



## Stan cieplno-wilgotnościowy strefy obsadzenia okien i drzwi w licu muru

Thermal and humidity condition of the window and door mounting zone in the wall face



Mgr inż. Jerzy Bogdan Zembrowski

ORCID ID: [0009-0000-9329-6792](https://orcid.org/0009-0000-9329-6792)

Biuro Doradztwa Budowlanego,

Białystok

[zembrowski@bdb.com.pl](mailto:zembrowski@bdb.com.pl)

**Słowa kluczowe:** montaż okien i drzwi, wymiana ciepła, dyfuzja pary wodnej, kondensacja pary wodnej, fizyka budowli

### Streszczenie

Liczne pleśnie w strefach obsadzenia okien i drzwi w murach były powodem wykonania przez autora tej publikacji dużej ilości analiz przepływu ciepła oraz dyfuzji pary wodnej w tych strefach symulując warunki rzeczywiste. Analizy potwierdziły istnienie znanych już liniowych mostków termicznych oraz wykryły nierozpoznane dotąd zmienne w czasie mostki dyfuzji pary wodnej wokół ram okien i drzwi. Na konkretnym przykładzie opisano przyczyny nadmiernej kondensacji pary wodnej w szczelinie między ramą okien, a murem - prowadzące do pleśni i zagrzybieniu. Wskazano na pilną potrzebę weryfikacji dotąd stosowanej metodyki projektowania i obsadzania okien i drzwi w murach.

**Keywords:** window and door installation, heat exchange, water vapor diffusion, condensation of water vapor, building physics

### Abstract

Numerous molds in the areas around windows and doors in walls prompted the author of this publication to conduct extensive analyses of heat flow and water vapor diffusion in these areas by simulating real-world conditions. The analyses confirmed the existence of previously known linear thermal bridges and detected previously unrecognized time-varying water vapor diffusion bridges around window and door frames. A specific example describes the causes of excessive water vapor condensation in the gap between the window frame and the wall, leading to mold and mildew. An urgent need to revise the methodology used so far for designing and installing windows and doors in walls is highlighted.

## Wstęp

Obserwacje stref obsadzenia stolarki okiennodrzwowej w budynkach mieszkalnych jedno- i wielorodzinnych, a także użyteczności publicznej, ujawniły szereg wad w postaci glonów, pleśni i wykwitów, a nawet zagrzybień. Miejscem tych objawów są głównie pachwiny na styku ram stolarki z ościeżkami wewnątrz pomieszczeń. Jednakże, występują one także na elewacji w sąsiedztwie ram stolarki po całym obwodzie. Takie objawy są uważane za wady budowlane i są powodem roszczeń reklamacyjnych wobec monterów stolarki. Roszczenia są uzasadnione nie tylko z powodu szpecącego wyglądu, ale z powodu zagrożenia dla zdrowia ludzi. Zarodniki grzybów pleśniowych są kancerogenne i alergenogenne, bowiem występujące we wnętrzach wywołują groźne choroby zagrażające zdrowiu i życiu (Karyś & Ważny, 2001). Fotografie 1 i 2 przedstawiają przykłady takich nieprawidłowości wokół ram okien.

Począwszy od roku 2020, autor postanowił rozpoznać zjawiska zachodzące w strefie obsadzenia stolarki, aby zrozumieć przyczyny opisanych wad i ustalić receptę na ich unikanie. Odkrywki miejsc z pleśnią w ościeżkach nie

potwierdziły wstępnego oczywistego wręcz przypuszczenia, że jest ona wynikiem przemarzania spowodowanego brakiem termoizolacji w szczelinie między ramą, a ościeżką. Owszem, takie przypadki miały miejsce, ale tylko sporadycznie, bowiem w większości wypełnienie istniało – zwykle w postaci pianki PU, choć zdarzały się także wypełnienia wełną mineralną albo włókniną. W każdym przypadku wspólną cechą charakterystyczną była znacznie zwiększona wilgotność materiału termoizolacyjnego wypełniającego szczelinę. Stopień jego zawilgocenia wynosił przeważnie kilkanaście procent, ale były miejsca, że sięgał nawet 80%. We wszystkich przypadkach występowania pleśni w ościeżkach stwierdzono także wilgotność materiału muru na styku ze szczeliną większą niż w pewnym oddaleniu, tj. 25 cm i większym, gdzie wilgotność muru była już na jednakowym poziomie.

## Liniowe mostki cieplne i dyfuzyjne

Przegląd publikacji oraz raportów z badań na całym świecie wykazał, że wszędzie analizowano wyłącznie zagadnienia przepływu ciepła w strefie obsadzenia stolarki lub przez samą ramę – zwykle celem określenia liniowych



Fotografia 1. Przykład pleśni w ościeżu okna. Źródło: opracowanie własne  
Photo 1. Example of mold in a window frame. Source: authors' own study



Fotografia 2. Przykład pleśni w nadprożu okna. Źródło: opracowanie własne  
Photo 2. Example of mold in a window lintel. Source: authors' own study

mostków cieplnych  $\Psi$  oraz współczynników przenikania ciepła  $U_f$  ram. Brak natomiast analiz uwzględniających wpływ dyfuzji pary wodnej na stan ciepłno-wilgotnościowy strefy obsadzenia stolarki. Strefa ta jest szczególna, bo na obwodzie stolarki występuje skomplikowana geometria liniowych mostków cieplnych, różniących się po obwodzie pionowych ram, a także poziomych w nadprożach oraz parapetach. Różne są rodzaje i konstrukcja ram, różne sposoby ich obsadzenia (w licu muru, cofnięte, wysunięte), różne szerokości szczelin między ramą a ościeżem, różne materiały wypełniające szczeliny, różne parapety wewnętrzne i zewnętrzne, różne nadproża, jak też różne materiały murów, różne ich ocieplenie i różne tynki wewnętrzne.

