

## ZASADY OBLICZANIA WSPÓŁCZYNNIKÓW PRZENIKANIA CIEPŁA PRZEGRÓD I ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO

Opracowała: dr inż. Bożena Babiarz

### 1. Zasady obliczania współczynników przenikania ciepła przegród

#### 1.1. Współczynniki przenikania ciepła przegród

Współczynnik przenikania ciepła  $U$ , określa moc cieplną przenikającą od jednego płynu do drugiego przez 1 m<sup>2</sup> powierzchni przegrody z ciała stałego przy różnicy temperatury płynów równej 1 K.

Współczynnik przenikania ciepła przegród budowlanych wyraża się wzorem:

$$U = \frac{1}{R_t}, [W / m^2 \cdot K] \quad (1.1)$$

gdzie:

$R_t$  - opór przenikania ciepła, [ $m^2 \cdot K / W$ ]

Całkowity opór cieplny przenikania jest sumą oporów cieplnych po drodze przepływu ciepła przez przegrodę (rys. 1.1, wzór 1.2).

Opór przenikania ciepła przegrody złożonej z warstw jednorodnych prostopadłych do kierunku przepływu ciepła, oblicza się wzorem:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}, [m^2 \cdot K / W] \quad (1.2)$$

gdzie:

$R_1, R_2, \dots, R_n$  – obliczeniowe opory przewodzenia ciepła poszczególnych warstw przegrody wraz z niewentylowanymi warstwami powietrza.

$R_{si}$  – opór przyjmowania ciepła po stronie wewnętrznej, [ $(m^2 \cdot K) / W$ ],

$R_{se}$  – opór przyjmowania ciepła po stronie zewnętrznej, [ $(m^2 \cdot K) / W$ ],

Opór przewodzenia ciepła jest stosunkiem różnicy temperatur na powierzchniach ograniczających warstwę materiału, warstwę powietrza lub przegrodę do gęstości ustalonego strumienia ciepła zgodnie ze wzorem:

$$R = \frac{\Delta t}{\dot{q}}, [m^2 \cdot K / W] \quad (1.3)$$

gdzie:

$\Delta t$  – różnica temperatur, [K],

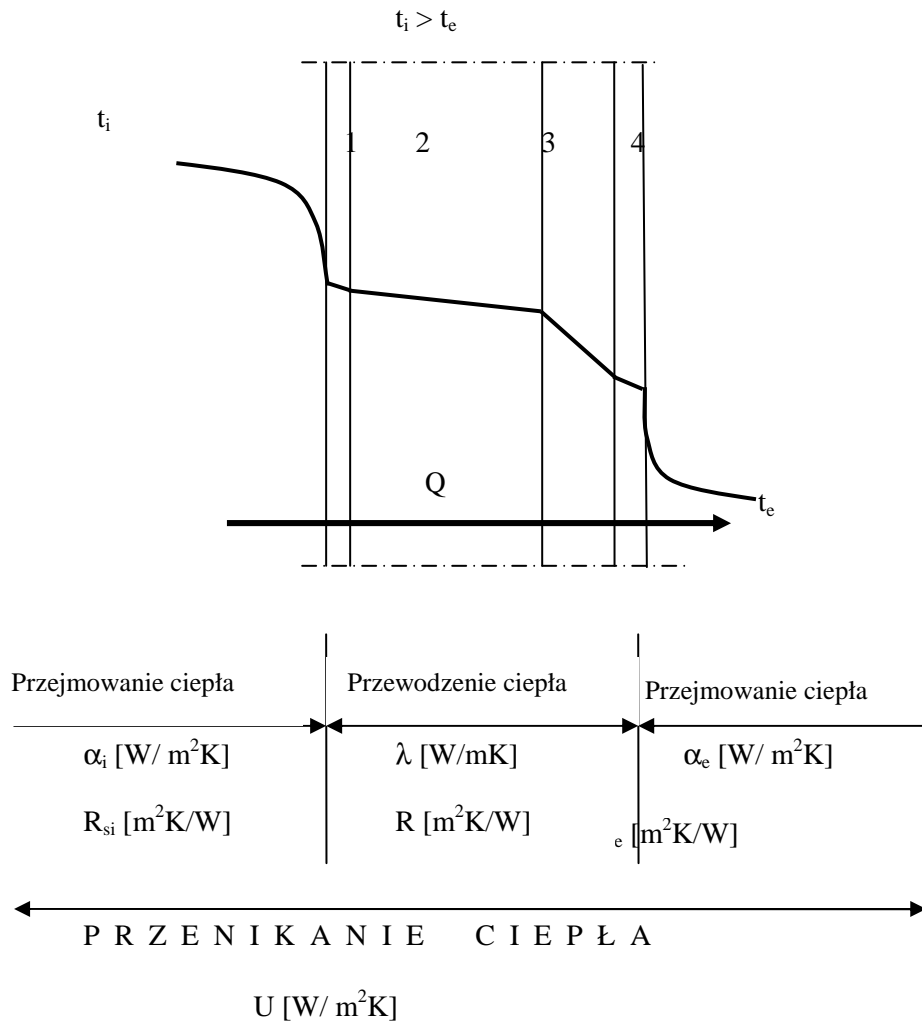
$\dot{q}$  – gęstość mocy cieplnej, [ $W / m^2$ ]

Gęstość mocy cieplnej przenikającej przez przegrodę wyraża się wzorem:

$$\dot{q} = \frac{Q}{A}, [W / m^2] \quad (1.4)$$

gdzie:

$Q$  – strumień ciepła przenikającego przez przegrodę, [W],  
 $A$  – powierzchnia przegrody, [m<sup>2</sup>]



**Rys. 1.1.** Przenikanie ciepła przez przegrody zewnętrzne. Oznaczenia:  $t_i$  – obliczeniowa temperatura wewnętrzna,  $t_e$  – obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego,  $Q$  – strumień ciepła

Dla jednorodnej warstwy materiału, tzn. o stałej grubości, o właściwościach cieplnych jednorodnych lub przyjmowanych za jednorodne, opór przewodzenia ciepła obliczamy ze wzoru:

$$R = \frac{d}{\lambda}, [m^2 \cdot K / W] \quad (1.5)$$

w którym:

$d$ - grubość warstwy materiału w elemencie, [m],

$\lambda$ - obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła materiału, [W/(m·K)].

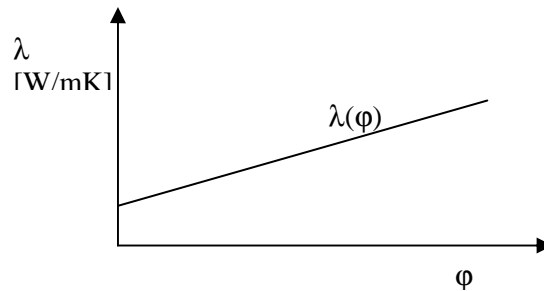
Współczynnik przewodzenia ciepła jest stosunkiem gęstości ustalonego strumienia ciepła przewodzonego przez warstwę materiału do spadku temperatury na grubości warstwy zgodnie ze wzorem:

$$\lambda = \frac{q}{\frac{dt}{dx}}, [W / m \cdot K] \quad (1.6)$$

gdzie:

$q$  – gęstość mocy cieplnej,  $[W/m^2]$ ,  
 $dt$  – spadek temperatury,  $[K]$ ,  
 $dx$  – grubość warstwy,  $[m]$ .

Wartości obliczeniowe współczynników przewodzenia ciepła materiałów, wyrobów i komponentów budowlanych w określonych warunkach wewnętrznych i zewnętrznych zależą od gęstości materiału w stanie suchym oraz od zawilgocenia materiału. Wzrost zawilgocenia materiałów budowlanych powoduje wzrost ich przewodności cieplnej.



**Rys. 1.2.** Wpływ zawilgocenia materiałów na przewodność cieplną

Opór przyjmowania ciepła stanowi odwrotność współczynnika przyjmowania ciepła. Współczynnik przyjmowania ciepła jest wartością bezwzględną stosunku gęstości strumienia na powierzchni przegrody do różnicy temperatur powierzchni przegrody i otoczenia zgodnie z zależnością:

$$\alpha = \frac{q}{t_f - t_w}, [W / m^2 \cdot K] \quad (1.7)$$

gdzie:

$q$  – gęstość mocy cieplnej,  $[W/m^2]$ ,  
 $t_f$  – temperatura płynu w pewnej odległości od przegrody,  $[^{\circ}C]$ ,  
 $t_w$  – temperatura powierzchni przegrody,  $[^{\circ}C]$ .

Gęstość strumienia ciepła uwzględnia również promieniowanie.

W obliczeniach cieplnych przegród budynków rozróżnia się opory przyjmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody oraz opory przyjmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni przegrody, uzależnione od kierunku przepływu ciepła, rodzaju ruchu płynu, prędkości, chropowatości powierzchni. Opory te opisane są odpowiednio następującymi wzorami:

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_i}, [m^2 \cdot K / W] \quad (1.8)$$

$$R_{se} = \frac{1}{\alpha_e}, [m^2 \cdot K / W] \quad (1.9)$$

gdzie:

$\alpha_i$  - współczynnik przejmowania ciepła po wewnętrznej stronie przegrody, [W/(m<sup>2</sup>·K)],

$\alpha_e$  - współczynnik przejmowania ciepła po zewnętrznej stronie przegrody, [W/(m<sup>2</sup>·K)].

Wartości oporów przejmowania ciepła dla przegród budowlanych wg normy PN-EN6946 dla średnich warunków przejmowania ciepła podano w tablicy 1.1.

**Tablica 1.1.** Opory przejmowania ciepła  $R_{si}$  i  $R_{se}$  [(m<sup>2</sup>·K)/W][8]

	Kierunek strumienia cieplnego		
	w górę	poziomy	w dół
$R_{si}$	0,10	0,13	0,17
$R_{se}$	0,04	0,04	0,04

Współczynnik przenikania ciepła jest więc stosunkiem gęstości ustalonego strumienia cieplnego do różnicy temperatur powietrza po obu stronach przegrody zgodnie ze wzorem:

$$U = \frac{\dot{q}}{t_i - t_e}, [W / m^2 \cdot K] \quad (1.10)$$

gdzie:

$\dot{q}$  – gęstość mocy cieplnej, [W/m<sup>2</sup>],

$t_i$  – temperatura powietrza wewnętrznego, [K],

$t_e$  – temperatura powietrza zewnętrznego, [K].

Opór przenikania ciepła jest odwrotnością współczynnika przenikania ciepła według wzoru:

$$R_t = \frac{1}{U}, [m^2 \cdot K / W] \quad (1.11)$$

gdzie:

$U$  – współczynnik przenikania ciepła [W/m<sup>2</sup>·K].

### Współczynnik przenikania ciepła przegrody budowlanej zewnętrznej

Współczynnik przenikania ciepła przegrody budowlanej zewnętrznej oblicza się więc uwzględniając przejmowanie po stronie wewnętrznej i zewnętrznej przegrody, zgodnie z wzorem:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R + R_{se}}, [W / m^2 \cdot K] \quad (1.12)$$

gdzie:

$\sum R$  – opór przewodzenia ciepła przegrody, będący sumą oporów przewodzenia ciepła poszczególnych warstw, [(m<sup>2</sup>·K)/W].

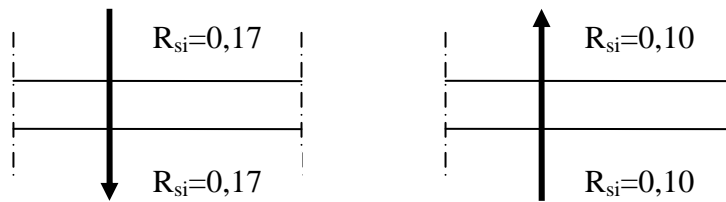
$$\sum R = R_1 + R_2 + \dots + R_n, [m^2 \cdot K / W]$$

### Współczynnik przenikania ciepła przegrody budowlanej wewnętrznej

Współczynnik przenikania ciepła przegrody budowlanej wewnętrznej oblicza się więc uwzględniając przejmowanie po obu stronach wewnętrznych przegrody, zgodnie z wzorem:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R + R_{si}}, [W / m^2 \cdot K] \quad (1.13)$$

Dla przegród poziomych wartości oporów przejmowania ciepła zależą od kierunku przepływu ciepła – rys. 1.3.



