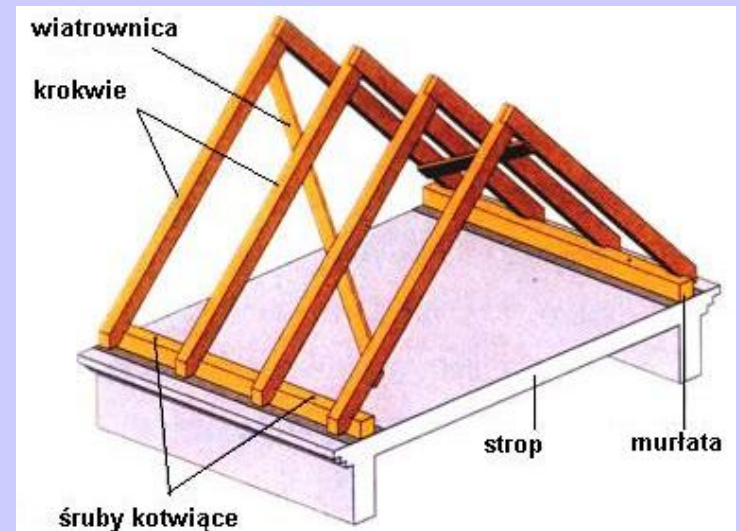
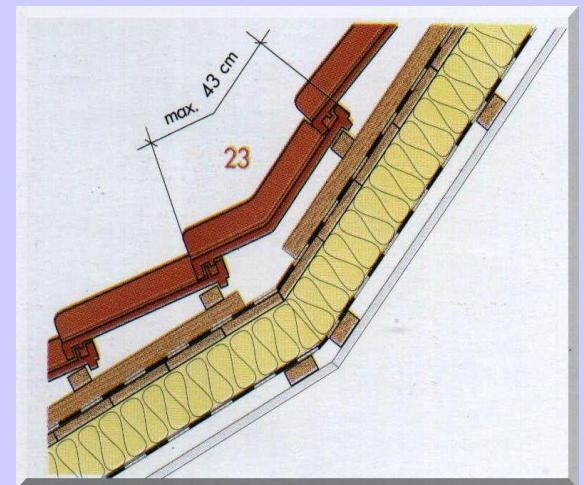


Wyznaczanie izolacyjności cieplnej dachów w świetle obowiązujących polskich norm i przepisów prawa budowlanego



Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 z 2002 r.) z późniejszymi zmianami (Dz.U. nr 109 z 2004 r.)

PN-EN ISO 6946:2008 „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Metoda obliczania”,

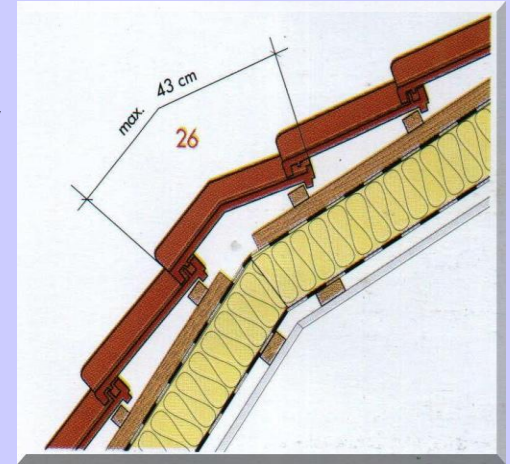


**Podstawowe zjawiska fizyczne
składające się na proces przenikania ciepła przez przegrody**

- przyjmowanie ciepła z ośrodka cieplejszego,
- przewodzenie ciepła przez przegrodę,
- oddawanie ciepła do ośrodka chłodniejszego.

Podstawowe formy wymiany ciepła

- konwekcja
- promieniowanie
- przewodzenie ciepła.



Przewodzenie ciepła jest zjawiskiem polegającym na przenoszeniu energii cieplnej wewnątrz makroskopowo nieruchomego ośrodka materialnego w wyniku oddziaływań międzycząsteczkowych.

