Ocieplenia ścian w obiektach zabytkowych część I

Obiekty zabytkowe zawsze wymagają niezwykle ostrożnego i starannego podejścia ze strony wszystkich uczestników renowacji: projektanta, wykonawcy i inspektora nadzoru. Powodem jest konieczność przeprowadzania prac renowacyjnych w taki sposób, aby utrwalając zachowany stan budowlany, wzmacniać, zabezpieczać czy restaurować elementy obiektu bez wprowadzania zmian wpływających na ogólną jego wartość zabytkową.

mgr inż. Jerzy B. Zembrowski

Założenie określone na wstępie jest zawsze trudne do zrealizowania, bowiem każda ingerencja w strukturę obiektu wpływać musi na jego walory historyczne – tym bardziej, im starszy jest obiekt. Wobec ogromu trudności technologicznych, wysokich kosztów renowacji oraz omawianych niebezpieczeństw, zastanowić się można, czy nie lepiej jest pozostawić obiekty zabytkowe – przynajmniej w części konstrukcyjnej – w stanie nadal niezmienionym. Niestety, mimo powszechnego podziwu dla kultury naszych przodków, musimy stwierdzić, że budowniczowie lat minionych nie dysponowali tak mocno rozwiniętymi technologiami budowlanymi, jak my dzisiaj. Skutkiem tego jest ciągłe podupadanie obiektów zabytkowych – przyśpieszane coraz mocniej przez zanieczyszczane środowisko. Zatem, chcąc zachować wartości historyczne obiektów dla potomnych, musimy dokonywać renowacji tych obiektów.

Generalnie możemy mówić o dwóch zakresach renowacji: zewnętrznej – dotyczącej elewacji i części podziemnej od strony gruntu oraz wewnętrznej – dotyczącej struktury wewnętrznej budynku zarówno w części nadziemnej, jak i podziemnej. Siłą rzeczy, skupimy się na renowacji, a nie na restauracji.

Największe spustoszenia w budowlach pochodzą od wody: i tej pochodzącej z opadów, i tej pochodzącej z gleby. Całym problemem tych zniszczeń jest fakt, że dawniej nie znano i nie stosowano żadnych zabezpieczeń przed wodą. Gdyby zabezpieczenia te (zwane dzisiaj hydroizolacjami) stosowano, dzisiaj zapewne renowacje ograniczalibyśmy jedynie do lokalnych napraw miejsc uszkodzonych przez np. działania wojenne czy losowe. Świadczy o tym doskonały niemal stan elewacji w częściach budynków położonych wysoko nad ziemią. Dlaczego tak jest? Dlatego że tak wysoko nie dociera woda pochodząca z gruntu, a podciągana kapilarnie ku górze poprzez materię murów – począwszy od części podziemnych. Na domiar złego stare mury stwarzają doskonałe warunki do kapilarnego ruchu wody ku górze, bowiem wykonane z cegieł ręcznie formowanych posiadają lekką strukturę z otwartymi porami, w które z łatwością wnika woda. Ruchowi temu sprzyjają także spoiny wykonane z zaprawy wapiennej czy glinianej. Woda migrując ku górze niesie ze sobą rozpuszczone związki chemiczne: głównie azotany, chlorki i siarczany – co nazywamy potocznie zasoleniem murów. Nie wnikając bliżej w reakcje chemiczne oraz zależności fizyczne, można stwierdzić, że zasolenia są bardzo szkodliwe właśnie dla konstrukcji budynków. Oczywistym faktem jest, że największe zasolenia występują w obiektach właśnie zabytkowych, bowiem one najdłużej wystawione są na szkodliwe działanie wody. Im wcześniej dokonamy zabezpieczeń renowacyjnych, tym koszty prac będą mniejsze oraz tym ingerencja będzie mniej widoczna. Przykłady skutków penetracji wody – widoczne od strony elewacji – pokazano na fotografiach 1 i 2.

1

2

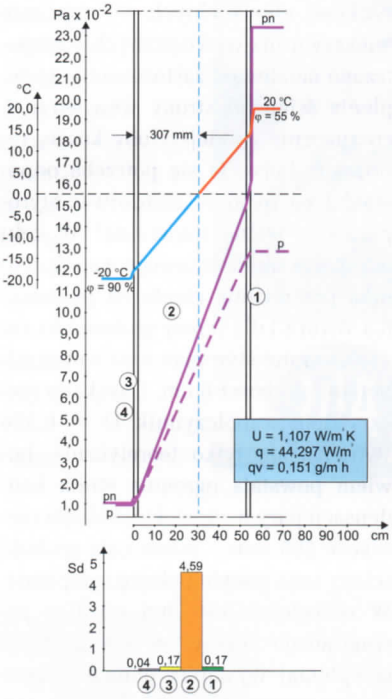
Pierwsza przedstawia fragment kościoła zbudowanego w roku 1806, druga fragment pałacu zbudowanego w roku 1730. Na fotografii 3 widnieje fragment wnętrza tego pałacu – zejścia do piwnic w sąsiedztwie ściany zewnętrznej. Dzisiaj jest już najwyższy czas na „uzdrawianie" tych pięknych obiektów.

