

Przykłady obliczenia wartości współczynników przenikania ciepła U_C

1. Ściana zewnętrzna dwuwarstwowa
2. Ściana wewnętrzna między piwnicą ogrzewaną a nieogrzewaną
3. Połacie dachowa (przegroda niejednorodna)
4. Posadzka na gruncie (na parterze i w piwnicy)
5. Ściana piwnic (stykająca się z gruntem)

Skąd wziąć λ ?

- Dane producenta (aprobata techniczna, certyfikat zgodności dla wyrobu),
- Norma PN-EN 12524:2003 (norma aktualna),
- Norma PN-EN ISO 6946:1999 (norma nieaktualna, ale zawiera dane tabelaryczne dla różnych materiałów budowlanych)

Aktualne wymagania wartości $U_{(max)}$ wg WT (wartość współczynnika przenikania ciepła dla przegród musi być nie większa niż wartość dopuszczalna)

$$U_C \leq U_{(max)}$$

Tabela 1. Aktualne wymagania wartości $U_{(max)}$ wg WT dla budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego

Lp.	Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)} [W/(m^2 \cdot K)]^{max}$		
		od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 1 stycznia 2021 r.*)
1	2	3		
1	Ściany zewnętrzne:			
	a) przy $t_i > 16^\circ$	0,25	0,23	0,20
	b) przy $8^\circ C < t_i < 16^\circ C$	0,45	0,45	0,45
	c) przy $t_i < 8^\circ C$	0,90	0,90	0,90
2	Ściany wewnętrzne:			
	a) przy $At > 8^\circ C$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy	1,00	1,00	1,00
	b) przy $At_i < 8^\circ C$	bez wymagań	bez wymagań	bez wymagań
	c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,30	0,30	0,30
3	Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości:			
	a) do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokości co najmniej 20 cm	1,00	1,00	1,00
	b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	0,70	0,70	0,70
4	Ściany nieogrzewanych kondygnacji podziemnych	bez wymagań	bez wymagań	bez wymagań

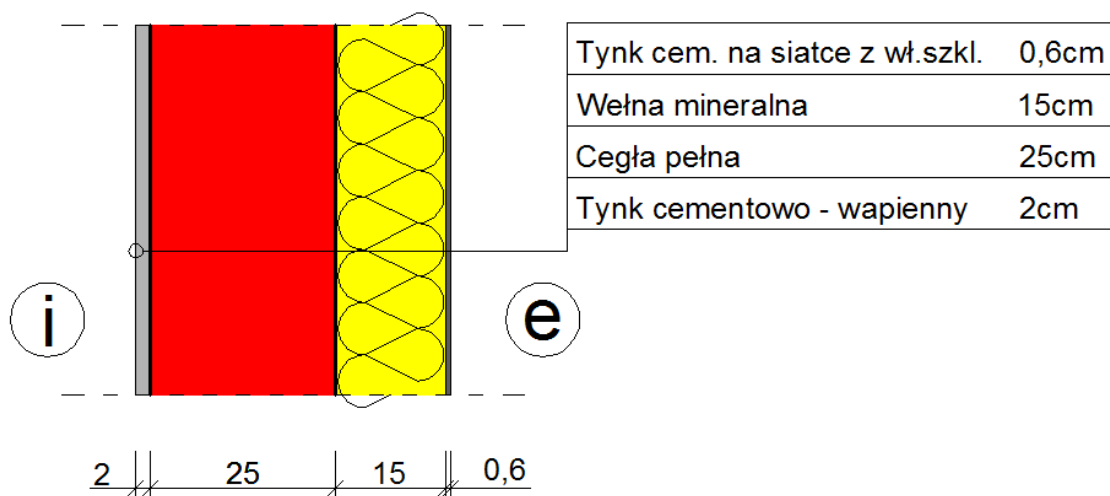
5	Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} < t_i < 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,20 0,30 0,70	0,18 0,30 0,70	0,15 0,30 0,70
6	Podłogi na gruncie: a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} < t_i < 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,30 1,20 1,50	0,30 1,20 1,50	0,30 1,20 1,50
7	Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi: a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} < t_i < 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,25 0,30 1,00	0,25 0,30 1,00	0,25 0,30 1,00
8	Stropy nad ogrzewanymi pomieszczeniami podziemnymi i stropy międzykondygnacyjne: a) przy $A_t > 8^\circ\text{C}$ b) przy $A_t < 8^\circ\text{C}$ c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	1,00 bez wymagań 0,25	1,00 bez wymagań 0,25	1,00 bez wymagań 0,25

Pomieszczenie ogrzewane - pomieszczenie, w którym na skutek działania systemu ogrzewania lub w wyniku bilansu strat i zysków ciepła utrzymywana jest temperatura, której wartość została określona w § 134 ust. 2 rozporządzenia. t_i - Temperatura pomieszczenia ogrzewanego zgodnie z § 134 ust. 2 rozporządzenia.

* Od 1 stycznia 2019 r. - w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.

1. Ściana zewnętrzna dwuwarstwowa

1.1. Schemat ściany zewnętrznej



Rys. 1. Schemat ściany zewnętrznej

1.2. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla ściany zewnętrznej

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \left[\frac{m}{\frac{W}{m \cdot K}} \right]$$

Tabela 2. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla ściany zewnętrznej

Ściana zewnętrzna dwuwarstwowa				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i / \lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przyjmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,130
1	Tynk cementowo - wapienny	0,020	0,820	0,024
2	Cegła pełna	0,250	0,770	0,325
3	Wełna mineralna	0,150	0,033	4,545
4	Tynk cementowy na siatce z włókna szklanego	0,006	1,000	0,006
-	Opór przyjmowania od strony zewnętrznej, R_{se}	-	-	0,040
Środowisko zewnętrzne				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se}, [m^2 K/W]$				5,071

1.3. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła U

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,071} = 0,197 \frac{W}{m^2 K}$$

1.4. Obliczenie poprawionego współczynnika przenikania ciepła U_C

$$U_C = U + \Delta U$$

Obliczenie członu korekcyjnego ΔU :

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

gdzie:

ΔU_g – poprawka ze względu na pustki powietrzne (zakładamy brak pustek powietrznych tzn. nieszczelności), więc jest równa 0 dlatego, że warstwa izolacji jest wykonana w sposób ciągły złączeniem na zakład),

ΔU_f – poprawka ze względu na łączniki mechaniczne (tą liczymy),

ΔU_r – poprawka ze względu na dach o odwróconym układzie warstw (nie dotyczy czyli równa 0).

