



# Ocieplanie zawilgoconych i zasolonych murów obiektów zabytkowych z wykorzystaniem płyt termoizolacyjnych o właściwościach sorpcyjnych

Dr inż. Wacław Brachaczek, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

## 1. Wprowadzenie

Ocieplanie budynków zabytkowych posiadających zawilgocone ściany jest jednym z trudniejszych zabiegów renowacyjnych. Oprócz wybrania odpowiedniej metody ocieplenia, uwzględniającej historyczny charakter budynku, konieczne jest przeprowadzenie zabiegów mających na celu osuszenie i odsolenie zawilgoconych ścian. W takim ujęciu samo ocieplenie murów jest jednym z następujących po sobie procesów, na które składają się: analiza stanu murów → diagnostyka → wybór metod osuszenia i odsolenia murów → dobór materiałów oraz przeprowadzenia ocieplenia ścian. Już samo prawidłowe przeprowadzenie operacji związanych z osuszaniem murów wywiera wpływ na zmianę właściwości fizycznych murów. Tym samym zwiększy to izolacyjność cieplną, a co za tym idzie poprawi ekonomiczną sytuację budynku, w postaci zmniejszenia kosztów energii [1–3].

## 2. Problematyka renowacji zawilgoconych murów w obiektach zabytkowych

### 2.1. Wilgoć i sole w murach

Spośród wszystkich możliwych dróg, jakimi wilgoć może przedostawać się do murów, w większości obiektów zabytkowych jest to podciąganie kapilarne wód gruntowych. Zwiększa się wówczas nie tylko wilgotność substancji budowlanej, ale też zawartość soli mineralnych w murach. W typowych warunkach użytkowania w grubych zawilgoconych murach wskutek naprzemiennego zawilgocenia i wysychania następuje krystalizacja i rozpuszczanie zawartych w nim soli. W zależności od ich rozpuszczalności występują one w różnych miejscach elewacji [2]. Jeżeli zjawisko to występuje w porowatej strukturze ścian, generowane jest ciśnienie krystalizacyjne prowadzące do zmniejszenia wytrzymałości konstrukcji budynków, a w konsekwencji do obniżenia trwałości [1, 2]. Ponadto sole znajdujące się w ścianie mają właściwość higroskopijne, w wyniku czego pobierają wilgoć z powietrza. Dochodzi wówczas do miejscowego zawilgocenia, co powoduje ponowne rozpuszczanie soli, ich migrację i krystalizację w kolejnych partiach muru. Długotrwałe niesprzyjające warunki związane z wilgocią przyczyniają się do obniżenia izolacyjności cieplnej murów, pogorszenia się komfortu pracy i życia przebywających w takich obiektach osób [3].

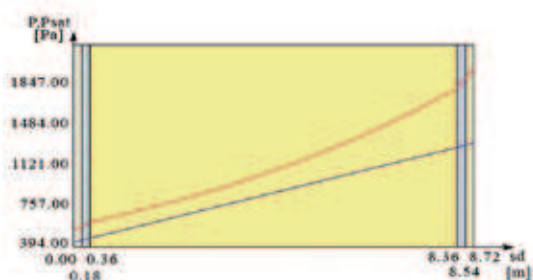
### 2.2. Zabiegi poprzedzające ocieplenie ścian

Pierwszym zabiegiem poprzedzającym ocieplenie zawilgoconych

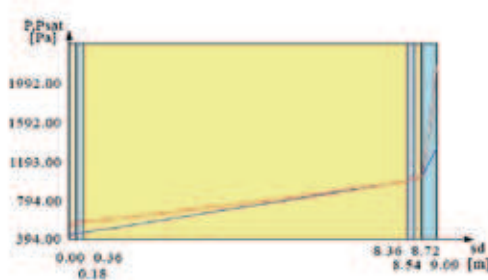
ścian jest usunięcie źródła wilgoci. Jedną z kluczowych operacji jest odtworzenie bariery przeciwwilgociowej dla wody podciąganej kapilarnie. Zabiegi te realizuje się na drodze fizycznej lub chemicznej. Odtworzenie fizyczne polega na mechanicznym przecięciu muru i wprowadzeniu do niego bariery wykonanej z nieprzepuszczalnego materiału, takiego jak metal lub tworzywo sztuczne [4]. Chemiczne odtworzenie bariery przeciwwilgociowej polega na wykonaniu iniekcji poprzez nawiercenie w przegrodzie otworów, do których wprowadza się preparaty iniekcyjne o hydrofobowym charakterze.