Podczas wykonywania projektu renowacji obiektu zabytkowego w naszym klimacie pojawiają się problemy, które nie występują w klimacie ciepłym. Powodem jest istnienie zim. Otóż nikt jeszcze nie wpadł na pomysł, aby odnowiony czy odrestaurowany budynek traktować nadal tak, jakby „czas się zatrzymał", tj. zgodnie ze stanem pochodzącym z okresu wznoszenia. Dzisiaj stawia się wymagania prawie niemożliwe do spełnienia, pragnie się budynek zabytkowy użytkować według współczesnych wymagań, ale z zachowaniem zabytkowej wartości obiektu. Tak zamienia się pałace i zamki na muzea, siedziby władz, szkół itp., a w naszym klimacie konieczne jest ogrzewanie pomieszczeń użytkowanych w takich obiektach. Dlatego montuje się instalacje ogrzewcze, sanitarne i inne umożliwiające użytkowanie zabytków. Ciepło doprowadza się instalując grzejniki klasyczne, ogrzewanie ścienne, podłogowe czy sufitowe. Niestety, nie obywa się bez niszczenia wartości historycznych obiektów. Podczas projektowania renowacji często nasuwa się pytanie: co jest najbardziej wartościowe w budynku zabytkowym, a co mniej, bowiem coś „uszkodzić" musimy. Dzisiaj, wobec stale rosnących kosztów ogrzewania, coraz częściej pojawia się nowe wymaganie: docieplanie ścian zewnętrznych. Jeśli w przypadku ścian w części podziemnej można spełnić to wymaganie stosunkowo łatwo, to w części nadziemnej zadaniem łatwym nie jest.

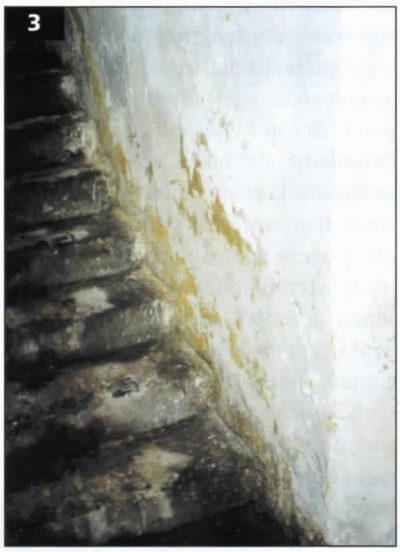
Potrzeba docieplenia ścian pałacu

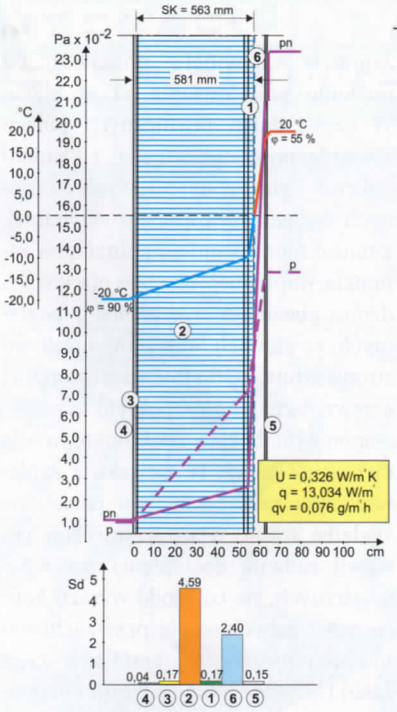
Posłużmy się przykładem z życia wziętym. W cytowanym pałacu po inwentaryzacji okazało się, że mamy do czynienia z następującymi grubościami ścian zewnętrznych: 51, 58, 67, 70, 76 oraz 83 cm w części nadziemnej. Stwierdzono występowanie murów z cegły ceramicznej pełnej ręcznie formowanej na

p_n – ciśnienie nasycenia pary wodnej, Pa; **p** – ciśnienie cząstkowej pary wodnej w przegrodzie, Pa; **t** – temperatura, °C; **φ** – wilgotność względna powietrza, %; **U** – współczynnik przenikania ciepła, W/(m²K); **q** – jednostkowy strumień ciepła przenikającego W/m²; **q_v** – jednostkowy strumień pary dyfundującej, g/m²h; **S_d** – opór dyfuzyjny warstwy przegrody, m; **S_k** – strefa kondensacji pary wodnej, mm