Już na pierwszym etapie analiz, charakterystyka przepływu ciepła w strefie obsadzenia wykazała, że rozkład temperatur w przekroju poprzecznym ram różni się od rozkładów prezentowanych przez poszczególnych ich producentów. Analizy ciepłno-wilgotnościowe wykazują bowiem, że rozkład temperatur w przekroju ramy jest deformowany przez wymianę ciepła i wilgoci w murze w strefie odległej od niej do 25 cm, a także deformowany przez przepływ ciepła przez materiał wypełniający szczelinę między ramą stolarki, a ościeżem. Symulacje przepływu ciepła przeprowadzono z użyciem programu komputerowego THERM (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2025).

Skoro w strefie obsadzenia ramy występują nierównomierne przepływy ciepła i nierównomierne pola temperatur, to staje się jasne, że w tej strefie muszą być rozpoznane także rzeczywiste przepływy wilgoci spowodowane dyfuzją pary wodnej. Wniosek ten wynika z faktu, że ciśnienie cząstkowe pary wodnej w każdym miejscu materiału zawierającego pory otwarte, jest zależne od jej lokalnej temperatury w porach (Pogorzelski, 1976; Bogosłowski, 1985). Zmiana ciśnienia cząstkowego pary wodnej oraz kondensacja pary wodnej, bezpośrednio wpływają na zawartość wilgoci w poszczególnych miejscach poszczególnych materiałów. Symulację dyfuzji pary wodnej w warunkach rzeczywistych przeprowadzono uznanym na całym świecie programem komputerowym WUFI2D (Fraunhofer Institute for Building Physics).

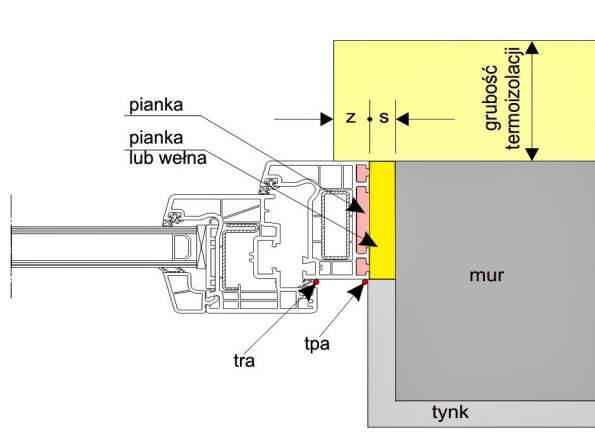
Analizy ciepłno-wilgotnościowe wykazały, że strumień ciepła przenikającego przez samą ramę stolarki jest czasami mniejszy nawet o 15% niż wynikający tylko z uwzględnienia wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_f$  podawanego przez producentów. Spadek przepływu ciepła przez ramę jest spowodowany zmianą temperatur w przekroju ramy w pobliżu jej styku z ościeżem – na skutek wymiany ciepła przez szczelinę i sąsiadującą strefę muru oraz spowodowany zachodzeniem termoizolacji na ramę.

W ciągu 5 lat, bazując na programach (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2025) i (Fraunhofer Institute for Building Physics) oraz pomiarach na obiektach, autor wykonał ponad 8 tysięcy analiz ciepłno-wilgotnościowych z uwzględnieniem wszystkich możliwych sposobów obsadzenia stolarki w ścianach wykonanych z najróżniejszych materiałów, wszystkich typów i rodzajów ram, najróżniejszych termoizolacji ścian i wypełnień szczelin, z różnym wysunięciem, a także z uwzględnieniem taśm uszczelniających i bez nich. Wyniki są arcyciekawe, bo przede wszystkim rewidują dotychczasowe podejście do obsadzenia stolarki, przyzwyczajenia oraz ukształtowane werbalnie praktyki jej montażu, a także głoszone powszechnie prawdy i mity w tym zakresie. Wobec niezwykle obszernej dokumentacji i ilości uzyskanych zależności, siłą rzeczy, przedstawię je szczegółowo w kolejnych artykułach, zaś poniżej jedynie zasygnalizuję.

## Rozkład temperatur

Jako przykład weźmy pionową ramę z PCV o współczynnika przenikania ciepła  $U_f = 1,362 \text{ W/m}^2\text{K}$  obsadzoną równo z licem muru z bloczków betonu komórkowego gęstości  $600 \text{ kg/m}^3$  układanych metodą klejenia cienkowarstwowego, jak pokazuje Rysunek 1. Szczelina grubości 10 mm wypełniona jest pianką PU o współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$  i współczynnika oporu dyfuzji względem pary wodnej  $\mu = 50$ . Mur jest ocieplony styropianem EPS-80 grubości 15 cm z zachodzeniem na ramę  $z = 20 \text{ mm}$ . Od wewnątrz mamy tynk cem-wapienny grubości 15 mm. Rama znajduje się w pokoju o temperaturze powietrza  $20^\circ\text{C}$  i wilgotności 45% w budynku znajdującym się w Warszawie, gdy na zewnątrz panuje projek-

### wg lica muru



Rysunek 1. Schemat obsadzenia ramy w licu muru. Źródło: opracowanie własne  
Figure 1. Diagram of the frame installation in the wall face.  
Source: authors' own study

towa temperatura  $-20^{\circ}\text{C}$ .

