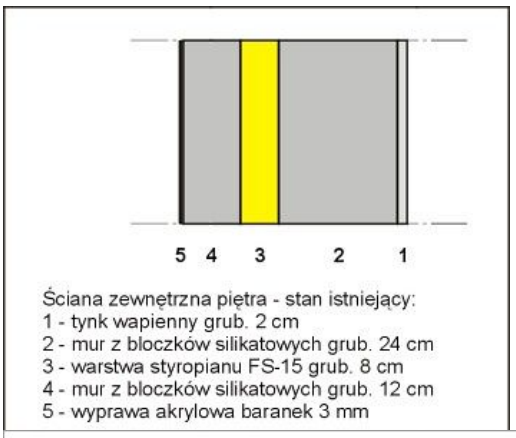
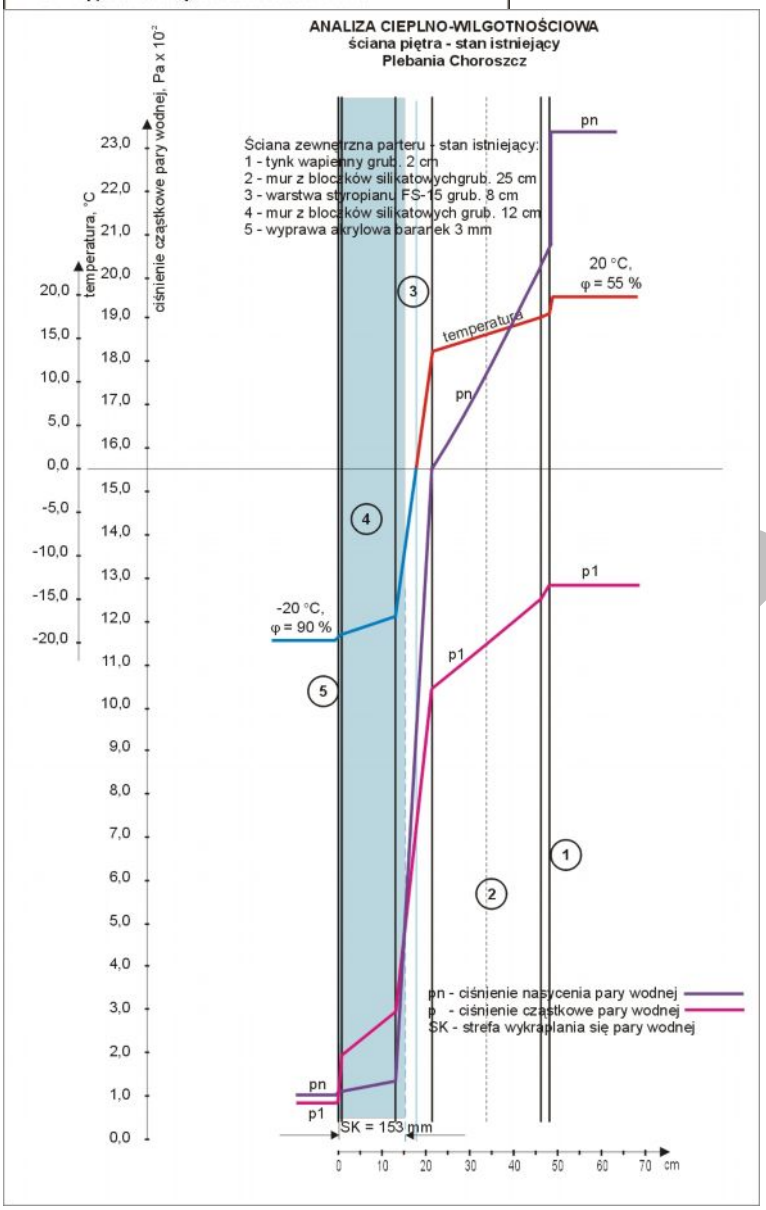
Analiza cieplno-wilgotnościowa ścian piętra plebanii w Choroszczy

Jak opisałem w raporcie „Problemy z elewacją zabytkowej Plebanii w Choroszczy”, w całym budynku nie osiągano zimą wymaganych temperatur powietrza wewnętrznego. Zarówno na parterze, jak i piętrze wyczuwało się wyraźną stęchliznę - szczególnie w okresach wiosny i lata. Stanąłem zatem, przed koniecznością przeprowadzenia pełnej analizy cieplno-wilgotnościowej ścian plebanii. W związku z faktem istnienia zupełnie różnych układów warstw ścian parteru i piętra, analiza musiała być wykonana oddzielnie dla każdej kondygnacji - tym razem, piętra.



Stan istniejący - warunki ustalone



Układ warstw ścian piętra przedstawia rysunek obok. W celu zbadania skutków zastosowanego ocieplenia ścian piętra styropianem wewnątrz muru oraz jego ew. wpływu na zaistniałą korozję biologiczną na elewacji, najpierw wykonałem sprawdzające obliczenia cieplno-wilgotnościowe w warunkach stacjonarnych.