Rozwiązanie problemu przewodzenia ciepła w dowolnym ciele stałym lub układzie ciał stałych sprowadza się do określenia pola temperatur wyrażonego zależnościami

- $t = f(x, y, z, \tau)$ - pole nieustalone
- $t = f(x, y, z)$ - pole ustalone
- $t = f(x)$ - **pole ustalone jednowymiarowe**

Współczynnik przenikania ciepła U jest to gęstość strumienia ciepłego przenikającego przez przegrodę przy różnicy temperatur ośrodków po obu stronach przegrody równej 1⁰K.

Współczynnik przenikania ciepła U jest to ilość ciepła, jaka przenika przez przegrodę o powierzchni 1 m² przy różnicy temperatur ośrodków po obu stronach przegrody równej 1⁰K.



Współczynnik przenikania ciepła U

$$U = \frac{1}{R_T} [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$

Całkowity opór cieplny R_T

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

R_{si}, R_{se} – opory przejmowania ciepła odpowiednio na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni przegrody [(m²K)/W];

R₁....R_n – opory cieplne warstw przegrody o numerach 1...n [(m²K)/W].

Opory przejmowania ciepła R_{si} i R_{se}



	Kierunek przepływu ciepła		
	w górę ↑	poziomy →	w dół ↓
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Opory cieplne warstw jednorodnych

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [(m^2 K)/W]$$

d – grubość warstwy [m],

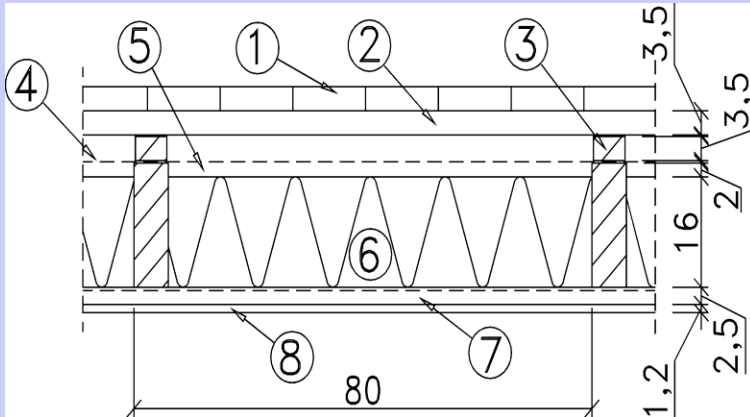
λ - współczynnik przewodzenia ciepła [W/(m K)].

Stosowalność

W odniesieniu do warstwy powietrza:

- jeśli w przegrodzie występują warstwy powietrza, ograniczone wzajemnie równoległymi powierzchniami i prostopadłymi do kierunku strumienia ciepłego o emisyjności nie niższej niż 0,8,
- grubości w kierunku przepływu ciepła mniejszej niż 0,1 każdego z pozostałych dwóch wymiarów lecz nie większej niż 0,3 m
- nie ma wymiany powietrza ze środowiskiem wewnętrznym

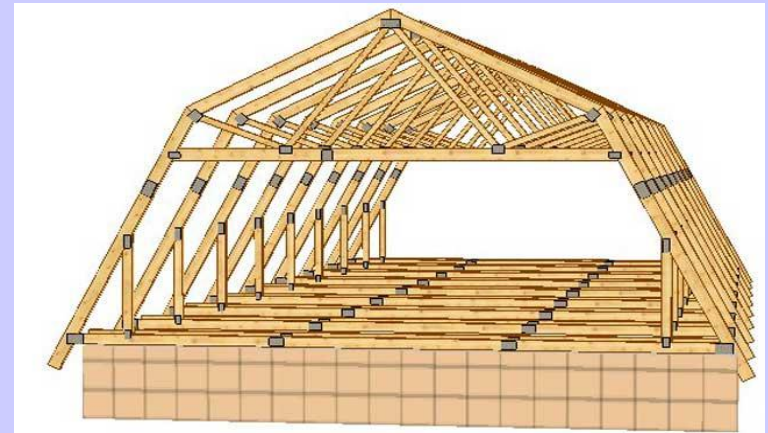
Rodzaje poziomych warstw powietrznych



Rodzaj warstwy	powierzchnia otworów wentylujących
niewentylowana	$A_o \leq 500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$
słabo wentylowana	$500 \leq A_o \leq 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$
dobrze wentylowana	$A_o \geq 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