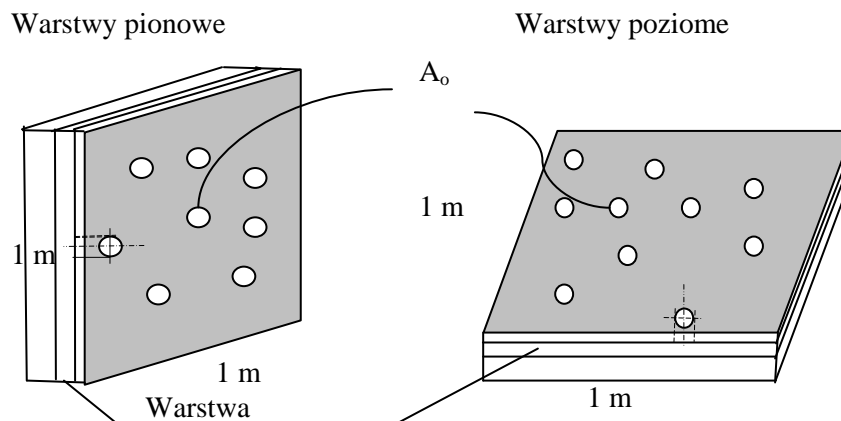
**Rys. 1.3.** Wartości oporów przejmowania ciepła dla przegród wewnętrznych poziomych

### Opór cieplny niewentylowanych warstw powietrza

W przegrodach rozróżnia się warstwy powietrza: niewentylowane, słabo wentylowane i dobrze wentylowane. Kryterium podziału jest wielkość otworów łączących z otoczeniem zewnętrznym, lub ich brak.

Niewentylowaną warstwą powietrza jest taka warstwa, w której nie jest możliwy przepływ powietrza. Warstwę powietrza połączoną ze środowiskiem zewnętrznym małymi otworami również można uważać za niewentylowaną, jeżeli otwory te nie służą do zapewnienia stałego przepływu powietrza przez warstwę i ich powierzchnia nie przekracza wartości ustalonych za graniczne, przedstawionych na rys.1.4.

- w przypadku pionowych warstw powietrza, (a),
- w przypadku poziomych warstw powietrza, (b).



$A_0 < 500 \text{ mm}^2$  na metr długości

$A_0 < 500 \text{ mm}^2$  na  $\text{m}^2$  powierzchni

**Rys. 1.2.** Kryterium wyróżnienia warstw według stopnia wentylowania

Wartości oporów cieplnych niewentylowanych warstw powietrza zamieszczono w tablicy 1.2.

**Tablica 1.2.** Opór cieplny niewentylowanych warstw powietrza [(m<sup>2</sup>K)/W] [8]

Grubość warstwy powietrza [mm]	Opór cieplny nie wentylowanych warstw powietrza (m <sup>2</sup> K/W)		
	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

Wartość oporu cieplnego dla grubości warstw pośrednich można otrzymać przez interpolację liniową.

### Opór cieplny słabo wentylowanych warstw powietrza

W słabo wentylowanej warstwie powietrza jest możliwy ograniczony przepływ powietrza zewnętrznego poprzez otwory o następującej powierzchni:

- $500 \text{ mm}^2 < A_0 \leq 1500 \text{ mm}^2$  na metr długości w przypadku pionowych warstw powietrza,
- $500 \text{ mm}^2 < A_0 \leq 1500 \text{ mm}^2$  na metr kwadratowy w przypadku poziomych warstw powietrza.

Należy przyjmować że obliczeniowy opór cieplny słabo wentylowanej warstwy powietrza ma wartość 50% dla warstwy nie wentylowanej, lecz nie jest on większy niż  $R = 0,15 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ .

### Opór cieplny dobrze wentylowanej warstwy powietrza

Dobrze wentylowana warstwa powietrza jest połączona z otoczeniem zewnętrznymi otworami o powierzchni:

- $A_0 > 1500 \text{ mm}^2$  na metr długości - dla pionowych warstw powietrza,
- $A_0 > 1500 \text{ mm}^2$  na metr kwadratowy - dla poziomych warstw powietrza.

Całkowity opór cieplny przegrody budowlanej z dobrze wentylowaną warstwą powietrza oblicza się z pominięciem oporu cieplnego tej warstwy oraz następnych warstw dzielących ją od środowiska. Do sumy oporów dodajemy jedynie wartość oporu przejmowania ciepła równą takiemu jak na wewnętrznej powierzchni przegrody.

### Współczynniki przenikania ciepła podłóg i ścian przyległych do gruntu

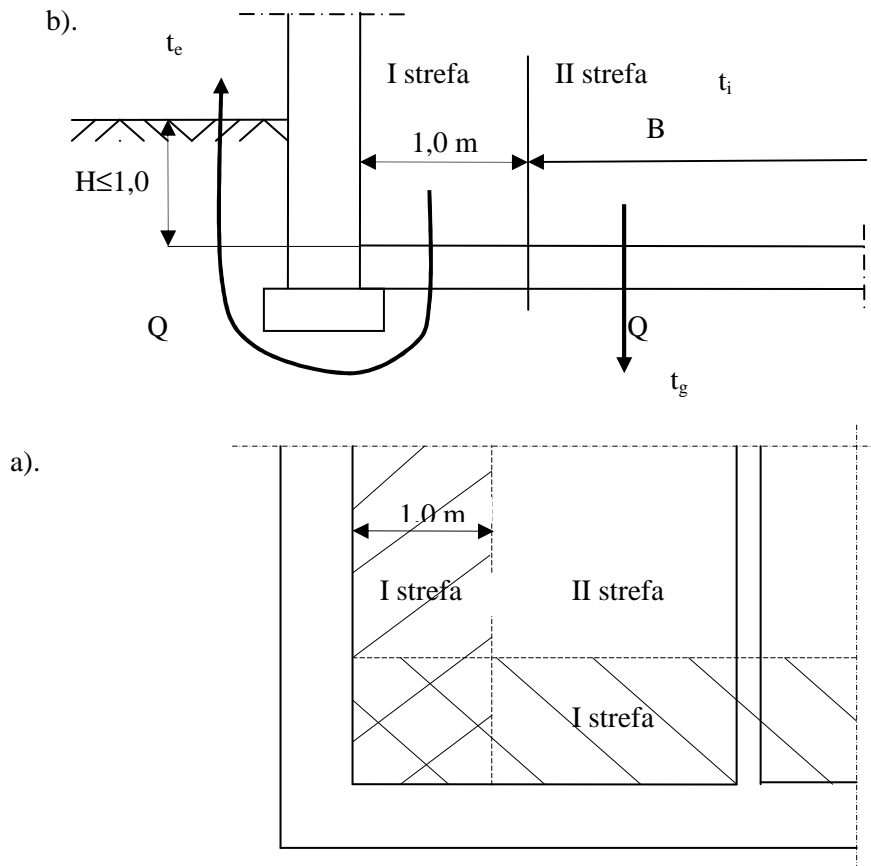
Współczynnik przenikania ciepła  $U_g$  podłóg i ścian przylegających do gruntu należy obliczać ze wzoru:

$$U_g = \frac{1}{\sum R + R_g}, [W/m^2 \cdot K] \quad (1.14)$$

gdzie:

- R – całkowity opór cieplny przewodzenia ciepła przegrody, [(m<sup>2</sup>K)/W],
- R<sub>g</sub> – opór gruntu wraz z oporami przejmowania ciepła odpowiednio dla podłogi lub ściany, [(m<sup>2</sup>K)/W].

Przy zagłębieniu górnej powierzchni podłogi w stosunku do powierzchni terenu na głębokość mniejszą lub równą 1 m, powierzchnia podłogi dzieli się na dwie strefy. Strefa I jest powierzchnią podłogi o szerokości 1 m przylegającą do ścian zewnętrznych. Pozostała część powierzchni podłogi stanowi strefę II (rys.1.5).



**Rys. 1.3.** Podział podłogi na gruncie na strefy, a). rzut fragmentu budynku, b). przekrój. Oznaczenia:  $t_e$ - obliczeniowa (projektowa) temperatura zewnętrzna,  $t_g$ - obliczeniowa temperatura gruntu dla II strefy podłogi,  $t_g = 8^{\circ}\text{C}$

W przypadku nakładania się pasów strefy I - w narożach należy powierzchnię liczyć podwójnie. Gdy przy ścianie zewnętrznej podłogi na gruncie w strefie I znajduje się kanał z przewodami c.o., nie należy liczyć strat ciepła przez przenikanie w strefie I podłogi.

Wartości oporu cieplnego gruntu  $R_g$  należy przyjmować:

- dla strefy I

$$R_g = 0,5, [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad (1.15)$$

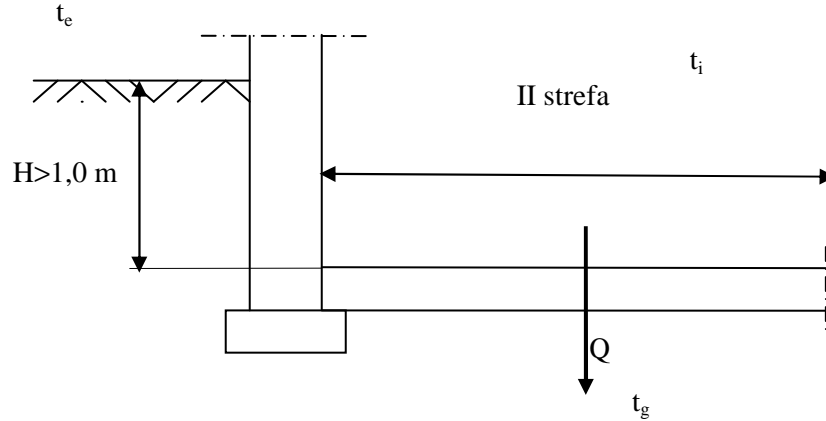
- dla strefy II  $R_g$  przyjmuje się w zależności od szerokości strefy II wg tablicy 1.3, lecz nie może ona przekraczać wartości  $R_{g \max}$ , wyznaczonej wg wzoru:

$$R_{g \max} = 0,57Z + 0,09, [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad (1.16)$$

gdzie:

$Z$  – wysokość górnej powierzchni podłogi od poziomu zwierciadła wody gruntowej, [m].

Przy zagłębieniu górnej powierzchni podłogi większym niż 1 m poniżej powierzchni terenu całą powierzchnię podłogi traktuje się jako strefę II, (rys. 1.6).



**Rys. 1.4.** Podział podłogi na gruncie – II strefa

Wartości oporu cieplnego gruntu przylegającego do podłogi określa się w zależności od szerokości strefy II [m], wg tab. 1.3.

**Tablica 1.3.** Wartości oporu cieplnego gruntu przylegającego do podłogi [8]

Szerokość strefy drugiej [m]	≤4	6	8	10	15	20	25	50	75	≥100
$R_g$ [ $m^2K/W$ ]	0,6	0,9	1,0	1,1	1,5	1,7	2,0	3,6	5,2	5,7

Uwaga: Przy pośrednich wartościach szerokości strefy drugiej wartości  $R_g$  interpolować liniowo.

Opór cieplny  $R_g$  gruntu przylegającego do ścian wraz z oporami przyjmowania ciepła należy przyjmować wg tablicy 1.4, w zależności od zagłębienia ściany w gruncie  $H$ .

**Tablica 1.4.** Wartości oporu cieplnego gruntu przylegającego do ścian [8]

Wysokość $H$ [m]	≤0,5	0,75	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00	≥100
$R_g$ [ $m^2K/W$ ]	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,9

Uwaga: Przy pośrednich wartościach  $H$  wartości  $R_g$  interpolować liniowo.

Długość części ściany przy gruncie do obliczeń jej powierzchni należy przyjmować w osiach ścian prostopadłych do danej, a przypadku ściany narożnej, długość rzeczywistą należy zwiększyć o połowę jej zagłębienia.