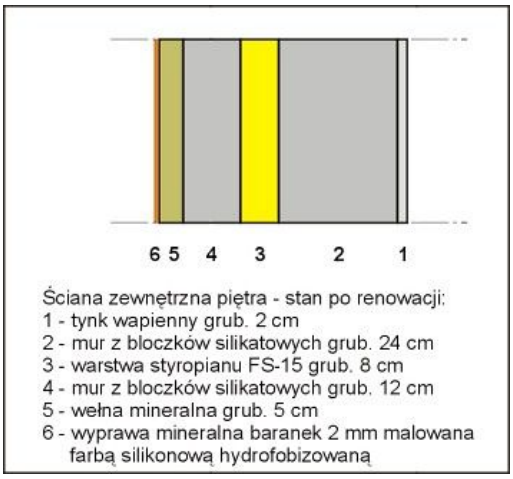
<u>Uzyskano wyniki:</u>

Opór cieplny:
$R = 2{,}797\ m^2K/W$
Wsp. przenikania ciepła: $U = 0{,}36\ W/m^2K$
Gęstość strumienia cieplnego:
$q = 14{,}301\ W/m^2$
Opór dyfuzyjny:
$R_v = 10\ 583\ m^2hPa/g$
Gęstość strumienia dyfundującej pary:
$q_v = 0{,}113\ g/m^2h$

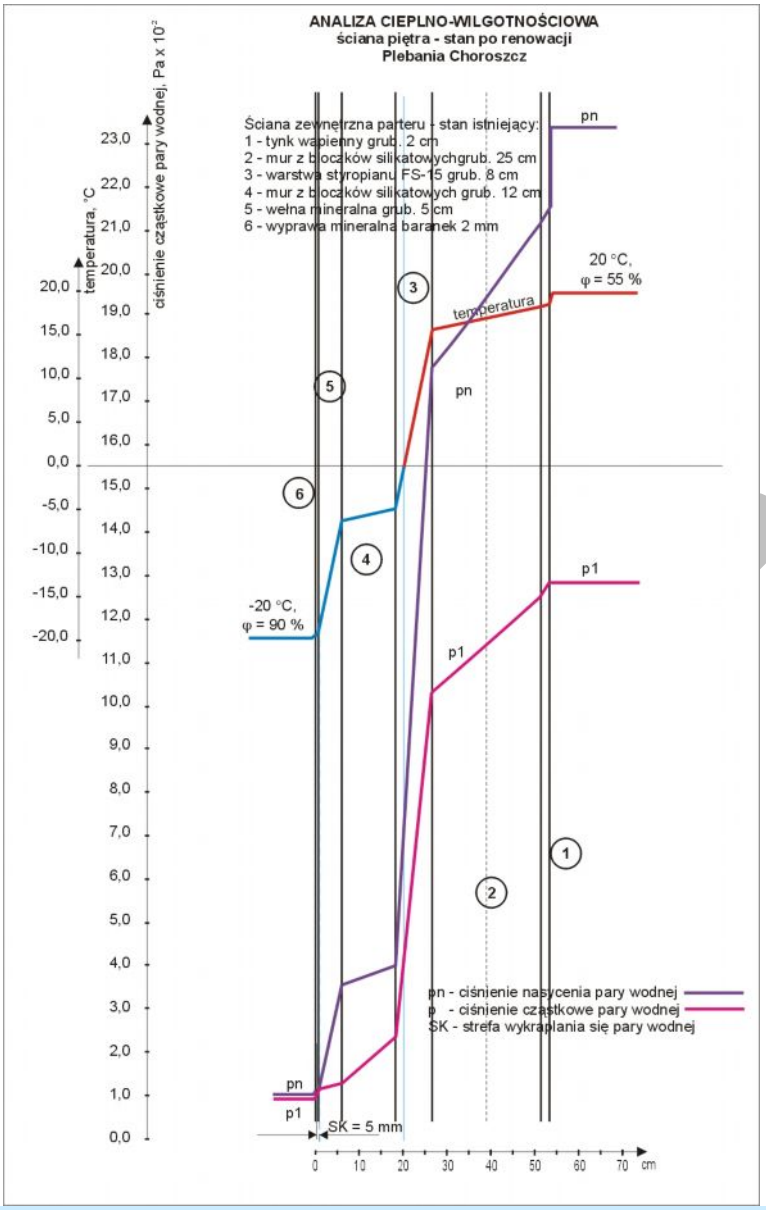
Wartość współczynnika przenikania ciepła U ścian parteru jest o 20 % za wysoka w stosunku do górnie ograniczonej wytycznymi, co (podobnie jak w przypadku ścian

BAZA DORADZTWA BUDOWLANEGO BDB Poland www.bdb.com.pl
Wszystkie prawa zastrzeżone All rights reserved

parteru), naraża użytkowników obiektu na zbyt wysokie straty ciepła i wynikające stąd zawyżone opłaty na ogrzewanie budynku. Na stronie poprzedniej rysunek przedstawia interpretację geometryczną wyników obliczeń - wykres rozkładu temperatur w ścianie oraz wykres rozkładu ciśnień cząstkowych pary wodnej w stanie obliczeniowym i w stanie nasycenia.



