

dr inż. Zygmunt Matkowski¹⁾
ORCID: 0000-0003-4571-2821

Badania wilgotności i zasolenia murów oraz sklepień ceramicznych w historycznym obiekcie podziemnym

Studies of humidity and salinity of walls and ceramic vaults in the historical underground building

DOI: 10.15199/33.2022.11.48

Streszczenie. W artykule opisano podziemny obiekt historyczny z dachem pokrytym roślinnością. Jest to murowany z cegły pełnej osiemnastowieczny budynek, który do II wojny światowej pełnił rolę lodowni browaru, po 1945 r. funkcję magazynową, a przez ostatnich kilkadziesiąt lat nie był użytkowany i został zasiedlony przez nietoperze. W obiekcie tym przeprowadzono badania wilgotności masowej murów oraz sklepień ceramicznych. Badania wykonano za pomocą metody suszarkowo-wagowej dielektrycznej nieniszczącej. Zamieszczono również wyniki badań rodzaju i stężenia soli w murach. Na podstawie analizy oceniono stopień zawilgocenia i zasolenia murów. Uzyskane wyniki badań zostały wykorzystane na etapie projektowania do określenia funkcji poszczególnych części obiektu (biorąc pod uwagę występowanie nietoperzy) oraz zaprojektowania odpowiednich zabezpieczeń przeciwwilgociowych.

Słowa kluczowe: obiekt podziemny; mur; zawilgocenie; zasolenie; badania; remont.

Abstract. The article contains a description of a underground historical object, with a roof covered with vegetation. It is a solid brick eighteenth-century building, which until World War II served as an ice house, after 1945 a storage place and for the last few decades it has not been used and has been inhabited by bats. In the building mass moisture tests of walls and ceramic vaults were carried out. The tests were carried out using the dryer-weighing method, the method using a moisture analyzer and the non-destructive dielectric method. The results of studies of the type and concentration of salt in the walls were also included. Based on the analysis of the obtained results, the degree of dampness and salinity of the walls was assessed. The obtained research results were used at the design stage to determine the function of individual parts of the object (taking into account the presence of bats) and to design appropriate moisture protection.

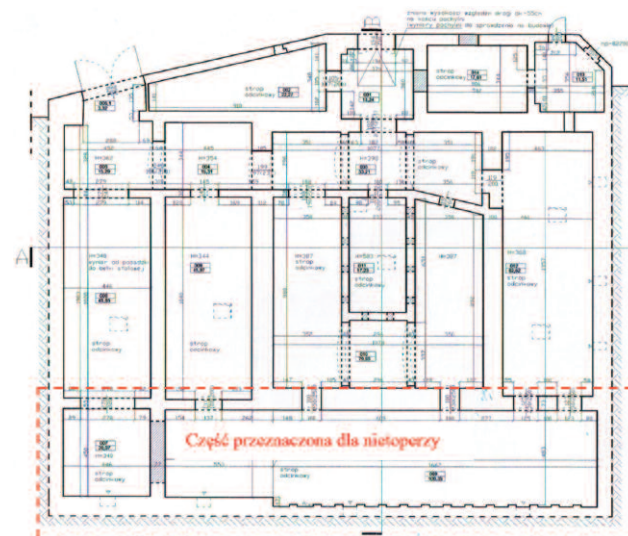
Keywords: underground object; wall; dampness; salinity; research; renovation.

Analizowanym obiektem jest XVII-wieczna lodownia browaru w Trzemesznie (rysunek 1, fotografii 1 i 2). Lodownia o rzucie zbliżonym do prostokąta o wymiarach ok. 22 x 24 m jest obiektem murowanym, jednokondygnacyjnym posadowionym w skarpie, na kamiennej podmurówce, o ceramicznych stropach łukowych opartych na stalowych belkach. Dach z zewnątrz od góry zasypano ziemią. Najbardziej widoczną częścią, którą pomimo upływu czasu można podziwiać nadal, jest elewacja frontowa wykonana z czerwonej cegły z tynkowanymi sterzynami rozmieszczonymi symetrycznie powyżej gzymsu. Lodownia była naturalnym magazynem do gromadzenia lodu zbieranego zimą porą. Po II wojnie światowej lodownię zamieniono w magazyn do przechowywania warzyw i owoców. Przez wiele lat obiekt był nieużytkowany i stanowił doskonałe siedlisko dla nietoperzy. Obecnie przy planowanym remoncie należy uwzględnić pozostawienie siedliska nietoperzy (rysunek 1).

