

# **OCENA TECHNICZNA** **DOTYCZĄCA STANU CIEPLNO- WILGOTNOŚCIOWEGO BUDYNKU**

**Temat:**

Ocena techniczna stanu cieplno- wilgotnościowego budynku mieszkalnego, wielorodzinnego.

**Adres inwestycji:**

58-540 Karpacz, ul. Partyzantów 7  
działka nr 57, obręb 0001 Karpacz

**Inwestor:**

Gmina Karpacz, ul. Konstytucji 3 Maja 54  
58-540 Karpacz

**Jednostka projektowa:**

Pracownia architektoniczna a kwadrat Aleksander Orłowski  
Czerwieńczyce 36, 57-441 Czerwieńczyce



*Autorzy:*

*arch. Aleksander Orłowski*

*mgr Mariusz Górecki*

**marzec 2016**

## **Spis treści**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1.1 Zakres i metodologia i prac badawczych</b>  | <b>3</b>  |
| <b>1.2 Określenie definicji rodzajów zawilgocenia omawianych w opinii</b>  | <b>3</b>  |
| Zawilgocenie kapilarne   | 3         |
| Zawilgocenie higroskopijne   | 4         |
| Zawilgocenie kondensacyjne   | 5         |
| Zawilgocenie wodą rozpryskową  | 7         |
| Zawilgocenie spowodowane uszkodzeniami technicznymi  | 7         |
| Zawilgocenie wkraczające bocznie   | 7         |
| <b>2.1 Analiza przyczyn i wyniki badań zawilgocenia</b>  | <b>8</b>  |
| <b>2.2 Wyniki badań i ich omówienie</b>  | <b>9</b>  |
| <b>2.3 Wnioski</b>   | <b>20</b> |
| <b>3.1 Wskazanie koniecznych do zastosowania rozwiązań technicznych eliminujących przyczyny zawilgocenia badanego obiektu.</b> | <b>21</b> |

## 1.1 Zakres i metodologia i prac badawczych

W dniu 28.02.2016 r. w Karpaczu przy ul. Partyzantów 7 przeprowadzono prace badawcze w celu zdefiniowania przyczyn i poziomu zawilgocenia oraz metod i zakresu koniecznych prac naprawczych.

W ramach tych prac wykonano:

- analizę stanu technicznego i warunków eksploatacji obiektu
- fizykochemiczne badania laboratoryjne obiektu polegające na: pomiarach zawilgocenia masowego próbek muru. Metoda - pomiar grawimetryczny wagosuszarkowy, według DARR w oparciu o ÖNORM B3355-1. Urządzenie FAWAG, w temp. 105°C. Wyniki zawarto w tabelach.

Wzór obliczeniowy:

$$W_m = \frac{M_m - M_s}{M_s} \times 100\%$$

$W_m$  – Wilgotność masowa [%];

$M_m$  – masa próbki mokrej [g];

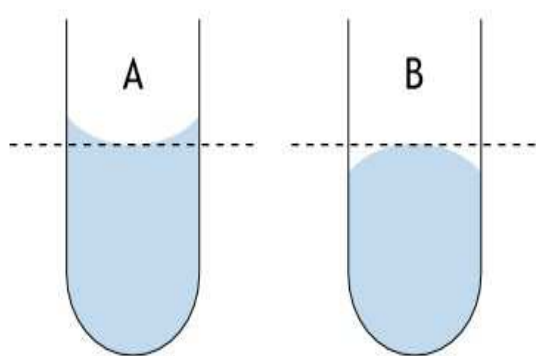
$M_s$  – masa próbki wysuszonej [g]

- pomiar jakościowy zawartości soli w próbkach pobranych z mury - ze wskazanego w dalszej części opracowania materiału - w wybranych profilach badawczych. Metoda półjakościowa paskami analitycznym Mercquant.
- Pomiar klimatu wewnątrz pomieszczeń – względną wilgotność powietrza oraz temperaturę przegród.

## 1.2 Definicje rodzajów zawilgocenia omawianych w opinii

- **Zawilgocenie kapilarne.** Zjawiska kapilarne to cały szereg zjawisk związanych z zachowaniem par i cieczy, a zachodzących w porach o małej średnicy (tzw. rurki kapilarne), przy kącie zwilżania powyżej 90 stopni (rys. 1). Powstaje wtedy tzw. **menisk wklęsły**, przy którym kierunek siły przyciągającej cząsteczki cieczy do ścianki kapilary (**siły adhezji**) jest skierowany ku górze. Jest to tzw. **siła kapilarna**. Działanie jej sprawia, że ciecz (woda) wspina się w górę do momentu, gdy ciężar słupa cieczy zrównoważy siłę kapilarną. W cieńszej rurce (kapilarze), ciecz ją wypełniająca waży mniej, więc pod wpływem siły kapilarnej wyżej może wspiąć się w górę. Zjawisko to obserwuje się doświadczalnie w cienkiej rurce szklanej, a w praktyce spotykamy się z nim w materiałach z mikroskopijnymi porami otwartymi o średnicy od  $10^{-3}$  do  $10^{-7}$  m (tzw. mezopory), które występują np. w cegle, kamieniu wapiennym, piaskowcu, fudze wapiennej, tynku lub w materiałach sypkich, takich jak piasek czy