Samo wykonanie przepony, niezależnie od sposobu, nie gwarantuje jednak wyschnięcia muru. Jest to jeden ze sposobów odtwarzania izolacji poziomej. W efekcie jej zastosowania mur może wysychać, ale nie musi. Pozostawienie zaś muru samemu sobie po wykonaniu takiej przepony może wręcz przyspieszyć jego degradację. W celu uniknięcia zniszczeń związanych z krystalizacją soli konieczne jest wysuszenie muru oraz usunięcie soli mineralnych. Zminimalizowanie poziomu zawilgocenia murów do poziomu 3–6% wilgotności masowej można przeprowadzić za pomocą jednej z metod, do których należą: osuszanie gorącym powietrzem, metoda mikrofalowa, adsorpcyjna czy kondensacyjna. W przypadku grubych murów metody te mogą powodować tylko pozorne osuszenie warstwy przegrody po osuszanej stronie. Mogą też generować gradient temperatury w murze. Doprowadzić to może do powstania naprężeń termicznych na styku cegły z zaprawą, powodując przekroczenie ich parametrów wytrzymałościowych. Nawet jeżeli mur zostanie osuszony, to żadna z tych metod nie prowadzi do obniżenia zawartości soli [4].

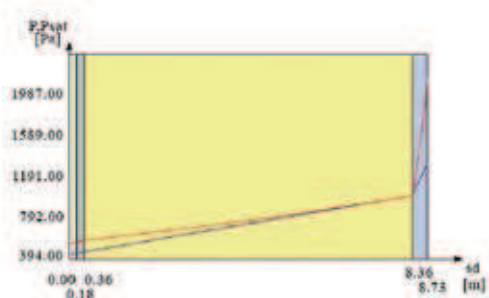
Dobrym rozwiązaniem pozwalającym na wysychanie i odsalanie murów jest stosowanie systemu tynków renowacyjnych. Typowymi elementami takiego systemu są: obrzutka, tynk renowacyjny podkładowy, tynk renowacyjny hydrofobowy oraz powłoka dekoracyjno-ochronna [5]. W odróżnieniu od tradycyjnych tynków wapiennych czy cementowo-wapiennych tynki renowacyjne charakteryzują się dużą porowatością. W materiałach tych występują pory o średnicy od kilku do kilkuset mikrometrów. Dzięki nim tynki te wyciągają wilgoć z murów. Obecność porów o większej średnicy sprzyja szybszemu odparowaniu zaadsorbowanej wody. Ponadto utworzona jest przestrzeń, w której mogą krystalizować i być magazynowane szkodliwe dla murów sole. Hydrofobowy charakter zewnętrznej warstwy tynku powoduje, że strefa odparowania wody przesunięta jest do wewnętrznej części tynku, co zapobiega powstawaniu wykwitów na powierzchni elewacji [5].



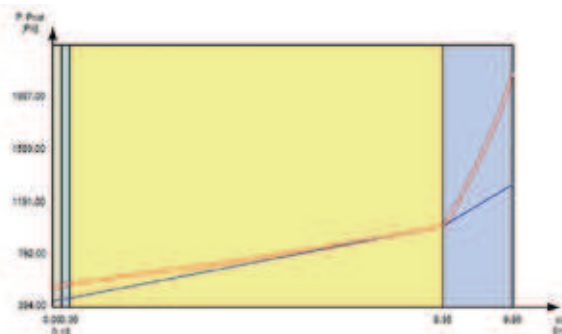
**Rys. 1.** Rozkład ciśnienia pary wodnej w styczniku dla wariantu 1,  $U=0,47 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$