1.6. Obliczenie wartości poprawki ΔU_f

$$\Delta U = \Delta U_f$$

gdzie:

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_{1,h}}{R_{T,h}} \right)^2$$



Rys. 2. Przyjęty łącznik mechaniczny – średnica całkowita łącznika 10mm, średnica rdzenia ze stali ocynkowanej 8mm, długość 200mm, w tym 50 mm zakotwienia

- α – 0,8 (łącznik całkowicie przebija warstwę izolacji),
- λ_f – 50 W/mK (dla stali),
- A_f – $5,03 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ (dla średnicy rdzenia łącznika ze stali ocynkowanej $\varnothing 8\text{mm}$, koszulkę z polipropylenu można pominąć),
- n_f – 4 szt/m² (wynika z typu, materiału rdzenia i średnicy łącznika),
- d_0 – 0,15m (grubość przebijanej warstwy izolacji),
- $R_{1,h}$ – 4,545 m²K/W (opór cieplny przebijanej warstwy izolacji),

$R_{T,h} = 5,071 \text{ m}^2\text{K/W}$ (opór cieplny całej przegrody).

$$\Delta U_f = 0,8 \frac{50 \cdot 5,03 \times 10^{-5} \cdot 4}{0,15} * \left(\frac{4,545}{5,071} \right)^2 = 0,043 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

1.7. Podstawienie wartości U i ΔU do wzoru na U_c

$$U = 0,197 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad \Delta U_f = 0,043 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$U_c = U + \Delta U = 0,197 + 0,043 = 0,240 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$U_c = 0,240 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \leq U_{(max)} = 0,25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

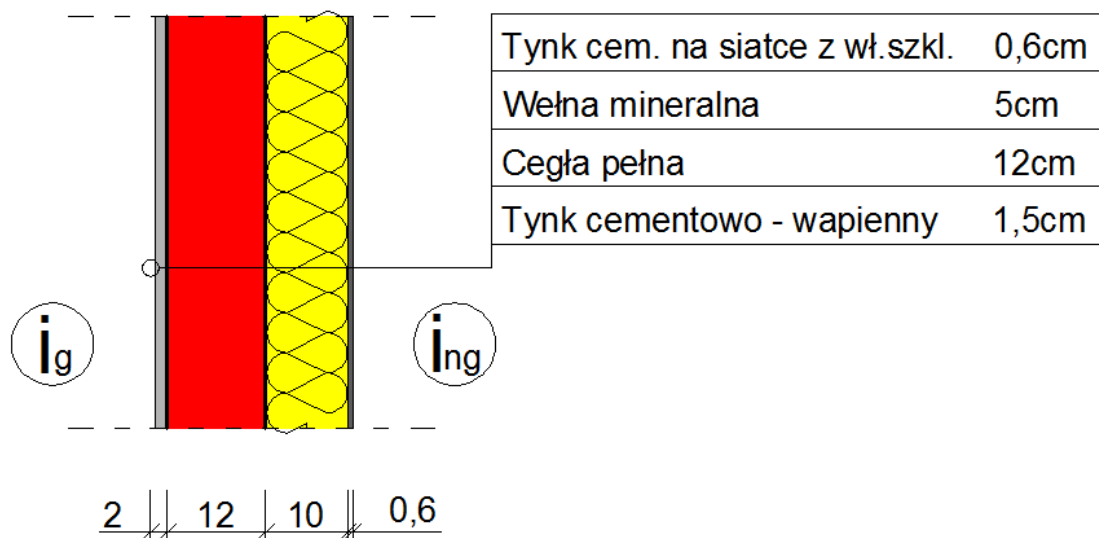
Warunek spełniony. Przegroda jest poprawnie zaprojektowana pod względem aktualnych wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej.

Uwaga!

W ścianie trójwarstwowej, warstwa licowa jest połączona z warstwą konstrukcyjną kotwami, które spinając obie te warstwy, przebijają warstwę izolacji w punktach kotwienia. W tym wypadku, kotwy wykonuje się najczęściej, wyginając z pręta ze stali gładkiej kształt typu „S” albo „Z” i przyjmuje się w ilości ok. 4 szt./m² dla średnicy 6mm albo ok. 6 szt./m² dla średnicy pręta 4mm.

2. Ściana wewnętrzna (np. między częścią ogrzewaną piwnicy a nieogrzewaną)

2.1. Schemat ściany wewnętrznej



Rys. 3. Schemat ściany wewnętrznej

2.2. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla ściany zewnętrznej

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Tabela 3. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla ściany zewnętrznej

Ściana wewnętrzna między piwnicą ogrzewaną a nieogrzewaną				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i / \lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przyjmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,130
1	Tynk wapienno - piaskowy	0,015	0,800	0,019
2	Cegła pełna	0,120	0,770	0,156
3	Wełna mineralna	0,100	0,033	3,030
4	Tynk cementowy na siatce z włókna szklanego	0,006	1,000	0,006
-	Opór przyjmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,130
Środowisko wewnętrzne, nieogrzewane				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se}, [m^2 K/W]$				3,471

2.3. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła U

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3,471} = 0,288 \frac{W}{m^2 K}$$

2.4. Obliczenie poprawionego współczynnika przenikania ciepła U_c

$$U_c = U + \Delta U$$

Obliczenie członu korekcyjnego ΔU :

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

gdzie:

ΔU_g – poprawka ze względu na pustki powietrzne (zakładamy brak pustek powietrznych tzn. nieszczelności), więc jest równa 0 dlatego, że warstwa izolacji jest wykonana w sposób ciągły z łączeniem na zakład),

ΔU_f – poprawka ze względu na łączniki mechaniczne (możemy pominąć - patrz niżej)

ΔU_r – poprawka ze względu na dach o odwróconym układzie warstw (nie dotyczy czyli równa 0).

