

## OBLICZANIE WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA U

### 1 Zasady ogólne

Zasady obliczania wartości współczynnika przenikania ciepła U dla przegród określa norma PN-EN ISO 6946:2002 "Komponenty budowlane i elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania". Współczynniki przenikania ciepła dla przegród budowlanych, nie powinny przekraczać wielkości zamieszczonych w tabeli 6.1 i 6.2.

Wielkość współczynnika przenikania ciepła U dla ścian i stropów i stropodachów należy obliczać ze wzoru:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (1.1)$$

gdzie:

$R_{si}$ ,  $R_{se}$  - jednostkowe opory cieplne przejmowania ciepła, [ $m^2 \cdot K/W$ ], tablica 1.1.,

$R$  - jednostkowy opór przewodzenia ciepła przez przegrodę, [ $m^2 \cdot K/W$ ], obliczony na podstawie zależności [2.1], [2.2], lub odczytany z załącznika 9.3.

Wielkość współczynnika przenikania ciepła U dla podłóg i ścian na gruncie należy obliczać wg zasad podanych w rozdziale 4.

### 2 Opór przejmowania i przewodzenia ciepła

#### 2.1 Opór przejmowania ciepła

Tabela 2.1 Obliczeniowe wartości oporów przejmowania ciepła  $R_{si}$  i  $R_{se}$ , ( $m^2 K/W$ )

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

Uwaga: W przypadku wewnętrznych elementów budowlanych (ścian działowych) lub elementów pomiędzy przestrzenia ogrzewaną i nieogrzewaną  $R_{se}$  przyjmuje się o wartości  $R_{si}$ .

Tabela 2.2. Opory przejmowania ciepła dla różnych przegród ( przykłady)

Rodzaj przegrody	Opory przejmowania ciepła [ $m^2 \cdot K/W$ ]	
	$R_{si}$	$R_{se}$
Ściana zewnętrzna	0,13	0,04
Ściana zewnętrzna zagłębiona w gruncie	0,13	-
Ściana wewnętrzna pomiędzy pomieszczeniami ogrzewanymi	0,13	0,13
Ściana wewnętrzna przy pomieszczeniu nieogrzewanym	0,13	0,13
Stropodach niewentylowany	0,10	0,04
Strop pod nieogrzewanym strychem	0,10	0,10
Strop nad nieogrzewaną piwnicą	0,17	0,17
Podłoga na gruncie	0,17	-

#### 2.2 Opór cieplny przegrody lub warstwy jednorodnej wchodzącej w skład przegrody

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[ \frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad (2.1)$$

gdzie:

$d$  - grubość przegrody lub warstwy, [m],

$\lambda$  - obliczeniowa wartość współczynnika przewodzenia ciepła materiału przegrody, [ $W/m \cdot K$ ] wg załącznika nr 9.1 lub 9.2.

Przegrody budynków mieszkalnych, które ograniczają pomieszczenia o dużej wilgotności (równej lub wyższej niż 75%) np. pralnie, suszarnie bielizny, hydroforownie, kuchnie gastronomiczne i kwaciarnie należy traktować jako znajdujące się w warunkach wilgotnych.

### 2.3 Opór cieplny przegrody złożonej z warstw jednorodnych i z niewentylowanymi warstwami powietrza

$$R = \sum_{i=1}^m R_i + \sum_{j=1}^n R_j \left[ \frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad (2.2)$$

gdzie:

$R_i$  - jednostkowy opór cieplny i-tej warstwy, [ $m^2 \cdot K/W$ ], obliczony wg wzoru 2.1,

$R_j$  - jednostkowy opór cieplny j-tej niewentylowanej szczeliny powietrznej, [ $m^2 \cdot K/W$ ] odczytany z tablicy 2.3

$m$  - liczba warstw;

$n$  - liczba niewentylowanych szczelin powietrznych.

Warstwa jest uważana jako niewentylowana, gdy otwory do środowiska zewnętrznego nie przekraczają wielkości:

- 500 mm<sup>2</sup> na 1m długości w przypadku pionowych warstw powietrza
- 500 mm<sup>2</sup> na 1 m<sup>2</sup> powierzchni w przypadku poziomych warstw powietrza.

Tabela 2.3. Opór cieplny niewentylowanych warstw powietrza, [ $m^2 \cdot K/W$ ]

Grubość warstwy powietrza [mm]	Kierunek strumienia ciepłego		
	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

Uwaga: dla pośrednich wartości grubości warstwy- interpolować liniowo

### 2.4 Opór cieplny wentylowanych warstw powietrza

Tabela 2.4. Opór cieplny wentylowanych warstw powietrza

	Definicja stopnia wentylacji	Sposób uwzględnienia oporu cieplnego
Dla warstw słabo wentylowanych	otwory od 500 do 1500 mm <sup>2</sup>	wg wzoru (2.3)
Dla warstw dobrze wentylowanych	otwory ponad 1500 mm <sup>2</sup>	opór cieplny warstwy powietrza i warstw na zewnątrz niej pomija się. Opór elementu oblicza się przyjmując $R_{se}$ o wartości $R_{si}$ .

$$R_T = \frac{1500 - A_v}{1000} R_{T,u} + \frac{A_v - 500}{1000} R_{T,v} \left[ \frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad (2.3)$$

gdzie:

$R_{T,u}$  - całkowity opór cieplny z niewentylowaną warstwą powietrza, [ $m^2 K/W$ ],

$R_{T,v}$  - całkowity opór cieplny z dobrze wentylowaną warstwą powietrza, [ $m^2 K/W$ ],

## 2.5 Opór cieplny przestrzeni poddasza

Opór cieplny przestrzeni poddasza pod dachem stromym można uznać za jednorodną termicznie warstwę o oporze wg tabeli 2.5.

Tabela 2.5. Opór cieplny przestrzeni dachowych  $R_u$ , [m<sup>2</sup>\*K/W]

Charakterystyka dachu		$R_u$
1	Pokrycie dachówką bez papy (folii), poszycia itp.	0,06
2	Pokrycie arkuszowe lub dachówką z papą, poszyciem	0,2
3	Jak wyżej lecz z okładziną alum. lub inną niskoemisyjną	0,3
4	Pokrycie papą na poszyciu	0,3

$R_u$  uwzględnia opór przestrzeni wentylowanej i pokrycia, nie uwzględnia oporu  $R_{se}$

## 2.6 Opór cieplny przegrody lub warstwy o budowie niejednorodnej

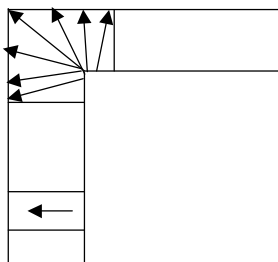
Opór cieplny przegrody lub warstwy o budowie niejednorodnej należy określać eksperymentalnie. Wartość jednostkowego oporu cieplnego przegrody powinna znajdować się w normach przedmiotowych, świadectwach dopuszczenia do powszechnego stosowania w budownictwie oraz w katalogach elementów i przegród. W załączniku nr 9.3. podano wartości jednostkowego oporu cieplnego dla najczęściej stosowanych przegród o budowie niejednorodnej.

## 3 Mostki cieplne

### 3.1 Występowanie i skutki mostków cieplnych

Szczególnym miejscem ucieczki ciepła z pomieszczeń są mostki cieplne czyli miejsca zwiększonego przepływu ciepła z wnętrza budynku na zewnątrz. Występują dwa rodzaje mostków :

- **konstrukcyjne**, czyli miejsca, w których rozwiązania konstrukcyjne stwarzają niekorzystne warunki izolacyjności cieplnej, np. miejsca w których przerwana jest ciągłość wymaganej izolacji termicznej, ze względu na konieczność zachowania wymagań konstrukcyjnych,
- **geometryczne** – wynikające z kształtu przegród zewnętrznych budynku. np. w narożach budynku lub na połączeniach ścian zewnętrznych z innymi przegrodami. Przykładem mostka geometrycznego jest naroże budynku (rys.3.1), w którym na niewielką powierzchnię wewnętrzną przypada znacznie zwiększona powierzchnia zewnętrzna. Jest to często przyczyną pojawiającej się wilgoci w narożnikach pomieszczeń. W tych miejscach pożądane jest powiększenie grubości izolacji termicznej.