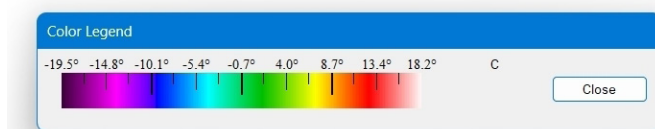
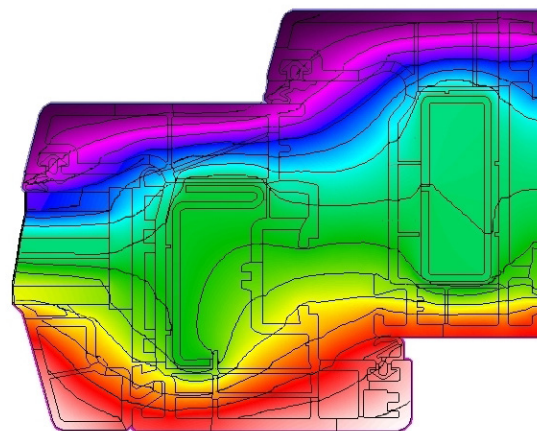
W wyniku analizy przepływu ciepła przez samą tylko ramę uzyskuje się znany powszechnie rozkład temperatur w jej przekroju poprzecznym pokazany na Rysunku 2. Rozkład temperatur w przekroju poprzecznym muru i ramy pokazany jest na Rysunku 3. Widać wpływ muru na odchylenie izoterm w ramie oraz stabilizację temperatur w murze w strefie odległej dalej niż 25 cm od ramy.

## Stan cieplno-wilgotnościowy

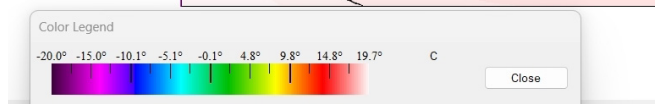
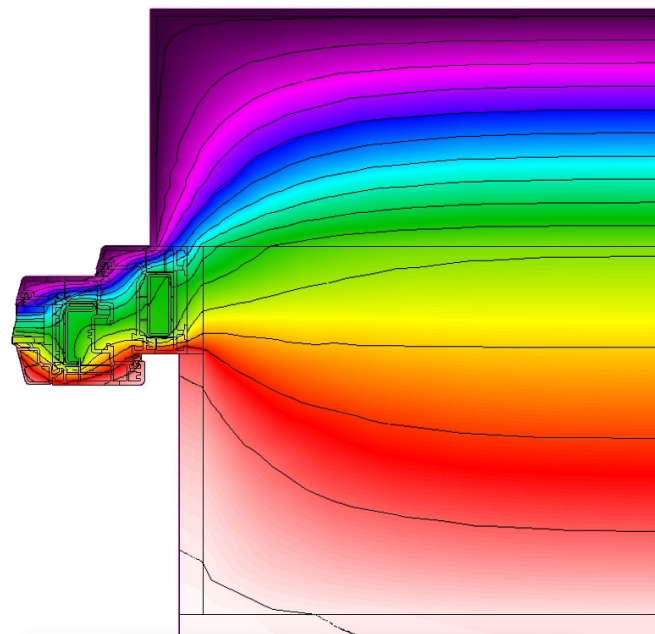
Spójrzmy na stan wilgotnościowy w strefie obsadzenia ramy w ścianie wystawionej na północ w rzeczywistych zarejestrowanych warunkach atmosferycznych w ciągu 24 miesięcy – z uwzględnieniem zmian temperatury i wilgotności powietrza zewnętrznego, promieniowania słonecznego, a także zmiennej temperatury i wilgotności powietrza wewnętrznego. Nasiąkanie wodą deszczową pomijamy, z uwagi na zastosowaną silikonową wyprawę elewacyjną, która uzyskuje własności hydrofobowe – założenie celowe, by uzyskać wilgotnościowe własności wywołane tylko dyfuzją pary wodnej. Oczywiście, zastosowanie wyprawy nawet tylko częściowo nasiąkającej wodą deszczową, pogorszy stan wilgotnościowy tej strefy. Model obliczeniowy analizowanego przekroju poziomego obsadzenia ramy zgodnie z licem muru przedstawia Rysunek 4, na którym czerwonymi kropkami wskazano miejsca analizowanych charakterystyk cieplno-wilgotnościowych.

Rysunek 5 przedstawia temperaturę w szczelinie w punktach A (styk pianki z EPS), B (środek geometryczny) oraz C (styk pianki z tynkiem cementowym). Widać, że temperatura pianki w szczelinie podlega dużym zmianom w ciągu roku, bo w punkcie A (linia czerwona) od  $2^{\circ}\text{C}$  do  $27^{\circ}\text{C}$ , w punkcie B (linia niebieska) od  $8^{\circ}\text{C}$  do  $25^{\circ}\text{C}$  oraz w punkcie C (linia zielona) od  $14^{\circ}\text{C}$  do  $23^{\circ}\text{C}$ .

