

**ZAJĘCIA 1****Część merytoryczna:**

- Pojęcia R_{si} , R_{se} , U .

- Studenci mają zapoznać się z normami:

- PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania
- PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego **str. 17-23**

Zadanie 1 - Obliczyć współczynnik przenikania ciepła U dla przegrody. Jaką powinna mieć grubość izolacji (z uwzględnieniem wymiarów handlowych), aby współczynnik przenikania ciepła U nie przekroczył $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ściana zewnętrzna 1					Ściana zewnętrzna - opcja				
Lp.	Warstwa	Grubość d	Wsp. przew. ciepła λ	Opór R	Lp.	Warstwa	Grubość d	Wsp. przew. ciepła λ	Opór R
	-	m	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$		-	m	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
1	tynk cem.wap.	0,015			1	tynk cem.wap.	0,015		
2	błoczek Porothem 44Si	0,44			2	cegła pełna	0,12		
3	Styropian XPS	0,15			3	styropian ($\rho=15 \text{ kg/m}^3$)	0,16		
4	tynk cem.wap.	0,015			4	tynk cem.wap.	0,015		
Opór wnikanía ciepła po stronie wewnętrznej przegrody R_{si}					Opór wnikanía ciepła po stronie wewnętrznej przegrody R_{si}				
Opór wnikanía ciepła po stronie zewnętrznej przegrody R_{se}					Opór wnikanía ciepła po stronie zewnętrznej przegrody R_{se}				
R_t [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]					R_t [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]				
U [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]					U [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]				

Zadanie 2 - Obliczyć współczynnik przenikania ciepła U dla przegród:

STROPODACHY:

Stropodach dobrze wentylowany $U_{max}=0,18$					Stropodach niewentylowany $U_{max}=0,18$				
Lp.	Warstwa	Grubość d	Wsp. przew. ciepła λ	Opór R	Lp.	Warstwa	Grubość d	Wsp. przew. ciepła λ	Opór R
	-	m	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$		-	m	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
1	3 x papa na lepiku	0,008	-	-	1	3 x papa na lepiku	0,008		
2	deski sosnowe w poprzek włókien	0,02	-		2	deski sosnowe w poprzek włókien	0,02		
3	pustka powietrzna	0,05	-		3	pustka powietrzna	0,05		
4	styropian	0,24			4	styropian	0,24		
5	plyta żelbetowa	0,14			5	plyta żelbetowa	0,14		
Opór wnikanía ciepła po stronie wewnętrznej przegrody R_{si}					Opór wnikanía ciepła po stronie wewnętrznej przegrody R_{si}				
Opór wnikanía ciepła po stronie zewnętrznej przegrody R_{se}					Opór wnikanía ciepła po stronie zewnętrznej przegrody R_{se}				
R_t [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]					R_t [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]				
U [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]					U [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]				

Stropodach słabo wentylowany $U_{max}=0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Dane:

- Pole pow. otworów = 1000 mm^2

- $R_{t,u} = 7,033 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

- $R_{t,v} = 6,768 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

$$R_T = \frac{1500 - 1000}{1000} \cdot 7,033 + \frac{1000 - 500}{1000} \cdot 6,768 = 3,516 + 3,384 = 6,9 (\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}$$

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{6,9} = 0,145 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

**PODŁOGA NA GRUNCIE (AG=560M², P=86M) U_{MAX} = 0,3**

Lp.	Warstwa	Grubość d	Wsp. przew. ciepła λ	Opór R
	-	m	W/(m·K)	m ² ·K/W
1	beton (2400)	0,05		
2	styropian (20)	0,12		
3	chudy beton (1900)	0,10		
4	piasek	0,20		
Opór wnikania ciepła po stronie wewnętrznej przegrody R _{si}				
Opór wnikania ciepła po stronie zewnętrznej przegrody R _{se}				
R _t [m ² K/W]				
U [W/(m ² K)]				

B'=13, U_{equiv}=0,14 W/m²K

DACH (przegroda niejednorodna)

Obliczyć U dla połaci dachowej z pokryciem dachówką ceramiczną, izolacją z wełny mineralnej o grubości 24 cm, i podwójną płytą g.-k. na konstrukcji z krokiewmi o przekroju 8x30 cm, w rozstawie w osiach co 0,8 m. Nachylenie połaci dachu 45°.