Rys. 3.1. Mostek ciepła w narożniku budynku (widok w przekroju poziomym)

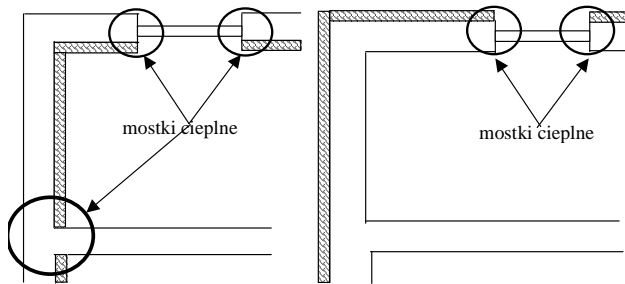
Inaczej można podzielić mostki cieplne na:

- **liniowe** – występujące wzdłuż pewnej linii,
- **punktowe** - spowodowane przebiegiem warstwy izolacji przez szpilki, wieszaki lub kotwy łączące konstrukcyjne warstwy ściany przedzielone materiałem izolacyjnym.

Najczęściej występujące mostki cieplne są następujące:

#### a) Ściany zewnętrzne

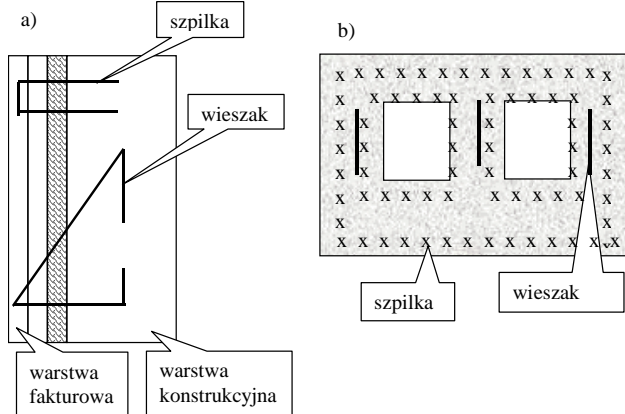
W ścianach mostki mogą występować wzdłuż krawędzi otworów okiennych oraz w miejscach, w których ściana zewnętrzna łączy się ze ścianą wewnętrzną. Na rysunku 3.2. przedstawiono występowanie mostków w zależności od sposobu ocieplenia ściany (od wewnątrz lub od zewnątrz).



Rys.3.2. Występowanie mostków cieplnych z zależności od sposobu ocieplenia ściany

W ścianach prefabrykowanych trójwarstwowych pojawiają się mostki termiczne punktowe w miejscach połączeń warstw betonowych za pomocą wieszaków i szpilek stalowych.

Na rysunku 3.3 rozmieszczenie tych połączeń w przykładowej płycie z dwoma otworami okiennymi.



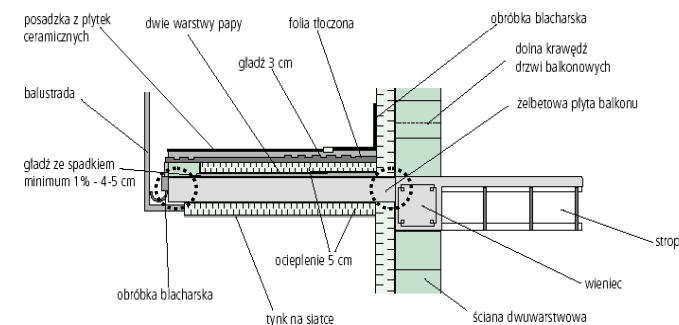
Rys. 3.3. Przykład występowania mostków punktowych w prefabrykacie wielopłytowym betonowym: a) przekrój, b) płyta w widoku

#### b) Stropodachy i stropy pod nieogrzewanym poddaszem

Mostki cieplne występują np. w obrębie wieńców obwodowych usytuowanych w poziomie stropu. Wieńce te szczególnie w budynkach prefabrykowanych, są na ogół słabo izolowane. Brak jest również izolacji w ścianie poddasza.

#### c) Balkony

Mostek tworzy się przez połączenie płyty balkonowej i płyty stropowej (rysunek 3.4)



Rys.3.4. Mostek cieplny w płycie balkonowej częściowo zlikwidowany przez ocieplenie

## 3.2 Obliczenia wpływu mostków na współczynnik U

Obliczenia przepływu ciepła przez mostki cieplne są regulowane w normach [3, 4, 5]. Do praktycznych zastosowań najbardziej przydatna jest norma PN-EN ISO 14683 [5]. Na jej podstawie określamy zastępczy współczynnik przenikania ciepła przez przegrodę z uwzględnieniem liniowych i punktowych mostków cieplnych:

$$U_k = U + \sum \Psi_k \cdot l_k / A + \sum X_j \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (3.1)$$

gdzie:

- $\Psi$  – liniowy współczynnik przenikania ciepła, W/(m·K)
- $X$  – punktowy współczynnik przenikania ciepła, W/K
- $l_k$  – długość mostka liniowego, m
- $A$  – powierzchnia ściany, m<sup>2</sup>

Uwzględnienie mostków cieplnych wymaga więc określenia długości mostków liniowych i ustalenia wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła oraz określenia liczby punktowych mostków i ustaleniu ich współczynników przenikania.

W praktycznych przypadkach na ogół mostki punktowe mają niewielki wpływ i mogą być pominięte. Natomiast dla obliczenia wpływu mostków liniowych podstawowe znaczenie ma wartość ich współczynnika przenikania.

Przykładowe wartości współczynników przenikania dla pewnej grupy mostków liniowych zawiera norma [5], istnieją także specjalne katalogi mostków. Wybrane wartości współczynników przenikania dla pewnej grupy mostków liniowych podano w załączniku 9.4.

### 3.3 Uproszczona metoda w odniesieniu do strat ciepła przez przenikanie

W obliczeniach strat ciepła przez przenikanie, mostki cieplne można uwzględnić metodą uproszczoną. Polega ona na przyjęciu skorygowanej wartości współczynnika przenikania ciepła:

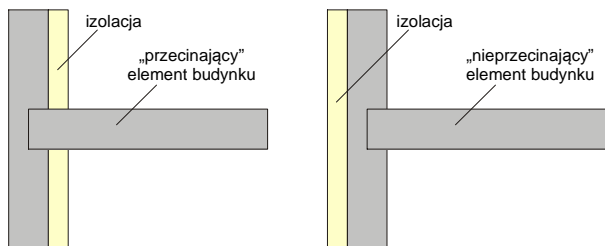
$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{ib}, \quad W/m^2K \quad (3.2)$$

gdzie:

- $U_{kc}$  – skorygowany współczynnik przenikania ciepła elementu budynku ( $k$ ), z uwzględnieniem liniowych mostków cieplnych, W/m<sup>2</sup>K;
- $U_k$  – współczynnik przenikania ciepła elementu budynku ( $k$ ), W/m<sup>2</sup>K;
- $\Delta U_{ib}$  – współczynnik korekcyjny w zależności od typu elementu budynku, W/m<sup>2</sup>K.

Orientacyjne wartości współczynnika  $\Delta U_{ib}$  podane są w tabelach 3.1 do 3.3. Pojęcie elementu budynku „przecinającego” i „nieprzecinającego” izolację zostało zobrazowane na rys. 3.5.

Zaletą uproszczonej metody uwzględniania mostków cieplnych jest bezsprzecznie łatwość jej stosowania. Natomiast wadą wydaje się być tzw. „gruby ołówek”, ponieważ obliczone straty ciepła mogą w niektórych przypadkach być znacznie zawyżone.



Rys. 3.5. Element budynku „przecinający” i „nieprzecinający” izolację. Na podstawie [6].