**Rys. 2.** Rozkład ciśnienia pary wodnej w styczniku dla wariantu 2,  $U=0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$



**Rys. 3.** Rozkład ciśnienia pary wodnej w styczniku dla wariantu 3,  $U=0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$



### 2.3. Ocieplanie budynków zabytkowych

Większość stosowanych systemów ocieplania przewiduje układanie warstwy izolacyjnej po zewnętrznej stronie przegród budynków. Głównym argumentem przemawiającym za ocieplaniem ścian od zewnątrz jest przesunięcie strefy wykraplania pary wodnej poza mur. Nagrzewa się on razem z pomieszczeniem i przy poprawnym wykonaniu izolacji termicznej ma tę samą temperaturę, jaka panuje w pomieszczeniach. Nie następuje wówczas skraplanie pary wodnej w jego objętości. W przypadku ocieplania budynków od wewnątrz następuje przesunięcie strefy przemarzania oraz strefy wykraplania się pary wodnej do wnętrza muru. Grozi to zawilgoceniem przegrody i zmniejszeniem trwałości ocieplenia. Przy ocieplaniu od zewnątrz te zjawiska nie występują. Ocieplenie od wewnątrz stosuje się przede wszystkim ze względu na zabytkową fasadę, wszędzie tam, gdzie niemożliwa lub utrudniona jest izolacja termiczna zewnętrzna. Najczęściej stosuje się je w przypadku staromiejskich kamienic, zabytkowych obiektów sakralnych itp.

Metody ocieplania od wewnątrz są bardziej skomplikowane w wykonaniu niż te od zewnątrz. Wymagają one większej staranności oraz szczególnego uwzględnienia ciągłości termoizolacji z innymi elementami budynku, jak ściany fundamentowe lub piwniczne, podłogi na gruncie, stropy czy też dach. Ze względu na przesunięcie strefy wykraplania się wody do muru przy ocieplaniu ścian styropianem czy wełną mineralną zachodzi konieczność dokładnego izolowania ścian. Metody ocieplania ścian od wewnątrz są w dalszym ciągu rozwijane. Pomimo pojawienia się szeregu nowych technologii w dalszym ciągu stosowane metody budzą szereg zastrzeżeń i wymagają dalszego analizowania. Jednym z innowacyjnych rozwiązań jest wykorzystywanie płyt termoizolacyjnych

o dużej sorpcyjności wody [6].

### 2.4. Ocieplanie ścian od wewnątrz z wykorzystaniem płyt termoizolacyjnych o podwyższonej sorpcyjności wody

W ocieplaniu od wewnątrz dużym zainteresowaniem cieszą się płyty termoizolacyjne, w których dopuszcza się wykraplanie pary wodnej. Płytami takimi są lekkie odmiany betonu komórkowego o  $\lambda = 0,42 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  jak też płyty krzemianowo-wapienne o  $\lambda = 0,06\text{--}0,08 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Innowacyjność tych materiałów polega na tym, że płyty te montuje się bezpośrednio do ocieplanej ściany, bez konieczności wykonywania izolacji paroszczelnej. Wilgoć gromadząca się wewnątrz elementu budowlanego, dzięki właściwościom kapilarnym takich płyt, jest szybko pochłaniana, a następnie transportowana na powierzchnię, skąd może szybciej odparować. Nasiąkliwość płyt jest wysoka i w przypadku płyt krzemianowo-wapiennych wynosi ok. 300%.

## 3. Część eksperymentalna

### 3.1. Przedmiot badań

Analizowano funkcjonalność systemu ocieplania ścian od wewnątrz na przykładzie muru ceglanego zabytkowej kamienicy wzniesionej na przełomie XVIII i XIX wieku w stylu klasycystycznym usytuowanej w Bielsku-Białej przy ul. Orkana i Nad Niprem. Fasadę budynku stanowi kompletny wystrój architektoniczny z elementami klasycystycznymi oraz historyzującymi. Uśredniona wilgotność murów od strony frontowej budynku mierzona na wysokości 20 cm od chodnika wynosiła 12,45% masowych, co stanowiła 95% wilgotności względnej, stopień zasolenia określono na poziomie wysokim: uśredniona zawartość soli:  $\text{NO}_3^- = 0,19\%$ ,  $\text{SO}_4^{2-} = 1,32\%$ ,  $\text{Cl}^- = 0,19\%$ .