mieszanki piaskowo - żwirowe. Woda gruntowa lub wilgoć zawieszona w gruncie wnika w te materiały, a siła podciągania kapilarnego transportuje ją w górę do momentu zrównoważenia tej siły przez ciężar wody i intensywność jej odparowania. Skutkiem tego zjawiska jest zawilgocenie kapilarne murów tak zewnętrznych jak i wewnętrznych budynku, w sytuacji kontaktu z wilgotnym gruntem i braku poziomej blokady izolacyjnej. W normalnych warunkach równowaga pomiędzy odparowaniem wody, jej ciężarem a siłą podciągania kapilarnego sprawia, że budynki pozbawione izolacji poziomej są zawilgocone kapilarnie do wysokości około 1,5 m ponad poziomem wnikania wody w mur (np. gruntu). Wysokość ta może zmieniać się pod wpływem takich czynników jak średnica kapilar muru (im cieńsze, tym podciąganie wyżej), elektrochemicznych własności tynku, występowania pól elektrycznych i elektromagnetycznych w pobliżu budynku (stacja transformatorowa lub nadajnik radiowy) czy potencjał elektryczny prowadzony przez nieodizolowaną od muru metalową rurę czy linkę piorunochronu. Proces kapilarnego zawilgocenia muru powoduje, jako zjawisko towarzyszące, wprowadzenie znacznej ilości szkodliwych soli, które są na skutek dalszych przemian (głównie krystalizacji) przyczyną technicznej degradacji murów.



**Rys. 1.** Przykłady menisku wklęsłego (woda) i wypukłego (rtęć). Siły adhezji (przyciągania do ścianek kapilary) w przypadku wody działają pod kątem większym od  $90^\circ$  i powodują podciąganie słupa cieczy w górę, ponad poziom cieczy okalającej rurkę. W przypadku menisku wypukłego rtęci, siły kapilarne działające pod kątem mniejszym niż  $90^\circ$  "ciągą" rtęć w dół".

- **Zawilgocenie higroskopijne.** Higroskopijność to podatność niektórych substancji na wchłanianie wilgoci lub nawet wiązanie się z wodą. Woda ta może pochodzić z pary wodnej znajdującej się w powietrzu, z wilgoci znajdującej się w gruncie, z rosy osadzającej się na powierzchni substancji itp. Pochłanianie występuje wtedy, gdy woda przenika z miejsca kontaktu z materiałem higroskopijnym do jego wnętrza. Odbywać się to może na różne sposoby.

Z fizycznego punktu widzenia wchłanianie wilgoci zachodzi w przypadkach:

- pochłaniania - np. w ten sposób silikażel jest w stanie wchłaniać znaczne ilości wody nawet w postaci gazowej, czyli w postaci pary wodnej. Substancję tę spotykamy jako pochłaniacz wilgoci w opakowaniach różnych produktów.
- rozpuszczania - np. w ten sposób woda ma ułatwione wnikanie w zestalone zaprawy budowlane zawierające wewnątrz rozpuszczalne sole.

Z chemicznego punktu widzenia absorpcja wilgoci zachodzi w przypadkach:

- tworzenia hydratów, czyli wiązania wody w sieci krystalicznej danego (suchego) związku chemicznego, a nawet pochłaniania wilgoci z otoczenia do roztworu danej substancji - np. bezwodny (np. wyprażony) siarczan miedzi ( $\text{CuSO}_4$ ) jest substancją

wysoce higroskopijną i wchłania wodę z powietrza atmosferycznego aż do osiągnięcia swojej naturalnej uwodnionej postaci pięciowodnego siarczanu miedzi ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Chlorek wapnia ( $\text{CaCl}_2$ ) tak silnie absorbuje wilgoć z powietrza, że potrafi w ten sposób przejść z postaci stałej do roztworu. Chlorek wapnia jest używany wraz z chlorkiem sodu do posypywania dróg w zimie, dostaje się do wody gruntowej i wraz z nią w mury budynków niezabezpieczonych przed podciąganiem kapilarnym.

- o reakcji chemicznej z wodą - np. wiązanie wody przez tlenek wapnia z wytworzeniem z niego wodorotlenku wapnia, czyli samorzutne przejście z wapna palonego w wapno gaszone:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ . Gips używany w budownictwie to uwodniony siarczan wapnia o wzorze  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Gips jest materiałem o silnych właściwościach higroskopijnych, łatwo wiąże wodę występującą w atmosferze. Dlatego znajdujący się w sąsiedztwie metalowych elementów gips potrafi przyspieszyć korozję metalu. Rozpuszcza się częściowo w wodzie (2,4 g/l). Pod wpływem wilgoci wytrzymałość mechaniczna gipsu spada. Wszystkie te własności gipsu sprawiają, że nie należy stosować go w pomieszczeniach o dużej wilgotności powietrza, czy na zawilgocone z jakichkolwiek przyczyn ściany. Zawilgocenie higroskopijne murów w budynkach spowodowane jest pochłanianiem wody z powietrza przez cząsteczki soli znajdujących się w tynku i murze. Szkodliwość soli dla muru wynika z ich właściwości fizycznych (sole w stanie stałym) i chemicznych (sole w roztworach). Szkodliwe sole budowlane z fizycznego punktu widzenia są substancjami krystalicznymi, łatwo rozpuszczalnymi w wodzie. Niektóre z nich nie potrzebują wody w postaci ciekłej, wystarczy wilgoć zawarta w atmosferze (sole higroskopijne). Sole rozpuszczone w wodzie przemieszczają się wraz z wodą a sole higroskopijne tworzą lokalne zawilgocenia. W przypadku gdy stężenie roztworu soli przekroczy stan nasycenia (np. w wyniku odparowania wody) nadmiar soli krystalizuje – pojawiają się wykwit. Krystalizujące sole wytwarzają w porach materiałów budowlanych tzw. ciśnienie krystaliczne. Inne sole odznaczają się zdolnością do przyłączania cząsteczek wody – tworzą się przy tym kryształy o różnym stopniu uwodnienia i związanej z tym różnej objętości. Wywierają one na pory materiałów budowlanych tzw. ciśnienie hydratacyjne. Skutki obydwu ciśnień, tj. krystalicznego i hydratacyjnego są takie same – **niszczenie struktury muru, pękanie i łuszczenie się tynków.**

