 30 do 235 cm nad poziomem posadzki piwnic lub poziomem gruntu.

Wilgotność próbek została oznaczona metodą wagiowo-suszarkową w laboratorium. 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 [8].

Wyniki badań stopnia zasolenia próbek pobranych z muru na wysokości 30 – 100 cm n.p.t. przedstawiono na wykresie (ryc. 18) [2]. Prezentacje pozostałych wyników badań (powyżej 100 cm n.p.t. pominięto w artykule, ponieważ wszystkie próbki wykazały niski stopień zasolenia).

Badania laboratoryjne potwierdziły średni i wysoki stopień zasolenia siarczanami (od 0,55 do >2%), które transportowane są z wodą z przyległego terenu. Siarczany powstają między innymi w procesach gnilnych przyległej do budynku flory.

Zawilgocenie obiektu jest największe od poziomu terenu do około 0,9 – 1 m n.p.t. (wilgotność 6–13%). Powyżej 1 m wilgotność elewacji kształtuje się na poziomie 1 – 3%, czyli nie przekracza dopuszczalnej wartości.

6. Badania skuteczności hydrofobizacji skorodowanej cegły z murów Pawilonu I Szpitala Tworowskiego

Ocenie skuteczności poddano 5 środków hydrofobowych, którymi zaimpregnowano cegłę ceramiczną pobraną z obiektu [4].

Przed naniesieniem środka hydrofobizującego próbki do badań oczyszczono z pyłów i zanieczyszczeń, które mogłyby mieć wpływ na jakość procesu hydrofobowego. Następnie próbki z cegły ceramicznej pełnej wysuszono do stałej masy i poddano sezonowaniu. Cegła, na której zostały przeprowadzone wszystkie badania, była niezasolona i posiadała dopuszczalną wilgotność około 1%. Egzemplarze zostały pocięte na kostki o nieregularnym kształcie zbliżone do prostopadłościanu o wymiarach 3 × 3 × 8 cm.

Do badań przyjęto preparaty znanych na rynku producentów, różniące się rodzajem rozpuszczalnika i cechami fizycznymi, m.in. stężeniem, lepkością.

Do badań laboratoryjnych użyto następujących preparatów:

- **PREPARAT A:** ATLAS SILSTOP
- **PREPARAT B:** SARSIL KLINKIER
- **PREPARAT C:** AHYDROSIL K
- **PREPARAT D:** REPESIL
- **PREPARAT E:** OXAL HSL

Początkowo wykonano analizę cegły ceramicznej pod kątem jej cech fizycznych. Sprawdzone jej porowatość, objętość porów otwartych, gęstość oraz gęstość objętościową [7].

Następnie zaimpregnowane próbki poddano badaniom określającym mrozoodporność oraz odporność na wodę. Sprawdzone, czy dany preparat nie zakłóca dyfuzji cieczy i gazów.

Przeprowadzono następujące badania:

- test absorpcji kropli wody
- badanie nasiąkliwości wagowej
- badanie zdolności dyfuzji pary wodnej
- badanie mrozoodporności metodą pośrednią.

Pobrane próbki poddano hydrofobizacji powierzchniowej. Zastosowano metodę „mokre na mokre” poprzez dwukrotne malowanie powierzchni za pomocą pędzla. Następnie wszystkie próbki poddano 30-dniowemu okresowi sezonowania w warunkach laboratoryjnych. Na podstawie otrzymanych wyników z powyższych badań dokonano analizy skuteczności oraz celowości impregnacji cegły z murów szpitala [4].

6.1. Cechy fizyczne cegły

Wykonano badania porowatości, gęstości, gęstości objętościowej cegieł według PN EN1936:2001 [7]. Uzyskano następujące wartości średnie: gęstość $\rho_r = 2,50$ [kg/m³], gęstość objętościowa $\rho_b = 1,66$ [kg/m³], porowatość całkowita 33,2 [%], porowatość otwarta 23,62 [%].

