

Ochrona cieplna budynków i wybrane zagadnienia fizyki budowli.

**Projektowanie termiczne podłóg na gruncie  
wg PN-EN ISO 13370.**

Luty 2018 r.

## 1. Określenie wymagań izolacyjności cieplnej podłóg i izolacji obwodowej.

Podstawowym kryterium izolacyjności cieplnej podłóg na gruncie jest współczynnik przenikania ciepła  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]. Jego wartość określona jest w przepisach: Rozporządzeniu z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, oraz zmieniającym je rozporządzeniu z dnia 5 lipca 2013 r.

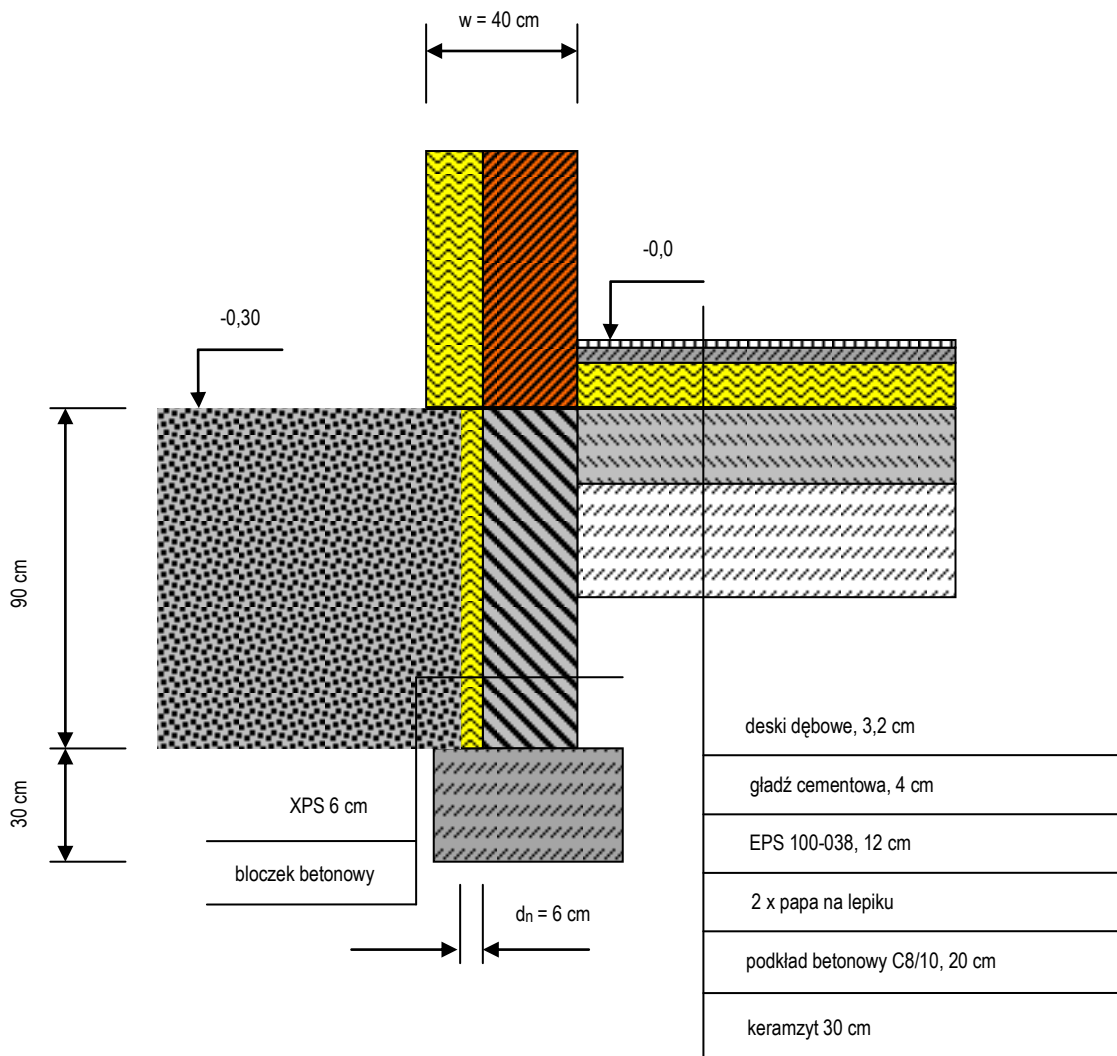
Zgodnie z ww. rozporządzeniem wymagania w zakresie izolacyjności cieplnej dla dachu zostały określone w następujący sposób:

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]		
	od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 31 grudnia 2020 r. <sup>*)</sup>
Podłogi na gruncie:			
a) przy $t_i \geq 16^\circ C$	0,30	<b>0,30</b>	0,30
b) przy $8^\circ C \leq t_i < 16^\circ C$	1,20	1,20	1,20
c) przy $t_i < 8^\circ C$	1,50	1,50	1,50
<i>*) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będące ich własnością.</i>			

Ponadto w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej, produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych podłoga na gruncie w ogrzewanym pomieszczeniu powinna mieć izolację cieplną obwodową z materiału izolacyjnego w postaci warstwy o oporze cieplnym co najmniej  $R_{min} = 2,0 (m^2 \cdot K)/W$ , przy czym opór cieplny warstw podłogowych oblicza się zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła oraz przenoszenia ciepła przez grunt (PN-EN ISO 6946:2008, PN-EN ISO 13370:2008).

## 2. Przygotowanie modelu obliczeniowego.

Opór cieplny z ciężkiego betonu i cienkich pokryć podłogi można pominąć w obliczeniach; w rozpatrywanym przykładzie zostanie pominięta papa, natomiast podkład betonowy z uwagi na usytuowanie między warstwami izolacyjnymi, będzie brany pod uwagę przy obliczeniach.



Model obliczeniowy:

- keramzyt zagęszczony; brany pod uwagę przy obliczeniach,
- podkład betonowy; j/w,
- papa; pomijana przy obliczeniach,
- styropian EPS 100-038; brany pod uwagę przy obliczeniach,
- gładź cementowa; brana pod uwagę przy obliczeniach,
- deski dębowe; brane pod uwagę przy obliczeniach.

Opór cieplny konstrukcji podłogi:

$$R_f = R_1 + R_2 + R_4 + R_5 + R_6$$

Izolacja krawędziowa występuje po stronie zewnętrznej przegrody - od poziomu terenu do poziomu ławy fundamentowej, głębokość izolacji krawędziowej wynosi;

$$D = 90 \text{ cm.}$$

Opory przejmowania ciepła:

- od gruntu  $R_{se} = 0 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ ,
- od strony wewnętrznej  $R_{si} = 0,17 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ .

Przewodność cieplna gruntu dla łu wg PN-EN ISO 13370, Tab. 1 -  $\lambda = 1,5 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ .

Nie stosuje się oporów przejmowania ciepła do powierzchni w kontakcie z innym materiałem.

### 3. Obliczenie wymiaru charakterystycznego podłogi i grubości równoważnej.

Pole i obwód zgodnie z rysunkiem (w rozpatrywanym przypadku należy uwzględnić wymiary zewnętrzne):

$$A = (12 \cdot 8) - (4 \cdot 2) = 96 - 8 = 88 \text{ m}^2$$

$$P = (1 \cdot 8) + (2 \cdot 4) + (2 \cdot 2) = 8 + 8 + 4 = 20 \text{ m.}$$

Wymiar charakterystyczny podłogi:

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{88}{10} = 8,80 \text{ m.}$$

Równoważna grubość (oporu cieplnego):

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{si})$$

gdzie:

w - całkowita grubość ścian, łącznie ze wszystkimi warstwami, [m],

$\lambda$  - współczynnik przewodzenia ciepła gruntu - tablica 1; PN-EN ISO 13370:2008, [W/(m·K)],

$R_f$  - opór cieplny płyty podłogi, łącznie z każdą warstwą izolacyjną na całej powierzchni powyżej lub poniżej podłogi i każdym pokryciem podłogi [(m<sup>2</sup>·K)/W].

Dane do obliczeń warstwy podłogi na gruncie (w rozpatrywanym przykładzie - warunki poniżej papy jako wilgotne, a powyżej jako średniowilgotne).

- deska dębowa,  $\rho = \text{ok. } 750 \text{ kg/m}^3$ , przepływ ciepła w poprzek włókien,  $\lambda = 0,22$ ,
- gładź cementowa,  $\lambda = 1,0$ ,
- styropian EPS 100-038,  $\lambda = 0,038$ ,
- papa - pominięta,
- podkład betonowy,  $\lambda = 1,1$ ,

- keramzyt,  $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,29$

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \rightarrow R_f = \frac{0,30}{0,29} + \frac{0,20}{1,1} + \frac{0,12}{0,038} + \frac{0,04}{1,0} + \frac{0,032}{0,22} =$$

$$= 1,034 + 0,182 + 3,158 + 0,040 + 0,145 = 4,559 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

$$d_t = 0,40 + 1,5(0,17 + 4,559 + 0) = 0,40 + 1,5 \cdot 4,729 = 0,40 + 7,094 = 7,494 \text{ m}$$

$d_t < B'$  → podłoga nieizolowana i średnio izolowana (gdy  $d_t \geq B'$  to podłogi dobrze izolowane).