Źródłem soli są mogą być same materiały budowlane. Sole mogą być dostarczane również z otoczenia, np. azotany przenikające ze źle funkcjonujących instalacji kanalizacyjnych. Siarczany najczęściej są produktem reakcji chemicznych materiałów budowlanych z zanieczyszczoną atmosferą. W przypadku braku izolacji poziomej sole dostają się do muru z wody gruntowej podciąganej kapilarnie i pozostają po jej odparowaniu. Rzadko się zdarza, aby w budowlu występował tylko jeden rodzaj soli, najczęściej jest ich więcej. Krystalizując sole tworzą często związki o dość złożonej formule chemicznej. Sole zawarte w murach pochłaniają i wiążą duże ilości wilgoci: np. przy wilgotności powietrza 90% wartość pochłoniętej pary wodnej jest trzykrotnie większa niż w przypadku murów niezasolonych. Zawilgocenie higroskopijne muru występuje zawsze tam, gdzie zawartość szkodliwych soli w murze i tynku jest wysoka (jako proces towarzyszący konsekwencjom zawilgocenia kapilarnego). W takich miejscach tynk i powłoki malarskie są uszkodzone i zazwyczaj podlegają wymianom. Stosując niewłaściwy tynk można spotęgować szkodliwe symptomy tego zjawiska.

Stosowanie na ściany zasolone w wyniku dotychczas występującego podciągania kapilarnego, tynków z wysoką zawartością cementu, gładzi gipsowych i farb nieprzepuszczalnych prowadzi do zatrzymywania wilgoci w murze oraz skutkuje koniecznością częstych ponownych renowacji powierzchni ścian. Dlatego na ściany uszkodzone na skutek działania wilgoci i soli zaleca się specjalne wyprawy tynkarskie.

Normy zasolenia wg klasyfikacji WTA:

| l.p. | Sole      | STĘŻENIE |          |         |
|------|-----------|----------|----------|---------|
|      |           | NISKIE   | ŚREDNIE  | WYSOKIE |
| 1    | AZOTANY   | <0,1%    | 0,1-0,3% | >0,3%   |
| 2    | SIARCZANY | <0,5%    | 0,5-1,5% | >1,5%   |
| 3    | CHLORKI   | < 0,2%   | 0,2-0,5% | >0,5%   |

- **Zawilgocenie kondensacyjne. Kondensacja powierzchniowa** to zjawisko polegające na skraplaniu (kondensacji) pary wodnej na powierzchni przegrody. Możliwość wystąpienia kondensacji na przegrodzie budowlanej sprawdza się porównując temperaturę punktu rosy, która wynika z zawartości pary wodnej w powietrzu pomieszczenia, z temperaturą powierzchni przegrody od strony wewnętrznej. Kondensacja pary wodnej na powierzchni wewnętrznej może wystąpić, jeżeli powierzchnia przegrody ma temperaturę niższą od temperatury punktu rosy powietrza znajdującego się przy przegrodzie.

Występowanie kondensacji powierzchniowej zależy głównie od:

- **czynników wewnątrz pomieszczenia:**
  - temperatury wewnętrznej,
  - wilgotności powietrza czyli ciśnienia cząstkowego pary,
  - ruchu powietrza w pomieszczeniu,
- **budowy przegrody:**
  - izolacyjność cieplna,
- **czynników na zewnątrz:**
  - temperatury zewnętrznej,
  - ruchu powietrza na zewnątrz (wiatru).

Kondensacja powierzchniowa na przegrodzie budowlanej prowadzi do problemów eksploatacyjnych, takich, jak:

- zawilgocenie przegrody lub jej elementów,
- powstawanie zagrzybienia,
- utraty izolacyjności cieplnej ściany a tym samym nasilenie zjawiska zawilgocenia a w okresie zimy przemarzania,
- niszczenia ściany, a w szczególności jej powierzchni,
- w skrajnych sytuacjach, zalewania pomieszczeń.

W pewnych sytuacjach, szczególnie w pomieszczeniach mokrych, można dopuścić skraplanie

się pary na powierzchni wewnętrznej przegrody, pod warunkiem zabezpieczenia jej za pomocą odpowiednich warstw wykończeniowych odpornych na działanie skraplającej się i spływającej z przegrody wody.

- **Kondensacja w głębi muru** polega na skraplaniu się pary wodnej przedostającej się w drodze dyfuzji przez mur wewnątrz jego struktury. Skraplanie to następuje w objętości muru, którego temperatura osiąga tzw. punkt rosy. Kondensacja wgłębna również prowadzi do zawilgocenia muru.

Badania naukowe dowodzą, że kondensacja pary wodnej, czyli jej skraplanie się, jest głównym źródłem wilgoci potrzebnej do powstania i wzrostu grzybów i pleśni. Powierzchniowa i wgłębna kondensacja pary wodnej może wystąpić na porowatych materiałach, takich jak beton, cegła, tynk, jeżeli temperatura tych materiałów jest na poziomie punktu rosy. Proces gromadzenia się wilgoci powoduje wzrost grzybów, do czego nie dochodziłoby w normalnych warunkach. Zarodniki grzybów i pleśni gotowe w sprzyjających warunkach do tworzenia kolonii znajdują się praktycznie na powierzchniach wielu materiałów budowlanych. Grzyby i pleśnie nie potrzebują wiele tlenu ani światła; zaczynają wzrastać na podłogach z odczynem od kwaśnego do słabego zasadowego (pH od 2 do 8), pożywienie czerpią z kurzu drobinek cieczy, tłuszczów. Pleśnie mogą powstawać już wtedy, gdy temperatura ściany jest o 2,2°C wyższa od temperatury punktu rosy.