Opis aktualnego stanu obiektu

Ze względu na rodzaj obiektu (budynek podziemny ze stropami pokrytymi ziemią) występują w nim uszkodzenia związane przede wszystkim z nadmiernym zawilgoceniem, takie jak:

- ubytki i wykruszanie się zaprawy w spoinach;



Rys. 1. Schematyczny rzut lodowni

Fig. 1. Schematic projection of the ice house

- powierzchniowe ubytki i złuszczenia cegieł;
- destrukcja „mrozowa” lica muru;
- wyraźnie widoczne silne zawilgocenie ścian;
- krystalizacja soli na powierzchniach murów wewnątrz pomieszczeń i na zewnątrz obiektu;
- stalaktyty z wykryszalowanym CaCO_3 zwisające z łuków i sklepień;

¹⁾ Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego; zygmun.matkowski@pwr.edu.pl



Fot. 1. Lodownia od strony południowej
Photo 2. The ice house from the south



Fot. 2. Narożnik południowo-wschodni lodowni
Photo 2. The south-eastern corner of the ice house

- rozwój grzybów pleśniowych na powierzchni murów;
- rozwój mchów i porostów na ścianach i sklepieniach;
- rozwój grzybów domowych na ścianach.

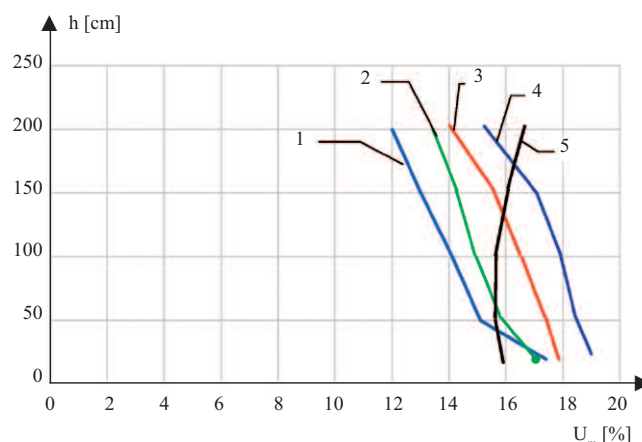
Objawy te świadczą o nadmiernym i długotrwałym zawilgoceniu ścian i sklepień.

Wyniki badania wilgotności i zasolenia murów

Badanie wilgotności masowej murów ceglanych ścian piwnic i parteru przeprowadzono, stosując dwie metody, a mianowicie tradycyjną metodę suszarkowo-wagową oraz metodę nieniszczącą opartą na pomiarach właściwości dielektrycznych materiału [1 ÷ 5]. Pomiar wilgotności ścian wykonano na wysokości 20, 50, 100, 150 i 200 cm od poziomu posadzki. Wartości wilgotności podano w % wagowych (masowych). W literaturze polskiej [6, 7] przyjmuje się następującą klasyfikację murów ze względu na stopień ich zawilgocenia:

- $W_m = 0 - 3\%$ – ściany o dopuszczalnej wilgotności;
- $W_m = 3 - 5\%$ – ściany lekko zawilgocone;
- $W_m = 5 - 8\%$ – ściany średnio zawilgocone;
- $W_m = 8 - 12\%$ – ściany mocno zawilgocone;
- $W_m > 12\%$ – ściany mokre.

Analizując wyniki badań wilgotności masowej murów ceramicznych w lodowni stwierdzono, że ich aktualna wilgotność masowa jest zróżnicowana, ale w bardzo wielu miejscach jest wysoka (8,5 – 19%). Uzyskane przykładowe rezultaty rozkładu wilgotności na wysokości ścian pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Rozkład wilgotności masowej na wysokości ścian w lodowni: 1 – ściana wewnętrzna; 2 – ściana zewnętrzna nieobsypana gruntem; 3 – ściana zewnętrzna obsypana gruntem; 4 – ściana zewnętrzna południowa nieobsypana gruntem; 5 – ściana wewnętrzna, nad którą występuje przeciek z dachu

Fig. 2. Mass humidity distribution at the height of the walls in the ice house: 1 – internal wall; 2 – the outer wall not covered with ground soil; 3 – the outer wall covered with ground soil; 4 – the southern outer wall not covered with ground soil; 5 – the internal wall over which the roof leak occurs