Lp.	Warstwa	Grubość d	Wsp. przew. ciepła λ	Opór R
	-	m	W/(m·K)	m ² ·K/W
1	dachówka ceram.	0,03		
2	Folia paroizlacyjna	0,002		
3	warstwa pow. dobrze went.	0,06		
4	wełna mineralna Superrock	0,24		
5	2 x płyta g.-k.	0,04		
Opór wnikania ciepła od wewnątrz R _{si}				
Opór wnikania ciepła od zewnątrz R _{se}				
R _t [m ² K/W]				
U [W/(m ² K)]				

Lp.	Warstwa	Grubość d	Wsp. przew. ciepła λ	Opór R
	-	m	W/(m·K)	m ² ·K/W
1	dachówka ceram.	0,03		
2	Folia paroizlacyjna	0,002		
3	Krokiew (sosna, ciepło w poprzek wł.)	0,30		
4	2 x płyta g.-k.	0,04		
Opór wnikania ciepła od wewnątrz R _{si}				
Opór wnikania ciepła od zewnątrz R _{se}				
R _t [m ² K/W]				
U [W/(m ² K)]				

$A_w=0,72 \text{ m}$ $A_k=0,08 \text{ m}$ $U_{\text{śr}}=(A_w \cdot U_w + A_k \cdot U_k)/A=(0,72 \cdot 0,14 + 0,08 \cdot 0,46)/0,8=(0,1008 + 0,0368)/0,8=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

U_{max}=0,18 W/(m²·K)



ZADANIA DODATKOWE:

Zadanie 1

Obliczyć wymaganą grubość przegrody pionowej zewnętrznej (P1, P2, P3) tak, aby ich współczynnik przenikania ciepła U wynosił $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

materiał	U	λ	R_t	R_{si}	R_{se}	R	d
-	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	W/mk	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	m
P1 - żelbet	0,20	1,7					
P2 - cegła pełna	0,20	0,77					
P3 - styropian ($\rho=12 \text{ kg}/\text{m}^3$)	0,20	0,043					

Zadanie 2

Obliczyć wymaganą grubość izolacji (z uwzględnieniem wymiarów handlowych) dla przegrody pionowej zewnętrznej, aby współczynnik przenikania ciepła U nie przekroczył $0,12 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

Lp.	Warstwa	Grubość d	Wsp. przew. ciepła λ	Opór R
	-	m	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$
1	tynk cem.wap.	0,015		
2	cegła pełna	0,12		
3	styropian ($\rho=15 \text{ kg}/\text{m}^3$)	0,35		
4	tynk cem.wap.	0,015		
	Opór wnikanía ciepła po stronie wewnętrznej przegrody R_{si}			
	Opór wnikanía ciepła po stronie zewnętrznej przegrody R_{se}			
	R_t [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]			
	U [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]			

Zadanie 3

Iloma cm styropianu ($\rho=15 \text{ kg}/\text{m}^3$) można by zastąpić mur z cegły pełnej o grubości 3,2 m tak, aby zachować wartość współczynnika U ?

- $\lambda_{\text{cegły}} = 0,77 \text{ W}/\text{mK}$
- $\lambda_{\text{styropianu}} = 0,04 \text{ W}/\text{mK}$
- $d_{\text{cegły}} = 3,2 \text{ m}$
- $d_{\text{styropianu}} = \dots \text{ m}$

$$\frac{1}{R_{si} + \frac{d_c}{\lambda_c} + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_s}{\lambda_s} + R_{se}} \Rightarrow \frac{\lambda_c}{d_c} = \frac{\lambda_s}{d_s} \Rightarrow d_s = \frac{\lambda_s \cdot d_c}{\lambda_c} \Rightarrow d_s = 0,17 \text{ m}$$