- **Zawilgocenie wodą rozpryskową.** Twarde nawierzchnia wokół budynku sprzyjają rozpryskiwaniu wody deszczowej na ściany budynku. Krople wody ulegają odbiciu i rozpryskowi w efekcie czego dochodzi do zwilżania muru. Miejsca narażone na rozbryzgi wyraźnie widać na murze, są ciemniejsze, często porastają go w tych miejscach glony, ulegają widocznej - szybszej degradacji.
- **Zawilgocenie spowodowane uszkodzeniami technicznymi** to zawilgocenie z przyczyn wadliwych rozwiązań technicznych lub usterek instalacji wodociągowej, c.o., kanalizacyjnej, deszczowej i pokrycia dachu. Zwykle jest nieszczelność instalacji, przeciekanie rynien, zanieczyszczenie rynien liśćmi, dziury w rurach spustowych, rury spustowe lejące wodę pod ścianę budynku niedrożność odpływów spowodowana niewyczyszczeniem rewizji, złe wyprofilowanie terenu wokół budynku powodujące gromadzenie się zastoisk wody. Dziurawy dach również jest przyczyną zawilgocenia z przyczyn technicznych. Do tego rodzaju zawilgocenia należy zaliczyć także zalewanie ścian spowodowane wadliwym uszczelnieniem tarasu lub balkonu, niezabezpieczenie obróbką blacharską lub hydrofobizacją wystających poziomych elementów elewacji jak parapety, gzymsy, obmurowania schodów, czy brak zadania muru wolnostojącego przylegającego do ściany budynku. Często brak czapy (zadania) komina jest przyczyną zawilgocenia murów przylegających do jego podstawy, czemu dodatkowo sprzyja niewyczyszczenie komina z gruzu i z sadzy.
- **Boczne wkraczanie wilgoci.**

Mury zewnętrzne budynku położone poniżej poziomu gruntu (kondygnacja podziemna) narażone są na boczne wnikanie wody lub wilgoci gruntowej, penetrującej mur w kierunku poziomym. Stopień zagrożenia budynku z tego powodu uzależniony jest od poziomu wody gruntowej i przepuszczalności gruntu.



Technicznymi przyczynami zawilgocenia bocznego są:

- nieskuteczna izolacja pionowa przeciwwilgociowa lub jej całkowity brak,
- wady techniczne drenażu bądź jego brak,
- niewłaściwe odprowadzenie wody deszczowej (uszkodzona rynna lub rura spustowa),
- podniesienie się poziomu wody gruntowej, powodujące przenikanie wody przez ścianę z powodu podwyższonego ciśnienia hydrostatycznego.

### Normy zawilgocenia ścian i murów wg klasyfikacji DIN:

| l.p. | Stopień zawilgocenia     |                      |
|------|--------------------------|----------------------|
|      | Określenie               | % zawartości wilgoci |
| 1    | Właściwy – dopuszczalny  | < 3                  |
| 2    | Podwyższony              | 3 – 5                |
| 3    | Mury średnio zawilgocone | 5 – 8                |
| 4    | Mury zawilgocone         | 8 – 12               |
| 5    | Mury silnie zawilgocone  | > 12                 |

## 2.1 Analiza przyczyn i wyniki badań zawilgocenia

### Opis obiektu.

Budynek mieszkalny – wielorodzinny pochodzący z początku XX w. Wykonany został w technologii tradycyjnej – murowanej. Ściany zewnętrzne i nośne wykonano z kamienia i cegły. Ściany poddasza częściowo wykonane z drewna, częściowo murowane z drewnianą okładziną.

Jest to budynek dwukondygnacyjny z poddaszem nieużytkowym. Obiekt nie posiada podpiwniczenia. Dach wielospadowy, symetryczny o konstrukcji drewnianej pokryty papą.



W trakcie przeprowadzonych oględzin stwierdzono występowanie licznych degradacji powodowanych przez działanie wilgoci, w szczególności:

- degradacje tynków zewnętrznych jak i wewnętrznych,
- skażenie mykoorganizmami.



W ramach badań w wytypowanych miejscach ze ścian pobrano próbki na zawartość wilgoci. Próbki pobierano wiertłem o średnicy 12 mm. Przy pobieraniu próbek z otworów oznaczono każdorazowo skład zwierzyny. W rozważanym przypadku było to rozluźnienie tynku i fugi. Miejsca pobrania próbek oznaczono symbolem  $P_x$  – gdzie „x” oznacza numer kolejnego profilu. W wytypowanych miejscach dokonano również pomiaru jakościowego zawartości soli w pobranych próbkach. Wyniki w poszczególnych umownie nazwanych profilach przedstawiono w tabelach poniżej.

## 2.2 Wyniki prowadzonych badań zawilgocenia i zasolenia

- Profil P1 (ściana wschodnia)

Wyniki badań zawilgocenia:

| Profil P1 |          |                    |
|-----------|----------|--------------------|
| l.p.      | Wysokość | Głębokość/materiał |
|           |          | 20cm               |
| 1         | 22       | <b>5,62%</b>       |
|           |          | Cegła              |
| 2         | 44       | <b>&lt;1%</b>      |
|           |          | Cegła              |
| 3         | 68       | <b>&lt;1%</b>      |
|           |          | Cegła              |

Badaniu poddano ścianę zewnętrzną znajdującą się powyżej poziomu gruntu. Ściana wykonana z kamienia i cegły. W ramach czynności w ścianach zmierzono średnie wskaźniki zawilgocenia jedynie w dolnej części ściany. Stwierdzono że na stan wilgotnościowy przegrody wpływ ma:

Kapilarne podciąganie wilgoci.

