

STRUKTURALNY ROZKŁAD DŁUGOTRWAŁEGO ZAWILGOCENIA CEGLANYCH ŚCIAN OBIEKTÓW ZABYTKOWYCH – TEORIA A PRAKTYKA

Krzysztof KAMIŃSKI*

* Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa Mechaniki i Petrochemii
ul. Łukasiewicza 17, 09-400 Płock, e-mail: k57@wp.pl

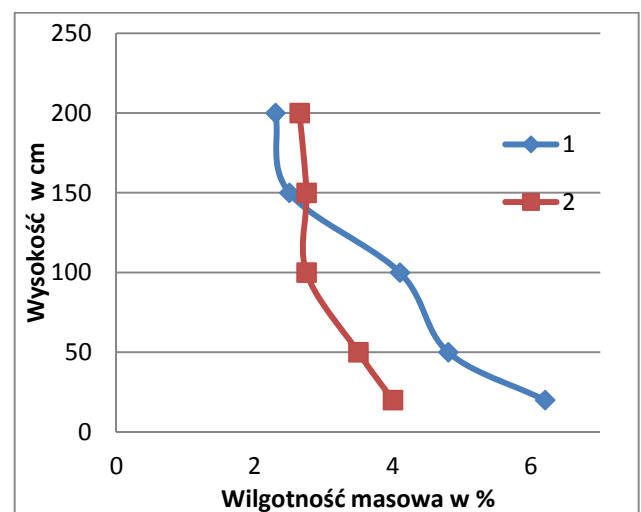
Streszczenie: Badania „in situ” strukturalnego zawilgocenia murowanych z cegły ceramicznej ścian obiektów historycznych wykazały radykalną odmienność od modeli teoretycznych. Znany powszechnie liniowy wykres rozkładu zawilgocenia powstałego na skutek kapilarnego podciągania ma charakter kontynuálny, liniowo przechodzący od pełnego nasycenia w dolnych partiach do materiału suchego. We wszystkich poddanych badaniom obiektach wykresy zawilgocenia cegły miały charakter silnie falujący, całkowicie różny od modelu teoretycznego.

Słowa kluczowe: Badania, zawilgocenie kapilarne, mur ceglany, metodyka badań

1. WPROWADZENIE

Standardowym badaniem związanym z diagnostyką ścian i doбором środków oraz metod naprawczych jest określenie zawilgocenia. Niestety, do chwili obecnej nie dopracowaliśmy się normy, która określałaby metodykę pobierania próbek, wybór pionów oraz głębokości pobierania materiału ze ściany, przy której uzyskany wynik byłby miarodajny do wnioskowania. Opinia o nieprzydatności tzw. wilgotnościomierzy elektrycznych do pomiaru zawilgocenia ściany staje się coraz bardziej powszechna [1]. Większość badaczy podziela pogląd, że profil zawilgocenia masowego ściany (do lokalizacji którego przydatne są mierniki elektryczne) jest jedną z podstawowych informacji umożliwiających jej prawidłową diagnostykę i właściwy wybór środków naprawczych. W literaturze technicznej bardzo rzadko pojawiają się informacje dotyczące pełnego rozkładu zawilgocenia na wysokości badanego elementu. Dotychczas opublikowane wyniki badań dotyczą jedynie materiałów stosunkowo jednorodnych o wydłużonym kształcie tzn.: próbek ceglanych lub próbek zapraw o długości 50cm. Badania wykonane przez M. Leśniewską [2] wykazały jednorodny charakter profili zawilgocenia materiałów. Ze względu na

krótkotrwały charakter obserwacji są one jednak mało przydatne do wnioskowania o docelowym profilu zawilgocenia ściany. Badania wykonane przez M. Wesółowską [3] na próbkach ceglanych o wymiarach 6x6x50cm wykazały wahania rozkładu wilgotności dochodzące nawet do kilku procent po 190 godzinach podciągania. W praktyce budowlanej panuje powszechne przekonanie, że wilgotność murów maleje w sposób ciągły wraz ze wzrostem wysokości. Takie przeświadczenie prowadzi do przyjmowania do analiz profili zawilgocenia ustalanych na podstawie 3-7 próbek pobranych w wybranym pionie. Pomimo podjęcia szerokich badań literaturowych autorowi nie udało się natrafić na publikację zawierającą wyniki badań „in situ” pełnych profili długotrwałego zawilgocenia ścian.