#### Opór cieplny przestrzeni nieogrzewanych

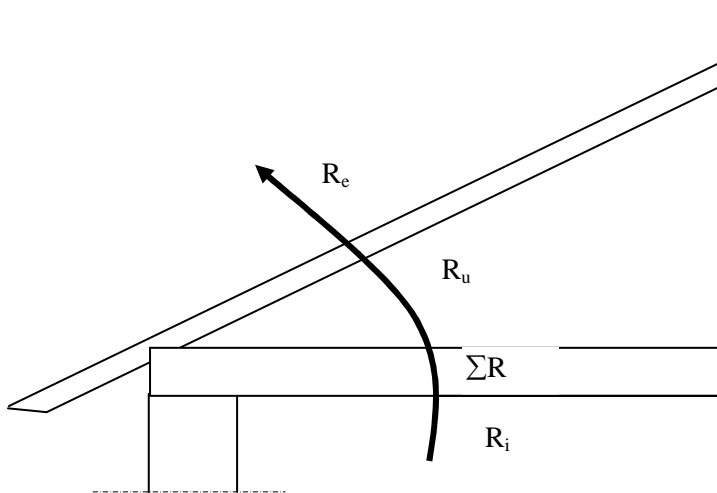
Wśród przestrzeni nieogrzewanych możemy wyróżnić: przestrzenie dachowe i przestrzenie przylegające do budynku.

Przestrzenie dachowe w przypadku dachów stromych z płaskim izolowanym stropem w obliczeniach całkowitego oporu cieplnego można uznać za warstwy termicznie jednorodne o oporze cieplnym podanym w tabelicy 1.5.

**Tablica 1.5.** Opór cieplny wentylowanych przestrzeni dachowych [8]

Charakterystyka dachu	$R_u$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]
Pokrycie dachówką bez papy, desek itp.	0,06
Pokrycie arkuszowe lub dachówką z papą, deskami pod dachówką itp.	0,20
Jak wyżej, lecz z okładziną aluminiową lub inną niskoemisyjną powierzchnią od spodu dachu	0,30
Pokrycie papą na poszyciu	0,30

Opór cieplny przestrzeni dachowej  $R_u$  (rys.1.7) uwzględnia opór przestrzeni wentylowanej i pokrycia, ale nie uwzględnia oporów przejmowania ciepła  $R_{si}$ ,  $R_{se}$ .

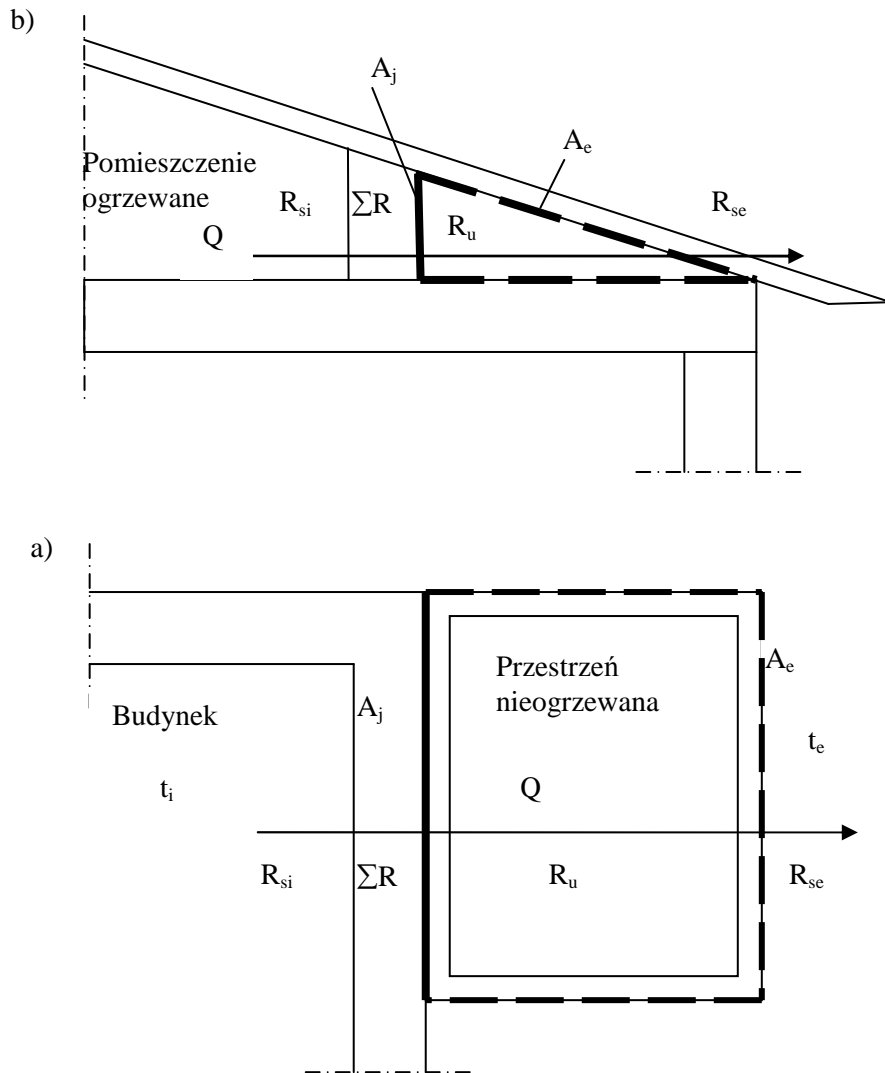


**Rys. 1.5.** Opory cieplne przestrzeni dachowych

Stąd współczynnik przenikania ciepła stropu pod przestrzenią dachową oblicza się wg wzoru:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R + R_u + R_{se}}, [W / m^2 \cdot K] \quad (1.17)$$

W przypadku małych nieogrzewanych pomieszczeń przylegających do budynku w obliczeniach całkowitego oporu cieplnego uwzględnia się nieogrzewane pomieszczenie jako dodatkową niejednorodną warstwę o oporze cieplnym  $R_u$  (rys. 1.8).



**Rys. 1.6.** Opór przestrzeni nieogrzewanej, a) rzut fragmentu budynku z przestrzenią nieogrzewaną, b) przekrój fragmentu budynku z przestrzenią nieogrzewaną

Wartość oporu cieplnego przestrzeni nieogrzewanej wyznacza się z zależności:

$$R_u = 0,09 + 0,4 \frac{A_j}{A_e}, [m^2 \cdot K / W] \quad (1.18)$$

z zachowaniem warunku  $R_u \leq 0,5 [(m^2 \cdot K) / W]$

gdzie:

$A_j$  – łączna powierzchnia wszystkich komponentów między środowiskiem wewnętrznym a nieogrzewanym pomieszczeniem,  $[m^2]$ ,

$A_e$  – łączna powierzchnia wszystkich komponentów między nieogrzewanym pomieszczeniem a środowiskiem zewnętrznym,  $[m^2]$ .

Stąd współczynnik przenikania ciepła ściany, do której przylega przestrzeń nieogrzewana oblicza się wg wzoru:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R + R_u + R_{se}}, [W / m^2 \cdot K] \quad (1.19)$$

### 1.2. Współczynnik przenikania ciepła przegrody z mostkami cieplnymi

Współczynnik przenikania ciepła  $U$  przegród z mostkami liniowymi oblicza się według wzoru:

$$U = U_o + \sum_i \frac{\psi \cdot L_i}{A}, [W / m^2 \cdot K] \quad (1.20)$$

w którym:

$U_o$  – współczynnik przenikania ciepła przegrody bez uwzględnienia wpływu mostków cieplnych liniowych [ $W/(m^2 \cdot K)$ ],

$\psi_i$  – liniowy współczynnik przenikania ciepła mostka liniowego o numerze  $i$ , [ $W/(m^2 \cdot K)$ ],

$L_i$  – długość mostka liniowego o numerze  $i$ , [m],

$A$  – pole powierzchni przegrody w świetle przegród do niej prostopadłych, pomniejszonej o pole powierzchni ewentualnych okien i drzwi balkonowych, obliczone w świetle ościeżnicy, [ $m^2$ ].

Dla budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, budynków użyteczności publicznej oraz budynków przemysłowych o kubaturze ogrzewanej do  $1500 \text{ m}^3$  dopuszcza się stosowanie uproszczonego sposobu obliczeń według wzoru :

$$U = U_o + \Delta U_o, [W / m^2 \cdot K] \quad (1.21)$$

w którym:

$U_o$  – współczynnik przenikania ciepła przegrody bez uwzględniania wpływu mostków cieplnych liniowych, [ $W/(m^2 \cdot K)$ ],

$\Delta U_o$  – dodatek do współczynnika  $U_o$  wyrażającego wpływ mostków termicznych, [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], (tablica 1.6).

**Tablica 1.6.** Wartości dodatku  $\Delta U_o$  uwzględniającego wpływ mostków termicznych [8]

Rodzaj przegrody	$\Delta U_o$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]
Ściany zewnętrzne pełne, stropy poddasza, stropodachy, stropy nad piwnicami	0,00
Ściany zewnętrzne z otworami okiennymi i drzwiowymi	0,05
Ściany zewnętrzne z otworami okiennymi i drzwiowymi oraz płytami balkonów lub loggii przenikającymi przez ścianę	0,15

### 1.3. Współczynnik przenikania ciepła okien, świetlików, drzwi i wrót

Współczynnik przenikania ciepła  $U$  dla okien, świetlików, wrót i drzwi w przypadku, gdy znany jest ich producent, przyjmuje się według norm lub aprobat technicznych producenta. W innych przypadkach wartości obliczeniowe tych współczynników można przyjąć wg tabeli 1.7, [PN-EN ISO-6946].

**Tablica 1.7.** Obliczeniowe wartości współczynników przenikania ciepła okien i drzwi [8]

Lp.	Rodzaj komponentu	Rodzaj ram i oszklenia	Grubość warstw powietrznych, mm	U, W/(m <sup>2</sup> K)
1	2	3	4	5
1	Okna, drzwi balkonowe lub świetliki	krosnowe oszklone pojedynczo a) drewniane lub z tworzyw sztucznych b) metalowe	-	5,1 5,6
2		jednoramowe drewniane, oszklone szybą zespoloną a) jednokomorową b) dwukomorową	16 min. 2 x 7 min. 2 x 12	2,6 2,3 2,0
3		drewniane skrzynkowe lub ościeżnicowe a) oszklone podwójnie b) oszklone potrójnie	70-120 60	2,6 2,0
4		zespolone drewniane oszklone a) podwójnie b) potrójnie {szyba zespolona jednokomorowa i pojedyncza)	40-50 12 i 30-50	2,6 2,0
5		trójkomorowe, jednoramowe z PCW, oszklone szybą zespoloną jednokomorową	16	2,6
6	Drzwi	nieocieplone, oszklone pojedynczo a) drewniane tub z tworzyw sztucznych b) metalowe	—	5,1 5,6
UWAGA - Wartości współczynnika przenikania ciepła $U$ odnoszą się do szyb zwykłych (bez specjalnych powłok niskoemisyjnych i gazów wypełniających innych niż powietrze) oraz do powierzchni obliczonych w wymiarze zewnętrznym ościeżnic.				

#### 1.4. Wymagania dotyczące wartości współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych w budynkach projektowanych

Wartości współczynników przenikania ciepła ścian, stropów i stropodachów, obliczone z godnie z Polską Normą PN-EN6946[8] nie powinny przekraczać wartości  $U_{k(max)}$  podanych w tablicach 1.8 – 1.11, określonych dla poszczególnych stref klimatycznych w zależności od rodzaju i przeznaczenia budynku. Maksymalne wartości współczynników przenikania ciepła w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych przedstawia tab. 1.8. Zależą one od temperatur obliczeniowych w pomieszczeniach ogrzewanych i strefy klimatycznej. Wymagania te jednak obejmują tylko wybrane budynki, ale przyjmuje się je jako obowiązujące również do pozostałych, podobnych pod względem przeznaczenia i sposobu użytkowania.