- Profil P2 (ściana północna)

Wyniki badań zawilgocenia:

| Profil P2 |          |                    |
|-----------|----------|--------------------|
| l.p.      | Wysokość | Głębokość/materiał |
|           |          | 20cm               |
| 1         | 27       | <b>13,48%</b>      |
|           |          | Fuga               |
| 2         | 50       | <b>5,04%</b>       |
|           |          | Fuga               |
| 3         | 73       | <b>2,74%</b>       |
|           |          | Fuga               |



Badaniu poddano ścianę zewnętrzną znajdującą się powyżej poziomu gruntu. Ściana wykonana z kamienia i cegły. W ramach czynności w ścianach zmierzono wysokie wskaźniki zawilgocenia. Stwierdzono że na stan wilgotnościowy przegrody wpływ ma:

Kapilarne podciąganie wilgoci.

#### ○ Profil P3 (ściana północna)

Wyniki badań zawilgocenia:

| Profil P3 |          |                    |
|-----------|----------|--------------------|
| l.p.      | Wysokość | Głębokość/materiał |
|           |          | 20cm               |
| 1         | 22       | <b>2,55%</b>       |
|           |          | Cegła              |
| 2         | 38       | <b>1,22%</b>       |
|           |          | Cegła              |
| 3         | 63       | <b>&lt;1%</b>      |
|           |          | Cegła              |



Badaniu poddano ścianę zewnętrzną znajdującą się powyżej poziomu gruntu. Ściana wykonana z cegły. W ramach czynności w ścianach zmierzono wskaźniki zawilgocenia kwalifikujące ścianę jako suchą. Jednocześnie w badanym miejscu zmierzono znaczne wskaźniki zasolenia. Stwierdzono że na stan wilgotnościowy przegrody wpływ ma:

- Kapilarne podciąganie wilgoci – obecność azotanów wskazuje że ściana jest zawilgacana okresowo wraz ze zmieniającymi się warunkami gruntowo-wodnymi.
- Zawilgocenie rozpryskowe (zachlapywanie przez przejeżdżające samochody) – potwierdza to fakt występowania chlorków.



#### ○ Profil P4 (ściana zachodnia)

# Wyniki badań zawilgocenia:

| Profil P4 |          |                    |
|-----------|----------|--------------------|
| l.p.      | Wysokość | Głębokość/materiał |
|           |          | 20cm               |
| 1         | 0        | <b>7,56%</b>       |
|           |          | Fuga               |
| 2         | 50       | <b>2,35%</b>       |
|           |          | Fuga               |
| 3         | 73       | <b>1,75%</b>       |
|           |          | Fuga               |

Badaniu poddano ścianę zewnętrzną znajdującą się powyżej poziomu gruntu. Ściana wykonana z kamienia i cegły. W ramach czynności w ścianach zmierzono średnie

wskaźniki zawilgocenia. Najniższy punkt pomiarowy zlokalizowano na poziomie powierzchni betonowego cokołu. Stwierdzono że na stan wilgotnościowy przegrody wpływ ma:

- Kapilarne podciąganie wilgoci.
- Zawilgacanie ściany przez płaską powierzchnię cokołu

W trakcie prowadzonych badań w wytypowanym miejscu – na ścianie frontowej - pobrano próbkę tynku oraz fugi w celu określenia zawartości soli.





## Wyniki badań zasolenia

| Punkt pomiaru zasolenia (S1) |                     |              |                |           |         |
|------------------------------|---------------------|--------------|----------------|-----------|---------|
| Wysokość                     | Głębokość /materiał | pH materiału | Zawartość soli |           |         |
|                              |                     |              | AZOTANY        | SIARCZANY | CHLORKI |
| 60                           | Cegła               | 7            | 0,005          | 0,2       | 0,5     |

Badaniu poddano ścianę zewnętrzną znajdującą się powyżej poziomu gruntu. W badanym miejscu wykonana jest z cegły. Znajduje się ono w bezpośrednim sąsiedztwie drogi. Zmierzone wysokie stany chlorków mogą wskazywać jednocześnie na zachlapywanie ściany od strony drogi jak i kapilarne podciąganie wilgoci.

Obecność azotanów wskazuje na kapilarne podciąganie wilgoci. Niemniej jednak fakt, iż w strukturze muru stwierdzono występowanie soli - wskazuje na obciążenie ścian zawilgoceniem o charakterze higroskopijnym.

W ramach prowadzonych czynności przeprowadzono badania klimatu wewnątrz pomieszczeń budynku, jak również sprawdzono zastosowane rozwiązania w celu zapewnienia wentylacji:

### I. Mieszkanie nr 1 (parter - po lewej stronie):

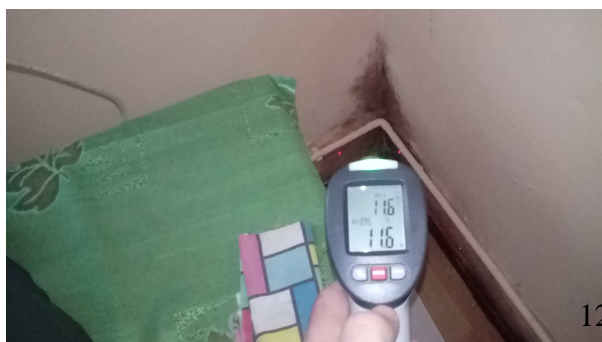
| l.p. | Pomiar                        | Wynik          |
|------|-------------------------------|----------------|
| 1    | Względna wilgotność powietrza | 84,9%          |
| 2    | Temperatura powietrza         | 18,7 – 19,9 °C |
| 3    | Temperatura ściany            | 11,0 – 15,0 °C |
| 4    | Wartość punktu rosy           | 14,6 °C        |

Kratka wentylacyjna znajduje się w łazience – w trakcie badania – brak ciągu.