Tabela 3.1. Współczynnik korekcyjny  $\Delta U_{ib}$  dla pionowych elementów budynku [6]

Liczba stropów przecinających izolację	Liczba przecinanych ścian	$\Delta U_{ib}, W/m^2K$	
		kubatura przestrzeni $\leq 100 m^3$	kubatura przestrzeni $> 100 m^3$
0	0	0,05	0
	1	0,10	0
	2	0,15	0,05
1	0	0,20	0,10
	1	0,25	0,15
	2	0,30	0,20
2	0	0,25	0,15
	1	0,30	0,20
	2	0,35	0,25

Tabela 3.2. Współczynnik korekcyjny  $\Delta U_{ib}$  dla poziomych elementów budynku [6]

Element budynku	$\Delta U_{ib}, W/m^2K$	
Lekka podłoga (drewno, metal itd.)	0	
Ciężka podłoga (beton, itd.) Liczba boków będących w kontakcie ze środowiskiem zewnętrznym	1	0,05
	2	0,10
	3	0,15
	4	0,20

Tabela 3.3. Współczynnik korekcyjny  $\Delta U_{ib}$  dla otworów [19]

Powierzchnia elementu budynku	$\Delta U_{ib}, W/m^2K$
0-2 m <sup>2</sup>	0,50
>2 - 4 m <sup>2</sup>	0,40
>4 - 9 m <sup>2</sup>	0,30
>9 - 20 m <sup>2</sup>	0,20
>20m <sup>2</sup>	0,10

## 4 Obliczanie strat ciepła przez grunt

### 4.1 Uwagi ogólne

Obliczanie strat ciepła przez przenikanie przez grunt zostało ujęte w normie PN EN ISO 12831- Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego [6], w której podano metodę obliczania współczynnika przenikania ciepła przez podłogę na gruncie oraz przez ścianę pomieszczenia zagłębionego w gruncie.

### 4.2 Obliczanie współczynnika przenikania ciepła przez podłogę na gruncie

Współczynnik ten, oznaczany  $U_{equiv,bf}$  dla podłóg zależy:

- od wielkości zagłębienia poniżej terenu  $z$ , liczonego od poziomu terenu do poziomu spodu płyty podłogi,
- od wielkości współczynnika przenikania ciepła  $U$  obliczonego dla konstrukcji podłogi,
- od wielkości parametru  $B'$ .

(Uwaga: indeks „f” w oznaczeniu  $U_{equiv,bf}$  oznacza podłogę – ang. „floor”).

Parametr  $B'$  określa się z zależności

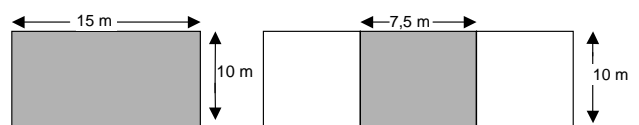
$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}, \quad m \quad (4.1)$$

gdzie:

$A_g$  – powierzchnia rozpatrywanej płyty podłogowej łącznie ze ścianami zewnętrznymi i wewnętrznymi (m<sup>2</sup>). W odniesieniu do wolnostojącego budynku  $A_g$  jest całkowitą powierzchnią rzutu parteru, a w odniesieniu do budynku w zabudowie szeregowej  $A_g$  jest powierzchnią rzutu parteru rozpatrywanego budynku.

$P$  – obwód rozpatrywanej płyty podłogowej (m). W odniesieniu do budynku wolnostojącego  $P$  jest całkowitym obwodem budynku, a w odniesieniu do budynku w zabudowie szeregowej  $P$  odpowiada jedynie sumie długości ścian zewnętrznych oddzielających rozpatrywaną przestrzeń ogrzewaną od środowiska zewnętrznego.

Rys. 4.1. Metoda określenia parametru  $B'$



$$A_g = 15 \times 10 = 150 m^2$$

$$P = 2 \times 15 + 2 \times 10 = 50 m$$

$$B' = 150 / (0,5 \times 50) = 6 m$$

$$A_g = 7,5 \times 10 = 75 m^2$$

$$P = 2 \times 7,5 + 2 \times 10 = 35 m$$

$$B' = 75 / (0,5 \times 35) = 10 m$$

Wymiar charakterystyczny podłogi  $B'$  zdefiniowany jest w normie PN-EN ISO 13370:2001 w odniesieniu do całego budynku. Natomiast

zgodnie z normą PN-EN 12831:2006 wymiar ten dla poszczególnych pomieszczeń powinien być określany w jeden z następujących sposobów:

- dla pomieszczeń bez ścian zewnętrznych stosuje się wartość  $B'$  obliczoną dla całego budynku;
- dla wszystkich pomieszczeń z dobrze izolowaną podłogą ( $U_{podłogi} < 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) również stosuje się wartość  $B'$  obliczoną dla całego budynku;
- dla pozostałych pomieszczeń (pomieszczenia ze ścianami zewnętrznymi oraz jednocześnie ze słabo izolowaną podłogą) wartość  $B'$  należy obliczać oddzielnie dla każdego pomieszczenia.

Należy zwrócić uwagę, że wzoru (4.1) nie da się zastosować dla pomieszczeń bez ścian zewnętrznych, gdyż obwód  $P$  wynosi wówczas zero (zgodnie z powyższym stosuje się wtedy wartość obliczoną dla całego budynku).

Dla obliczenia wartości  $U$  wyznacza się opór cieplny poszczególnych warstw wg zasad podanych w normie [1] z uwzględnieniem oporu przejmowania ciepła od strony wewnętrznej budynku, a pomijając opór przejmowania ciepła od strony gruntu czyli przyjmując jego wartość jako 0.

Na podstawie wyliczonych wartości  $B'$  oraz  $U$  wyznaczenie wartości  $U_{equiv,bf}$  dokonuje się przy pomocy tabeli nr 4.1 lub nomogramów podanych w normie [6]. Korzysta się z wartości które dotyczą wielkości zagłębienia w terenie oraz wielkości  $B'$  i  $U$  zbliżonych do wartości występujących w rozpatrywanym budynku, wyznaczając  $U_{equiv,bf}$  dla pośrednich wartości metodą interpolacji liniowej.

**Tabela 4.1. Wartości  $U_{equiv,bf}$  podłogi ogrzewanego podziemia jako funkcja zagłębienia poniżej poziomu terenu ( $Z$ ), współczynnika przenikania ciepła podłogi ( $U_{pod}$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]) i wartości  $B'$  wg [6]**

Z m	B' m	$U_{equiv,bf}$ W/(m <sup>2</sup> *K)				
		Bez izolacji	$U_{pod}$ 2,0	$U_{pod}$ 1,0	$U_{pod}$ 0,5	$U_{pod}$ 0,25
0,0	2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
	4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
	6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17
	8	0,55	0,41	0,33	0,25	0,16
	10	0,47	0,36	0,30	0,23	0,15
	12	0,41	0,32	0,27	0,21	0,14
	14	0,37	0,29	0,24	0,19	0,14
	16	0,33	0,26	0,22	0,18	0,13
	18	0,31	0,24	0,21	0,17	0,12
20	0,28	0,22	0,19	0,16	0,12	
1,5	2	0,86	0,58	0,44	0,28	0,16
	4	0,64	0,48	0,38	0,26	0,16
	6	0,52	0,40	0,33	0,25	0,15
	8	0,44	0,35	0,29	0,23	0,15
	10	0,38	0,31	0,26	0,21	0,14
	12	0,34	0,28	0,24	0,19	0,14
	14	0,30	0,25	0,22	0,18	0,13
	16	0,28	0,23	0,20	0,17	0,12
	18	0,25	0,22	0,19	0,16	0,12
20	0,24	0,20	0,18	0,15	0,11	
3,0	2	0,63	0,46	0,35	0,24	0,14
	4	0,51	0,40	0,33	0,24	0,14
	6	0,43	0,35	0,29	0,22	0,14
	8	0,37	0,31	0,26	0,21	0,14
	10	0,32	0,27	0,24	0,19	0,13
	12	0,29	0,25	0,22	0,18	0,13
	14	0,26	0,23	0,20	0,17	0,12
	16	0,24	0,21	0,19	0,16	0,12
	18	0,22	0,20	0,18	0,15	0,11
20	0,21	0,18	0,16	0,14	0,11	

**4.3 Obliczanie współczynnika przenikania ciepła przez ścianę stykająca się z gruntem**

Współczynnik ten, oznaczany  $U_{equiv,bw}$  dla ścian zależy:

- 1) od wielkości zagłębienia poniżej terenu z,
- 2) od wielkości współczynnika przenikania ciepła  $U_{ściany}$  obliczonego dla konstrukcji ściany.,

(Uwaga: indeks „w” w oznaczeniu  $U_{equiv,bw}$  oznacza ścianę – ang. „wall”).