Widać że, występuje znaczna strefa skraplania się pary wodnej SK szerokości 153 mm - rozpoczynająca się tuż pod wyprawą elewacyjną i sięgającą na 1/3 warstwy styropianu. Gęstość strumienia dyfundującej pary wodnej jest znaczna, a krzywe ciśnienia pary wodnej przecinają się pod łagodnym kątem, co świadczy o niestabilnym stanie wilgotnościowym i sprzyja skraplaniu się pary wodnej na znacznie większej szerokości niż zaznaczona strefa SK. Płaszczyzna temperatury 0 °C znajduje się w połowie grubości styropianu, co sprzyja utrzymywaniu się zwiększonej wilgotności cegły silikatowej grubości 12 cm - znajdującej się przez zimę w temperaturze poniżej zera.



Renowacja

Sprawdzając zmiany warunków cieplno-wilgotnościowych oraz zdolność ściany do wysychania, wykonano nowe obliczenia, dodając warstwę ocieplenia wełną mineralną grubości 5 cm z wyprawą mineralną o niskim oporze dyfuzyjnym.

<u>Uzyskano wyniki:</u>

Opór cieplny:
R = 3,620 m^2K/W
Wsp. przenikania ciepła: U = 0,27 W/m^2K
Gęstość strumienia cieplnego:
q = 11,050 W/m^2
Opór dyfuzyjny:
R_v = 10 833 m^2hPa/g
Gęstość strumienia dyfundującej pary:
q_v = 0,110 g/m^2h

Wartość wsp. przenikania ciepła U zmalała o 25% w stosunku do stanu istniejącego, zaś strumień dyfun-

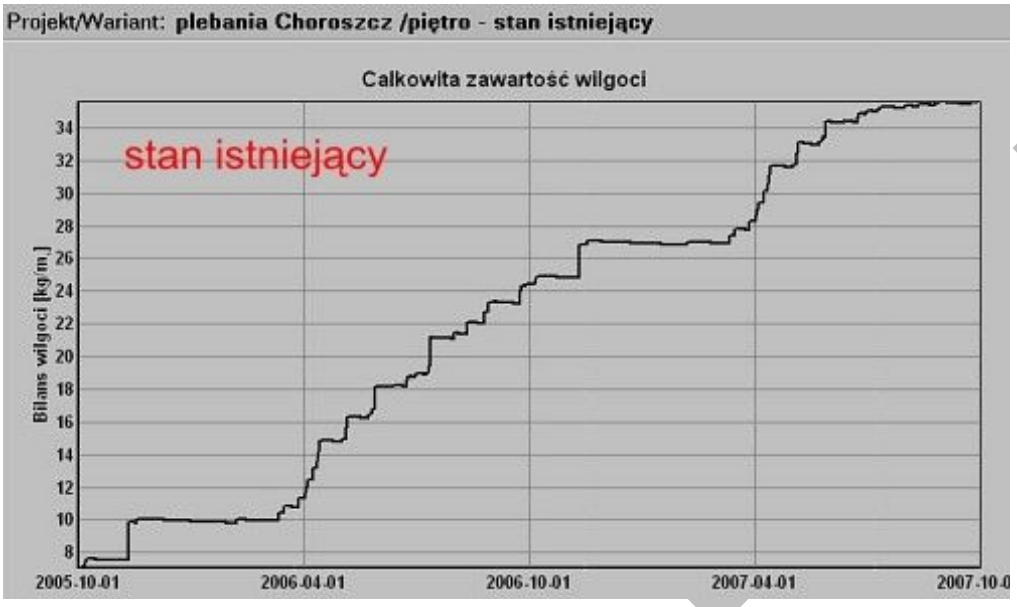
BAZA DORADZTWA BUDOWLANEGO BDB Poland www.bdb.com.pl
Wszystkie prawa zastrzeżone All rights reserved