#### 4. Ustalenie wartości współczynnika przenikania ciepła $U_o$ .

$$\text{Jeżeli } d_t < B' \rightarrow U_o = \frac{2 \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1\right) [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$$

$$U_o = \frac{2 \cdot 1,5}{\pi \cdot 8,80 + 7,494} \ln\left(\frac{\pi \cdot 8,80}{7,494} + 1\right) = \frac{3,0}{35,140} \ln(3,689 + 1) =$$

$$= 0,0854 \cdot \ln 4,689 = 0,0854 \cdot 1,545 = \underline{0,132} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}).$$

#### 5. Wyznaczenie wpływu izolacji krawędziowej i ustalenie wartości współczynnika przenikania ciepła $U$ i ocena izolacyjności cieplnej podłogi.

W omawianym przykładzie występuje izolacja krawędziowa pionową zewnętrzną grubości 6 cm jako styropian XPS o współczynniku  $\lambda_n = 0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Dodatkowa grubość ekwiwalentna wynikająca z izolacji krawędziowej:

$$d' = R' \cdot \lambda = (R_n - d_n/\lambda) \cdot \lambda = (d_n/\lambda_n - d_n/\lambda) \cdot \lambda$$

$\lambda$  - współczynnik przewodzenia ciepła gruntu - tablica 1 PN-EN ISO 13370:2008,  $[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$ ,

$R'$  - dodatkowy opór cieplny:

$$R' = R_n - \frac{d_n}{\lambda}$$

gdzie:

$R_n$  - opór cieplny poziomej lub pionowej izolacji krawędziowej (lub fundamentu),

$d_n$  - grubość izolacji krawędziowej (lub fundamentu), m

$$R_n = \frac{d_n}{\lambda_n} = (\text{opór cieplny styropianu gr. 6 cm}) = \frac{0,06}{0,033} = 1,818 = \underline{\underline{1,82 \text{ (m}^2\text{K)/W}}}$$

$\lambda_n$  - współczynnik przewodzenia ciepła izolacji, [W/(m·K)].

Dodatkowy opór cieplny:

$$R' = R_n - \frac{d_n}{\lambda} = 1,818 - \frac{0,06}{1,5} = 1,818 - 0,04 = 1,778 = 1,78 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

$$d' = R' \cdot \lambda = 1,778 \cdot 1,5 = 2,667 \text{ m}$$

Uwzględnienie izolacji krawędziowej (poniżej gruntu wzdłuż obwodu podłogi):

$$\Psi_{g,e} = - \frac{\lambda}{\pi} \left[ \ln\left(\frac{2D}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{2D}{d_t + d'} + 1\right) \right], \text{ [W/(m·K)]}$$

D - szerokość pionowej izolacji krawędziowej (lub fundamentu) poniżej poziomu gruntu, m,

d' - dodatkowa grubość ekwiwalentna, m,

$$\Psi_{g,e} = - \frac{1,5}{\pi} \left[ \ln\left(\frac{2 \cdot 0,90}{7,494} + 1\right) - \ln\left(\frac{2 \cdot 0,90}{7,494 + 2,667} + 1\right) \right] =$$

$$= -0,477 [\ln(0,240 + 1) - \ln(0,177 + 1)] = -0,477(0,215 - 0,163) = -0,477 \cdot 0,052 =$$

$$= -0,0248 \text{ W/(m·K)}.$$

Uwzględnienie izolacji krawędziowej do obliczeń współczynnika przenikania ciepła:

$$U = U_o + \frac{2 \cdot \Psi_{g,e}}{B'} \text{ [W/(m}^2\text{·K)]}$$

$$U = U_o + \frac{2 \cdot (-0,0248)}{8,80} = 0,132 + \frac{-0,0496}{8,80} = 0,132 + (-0,00564) = 0,126 = \underline{\underline{0,13 \text{ W/(m}^2\text{·K)}}$$

Analizowana przegroda spełnia wymagania wg rozporządzenia W.T. 2013, w zakresie współczynnika przenikania ciepła  $U = 0,13 < U_{C(\max)} = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{·K)}$

## 6. Ocena izolacji obwodowej budynku.

Dodatkowy opór cieplny wprowadzony przez izolację obwodową  $R_n = 1,82 < R_{\min} = 2,0 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ ; co oznacza, że nie spełnia wymagań. Należy zastosować materiał o grubszej warstwie lub mniejszym współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda$ .

/-/ Janusz Bąk

JB