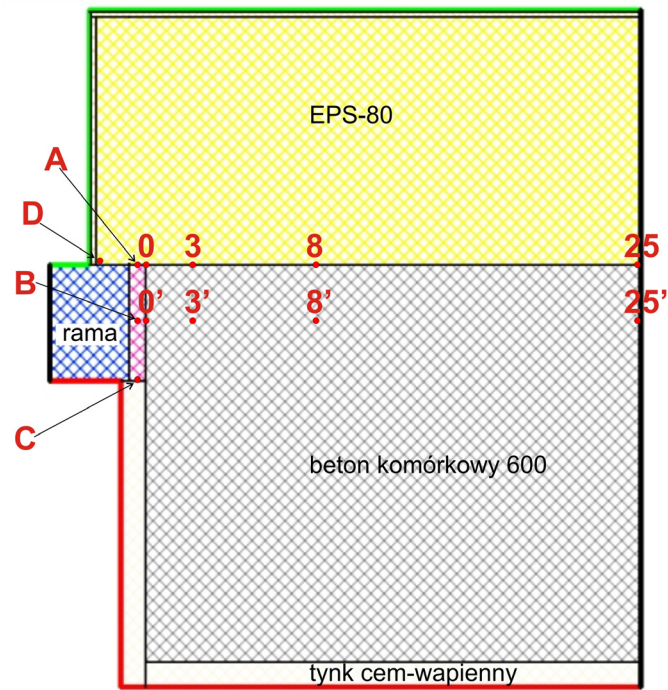
Rysunek 6 przedstawia wilgotność względną powietrza w komórkach pianki znajdującej się w szczelinie. O ile wilgotność powietrza w szczelinie od strony wnętrza (punkt C – krzywa zielona) zmienia się w niedużym zakresie, bo od 52% do 57%, to w geometrycznym środku (punkt B – krzywa niebieska) wilgotność zmienia się od 53% do 71%.



Rysunek 2. Rozkład temperatur w przekroju poprzecznym pionowej ramy okna o współczynniku przenikania ciepła  $U_f = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Źródło: opracowanie własne  
Figure 2. Temperature distribution in the cross-section of a vertical window frame with heat transfer coefficient  $U_f = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Source: authors' own study

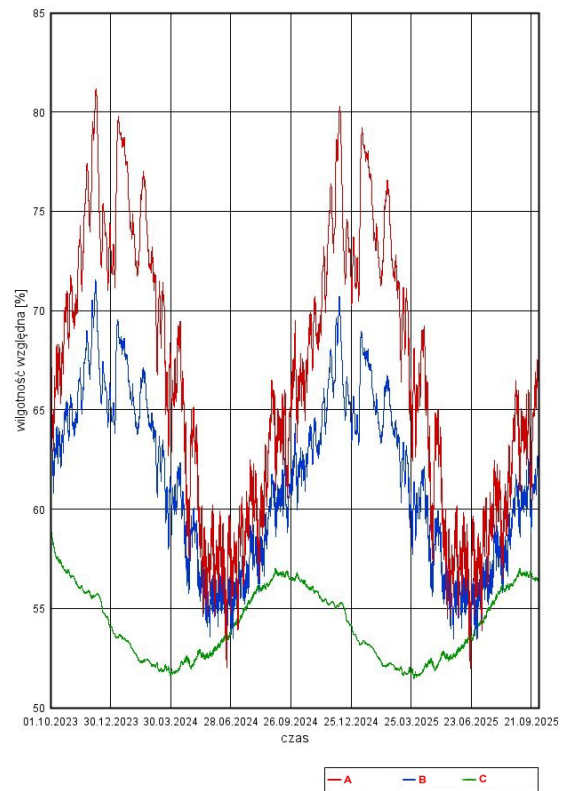


Rysunek 3. Rozkład temperatur ramy z rysunku 2, wraz ze strefą jej obsadzenia w murze z bloczków betonu komórkowego gęstości  $600 \text{ kg/m}^3$  ocieplonych styropianem EPS-80 grubości 15 cm i tynkiem wewnętrznym cementowym. Źródło: opracowanie własne  
Figure 3. Temperature distribution of the frame from Figure 2, together with its installation zone in a wall made of cellular concrete blocks with a density of  $600 \text{ kg/m}^3$ , insulated with 15 cm thick EPS-80 polystyrene and internal cement-lime plaster. Source: authors' own study



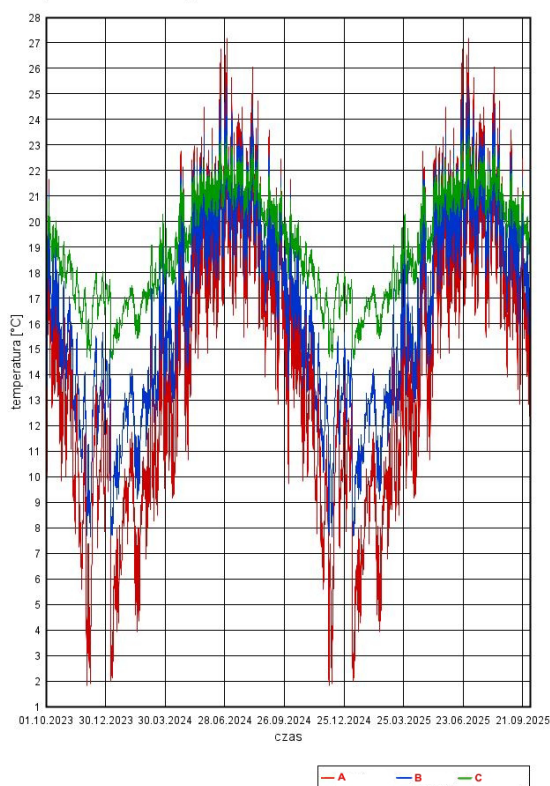
**Rysunek 4.** Model obliczeniowy z pokazanymi punktami charakterystyk opisanych w tekście. Źródło: opracowanie własne  
**Figure 4.** Calculation model showing the characteristic points described in the text. Source: authors' own study