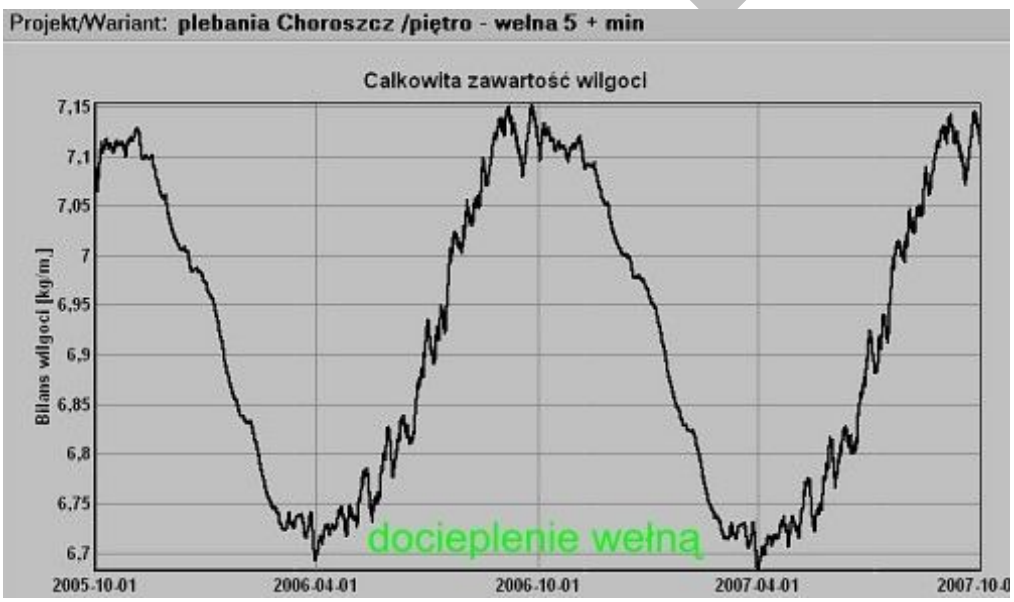
dującej pary wodnej pozostał niezmieniony. Zatem, istotnie zmalały straty ciepła piętra, bez potrzeby zwiększania skuteczności wentylacji pomieszczeń. Interpretację geometryczną tych obliczeń przedstawia wykres na stronie 2. Co ważne, uzyskuje się poprawny rozkład ciśnień cząstkowych pary wodnej. Skraplanie teraz jest minimalne, a szerokość strefy SK wynosi zaledwie 5 mm. Istotne jest, że w tym przypadku, krzywe ciśnień cząstkowych pary wodnej przecinają się pod ostrym kątem, co tworzy warunki wilgotnościowe bardzo stabilne. Płaszczyzna temperatury 0 °C znajduje się jeszcze w styropianie, ale tuż za murem silikatu 12 cm, zaś sam mur znajduje się już w strefie suchej mimo, iż znajduje się on przez całą zimę w temperaturze poniżej zera.

Stan istniejący i po renowacji - warunki rzeczywiste

Oba przypadki dają obraz wyjściowy, tj. w warunkach ustabilizowanych w danym czasie, natomiast nie oddają stanu rzeczywistego, jaki zachodzi w ciągu pełnego roku - uwzględniającego padające deszcze, śnieg, zmienne temperatury otoczenia, działanie słońca, wiatru czy zmian wilgotności powietrza. Symulacji cieplno-wilgotnościowej zachowania się ściany piętra w warunkach rzeczywistych w okresie pełnych 24 miesięcy dokonano za pomocą programu WUFI.

Poniżej podaje się wyniki porównawcze: w stanie istniejącym oraz z docie-





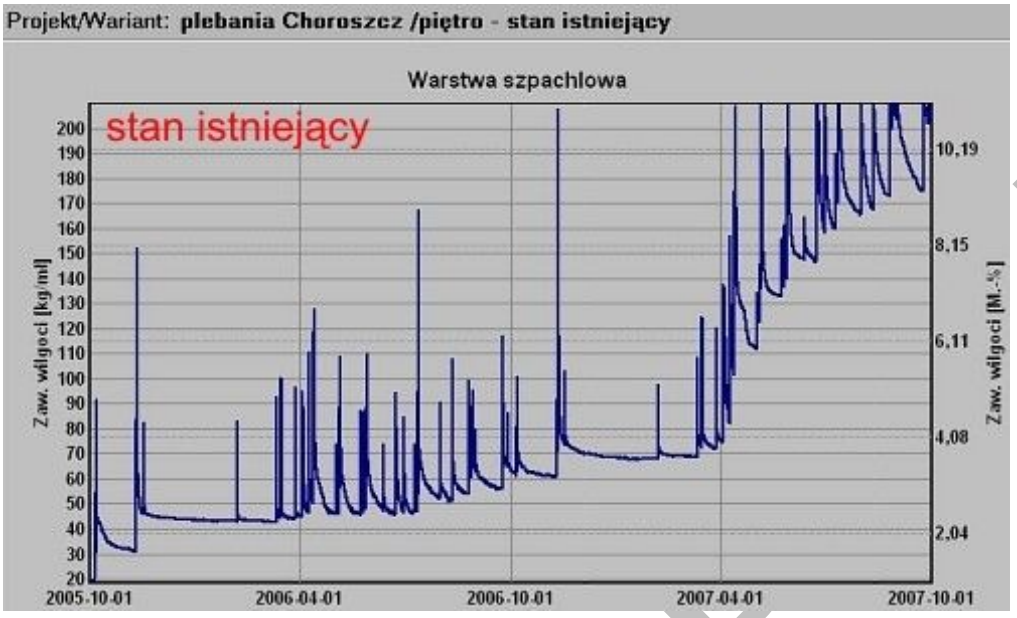
BAZA DORADZTWA BUDOWLANEGO BDB Poland www.bdb.com.pl
Wszystkie prawa zastrzeżone All rights reserved