W kuchni – brak kratki wentylacyjnej.



Brak właściwej wentylacji determinuje utrzymującą się wysoką względną wilgotność powietrza. Skutkiem panujących warunków



jest kondensacja powierzchniowa oraz rozwój mykoorganizmów – szczególnie intensywnie w miejscach występowania mostków termicznych.

## II. Mieszkanie nr 2 (parter - po prawej stronie):

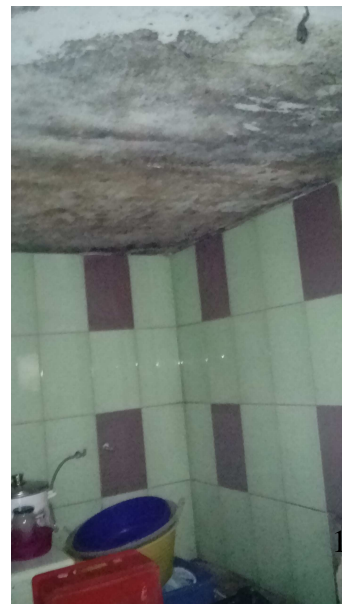
Badanie przeprowadzono w kuchni pełniącej jednocześnie funkcję łazienki.

| <b>l.p.</b> | <b>Pomiar</b>                 | <b>Wynik</b> |
|-------------|-------------------------------|--------------|
| 1           | Względna wilgotność powietrza | 53,5%        |
| 2           | Temperatura powietrza         | 16,2 °C      |
| 3           | Temperatura ściany            | 7,6 °C       |
| 4           | Wartość punktu rosy           | 8,3 °C       |

W pomieszczeniu brak wentylacji wywiewnej. Pod oknem znajduje się kratka nawiewna. Wentylacja wywiewna znajduje się w korytarzyku obok. W trakcie badania stwierdzono brak ciągu.



Skutkiem panujących warunków jest intensywna kondensacja powierzchniowa oraz rozwój mykoorganizmów – szczególnie intensywnie widoczna na suficie kuchni.



### III. Mieszkanie nr 3 (piętro):

| l.p. | Pomiar                        | Wynik          |
|------|-------------------------------|----------------|
| 1    | Względna wilgotność powietrza | 63,9%          |
| 2    | Temperatura powietrza         | 28,7 °C        |
| 3    | Temperatura ściany            | 13,6 – 22,0 °C |
| 4    | Wartość punktu rosy           | 20,8 °C        |

W części kuchennej pod oknem znajduje się kratka wentylacji nawiewnej. Powyżej znajduje się kratka wentylacji wywiewnej. W trakcie badania stwierdzono brak ciągu w wentylacji wywiewnej spowodowany zabrudzeniem „moskitiery”. Po usunięciu siatki w kanale zmierzono ciąg o prędkości 0,37m/s.



Warunki panujące w mieszkaniu skutkują kondensacją i rozwojem mykoorganizmów – szczególnie w miejscach występowania mostków termicznych.



Iç. Mieszkanie nr 4 (piętro):

| l.p. | Pomiar                        | Wynik          |
|------|-------------------------------|----------------|
| 1    | Względna wilgotność powietrza | 66,8%          |
| 2    | Temperatura powietrza         | 18,2 – 20,3 °C |
| 3    | Temperatura ściany            | 10,2-18,9 °C   |
| 4    | Wartość punktu rosy           | 14,2 °C        |

W kuchni pod oknem znajduje się kratka wentylacji nawiewnej – w trakcie czynności zaklejona srebrną taśmą, przy piecu – kratka wentylacji wywiewnej (częściowo zasłonięta). Zmierzono w niej ciąg na poziomie 0,91 m/s.

W łazience znajduje się otwór w ścianie prowadzący na korytarz.





Warunki panujące w mieszkaniu skutkują kondensacją i rozwojem mykoorganizmów – szczególnie w miejscach występowania mostków termicznych.



ζ. Mieszkanie nr 5 (piętro):

| l.p. | Pomiar                        | Wynik       |
|------|-------------------------------|-------------|
| 1    | Względna wilgotność powietrza | 50,3%       |
| 2    | Temperatura powietrza         | 18,2°C      |
| 3    | Temperatura ściany            | 8,3-19,7 °C |
| 4    | Wartość punktu rosy           | 8,9°C       |

W kuchni w suficie znajduje się kratka wentylacji wywiewnej – zatkana szmatą. Po usunięciu szmaty zmierzono w niej ciąg na poziomie 0,75 m/s.



Warunki panujące w mieszkaniu skutkują kondensacją i rozwojem mykoorganizmów – szczególnie w miejscach występowania mostków termicznych.



çI. Mieszkanie nr 6 (piętro):

| <b>l.p.</b> | <b>Pomiar</b>                 | <b>Wynik</b> |
|-------------|-------------------------------|--------------|
| 1           | Względna wilgotność powietrza | 44,9%        |
| 2           | Temperatura powietrza         | 16,5°C       |
| 3           | Temperatura ściany            | 16,2-16,4 °C |
| 4           | Wartość punktu rosy           | 4,6°C        |

W pomieszczeniu mieszkalnym pełniącym jednocześnie funkcję kuchni i pokoju w suficie znajduje się kratka wentylacji wywiewnej – otwarta.