2.6. Obliczenie wartości poprawki ΔU_f

$$\Delta U = \Delta U_f$$

gdzie:

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2$$



Rys. 4. Przyjęty łącznik mechaniczny – średnica całkowita łącznika 10mm, średnica rdzenia z polipropylenu 6mm, długość 150mm, w tym 50 mm zakotwienia

Wg zapisu w normie PN-EN ISO 6946, poprawki ze względu na łączniki mechaniczne nie stosuje się, jeśli współczynnik przewodzenia łącznika jest mniejszy niż 1 W/mK. Poniższe obliczenia są tylko w celu pokazania, że rzeczywiście wartość takiej poprawki w tym wypadku jest pomijalnie mała.

- α – 0,8 (łącznik całkowicie przebija warstwę izolacji),
- λ_f – 0,22 W/mK (dla polipropylenu),
- A_f – $7,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ (dla średnicy całkowitej łącznika równej 10 mm),
- n_f – 4 szt/m² (wynika z typu, materiału rdzenia i średnicy łącznika),
- d_0 – 0,10 m (grubość przebijanej warstwy izolacji),
- R_1 – 3,030 m²K/W (opór cieplny przebijanej warstwy izolacji),

$R_{T,h} = 3,471 \text{ m}^2\text{K/W}$ (opór cieplny całej przegrody).

$$\Delta U_f = 0,8 \frac{0,22 * 7,85 * 10^{-5} * 4}{0,10} * \left(\frac{3,030}{3,471} \right)^2 = 0,0004 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Jak widać poprawka jest praktycznie równa 0 i do wzoru na U_C podstawiamy wartość poprawki równą 0.

1.7. Podstawienie wartości U i ΔU do wzoru na U_C

$$U = 0,288 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad \Delta U_f = 0,000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

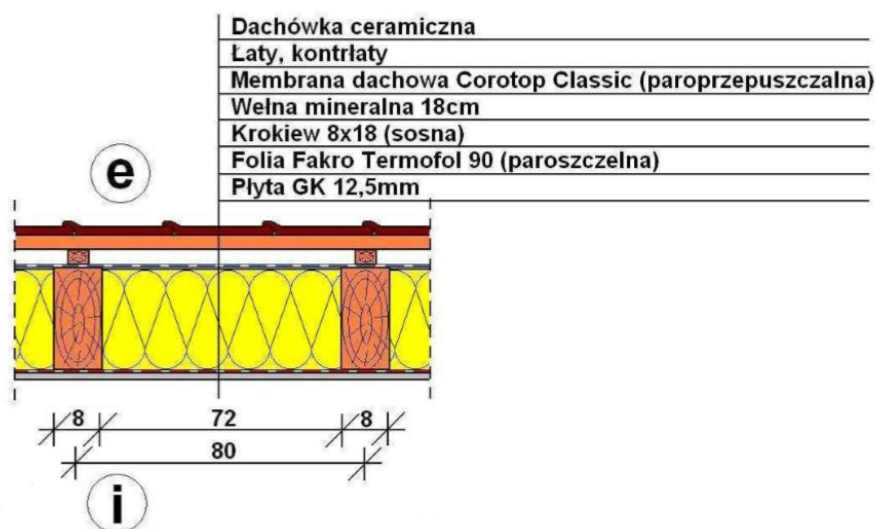
$$U_C = U + \Delta U = 0,288 + 0,000 = 0,288 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$U_C = 0,288 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \leq U_{(max)} = 0,30 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Warunek spełniony. Przegroda jest poprawnie zaprojektowana pod względem aktualnych wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej.

3. Połączenie dachowe

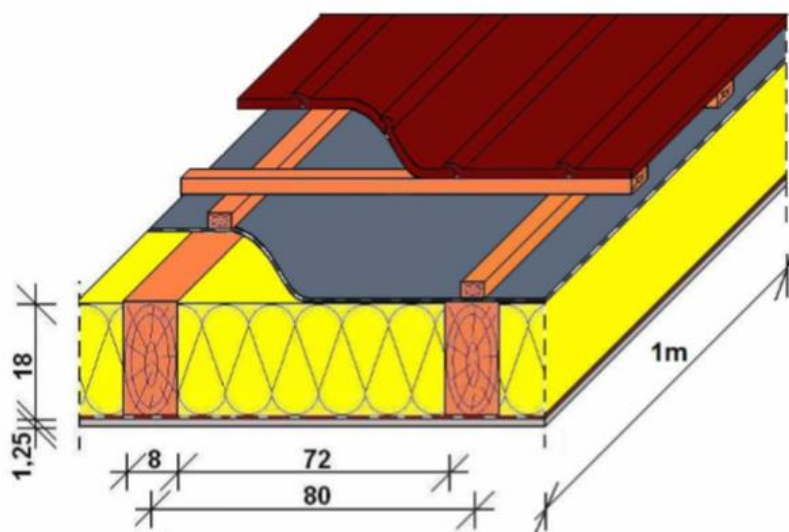
3.1. Schemat połączenia dachowej



Rys. 5. Schemat połączenia dachowej

Przyjęto $\lambda = 0,180 \text{ W/mK}$ dla drewna sosnowego wg PN-EN 12524 jak dla tarcicy 700kg/m^3 oraz $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$ dla wełny mineralnej.

Pamiętamy, że połączenie dachowe jest przegrodą niejednorodną, więc należy obliczyć kresy górny i dolny całkowitego oporu cieplnego albo dla całej przegrody albo dla powtarzalnego wycinka przegrody (tzw. komponentu). W przypadku połączenia dachowej, tym powtarzalnym wycinkiem jest komponent o szerokości równej rozstawowi osiowemu krokwi i jednostkowej długości czyli 1m, co przedstawia Rys.6. Po obliczeniu kresu górnego $R_{T'}$ i dolnego $R_{T''}$ oraz uśrednieniu ich czyli $R_T = (R_{T'} + R_{T''})/2$. Dalsze obliczenia cieplne są identyczne jak dla przegród jednorodnych.



