

Obliczanie kondensacji międzywarstwowej

Metoda obliczeń wewnętrznej kondensacji pary wodnej, zaproponowana w PN – EN ISO 13788 : 2003. W opisywanej metodzie zakłada się, że:

- początkowo przegroda jest całkowicie wysuszona,
- układ jest jednowymiarowy,
- warunki wilgotnościowe już ustaliły się (tzn. obliczenia rozpoczyna się od stanu ustalonego),
- ruch powietrza przez warstwy przegrody lub wewnątrz niej nie są rozważane,
- materiały użyte do budowy przegrody nie są higroskopijne,
- transport wilgoci polega wyłącznie na dyfuzji pary wodnej, opisaney następującym równaniem:

$$g = \frac{\delta_o}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta x} = \delta_o \cdot \frac{\Delta p}{s_d} \quad (1)$$

gdzie:

g – gęstość strumienia wilgoci [kg/(m²·s)],

δ_o – współczynnik dyfuzji pary wodnej w powietrzu [kg/(m·s·Pa)]

$\delta_o = 2 \cdot 10^{-10}$ kg/(m·s·Pa),

μ - współczynnik oporu dyfuzyjnego pary wodnej [-]

s_d – dyfuzyjnie równoważna grubość warstwy powietrza pod względem oporu dyfuzyjnego pary wodnej [m]

Wielkość δ_o jest uzależniona od temperatury i ciśnienia atmosferycznego, ale wpływ tych czynników jest w niniejszej normie zanedbywany.

Zaleca się, aby niniejsza metoda uważana była raczej za sposób oszacowania, niż za narzędzie służące do dokładnego przewidywania. Jest ona przydatna przy porównywaniu różnych budynków i oceny skutków modyfikacji. Nie dostarcza dokładnych prognoz warunków wilgotnościowych wewnątrz budowli w warunkach eksploatacji, nie jest także właściwa do obliczeń związanych z wysychaniem wilgoci budowlanej.

W normie zaproponowano następującą procedurę obliczeń: początkowo należy zdefiniować własności materiałowe: grubości warstw d , współczynniki przewodzenia ciepła λ i współczynniki oporu dyfuzyjnego μ , po czym obliczyć opory termiczne R , R_{si} , R_{se} i równoważne grubości warstw s_d . Następnie:

- określa się temperatury oraz wilgotności wewnętrzne i zewnętrzne,
- wykonuje się obliczenia rozkładu temperatury w przekroju poprzecznym ściany,
- oblicza się rozkład pary wodnej nasyconej w funkcji temperatury,
- rysuje się przekrój poprzeczny ściany zastępując grubości rzeczywiste warstw materiału równoważnymi grubościami warstw powietrza (s_d); jeśli w ścianie nie ma żadnej wilgoci skondensowanej w poprzednich miesiącach, to rysuje się wykres ciśnienia pary wodnej jako linię prostą pomiędzy wartościami rzeczywistego ciśnienia wewnętrznego i zewnętrznego – w tym przypadku wykresy ciśnienia rzeczywistego pary wodnej i ciśnienia pary wodnej nasyconej nie przecinają się; jeśli wykresy te przecinają się, to kondensacja występuje i wykres ciśnienia pary wodnej powinien być rysowany w postaci stycznych do wykresu ciśnienia pary wodnej nasyconej.

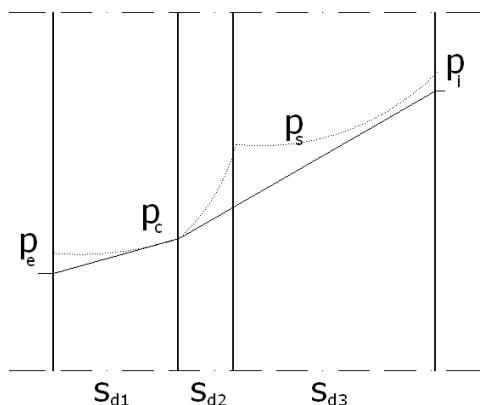
Jeżeli kondensacja pary wodnej występuje, to ma ona miejsce najczęściej na jednej lub kilku powierzchniach styku warstw materiałów. Na tych powierzchniach wartość wilgotności względnej wynosi 100% do czasu aż kondensat całkowicie odparuje (wyschnie).

Możliwe jest również, aby kondensacja wystąpiła w strefie. Jeżeli wystąpi ona w jednej lub wielu strefach, to należy policzyć ilość wykondensowanej wilgoci w każdej z tych stref. Kondensat w materiale jest skoncentrowany w środku strefy kondensacji i tam wilgotność względna wynosi 100% do czasu aż kondensat wyparuje. W każdej strefie i powierzchni kondensacji ciśnienie pary wodnej przyjmuje się jako równe ciśnieniu pary wodnej nasyconej i wykres ciśnienia pary wodnej rysuje się jako linie proste pomiędzy wartością ciśnienia pary wodnej wewnątrz, powierzchnią/strefą kondensacji i wartością ciśnienia pary wodnej na zewnątrz.

- oblicza się ilość wykondensowanej (lub wyparowanej) podczas danego miesiąca wilgoci i dodaje (lub odejmuje) się tę wartość od ilości wilgoci zakumulowanej w danym przekroju przegrody podczas poprzednich miesięcy.

Jeżeli zakumulowana ilość wilgoci w końcu danego miesiąca jest ujemna to oznacza, że cała wilgoć wyparowała przed końcem miesiąca. Wówczas miesiąc ten dzieli się na dwa okresy. Pierwszy, kiedy wilgoć wyparowuje z przegrody i drugi kiedy przegroda jest już sucha. W tym ostatnim przypadku obliczenia następnego miesiąca rozpoczyna się przyjmując zerową zawartość wilgoci w przegrodzie.