Rys.1 Przykładowy rozkład wilgotności masowej muru ceglanego na wysokości ścian parteru [4]

Fig.1. Brick wall example moisture profile

2. PROGRAM BADAWCZY

Od 2000 roku prowadzony jest szeroki program badawczy dotyczący skuteczności wybranych metod wykonywania przepony poziomej w ścianach. Jako narzędzie porównawcze przyjęto profile zawilgocenia i zasolenia ściany przed wykonaniem przepony poziomej i 3-5 lat po jej wykonaniu. Stwierdzono wyraźne wahania wilgotności w uzyskanych profilach. Aby wyeliminować błędy pomiaru wilgotności materiału ze ściany ograniczono się jedynie do metody wagowo-suszarkowej. Metodyka początkowych badań bazowała na instrukcjach WTA - m.in.[8]. Wyniki wstępnych pomiarów opublikowane w 2005 roku [5] zostały potwierdzone szerokim programem badawczym wykonanym w ramach grantu statutowego Politechniki Warszawskiej. Dokonano krytycznej analizy błędów pomiarowych, które powstają przy pobieraniu materiału porowatego ze ściany przy pomocy wiertła widiowych. Odrzucono również wagosuszarkę jako narzędzie pomiarowe ze względu na duże błędy powstające przy suszeniu małych partii materiału lub długi czas suszenia próbek o większej masie przekraczającej 10g. Zmieniono sposób pobierania próbek ze ściany[6,7]. W ustalonych profilach materiał pobierano ręcznie, przy pomocy specjalnego dornika rurowego o średnicy wewnętrznej 20mm, w postaci granulatu i natychmiast umieszczano w specjalnych hermetycznie zamykanych torebkach plastikowych. Po zgromadzeniu ponad 20g [6] materiału naturalnej wilgotności i usunięciu powietrza z torebki, próbki szczelnie zamykano. Tak przygotowane próbki przewożono do laboratorium, gdzie były ważone z dokładnością do 0,001g, a następnie suszone w suszarce w temperaturze $105\pm 1^{\circ}\text{C}$. Po 1 dobie suszenia wykonywano pierwszy pomiar masy w ekscytorze, drugi pomiar wykonywano po 24 godzinach. Jeśli różnica pomiarów nie przekraczała 0,1%, oznaczano zawilgocenie próbki. Probki pobierano z każdej warstwy cegieł w głąb muru co 5cm do połowy jego szerokości.

Piony pomiarowe wytypowano na podstawie badań nieniszczących, wykonanych metodą mikrofalową w charakterystycznych miejscach na zewnętrznej powierzchni ścian obiektu oraz w kilku wypadkach na powierzchni wewnętrznej.

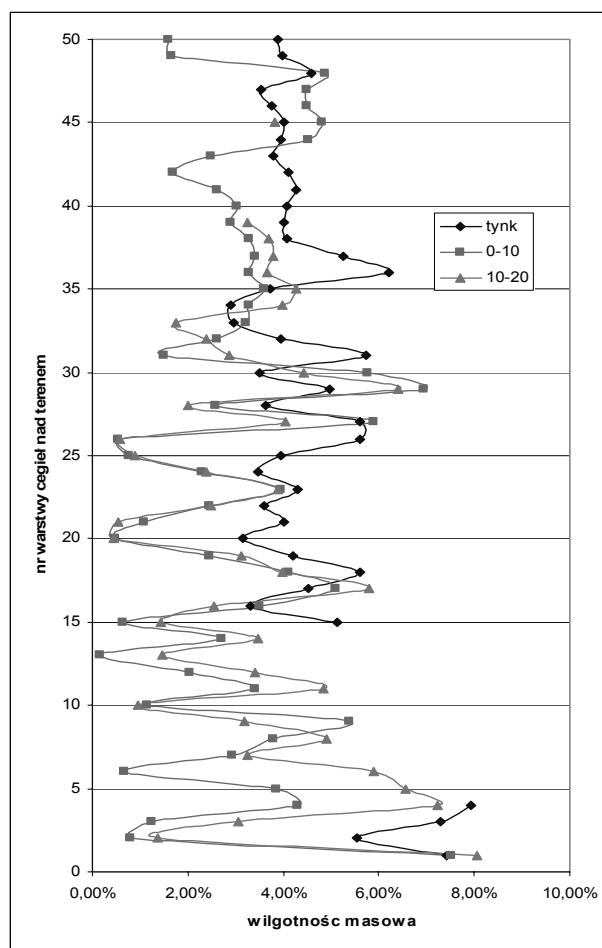
Przed przystąpieniem do pobierania próbek do badań zawilgocenia, prowadzono przez 7 dni pomiary warunków cieplno-wilgotnościowych. Na zewnątrz obiektu umieszczono cztery, a wewnątrz dwa rejestratory wilgotności i temperatury powietrza. Na podstawie uzyskanych wyników badań określono parametry ustawienia komory klimatycznej do stymulacji poziomu wilgotności higroskopijnej. Badaniami objęto 46 budynków historycznych z zawilgocenymi ścianami, przyjmując jako kryterium wyboru obiektu udokumentowany ponad 100-letni okres zawilgocenia ścian. Wiek obiektów zawiera się w przedziale od 100 do 600 lat.