**Wilgotność względna powietrza w szczelinie**



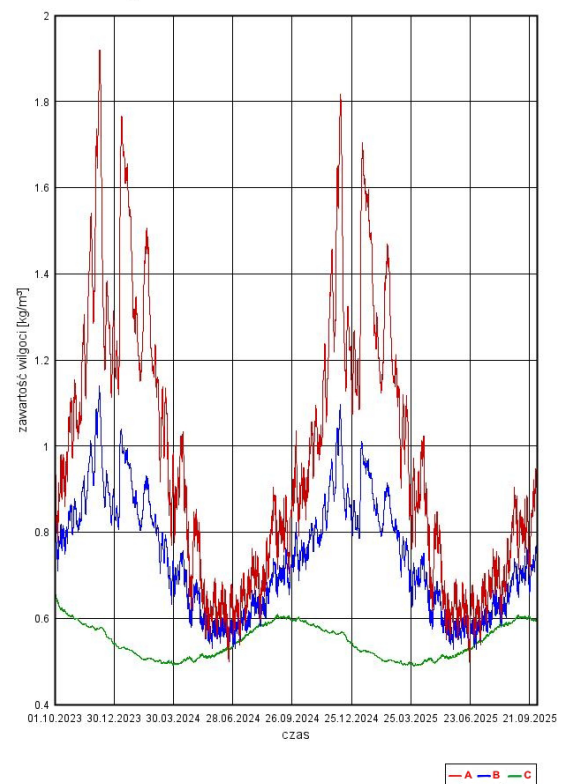
**Rysunek 6.** Wilgotność względna powietrza w szczelinie w punktach A, B i C. Źródło: opracowanie własne  
**Figure 6.** Relative air humidity in the gap at points A, B and C. Source: authors' own study

**Temperatura szczeliny**



**Rysunek 5.** Temperatura w szczelinie w ciągu 24 miesięcy w punktach A, B i C. Źródło: opracowanie własne  
**Figure 5.** Temperature in the gap over 24 months at points A, B and C. Source: authors' own study

**Zawartość wilgoci w szczelinie**



**Rysunek 7.** Zawartość wilgoci w szczelinie w punktach A, B i C. Źródło: opracowanie własne  
**Figure 7.** Water content in the gap at points A, B and C. Source: authors' own study

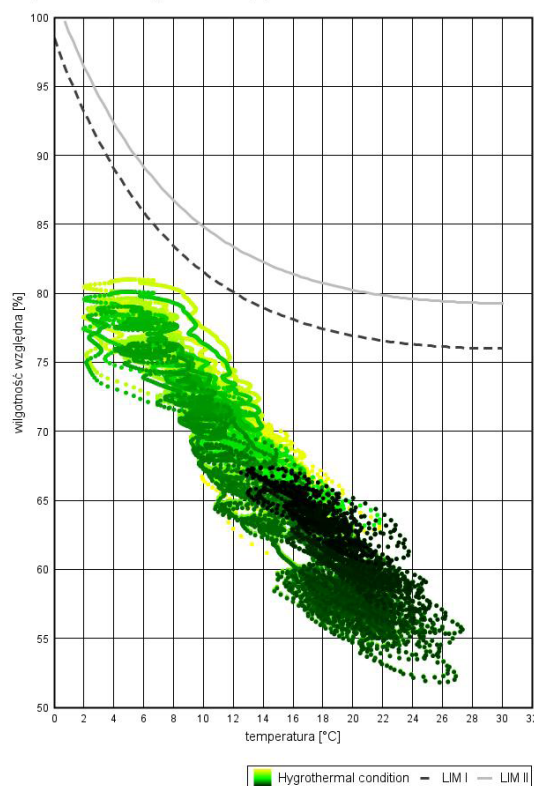
Jeszcze większa amplituda wilgotności występuje na styku szczeliny ze styropianem EPS (punkt A – krzywa czerwona), bo od 52% do 80%. Tak duża wilgotność prowadzi do nieuchronnej kondensacji pary wodnej – zwiększającej wilgotność pianki i... nie tylko.

Właśnie Rysunek 7 przedstawia krzywe zawartości wilgoci w piance w szczelinie. Krzywa zielona w punkcie C wykazuje niewielkie zmiany zawartości wilgoci, bo od 0,491 kg/m<sup>3</sup> do 0,608 kg/m<sup>3</sup>, co oznacza, że największy wzrost zawartości wilgoci wynosi 0,117 kg/m<sup>3</sup>. W Polsce nie ma oficjalnych kryteriów pozwalających ocenić zagrożenie zawartością wilgoci w materiałach. Natomiast niemieckie wytyczne zawarte w normie DIN (DIN, 2024) podają, że jeśli materiał nie jest kapilarny, to nie można dopuszczać do wzrostu zawartości wilgoci przekraczającego 0,5 kg/m<sup>3</sup>. Wymóg ten ma na celu niedopuszczenie do spływania kondensatu z miejsc powstawania oraz niedopuszczenie do korozji biologicznej. Tak więc, ponieważ pianka PU oraz rama nie są kapilarne, to wskazany tu wzrost zawartości wilgoci jest dopuszczalny. Krzywa niebieska w punkcie B wykazuje zmiany zawartości wilgoci od 0,530 kg/m<sup>3</sup> do 1,096 kg/m<sup>3</sup> – czyli wzrost o 0,566 kg/m<sup>3</sup>, który należy uznać za niedopuszczalny. Krzywa czerwona w punkcie A ujawnia zmiany zawartości wilgoci od 0,497 kg/m<sup>3</sup> do 1,817 kg/m<sup>3</sup> – czyli wzrost aż o 1,320 kg/m<sup>3</sup>. Wartości te oznaczają, że zastosowane rozwiązanie obsadzenia ramy jest wadliwe, gdyż w ponad połowie objętości szczeliny zachodzi silna kondensacja pary wodnej, co stwarza zagrożenie spływaniem kondensatu w szczelinie oraz wszystkimi tego konsekwencjami. Są nimi: mokre plamy w pachwinie i ościeżu oraz pleśń i korozja biologiczna, a także wzrost strat ciepła przez mokrą piankę wypełniającą szczelinę wzdłuż ramy stolarki. Trzeba zauważyć, że spływające skropliny wzdłuż pionowej ramy mogą znaleźć ujście nie tylko po wewnętrznej stronie, ale także po stronie elewacji. Właśnie to tłumaczy niewytłumaczalne dotąd objawy mokrych stref ościeża na elewacji tuż nad parapetem zewnętrznym.