Dla obliczenia wartości  $U_{ściany}$  wyznacza się opór cieplny poszczególnych warstw wg zasad podanych w normie [6] z uwzględnieniem oporu przejmowania ciepła od strony wewnętrznej

budynku, a pomijając opór przejmowania ciepła od strony gruntu czyli przyjmując jego wartość jako 0.

Na podstawie wyliczonej wartości  $U_{ściany}$  wyznaczenie wartości  $U_{equiv,bw}$  dokonuje się przy pomocy tabeli nr 4.2 lub nomogramów podanych w normie [6]. Korzysta się z wartości które dotyczą wielkości zagłębienia w terenie oraz wielkości  $U_{ściany}$  zbliżonych do wielkości występujących w rozpatrywanym budynku, wyznaczając  $U_{equiv,bw}$  dla pośrednich wartości zagłębienia metodą interpolacji liniowej.

**Tabela 4.2. Wartości  $U_{equiv,bw}$  ściany ogrzewanego podziemia w funkcji współczynnika przenikania ciepła ściany i głębokości z poniżej terenu wg [6]**

$U_{ściany}$ W/(m <sup>2</sup> *K)	$U_{equiv,bw}$ W/(m <sup>2</sup> *K)			
	Z=0m	Z=1 m	Z= 2m	Z=3m
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,44	0,39	0,35	0,32
0,75	0,63	0,54	0,48	0,43
1,00	0,81	0,68	0,59	0,53
1,25	0,98	0,81	0,69	0,61
1,50	1,14	0,92	0,78	0,68
1,75	1,28	1,02	0,85	0,74
2,00	1,42	1,11	0,92	0,79
2,25	1,55	1,19	0,98	0,84
2,50	1,67	1,27	1,04	0,88
2,75	1,78	1,34	1,09	0,92
3,00	1,89	1,41	1,13	0,96

**5 Współczynniki przenikania ciepła U dla okien**

**5.1 Wartości obliczeniowe współczynników U dla okien, świetlików i drzwi**

Współczynnik przenikania ciepła  $U$  dla okien, świetlików, wrót i drzwi w przypadku, gdy znany jest ich producent, przyjmuje się wg aprobat technicznych lub norm.

W przypadku istniejących obiektów, współczynnik przenikania ciepła  $U$  dla okien, świetlików, wrót i drzwi można przyjąć wg wartości podanych w zał. do normy PN-EN ISO 6946 – wydanie z 1999r (na zasadzie literatury technicznej). Wartości te zawiera tablica 5.1. Dotyczą one zwłaszcza okien starego typu, istniejących w domach oddanych do użytku przed 1990 r i które nie zostały wymienione.

**Tabela 5.1. – Wartości obliczeniowe U okien, świetlików i drzwi**

L.p	Rodzaj elementu	Rodzaj ram i oszklenia	Grubość warstw powietrznych mm	U W/(m <sup>2</sup> *K)	
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 szyba zespoloną a) jednokomorową b) dwukomorową	16 min 2x7 min2x12	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		Trojkomorowe, jednoramowe z PCV, oszklone szybą zespoloną jednokomorową	16	2,6	
6		Drzwi	Nieocieplone, oszklone pojedynczo a) drewniane lub z tworzyw sztucznych b) metalowe	-	5,1 5,6

UWAGA: wartości  $U$  odnoszą się do szyb zwykłych (bez specjalnych powłok niskoemisyjnych i gazów wypełniających innych niż powietrze) oraz do powierzchni obliczonych w wymiarze zewnętrznym ościeżnic.

## 5.2 Obliczanie współczynników U dla nowych okien

Wartości współczynników U dla okien, świetlików i drzwi, można określić wg zasad metody uproszczonej podanych w normie PN-EN ISO 10077-1 [7].

Według tej normy współczynnik U dla okna oblicza się wg następującego wzoru:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \Psi_g}{A_g + A_f} \quad (5.1)$$

w którym:

- $A_g$  jest polem powierzchni oszklenia, m<sup>2</sup>
- $A_f$  jest polem powierzchni ramy, m<sup>2</sup>
- $U_g$  jest współczynnikiem przenikania ciepła oszklenia, W/m<sup>2</sup>K.
- $U_f$  jest współczynnikiem przenikania ciepła ramy, W/m<sup>2</sup>K.
- $l_g$  jest całkowitym obwodem oszklenia, m
- $\Psi_g$  jest liniowym współczynnikiem przenikania ciepła mostka cieplnego na styku szyby z ramą okna

We wzorze występują nie tylko pola i współczynniki U dla ramy okiennej i oszklenia, ale także uwzględniony jest wpływ mostka cieplnego jaki tworzy się w miejscu połączenia ramy i oszklenia, wyrażony współczynnikiem  $\Psi_g$  i długością obwodu części szklonej. Wartość ta dla nowych okien jest niewielka i często się ją pomija.

Producenci okien najczęściej nie podają wartości całkowitego współczynnika  $U_w$  dla okna, jedynie oddzielnie  $U_f$  dla ramy i  $U_g$  dla szyby. Znając współczynniki przenikania dla ramy okiennej i oszklenia oraz powierzchnię ramy i oszklenia można obliczyć współczynnik przenikania  $U_w$  dla całego okna posługując się wzorem (5.1).

Dla wybranych typowych sytuacji, znając współczynniki przenikania dla ramy okiennej i oszklenia można wartość współczynnika przenikania dla okien określić z tabeli 5.2 zawierającej wartości z normy [7]. Tabela ta podaje wartości współczynników U dla okien z podwójnym szkleniem, w których udział powierzchni ramy w całej powierzchni okna wynosi 30%.

**Tabela 5.2. -Współczynniki przenikania ciepła  $U_w$  dla okien o podwójnym oszkleeniu i 30% udziale powierzchni ramy w całej powierzchni okna wg [7]**

$U_g$ (szklenie) W/(m <sup>2</sup> K)	$U_f$ (rama) W/(m <sup>2</sup> K)								
	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
3,3	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6	4,4
3,1	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	4,3
2,9	2,4	2,5	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	4,1
2,7	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1	3,2	4,0
2,5	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1	3,9
2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9	3,8
2,1	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	3,6
1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7	3,5
1,7	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	3,3
1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	3,2
1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	3,1
1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,9

## 6 Wymagania dotyczące rozwiązań architektoniczno-konstrukcyjnych budynku

Maksymalne aktualnie obowiązujące wartości współczynników przenikania ciepła U dla ścian, stropów, stropodachów, okien i drzwi balkonowych dla budynku mieszkalnego i zamieszkania zbiorowego, budynku użyteczności publicznej, budynku produkcyjnego, magazynowego i gospodarczego podano w załączniku nr 2 do „Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” (Dz.U. Nr 75, poz. 690

wraz z późniejszymi zmianami, ostatnia istotna zmiana z dnia 6 listopada 2008 r.) [8]. Poniżej podano wymagania dla budynku mieszkalnego i zamieszkania zbiorowego.