Rys. 6. Schemat komponentu

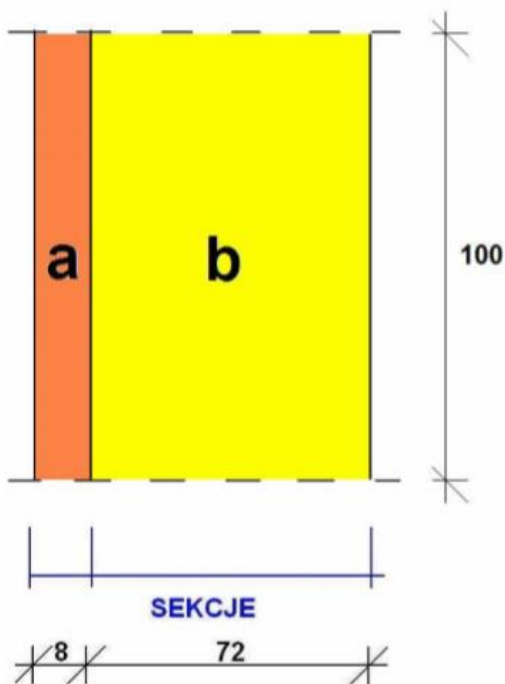
Tabela 4. Połac dachowa – przekrój przez krokiew

Połac dachowa - przekrój przez krokiew (a)				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i=d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Środowisko zewnętrzne				
-	Opór przyjmowania od strony zewnętrznej, R_{se}	-	-	0,040
1	Dachówka ceramiczna	-	-	0,000
2	Łaty	-	-	0,000
3	Kontrłaty	-	-	0,000
4	Membrana dachowa Corotop Classic (paroprzepuszczalna)	-	-	0,000
5	Krokiew 8x18 w rozstawie co 80cm (sosna)	0,180	0,180	1,000
6	Folia Fakro Termofol 90 (paroszczelna)	-	-	0,000
7	Płyta GK 12,5mm	0,0125	0,250	0,050
-	Opór przyjmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,100
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_{se}$, [m ² K/W]				1,190

Tabela 5. Połac dachowa – przekrój przez wełnę mineralną

Połac dachowa - przekrój przez wełnę mineralną (b)				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i=d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Środowisko zewnętrzne				
-	Opór przyjmowania od strony zewnętrznej, R_{se}	-	-	0,040
1	Dachówka ceramiczna	-	-	0,000
2	Łaty	-	-	0,000
3	Kontrłaty	-	-	0,000
4	Membrana dachowa Corotop Classic (paroprzepuszczalna)	-	-	0,000
5	Wełna mineralna dachowa	0,180	0,033	5,455
6	Folia Fakro Termofol 90 (paroszczelna)	-	-	0,000
7	Płyta GK 12,5mm	0,0125	0,250	0,050
-	Opór przyjmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,100
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_3 + R_{se}$, [m ² K/W]				5,645

3.2. Podział połaci dachowej na sekcje



Rys. 7. Podział komponentu połaci dachowej na sekcje

3.3. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla połaci dachowej

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

gdzie:

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

f_i - względne pole powierzchni sekcji

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

3.4. Obliczenie kresu górnego całkowitego oporu cieplnego R_T' dla połaci dachowej (zgodnie z podziałem na sekcje a i b)

$$R_{Ta} = 0,10 + \frac{0,0125}{0,250} + \frac{0,18}{0,180} + 0,04 = 1,190 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_{Tb} = 0,10 + \frac{0,0125}{0,250} + \frac{0,18}{0,033} + 0,04 = 5,645 \frac{m^2K}{W}$$

$$A_{przekroju} = 0,80 * 1,00 = 0,80 m^2$$

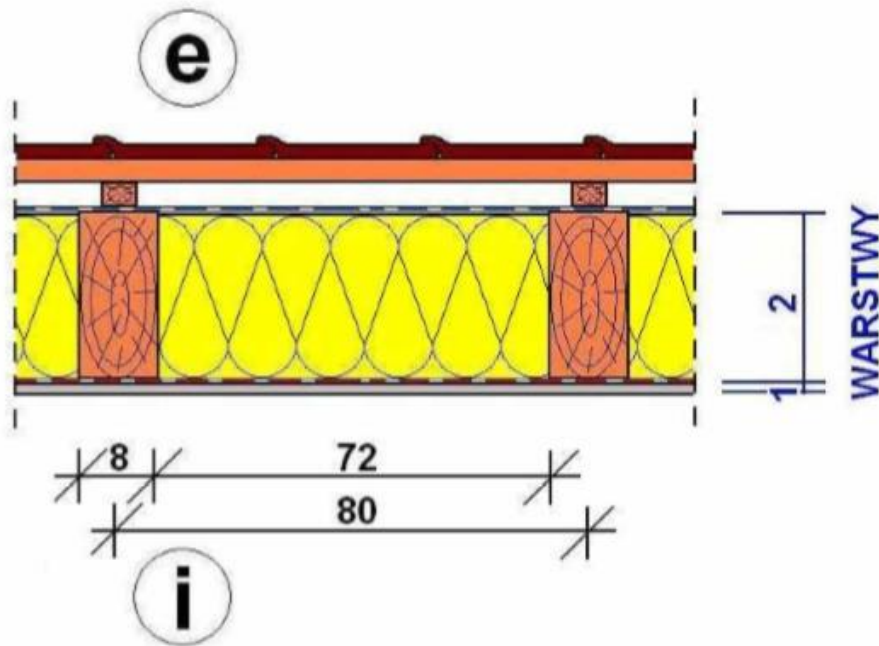
$$f_a = \frac{0,08 * 1,00}{0,8} = 0,10$$

$$f_b = \frac{0,72 * 1,00}{0,8} = 0,90$$

$$\frac{1}{R_{T'}} = \frac{0,10}{1,190} + \frac{0,90}{5,645} = 0,243 \frac{W}{m^2 K}$$

$$R_{T'} = 4,107 \frac{m^2 K}{W}$$

3.5. Podział połaci dachowej na warstwy



Rys. 8. Podział komponentu połaci dachowej na warstwy

3.6. Obliczenie kresu dolnego całkowitego oporu cieplnego $R_{T''}$ dla połaci dachowej (zgodnie z podziałem na warstwy)

$$R_{T''} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

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

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

$$\lambda_1'' = 0,25 * 0,10 + 0,25 * 0,90 = 0,250 \frac{W}{mK}$$

$$\lambda_2'' = 0,18 * 0,10 + 0,033 * 0,90 = 0,047 \frac{W}{mK}$$

$$R_{T''} = 0,10 + \frac{0,0125}{0,25} + \frac{0,18}{0,047} + 0,04 = 4,020 \frac{m^2 K}{W}$$