Rysunek 8 przedstawia izoplecę zależności wilgotności względnej powietrza i jego temperatury wewnątrz szczeliny w punkcie A. Widać, że najbardziej niekorzystne stany w tym miejscu szczeliny zachodzą w zakresie temperatury od 6°C do 9°C, bowiem wtedy wilgotność powietrza w tym miejscu jest największa i sięga 81%. Tak więc, w tym miejscu kondensacja pary wodnej zachodzi, ale do korozji biologicznej jeszcze nie dojdzie, bowiem punkty te są w pewnym oddaleniu od linii ciemnej przerywanej LIM I i jeszcze większym od linii jasnoszarej ciągłej LIM II. Linia LIM I stanowi wartości graniczne powstania pleśni w materiałach organicznych, zaś linia LIM II dotyczy materiałów mineralnych.

Niezwykłe ciekawy obraz przedstawia Rysunek 9, gdzie mamy izoplecę w punkcie D czyli tuż pod warstwą szpachlową na styku ze styropianem EPS-80. Widać, że w zakresie temperatur 7°C a 28°C występuje totalne zagrożenie pleśnią nie tylko materiałów organicznych, ale także mineralnych. W tym przypadku, w pachwinie między ramą, a ościeżem dojdzie do silnej kondensacji pary wodnej oraz pleśni tuż pod warstwą szpachlową, a w krótkim czasie także na wyprawie elewacyjnej. Tak więc taki sposób obsadzenia i z takimi materiałami nie może być zastosowany, a jeśli będzie, należy go uznać za wadliwy, bowiem

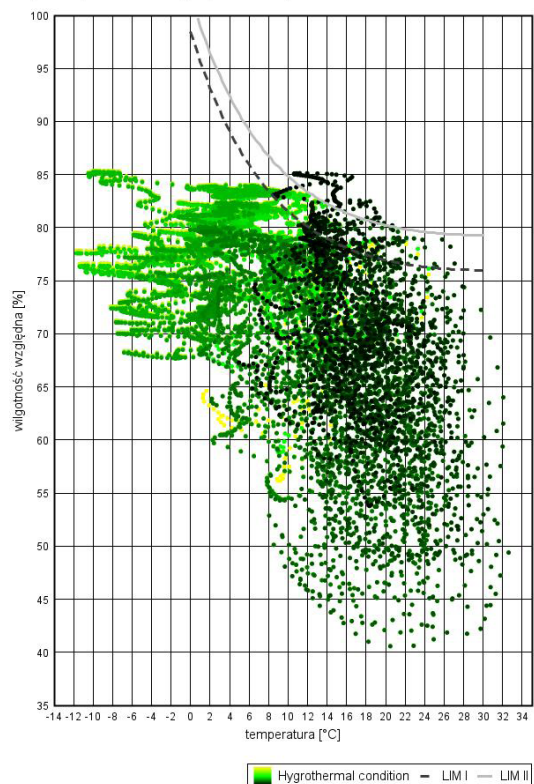
Izopleta na zewnątrz szczeliny pod EPS



Rysunek 8. Izopleta temperatury i wilgotności powietrza w szczelinie na styku ze styropianem EPS. Źródło: opracowanie własne

Figure 8. Isopleth of air temperature and humidity in the gap at the contact with EPS polystyrene. Source: authors' own study

Izopleta pod warstwą szpachlową na EPS



Rysunek 9. Izopleta temperatury i wilgotności powietrza na styropianie EPS pod warstwą szpachlową. Źródło: opracowanie własne

Figure 9. Isopleth of air temperature and humidity on EPS polystyrene under the putty layer. Source: authors' own study

nie spełnia wymagań technicznych (Minister Rozwoju i Technologii, 2022) w zakresie unikania pleśni. Powyższe wnioski są nieocenione dla firm i monterów zajmujących się obsadzaniem stolarki w murach, bowiem tylko dogłębna analiza ciepłno-wilgotnościowa w warunkach rzeczywistych każdego obsadzenia stolarki wykluczy błędy i poda rozwiązanie poprawne pod względem fizyki budowlanej.

## Dyfuzja pary wodnej

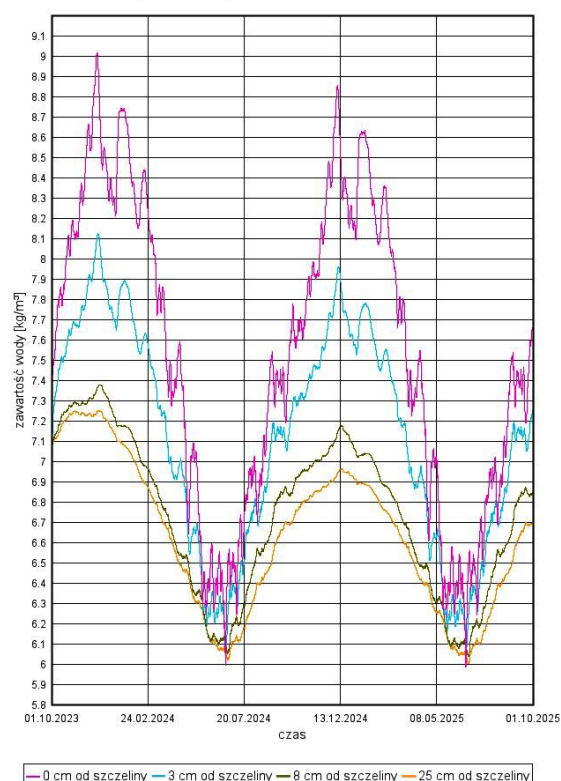
Analizy ciepłno-wilgotnościowe strefy obsadzenia stolarki ujawniły niezauważalne dotąd zjawisko. Otóż, kondensacja pary wodnej w szczelinie między ramą, a ościeżem zmienia wilgotność materiału muru w strefie odległej do ok. 25 cm – jeśli tylko ten materiał jest nasiąkliwy. Dzieje się tak, ponieważ skropliny powstające w termoizolacji stanowiącej wypełnienie szczeliny, wsiąkają w sąsiadujący materiał, a następnie przemieszczają się dalej na skutek zjawiska podciągania kapilarnego.