3. WYNIKI BADAŃ

W niniejszej pracy przedstawiono tylko niewielką część obszernych wyników badań, ograniczoną do kilku obiektów. Przedstawiono rozkłady zawilgocenia tynków i warstw wglębnych ściany z cegły z głębokości 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm, 30-40cm.

3.1. Ściana zachodnia kościoła gotyckiego - około 500 lat zawilgocenia

Średnia wilgotność względna powietrza w ciągu 7 dni poprzedzających badanie wynosiła 45%, zaś średnia temperatura $16,7^{\circ}\text{C}$. Pobranie próbek odbyło się 16.09.2010r.



Rys.2 Rozkład zawilgocenia tynku i muru ceglanego 0-10cm i 10-20cm w ścianie zachodniej kościoła

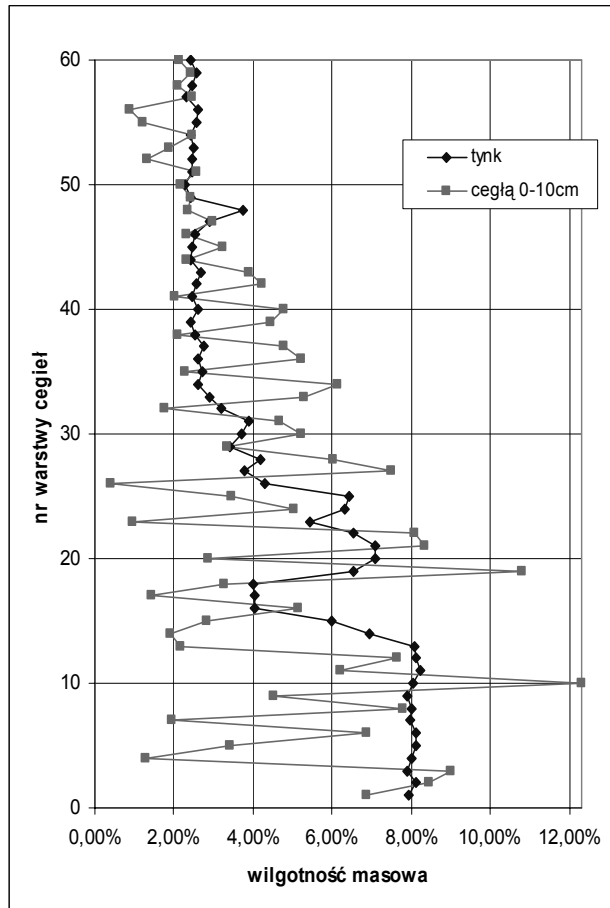
Fig.2 Plaster and brick (0-10cm and 10-20cm depth) dampness profiles in a gothic brickwall

W dolnych partiach ścian stwierdzono występowanie znacznych różnic wilgotności zarówno pomiędzy tynkiem, a bezpośrednio przylegającą warstwą cegieł 0-10cm, jak i warstwą wglębną 10-20cm. W środkowej partii - od 15 do 30 warstwy, zawilgocenie cegieł pod tynkiem i w głębi

ściany jest podobne, natomiast w górnych partiach zawilgocenie tynku utrzymuje się na poziomie 3,5%, a zawilgocenie cegieł pod tynkiem jest wyższe, dochodzi do 4,5%.

3.2. Ściana północna kościoła gotyckiego - około 450 lat zawilgocenia

Średnia wilgotność względna powietrza w ciągu 7 dni poprzedzających badanie wynosiła 49%, zaś średnia temperatura 18,3°C. Pobranie próbek odbyło się 10.09.2010r.