**Tabela 6.1. Maksymalne wartości współczynnika U ścian, stropów i stropodachów - budynek mieszkalny i zamieszkania zbiorowego**

Lp	Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	$U(\max)$ W/(m <sup>2</sup> K)
1	Ściany zewnętrzne (stykające się z powietrzem zewnętrznym: a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ (niezależnie od rodzaju ściany) b) przy $t_i \leq 16^\circ\text{C}$ (niezależnie od rodzaju ściany)	0,30 0,80
2	Ściany wewnętrzne między pomieszczeniami ogrzewanymi a nieogrzewanymi, kłatkami schodowymi lub korytarzami	1,00
3	Ściany przylegające do szczelin dylatacyjnych o szerokości: a) do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokość co najmniej 20 cm b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	1,00 0,70
4	Ściany nie ogrzewanych kondygnacji podziemnych	bez wymagań
5	Dachy, stropodachy i stropy pod nie ogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) przy $t_j > 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} < t_j \leq 16^\circ\text{C}$	0,25 0,50
6	Stropy nad piwnicami nie ogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi, podłogi na gruncie	0,45
7	Stropy nad ogrzewanymi kondygnacjami podziemnymi	bez wymagań
8	Ściany wewnętrzne oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nie ogrzewanego	1,00

$t_i$  – Temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu zgodnie z par. 134 ust 2 rozporządzenia

**Tabela 6.2. Maksymalne wartości współczynnika U okien, drzwi balkonowych i drzwi zewnętrznych - budynek mieszkalny i zamieszkania zbiorowego**

Lp.	Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne	$U_k(\max)$ W/(m <sup>2</sup> K)
1.	Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne w pomieszczeniach o $t_j \geq 16^\circ\text{C}$ a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	1,8 1,7
2	Okna połaciowe (bez względu na strefę klimatyczną) w pomieszczeniach o $t_j \geq 16^\circ\text{C}$	1,8
3	Okna w ścianach oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nie ogrzewanych	2,6
4	Okna pomieszczeń piwnicznych i poddaszy nie ogrzewanych oraz nad kłatkami schodowymi nie ogrzewanymi	bez wymagań
5	Drzwi zewnętrzne wejściowe	2,6

## 7 Diagnostyka przegród w zakresie ochrony cieplnej

### 7.1 Wartości współczynnika przenikania ciepła wg roku oddania budynku do użytkowania

Wartości współczynnika przenikania ciepła można w dużym przybliżeniu ocenić na podstawie znajomości roku oddania budynku do użytkowania. Wg tego roku orientujemy się jakie w tym czasie obowiązywały przepisy budowlane dotyczące ochrony cieplnej budynków i zakładając, że budynek został zbudowany zgodnie z tymi przepisami – możemy określić orientacyjne wartości współczynnika przenikania ciepła.

**Tabela 7.1. Wartości współczynnika przenikania ciepła wg ich roku oddania budynku do użytkowania**

Rok oddania budynku do użytkowania	Podstawowy przepis dot. wymagań ochrony cieplnej budynków	$k_{\max} / U_{\max}$ W/(m <sup>2</sup> *K)
Do 1966		1,16-1,40
1967-1985	PN -64/B-03404 PN-74/ B-03404	1,16
1986-1992	PN-82/B-02020 od 1.1.1983	0,75
1993-1997	PN-91 /B-02020 od 1.1.1992	0,55
Obecnie (od 1998)	Rozporz. : Warunki Techniczne jakim powinny odpowiadać budynki [8]	0,30- 0,50

## 7.2 Określenie wartości współczynnika przenikania ciepła z danych rzeczywistych

Określenie współczynników przenikania ciepła dla przegród w istniejącym budynku można określić na podstawie dokumentacji technicznej budynku lub na podstawie przeprowadzonych badań tj. wykonania odkrywek i pomiarów, a następnie obliczenia oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła.

Dla oceny jakości ochrony cieplnej można także wykonać badania termowizyjne. Pomiary powinny być wykonane przy temperaturze zewnętrznej nie wyższej niż 5°C, przy różnicy temperatur powietrza wewnątrz i na zewnątrz budynku wynoszącej co najmniej 10 K. Badania termowizyjne pozwalają na wykrycie miejsc w których występuje złe zaizolowanie termiczne, nieszczelności lub zawilgocenie.

## 8 Literatura

1. PN-EN ISO 6946:2002 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
2. PN-EN ISO 13370:2001. Właściwości cieplne budynków – Wymiana ciepła przez grunt – Metody obliczania.
3. PN-EN ISO 10211-1 Mostki cieplne w budynkach- strumień ciepła i temperatura powierzchni. Ogólne metody obliczania.
4. PN –EN ISO 10211-2 Mostki cieplne w budynkach- strumień ciepła i temperatura powierzchni. Liniowe mostki cieplne.
5. PN-EN ISO 14683:2001 Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne.
6. PN EN 12831 :2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
7. PN-EN ISO 10077-1:2002 Właściwości cieplne okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część 1: metoda uproszczona.
8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12.04.2002 w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 690, poz. 75 z późniejszymi zmianami).
9. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały Budowlane” nr 3/2005.

**9 Załączniki****Tabela 9.1. Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych, materiałów wg danych Zakładu Fizyki Ciepłej ITB [9]**

Grupa materiałowa lub zastosowanie	Gęstość $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Obliczeniowy wsp. przewodzenia ciepła $\lambda$ [W/m·K]	Ciepło właściwe $c_p$ [J/(kg·K)]	Współczynnik oporu dyfuzyjnego $\mu$	
				suchy	mokry
Beton z żuźla pumekowego lub granulowanego	1800	0,70	1 000	15	15
	1 600	0,58	1 000	12	12
	1 400	0,50	1 000	10	10
	1 200	0,40	1 000	8	8
	1 000	0,33	1 000	5	5
Beton z żuźla paleniskowego	1 800	0,85	1 000	15	15
	1 600	0,72	1 000	12	12
	1 400	0,60	1 000	10	10
	1 200	0,50	1 000	8	8
Beton z kruszywa keramzytowego	1 600	0,90	1 000	15	15
	1 400	0,72	1 000	12	12
	1 300	0,62	1 000	10	10
	1 200	0,54	1 000	8	8
	1 100	0,46	1 000	6	6
	1 000	0,39	1 000	4	4
Mur z betonu komórkowego na cienkowarstwowej zaprawie klejącej lub na zaprawie ciepłochronnej	800	0,30	1 000	10	10
	700	0,25	1 000	8	8
	600	0,22	1 000	7	7
	500	0,18	1 000	6	6
	400	0,15	1 000	5	5
Mur z betonu komórkowego na zaprawie cementowo-wapiennej, ze spoinami grubości większej niż 1,5 cm	800	0,38	1 000	10	10
	700	0,35	1 000	8	8
	600	0,30	1 000	7	7
	500	0,25	1 000	6	6
Wiórobeton i wiórotrocino-beton	1 000	0,30	1 500	10	10
	900	0,26	1 500	8	8
	800	0,22	1 500	7	7
	700	0,19	1 500	6	6
	600	0,17	1 500	5	5
	500	0,15	1 500	4	4
Mur z cegły ceram. pełnej	1 800	0,77	1 000	5-10	5-10
Mur z cegły dziurawki	1 400	0,62	1 000	5-10	5-10
Mur z cegły kratówki	1 300	0,56	1 000	5-10	5-10
Mur z pustaków ceramicznych drążonych szczelinowych na zaprawie cementowo-wapiennej	1 200	0,45	1 000	3-5	3-5
	1 100	0,40	1 000	3-5	3-5
	1 000	0,36	1 000	3-5	3-5
	900	0,33	1 000	3-5	3-5
	800	0,30	1 000	3-5	3-5
Mur z pustaków ceramicznych drążonych szczelinowych na zaprawie ciepłochronnej	1 200	0,42	1 000	3-5	3-5
	1 100	0,36	1 000	3-5	3-5
	1 000	0,32	1 000	3-5	3-5
	900	0,28	1 000	3-5	3-5
	800	0,25	1 000	3-5	3-5
Mur z cegły silikatowej pełnej	1 900	0,90	1 000	20	20
Mur z cegły silikatowej drążonej i bloków drąż.	1 600	0,80	1 000	15	15
	1 500	0,75	1 000	15	15
Mur z cegły klinkierowej	1 900	1,05	1 000	50-100	15-100
Szkło piankowe	300	0,07	1 000	$\infty$	$\infty$
Wyroby z włókna szklanego - maty i filce - płyty - granulaty	10-10	0,045	1 030	1	1
	>20	0,050	1 030	1	1
	15-60	0,055	1 030	1	1
Wyroby z włókna szklanego - maty i płyty wypełniające - płyty obciążane - płyty fasadowe - płyty dachowe - płyty lamelowe - granulaty	40-80	0,045	1 030	1	1
	100-160	0,042	1 030	1	1
	140-150	0,043	1 030	1	1
	90-200	0,045	1 030	1	1
	80-150	0,046	1 030	1	1
	20-60	0,050	1 030	1	1