6.2. Wskaźnik adsorpcji kropli wody oraz wskaźnik nieprzepuszczalności wg ZAUT-15/VI.11-2/2001 [3]

Wskaźnik adsorpcji wody zalecany jest jako test laboratoryjny dla zaimpregnowanej lub niezabezpieczonej poziomej powierzchni wyrobu. W czasie badania labo-

ratoryjnego mierzy się czas potrzebny na całkowitą adsorpcję kropli wody w powierzchnię zaimpregnowaną t_x oraz w powierzchnię t_n próbki wzorcowej.

Skrajny kąt zwilżania kropli wody na powierzchni ceglanych próbek zaimpregnowanych środkami o rozpuszczalnikach organicznych (A, B, D, E) nie uległ znaczącej zmianie, aż do momentu wyparowania wody.



Ryc. 10, 11. Uszkodzenia murów i nadproży w rejonie otworów okiennych. Zły stan techniczny obróbek blacharskich [2]
Fig. 10, 11. Damage to walls and lintels in the area of window openings. Poor technical condition of flashing [2]



Ryc. 12, 13. Dach pokryty blachą stalową ocynkowaną. Zły stan techniczny pokrycia, obróbek blacharskich i kominów (zdjęcia autorów)
Fig. 12, 13. Roof covered with zinc-coated steel sheets. Poor technical condition of roof covering, flashing and chimneys (photos by authors)



Ryc. 14, 15. Strefa przyziemia budynku. Stan techniczny cokołu, koszy okien piwnicznych. Brak prawidłowych izolacji przeciwwodnych i odprowadzenia wód opadowych [2]
Fig. 14, 15. Basement zone of the building. Technical condition of the set-off and cellar windows embrasures. Lack of proper waterproofing and precipitation draining [2]

Z kolei preparat C, który jest wodorocieńczalny, posiada mały kąt zwilżenia. Czas adsorpcji kropli wody w niezaimpregnowaną cegłę ceramiczną wyniósł poniżej 1 minuty. Najmniejszy czas adsorpcji dla powierzchni hydrofobowej wyniósł 162 minuty dla preparatu C. Pozostałe środki chemiczne osiągnęły czas $t = 193$ minuty, świadcząca o zmniejszonej porowatości cegły.

Zgodnie z zaleceniami ZUAT-15/VI.11-2/2001 [3] maksymalne wartości wskaźników po impregnacji cegły ceramicznej pełnej wynoszą dla wskaźnika adsorpcji kropli wody $WA \leq 5\%$, wskaźnika nieprzepuszczalności wody $WR \geq 95\%$.

Na podstawie badań można powiedzieć, że wszystkie próbki zostały skutecznie zhydrofobizowane oraz speł-



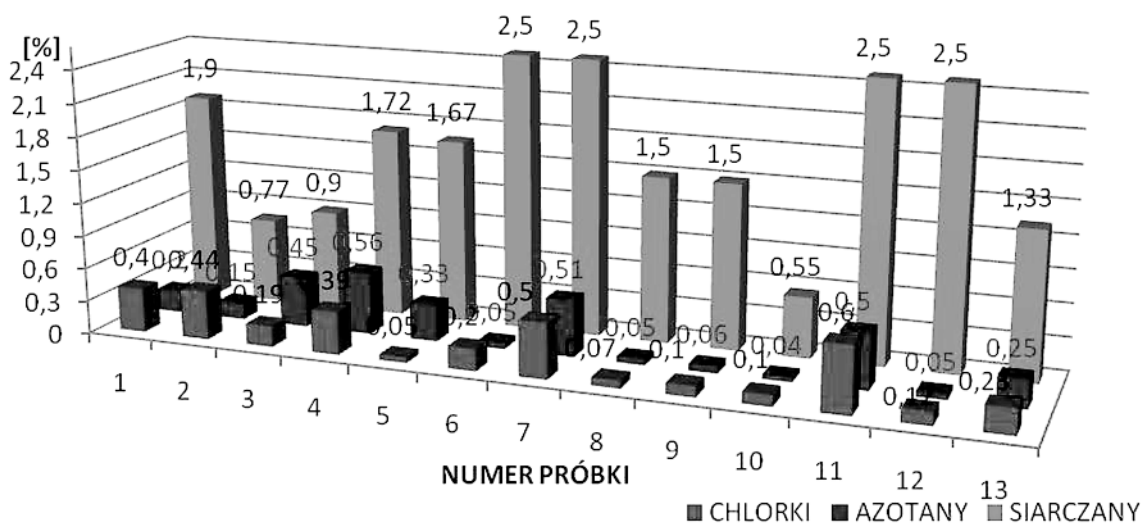
Ryc. 16. Strefa przyziemia budynku. Korozja biologiczna muru – glony, mchy [2]