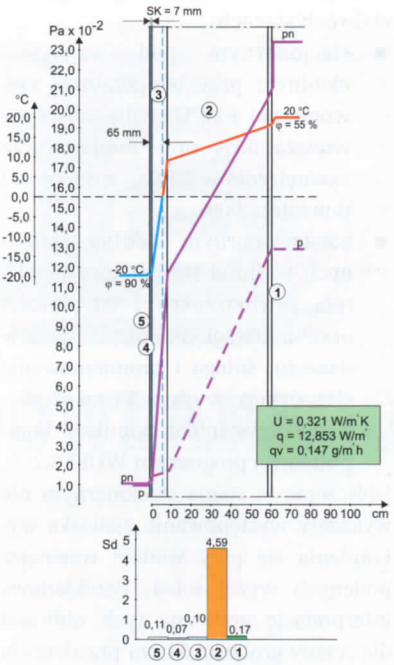


Rys. 1. Analiza cieplno-wilgotnościowa w stacjonarnych warunkach obliczeniowych (mur z cegły pełnej ręcznie formowanej grub. 51 cm). **1** – tynk wapienny 2,0 cm; **2** – mur z cegły pełnej ręcznie formowanej 51,0 cm; **3** – tynk wapienny 2,0 cm; **4** – farba wapienna 0,2 mm





Rys. 2. Analiza cieplno-wilgotnościowa w stacjonarnych warunkach obliczeniowych (mur z cegły pełnej ręcznie formowanej grub. 51 cm ocieplony styropianem od wewnątrz). **1** – tynk wapienny 2,0 cm; **2** – mur z cegły pełnej ręcznie formowanej 51,0 cm; **3** – tynk wapienny 2,0 cm; **4** – farba wapienna 0,2 mm; **5** – wyprawa cem.-polimerowa 3,0 mm; **6** – styropian FS-15 8,0 cm



Rys. 3. Analiza cieplno-wilgotnościowa w stacjonarnych warunkach obliczeniowych (mur z cegły pełnej ręcznie formowanej grub. 51 cm ocieplony wełną mineralną od zewnątrz). **1** – tynk wapienny 2,0 cm; **2** – mur z cegły pełnej ręcznie formowanej 51,0 cm; **3** – wełna mineralna 8,0 cm; **4** – masa klejowo-szpachlowa Baumit Haftmortel 4 mm, **5** – tynk silikatowy Baumit SilikatPutz 3 mm

zaprawie wapiennej – począwszy od poziomu posadowienia aż po dach. W części ścian piwnicznych pałacu stwierdzono szereg wtrąceń z kamieni polnych i głazów narzutowych otoczonych cegłami na zaprawie wapiennej, a nawet mur z kamieni polnych na zaprawie wapiennej. Nigdzie nie stwierdzono obecności hydroizolacji poziomych w murach ani pionowych od strony gruntu. Od strony wewnętrznej i zewnętrznej mury pokryto tynkiem wapiennym bogato zdobionym wedle ówczesnej mody. W związku z zaplanowanym przeznaczeniem pałacu na siedzibę szkoły wyższej, inwestor postawił zadanie docieplenia ścian zewnętrznych, na co zgodę wyraził konserwator zabytków, ale przy zachowaniu lub odtworzeniu stanu istniejącego fasad i wnętrza. Współczynniki przenikania U tych ścian wahały się w przedziale od 0,75 do 1,11 W/(m²K). W celu określenia zakresu skutków ingerencji w substancję pałacu oraz efektów oszczędności na dostawie ciepła do ogrzewania dokonano obliczeń cieplno-wilgotnościowych wszystkich ścian w warunkach istniejących (przed ingerencją). Obliczenia wykonywano w dwóch stanach:

- stacjonarnym pod względem cieplnym przy temperaturze wewnętrznej +20°C i wilgotności powietrza 55% oraz temperaturze zewnętrznej – 20°C i wilgotności powietrza 90%,
- niestacjonarnym według zmiennych wartości temperatury powietrza zewnętrznego i wilgotności oraz z uwzględnieniem opadów deszczu, śniegu i promieniowania słonecznego w ciągu 24 miesięcy – z wykorzystaniem symulacji komputerowej programem WUFI 3.2.