Grupa materiałowa lub zastosowanie	Gęstość $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Obliczeniowy wsp. przewodzenia ciepła $\lambda$ [W/m·K]	Ciepło właściwe $c_p$ [J/(kg·K)]	Współczynnik oporu dyfuzyjnego $\mu$	
				suchy	mokry
Styropian (EPS)	12	0,045	1 450	60	60
	15	0,043	1 450	60	60
	20	0,040	1 450	60	60
	30	0,036	1 450	60	60
Polistyren ekstrudowany (XPS) j.w. w stropodachu odwróc.	>28	0,035	1 450	150	150
		0,040	1 450	150	150
Pianka poliuretanowa - w szczelnej osłonie - w pozostałych przypadkach - natryskowe	30-60	0,025	1 400	60	60
		0,035	1 400	60	60
	30-60	0,045	1 400	60	60
Pianka polietylenowa	35	0,05	1 450	500	500
Granulat celulozowy	30-70	0,06	1 400	1	1

**Tabela 9.2. Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych, komponentów i materiałów wg normy PN-91/B-02020 ( na zasadzie literatury technicznej).**

Lp.	Nazwa materiału	Gęstość objętościowa w stanie suchym (średnia) kg/m <sup>3</sup>	Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda$ , W/(m·K)		Ciepło właściwe w stanie suchym kJ/(kg·K)	Współczynnik przepuszczania pary wodnej 10 <sup>-4</sup> g/(m·h·hPa)
			warunki średnio wilgotne	warunki wilgotne		
1	2	3	4	5	6	7
	<b>Asfalty</b>					
1	Asfalt ponaftowy	1050	0,17	0,17	0,92	0,075
2	Asfalt lany	1800	0,75	0,75	0,92	7,5
3	Asfaltobeton	2100	1,00	1,00	0,92	7,5
	<b>Beton i ściany z betonu</b>					
4	Żelbet	2500	1,70	1,80	0,84	30
5	Beton zwykły z kruszywa kamiennego	2400	1,70	1,80	0,84	30
		2200	1,30	1,50	0,84	45
		1900	1,00	1,10	0,84	75
6	Beton jamisty z kruszywa kamiennego	1900	1,00	1,10	0,84	200
7	Beton z kruszywa wapiennego	1600	0,72	0,80	0,84	150
		1400	0,60	0,70	0,84	180
		1200	0,50	0,60	0,84	260
8	Beton z żużla pumekowego lub granulowanego	1800	0,70	0,80	0,84	65
		1600	0,58	0,68	0,84	75
		1400	0,50	0,58	0,84	180
		1200	0,40	0,47	0,84	260
		1000	0,33	0,40	0,84	300

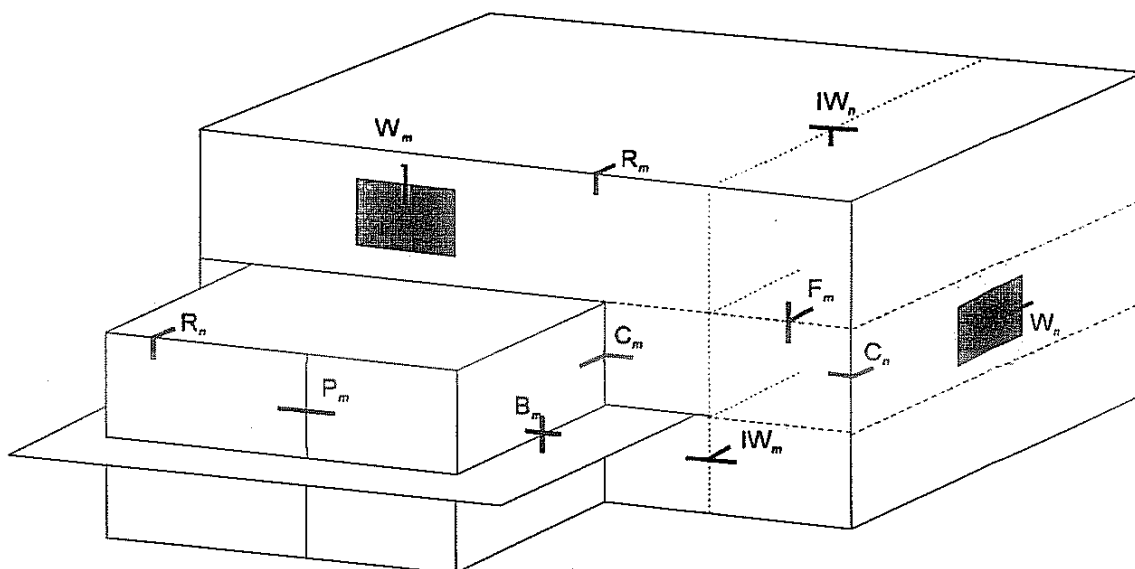
1	2	3	4	5	6	7
9	Beton z żuźla paleniskowego	1800	0,85	0,95	0,84	75
		1600	0,72	0,80	0,84	150
		1400	0,60	0,67	0,84	180
		1200	0,50	0,56	0,84	260
10	Beton z kruszywa keramzytowego	1600	0,90	1,00	0,84	80
		1400	0,72	0,80	0,84	150
		1300	0,62	0,68	0,84	180
		1200	0,54	0,60	0,84	225
		1100	0,46	0,51	0,84	260
		1000	0,39	0,43	0,84	300
11	Ściana z dużych bloków betonu komórkowego (bez tynku) lub na zaprawie o przewodności cieplnej równej przewodności cieplnej betonu komórkowego	800	0,29	0,35	0,84	150
		700	0,25	0,30	0,84	180
		600	0,21	0,25	0,84	225
		500	0,17	0,22	0,84	225
12	Ściana z bloczków z betonu komórkowego na zaprawie cementowo-wapiennej bez tynku, ze spoinami o grubości nie większej niż 1,5 cm przy gęstości objętościowej betonu	800	0,38	0,44	0,84	150
		700	0,35	0,40	0,84	225
		600	0,30	0,35	0,84	225
		500	0,25	0,30	0,84	226
13	Wiórobeton i wiórotrocino-beton	1000	0,30	0,35	1,46	225
		900	0,26	0,30	1,46	240
		800	0,22	0,25	1,46	260
		700	0,19	0,22	1,46	320
		600	0,17	0,20	1,46	375
		500	0,15	0,18	1,46	450
<b>Drewno i materiały drewnopochodne</b>						
14	Sosna i świerk — w poprzek włókien — wzdłuż włókien	550	0,16	0,20	2,51	60
			0,30	0,35	2,51	320
15	Dąb — w poprzek włókien — wzdłuż włókien	800	0,22	0,26	2,51	55
			0,40	0,46	2,51	300
16	Sklejka	600	0,16	0,20	2,51	20
17	Płyty pilśniowe porowate	300	0,05	0,06	2,51	180
18	Płyty pilśniowe twarde	1000	0,18	0,21	2,51	20
<b>Wyroby gipsowe zabezpieczone przed zawilgoceniem</b>						
19	Płyty i bloki z gipsu	1000	0,35	0,40	0,84	105
		900	0,30	0,35	0,84	110
20	Gipsobeton piaskowy	1300	0,52	0,62	0,84	135
		1200	0,45	0,52	0,84	150
21	Gazogips	500	0,19	0,28	0,84	375
22	Płyty gipsowo-kartonowe	1000	0,23	0,29	1,00	75
23	Estrichgips czysty	1800	1,00	1,10	0,84	120
24	Estrichgips z piaskiem	1900	1,20	1,30	0,84	—
<b>Kamienie naturalne</b>						
25	Marmur, granit	2800	3,50	3,70	0,92	7,5
26	Piaskowiec	2400	2,20	2,40	0,92	38
27	Wapień zwykły	2000	1,15	1,40	0,92	60
28	Wapień porowaty	1700	0,92	1,15	0,92	75
		1400	0,64	0,76	0,92	150
29	Mur z kamienia łamanego z zawartością zaprawy 35% (objętościowo) przy gęstości objętościowej kamienia 2800 kg/m <sup>3</sup>	2400	2,55	2,75	0,92	22