3.7. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla połaci dachowej

$$R_T = \frac{R_{T'} + R_{T''}}{2} = \frac{4,107 + 4,023}{2} = 4,063 \frac{m^2 K}{W}$$

3.8. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła U

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{4,063} = 0,246 \frac{W}{m^2 K}$$

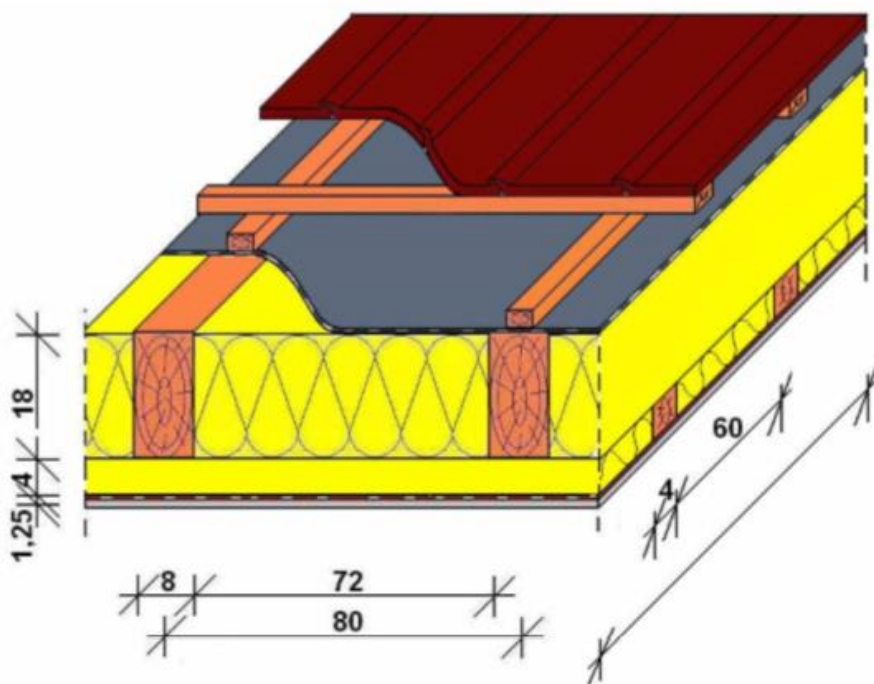
3.9. Obliczenie poprawionego współczynnika przenikania ciepła U_c $\Delta U = 0$

$$U_c = 0,246 \frac{W}{m^2 K} > U_{(max)} = 0,20 \frac{W}{m^2 K}$$

Warunek niespełniony !!! Zwiększyć grubość izolacji i przeliczyć ponownie.

Ponieważ grubości izolacji w połaci dachowej wychodzą zwykle rzędu $> 20\text{cm}$, to należy zastosować podbitki od spodu krokwi (patrz rysunek poniżej) albo lepszy materiał termoizolacyjny o mniejszym λ albo jakieś inne rozwiązanie tak, aby zwiększyć wysokość (grubość) połaci dachowej w celu zmieszczenia wymaganej grubości izolacji cieplnej (np. zastosować profile stalowe zimnogięte).

3.10. Schemat nowej połaci dachowej



Rys. 9. Schemat komponentu

Tabela 6. Połac dachowa – przekrój przez krokiew + wełna podbitki

Poład dachowa - przekrój przez krokiew + wełna podbitki (a)				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i=d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Środowisko zewnętrzne				
-	Opór przejmowania od strony zewnętrznej, R_{se}	-	-	0,040
1	Dachówka ceramiczna	-	-	0,000
2	Łaty	-	-	0,000
3	Kontrłaty	-	-	0,000
4	Membrana dachowa Corotop Classic (paroprzepuszczalna)	-	-	0,000
5	Krokiew 8x18 w rozstawie co 80 cm (sosna)	0,180	0,180	1,000
6	Wełna mineralna między drewnianym rusztem (gr 4 cm)	0,040	0,033	1,212
7	Folia Fakro Termofol 90 (paroszczelna)	-	-	0,000
8	Płyta GK 12,5mm	0,0125	0,250	0,050
-	Opór przejmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,100
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_{se}$ [m²K/W]				2,402

Tabela 7. Poład dachowa – przekrój przez wełnę mineralną + wełna podbitki

Poład dachowa - przekrój przez wełnę mineralną + wełna podbitki (b)				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i=d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Środowisko zewnętrzne				
-	Opór przejmowania od strony zewnętrznej, R_{se}	-	-	0,040
1	Dachówka ceramiczna	-	-	0,000
2	Łaty	-	-	0,000
3	Kontrłaty	-	-	0,000
4	Membrana dachowa Corotop Classic (paroprzepuszczalna)	-	-	0,000
5	Wełna mineralna dachowa	0,180	0,033	5,455
6	Wełna mineralna między drewnianym rusztem (gr 4 cm)	0,040	0,033	1,212
7	Folia Fakro Termofol 90 (paroszczelna)	-	-	0,000
8	Płyta GK 12,5mm	0,0125	0,250	0,050
-	Opór przejmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,100
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_3 + R_{se}$ [m²K/W]				6,857