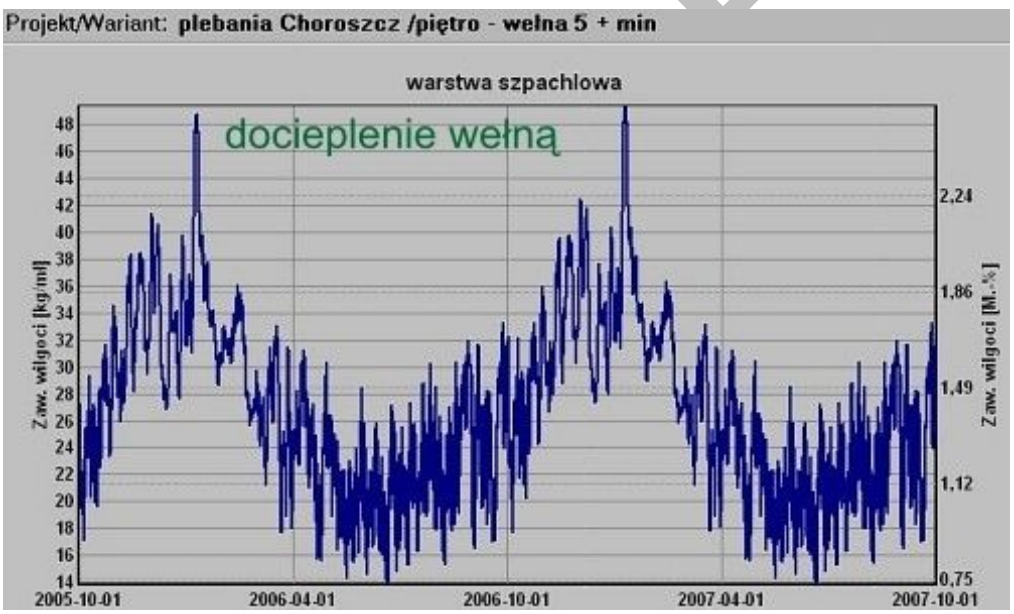
pleniem wełną mineralną grubości 5 cm pokrytą warstwą szpachlową EKOR 32 zbrojoną siatką szklaną oraz mineralną wyprawą elewacyjną EKOR 82 baranek 2 mm i malowaną silikonową farbą hydrofobizowaną ANTOL SILICON. [3)]

Całkowita zawartość wilgoci w ścianie:

Wykresy na stronie 3. W stanie istniejącym mamy do czynienia z warunkami nie do przyjęcia! Zawartość wilgoci w ścianie piętra jest rosnące i po dwóch latach wzrasta z 7,95 do 35,50 kg/m^3. Wyjaśnia to utrzymywanie się silnej stęchlizny na całej kondygnacji piętra - mimo istnienia sprawnej wentylacji. Zawilgocenie to jest wynikiem wcześniej wykazanej potężnej strefy kondensacji pary wodnej. W bilansie całego roku - w ścianie skrapla się znacznie więcej pary wodnej niż może z niej odparować. Z tego właśnie powodu, mamy do czynienia z nadmiernymi stratami ciepła wywołanymi przez wilgotne warstwy ściany - inaczej niż zakładano przy doborze mocy grzejników i kotła c.o. Wyjaśnia to także przyczynę masowego pękania wyprawy elewacyjnej na piętrze.

Odmienne warunki uzyskuje się po zastosowaniu dodatkowego ocieplenia wełną mineralną. Całkowita zawartość wilgoci waha się od 6,70 do 7,15 kg/m^3 i wykazuje lekką tendencję spadkową. Zatem, w tym przypadku, zapewni się po-