Typowy rozkład wilgotności na wysokości murów w przypadku, gdy podstawowym źródłem zawilgocenia jest podciąganie kapilarne wody od dołu, przedstawiają krzywe 1, 2, 3, 4. Natomiast w przypadku przecieków wody opadowej przez nieszczelny stropodach rozkład wilgotności na wysokości ściany był inny (krzywa 5). Największa wilgotność masowa występowała u góry ściany i zmniejszała się wraz ze zmniejszaniem wysokości. Analizując rysunek 2, należy stwierdzić, że:

- wilgotność masowa murów w lodowni jest bardzo duża;
- w części miejsc pomiarowych wilgotność masowa murów zwiększa się wraz z wysokością, a w innych miejscach maleje wraz z wysokością;
- głównym źródłem zawilgocenia murów w miejscach 1, 2, 3, 4 była woda podciągana kapilarnie z gruntu, a ścian i sklepień w miejscu 5 woda przedostająca się od góry przez nieszczelne „dachy zielone”.

Jednocześnie z badaniami wilgotnościowymi przeprowadzono badania jakościowe i półilościowe rodzaju i stężenia soli w murach. Ich wyniki tzn. minimalne i maksymalne stężenia soli oraz stężenia graniczne przyjmowane w literaturze [6 ÷ 8] zestawiono w tabeli. Pobrane do badań próbki cegły i zaprawy wysuszone, a następnie rozróżniono na drobną mączkę w moździerzu. W celu przygotowania roztworu podstawowego umieszczono 5 g rozróżnionego materiału w zlewce, do której dolano 50 ml wody destylowanej. Po wymieszaniu i odczekaniu do chwili osadzenia się stałego materiału roztwór przefiltrowano przez lejek z sączkiem. Z uzyskanego klarownego roztworu pobierano próbki ok. 5 g do oznaczenia w nich

Ocena stopnia zasolenia na podstawie stężenia soli [% wag.] Assessment of salinity based on salt concentration [% by weight]

Stopień zasolenia	Poziom niski	Poziom średni	Poziom wysoki
Chlorki [% M]	< 0,2	0,2 – 0,5	– 0,5
Siarczany [% M]	< 0,5	0,5 – 1,5	– 1,5
Azotany [% M]	< 0,1	0,1 – 0,3	– 0,3

chlorków, siarczanów i azotanów (tabela). Jako wartości graniczne stężenia soli mających szkodliwy wpływ na budynek przyjmuje się następujące wartości: chlorki – 0,150%; siarczany – 0,500%; azotany – 0,150%.

Wyniki badań wykazują, że stężenie chlorków, siarczanów i azotanów w próbkach we wnętrzu obiektu w murach jest niewielkie. Natomiast na powierzchni zewnętrznej muru stwierdzono bardzo dużo chlorków, co świadczy najprawdopodobniej o posypywaniu jezdni solą zawierającą CaCl_2 (chlorek wapnia) w okresie zimowym. Stąd tak duża korozja lica zewnętrznego ściany frontowej w jej dolnej części (fotografie 1 i 2).

Zalecenia wynikające z przeprowadzonych badań

W pierwszej kolejności należy wykonać zabezpieczenie sklepień i stropów przed wodą przedostającą się od góry. Można to rozwiązać w trojaki sposób:

Wariant I. Odkopanie w całości murów bastionu, dokładne oczyszczenie zewnętrznych powierzchni murów, wykonanie izolacji poziomych na stropach i sklepieniach, wykonanie izolacji pionowych na powierzchniach zewnętrznych ścian. Izolacje te można wykonać z mikrozapraw wodoszczelnych typu np. Aquafin 2K (lub innych o tych samych właściwościach) o grubości 4 mm. Następnie należy osłonić warstwę izolacji folią kubełkową i polistyrenem ekstrudowanym oraz folią filtracyjną. Można odtworzyć nasyp z warstwy żwiru grubości 10 cm i warstwy humusu stanowiącego podłoże dla roślin. Przed wykonaniem izolacji przeciwwodnej zalecane jest wyprofilowanie spadków umożliwiających odpływ wody z górnej powierzchni izolacji. Jest to wariant najpełniejszy, ale jednocześnie najbardziej pracochłonny i kosztowny.

Wariant II. Zebranie gruntu od góry z całej powierzchni bastionu na głębokość ok. 50 cm, wyprofilowanie spadków, ułożenie warstwy piasku grubości ok. 10 cm, ułożenie folii izolacyjnej stosowanej do izolacji w obiektach gruntowych, ułożenie warstwy filtracyjnej ze żwiru, ułożenie folii zabezpieczającej warstwę filtracyjną przed drobnymi frakcjami, ułożenie warstwy humusu stanowiącego podłoże dla roślin. Wariant ten zabezpiecza wnikanie wody od góry, ale nie przewiduje wykonania izolacji pionowej na zewnętrznych powierzchniach ścian.