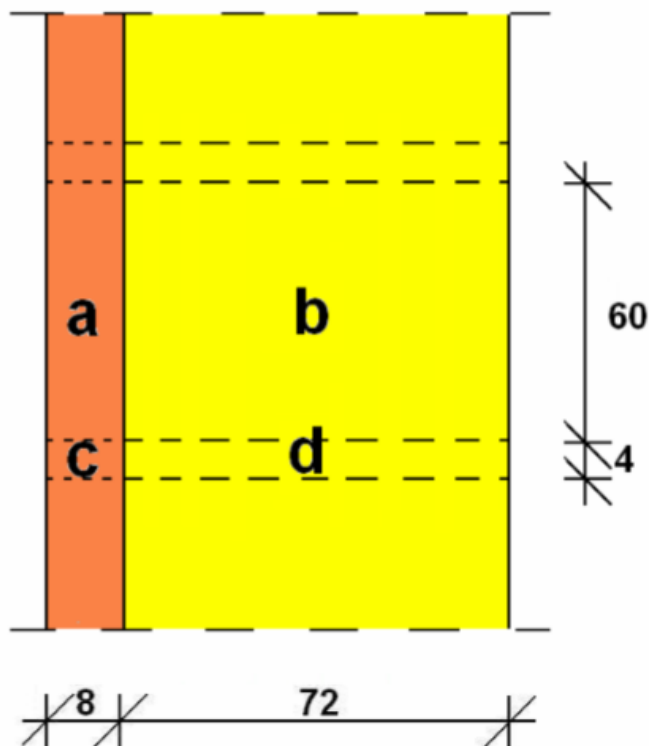
Tabela 8. Połac dachowa – przekrój przez wełnę mineralną + drewniana podbitka

Poład dachowa - przekrój przez krokiew + drewniana podbitka (c)				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i=d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Środowisko zewnętrzne				
-	Opór przyjmowania od strony zewnętrznej, R_{se}	-	-	0,040
1	Dachówka ceramiczna	-	-	0,000
2	Łaty	-	-	0,000
3	Kontrłaty	-	-	0,000
4	Membrana dachowa Corotop Classic (paroprzepuszczalna)	-	-	0,000
5	Krokiew 8x18 w rozstawie co 80cm (sosna)	0,180	0,180	1,000
6	Łata 4 x 4 cm w rozstawie 64 cm (drewniany ruszt podbitki)	0,040	0,180	0,222
7	Folia Fakro Termofol 90 (paroszczelna)	-	-	0,000
8	Płyta GK 12,5mm	0,0125	0,250	0,050
-	Opór przyjmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,100
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_{se}$, [m²K/W]				1,412

Tabela 9. Połac dachowa – przekrój przez wełnę mineralną + drewniana podbitka

Poład dachowa - przekrój przez wełnę mineralną + drewniana podbitka (d)				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i=d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Środowisko zewnętrzne				
-	Opór przyjmowania od strony zewnętrznej, R_{se}	-	-	0,040
1	Dachówka ceramiczna	-	-	0,000
2	Łaty	-	-	0,000
3	Kontrłaty	-	-	0,000
4	Membrana dachowa Corotop Classic (paroprzepuszczalna)	-	-	0,000
5	Wełna mineralna dachowa	0,180	0,033	5,455
6	Łata 4 x 4 cm w rozstawie 64 cm (drewniany ruszt podbitki)	0,040	0,180	0,222
7	Folia Fakro Termofol 90 (paroszczelna)	-	-	0,000
8	Płyta GK 12,5mm	0,0125	0,250	0,050
-	Opór przyjmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,100
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_3 + R_{se}$, [m²K/W]				5,867

3.11. Podział połaci dachowej na sekcje



Rys. 10 Podział komponentu połaci dachowej na sekcje

3.12. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla połaci dachowej

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

gdzie:

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

f_i - względne pole powierzchni sekcji

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

3.13. Obliczenie kresu górnego całkowitego oporu cieplnego R_T dla połaci dachowej (zgodnie z podziałem na sekcje a, b, c, d)

$$R_{Ta} = 0,10 + \frac{0,0125}{0,250} + \frac{0,04}{0,033} + \frac{0,18}{0,180} + 0,04 = 2,402 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_{Tb} = 0,10 + \frac{0,0125}{0,250} + \frac{0,04}{0,033} + \frac{0,18}{0,033} + 0,04 = 6,857 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_{Tc} = 0,10 + \frac{0,0125}{0,250} + \frac{0,04}{0,180} + \frac{0,18}{0,180} + 0,04 = 1,412 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_{Td} = 0,10 + \frac{0,0125}{0,250} + \frac{0,04}{0,180} + \frac{0,18}{0,033} + 0,04 = 5,867 \frac{m^2 K}{W}$$

$$A_{przekroju} = 0,80 * 0,64 = 0,512 m^2$$

$$f_a = \frac{0,08 * 0,60}{0,512} = 0,094$$

$$f_b = \frac{0,72 * 0,60}{0,512} = 0,844$$

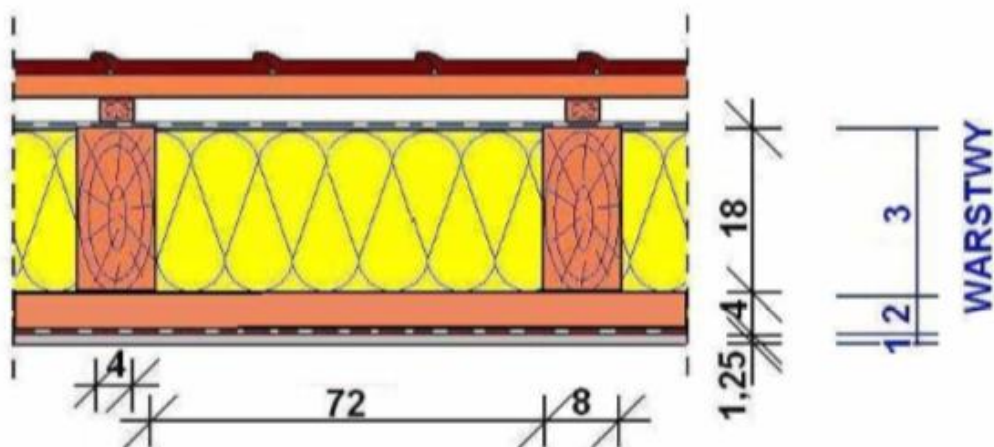
$$f_c = \frac{0,08 * 0,04}{0,512} = 0,006$$