Fig. 16. Basement zone of the building. Biological corrosion of the wall – algae, mosses [2]



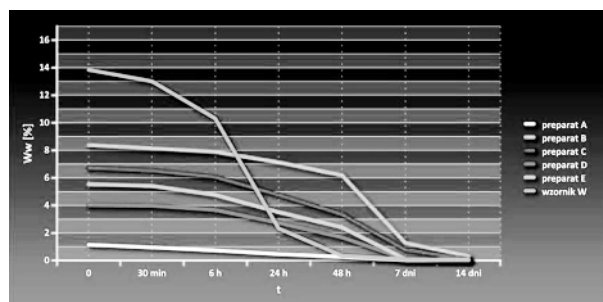
Ryc. 17. Strefa przyziemia budynku. Zły stan techniczny izolacji przeciwwodnych [2]

Fig. 17. Basement zone of the building. Poor technical condition of waterproofing [2]



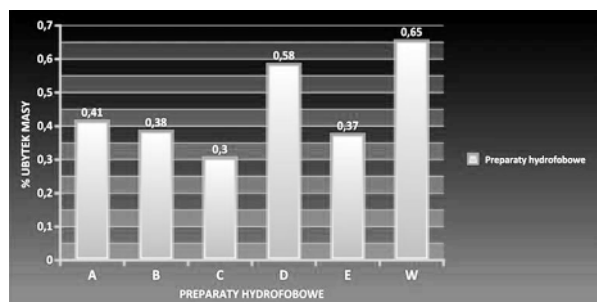
Ryc. 18. Wyniki badań – stopień zasolenia badanych próbek [2]

Fig. 18. Research results – salt content in the examined samples [2]



Ryc. 19. Spadek wilgotności próbek w czasie ich wysychania [4]

Fig. 19. Decrease in samples moisture during their drying process [4]



Ryc. 20. Procentowy ubytek masy cegły ceramicznej pełnej [4]

Fig. 20. Percentage of mass loss in ceramic brick [4]

niły wymagania zawarte w instrukcji ZUAT-15/VI.11-2/2001[3] dotyczące badanych wskaźników W_A i W_R . Największy wskaźnik W_A posiada preparat C, który nieznacznie odbiega od pozostałych preparatów. Preparat C wykazał W_A równe 0,62%, natomiast przy impregnacji pozostałymi preparatami wskaźnik W_A wyniósł 0,52%.

6.3. Nasiąkliwość oraz wskaźnik nasiąkliwości wagowej wg PN-EN 13755:2002 [6]

Test nasiąkliwości wagowej dla cegły z murów został przeprowadzony dla następujących okresów czasowych: po 30 min, 6 h, 24 h i 48 h. Dodatkowo wprowadzono czas badania po 7 i 14 dniach w celu sprawdzenia skuteczności hydrofobizacji w warunkach dłuższego zawilgocenia. Długotrwałe zawilgocenie elementu może występować na poziomych elementach murów (zacieki spowodowane wadliwą obróbką blacharską) oraz w długotrwałym okresie opadów.