Zadanie 4

Strop pod poddaszem nieogrzewanym

Przepływ ciepła w górę $U_{\text{max}} = 0,15$

Lp.	Warstwa	Grubość d	Wsp. przew. ciepła λ	Opór R
	-	m	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$
1	Płyta g-k	0,015		
2	styropian Termo XPS	0,20		
2	Strop Terriva 8.0	0,34		
3	styropian Termo XPS	0,05		
4	wylewka cementowa	0,04		
	Opór wnikanía ciepła po stronie wewnętrznej przegrody R_{si}			
	Opór wnikanía ciepła po stronie zewnętrznej przegrody R_{se}			
	R_t [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]			
	U [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]			



Strop nad piwnicą (przepływ ciepła w dół) – opcja $U_{max}=0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Lp.	Warstwa	Grubość d	Wsp. przew. ciepła λ	Opór R
	-	m	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$
1	Posadzka / glazura	0,02		
2	wylewka beton zwykła ($2400\text{kg}/\text{m}^3$)	0,05		
3	Styropian XPS	0,05		
4	Płyta żelbetowa	0,25		
	Styropian XPS	0,10		
5	tynk cem.wap.	0,02		
	Opór wnikania ciepła po stronie wewnętrznej przegrody R_{si}			
	Opór wnikania ciepła po stronie zewnętrznej przegrody R_{se}			
				$R_t \text{ [m}^2\text{K}/\text{W}]$
				$U \text{ [W}/(\text{m}^2\text{K})]$

Zadanie 5:

Ściana zewnętrzna

Lp.	Warstwa	Grubość d	Wsp. przew. ciepła λ	Opór R
	-	m	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$
1	tynk wapienny	0,015		
2	cegła silikatowa	0,24		
3	włna mineralna (Rokwool – Super Rock)	0,16		
4	cegła klinkierowa	0,06		
	Opór wnikania ciepła po stronie wewnętrznej przegrody R_{si}			
	Opór wnikania ciepła po stronie zewnętrznej przegrody R_{se}			
				$R_t \text{ [m}^2\text{K}/\text{W}]$
				$U \text{ [W}/(\text{m}^2\text{K})]$

Ściana wewnętrzna między pomieszczeniem ogrzewanym a nieogrzewanym

Lp.	Warstwa	Grubość d	Wsp. przew. ciepła λ	Opór R
	-	m	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$
1	tynk wapienny	0,015		
2	bloczek YTONG Energieo	0,365		
3	tynk wapienny	0,015		
	Opór wnikania ciepła po stronie wewnętrznej przegrody R_{si}			
	Opór wnikania ciepła po stronie zewnętrznej przegrody R_{si}			
				$R_t \text{ [m}^2\text{K}/\text{W}]$
				$U \text{ [W}/(\text{m}^2\text{K})]$

**Teoria:****PN-EN ISO 6946: 2008 - Komponenty budowlane i elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania.**

Współczynnik przenikania ciepła przegrody U [$W/(m^2 \cdot K)$]

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Opór komponentu budowlanego R_i [$m^2 \cdot K/W$], gdzie:

d – grubość komponentu [m], λ_i – współczynnik przewodzenia ciepła [$W/(m \cdot K)$]

$$R_i = \frac{d}{\lambda_i}$$

Całkowity opór cieplny przegrody R_T [$m^2 \cdot K/W$], gdzie:

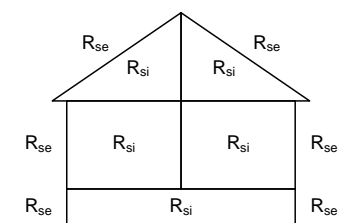
R_{si} – opór przyjmowania ciepła po stronie wewnętrznej przegrody [$m^2 \cdot K/W$],

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

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{d}{\lambda_i} + R_{se}$$

Opory przyjmowania ciepła [$m^2 K/W$] wg PN-EN ISO 6946.