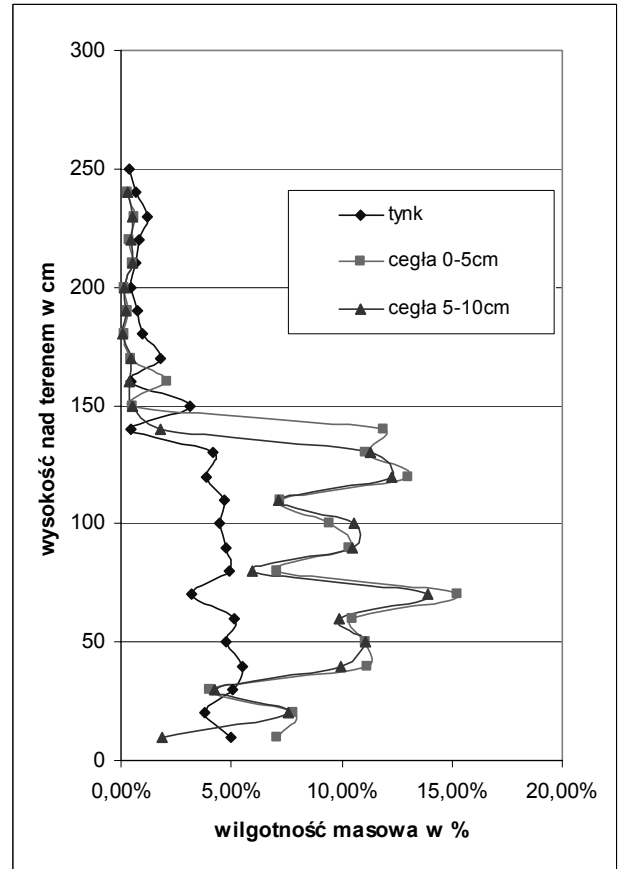


Rys.3 Rozkład zawilgocenia tynku i muru ceglanego 0-10cm w ścianie północnej kościoła
Fig.3 Plaster and brick (0-10cm depth) dampness profiles in gothic Northern brickwall

W dolnych partiach ściany, do 30 warstwy cegieł, wilgotność masowa tynku odpowiada w przybliżeniu średniej wilgotności warstwy 0-10cm cegieł bezpośrednio pod tynkiem. Od 30 do 50 warstwy cegieł uśredniona wilgotność muru jest o 50% wyższa niż tynku. Widoczny jest silnie falujący kształt profilu zawilgocenia cegły i dość ustabilizowany wykres zawilgocenia tynku.

3.3. Ściana wschodnia budynku mieszkalnego-120 lat zawilgocenia

Średnia wilgotność względna powietrza w ciągu 7 dni poprzedzających badanie wynosiła 37%, zaś średnia temperatura 19,1°C. Pobranie próbek odbyło się 04.07.2009r.

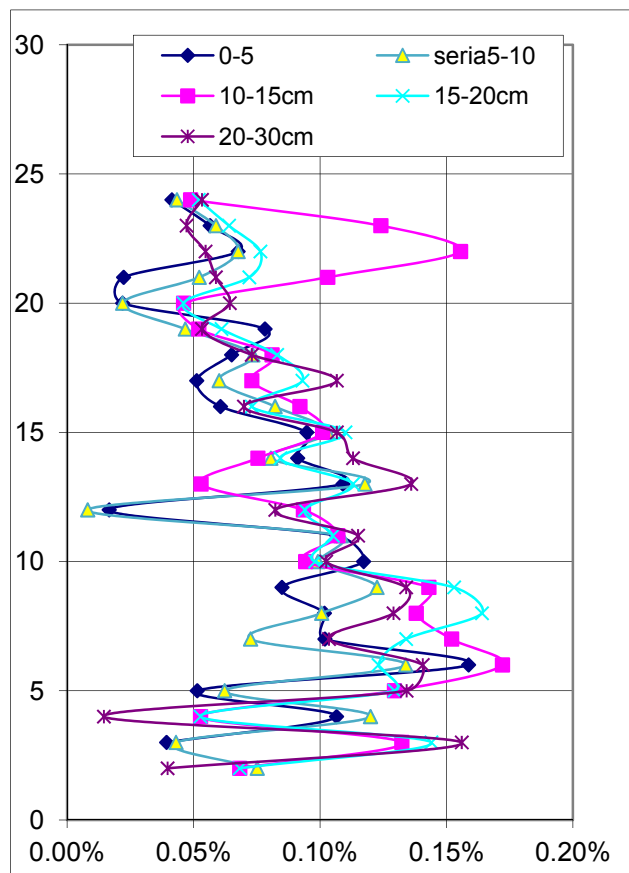


Rys.4 Rozkład zawilgocenia tynku i muru ceglanego 0-5 i 5-10cm w ścianie wschodniej budynku - parter
Fig.4 Plaster and brick (0-5, 5-10cm depth) dampness profiles in historical building brickwall- a first floor

W piwnicach ściany są całkowicie nasycone wodą. W dolnych partiach ściany parteru, do wysokości 1,5m nad terenem, wilgotność masowa tynku była na poziomie 3-5%, uznawanym za suchy. Pod tynkiem występowała wysoka, dochodząca do pełnego nasycenia, wilgotność masowa cegły w warstwie 0-5cm i 5-10cm. Pomiar wilgotnościomierzem elektrycznym wykazywał na całej wysokości odczyty jak dla ściany suchej lub miejscami lekko podniesionej wilgotności. Widoczny falujący kształt profilu zawilgocenia cegły.