Zjawisko to dokumentuje Rysunek 10, gdzie mamy zawartość wilgoci w betonie komórkowym na styku ze styropianem w punktach: 0 na styku ze szczeliną (kolorem różowym), 3 odległym 3 cm od szczeliny (kolorem błękitnym), 8 odległym 8 cm od szczeliny (kolorem khaki) oraz 25 odległym 25 cm od szczeliny (kolorem pomarańczowym). Widać, że na styku ze szczeliną zawartość wilgoci w murze jest największa i zmienia się od  $6,00 \text{ kg/m}^3$  do  $8,85 \text{ kg/m}^3$ . W odległości 3 cm od szczeliny zawartość wilgoci maleje i zmienia od  $6,20 \text{ kg/m}^3$  do  $7,97 \text{ kg/m}^3$ , zaś w odległości 8 cm zawartość wilgoci jest jeszcze mniejsza i zmienia od  $6,10 \text{ kg/m}^3$  do  $7,18 \text{ kg/m}^3$ . W odległości 25 cm od szczeliny zawartość wilgoci przebiega tak jak w dalszej odległości i zmienia się od  $6,07 \text{ kg/m}^3$  do  $6,97 \text{ kg/m}^3$ . Oznacza to, że strefa zwiększonej wilgoci muru pochodzącej od kondensacji pary wodnej w szczelinie, sięga 25 cm.

Podobny charakter mają krzywe zawartości wilgoci w murze w linii odległej o 35 mm od styku ze styropianem, co odpowiada osi przebiegającej przez geometryczny środek szczeliny. Pokazuje to Rysunek 11, gdzie mamy zawartość wilgoci w punktach: 0' na styku ze szczeliną (kolorem różowym), 3' odległym 3 cm od szczeliny (kolorem błękitnym), 8' odległym 8 cm od szczeliny (kolorem khaki) oraz 25' odległym 25 cm od szczeliny (kolorem pomarańczowym). Na styku ze szczeliną zawartość wilgoci w betonie komórkowym jest największa, ale mniejsza niż w punkcie 0, bo zmienia się od  $6,00 \text{ kg/m}^3$  do  $7,91 \text{ kg/m}^3$ . W odległości 3 cm od szczeliny zawartość wilgoci także maleje i zmienia od  $6,08 \text{ kg/m}^3$  do  $7,40 \text{ kg/m}^3$ , zaś w odległości 8 cm jest jeszcze mniejsza i zmienia się od  $6,03 \text{ kg/m}^3$  do  $6,94 \text{ kg/m}^3$ . W odległości 25 cm od szczeliny zawartość wilgoci przebiega jak w dalszej odległości i zmienia się od  $5,98 \text{ kg/m}^3$  do  $6,78 \text{ kg/m}^3$ .

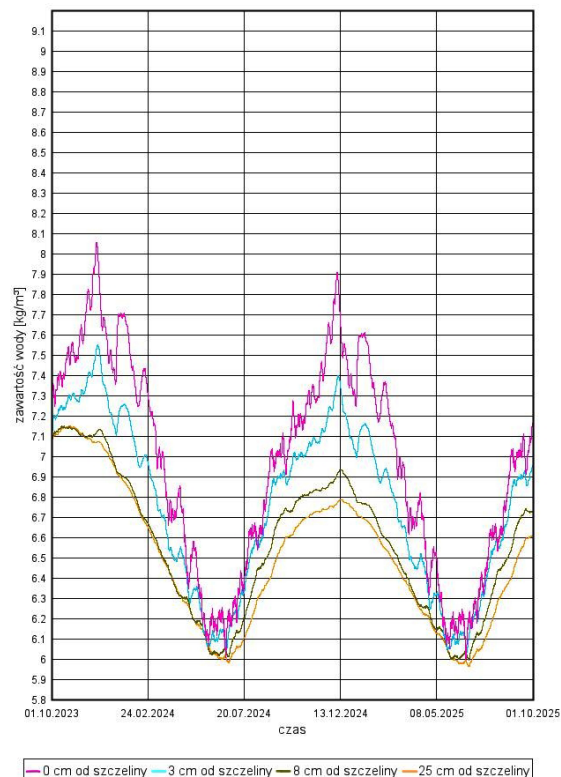
Tak więc, dyfuzja pary wodnej przez piankę w szczelinie z takim obsadzeniem powodująca kondensację w niej pary wodnej, silnie zwiększa wilgotność muru w strefie do 25 cm. Bardziej obrazowo ten stan przedstawia Rysunek 12, gdzie w układzie 3D mamy obraz wilgotności względnej powietrza w murze i szczelinie w wybranym dniu 5 stycznia o godzinie 3 w nocy. Jest to obraz spojrzenia na mur, szczelinę i styropian od strony prawego dolnego rogu z Rysunku 4. W okresie letnim wilgotność w szczelinie oraz murze maleje, bowiem część wilgoci odparowuje do