[$m^2 \cdot K/W$]	Kierunek strumienia cieplnego		
	w górę	poziomy	w dół
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

**Opór cieplny R [$m^2 \cdot K/W$] niewentylowanych warstw powietrza; powierzchnie o wysokiej emisyjności**

Grubość warstwy powietrza mm	Kierunek strumienia cieplnego		
	W górę	Poziomy	W dół
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17

Grubość warstwy powietrza mm	Kierunek strumienia cieplnego		
	W górę	Poziomy	W dół
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 - Wartości pośrednie można otrzymać przez interpolację liniową.			

Opór cieplny R_T [$m^2 \cdot K/W$] przegród z warstwą powietrza: niewentylowaną obliczany jako suma oporów wszystkich warstw wraz z oporami wnikania R_{si} i R_{se} , dobrze wentylowaną obliczany z pominięciem oporu tej warstwy i innych znajdujących się między nią a środowiskiem zewnętrznym i z dodaniem wartości zewnętrznego oporu przyjmowania $R_{se} = R_{si}$ słabo wentylowaną wg:

$$R_T = \frac{1500 - A_v}{1000} \cdot R_{T,u} + \frac{A_v - 500}{1000} \cdot R_{T,v}$$

gdzie: A_v – pole powierzchni otworów wentylacyjnych [mm^2], $R_{T,u}$ – całkowity opór cieplny komponentu z niewentylowaną warstwą powietrza obliczony wg sposobu jak dla warstwy niewentylowanej [$m^2 K/W$], $R_{T,v}$ – całkowity opór cieplny komponentu z dobrze wentylowaną warstwą powietrza obliczony wg sposobu jak dla warstwy dobrze wentylowanej [$m^2 \cdot K/W$].

Współczynnik przenikania ciepła U_{equiv} dla podłóg graniczących z gruntem określa się na podst. oporu cieplnego R_T [$m^2 K/W$] przegrody obliczonego bez uwzględnienia wsp. R_{se} i jej wsp. U oraz parametru $B' = A_g / 0,5P$ (gdzie A_g – pole podłogi [m^2], P – suma długości boków podłogi graniczących ze ścianami zewn., dla pom. bez ścian zewn. oraz gdzie $U < 0,5 W/m^2 K - B'$ jak dla całego budynku.

B'	U_{equiv} dla zagłębienia 0m [$W/m^2 K$]				
	Bez izolacji	$U_{podl=2,0}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]	$U_{podl=1,0}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]	$U_{podl=0,5}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]	$U_{podl=0,25}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]
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



Wyciąg z PN-EN ISO 6946: październik 1999. Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych materiałów.