1	2	3	4	5	6	7
	<b>Mur z cegły (przy grubości spoin nie większej niż 1,5 cm)</b>					
30	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej (bez tynku)	1800	0,77	0,91	0,88	105
31	Mur z cegły dziurawki na zaprawie cementowo-wapiennej (bez tynku)	1400	0,62	0,70	0,88	135
32	Mur z cegły kratówki na zaprawie cementowo-wapiennej (bez tynku)	1300	0,56	0,62	0,88	150
33	Mur z cegły silikatowej pełnej	1900	1,00	1,10	0,88	105
34	Mur z cegły silikatowej drażonej	1600	0,80	0,90	0,88	—
35	Mur z cegły klinkierowej	1900	1,05	1,15	0,88	135
	<b>Materiały termoizolacyjne</b>					
36	Płyty korkowe ekspandowane	150	0,045	0,050	2,06	75
37	Płyty korkowe asfaltowane	250	0,070	0,075	1,38	60
38	Płyty ze słomy	300	0,080	0,10	1,46	480
39	Płyty z trzciny	250	0,070	0,10	1,46	480
40	Płyty z paździerzki lnianych na lepiszczu syntetycznym	700	0,13	0,15	1,46	34
		500	0,10	0,12	1,46	60
		300	0,075	0,09	1,46	110
		600	0,15	0,19	2,09	300
41	Płyty wiórkowo-cementowe	450	0,14	0,16	2,09	375
42	Płyty wiórowe na lepiszczu syntetycznym	700	0,13	0,15	2,09	34
		300	0,07	0,09	2,09	150
43	Szkló piankowe „białe”	300	0,12	0,13	0,84	22
44	Szkló piankowe „czarne”	180	0,07	0,07	0,84	15
45	Maty z włókna szklanego	60—100	0,045	0,050	0,84	600
46	Wełna mineralna luzem	40—80				
	— w ścianach		0,043	0,050	0,75	480
	— na stropie poddasza		0,052	0,052	0,75	480
47	Filce, maty i płyty z wełny mineralnej:	60—80				
	— w ścianach pełnych		0,045	0,050	0,75	480
	— na stropie poddasza i w ścianach ze szczeliną powietrzną wentylowaną		0,052	0,052	0,75	480
48	Płyty z wełny mineralnej:	100—160				
	— przy szczelnym ułożeniu izolacji z przewiązaniem spoin i zabezpieczeniem przed infiltracją powietrza		0,042	0,045	0,75	480
	— w innych przypadkach		0,050	0,055	0,75	480
49	Styropian	20—40				
	— przy szczelnym ułożeniu izolacji z przewiązaniem spoin i przykryciem ich paskami folii		0,040	0,045	1,46	12
	— w innych przypadkach		0,045	0,050	1,46	12
50	Pianka poliuretanowa	30—50	0,035	0,040	1,46	—
51	Pianka poliuretanowa spieniona w szczelnej osłonie, np. w płytach PW8	30—50	0,025	0,025	1,46	—
52	Włóknina syntetyczna	50—150	0,045	0,050	1,46	—
53	Włóknina syntetyczna prasowana	300	0,075	0,080	1,46	—
	<b>Tynki</b>					
54	Tynk lub gładź cementowa	2000	1,00	1,10	0,84	45
55	Tynk lub gładź cementowo-wapienna	1850	0,82	0,90	0,84	45
56	Tynk wapienny	1700	0,70	0,80	0,84	75
57	Jastrych gipsowy	1300	0,52	0,60	0,84	112

**Tabela 9.3. Wartości obliczeniowe oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła  $U_0$  ( $k_0$ ) wybranych przegród o budowie niejednorodnej wg normy PN-91/B-02020 ( na zasadzie literatury technicznej).**

Lp.	Nazwa przegrody, opis	Opór cieplny $R_p$ , m <sup>2</sup> ·K/W		Współczynnik $k_0$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	
		warunki średnio wilgotne	warunki wilgotne	warunki średnio wilgotne	warunki wilgotne
1	2	3	4	5	6
1	Mur z pustaków ceramicznych siedmiorzędowych typu UNI z obustronnym tynkiem na zaprawie cementowej grubości 29 +3 cm grubości 39 +3 cm	0,61 0,79	— —	1,28 1,05	— —
2	J.w. na zaprawie cementowo-wapiennej grubości 39 +3 cm grubości 39 +3 cm	0,69 0,91	— —	1,16 0,93	— —
3	Mur z pustaków ceramicznych jedenastorzędowych typu MAX obustronnie otynkowany grubości 29 +3 cm na zaprawie cementowo-wapiennej na zaprawie cementowej	0,69 0,61	— —	1,16 1,28	— —
4	Mur z dziewiętnastorzędowych pustaków ceramicznych K065J obustronnie otynkowany grubości 39 +3 cm	1,37	—	0,65	—
5	Mur z pustaków ceramicznych K065W obustronnie otynkowany grubości 19 +3 cm grubości 29 +3 cm grubości 39 +3 cm	0,57 0,86 1,17	— — —	1,35 0,97 0,75	— — —
6	Mur z pustaków ceramicznych K065-2W obustronnie otynkowany grubości 42 cm — na zaprawie cementowo-wapiennej — na zaprawie cementowo-wapiennej ze szczeliną powietrzną 2÷3 cm — na zaprawie lekkiej Termor	1,17 1,26 1,37	— — —	0,75 0,70 0,65	— — —
7	Mur z pustaków ceramicznych M-44 obustronnie tynkowany grubości 44 +3 cm na zaprawie cementowo-wapiennej na zaprawie cementowo-wapiennej ze szczeliną powietrzną 2÷3 cm	1,51 1,66	— —	0,60 0,55	— —
8	Mur z pustaków XX żużłobetonowych przy gęstości żużłobetonu w stanie suchym 1400 kg/m <sup>3</sup> , grubości 30 cm, z zasypką z trocin z dodatkiem 10% objętości wapna hydratyzowanego o gęstości 240 kg/m <sup>3</sup>	1,56	—	0,58	—
9	Mur z pustaków XX z piaskobetonu lub betonu zwykłego, grubości 30 cm z zasypką z trocin z dodatkiem 10% wapna hydratyzowanego $\rho = 240 \text{ kg/m}^3$	0,69	—	1,17	—
10	J.w. z zasypką z żużla $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$	0,47	—	1,67	—
11	Mur z pustaków ALFA żużłobetonowych obustronnie tynkowany grubości 40 cm grubości 26 cm	0,77 0,43	— —	1,07 1,68	— —
12	Mur z pustaków ALFA keramzytobetonowych obustronnie otynkowany przy gęstości keramzytobetonu w stanie suchym 1300 kg/m <sup>3</sup> grubości 40 cm	0,88	—	0,96	—
13	J.w. przy gęstości keramzytobetonu w stanie suchym 1450 kg/m <sup>3</sup> ÷1800 kg/m <sup>3</sup> grubości 26 cm grubości 40 cm	0,39 0,78	— —	1,80 1,06	— —
14	Mur z luksferów (bez szczeliny powietrznej) grubości 5 cm	0,05	—	4,60	—
15	Mur z pustaków szklanych grubości 8 cm	0,22	—	2,58	—
16	Strop żelbetowy kanałowy o wysokości 22÷26 cm (np. strop Żerań, SPIROLL)	0,18	0,17	—	—
17	Strop gęstożebrowy z wypełnieniem pustakami ceramicznymi bez przepony poziomej (np. strop Akermana), z górną płytą betonową grubości 3 cm; sufit tynkowany przy wysokości pustaka 15 cm 18 cm 22 cm	0,20 0,21 0,26	0,18 0,20 0,24	— — —	— — —
18	Strop gęstożebrowy z wypełnieniem pustakami żelbetonowymi, gruzobetonowymi itp. bez przepony poziomej (np. DZ, DMS) z górną płytą betonową grubości do 3 cm, sufit tynkowany przy wysokości pustaków 20 cm 24 cm 26 cm 31 cm	0,23 0,26 0,28 0,29	0,21 0,23 0,25 0,25	— — — —	— — — —
19	Strop gęstożebrowy z wypełnieniem pustakami ceramicznymi z przeponą poziomą (np. FERT 45, FERT 40) z górną płytą betonową grubości 3 cm, sufit otynkowany przy wysokości pustaków 20 cm	0,21	—	—	—

Tabela 9.4. Wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła dla wybranych przypadków przy zastosowaniu wymiarów zewnętrznych. Wg normy PN-EN ISO 14683 [5].