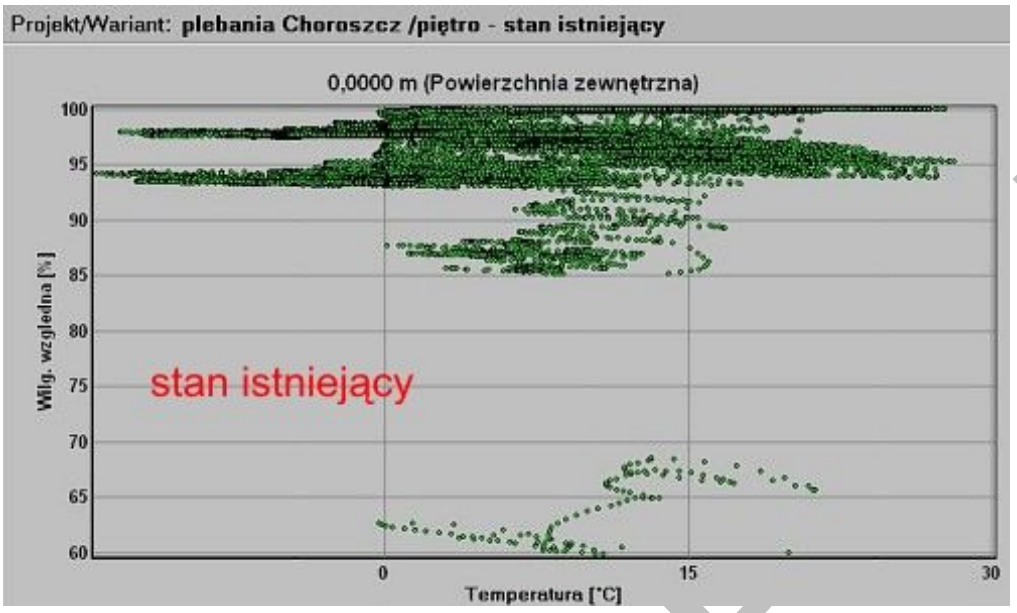


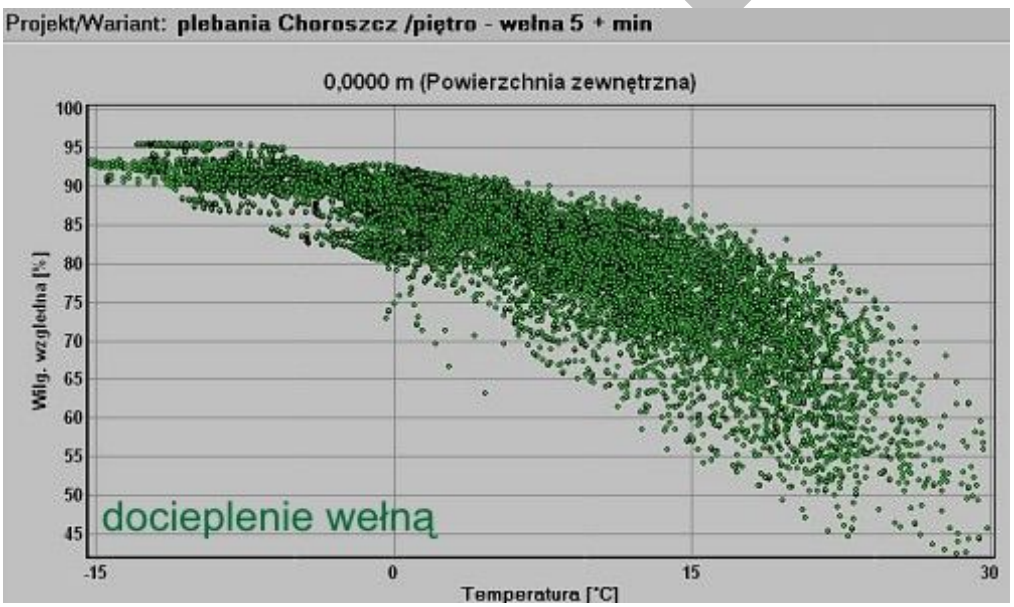
BAZA DORADZTWA BUDOWLANEGO BDB Poland www.bdb.com.pl
Wszystkie prawa zastrzeżone All rights reserved

prawne wysychanie zawilgoconej dotąd ściany i wyraźnie lepsze w niej warunki cieplno-wilgotnościowe. Po docieplenniu wełną wzrost zawilgocenia ściany spowodowany dyfuzją pary wodnej występuje nie w okresie zimy (jak się powszechnie uważa), lecz w okresie od marca do końca września. W okresie zimy zaś, mamy do czynienia z lekkim obniżaniem się zawilgocenia, co jest zjawiskiem korzystnym, bowiem w okresie największych strat ciepła materiał ocieplenia jest w miarę suchy. Najniższą wilgotność całkowitą (czyli największy stopień wysychania) uzyskuje się na początku kwietnia.