$$f_d = \frac{0,72 * 0,04}{0,512} = 0,056$$

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{0,094}{2,402} + \frac{0,844}{6,857} + \frac{0,006}{1,412} + \frac{0,056}{5,867} = 0,176 \frac{W}{m^2 K}$$

$$R_T' = 5,679 \frac{m^2 K}{W}$$

3.14. Podział połaci dachowej na warstwy



Rys. 11 Podział komponentu połaci dachowej na warstwy

3.15. Obliczenie kresu dolnego całkowitego oporu cieplnego R_T'' dla połaci dachowej (zgodnie z podziałem na warstwy)

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

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

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

$$\lambda''_1 = 0,25 * 0,094 + 0,25 * 0,844 + 0,25 * 0,006 + 0,25 * 0,056 = 0,250 \frac{W}{mK}$$

$$\lambda''_2 = 0,033 * 0,094 + 0,033 * 0,844 + 0,18 * 0,006 + 0,18 * 0,056 = 0,042 \frac{W}{mK}$$

* należy pamiętać, że warstwa 3 ma podział na względne pola powierzchni jak w pkt. 3.6

$$\lambda''_3 = 0,18 * 0,10 + 0,033 * 0,90 = 0,047 \frac{W}{mK}$$

$$R''_T = 0,10 + \frac{0,0125}{0,25} + \frac{0,04}{0,042} + \frac{0,18}{0,047} + 0,04 = 4,972 \frac{m^2K}{W}$$

3.16. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla połaci dachowej

$$R_T = \frac{R_{T'} + R_{T''}}{2} = \frac{5,679 + 4,972}{2} = 5,325 \frac{m^2K}{W}$$

3.17. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła U

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,325} = 0,188 \frac{W}{m^2K}$$

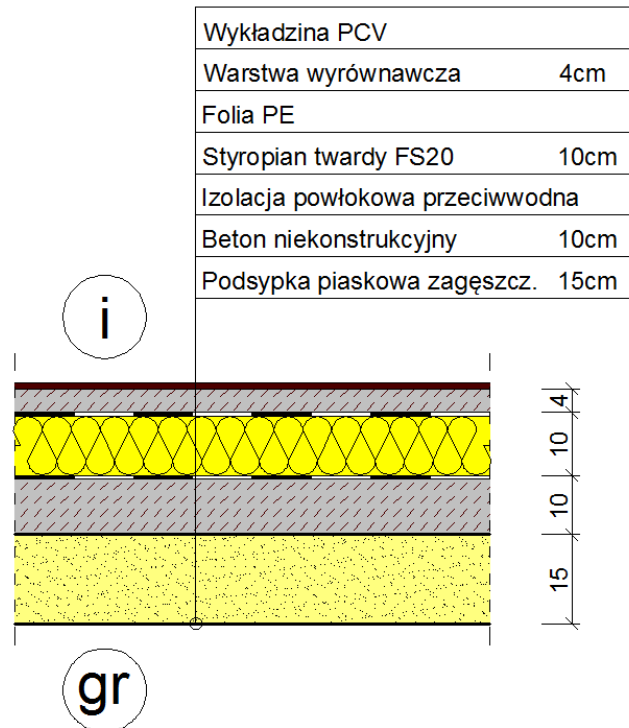
3.18. Obliczenie poprawionego współczynnika przenikania ciepła U_c

$$U_c = 0,188 \frac{W}{m^2K} < U_{(max)} = 0,20 \frac{W}{m^2K}$$

Warunek spełniony. Przegroda jest poprawnie zaprojektowana pod względem aktualnych wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej.

4. Posadzka na gruncie na parterze (poziom posadzki z =0,0 m) oraz w piwnicy (poziom posadzki z =3,0 m)

4.1. Schemat posadzki na gruncie (taki sam na parterze i w piwnicy)



Rys. 12. Schemat posadzki na gruncie

4.2. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla posadzki na gruncie

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Tabela 10. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla posadzki na gruncie

Posadzka na gruncie				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i / \lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przyjmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,170
1	Wykładzina PCV	0,0050	0,200	0,025
2	Warstwa wyrównawcza	0,040	1,000	0,040
3	Folia PE	-	-	0,000
4	Styropian twardy EPS 20	0,100	0,038	2,632
5	Izolacja przeciwwodna powłokowa	-	-	0,000
6	Beton niekonstrukcyjny	0,100	1,000	0,100
7	Podsypka piaskowa zagęszczona	0,150	0,400	0,375
Grunt				

4.3. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła U

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3,342} = 0,299 \frac{W}{m^2K}$$

4.4. Porównanie z wartością $U_{(max)}$ wg WT (jest to najbardziej niekorzystny schemat czyli nasza przegroda ma spełniać wymagania wg rozporządzenia nawet bez uwzględnienia oporu cieplnego gruntu)

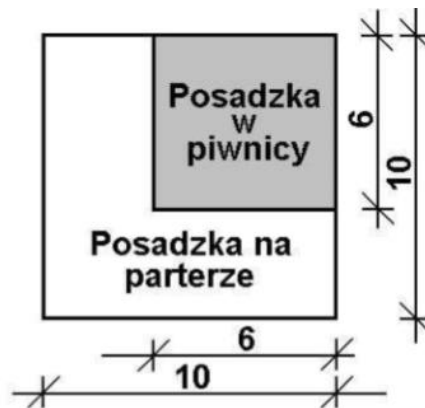
$$U = 0,299 \frac{W}{m^2K} < U_{(max)} = 0,30 \frac{W}{m^2K}$$

Warunek spełniony. Przegroda jest poprawnie zaprojektowana pod względem aktualnych wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej.