Obliczono wskaźnik skuteczności hydrofobizacji na podstawie wzoru:

$$W_n = 100 - \frac{n_h}{n_b} \cdot 100\% \quad (6.1)$$

gdzie:

- W_n – skuteczność hydrofobizacji [%],
- n_h – nasiąkliwość wagowa próbki zhydrofobizowanej [%],
- n_b – nasiąkliwość wagowa próbki bez hydrofobizacji [%].

Tab. 6.1. Skuteczność hydrofobizacji cegły pobranej ze Szpitala Tworkowskiego [%]

Tab. 6.1. Efficiency of hydrophobisation of brick obtained from Tworkowski Hospital

	A	B	C	D	E
30 min	98,78	99,47	95,49	99,85	98,47
6 h	98,58	99,03	89,12	97,69	96,72
24h	97,99	98,06	82,44	98,78	94,05
48 h	97,71	97,23	77,49	98,06	91,83
7 dni	93,90	94,57	64,35	89,73	84,56
14 dni	92,84	64,79	56,17	82,14	76,19

Skuteczność hydrofobizacji po upływie 14 dni waha się w granicach od 56,17% do 92,84% w zależności od zastosowanego środka impregnującego [4]. Wykazano znaczące różnice pomiędzy próbką wzorcową a zaimpregnowaną. Większą skutecznością odznaczają się preparaty z rozpuszczalnikami organicznymi. Im dłuższy kontakt preparatu z wodą, tym bardziej zmniejsza się efektywność impregnacji.

6.4. Zdolność do dyfuzji pary wodnej zaimpregnowanych próbek cegły

Badanie przepuszczalności cegły ceramicznej pełnej wykonano po uprzednim zaimpregnowaniu materiału. Przyjęto po 4 próbki wzorcowe dla każdego preparatu. Po zakończeniu badania nasiąkliwości wagowej próbki wyjęto z wody, osuszono i pozostawiono do wyschnięcia w warunkach laboratoryjnych. Próbki suszono w tem-

peraturze $+20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ i przy wilgotności względnej $+60 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Działania te miały na celu sprawdzenie, czy hydrofobizacja nie zakłóca dyfuzji pary wodnej i gazów.

Mierząc ubytek masy, świadczący o ilości odparowanej wody, w poszczególnych próbkach określono szybkość schnięcia próbek zilustrowanych w tabeli 6.2 [4].

Tab. 6.2. Procentowy spadek wilgotności po 14 dniach suszenia próbek [%]

Tab. 6.2. Decrease in moisture per cent after 14 days of drying samples [%]

Procentowy spadek wilgotności cegły z muru szpitala					
preparat	A	B	C	D	E
Spadek wilgotności [%]	91,76	39,45	51,45	70,88	59,97

Woda najszybciej odparowała z materiału niezaimpregnowanego. Próbka C po 14 dniach wysychania uzyskała najmniejszy spadek wilgotności, równy 51,45%. Preparat A osiągnął największy spadek wilgotności, bo aż o 91,76%, przy nasiąkliwości wagowej n_w równej 1,13%.

Na wykresie (ryc. 19) zobrazowano procentowy spadek wilgotności W_w próbek w czasie ich schnięcia w warunkach laboratoryjnych.

Na podstawie wykresu możemy stwierdzić, że cegła zabezpieczona środkiem B posiada największą wilgotność, która wynosi $W_w = 8,38\%$. Pomiedzy najlepiej zhydrofobizowaną próbką A a wzornikiem W różnica wilgotności wynosi 91,76%.

Najszybciej woda odparowała z próbek pokrytych preparatem A na bazie rozpuszczalnika benzynowego. Preparat A przejawia największą skuteczność hydrofobizacji pomimo tego, że powoduje największe uszczelnienie porów materiału.

Żywice metylosilikonowe rozpuszczone w benzynie lakowej oraz preparat A stosowany do hydrofobizacji zawierający rozpuszczalniki organiczne uszczelnia powierzchnię cegły ceramicznej utrudniając odparowanie wilgoci z materiału.