Obliczenia w stanie stacjonarnym nie wykazały występowania zjawiska wykraplania się pary wodnej wewnątrz podanych wyżej ścian. Przykładową interpretację graficzną tych obliczeń dla ściany grubości 51 cm przedstawia rysunek 1. Podobne zależności występują także w pozostałych grubościach ścian, co potwierdza przytoczoną wcześniej uwagę, że zniszczeń dokonuje woda podciągana kapilarnie, a nie pochodząca ze skraplania się wewnątrz ścian. Obliczenia w stanie niestacjonarnym ujawniły sporadyczne tylko wykraplania pary wodnej, ale występujące w strefie od połowy grubości tynku zewnętrznego do kilku cm od skraju muru. W związku z małym oporem dyfuzyjnym w stosunku do pary wodnej wynoszącym 0,17–0,20 m w tej strefie muru wilgoć bez problemu odparowywała na zewnątrz, nie czyniąc szkód.

Docieplenie od strony wewnętrznej

W związku z bogatym zdobieniem tynków elewacyjnych – znacznie większym niż wewnętrznych – rozpatrzono możliwość zastosowania docieplenia ścian od strony wewnętrznej, co znacznie zmniejszyłoby koszty renowacji. Pojawiła się potrzeba odpowiedzi na pytanie: zastosować styropian czy wełnę mineralną? W celu uzyskania obliczeniowego współczynnika przenikania ciepła na poziomie 0,3 W/(m²K) dla ściany grubości 51 cm zastosowano styropian oraz wełnę mineralną grubości 8 cm. Uzyskano rzeczywiście współczynnik U = 0,326 W/(m²K), ale tylko teoretycznie, bowiem powstała ogromna strefa kondensacji pary wodnej, która objęła szerokość 563 mm – zatem całą grubość ściany oraz prawie połowę ocieplenia. W odległości 581 mm od lica zewnętrznego ściany (w 1/3 grubości ocieplenia) wystąpiła ponadto płaszczyzna temperatury 0°C, co także jest nie do przyjęcia. Interpretację wyników obliczeń w stanie stacjonarnym tej ściany przedstawia rysunek 2. Zjawisko wykraplania się pary wodnej potwierdziły też symulacje komputerowe, które wskazały także znaczne podnoszenie się wilgotności powietrza wewnątrz budynku na skutek silnego gromadzenia się wilgoci tuż pod ociepleniem i jej odparowywania do pomieszczeń. Opisane zjawiska potwierdziły się także w pozostałych grubościach ścian, mimo że zastosowano tam mniejsze grubości ocieplenia. Jeszcze gorsze wyniki dało zastąpienie styropianu wełną mineralną tej samej grubości, bowiem strefa kondensacji była jeszcze grubsza, a wilgotność pomieszczeń rosła znacznie szybciej wraz z odparowywaniem wilgoci do wnętrza. Tłumaczy się to ponad 20-krotnie mniejszym oporem dyfuzyjnym wełny mineralnej niż styropianu FS-15 tej samej grubości.

Docieplenie od strony zewnętrznej

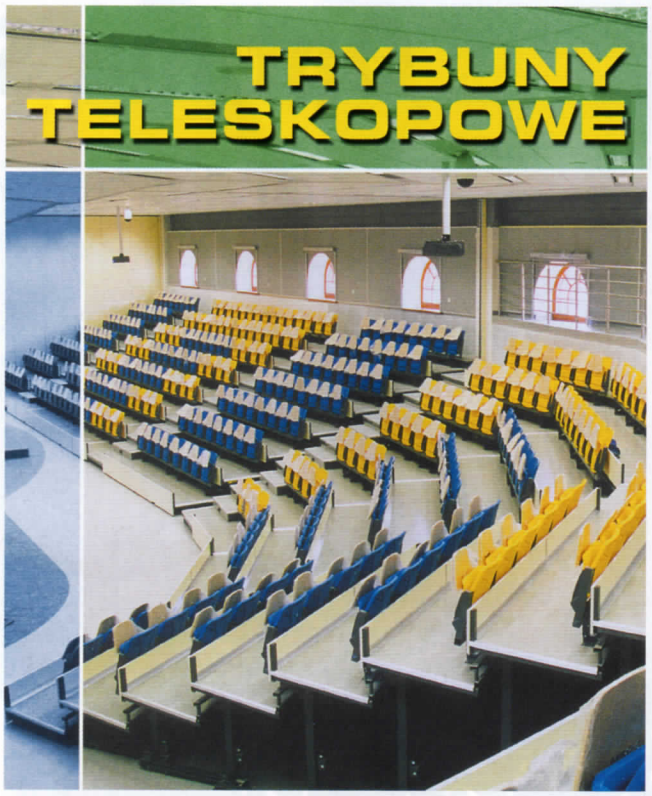
Stało się jasne niestety, że trzeba rozpatrywać docieplanie ścian od strony zewnętrznej. Tym razem wzięto pod uwagę zastosowanie styropianu lub wełny mineralnej także grubości 8 cm. W przypadku styropianu uzyskano wartość U = 0,328 W/(m²K) – odpowiadającą rzeczywistej, bowiem strefa skraplania pary wodnej w warunkach stacjonarnych wyniosła tylko 17 mm i lokuje się na skraju warstwy ocieplenowej. Taka lokalizacja strefy skraplania nie grozi niszczeniem wyprawy, gdyż znajduje się w materiale elastycznym, jakim jest styropian FS-15. Charakterystyczne jest i to, że rozkład oporów dyfuzyjnych warstw docieplonej ściany spełnia kryterium Kunzela – dla tej grubości styropianu (S_d styropianu 4,16 m mniejszy niż poprzedzającego muru, gdzie S_d = 4,59 m). Oznacza to jednak, że większej grubości styropianu dla tej ściany już zastosować nie można. Symulacja komputerowa również wykazała poprawność tego rozwiązania.