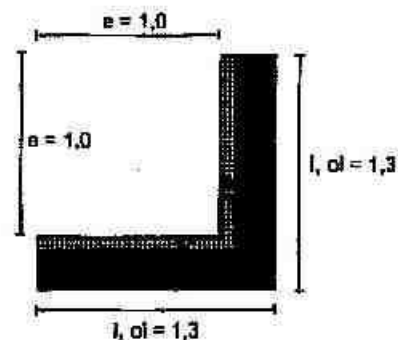
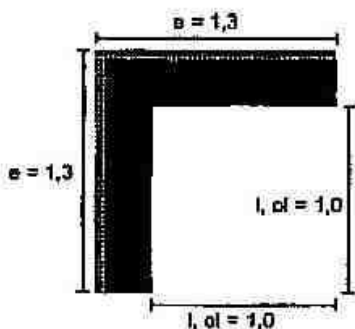
Rysunek 1: Budynek z pokazaniem lokalizacji i typu zwykle występujących mostków cieplnych zgodnie ze schematem podanym poniżej

W przypadku każdego typu mostka cieplnego i położenia zasadniczej warstwy izolacyjnej pokazano ogólny szkic detalu oraz trzy wartości  $\Psi$ :

- $\Psi_i$  – opartego na wymiarach wewnętrznych,
- $\Psi_{oi}$  – opartego na całkowitych wymiarach wewnętrznych,
- $\Psi_e$  – opartego na wymiarach zewnętrznych.

 Ściana	 Lekka ściana (włącznie ze ścianami lekkimi murowymi i drewnianymi szkieletowymi)	 Warstwa izolacyjna	 Płyta/słup	 Ościeżnica
--	--	--	--	--

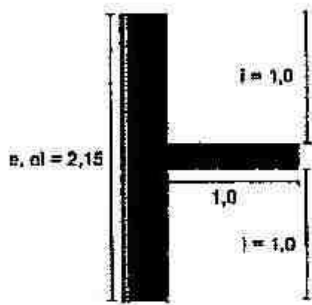
**Naroża:**



**C1**  
 $\Psi_e = -0,05$   
 $\Psi_{oi} = 0,15$   
 $\Psi_i = 0,15$   
 $L^{2D} = 0,84$

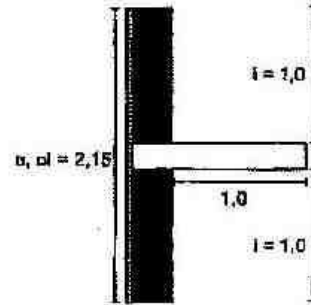
**C5**  
 $\Psi_e = 0,00$   
 $\Psi_{oi} = -0,20$   
 $\Psi_i = -0,20$   
 $L^{2D} = 0,71$

**Ściany wewnętrzne:**



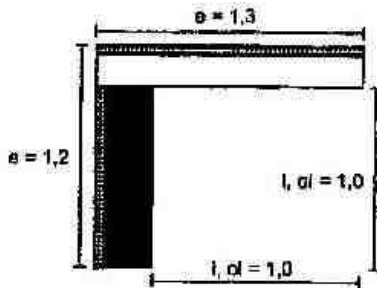
IW1  $\Psi_e = 0,00$   
 $\Psi_{cl} = 0,00$   
 $\Psi_f = 0,05$   
 $L^{2D} = 0,74$

**Stropy:**

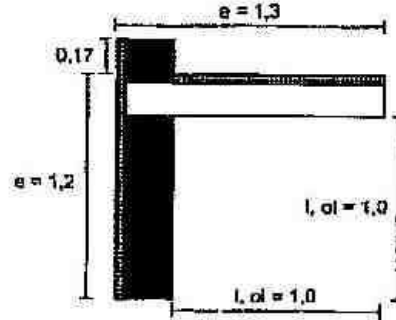


F1  $\Psi_e = 0,00$   
 $\Psi_{cl} = 0,00$   
 $\Psi_f = 0,05$   
 $L^{2D} = 0,74$

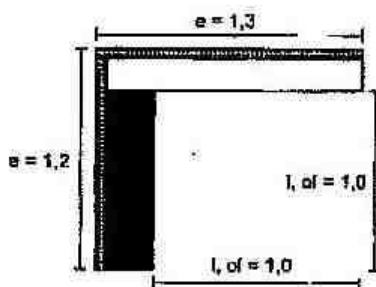
**Dachy:**



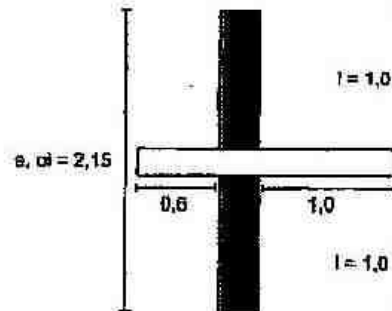
R1  $\Psi_e = 0,55$   
 $\Psi_{cl} = 0,70$   
 $\Psi_f = 0,70$   
 $L^{2D} = 1,42$



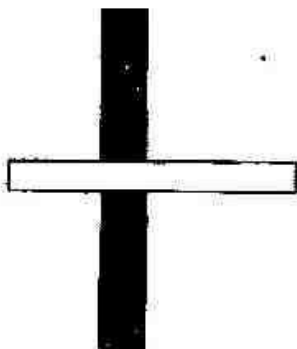
R5  $\Psi_e = 0,55$   
 $\Psi_{cl} = 0,70$   
 $\Psi_f = 0,70$   
 $L^{2D} = 1,42$



R9  $\Psi_e = -0,05$   
 $\Psi_{cl} = 0,15$   
 $\Psi_f = 0,15$   
 $L^{2D} = 0,84$

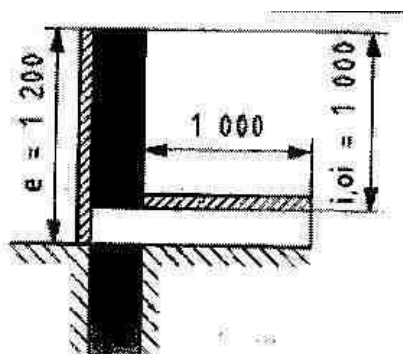


B1  $\Psi_e = 0,85$   
 $\Psi_{cl} = 0,85$   
 $\Psi_f = 0,90$   
 $L^{2D} = 1,57$



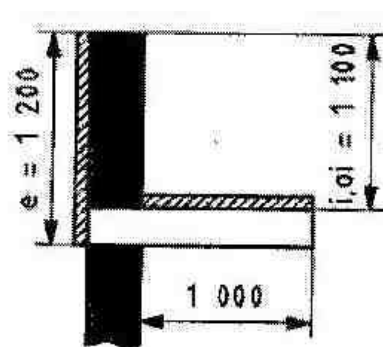
**B4**  $\Psi_e = 0,70$   
 $\Psi_{oi} = 0,70$   
 $L^{2D} = 1,49$   $\Psi_i = 0,75$

Podłogi na gruncie:



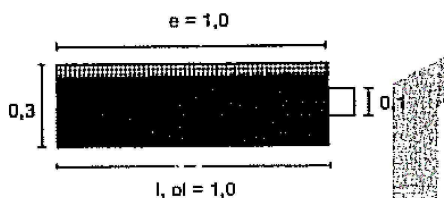
**GF5**  $\Psi_e = 0,60$   
 $\Psi_{oi} = 0,75$   
 $\Psi_i = 0,75$

Podłogi podwieszane:



**GF13**  $\Psi_e = 0,60$   
 $\Psi_{oi} = 0,80$   
 $\Psi_i = 0,80$

Otwory okienne:



**W7**  $\Psi_e = 0,35$   
 $\Psi_{oi} = 0,35$   
 $L^{2D} = 0,70$   $\Psi_i = 0,35$



**W18**  $\Psi_e = 0,20$   
 $\Psi_{oi} = 0,20$   
 $L^{2D} = 0,57$   $\Psi_i = 0,20$