Lp.	Nazwa materiału	Gęstość (średnia) kg/m ³	Współczynnik przewodzenia ciepła, λ W/(m·K)		Ciepło właściwe kJ/(kg·K)
			warunki śr. wilg.	warunki wilg.	
4	Żelbet	2500	1,70	1,80	0,84
5	Beton zwykły z kruszywa kamiennego	2400	1,70	1,80	0,84
		2200	1,30	1,50	0,84
		1 900	1,00	1,10	0,84
7	Beton z kruszywa wapiennego	1 600	0,72	0,80	0,84
		1 400	0,60	0,70	0,84
		1 200	0,50	0,60	0,84
8	Beton z żuźla pumekсового lub granulowanego	1 800	0,70	0,80	0,84
		1 600	0,58	0,68	0,84
		1 400	0,50	0,58	0,84
		1 200	0,40	0,47	0,84
		1 000	0,33	0,40	0,84
9	Beton z żuźla paleniskowego	1 800	0,85	0,95	0,84
		1 600	0,72	0,80	0,84
		1 400	0,60	0,67	0,84
		1 200	0,50	0,56	0,84
10	Beton z kruszywa keramzytowego	1 600	0,90	1,00	0,84
		1 400	0,72	0,80	0,84
		1 300	0,62	0,68	0,84
		1 200	0,54	0,60	0,84
		1 100	0,46	0,51	0,84
		1 000	0,39	0,43	0,84
11	Mur z betonu komórkowego na cienkowarstwowej zaprawie klejącej lub na zaprawie o przewodności cieplnej równej przewodności cieplnej betonu komórkowego	800	0,29	0,35	0,84
		700	0,25	0,30	0,84
		600	0,21	0,25	0,84
		500	0,17	0,21	0,84
		400	0,14	0,17	0,84
14	Sosna i świerk - w poprzek włókien - wzdłuż włókien	550	0,16	0,20	2,51
			0,30	0,35	2,51
15	Dąb - w poprzek włókien - wzdłuż włókien	800	0,22	0,26	2,51
			0,40	0,46	2,51
18	Płyty pilśniowe twarde	1 000	0,18	0,21	2,51
19	Płyty i bloki z gipsu	1 000	0,35	0,40	0,84
		900	0,30	0,35	0,84
22	Płyty gipsowo-kartonowe	1 000	0,23	0,29	1,00
		1 800	1,00	1,10	0,84
23	Jastrych gipsowy czysty	1 300	0,52	0,60	0,84
		1 800	0,77	0,91	0,88
30	Mur z cegły ceramicznej pełnej	1 400	0,62	0,70	0,88
31	Mur z cegły dziurawki	1 300	0,56	0,62	0,88
32	Mur z cegły kratówki	1 900	0,90	1,00	0,88
33	Mur z cegły silikatowej pełnej	1 600	0,80	0,90	0,88
34	Mur z cegły silikatowej drażonej i bloków drażonych	1 500	0,75	0,85	0,88
		1 900	1,05	1,15	0,88
35	Mur z cegły klinkierowej	300	0,080	0,10	1,46
47	Filce, maty i płyty z wełny mineralnej	od 40 do 80	0,045	0,045	0,75
		od 100 do 160	0,042	0,042	0,75
		10	0,045	0,045	1,46
48	Styropian	12	0,043	0,043	1,46
		od 15 do 40	0,040	0,040	1,46
		2000	1,00	1,10	0,84
50	Tynk lub gładź cementowa	1 850	0,82	0,90	0,84
51	Tynk lub gładź cementowo-wapienna	1 700	0,70	0,80	0,84
52	Tynk wapienny	2000	1,05	1,05	0,92
58	Płyty okładzinowe ceramiczne, terakota	1 300	0,20	0,20	1,46
59	Wykładzina podłogowa PCW	1 000	0,18	0,18	1,46
60	Papa (asfaltowa)	1 800	0,85	0,85	0,84
67	Gлина	1 650	0,40	0,40	0,84
70	Piasek średni	1 800	0,90	0,90	0,84
71	Żwir	1 800	0,90	0,90	1,26
72	Grunt roślinny	7800	58	58	0,44
73	Stal budowlana	poniżej 900	0,33		
74	Mur z pustaków ceramicznych drażonych szczelinowych, na zaprawie cementowo-wapiennej	poniżej 1 000	0,36		
		poniżej 1 110	0,40		
		poniżej 1 200	0,45		
		poniżej 800	0,25		
75	Mur z pustaków ceramicznych drażonych szczelinowych, na zaprawie ciepłochronnej	poniżej 900	0,28		
		poniżej 1 000	0,32		
		poniżej 1 100	0,36		
		poniżej 1 200	0,42		

Nazwa	λ z zaprawą termiczną	λ z zaprawą zwykłą
	W/(m·K)	W/(m·K)
Porotherm 8 P+W	-	2,33
Porotherm 38 P+W	0,35	0,41
Porotherm 25 P+W	-	1,03
Porotherm 44 P+W	0,31	0,36
Porotherm 50 P+W	0,29	0,31
Porotherm 44 Si	0,28	-

Nazwa stropu syst.	λ	R
	W/(m·K)	m ² ·K/W
-	0,17	-
Filigran	0,77	-
Klein	-	0,37 – 0,39
Terriva	-	0,23 – 0,34
Porotherm	-	0,23 – 0,27
Ackerman	-	0,35 – 0,43
Fert	-	-

Strop Ackermana			
Pustak	Nad beton	Strop	R
cm	cm	cm	m ² ·K/W
15	3	18	0,23
18	3	21	0,25
20	3	23	0,26
22	3	25	0,27