Wariant III. Wykonanie izolacji przeciwwodnej od góry przez wtlaczanie bentonitu w grunt. Jest to wariant najprostsz, najłatwiejszy, najprawdopodobniej najtańszy, ale stosując go, nie mamy żadnej kontroli nad poprawnością ułożenia bentonitu. W wariantcie tym należy się liczyć z możliwością wielokrotnego wtlaczania bentonitu w miejscach niedostatecznie doszczelnionych.

Analizując zabezpieczenie murów od dołu przed podciąganiem kapilarnym, stwierdzono, że przy tak grubych murach skuteczność wykonania przepony poziomej może być problematyczne [9]. Z tego względu oraz z uwagi na zalecenia konserwatora przyrody w jednym skrzydle budynku (rysunek 1) zrezygnowano z wykonywania przepony poziomej, aby zapewnić odpowiednie warunki do egzystowania nietoperzy (odpowiednia temperatura i wilgotność względna powietrza). Natomiast zalecono wykonanie typowych zabiegów, takich jak: uporządkowanie spływu wód opadowych z terenu przyległego do obiektu i z terenu zielonego usytuowanego nad obiektem; wykonanie odpowiednich gzymsów, kapinosów, koron murów itd. oraz odpowiedniego zabezpieczenia lica murów sposobami konserwatorskimi.

W przypadku lica zewnętrznego ściany frontowej należy:

- usunąć uszkodzone zewnętrzne warstwy muru przez ich odkucie;
- dokonać tzw. obróbki soli, przekształcającej sole rozpuszczalne w wodzie w związki nierozpuszczalne;
- uzupełnić wszelkie ubytki muru cegłą klasy 10 na zaprawie wapiennej lub słabej wapienno-cementowej; właściwości fizykomechaniczne cegły i zaprawy powinny być jak najbardziej zbliżone do materiałów już wbudowanych w mur;
- zahydrofobować zewnętrzne lico muru.

W przypadku lica wewnętrznego murów sposób postępowania powinien zależeć od przewidywanej funkcji pomieszczeń oraz tego, czy obecnie ściany są otynkowane. W ścianach przeznaczonych do tynkowania należy:

- skuć istniejące tynki;
- dokładnie oczyścić powierzchnię murów [10];
- wykonać tynk renowacyjny grubości min. 3 cm.

Natomiast w przypadku ścian nietynkowanych należy:

- starannie oczyścić powierzchnię muru;
- dokładnie wyspoinować lico muru;
- zahydrofobizować powierzchnię muru.

Literatura

- [1] Hoła J, Sikora J i inni. New Tomographic method of brickwork damp identification. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław. 2010.
- [2] Matkowski Z. Badanie wilgotności i zasolenia murów oraz sklepień ceramicznych w historycznym obiekcie militarnym. Materiały Budowlane. 2021; 3: 21 – 23.
- [3] Sardella A, De Nuntis P, Bonazza A. Efficiency evaluation of treatments against rising damp by scale models and test in situ. Journal of Cultural Heritage, S31/2018, S30 – S37.
- [4] Binda L. Determination of moisture distribution and level using radar in masonry built with regular units. Materials and Structures. 2005; 38: 283 – 288.
- [5] Wójcik R. Pomiary wilgotności przegród budowlanych. Materiały Budowlane. 2022; 8: 42 – 43.
- [6] Rokieli M. Poradnik. Hydroizolacje w budownictwie. Dom Wydawniczy Medium. Warszawa. 2006.
- [7] Frössel M. Osuszanie murów i renowacja piwnic. Polcen. Warszawa 2007.
- [8] Magott C, Rokieli M. Osuszanie murów. Inżynier Budownictwa. 2017; 9: 93 – 100.
- [9] Ksit B, Monczyński B. Renowacja zawilgoconych obiektów zabytkowych na przykładzie kościoła parafialnego pw. Najświętszej Maryi Panny Wniebowziętej w Zbąszyniu. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2009, s. 267-276.
- [10] Raimondo M, Dondi M, Guardini G, Mazzanti F. Prediction of the initial rate of water absorption in clay brick. Construction and Building Materials. 2009; 23: 2623 – 2630.

Przyjęto do druku: 29.09.2022 r.