6.5. Mrozoodporność wyznaczona metodą bezpośrednią

Stopień mrozoodporności przyjmuje się na podstawie wskaźnika n , oznaczającego liczbę cykli zamrażania i rozmrażania (w wykonanym badaniu 50 cykli). Jest on spełniony, jeśli po 50 cyklach próbka nie wykazuje pęknięć, a masa ubytków. Zniszczone krawędzie, odpryski nie przekraczają 5%. Badanie mrozoodporności cegły przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 12371:2002 [5].

Ze względu na zbyt małą liczbę próbek, które można było pobrać z obiektu zabytkowego, jakim jest Pawilon I Szpitala Tworkowskiego, do testu użyto cegły ceramicznej pełnej klasy 15, z której otrzymano 34 sztuki wyrobów oznaczonych następującymi symbolami próbek wzorcowych: A, B, C, D, W. Cegłę poddano 50 cyklom badań. Po 50 cyklach próbki ponownie wysuszono do

stałej masy i zważono. Na tej podstawie określono procentowy ubytek masy S.

Dwie próbki: A3 i D2 uległy uszkodzeniu w początkowym cyklu badań. Pomiarów tych próbek znacznie odbiegały od pozostałych. Wyniki te odrzucono. Zniszczenie próbek najprawdopodobniej nastąpiło z powodu mikropęknięć w strukturze cegły, które mogły powstać podczas przygotowania próbek do badania. Procentowy ubytek masy dla cegły ceramicznej pełnej przedstawiono na ryc. 20.

W porównaniu do próbki wzorcowej W najmniejszy ubytek masy wykazała cegła ceramiczna zaimpregnowana preparatem C (0,30%), natomiast próbka D odznacza się największym ubytkiem masy wynoszącym 0,58%.

Cegły zostały najlepiej zaimpregnowane preparatem C, opartym na bazie wodnego rozpuszczalnika. Preparat D oparty na rozpuszczalniku organicznym najslabiej zabezpieczył cegłę przed korozją mrozową.

7. Podsumowanie i wnioski

Stosując preparat A otrzymano najbardziej skuteczną powłokę hydrofobową zabezpieczającą skorodowaną cegłę z murów szpitala przed wniknięciem wody w jej powierzchnię. Preparat ten wywołuje wzrost hydrofobowości cegły, czyli zdolności cząsteczek chemicznych do odpychania od siebie cząsteczek wody, do 92,84%.

Preparat C zapewnił najslabszą ochronę przed wniknięciem cząsteczek wody w strukturę cegły. Przy użyciu tego preparatu hydrofobowość próbki zwiększyła się do 56,17%.

Powierzchniowa impregnacja cegły ceramicznej preparatami użytymi do badania powoduje całkowitą odporność na wniknięcie kropli wody w strukturę badanego materiału.

Skuteczność hydrofobizacji po 14 dniach wykazuje spadek nasiąkliwości wagowej o około 56 – 93%. Potwierdza to zasadność przeprowadzenia hydrofobizacji.

Preparat C najlepiej chroni cegłę ceramiczną przed działaniem mrozu. Test mrozoodporności wykazał 0,30% ubytek masy próbki po 50 cyklach zamrażania i rozmrażania cegły. Ubytek masy w stosunku do próbki wzorcowej W zmniejszył się o 53,85%.