Jeszcze lepsze wyniki osiąga się zamieniając styropian na wełnę mineralną tej samej grubości, bowiem strefa kondensacji w stanie stacjonarnym jest ponad dwa razy mniejsza i wynosi zaledwie 7 mm. W tym przypadku także spełnione jest kryterium Kunzela (ze znacznym zapasem), co wskazuje na możliwość stosowania nawet większej grubości wełny mineralnej – gdyby zachodziła taka potrzeba. Interpretację graficzną obliczeń tego wariantu przedstawia rysunek 3. W omawianym przypadku kryterium to zostało spełnione dzięki zastosowaniu masy klejowo-szpachlowej oraz wyprawy silikatowej firmy Baumit. Trzeba tutaj przyznać, że materiały te pozwalają łatwo uzyskać tak małą wartość oporu dyfuzyjnego, tj. 0,07–0,11 m. Nie można bezkrytycznie dobierać masy szpachlowo-klejowej czy wyprawy w przypadku stosowania wełny mineralnej jako docieplenia. Każdy przypadek powinien być poprzedzony gruntownymi obliczeniami, aby nie tylko uniknąć wykraplania się pary wodnej, ale także aby umożliwić swobodne odparowywanie jej do otoczenia na zewnątrz. Oczywiście obliczeniami trzeba także poprzedzić dobór farby stosowanej na

elewację, tak aby spełnione było wspomniane kryterium Kunzela – nie tylko w obiektach zabytkowych. Poprawność zastosowania wełny mineralnej od zewnętrznej strony ściany potwierdziły też symulacje komputerowe. Wilgoć przemieszczała się przez ścianę na zewnątrz nie zwiększając na dłużej jej wilgotności. Nie występował także wzrost wilgotności powietrza wewnątrz budynku. Z porównania obu ostatnich wariantów wynika oczywisty wniosek, że lepiej jest stosować wełnę mineralną jako docieplenie analizowanych ścian niż styropian. Styropian jest wprawdzie możliwy, ale przy tak dobranej jego grubości, aby nie przekroczyć oporu dyfuzyjnego warstwy ocieplanego muru. W przypadku wełny mineralnej trzeba starannie dobrać masę klejowo-szpachlową, wyprawę oraz farbę elewacyjną – precyzując w projekcie konkretne produkty – nie pozostawiając wykonawcy żadnych swobód w tym zakresie. Powodem takiego stanu rzeczy jest bardzo korzystny, ale niski opór dyfuzyjny wełny mineralnej.

mgr inż. Jerzy B. Zembrowski
BIURO DORADZTWA BUDOWLANEGO

rysunki i fotografie autora



WAmat®

"WAMAT" Spółka z o.o.
Podleszany 186, 39-300 Mielec
tel. (017) 58 40 280 ÷ 283
fax (017) 58 40 299
www.wamat.com.pl
e-mail: wamat@wamat.com.pl

BDB

BIURO DORADZTWA BUDOWLANEGO

Profesjonalna obsługa każdego, kto:
projektuje
buduje
nadzoruje
planuje budowę
eksploatuje

Na terenie całego kraju posiadamy ponad 20 konsultantów budowlanych !

www.bdb.com.pl

porady i konsultacje także przez internet !