St<sub>2</sub> – stropy, Pg<sub>I</sub> – podłoga stykająca się z gruntem w strefie I, Pg<sub>II</sub> – podłoga stykająca się z gruntem w strefie II.

Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła w budynkach wielorodzinnych i zamieszkania zbiorowego przedstawia tab. 1.9.

**Tablica 1.9.** Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła w budynkach wielorodzinnych i zamieszkania zbiorowego [7]

Rodzaj przegrody	$U_{k(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Ściany wewnętrzne pomiędzy pomieszczeniami ogrzewanymi, a klatkami schodowymi lub korytarzami	3,0 <sup>*</sup>
Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości: do 5cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokość co najmniej 20 cm powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczelny	3,00 0,70
*jeżeli przy drzwiach wejściowych do budynku nie ma przedsionka, to wartość współczynnika $U_k$ ściany wewnętrznej przy klatce schodowej na parterze nie powinna być większa niż 1.00 W/(m <sup>2</sup> ·K)	

Wymagania dotyczące izolacyjności przegród budowlanych dla budynków użyteczności publicznej zawarto w tab. 1.10, a dla budynków produkcyjnych w tab. 1.11.

**Tablica 1.10.** Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła w budynkach użyteczności publicznej [7]

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	$U_{k(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Ściany zewnętrzne (stykające się z powietrzem zewnętrznym) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ pełne z otworami okiennymi i drzwiowymi ze wspornikami balkonu przenikającymi ścianę przy $t_i \leq 16^\circ\text{C}$ (niezależnie od rodzaju ściany)	0,45 0,55 0,65 0,70
Ściany wewnętrzne między pomieszczeniami ogrzewanymi a klatkami schodowymi lub korytarzami	3,00 <sup>*</sup>
Ściany przylegające do szczelin dylatacyjnych o szerokości: do 5 cm, trwale zamknięte i wypełnione izolacją cieplną na głębokość co najmniej 20 cm powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	3,00 0,70
Ściany piwnic nieogrzewanych	brak wymagań
Stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: przy $t_i \leq 16^\circ\text{C}$ przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$	0,30 0,50
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podłogowymi	0,60
Stropy nad piwnicami ogrzewanymi	bez wymagań
*Jeżeli przy drzwiach wejściowych do budynku nie ma przedsionka, to wartość współczynnika $U_k$ ściany wewnętrznej przy klatce schodowej na parterze nie powinna być większa niż 1,0 W/(m <sup>2</sup> ·K)	

**Tablica 1.11.** Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła w budynkach produkcyjnych [7]

Rodzaj przegrody i temperatury w pomieszczeniu	$U_{k(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Ściany zewnętrzne (stykające się z powietrzem zewnętrznym) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ pełne z otworami okiennymi i drzwiowymi przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$ pełne z otworami okiennymi i drzwiowymi przy $t_i \leq 8^\circ\text{C}$	0,45
	0,55
	0,75
	0,90
	1,20
Ściany wewnętrzne i stropy między kondygnacyjne: przy $\Delta t_i \geq 16^\circ\text{C}$ przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$ przy $T_i \leq 8^\circ\text{C}$	1,00
	1,40
	bez wymagań
Stropodachy i stropy pod nie ogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$ przy $T_i \leq 8^\circ\text{C}$	0,30
	0,50
	0,70
* $\Delta t_i$ – Różnica temperatur obliczeniowych w pomieszczeniach	

Zgodnie z aktualnymi przepisami [Rozp. Z 12-04-2002], w budynku mieszkalnym, zamieszkania zbiorowego, budynku użyteczności publicznej, a także budynku produkcyjnym podłoga na gruncie w ogrzewanym pomieszczeniu powinna być izolowana dodatkową izolacją cieplną. Suma oporów cieplnych warstw podłogowych, dodatkowej izolacji cieplnej (poziomej lub pionowej) i gruntu, obliczona zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła, nie powinna być mniejsza od wartości określonych w poniższej tabeli:

**Tablica 1.12.** Minimalne wartości oporów cieplnych dla podłóg układanych na gruncie [7]

Składniki oporu ciepła	$R_{min}$ [m <sup>2</sup> ·K/W]	
	$8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$	$t_i > 16^\circ\text{C}$
Warstwy podłogowe, izolacja cieplna (pozioma lub pionowa) oraz ściana zewnętrzna lub fundamentowa	1,00	1,50
Warstwy podłogowe i grunt przyległy do podłogi (w jej strefie środkowej)	bez wymagań	1,50

Podłogom stykającym się z gruntem w pomieszczeniach o  $t_i \leq 8^\circ\text{C}$  oraz podłogom usytuowanym poniżej 0,6 m od poziomu terenu nie stawia się żadnych wymagań odnośnie izolacyjności cieplnej.

Wartości oporów cieplnych ścian stykających się z gruntem na odcinku ściany równym 1,0 m licząc od poziomu terenu, nie mogą być mniejsze niż:

1,0 [m<sup>2</sup>·K/W], przy  $t_i > 16^\circ\text{C}$ ,

0,8 [m<sup>2</sup>·K/W], przy  $4^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$ .

Wartościom oporów ścian przylegających do gruntu na pozostałej części powierzchni - poniżej 1 m w gruncie, licząc od poziomu terenu, nie stawia się żadnych wymagań.

### 1.5. Wymagania dotyczące wartości współczynników przenikania ciepła stolarki okiennej i drzwiowej w budynkach projektowanych [7]

Przepisy określają również wymagania co do izolacyjności okien, drzwi balkonowych, drzwi zewnętrznych w budynkach projektowanych. Wartości maksymalne współczynników przenikania ciepła stolarki okiennej i drzwiowej w zależności od temperatury obliczeniowej wewnętrznej dla budynków mieszkalnych przedstawia tab. 1.13, dla budynków użyteczności publicznej – tab. 1.14, dla budynków produkcyjnych – tab. 1.15.

**Tablica 1.13.** Maksymalne wartości współczynników przenikania ciepła okien i drzwi zewnętrznych w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych i zamieszkania zbiorowego [7]

Rodzaj stolarki i temperatura w pomieszczeniu	$U_{k(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne w pomieszczeniach o $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ : a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	2,60 2,00
Okna połaciowe (bez względu na strefę klimatyczną) w pomieszczeniach o $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	2,00
Okna w ścianach oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	4,00
Okna pomieszczeń piwnicznych i poddaszy nieogrzewanych oraz świetliki nad klatkami schodowymi nieogrzewanymi	bez wymagań
Drzwi zewnętrzne wejściowe	2,6

**Tablica 1.14.** Maksymalne wartości współczynników przenikania ciepła okien i drzwi zewnętrznych w budynkach użyteczności publicznej [7]

Rodzaj stolarki i temperatura w pomieszczeniu	$U_{k(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne: a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i \leq 8^\circ\text{C}$	2,30 2,6 bez wymagań
Okna połaciowe i świetliki	2,00
Okna i drzwi balkonowe w pomieszczeniach o szczególnych wymaganiach higienicznych (pomieszczenia przeznaczone na stały pobyt ludzi w szpitalach, żłobkach i przedszkolach)	2,30
Okna pomieszczeń piwnicznych i poddaszy nieogrzewanych oraz świetliki nad klatkami schodowymi nieogrzewanymi	bez wymagań
Drzwi zewnętrzne wejściowe do budynków	2,6

**Tablica 1.15.** Maksymalne wartości współczynników przenikania ciepła okien i drzwi zewnętrznych w budynkach produkcyjnych [7]

Rodzaj stolarki i temperatura w pomieszczeniu	$U_{k(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Okna i świetliki w przegrodach zewnętrznych: a) przy $t_i > 16^{\circ}\text{C}$ b) przy $8^{\circ}\text{C} < t_i \leq 16^{\circ}\text{C}$ c) przy $t_i \leq 8^{\circ}\text{C}$	2,60 4,00 bez wymagań
Drzwi i wrota w przegrodach zewnętrznych: a) przy $t_i > 16^{\circ}\text{C}$ b) przy $8^{\circ}\text{C} < t_i \leq 16^{\circ}\text{C}$ c) przy $t_i \leq 8^{\circ}\text{C}$	1,40 3,00 bez wymagań

Dla budynku produkcyjnego dopuszcza się większe wartości współczynnika  $U_k$  niż  $U_{k(max)}$  określone w tab. 1.15, jeśli uzasadnia to rachunek efektywności ekonomicznej inwestycji, obejmujący koszty budowy i eksploatacji budynku.

Obok wymaganych wartości współczynników przenikania ciepła okien istotną sprawą jest ich powierzchnia.

Dla budynków jednorodzinnych pole powierzchni przegród szklanych i przezroczystych o współczynniku przenikania ciepła  $U_k \geq 2,00$  [W/(m<sup>2</sup>K)] obliczone według ich wymiarów modułowych nie może być większe, niż wartość  $A_{0max}$  wyznaczona według wzoru:

$$R_{0max} = 0,15A_z + 0,03A_w \quad (1.22)$$

gdzie:

$A_z$ - jest sumą pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w zewnętrznym obrysie budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych,

$A_w$  - jest sumą pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu  $A_z$ .

W budynku użyteczności publicznej pole powierzchni okien oraz przegród szklanych i przezroczystych  $A_0$ , wyrażone w m<sup>2</sup>, o współczynniku przenikania ciepła  $U_k \geq 2,0$  [W/(m<sup>2</sup>K)], obliczone według ich wymiarów modułowych, nie może być większe niż wartość  $A_{0max}$  obliczona według wzoru (1.22), jeśli nie jest to sprzeczne z warunkami odnośnie zapewnienia niezbędnego oświetlenia światłem dziennym. Tak więc w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi stosunek powierzchni okien liczonej w świetle ościeżnic do powierzchni podłogi powinien wynosić co najmniej 1:8, natomiast w innych pomieszczeniach, w których ze względu na ich przeznaczenie jest wymagane oświetlenie dzienne –co najmniej 1:12.

W budynku produkcyjnym łączne pole powierzchni okien oraz ścian szklanych w stosunku do powierzchni całej elewacji nie może być większe niż:

- 15% - w budynku jednokondygnacyjnym (halowym),
- 30% - w budynku wielokondygnacyjnym.

## 1.6. Wymagania dotyczące wartości wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło E [7]

Budynki wraz z ich całą infrastrukturą powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby ilość ciepła potrzebnego do ich użytkowania zgodnie z przeznaczeniem, była na racjonalnie niskim poziomie.

Jako kryterium określające wymagania co do oszczędności energii w budynkach przyjęto wartość wskaźnika sezonowego zapotrzebowania ciepła  $E$ , określającego obliczeniowe zapotrzebowanie na energię końcową (ciepło) do ogrzewania budynku w sezonie grzewczym, wyrażone ilością energii przypadającej w ciągu roku na  $1 \text{ m}^3$  kubatury ogrzewanej części budynku, zgodnie z wzorem:

$$E = \frac{Q_h}{V} \quad (1.23)$$

gdzie:

- $Q_h$ - sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania – ilość ciepła stanowiąca różnicę strat ciepła oraz wykorzystywanych do ogrzewania zysków ciepła w skali sezonu grzewczego,
- $V$  - kubatura netto przestrzeni ogrzewanej budynku, obliczana jako kubatura brutto budynku pomniejszona o kubaturę wydzielonych klatek schodowych, szybów dźwigowych, a także zewnętrznych, nie zamkniętych ze wszystkich stron części budynku, takich jak: podcienia, balkony, tarasy, loggie i galerie.