Przestrzeń poddaszy

Jeśli do przegrody dolega przestrzeń nieogrzewwana (np. poddasze nieużytkowe.) norma pozwala na uznanie jej za jednorodnie termicznie warstwy o oporze cieplnym R_u (uwzględniającym opór cieplny przestrzeni i pokrycia), którego wartości w zależności od rodzaju i konstrukcji pokrycia dachowego podano w poniższej tablicy

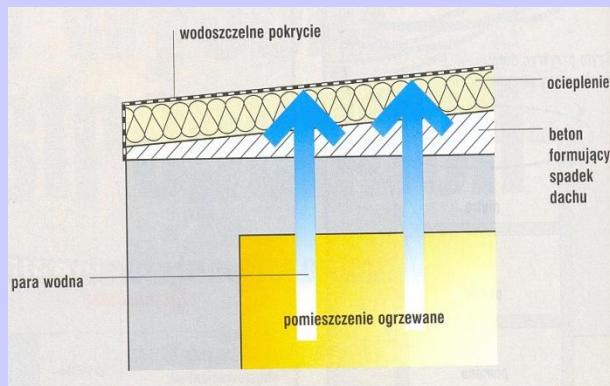


Opory cieplne przestrzeni dachowych R_u [(m² K)/W]

Lp.	Charakterystyka dachu	R_u
1.	Pokrycie dachówką bez papy (folii), poszycia itp.	0,06
2.	Pokrycie arkuszowe lub dachówką z papą (folią), poszyciem itp.	0,20
3.	Jw. lecz z okładziną aluminiową lub inną niskoemisyjną powierzchnią od spodu dachu	0,30

Opory cieplne niewentylowanych warstw powietrza [(m² K)/W]

niewentylowanej warstwy powietrza, przez którą rozumieć należy warstwy powietrza bez izolacji cieplnej między nią a środowiskiem zewnętrznym, z małymi otworami do środowiska zewnętrznego nieprzewidzianymi do stałego przepływu powietrza przez warstwę jeśli ich pole powierzchni nie przekracza dla warstw poziomych $A_o \leq 500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$.



Grubość warstwy [mm]	Kierunek strumienia cieplnego		
	w górę ↑	poziomy →	w dół ↓
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

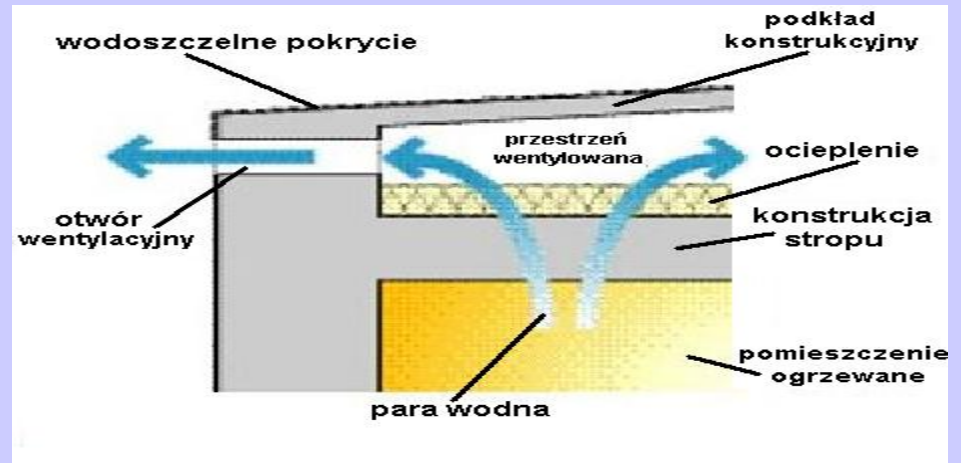
dobrze wentylowanej warstwy powietrza, w której przepływ powietrza zapewniają otwory o powierzchni dla warstw poziomych

$$A_0 > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2.$$

Opory cieplne warstw dobrze wentylowanych

- Opór cieplny warstwy powietrznej i opory cieplne innych warstw znajdujących się pomiędzy nią a środowiskiem zewnętrznym **pomijamy**.