W chwili badania panujące w mieszkaniu warunki nie zagrażały pojawieniem się kondensacji.



çII. Mieszkanie nr 7 (piętro):

| <b>l.p.</b> | <b>Pomiar</b>                 | <b>Wynik</b> |
|-------------|-------------------------------|--------------|
| 1           | Względna wilgotność powietrza | 71,6%        |
| 2           | Temperatura powietrza         | 22,4°C       |
| 3           | Temperatura ściany            | 14,7-21,6 °C |
| 4           | Wartość punktu rosy           | 16,2°C       |

W kuchni pod oknem znajduje się kratka nawiewna – drożna, oraz kratka wywiewna – niedrożna.



W łazience znajdują się dwa przewody wentylacyjne – jeden za piecem (brak dostępu) drugi obok natrysku – drożny. Zmierzo-  
no w nim ciąg o wartości 0,67 m/s.



Warunki panujące w mieszkaniu skutkują kondensacją i rozwojem mykoorganizmów – szczególnie w miejscach występowania mostków termicznych.



#### **Analiza termiczna konstrukcji ścian.**

- . Przewidywane warunki wewnętrzne w pomieszczeniu:
  - o **Zmienne warunki wewnętrzne odpowiadające przyjętej klasie wilgotnościowej**

- **Mieszkania z małą liczbą mieszkańców**

- Budowa przegrody

| Nr                                | Nazwa warstwy                     | d    | l       | m     | R                     | S <sub>d</sub> |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------|---------|-------|-----------------------|----------------|
|                                   |                                   | [m]  | [W/m•K] | [-]   | [m <sup>2</sup> •K/W] | [m]            |
| Strona zewnętrzna R <sub>se</sub> |                                   |      |         |       | 0.040                 | -              |
| 1                                 | Tynk lub gładź cementowo-wapienna | 0.02 | 0.820   | 16    | 0.024                 | 0.3            |
| 2                                 | Kamień – skała krystaliczna       | 0.49 | 2.800   | 11765 | 0.175                 | 5764.7         |
| 3                                 | Tynk lub gładź cementowa          | 0.02 | 1.000   | 16    | 0.020                 | 0.3            |
| Strona wewnętrzna R <sub>si</sub> |                                   |      |         |       | 0.130                 | -              |

- Rodzaj i usytuowanie przegrody w pomieszczeniu:

- Ściana zewnętrzna, Przegroda pełna z dala od mostków cieplnych

$$R_{si} = 0.25$$

- Wartość minimalnego czynnika f<sub>Rsi</sub>

| Nr | Miesiąc     | f <sub>Rsi,min</sub> |
|----|-------------|----------------------|
| 1  | Styczeń     | 0.768                |
| 2  | Luty        | 0.770                |
| 3  | Marzec      | 0.697                |
| 4  | Kwiecień    | 0.552                |
| 5  | Maj         | 0.360                |
| 6  | Czerwiec    | 0.000                |
| 7  | Lipiec      | 0.174                |
| 8  | Sierpień    | -0.289               |
| 9  | Wrzesień    | 0.467                |
| 10 | Październik | 0.631                |
| 11 | Listopad    | 0.736                |
| 12 | Grudzień    | 0.771                |

- Miesiącem krytycznym jest: Grudzień

- Wartość współczynnika temperatury dla krytycznego miesiąca: f<sub>Rsi,max</sub> = 0.771

- Efektywna wartość współczynnika temperatury f<sub>Rsi</sub> na powierzchni wewnętrznej przegrody:

- Całkowity opór cieplny przegrody  $R_c = 0.389 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Współczynnik przenikania przegrody (bez uwzględnienia dodatków na mostki  $DU_k$ )  $U_c = 2.568 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Wartość współczynnika temperaturowego przegrody  $f_{Rsi} = 0.509$
- Sprawdzenie wartości czynnika obliczeniowego  $f_{Rsi}$ 
  - Wartość współczynnika temperaturowego przegrody  $f_{Rsi} = 0.509$
  - Wartość współczynnika temperatury dla krytycznego miesiąca  $f_{Rsi, \max} = 0.771$   
 $f_{Rsi} \geq f_{Rsi, \max}$   
 $0.509 \geq 0.771$

Warunek niespełniony. Przegrodę nieprawidłowa pod kątem uniknięcia rozwoju pleśni

- Miesięczne strumienie kondensacji i akumulacji wewnętrznej przegrody

| Nr | Miesiąc     | Kondensacja | Tynk lub gładź cementowa |                      |
|----|-------------|-------------|--------------------------|----------------------|
|    |             |             | $g_c$                    | $M_a$                |
|    |             |             | [kg/m <sup>2</sup> ]     | [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 0  | Styczeń     | NIE         | -1.49145                 | 0.00000              |
| 1  | Luty        | NIE         | -1.34712                 | 0.00000              |
| 2  | Marzec      | NIE         | 0.00000                  | 0.00000              |
| 3  | Kwiecień    | NIE         | 0.00000                  | 0.00000              |
| 4  | Maj         | NIE         | 0.00000                  | 0.00000              |
| 5  | Czerwiec    | NIE         | 0.00000                  | 0.00000              |
| 6  | Lipiec      | NIE         | 0.00000                  | 0.00000              |
| 7  | Sierpień    | NIE         | 0.00000                  | 0.00000              |
| 8  | Wrzesień    | NIE         | 0.00000                  | 0.00000              |
| 9  | Październik | NIE         | 0.00000                  | 0.00000              |
| 10 | Listopad    | NIE         | -1.16911                 | 0.00000              |
| 11 | Grudzień    | NIE         | -1.49145                 | 0.00000              |

W przegrodzie nie występuje kondensacja pary wodnej.