Budynki właściwie zaprojektowane i wykonane powinny mieć oprócz odpowiednich wartości izolacyjności przegród wartość wskaźnika  $E$  mniejszą od wartości granicznej  $E_0$  ustalonej w zależności od geometrii budynku określanego współczynnikiem kształtu  $A/V$ . Dla budynków jednorodzinnych i zamieszkania zbiorowego wartości graniczne wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku  $E_0$ , wynoszą:

- a) przy  $A/V \leq 0,20$   $E_0 = 29 \text{ [kWh/(m}^3 \text{ rok)]}$ ,
- b) przy  $0,20 < A/V < 0,90$ ,  $E_0 = 26,6 + 12 A/V \text{ [kWh/(m}^3 \text{ rok)]}$
- c) przy  $A/V \geq 0,90$   $E_0 = 37,4 \text{ [kWh/(m}^3 \text{ rok)]}$ ,

gdzie:

$A$  - jest sumą pól powierzchni wszystkich ścian zewnętrznych (wraz z oknami i drzwiami balkonowymi), dachów i stropodachów, podłóg na gruncie lub stropów nad piwnicą nieogrzewaną, stropów nad przejazdami, oddzielających część ogrzewaną budynku od powietrza zewnętrznego, gruntu i przyległych nieogrzewanych pomieszczeń, liczoną po obrysie zewnętrznym,

Dla budynków użyteczności publicznej i produkcyjnych wartości granicznych wskaźnika sezonowego zapotrzebowania ciepła nie określa się.

### 1.7. Wymagania dla budynków poddawanych termomodernizacji [6]

Minimalną wartość oporu cieplnego przegród budowlanych dla budynków poddawanych termomodernizacji przedstawia tab. 1.16.

**Tablica 1.16.** Minimalna wymagana wartość oporu cieplnego przegród budowlanych po termomodernizacji [6]

Rodzaj przegrody	Opór przenikania ciepła $R_t$ [m <sup>2</sup> K/W],
Ściany zewnętrzne	4,00
Stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub przejazdami	4,50
Stropy nad nieogrzewanymi piwnicami i zamkniętymi przestrzeniami podłogowymi	2,00

## 2. Zasady obliczania zapotrzebowania na moc cieplną pomieszczeń

### 2.1. Według normy PN-B-03406:1994 [9]

#### 2.1.1 Terminologia

Zapotrzebowanie na ciepło ogrzewanego pomieszczenia  $Q$ [W] – strumień ciepła, jaki w warunkach obliczeniowych ma dostarczyć do pomieszczenia urządzenie grzewcze.

Zapotrzebowanie na ciepło przez przenikanie – strumień ciepła, równoważący straty ciepła przez przenikanie z uwzględnieniem dodatków.

Zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji  $Q_w$ [W] – strumień ciepła, równoważący straty ciepła na wentylację z uwzględnieniem wewnętrznych zysków ciepła.

Straty ciepła przez przenikanie  $Q_p$ [W] – strumień ciepła, przenikający przez przegrody zewnętrzne i wewnętrzne danego pomieszczenia w warunkach obliczeniowych.

Straty ciepła na wentylację – strumień ciepła niezbędnego do ogrzania powietrza zewnętrznego, które ze względów na spełnienie wymagań higienicznych powinno dopływać do pomieszczenia.

#### 2.1.2 Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło pomieszczeń

Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło pomieszczeń określa zależność:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_p(1 + d_1 + d_2) + \dot{Q}_w, [\text{W}] \quad (2.1)$$

gdzie:

$\dot{Q}_p$  – straty ciepła przez przenikanie, [W],

$\dot{Q}_w$  – zapotrzebowanie na ciepło dla wentylacji, [W],

$d_1$  – dodatek do strat ciepła przez przenikanie dla wyrównania wpływu niskich temperatur powierzchni przegród chłodzących pomieszczenia,

$d_2$  – dodatek do strat ciepła przez przenikanie uwzględniający skutki nasłonecznienia przegród i pomieszczeń.

#### 2.1.3 Straty ciepła przez przenikanie

Straty ciepła pomieszczenia przez przenikanie można określić z zależności:

$$\dot{Q}_p = \Sigma \dot{Q}_o, [\text{W}] \quad (2.2)$$

gdzie:

$\dot{Q}_o$  – straty ciepła poszczególnych przegród lub ich części, dla których obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła ma jednakową wartość, [W].

Straty ciepła przez pojedynczą przegrodę należy obliczać według wzoru:

$$\dot{Q}_o = U_o \cdot (t_i - t_e) A, [\text{W}] \quad (2.3)$$

gdzie:

$U_o$  – współczynnik przenikania ciepła obliczony zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 6946:2004 [21] (bez uwzględnienia mostków liniowych i punktowych),  $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ,

$t_i$  – obliczeniowa temperatura powietrza w pomieszczeniu, przyjmowana zgodnie z rozporządzeniem,  $[\text{°C}]$ ,

$t_e$  – obliczeniowa temperatura w przestrzeni przyległej do danej przegrody, przyjmowana zgodnie z obowiązującą normą PN-82/B-02403[10], [°C], [3],  
 $A$  – powierzchnia przegrody lub jej części (w osiach przegród), [m<sup>2</sup>].

Straty ciepła pierwszej strefy podłogi oblicza się według wzoru (2.3), natomiast straty ciepła strefy drugiej według następującej zależności:

$$\dot{Q}_o = U_o \cdot (t_i - t_g) A, [\text{W}] \quad (2.4)$$

gdzie:

$U_o$  – współczynnik przenikania ciepła drugiej strefy podłogi, [W/(m<sup>2</sup>·K)],

$t_i$  – obliczeniowa temperatura powietrza w pomieszczeniu, przyjmowana zgodnie z rozporządzeniem, [°C],

$t_g$  – obliczeniowa temperatura gruntu równa 8°C dla drugiej strefy podłogi, [°C],

$A$  – powierzchnia drugiej strefy podłogi, [m<sup>2</sup>].

Straty lub zyski ciepła między pomieszczeniami uwzględnia się w przypadku różnicy temperatur pomieszczeń przyległych równej lub większej niż 4K.

#### 2.1.4 Temperatury obliczeniowe

Wartości temperatur obliczeniowych przyjmuje się w zależności od rodzaju i przeznaczenia pomieszczeń według rozporządzenia [7] i norm [10,11].

Temperatura obliczeniowa powietrza zewnętrznego i temperatury w pomieszczeniach nieogrzewanych zależą od strefy klimatycznej w jakiej położony jest budynek. Podział Polski na strefy klimatyczne przedstawia rys.5.1.



Rys. 2.1. Podział Polski na strefy klimatyczne wg normy [10]

Wartości temperatur obliczeniowych powietrza zewnętrznego przedstawia tab. 2.1.

**Tablica 2.1.** Obliczeniowe wartości temperatury powietrza zewnętrznego [10]

Strefa klimatyczna	I	II	III	IV	V
Temperatura obliczeniowa powietrza zewnętrznego, [°C]	-16	-18	-20	-22	-24

Wartości temperatur obliczeniowych pomieszczeń i zamkniętych przestrzeni nieogrzewanych przedstawia tab. 2.2.

**Tablica 2.2.** Obliczeniowe wartości temperatur w pomieszczeniach nieogrzewanych [10]

Lp	Rodzaj przestrzeni zamkniętej	Obliczeniowe temperatury przestrzeni zamkniętych w strefie klimatycznej, °C				
		I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6	7
1	Poddasze nieogrzewane					
	a) przy dachu krytym dachówką, płytami azbestowo-cementowymi lub blachą, i nieszczelnym odeskowaniem, jeśli współczynnik przenikania ciepła jest większy niż 5 W/m <sup>2</sup> K	-14	-16	-18	-20	-22
	b) b) przy dachu krytym dachówką, płytami azbestowo-cementowymi, papą lub blachą ze szczelnym odeskowaniem albo płytą żelbetową, jeśli współczynnik przenikania ciepła zawarty jest między 2 i 5 W/m <sup>2</sup> K	-11	-13	-15	-17	-19
	c) c) przy dachu ze szczelnym odeskowaniem lub płytą żelbetową, przy izolacji cieplnej, jeśli współczynnik przenikania ciepła jest mniejszy od 2 W/m <sup>2</sup> K	-6	-8	-10	-12	-14
2	Pomieszczenia nieogrzewane z oknami lub drzwiami zewnętrznymi					
	a) z jedną przegrodą zewnętrzną	-2	-4	-6	-8	-10
	b) z dwiema przegrodami zewnętrznymi	-6	-8	-10	-12	-14
	c) z trzema przegrodami zewnętrznymi	-10	-12	-14	-16	-18
3	Pomieszczenia nieogrzewane bez okien i drzwi zewnętrznych					
	a) z jedną przegrodą zewnętrzną	+4	+2	0	-2	-4
	b) z dwiema przegrodami zewnętrznymi	-1	-3	-5	-7	-9
	c) z trzema przegrodami zewnętrznymi	-6	-8	-10	-12	-14
4	Pomieszczenia ogrzewane w przylegającym {bez szczeliny dylatacyjnej} budynku					
	a) z centralnym ogrzewaniem	temperatury obliczeniowe wg PN-82/B-02402				
	b) z indywidualnym ogrzewaniem np. z ogrzewaniem piecowym lub akumulacyjnym elektrycznym	+12	+12	+12	+12	+12
5	Podziemia nieogrzewane przeznaczone na piwnice					
	a) kotłownie i węzły cieplne	+20	+20	+20	+20	-20
	b) bez okien, lecz z przewodami co. w piwnicy	+12	+10	+8	+6	+4
	c) bez okien i bez przewodów co. w piwnicy	+8	+6	+4	+2	0

	d) z oknami w ścianach zewnętrznych i przewodami co. w piwnicy	+4	+2	0	-1	f
	e) z oknami w ścianach zewnętrznych bez przewodów co. w piwnicy	0	-2	-4	.5	-6
6	Przejścia lub bramy przelotowe nieogrzewane, obustronnie zamknięte	-11	-13	-15	-17	-19
7	Przestrzenie podpodłogowe w budynkach niepodpiwniczonych	0	0	0	0	0
8	Szczeliny dylatacyjne o szerokości do 5 cm, zamknięte i wypełnione izolacją cieplną na głębokość co najmniej 20 cm	0,5 °C niższa niż w przylegających				

Wartości temperatur obliczeniowych pomieszczeń ogrzewanych przedstawia tab. 2.3.

**Tablica 2.3.** Obliczeniowe wartości temperatur w pomieszczeniach ogrzewanych [11]

Temperatury obliczeniowe °C	Sposób wykorzystania pomieszczeń	Przykłady pomieszczeń
1	2	3
+5	pomieszczenia nie przeznaczone do stałego przebywania ludzi oraz pomieszczenia ogrzewane dyżurnie	— magazyny bez stałej obsługi, — garaże indywidualne, hale postojowe (bez remontów), — akumulatornie
+8	pomieszczenia nie przeznaczone do stałego przebywania ludzi, w których jednorazowy pobyt osób, znakujących się w ruchu i w okryciach zewnętrznych nie przekracza 1 h, pomieszczenia, w których moc cieplna zainstalowanych urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., odniesiona do 1 m <sup>3</sup> pomieszczenia, przekracza 25 W	— klatki schodowe w budynkach mieszkalnych. — hale sprężarek, pompownie, — kuźnie, hartownie, wydziały obróbki cieplnej
+ 12	pomieszczenia przeznaczone do stałego przebywania ludzi, znajdujących się w okryciach zewnętrznych lub wykonujących ciężką pracę fizyczną: pomieszczenia, w których moc cieplna zainstalowanych urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., odniesiona do 1 m <sup>3</sup> pomieszczenia, wynosi od 10 do 24 W	— magazyny i składy wymagające stałej obsługi. — westybule, poczekalnie przy salach widowiskowych bez szatni, — hale ciężkiej pracy, hale formiarni, maszynownie chłodni, ładownie akumulatorów, — hale targowe, sklepy rybne i mięsne