- $R_{se} = R_{si}$



słabo wentylowanej warstwy powietrza, w której możliwy jest ograniczony przepływ powietrza przez otwory o polu powierzchni przekroju dla warstw poziomych zawartych w granicach

$$500 \text{ mm}^2/\text{m}^2 < A_o \leq 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2.$$



Całkowity opór cieplny R_T przegród złożonych z warstw cieplnie jednorodnych i niejednorodnych

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2}$$

gdzie:

R_T' – kres górny całkowitego oporu cieplnego $[(\text{m}^2\text{K})/\text{W}]$,

R_T'' – kres dolny całkowitego oporu cieplnego $[(\text{m}^2\text{K})/\text{W}]$.

Podział przegrody na wycinki złożone z warstw cieplnie jednorodnych

Względne pola powierzchni wycinków

$$f_a = \frac{A_a}{A}$$

A_a – pole powierzchni wycinka prostopadle do kierunku przepływu ciepła,

A – całkowite pole powierzchni przegrody prostopadle do kierunku przepływu ciepła.

$$f_a + f_b + \dots + f_q = 1$$



Kres górny całkowitego oporu cieplnego R_T'

gdzie:

$R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tq}$ - całkowite opory cieplne od środowiska do środowiska każdego wycinka

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}}$$

f_a, f_b, \dots, f_q - względne pola powierzchni poszczególnych wycinków.

Kres dolny całkowitego oporu cieplnego oporu cieplnego R_T''

$$R_T'' = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_j + \dots + R_q + R_{se}$$

gdzie:

R_j - równoważny opór cieplny każdej warstwy niejednorodnej cieplnie,

Równoważny opór cieplny warstwy niejednorodnej R_j

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}}$$

lub alternatywnie

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j''}$$

gdzie:

d_j - grubość warstwy niejednorodnej cieplnie,

λ_j'' - równoważny współczynnik przewodzenia ciepła warstwy niejednorodnej

$$\lambda_j'' = \lambda_{aj} f_a + \lambda_{bj} f_b + \dots + \lambda_{qj} f_q$$

Zasady wyznaczania współczynnika przenikania ciepła U_c

$$U_c = U + \Delta U$$

gdzie:

U – współczynnik przenikania ciepła [$W/(m^2K)$]

ΔU - człon korekcyjny [$W/(m^2K)$]

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$

gdzie:

ΔU_g – poprawka z uwagi na nieszczelności [$W/(m^2K)$];

ΔU_f – poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne [$W/(m^2K)$];

ΔU_r – poprawka z uwagi na stropodachy odwrócone



Poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne

$$\Delta U_f = \alpha \lambda_f n_f A_f (R_1/R_{t,h})^2 / d_o$$

gdzie:

α - współczynnik zależny od typu łącznika i mocowania [m^{-1}],

λ_f - współczynnik przewodzenia ciepła łącznika [$W/(mK)$],

n_f - liczba łączników na m^2 [szt./ m^2],

A_f - pole przekroju poprzecznego jednego łącznika [m^2]

d_o - grubość łącznika który przebija warstwę izolacji w [m].



Wartości współczynników α

Typ łącznika	α [m^{-1}]
Kotwy między warstwami muru	6,0
Łącznik do płyt dachowych	5,0

Poprawka z uwagi na nieszczelności ΔU_g

$$\Delta U_g = \Delta U'' \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2$$

gdzie:

R_1 – opór cieplny warstwy zawierającej nieszczelności [(m²K)/W];

R_T – całkowity opór cieplny komponentu z pominięciem mostków cieplnych [(m²K)/W];

$\Delta U''$ – poprawka zależna od poziomu nieszczelności określonego wg zasad podanych załączniku D do normy.



Poprawka $\Delta U''$ zależna od poziomu nieszczelności

Poziom	$\Delta U''$ [W/m ² K]	Opis nieszczelności
0	0,00	izolacja jest tak ułożona, że nie jest możliwa cyrkulacja powietrza po cieplejszej stronie izolacji, brak nieszczelności przechodzących przez całą warstwę izolacji
1	0,01	izolacja jest tak ułożona, że nie jest możliwa cyrkulacja powietrza po cieplejszej stronie izolacji, nieszczelności mogą przechodzić przez całą izolację
2	0,04	występuje ryzyko cyrkulacji powietrza po cieplejszej stronie izolacji, nieszczelności mogą przechodzić przez całą izolację