### 2.3 Wnioski

Ogłędziny budynku wraz z wynikami badań pozwalają na stwierdzenie, że ściany budynku powyżej poziomu gruntu w strefie parteru jak i piętra zagrożone są głównie zawilgoceniem o charakterze kondensacyjnym. Zawilgocenie to w obiekcie jest szczególnie uciążliwe dla miesz-

kańców. Głównym powodem występowania są nieodpowiednie rozwiązania wentylacyjne oraz konstrukcja ścian zewnętrznych.

W strefie parteru zidentyfikowano również obecność zawilgocenia kapilarnego. Intensywność zjawiska zależna jest od panujących w danym momencie warunków gruntowo-wodnych. Należy zaznaczyć że zawilgocenie ma charakter niejednorodny – występuje z różnym natężeniem. Efektem kapilarnego podciągania jest wprowadzenie w strukturę ścian szkodliwych soli, będących obecnie źródłem zawilgocenia o charakterze higroskopijnym.

Wokół obiektu wykonany został kanał odwadniający. Należy zwrócić uwagę, że w sytuacji kiedy odprowadzenie wody nie będzie drożne może być elementem nawadniającym ściany. Elementem takim są z całą pewnością płaskie powierzchnie cokołów przy ścianach zewnętrznych obiektu. Woda wchłaniana przez te powierzchnie zawilgaca następnie połączone z nimi ściany.

### **3.1 Wskazanie koniecznych do zastosowania rozwiązań technicznych eliminujących przyczyny zawilgocenia badanego obiektu.**

- **Zawilgocenie kondensacyjne.** W przypadku zjawiska kondensacji w celu jego eliminacji konieczne jest:
  - Obniżenie zawartości wilgoci w powietrzu przez odpowiednią wentylację zapewniającą optymalną wymianę powietrza na poziomie min. 1 kubatury na godzinę. Osiąga się to przez:
    - zapewnienie nawiewu świeżego powietrza z zewnątrz do pomieszczeń (w przypadku nowej stolarki okiennej przez montaż nawiewników okiennych)
    - Zapewnienie wywiewu powietrza z pomieszczeń. W przypadku pomieszczeń mieszkalnych: w których dochodzi do największej emisji wilgoci tj. kuchni i łazienki przy użyciu pionów wentylacji grawitacyjnej, a jeśli takich nie ma to przez montaż wentylacji mechanicznej wywiewnej.
  - Podniesienie temperatury przegród zewnętrznych przez ich odpowiednie ocieplenie.
- **Zawilgocenie kapilarne.** Budynek w chwili obecnej jest nieznacznie zawilgocony w wyniku kapilarnego podciągania wilgoci. Niemniej jednak obecność soli w materiale budowlanym wskazuje, że zjawisko to występowało w przeszłości wraz z sezonową zmianą warunków gruntowo-wodnych. Usunięcie zawilgocenia kapilarnego w obiekcie jest uwarunkowane zastosowaniem skutecznej izolacji poziomej murów wewnętrznych i zewnętrznych na poziomie posadzki. Są różne metody techniczne wykonania izolacji poziomej zmierzającej do zablokowania możliwości przenikania i pionowego przemieszczania się wody w kapilarach muru np:
  - **inwazyjne** (iniekcja) - Zaletą metod jest stworzenie fizycznej przepony poziomej hamującej możliwość kapilarnego podciągania wilgoci. Wadą jest konieczność ingerencji w strukturę muru przez wykonanie szeregu odwiertów, zatrzymanie wilgoci powyżej przepony, wraz z rozpuszczoną w jej składzie solą. Ściany w tym wypadku wysychają przez odparowanie.

- **bezinwazyjne** – których zaletą jest stopniowe i stałe usuwanie zawilgocenia z częścią soli ze struktury murów poprzez niwelowanie sił kapilarnego podciągania powodując grawitacyjne opadanie wody w strukturze ściany. Wada – skuteczność procesu osuszania uzależniona jest od wielu czynników.
- **Zawilgocenie higroskopijne.** W obiekcie przeprowadzono półjakościowe badania zawartości soli. Badania wskazują na obecność zasoli w ścianach. Zmierzono głównie zasolenie w stanach niskich i średnich.  
Opisana sytuacja powoduje bezwzględnie konieczność usunięcia zasolonego tynku. Ściany uszkodzone w wyniku działania soli wykazują parametry fizykochemiczne wymagające zastosowania specjalnych wypraw tynkarskich. Na takich ścianach nie wolno stosować tynków gipsowych, z zawartością gipsu, oraz tynków cementowych. W przypadku badanego obiektu optymalnym rozwiązaniem jest usunięcie tynków zewnętrznych i ocieplenie ścian.
- **Zalewanie.** Ten typ zawilgocenia dotyczy opisanego wcześniej kanału odwadniającego. Kanał w szczególnych warunkach może być elementem który nie tylko nie odprowadza wody, a wręcz nawadnia ściany. W tym przypadku sugerujemy rozważenie dwóch możliwości:
  - Usunięcie kanału, wykonanie zewnętrznej izolacji pionowej , a następnie zasypanie i wyrównanie terenu wokół obiektu.
  - Wykonanie pełnej izolacji kanału wraz z częścią ścian zewnętrznych powyżej powierzchni cokołu, zasypanie kanału żwirem – wykonanie tzw. drenażu „francuskiego”.

W obu wypadkach do wykonania izolacji zalecamy użycie materiałów dedykowanych dla ścian mokrych i zasolonych tj. mikrozapraw uszczelniających.