3.4. Ściana wschodnia budynku mieszkalnego-110 lat zawilgocenia

Średnia wilgotność względna powietrza w ciągu 7 dni poprzedzających badanie wynosiła 79%, zaś średnia temperatura 7,3°C. Pobranie próbek odbyło się 10.10.2009r.



Rys.5 Strukturalny rozkład zawilgocenia tynku i muru ceglanoego w ścianie wschodniej budynku - parter
Fig.5 Plaster and brick structural dampness profiles in historical building brickwall- a first floor

W dolnych partiach ściany stwierdzono wahania wilgotności we wnętrzu ściany od 1 do 17%. Na poziomie 5 warstwy występowała izolacja pozioma wykonana metodą iniekcji krystalicznej w 1991 roku. W 5 warstwach powyżej izolacji, zawilgocenie ściany na poziomie 75-80% pełnego nasycenia. Najbardziej nietypowe zachowania wykazuje warstwa cegieł na głębokości 10-15cm, z której częściej badaczy zaleca pobieranie próbek. Na poziomie 20-25 warstwy cegieł zaobserwowano wzrost zawilgocenia masowego wewnątrz ściany dochodzący do 16% (95% nasycenia).

4. WNIOSKI

Przedstawione w pracy rezultaty badań rzucają zupełnie nowe światło na wyniki dotychczasowych analiz teoretycznych. Profile zawilgocenia ściany mają kształt silnie falujący w cegle. W tynku obserwowany był również falujący kształt pionowych profili wilgotności masowej, wówczas gdy próbki pobierano w okresie podwyższonej wilgotności względnej powietrza atmosferycznego. Niedopuszczalnym błędem jest diagnostyka zawilgocenia murów na podstawie pomiarów wykonanych na kilku próbkach pobranych w pionie oraz prognozowanie stanu wilgotności ściany na podstawie badań tynku. Konieczne jest pilne opracowanie normy regulującej zasady pobierania próbek ze ścian do pomiarów ich wilgotności.

LONG TERM RISING DAMP PROFILES – THEORY VS. PRACTICE

Summary: The brick wall ‘in situ’ moisture profiles are quite different than actual image calculated by well-known analytical models. Completely different structural moisture was also observed between external plaster and brick wall interior in historical buildings.

Bibliografia:

- [1] Kamiński K.: *O nieprzydatności wilgotnościomierzy elektrycznych do badania zawilgocenia ścian murowych cegły ceramicznej*, Inżynieria i Budownictwo, Nr 4/2008, 2008, str. 188-192.
- [2] Leśniewska M., *„Wpływ porowatej struktury materiałów budowlanych na ruch kapilarny wilgoci”*, Praca doktorska, Politechnika Warszawska, Płock, 1977.
- [3] Wesołowska M., *„Wpływ zewnętrznego pola elektromagnetycznego na kinetykę procesu zawilgocenia i wysychania kompozyty ceramicznego”*, Praca doktorska 1999 r
- [4] Hoła J., Gorzelańczyk T., Matkowski Z., *Badania wilgotnościowe murów ceglanych dworca kolejowego. Materiały budowlane* 3/2011.
- [5] Kamiński K., *„Badania rzeczywistego rozkładu zawilgocenia ścian”*, Theoretical Foundations of Civil Engineering – XIII, OW PW, Warsaw (2005) 417-422.
- [6] Kamiński K.: *Applied masonry rising damp models incongruity with „in situ” and laboratory findings*, AMCM’2008 Analytical Models and New Concepts in Concrete and Masonry Structures., 6th International Conference, Łódź, str. 357-358.
- [7] Kamiński K.: *Brick walls structural moisture content – a new approach to diagnostic procedure.*, Vol. I, 11th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone Toruń, 15-20 IX 2008, str. 389 – 396.
- [8] WTA Merkblatt 4-11-02/D: Messung der Feuchte von mineralischen Baustoffen