Przypadek kondensacji wilgoci w płaszczyźnie:



Ilość wykondensowanej wilgoci zgodnie z (1) wynosi:

$$g_c = \delta_o \left(\frac{p_i - p_c}{s_{d2} + s_{d3}} - \frac{p_c - p_e}{s_{d1}} \right) \quad [\text{kg/m}^2]$$

gdzie:

$$\delta_o = 2 \cdot 10^{-10} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$$

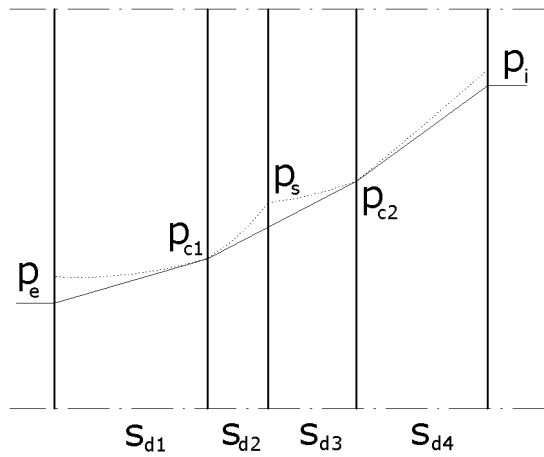
p_i – ciśnienie cząstkowe pary wodnej w powietrzu wewnętrznym [Pa],

p_e – ciśnienie cząstkowe pary wodnej w powietrzu zewnętrznym [Pa],

p_s, p_c – ciśnienia pary wodnej w stanie nasycenia [Pa],

s_{d1}, s_{d2}, s_{d3} – dyfuzyjnie równoważne grubości warstw powietrza pod względem oporu dyfuzyjnego pary wodnej [m]

Przypadek kondensacji wilgoci w dwóch płaszczyznach:

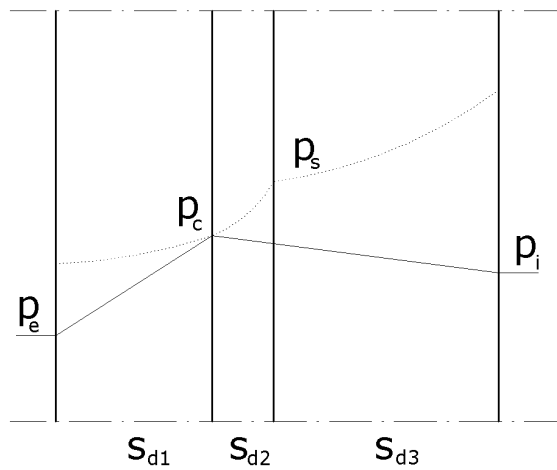


Ilość wykondensowanej wilgoci zgodnie z (1) wynosi:

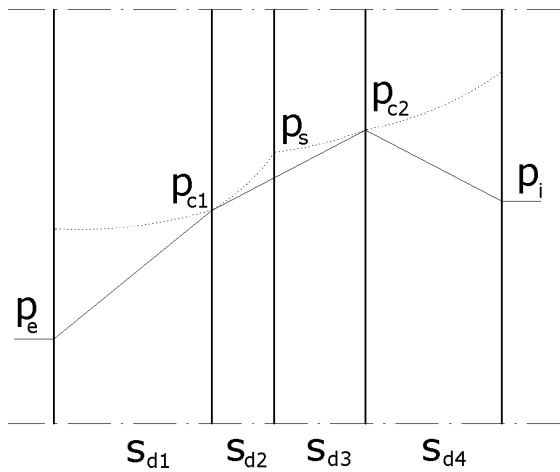
$$g_{c1} = \delta_o \left(\frac{p_{c2} - p_{c1}}{s_{d2} + s_{d3}} - \frac{p_{c1} - p_e}{s_{d1}} \right) \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

$$g_{c2} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{c2}}{s_{d4}} - \frac{p_{c2} - p_{c1}}{s_{d2} + s_{d3}} \right) \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

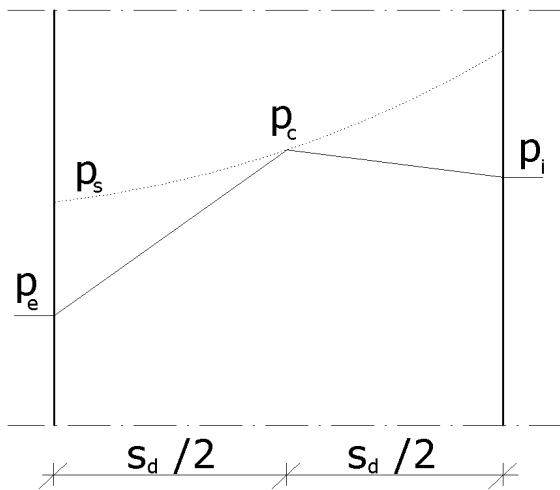
Wysychanie wilgoci wykondensowanej w jednej płaszczyznie:



Wysychanie wilgoci wykondensowanej w dwóch płaszczyznach:



Wysychanie wilgoci wykondensowanej w strefie



$$g_c = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{c2}}{s_i} - \frac{p_{c1} - p_e}{s_e} \right)$$

Wyrażenia na strumień parowania i kondensacji są takie same. Umownie kondensacja pojawia się wtedy, gdy wyrażenie jest dodatnie, a parowanie – gdy jest ujemne.