Uwaga!

O ile sama przegroda spełnia nam wymagania dotyczące $U_{(max)}$, to powinniśmy w tym miejscu obliczyć wartości $U_{equiv,bf}$, uwzględniające obecność gruntu po stronie zewnętrznej. Obliczone U_{equiv} dla posadzek na gruncie są nam potrzebne w celu określenia ilości strat ciepła przez te przegrody w pkt 3 i 4 projektu.

4.5. Obliczenie charakterystycznego parametru B' dla posadzki na parterze i dla piwnicy



Rys. 13. Wymiary posadzki na gruncie na parterze i w piwnicy

$$\text{dla parteru } B'_{parter} = \frac{A_g}{0,5P} = \frac{4m \cdot 6m + 4m \cdot 10m}{0,5 \cdot (4m + 10m + 10m + 4m)} = \frac{64 m^2}{14 m} = 4,6 m$$

$$\text{dla parteru } B'_{piwnica} = \frac{A_g}{0,5P} = \frac{6m \cdot 6m}{0,5 \cdot (4 \cdot 6m)} = \frac{36 m^2}{12 m} = 3,0 m$$

gdzie:

A_g - pole powierzchni posadzki stykającej się z gruntem po obrysie zewnętrznym

P - odpowiada jedynie długościom ścian zewnętrznych oddzielających rozpatrywaną przestrzeń ogrzewaną od środowiska zewnętrznego

4.6. Odczytanie wartości $U_{equiv,bf}$ z Tablic 4÷6 w PN EN 12831: 2006 i interpolowanie liniowo

- dla parteru czyli $z = 0,0$ m, $B' = 4,6$ m, $U = 0,299$ W/m²K wartość $U_{equiv,bf}$ wynosi:

$$U_{equiv,bf} \cong 0,194 \frac{W}{m^2 K}$$

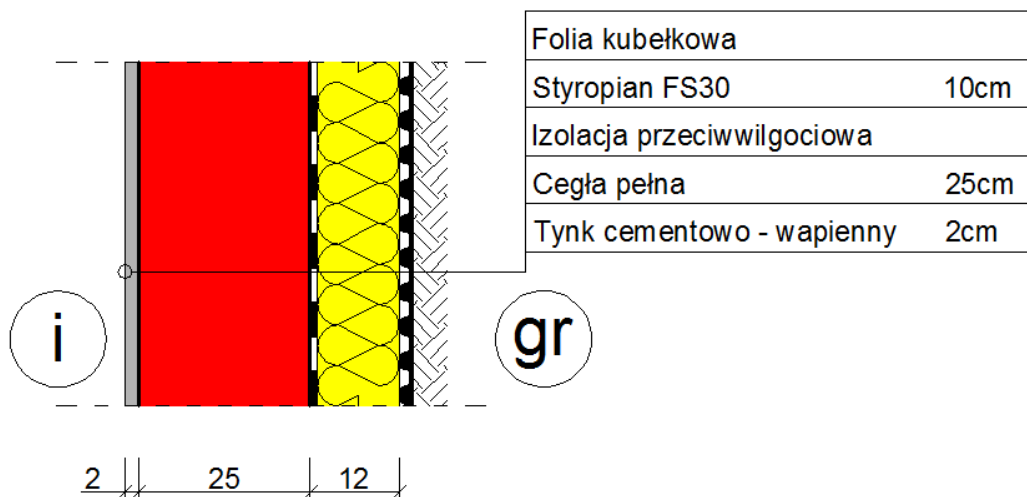
- dla parteru czyli $z = 3,0$ m, $B' = 3,0$ m, $U = 0,299$ W/m²K wartość $U_{equiv,bf}$ wynosi:

$$U_{equiv,bf} \cong 0,146 \frac{W}{m^2 K}$$

Można zauważyć, że posadzka posadowiona głębiej w stosunku do poziomu terenu (w piwnicy) ma niższe wartości $U_{equiv,bf}$ od posadzki mniej zagłębionej (na parterze).

5. Ściana piwnic (stykająca się z gruntem)

5.1. Schemat ściany piwnic (z=3,0 m – zagłębienie ściany w gruncie)



Rys. 14. Schemat ściany piwnic

5.2. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla posadzki na gruncie

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Tabela 11. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla ściany piwnic

Ściana zewnętrzna dwuwarstwowa przy gruncie				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i / \lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przyjmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,130
1	Tynk cementowo - wapienny	0,0200	0,820	0,024
2	Cegła pełna	0,250	0,770	0,325
3	Izolacja przeciwwilgociowa	-	-	0,000
4	Styropian FS30	0,120	0,040	3,000
5	Folia kubekowa	-	-	-
Grunt				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_{se}$, [m ² K/W]				3,479

5.3. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła U

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3,479} = 0,287 \frac{W}{m^2 K}$$

- 5.4. Porównanie z wartością $U_{(\max)}$ wg WT (jest to najbardziej niekorzystny schemat czyli nasza przegroda ma spełniać wymagania wg rozporządzenia nawet bez uwzględnienia oporu cieplnego gruntu)

$$U = 0,287 \frac{W}{m^2 K} < U_{(\max)} = 0,30 \frac{W}{m^2 K}$$

Warunek spełniony. Przegroda jest poprawnie zaprojektowana pod względem aktualnych wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej.

Uwaga!

Podobne jak dla posadzki na gruncie powinniśmy w tym miejscu obliczyć wartości $U_{\text{equiv,bw}}$, uwzględniające obecność gruntu po stronie zewnętrznej w celu określenia ilości strat ciepła przez tę przegrodę w pkt 3 i 4 projektu.

- 5.5. Odczytanie wartości $U_{\text{equiv,bw}}$ z Tablicy 7 w PN EN 12831: 2006 i interpolowanie liniowo

- dla $z = 3,0$ m, $U = 0,287$ W/m²K wartość $U_{\text{equiv,bw}}$ wynosi:

$$U_{\text{equiv,bf}} \cong 0,184 \frac{W}{m^2 K}$$