Do renowacji zniszczonej elewacji Pawilonu I Szpitala Tworowskiego należałoby zastosować preparat o rozpuszczalniku organicznym, ponieważ najbardziej skutecznymi środkami do powierzchniowej hydrofobizacji cegły ceramicznej są preparaty na bazie rozpuszczalników organicznych, np. żywice metylosilikonowe w benzynie lakowej. Preparaty te powodują jednak uszczelnienie powierzchni, nieznacznie utrudniają dyfuzję pary wodnej z wnętrza wyrobu ceramicznego, ale w najlepszym stopniu zabezpieczają powierzchnię cegły przed okresowym działaniem wody, co potwierdziły badania nasiąkliwości wagowej i adsorpcji kropli wody. Ze względu na wysoki i średni stopień zasolenia murów poniżej 1 m n.p.t. zaleca się, aby hydrofobizację wykonać jako końcowy zabieg renowacyjny, ale wyłącznie powyżej strefy skażonej przez sole rozpuszczalne w wodzie, czyli powyżej 1 m nad terenem. Hydrofobizacja pozwoli na zabezpieczenie elewacji zabytkowego szpitala przed szkodliwym wpływem wody opadowej, zanieczyszczeń atmosferycznych i korozją mrozową.

Literatura

- [1] Hunek R., Barnat-Hunek D., Gnat K.: *Inwentaryzacja budowlana Pawilonu I Szpitala Tworowskiego*, Centrum Techniki Budownictwa Komunalnego Ekotechnika Sp. z o.o., Warszawa 2007.
- [2] Hunek R.: *Ocena korozji materiałowej na przykładzie obiektu: „Szpital Tworowski – Pawilon I”*, praca dyplomowa, Politechnika Lubelska, WAI B, Instytut Budownictwa, 2009.
- [3] Krzywobłocka-Laurów R.: ZUAT-15/VI.11-2/01 *Preparaty do powierzchniowej hydrofobizacji wyrobów budowlanych. Część 2. Wyroby ceramiczne*. ITB, Warszawa 2001, wyd. I.
- [4] Powęzka A.: *Badania nad hydrofobizacją zniszczonych murów ceglanych Szpitala Tworowskiego w Pruszkowie*, praca magisterska, Politechnika Lubelska, WAI B, Instytut Budownictwa 2010.
- [5] PN-EN 12371:2002 *Metody badań kamienia naturalnego – Oznaczanie mrozoodporności*.
- [6] PN-EN 13755:2002/AC:2004 *Metody badań kamienia naturalnego – Oznaczanie nasiąkliwości przy ciśnieniu atmosferycznym*.
- [7] PN-EN 1936:2001 *Metody badań kamienia naturalnego. Oznaczanie gęstości i gęstości objętościowej oraz całkowitej i otwartej porowatości*.
- [8] WTA 2-6-99-D *Ergänzungen zum Merkblatt 2-2-99-D Sanierputzsysteme*.
- [9] www.pl.wikipedia.org/wiki/Szpital_Tworowski
- [10] www.psych.edu.pl/szpital/
- [11] www.tworki.eu/

Streszczenie

Artykuł podejmuje tematykę związaną z zabezpieczeniem poprzez hydrofobizację ceglanych, zabytkowych elewacji przed destrukcyjnym wpływem czynników niszczących, tj. wody, mrozu, zanieczyszczeń atmosferycznych. Badania przeprowadzone w Instytucie Budownictwa Politechniki Lubelskiej przedstawiają wpływ oddziaływania silikonowych środków hydrofobowych na parametry wilgotnościowe skorodowanej cegły. Autorzy dokonali obiektywnej oceny preparatów, które mają być wykorzystane do hydrofobizacji zabytkowych murów. Materiał badawczy stanowi cegła z zabytkowych elewacji Szpitala Tworzkowskiego w Pruszkowie. Wyniki badań posłużyły do sformułowania wniosków na temat celowości i skuteczności zabezpieczeń hydrofobowych remontowanych murów szpitala.

Streszczenie

The paper examines the method of hydrophobisation to protect brick historic façades from the destructive agents like water, frost or atmospheric pollution. The research conducted at the Institute of Civil Engineering (Lublin University of Technology) shows how hydrophobic silicone agents influence the moisture parameters of corroded bricks. The authors have assessed objectively the preparations that are planned for waterproofing historic walls. The research has focused on the historic brick facade in the Tworzkowski Hospital in Pruszków and its results have been used to reach conclusions about the appropriateness and efficiency of hydrophobic protection in the renovated hospital walls.