+ 16	<p>pomieszczenia przeznaczone do przebywania ludzi w okryciach zewnętrznych w pozycji siedzącej, bez okryć zewnętrznych znajdujących się w ruchu lub wykonujących lżejsze prace fizyczne; pomieszczenia, w których moc cieplna zainstalowanych urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., odniesiona do 1 m<sup>1</sup> pomieszczenia, nie przekracza 10 W</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— hale pracy lekkiej,</li> <li>— szatnie odzieży wierzchniej,</li> <li>— korytarze, klatki schodowe w budynkach biurowych i użyteczności publicznej.</li> <li>— sale widowiskowe bez szatni,</li> <li>— sale gimnastyczne,</li> <li>— bufety i sale konsumpcyjne,</li> <li>— sklepy spożywcze i przemysłowe, sale sprzedaży w domach towarowych,</li> <li>— kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska węglowe,</li> <li>— ustępy publiczne,</li> <li>— zmywalnie i przygotowalnic wstępne w zakładach żywienia zbiorowego</li> </ul>
+20	<p>pomieszczenia przeznaczone do przebywania ludzi bez okryć zewnętrznych nie wykonujących w sposób ciągły pracy fizycznej</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— pokoje mieszkalne, przedpokoje, kuchnie indywidualne wyposażone tylko w paleniska gazowe lub elektryczne,</li> <li>— hale pracy siedzącej lekkiej,</li> <li>— izby pomiarowe,</li> <li>— pokoje biurowe, sale posiedzeń,</li> <li>— pomieszczenia do nauki, audytoria, biblioteki, czytelnie,</li> <li>— muzea i galerie sztuki z szatniami. — sale widowiskowe z szatniami,</li> <li>— bufety i sale konsumpcyjne z szatniami,</li> <li>— poczekalnie z szatniami,</li> <li>— kasy (np. teatralne, dworcowe itp. ),</li> <li>— gabinety dentystyczne, gabinety lekarskie gdzie nie przewiduje się rozbierania pacjentów,</li> <li>— sale chorych,</li> <li>— korytarze i klatki schodowe w zakładach leczniczych,</li> <li>— sale dziecięce w przedszkolach,</li> <li>— ustępy z wyjątkiem ustępów publicznych</li> </ul>
+ 24	<p>pomieszczenia przeznaczone do rozbierania lub przebywania ludzi bez odzieży</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— rozbieralnie-szatnie, łazienki, natryskownie, umywalnie, hale pływalni<sup>1)</sup></li> <li>— gabinety lekarskie z rozbieraniem pacjentów.</li> <li>— sale niemowląt i sale dziecięce w żłobkach,</li> <li>— sale operacyjne</li> </ul>

### 2.1.5 Dodatki do strat ciepła przez przenikanie

Straty ciepła przez przenikanie są korygowane za pomocą tzw. mnożników dodatków  $d_1$ ,  $d_2$ :

$d_1$  – dodatek do strat ciepła przez przenikanie dla wyrównania wpływu niskich temperatur powierzchni przegród, uwzględniany w celu utrzymania wymaganej temperatury odczuwalnej. Dodatek  $d_1$  zależy od kondygnacji i liczby przegród chłodzących w pomieszczeniu. Przegrodą chłodzącą jest przegroda oddzielająca ośrodki różniące się o co najmniej 18 K od siebie (tablica 2.4).

$d_2$  – dodatek do strat ciepła pomieszczenia uwzględniający skutki nasłonecznienia przegród i pomieszczeń. Dodatek  $d_2$  zależy od rodzaju

przegrody, a dla przegród pionowych od ich orientacji względem stron świata (tablica 2.5).

**Tablica 2.4.** Zestawienie wartości dodatku  $d_1$  [9]

Liczba przegród chłodzących pomieszczenia		1	2	3	4
Dodatek $d_1$	dla pierwszego i wyższych pięter	0,00	0,03	0,05	0,08
	dla parteru	0,10	0,13	0,15	0,18

**Tablica 2.5.** Zestawienie wartości dodatku  $d_2$  [9]

Rodzaj przegrody	Dodatek $d_2$							
Stropodach	-0,05							
Przegrody pionowe	dla strony świata							
	NE	N	NW	W	SW	S	SE	E
	0,00	0,00	0,00	-0,05	-0,10	-0,10	-0,10	-0,05

### 2.1.6 Zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji

Zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji z uwzględnieniem wewnętrznych zysków ciepła i jednokrotnej wymiany powietrza na godzinę oblicza się według zależności:  
dla pomieszczeń użytkowanych  $\geq 12$  h

$$\dot{Q}_w = [0,34(t_i - t_e) - 9] \cdot V, [\text{W}] \quad (2.5)$$

dla pomieszczeń użytkowanych  $\leq 12$  h

$$\dot{Q}_w = [0,34(t_i - t_e) - 7] \cdot V, [\text{W}] \quad (2.6)$$

gdzie:

$V$  – kubatura pomieszczenia,  $[\text{m}^3]$ ,

$t_i$  – obliczeniowa temperatura powietrza w pomieszczeniu,  $[\text{°C}]$ ,

$t_e$  – obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego,  $[\text{°C}]$ .

## 2.2 Obliczanie zapotrzebowania ciepła według normy PN-EN 12831:2006 [12]

### 2.2.1 Terminologia

Norma PN-EN 12831:2006 [12] wprowadza wiele zmian w stosunku do dotychczasowej normy PN-B-03406: 1994 [9]. W nowej normie został wprowadzony nowy system pojęć:

- projektowe obciążenie cieplne  $\Phi_{HL}$  [W]- wymagany strumień ciepła umożliwiający osiągnięcie określonych warunków projektowych,
- projektowa strata ciepła  $\Phi_T$  [W]- ilość ciepła przenikająca z budynku do środowiska zewnętrznego w jednostce czasu, w określonych warunkach projektowych,
- współczynnik projektowej straty ciepła  $H_{T,ie}$  [W/K]- projektowa strata ciepła podzielona przez różnicę temperatury,
- projektowe przenikanie ciepła - ciepło przenikające z wnętrza budynku lub jego części,
- projektowa strata ciepła rozpatrywanej przestrzeni przez przenikanie  $\Phi_{T,i}$  [W] - strata ciepła do otoczenia budynku będąca wynikiem przewodzenia ciepła przez obudowę budynku, a także wymiany ciepła między ogrzewanymi przestrzeniami wewnątrz budynku,

- projektowa wentylacyjna strata ciepła rozpatrywanej przestrzeni  $\Phi_{v,i}$  [W]- zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania powietrza wentylacyjnego i infiltrującego oraz przepływającego z jednej ogrzewanej przestrzeni do drugiej,
- projektowa temperatura wewnętrzna  $\theta_{int,i}$  [ $^{\circ}$ C]- temperatura operacyjna w centralnym miejscu przestrzeni ogrzewanej (na wysokości między 0,6 m a 1,6 m) stosowana do obliczeń projektowych strat ciepła,
- projektowa temperatura zewnętrzna  $\theta_e$  [ $^{\circ}$ C] – temperatura powietrza zewnętrznego która jest stosowana w obliczeniach projektowych strat ciepła,
- projektowa różnica temperatury  $\theta_{int,i} - \theta_e$  [ $^{\circ}$ C]- różnica między projektową temperaturą wewnętrzną a projektową temperaturą zewnętrzną,
- temperatura powietrza wewnętrznego  $\theta_{ai}$  [ $^{\circ}$ C] - temperatura powietrza wewnątrz budynku,
- temperatura powietrza zewnętrznego  $\theta_{ae}$  [ $^{\circ}$ C]- temperatura powietrza na zewnątrz budynku,
- temperatura operacyjna  $\theta_o$  [ $^{\circ}$ C]- średnia arytmetyczna z wartości temperatury powietrza wewnętrznego  $\theta_a$  [ $^{\circ}$ C] i średniej temperatury promieniowania  $\theta_r$  [ $^{\circ}$ C],
- średnia roczna temperatura zewnętrzna  $\theta_{m,e}$  [ $^{\circ}$ C] - średnia roczna wartość temperatury zewnętrznej,
- przeźren ogrzewana - przestrzeń, która powinna być ogrzewana do określonej projektowej temperatury wewnętrznej,
- przeźren nieogrzewana – przestrzeń nie będąca częścią przestrzeni ogrzewanej,
- strefa – grupa przestrzeni mających podobne charakterystyki cieplne,
- strefa cieplna – część przestrzeni ogrzewanej z określoną zadaną wartością temperatury przy nieznacznych zmianach temperatury wewnętrznej w przestrzeni,
- podziemie – pomieszczenie, w którym więcej niż 70 % powierzchni ścian zewnętrznych styka się z gruntem,
- element budynku – część składowa budynku, tj. ściana, podłoga itp.,
- część budynku – całkowita kubatura przestrzeni, ogrzewana jedną wspólną instalacją ogrzewczą (np. pojedyncze mieszkanie), gdzie dostawa ciepła może być centralnie regulowana przez mieszkańca.

Najważniejsze zmiany pojęć i oznaczeń w zestawieniu z dotychczas obowiązującymi przedstawiono w tablicy 2.6.

**Tablica 2.6.** Porównanie wybranych wielkości i symboli występujących w normach PN-EN 12831:2006 [23] i PN-B-03406: 1994[9,12]

PN – EN 12831:2006			PN – B – 03406: 1994		
Pojęcie	Symbol	Jednostka	Pojęcie	Symbol	Jednostka
Projektowe obciążenie cieplne	$\Phi_{HL}$	W	zapotrzebowanie na ciepło	Q	W
Całkowita projektowa strata ciepła	$\Phi$	W			
Projektowa strata ciepła przez przenikanie	$\Phi_T$	W	Straty ciepła przez przenikanie	$Q_p$	W
Projektowa wentylacyjna	$\Phi_v$	W	zapotrzebowanie na	$Q_w$	W

strata ciepła			ciepło do wentylacji		
Współczynnik projektowej straty ciepła przez przenikanie	$H_T$	W/K	-	-	
Projektowa temperatura wewnętrzna	$\theta_{int}$	°C	Obliczeniowa temperatura powietrza w pomieszczeniu	$t_i$	°C
Projektowa temperatura zewnętrzna	$\theta_e$	°C	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego	$t_e$	°C
Powierzchnia elementu budynku k	$A_k$	m <sup>2</sup>	Powierzchnia przegrody	A	m <sup>2</sup>
Współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego l	$\Psi_l$	W/(mK)	-	-	-
Długość liniowego mostka cieplnego l	$l_l$	m	-	-	-
Współczynnik redukcji temperatury, uwzględniający różnicę między temperaturą przestrzeni nieogrzewanej a projektową temperaturą zewnętrzną	$b_u$	-	-	-	-
Współczynnik redukcji temperatury uwzględniający różnicę temperatury przyległej przestrzeni i projektowanej temperatury zewnętrznej	$f_{ij}$	-	-	-	-

Indeksy występujące w nowej normie PN-EN 12831:2006 [12] przedstawiono w tablicy 2.7.

**Tablica 2.7.** Indeksy występujące w normie PN-EN 12831:2006 [12]

Indeks	Znaczenie
T	przenikanie ciepła
i	przestrzeń ogrzewana
j	przyległa przestrzeń, ogrzewana do znacząco różnej temperatury
u	przestrzeń nie ogrzewana
e	otoczenie
g	grunt
k	element budynku
l	liniowy mostek cieplny
int	wewnętrzny
m	średnia roczna

### Zmiana sposobu wymiarowania

Zgodnie z załącznikiem krajowym do normy PN-EN 12831:2006, przy obliczaniu strat ciepła przez przenikanie należy stosować wymiary zewnętrzne, czyli wymiary mierzone po zewnętrznej stronie budynku. Przy określaniu wymiarów poziomych uwzględnia się połowę grubości ograniczającej ściany wewnętrznej i całą grubość ograniczającej ściany zewnętrznej. Natomiast wysokość ściany mierzy się pomiędzy powierzchniami podłóg. Natomiast wg normy PN-B-03406:1994 przy obliczaniu strat ciepła przez przenikanie pola powierzchni przegród budowlanych określano w oparciu o wymiary w osiach przegród ograniczających.

### 2.2.2 Założenia i procedury metodyki obliczeniowej

Metodyka obliczeniowa może być stosowana do większości budynków z pomieszczeniami o wysokości nie przekraczającej 5 m, ogrzewanych lub przewidzianych do ogrzewania do określonej ustalonej temperatury, w odniesieniu do których zakłada się, że wartości temperatury powietrza i temperatury operacyjnej są takie same.