Ocieplanie od wewnątrz przeprowadzono po odtworzeniu bariery przeciwwilgociowej na drodze iniekcji chemicznej. Do ocieplenia budynku zastosowano płytę krzemianowo-wapienną Sensec o grubości 15 cm. W celu osuszenia murów zastosowany został system tynków renowacyjnych w układzie: podkładowy tynk renowacyjny Renowator 520 o grubości 20 mm, hydrofobowy tynk renowacyjny Renowator 540 o grubości 20 mm, mur z cegły o grubości 800 mm<sup>1</sup>.

Analizowano zmianę współczynnika przenikania ciepła  $U$  [W/(m<sup>2</sup>·K)], jak też analizowano miejsca, w którym wystąpiła saturacja powietrza parą wodną w przegrodzie dla następujących wariantów renowacji:

- **wariant 1:** Renowator 540, Renowator 520, mur z cegły pełnej, Renowator 520, Renowator 540;
- **wariant 2:** Renowator 540, Renowator 520, mur z cegły pełnej, Renowator 520, Renowator 540, płyta Sensem;
- **wariant 3:** Renowator 540, Renowator 520, mur z cegły pełnej, płyta Sensec.

W warunkach wyjściowych (przed renowacją) mur miał wilgotność 12,5% masowych,  $\lambda=0,91$  W/(m<sup>2</sup>·K). Współczynnik przenikania ciepła  $U$  dla przegrody wynosił 0,93 W/(m<sup>2</sup>·K). Stan elewacji frontowej przedstawiono na rysunku 1. Obliczenia przeprowadzono dla miasta Bielska-Białej: środowisko zewnętrzne  $T = -1,7^{\circ}\text{C}$ , pomieszczenie  $20^{\circ}\text{C}$ .

Wariant 1 zaproponowano jako pierwszy etap renowacji zawilgoconych murów. W etapie tym nastąpi wysychanie murów wraz z wyekstrahowaniem zawartych w nim soli. Bezpośrednie wykonanie izolacji termicznej na zawilgoconych i zasolonych murach nie jest dobrym rozwiązaniem ze względu na znaczną zawartość soli o higroskopijnych właściwościach. Z jednej strony sole migrują do płyt termoizolacyjnych, co utrudnia proces ich wysychania, z drugiej zaś strony reagują z klejem, na którym są montowane płyty, co wywiera wpływ na jego właściwości mechaniczne.

Na rysunkach 1–3 przedstawiono wykresy rozkładu ciśnienia pary wodnej w przegrodach dla poszczególnych wariantów renowacji. Wykresy sporządzono dla stycznia, gdyż miesiąc ten podobnie jak pozostałe miesiące zimowe są szczególnie narażone na gromadzenie się kondensatu pomiędzy warstwami. Analizując zmiany prężności pary wodnej w przegrodzie dla wariantu 1, stwierdzono, że zjawisko kondensacji międzywarstwowej nie występuje. Wartości ciśnienia pary nasyconej są dla każdego styku materiałów większe od rzeczywistego ciśnienia pary wodnej. Wariant 2 i 3 przedstawia rozwiązanie ocieplenia muru, które należy wykonać, gdy wilgotność ściany osiągnie poziom charakterystyczny dla ściany suchej, tj. pomiędzy 3 do 6% wilgotności masowej. Analizując zmiany prężności pary wodnej w przegrodzie dla wariantu 2, stwierdzono, że występuje zjawisko kondensacji międzywarstwowej, jak też kondensacja pary wewnątrz muru. Wpływ na to wywierać będzie warstwa termoizolacyjna umieszczona od wewnętrznej strony przegrody. W miesiącach zimowych nastąpi znaczne obniżenie temperatury muru, co związane będzie z saturacją powietrza parą wodną. Dodatkowo niekorzystny

wpływ na migrację wody do warstwy termoizolacyjnej, skąd mogłoby nastąpić odparowanie, wywierata będzie warstwa tynku renowacyjnego o hydrofobowym charakterze.