Zawartość wody w murze pod EPS



Rysunek 10. Zawartość wody w murze na styku ze styropianem EPS w punktach 0, 3, 8 i 25. Źródło: opracowanie własne  
Figure 10. Water content in the wall at the contact with EPS polystyrene at points 0, 3, 8 and 25. Source: authors' own study

Zawartość wody w murze 35 mm od EPS



Rysunek 11. Zawartość wody w murze w odległości 35 mm od styropianu EPS w punktach 0', 3', 8' i 25'. Źródło: opracowanie własne  
Figure 11. Water content in the wall at a distance of 35 mm from the EPS polystyrene at points 0', 3', 8' and 25'. Source: authors' own study

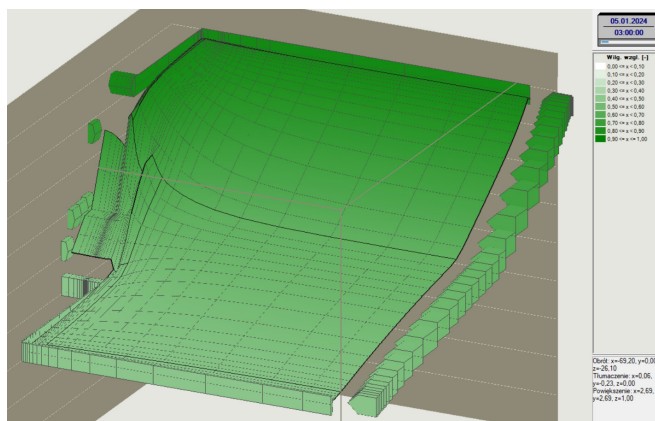
wnętrza, a część na zewnątrz do atmosfery – przedstawia to Rysunek 13 z dnia 25 kwietnia o godzinie 10 w dzień. Widać, że najwolniej wysycha termoizolacja w szczelinie oraz styropian bezpośrednio nad nią.

## Podsumowanie

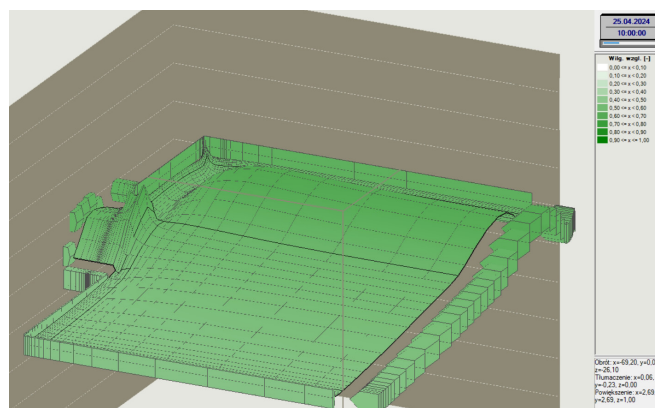
Analizy ciepłota-wilgotnościowe w warunkach rzeczywistych stref osadzenia stolarki są nowością, bo dotąd nie były przeprowadzane nie tylko w Polsce, ale także na całym świecie. Nadal w tych strefach analizuje się jedynie przepływ ciepła, pomijając dyfuzję pary wodnej. W kolejnych artykułach przedstawię szczegółowe wyniki takich analiz obejmujące różne przypadki, bo są niezwykle frapujące. Opiszę też zasadę i metodologię poprawnego za projektowania i montażu stolarki okiennno-drzwiowej.

## Bibliografia

- Karyś, J., & Ważny, J. (2001). Ochrona budynków przed korozją biologiczną. *Wydawnictwo Arkady*
- Lawrence Berkeley National Laboratory. (2025). *THERM software downloads*. [https://windows.lbl.gov/therm-software-downloads?utm\\_source](https://windows.lbl.gov/therm-software-downloads?utm_source) (Dostęp z 19.04.2026)
- Pogorzelski, J. A. (1976). Fizyka ciepłota budowl. *Państwowe Wydawnictwo Naukowe*
- Bogosłowski, W.N. (1985). Procesy ciepłota i wilgotnościowe w budynkach. *Wydawnictwo Arkady*
- Fraunhofer Institute for Building Physics. (n.d.). *WUFI@2D* [Computer software]. <https://wufi.de/en/software/wufi-2d> (Dostęp z 19.04.2026)
- DIN (2024). DIN 4108-3: Thermal protection and energy economy in buildings—Part 3: Protection against moisture subject to climate conditions—Requirements, calculation methods and directions for planning and construction. *Deutsches Institut für Normung*.
- Minister Rozwoju i Technologii. (2022). Obwieszczenie z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2022 poz. 1225).



Rysunek 12. Wilgotność względna powietrza w dniu 5 stycznia o godzinie 3 w nocy – w całej strefie osadzenia ramy okna w murze. Źródło: opracowanie własne  
Figure 12. Relative air humidity on January 5 at 3 a.m. – in the entire area where the window frame is embedded in the wall. Source: authors' own study



Rysunek 13. Wilgotność względna powietrza w dniu 25 kwietnia o godzinie 10 w dzień – w całej strefie osadzenia ramy okna w murze. Źródło: opracowanie własne  
Figure 13. Relative air humidity on April 25 at 10 a.m. during the day – in the entire zone where the window frame is embedded in the wall. Source: authors' own study

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłota Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. *Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0.*

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłota Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license.*

## XII PODLASKA KONFERENCJA CIEPŁOWNICZA

8–9 październik 2026 / Warchały



POLSKIE ZRZESZENIE  
INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW  
SANITARNYCH  
Oddział Białystok