Przyjęto następujące założenia:

- rozkład temperatury w pomieszczeniach i na zewnątrz jest równomierny (temperatury powietrza i temperatury projektowej),
- straty ciepła są obliczane w warunkach ustalonych, przy założeniu stałych właściwości, takich jak wartości temperatury, charakterystyki elementów budynku, itd.

W zależności od potrzebnego stopnia szczegółowości obliczeń projektowego obciążenia cieplnego stosuje się metodykę szczegółową i uproszczoną. Metodyka szczegółowa opiera się o odpowiednie procedury w odniesieniu do zakresu wykonywanych obliczeń (przestrzeń ogrzewana, część budynku, budynek).

Procedura obliczeniowa stosowana do przestrzeni ogrzewanej dzieli się na następujące kroki:

- określić wartości projektowej temperatury zewnętrznej i średniej rocznej temperatury zewnętrznej;
- podać status każdej przestrzeni (ogrzewana lub nieogrzewana) oraz wartości projektowej temperatury wewnętrznej w odniesieniu do każdej przestrzeni ogrzewanej;
- określić charakterystyki wymiarowe i cieplne wszystkich elementów budynku w odniesieniu do wszystkich przestrzeni ogrzewanych i nieogrzewanych;
- obliczyć wartość współczynnika projektowej straty ciepła przez przenikanie i pomnożyć ją przez wartość projektowej różnicy temperatury w celu otrzymania projektowej straty ciepła przez przenikanie przestrzeni ogrzewanej;
- obliczyć wartość współczynnika projektowej wentylacyjnej straty ciepła i pomnożyć ją przez wartość projektowej różnicy temperatury w celu otrzymania projektowej wentylacyjnej straty ciepła przestrzeni ogrzewanej;
- dodać projektową stratę ciepła przez przenikanie i projektową wentylacyjną stratę ciepła w celu otrzymania całkowitej projektowej straty ciepła;
- obliczyć nadwyżkę mocy cieplnej przestrzeni ogrzewanej, tzn. dodatkową moc cieplną potrzebną do skompensowania skutków przerw w ogrzewaniu;
- dodać całkowitą projektową stratę ciepła i nadwyżkę mocy cieplnej w celu otrzymania całkowitego projektowego obciążenia cieplnego przestrzeni ogrzewanej.

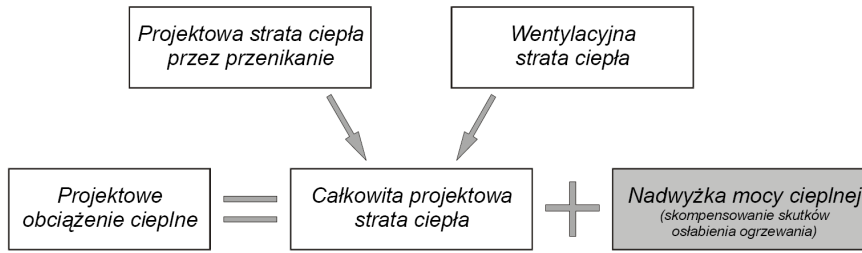
### 2.2.3 Projektowe obciążenie cieplne przestrzeni ogrzewanej

Projektowe obciążenie cieplne przestrzeni obliczamy za pomocą następującego wzoru:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}, [W] \quad (2.7)$$

gdzie:

- $\Phi_{T,i}$  – projektowa strata ciepła ogrzewanej przestrzeni (i) przez przenikanie, [W],
- $\Phi_{V,i}$  – projektowa wentylacyjna strata ciepła ogrzewanej przestrzeni (i), [W],
- $\Phi_{RH,i}$  – nadwyżka mocy cieplnej wymagana do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania strefy ogrzewanej (i), [W].



Rys. 2.2. Graficzny obraz metodyki obliczeń projektowego obciążenia cieplnego

## 2.2.4 Projektowa strata ciepła przez przenikanie

W normie PN-EN 12831:2006 [12] podano następujący wzór do obliczania projektowej straty ciepła przestrzeni ogrzewanej i przez przenikanie:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), [\text{W}] \quad (2.8)$$

gdzie:

$H_{T,ie}$  – współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) do otoczenia (e) przez obudowę budynku, [W/K],

$H_{T,iue}$  – współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) do otoczenia (e) przez przestrzeń nieogrzewaną (u), [W/K],

$H_{T,ig}$  – współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) do gruntu (g) w warunkach ustalonych, [W/K],

$H_{T,ij}$  – współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej (i) do sąsiedniej przestrzeni (j) ogrzewanej do znacząco różnej temperatury, tzn. przyległej przestrzeni ogrzewanej w tej samej części budynku lub w przyległej części budynku, [W/K],

$\theta_{int,i}$  – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (i), °C;

$\theta_e$  – projektowa temperatura zewnętrzna, [°C].

Współczynnik projektowej straty ciepła przez przenikanie do otoczenia przez obudowę budynku

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \Psi_l \cdot l_l \cdot e_l, [\text{W/K}] \quad (2.9)$$

gdzie:

$A_k$  – powierzchnia elementu budynku (k), [m<sup>2</sup>],

$U_k$  – współczynnik przenikania ciepła przegrody (k), [W/m<sup>2</sup>K],

$\Psi_l$  – współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego (l), [W/mK],

$l_l$  – długość liniowego mostka cieplnego (l) między przestrzenią wewnętrzną a zewnętrzną, [m],

$e_k, e_l$  – współczynniki korekcyjne ze względu na orientację, z uwzględnieniem wpływów klimatu; takich jak: różne izolacje, absorpcja wilgoci przez elementy budynku, prędkość wiatru i temperatura powietrza, w przypadku gdy wpływy te nie zostały wcześniej uwzględnione przy określaniu wartości współczynnika  $U_k$  (PN-EN ISO 6946 [8]).

Współczynnik straty ciepła przez przenikanie do otoczenia przez przestrzeń nieogrzewaną

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_l \Psi_l \cdot l_l \cdot b_u, [\text{W/K}] \quad (2.10)$$

gdzie:

$A_k$  – powierzchnia elementu budynku (k), [m<sup>2</sup>],

$U_k$  – współczynnik przenikania ciepła przegrody (k), [W/m<sup>2</sup>K],

$b_u$  – współczynnik redukcji temperatury, uwzględniający różnicę między temperaturą przestrzeni nieogrzewanej i projektową temperaturą zewnętrzną,

$\psi_1$  – współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego (l), [W/mK],

$l$  – długość liniowego mostka cieplnego (l) między przestrzenią wewnętrzną a zewnętrzną, [m].

Współczynnik straty ciepła przez przenikanie do gruntu

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left( \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w, [\text{W/K}] \quad (2.11)$$

gdzie:

$f_{g1}$  – współczynnik korekcyjny, uwzględniający wpływ rocznych wahań temperatury zewnętrznej (zgodnie z załącznikiem krajowym do normy PN-EN 12831:2006 [23] wartość orientacyjna wynosi 1,45),

$f_{g2}$  – współczynnik redukcji temperatury, uwzględniający różnicę między średnią roczną temperaturą zewnętrzną i projektową temperaturą zewnętrzną,

$A_k$  – powierzchnia elementu budynku (k) stykająca się z gruntem, [m<sup>2</sup>],

$U_{equiv,k}$  – równoważny współczynnik przenikania ciepła elementu budynku (k) [W/m<sup>2</sup> K].

Współczynnik straty ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej do sąsiedniej przestrzeni ogrzewanej do znacząco różnej temperatury

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k, [\text{W/K}] \quad (2.12)$$

gdzie:

$f_{ij}$  – współczynnik redukcji temperatury, uwzględniający różnicę temperatury przyległej przestrzeni i projektowej temperatury zewnętrznej,

$A_k$  – powierzchnia elementu budynku (k), [m<sup>2</sup>],

$U_k$  – współczynnik przenikania ciepła przegrody (k), [W/m<sup>2</sup> K].

### 2.2.5 Projektowa wentylacyjna strata ciepła

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), [\text{W}] \quad (2.13)$$

gdzie:

$H_{V,i}$  – współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła, [W/K],

$\theta_{int,i}$  – projektowa temperatura wewnętrzna przestrzeni ogrzewanej (i), [°C],

$\theta_e$  – projektowa temperatura zewnętrzna, [°C].

Współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i, [\text{W/K}] \quad (2.14)$$

gdzie:

$\dot{V}_i$  – strumień objętości powietrza wentylacyjnego przestrzeni ogrzewanej (i), [m<sup>3</sup>/h].

Strumień objętości powietrza wentylacyjnego wg normy [12] zależy od sposobu wentylowania pomieszczeń, ich przeznaczenia, wysokości, stopnia szczelności budynku, rodzaju jego osłonięcia, nie może być jednak mniejszy od minimalnego ze względów wymagań higienicznych. Jego wartość w przypadku braku instalacji wentylacyjnej powinno się przyjmować jako:

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}), [m^3 / h] \quad (7)$$

gdzie:

$\dot{V}_{inf,i}$  - infiltracja przez obudowę budynku

$\dot{V}_{min,i}$  - minimalna wartość strumienia powietrza wentylacyjnego, wymagana ze względów wymagań higienicznych.

Wartość strumienia powietrza na drodze infiltracji przez obudowę budynku  $\dot{V}_{inf,i}$  wyraża się wzorem:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i, [m^3 / h] \quad (2.15)$$

gdzie:

$V_i$  – kubatura przestrzeni ogrzewanej (i) (obliczona na podstawie wymiarów wewnętrznych), [m<sup>3</sup>],

$n_{50}$  – krotność wymiany powietrza wewnętrznego, wynikająca z różnicy ciśnienia 50 Pa między wnętrzem a otoczeniem budynku, z uwzględnieniem wpływu nawiewników powietrza, [h<sup>-1</sup>],

$e_i$  – współczynnik osłonięcia

$\varepsilon_i$  – współczynnik poprawkowy uwzględniający wzrost prędkości wiatru w zależności od wysokości położenia przestrzeni ogrzewanej ponad poziomem terenu.

Krotność wymiany powietrza dotyczącą całego budynku zależną od jego rodzaju, wysokości, rodzaju oszklenia przedstawiono w tab.2.8.

**Tablica 2.8.** Krotność wymiany powietrza dotycząca całego budynku [12]

Konstrukcja	$n_{50}$ h <sup>-1</sup>		
	Stopień szczelności obudowy budynku (jakość uszczelek okiennych)		
	wysoki (wysoka jakość uszczelek w oknach i drzwiach)	średni (okna z podwójnym oszkleniem, uszczelki standardowe)	niski (pojedynczo oszkłone okna, bez uszczelek)
budynki jednorodzinne	< 4	4–10	> 10
inne mieszkania lub budynki	< 2	2–5	> 5

Współczynnik osłonięcia budynku  $e_i$  przyjmuje się wg tab. 2.9.

**Tablica 2.9.** Współczynnik osłonięcia [12]

Klasy osłonięcia	e		
	Ilość odsłoniętych otworów w przestrzeni ogrzewanej (okna i drzwi)		
	0	1	> 1
Brak osłonięcia (budynek w wietrznej przestrzeni, wysokie budynki w centrach miast)	0	0,03	0,05
Średnie osłonięcie (budynki na prowincji z drzewami lub innymi budynkami wokół nich, przedmieścia)	0	0,02	0,03
Dobrze osłonięte (budynki średniowysokie w centrach miast, budynki w lasach)	0	0,01	0,02

Współczynnik poprawkowy uwzględniający wzrost prędkości wiatru w zależności od wysokości położenia przestrzeni ogrzewanej przyjmuje się wg tab. 2.10.

**Tablica 2.10.** Współczynnik poprawkowy ze względu na wysokość [12]

Wysokość przestrzeni ogrzewanej ponad poziomem terenu (wysokość środka pomieszczenia ponad poziomem terenu)	$\epsilon$
0 – 10 m	1,0
>10 – 30 m	1,2
>30 m	1,5

### Minimalny strumień objętości powietrza ze względów higienicznych

Wymagany ze względów higienicznych, dopływający do przestrzeni ogrzewanej (i) może być określony w sposób następujący:

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i, [\text{m}^3 / \text{h}] \quad (2.16)$$

gdzie:

$n_{\min}$  – minimalna krotność wymiany powietrza na godzinę, [ $\text{h}^{-1}$ ],

$V_i$  – kubatura przestrzeni ogrzewanej (i) (obliczona na podstawie wymiarów wewnętrznych), [ $\text{m}^3$ ].