Korzystniejszym rozwiązaniem jest umieszczenie warstwy termoizolacyjnej od wewnątrz bezpośrednio na murze. W miesiącach zimowych kondensacja wystąpi w miejscu styku mur/materiału termoizolacyjnego. Powstająca w ten sposób wilgoć będzie ulegała sorpcji przez płytę termoizolacyjną, co spowoduje obniżenie wilgotności muru.

#### 4. Podsumowanie

W pracy przeanalizowano warianty wykonania ocieplenia zawilgoconych i zasolonych ścian budynków zabytkowych od wewnątrz z wykorzystaniem płyt termoizolacyjnych o wysokiej sorpcyjności. Stwierdzono, że ocieplanie takich ścian następować powinno po przeprowadzeniu zabiegów mających na celu osuszenie i wyekstrahowanie szkodliwych soli. Jako optymalne rozwiązanie zaproponowano tu system tynków renowacyjnych. Bazując na doświadczeniu autora, można stwierdzić, że bezpośrednie mocowanie płyt termoizolacyjnych na zawilgoconych i zasolonych murach jest złym rozwiązaniem, ze względu na wpływ soli na zmianę właściwości fizycznych płyt termoizolacyjnych, jak i na trwałość ocieplenia. Na podstawie analizy rozkładu prężności pary wodnej w przegrodzie stwierdzono, że optymalnym rozwiązaniem jest wariant, w którym bezpośrednio po odtworzeniu bariery przeciwwilgociowej na mur obustronnie zostanie założony system tynków renowacyjnych. Po wyschnięciu muru tynk od wewnątrz zostanie usunięty, a płyty termoizolacyjne zamocowane zostaną w taki sposób, aby możliwa była do nich migracja wilgoci z muru. Pozbycie się wilgoci z przegrody powoduje obniżenie współczynnika  $U$  z poziomu od 0,93 do 0,47 W/(m<sup>2</sup>·K). Dodatkowe zastosowanie termoizolacji od wewnątrz pozwala na osiągnięcie poziomu  $U=0,23$  W/(m<sup>2</sup>·K) bez ingerencji w zabytkową bryłę architektoniczną. Daje to możliwość znacznego zaoszczędzenia energii koniecznej do ogrzania historycznego budynku w okresie grzewczym lub ochłodzenia wnętrza latem.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Gorecki P, Wyrwał J., Proces niszczenia murów w zabytkowych budynkach i obiektach przemysłowych, Roczniki inżynierii budowlanej, 2010, zeszyt nr 10, str. 25–30
- [2] Charola A.E., Salts in the deterioration of porous materials: An overview, Journal of the American Institute for Conservation 39(3), 2000, str. 327–343
- [3] Wyrwał J., Wpływ soli na efektywną przewodność cieplną ścian budowli, Roczniki inżynierii budowlanej, 2009
- [4] Styrzcula K., Magott C., Osuszanie, wykonywanie izolacji przeciwwilgociowych i przeciwwodnych oraz zabezpieczanie konstrukcji murowych przed korozją biologiczną, XXII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, tom II, Szczyrk, 2007
- [5] Brachaczek W., Jak osuszyć budynek z wilgoci kapilarnej, nr 2, 2015, str. 75–82
- [6] Brachaczek W., Innowacyjne rozwiązanie w zakresie ocieplania budynków od wewnątrz, z zastosowaniem mineralnych materiałów o niskim przewodnictwie cieplnym, Zeszyty Naukowe. Architektura, Politechnika Śląska, 2013, zeszyt 53, str. 69–78

Referat był prezentowany na konferencji Ekologia a Budownictwo w październiku 2017 roku

<sup>1</sup> Warstwy podawane zostały od strony zewnętrznej przegrody do wewnątrz.