Wilgotność warstw elewacyjnych:

Wykresy na stronie 4. Ciekawie prezentują się wyniki porównawcze zawilgocenia w warstwach najbardziej narażonych na wpływy atmosferyczne: elewacyjnej i szpachlowej. W stanie istniejącym mamy do czynienia z niezwykle wysokim zawilgoceniem warstwy szpachlowej - mającej przecież zapewniać właściwą przyczepność wyprawie elewacyjnej. Zawartość wilgoci wynosi od 30 do 210 kg/m^3, co odpowiada wilgotności masowej od 2 do 12 % - rosnące przez cały rok. Naraża to istniejącą wyprawę akrylową na liczne spękania spowodowane zamarzaniem wilgoci w niej zawartej [1)], a także naraża na powstanie na niej i





BAZA DORADZTWA BUDOWLANEGO BDB Poland www.bdb.com.pl
Wszystkie prawa zastrzeżone All rights reserved

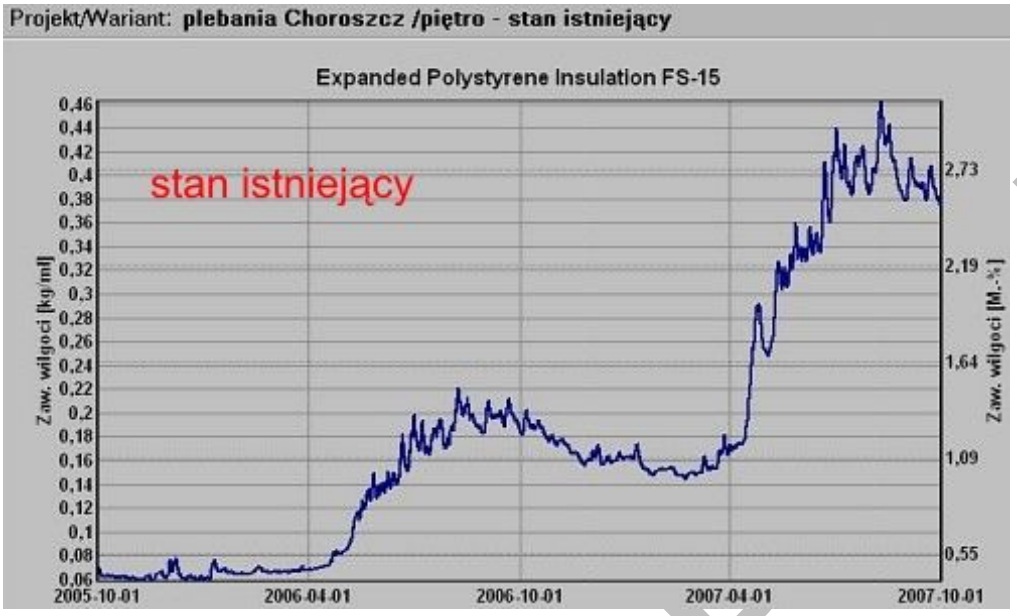
tuż pod nią intensywnych procesów gnilnych [2)] - co właśnie miało miejsce - szczególnie intensywne od strony północnej.

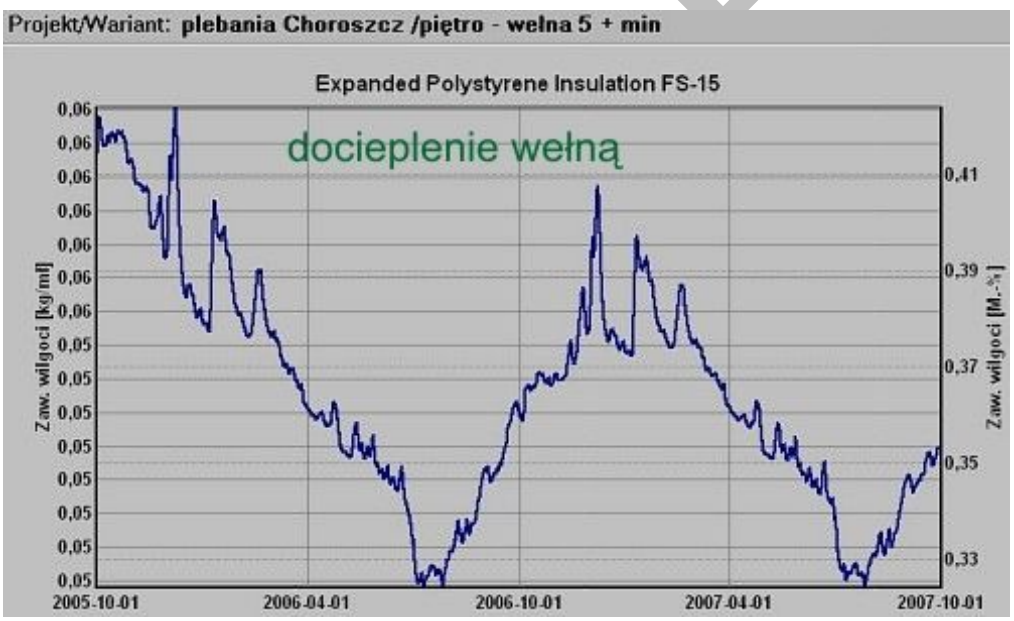
W przypadku docieplenia wełną mineralną pokrytą lekką wyprawą elewacyjną, mamy do czynienia z 2-krotnym z zmniejszeniem najmniejszej zawartości wilgoci i 4-krotnym zmniejszeniem maksymalnej tj. uzyskuje się wartości 14 - 50 kg/m^3, co odpowiada wilgotności masowej od 0,75 do 2,6 %. W okresie dodatnich temperatur zewnętrznych mamy do czynienia z najmniejszą wilgotnością wyprawy elewacyjnej, co podobnie jak na parterze, skutecznie oddala zagrożenie korozją biologiczną na elewacji.