Minimalna krotność wymiany powietrza zewnętrznego zależna od rodzaju pomieszczeń jest przedstawiona w tab.2.11.

**Tablica 2.11.** Minimalna krotność wymiany powietrza zewnętrznego [12]

Typ pomieszczenia	$n_{\min}$ $\text{h}^{-1}$
Pomieszczenie mieszkalne (orientacyjnie)	0,5
Kuchnia lub łazienka z oknem	0,5
Pokój biurowy	1,0
Sala konferencyjna, sala lekcyjna	2,0

Krotności wymiany powietrza podane w tabeli odniesione są do wymiarów wewnętrznych. Jeśli w obliczeniach stosowane są wymiary zewnętrzne, wartości krotności wymiany powietrza podane w tabeli należy pomnożyć przez stosunek między kubaturą wewnętrzną i zewnętrzną (w przybliżeniu można przyjąć 0,8).

W przypadku otwartych kominków należy przyjmować wyższe wartości strumienia powietrza, wymagane ze względu na proces spalania.

W przypadku wentylacji mechanicznej strumień objętości powietrza oblicza się z wzoru::

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{inf,i} + \dot{V}_{su,i} \cdot f_{V,i} + \dot{V}_{mech,inf,i}, [\text{m}^3 / \text{h}] \quad (2.17)$$

gdzie:

$\dot{V}_{inf,i}$  – strumień powietrza infiltrującego do przestrzeni ogrzewanej (i), [ $\text{m}^3/\text{h}$ ],

$\dot{V}_{su,i}$  – strumień objętości powietrza doprowadzonego do przestrzeni ogrzewanej (i), [ $\text{m}^3/\text{h}$ ],

$f_{V,i}$  – współczynnik redukcji temperatury,

$\dot{V}_{mech,inf,i}$  – nadmiar strumienia objętości powietrza usuwanego z przestrzeni ogrzewanej (i), [ $\text{m}^3/\text{h}$ ].

### 2.2.6 Nadwyżka mocy cieplnej wymagana do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania

Nadwyżka mocy cieplnej do skompensowania skutków osłabienia dla przestrzeni ogrzewanej (i) może być określona w następujący sposób:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}, [\text{W}] \quad (2.18)$$

gdzie:

$A_i$  – wewnętrzna powierzchnia podłogi przestrzeni ogrzewanej (i), [ $\text{m}^2$ ],

$f_{RH}$  – współczynnik nagrzewania.

Współczynnik nagrzewania  $f_{RH}$  zależy od założonego obniżenia temperatury w okresie osłabienia ogrzewania i czasu nagrzewania, w którym ma być osiągnięta wymagana temperatura wewnętrzna. Wartości współczynnika nagrzewania są podane w załączniku krajowym do normy PN-EN 12831:2006, tab. 2.12, 2.13, [12].

Wartości podane w tabelach 2.12 i 2.13 odnoszą się do wewnętrznej powierzchni podłogi i mogą być stosowane dla pomieszczeń, których średnia wysokość nie przekracza 3,5 m. Wartości tych nie stosuje się w przypadku elektrycznego ogrzewania akumulacyjnego.

**Tablica 2.12.** Współczynnik nagrzewania  $f_{RH}$  w budynkach niemieszkalnych, osłabienie nocne maksimum przez 12 h [12]

Czas nagrzewania, godz.	Współczynnik nagrzewania $f_{RH}$ , [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]								
	Zakładane obniżenie temperatury podczas osłabienia								
	2 K			3 K			4 K		
	masa budynku			masa budynku			masa budynku		
	niska	średnia	duża	niska	średnia	duża	niska	średnia	duża
1	18	23	25	27	30	27	36	27	31
2	9	16	22	18	20	23	22	24	25
3	6	13	18	11	16	18	18	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16

<sup>a</sup> W dobrze izolowanych szczelnych budynkach wystąpienie spadku temperatury wewnętrznej podczas osłabienia o więcej niż 2 do 3 K nie jest bardzo prawdopodobne. Zależy to od warunków klimatycznych i masy cieplnej budynku.

**Tablica 2.13.** Współczynnik nagrzewania  $f_{RH}$  w budynkach mieszkalnych, osłabienie nocne maksimum przez 8 h [12]

Czas nagrzewania, godz.	Współczynnik nagrzewania $f_{RH}$ , [W/m <sup>2</sup> ]		
	Zakładane obniżenie temperatury podczas osłabienia		
	1 K	2 K	3 K
	masa budynku duża	masa budynku duża	masa budynku duża
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

<sup>a</sup> W dobrze izolowanych szczelnych budynkach wystąpienie spadku temperatury wewnętrznej podczas osłabienia o więcej niż 2 do 3 K nie jest bardzo prawdopodobne. Zależy to od warunków klimatycznych i masy cieplnej budynku.

### 2.2.7 Wartości temperatury

Jak już wspomniano, jedną ze zmian jest używanie określenia „projektowy” zamiast dotychczasowego słowa „obliczeniowy”.

Poza tym, obecnie przyjmuje się, że temperatura wewnętrzna, stosowana do obliczania strat ciepła przez przenikanie, to temperatura operacyjna, a nie temperatura powietrza. Temperatura operacyjna oznacza średnią arytmetyczną z wartości temperatury powietrza wewnętrznego i średniej temperatury promieniowania.

Podział Polski na strefy klimatyczne pokazano na rys. 4.2. Podział wg PN-EN 12831 odpowiada dokładnie dotychczasowemu podziałowi wg normy PN-82/B-02403. Zmiana dotyczy jedynie tego, że obecnie podział ten podany jest w załączniku krajowym do normy na obliczanie obciążenia cieplnego, a nie w oddzielnej normie.

### Projektowa temperatura zewnętrzna

Projektowa temperatura zewnętrzna wg PN-EN 12831 odpowiada obliczeniowej temperaturze powietrza na zewnątrz budynku wg PN-82/B-02403, (tab. 2.1). Zmiany dotyczą jedynie używanego terminu oraz zamieszczenia wartości temperatury w załączniku krajowym do normy na obliczanie obciążenia cieplnego, a nie w osobnej normie.

### Średnia roczna temperatura zewnętrzna

Załącznik krajowy do normy PN-EN 12831 podaje również wartości średniej rocznej temperatury zewnętrznej. Wartości te nie były podane w normie PN-82/B-02403, gdyż nie były potrzebne do obliczania zapotrzebowania na ciepło wg normy PN-B-03406:1994. Natomiast obecnie są one wykorzystywane do obliczania strat ciepła do gruntu oraz strat ciepła przez przenikanie do przyległych pomieszczeń.

### Projektowa temperatura wewnętrzna

Norma PN-EN 12831 podaje również wartości projektowej temperatury wewnętrznej. Zmiana w stosunku do normy PN-82/B-02402 polegała na obniżeniu temperatury w pomieszczeniach przeznaczonych do rozbierania oraz na pobyt ludzi bez odzieży (np.

łazienki, gabinety lekarskie) z 25°C do 24°C oraz rezygnacji z najwyższej temperatury 32°C.

### 2.3 Porównanie metod obliczania zapotrzebowania ciepła

Do najważniejszych zmian pomiędzy normami PN-EN 12831:2006 [12], i PN-B-03406: 1994 [9] w zakresie określania strat ciepła przez przenikanie można zaliczyć:

- wprowadzenie współczynnika straty ciepła przez przenikanie,  
Według nowej metodyki najpierw oblicza się współczynniki projektowanych strat ciepła, a dopiero później mnoży się ich sumę przez różnicę temperatury wewnętrznej i zewnętrznej. Według normy PN-B-03406: 1994 od razu obliczało się straty ciepła.
- zmianę sposobu określania wymiarów elementów budynku,  
Według nowej normy należy stosować wymiary zewnętrzne, czyli mierzone po zewnętrznej stronie budynku. Przy wykonywaniu obliczeń za pomocą metodyki zawartej w normie PN-B-03406: 1994 pola powierzchni przegród budowlanych określano na podstawie wymiarów w osiach przegród ograniczających.
- uwzględnianie mostków cieplnych  
Według normy PN-EN 12831:2006 uwzględnia się liniowe mostki cieplne, natomiast w obliczeniach nie uwzględnia się nieliniowych mostków cieplnych.
- zmiana sposobu określania strat ciepła do gruntu,  
Strumień strat ciepła do gruntu może być obliczany w sposób szczegółowy za pomocą normy EN ISO 13370 lub w sposób uproszczony, umieszczony w normie PN-EN 12831:2006.
- zmiana sposobu określania strat ciepła do pomieszczeń nieogrzewanych,  
Norma PN-EN 12831:2006 wprowadza inny sposób określania strat ciepła w przypadku przestrzeni nieogrzewanej, przyległej do przestrzeni ogrzewanej. Według starej normy obliczenia wykonywało się analogicznie, jak w przypadku przenikania bezpośrednio na zewnątrz. Obliczeniową temperaturę przestrzeni przyległej przyjmowano z normy PN-82/B-02403 [14]. W nowej normie uwzględnia się wymianę ciepła między przestrzenią ogrzewaną a otoczeniem poprzez przestrzeń nieogrzewaną.
- uwzględnienie strat ciepła do pomieszczeń o takiej samej projektowanej temperaturze, jeśli należą do osobnej jednostki budynku lub do przyległego budynku.  
Według normy PN-B-03406, jeśli rozpatrywano ścianę między dwoma pomieszczeniami o takiej samej temperaturze obliczeniowej, różnica temperatury wynosiła 0 K, a straty ciepła 0 W. Taka metodyka nie uwzględniała możliwości indywidualnej regulacji temperatury wewnętrznej. Według nowej normy, temperaturę w sąsiednim pomieszczeniu należy przyjmować na podstawie przeznaczenia tylko, jeśli pomieszczenie to należy do tej samej jednostki budynku. Natomiast jeśli pomieszczenie należy do innej jednostki i istnieje możliwość indywidualnej regulacji temperatury, to do obliczeń straty ciepła przyjmuje się średnią arytmetyczną z projektowanej temperatury wewnętrznej i rocznej średniej temperatury zewnętrznej. Jeżeli sąsiednie pomieszczenie należy do oddzielnego budynku, przyjmuje się roczną średnią temperaturę zewnętrzną.

### 3. Literatura cytowana i uzupełniająca:

- 2 Koczyk H.: Ogrzewnictwo praktyczne. Wydawca Systherm Serwis. Poznań 2005
- 3 Koczyk H.: Ogrzewnictwo. Podstawy projektowania cieplnego i termomodernizacji budynków. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. Poznań 2000

- 4 Laskowski L.: Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005
- 5 Strzeszewski M.: Obliczenie projektowanej straty przez przenikanie wg PN-EN 12831. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 2007 nr 1. s. 31 – 35
- 6 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 stycznia 2002r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego (Dz. U. Nr 162, poz. 1121).
- 7 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 r. Nr 75, poz. 690).
- 8 PN-EN ISO 6946: 2004 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- 9 PN-B-03406:1994 Ogrzewnictwo – Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m<sup>3</sup>.
- 10 PN-82/B-02403 Ogrzewnictwo. Temperatuty obliczeniowe zewnętrzne.
- 11 PN-82/B-02402 Ogrzewnictwo. Temperatuty ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.
- 12 PN-EN 12831: 2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego
- 13 PN-EN 12828: 2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach. Projektowanie wodnych instalacji centralnego ogrzewania
- 14 PN-83/B-03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania – wraz ze zmianą PN-83/B-03430/Az3:2000.
- 15 PN-B-02025:1999, AP1:2000 Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej.
- 16 PN-EN ISO 13370:2001 Właściwości cieplne budynków – Wymiana ciepła przez grunt – Metody obliczania.
- 17 PN-EN ISO 13788:2003 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa. Metody obliczania.