Izoplety stanów wilgotnościowych:

Wykresy na stronie 5. Powyższe wnioski potwierdzają także wykresy izoplet tj. relacji stanów wilgotności względnej i temperatury powietrza tuż przy powierzchni wyprawy elewacyjnej ściany piętra. Miarodajnym stanem zagrożeń korozją biologiczną elewacji jest wilgotność powietrza zewnętrznego tuż przy wyprawie elewacyjnej wynosząca 100%.

Z wykresów widać, że w szerokim zakresie temperatur od 0 do +28 ^{o}C w stanie istniejącym mamy permanentne stany nasycenia wilgocią w płaszczyźnie





BAZA DORADZTWA BUDOWLANEGO BDB Poland www.bdb.com.pl
Wszystkie prawa zastrzeżone All rights reserved

elewacji, co tworzy stan najgorszy z możliwych. Jest to skutkiem narastającej zawartości wilgoci w ścianie w ciągu kolejnych lat i potwierdza istnienie warunków sprzyjających korozji biologicznej na tej elewacji.

W przypadku docieplenia wełną mineralną obraz jest odmienny. Nie ma stanów nasycenia wilgocią, a najwyższa wilgotność względna powietrza nie przekracza 96 %, co pozwala wysnuć pewny wniosek o braku zagrożenia korozją biologiczną na elewacji.

Zawartość wilgoci w warstwie termoizolacyjnej:

Wykresy na stronie 6. Dla oceny stopnia zmian przewodnictwa cieplnego warstwy styropianu grubości 8 cm, dokonano sprawdzenia zawilgocenia tej warstwy w stanie istniejącym i po dociepleniu muru wełną mineralną grub. 5 cm (po renowacji). Masowa zawartość wilgoci w styropianie w stanie istniejącym jest znaczna i stale wzrasta od 0,06 do 0,46 kg/m^3 w ciągu zaledwie dwóch lat, co zwiększa współczynnik przewodzenia styropianu tj. zmniejsza opór cieplny tej warstwy i przyczynia się do zwiększonych strat ciepła. Naraziło to użytkownika plebanii na zawyżone wydatki na ogrzewanie budynku.

Po dociepleniu wełną mineralną zawatość wilgoci w styropianie jest minimalna i praktycznie stała - waha się od 0,05 do 0,06 kg/m^3 i jest aż 8-krotnie mniejsza niż w stanie istniejącym. Zapewni to utrzymanie komfortu cieplnego na oczekiwanym poziomie oraz pozwoli uzyskać planowane o ok. 25 % zmniejszenie strat ciepła ścian piętra przez przenikanie.

Dzięki zastosowaniu specjalnej farby silikonowej ANTOL SILICON [3)] o oporze dyfuzyjnym S_d = 0,045 m, nowe warstwy po renowacji pozwolą na poprawne stopniowe wysychanie ścian piętra z wilgoci tam zgromadzonej.

Zastosowano kolorystykę elewacji według zaleceń Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków, a uzyskany ostateczny wygląd budynku przedstawia fotografia obok. Według informacji proboszcza już w pierwszej zimie zanotowano ponad 30-procentowe zmniejszone zużycie oleju opałowego na cele ogrzewania. Robót podjęła się niewielka firma budowlana „YORK" Bogdana Wojno, którą nie pierwszy raz poleciłem, gdyż ściśle trzyma się opracowanej technologii i rzetelnie wykonuje prace. Renowację wykonano wiosną 2006 r.

mgr inż. Jerzy Zembrowski
Biuro Doradztwa Budowlanego
www.bdb.com.pl

Białystok
15.10.2007 r.
aktualizacja 25.05.2010 r.

Rysunki i fotografie autora

[1)] Patrz: Destrukcja materiałów przez lód
[2)] Patrz: Korozja biologiczna materiałów
[3)] Produkty firmy TORGGLER

BAZA DORADZTWA BUDOWLANEGO BDB Poland www.bdb.com.pl
Wszystkie prawa zastrzeżone All rights reserved

Większość produktów tu zastosowanych znajduje się w serwisie BDB w dziale poradnik > produkty, technologie

Dalsze szczegółowe rysunki detali i porady znajdują się w dziale poradnik > jak, czym, dlaczego?

W przypadkach indywidualnych, można przesyłać zapytania o porady i konsultacje na adres: porady@bdb.com.pl

B D B

Wszystkie prawa zastrzeżone All rights reserved