

PAULA SZCZEPANIAK

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

PROJEKTOWANIE TERMICZNE WĘZŁA POŁĄCZENIA Z GRUNTEM W BUDYNKU PODPIWNICZONYM

1. WPROWADZENIE

Piwnica, w rozumieniu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [9], to „kondygnacja podziemna lub najniższa nadziemna, bądź jej część, w której poziom podłogi co najmniej z jednej strony budynku znajduje się poniżej poziomu terenu, przeznaczona na pomieszczenia gospodarcze lub techniczne”. Najczęściej są w niej usytuowane pomieszczenia magazynowe oraz kotłownia i garaż. Powstające w ostatnich kilkunastu latach budynki jednorodzinne usytuowane poza miastem na przestronnych działkach, budowane jako alternatywa mieszkania w centrum aglomeracji, to obiekty, w których, z uwagi na wysoki koszt, z podpiwniczenia zrezygnowano. Funkcję tej kondygnacji mają przejąć pomieszczenia pomocnicze zlokalizowane w poziomie parteru. Jednak w praktyce, garaż staje się z biegiem czasu, niezauważalnie dla użytkowników, pomieszczeniem do majsterkowania, lub składnikiem rzeczy potrzebnych, na które nie ma miejsca w żadnym innym pomieszczeniu. Okazuje się, że kondygnacja piwnicy jest potrzebna. Nieodzowne jest jej wykonanie, wówczas gdy na pomieszczenia związane z obsługą budynku nie ma miejsca w poziomie parteru, tj. w przypadku intensywnej zabudowy w centrach miast, na działkach o niewielkiej powierzchni, w zabudowie szeregowej, lub takich, których powierzchnię mocno ogranicza linia zabudowy. Niejako przy okazji, często w piwnicy budynku obok pomieszczeń pomocniczych i technicznych, znajduje swoje miejsce np. kącik majsterkowicza, biuro dla rodzinnej firmy lub inne, spełniające funkcje rozrywkowe takie jak: sauna, mini basenik, sala do gier, pokój zabaw dla dzieci, sala kinowa, mini bar czy też siłownia. Ta nowa funkcja piwnicy wymaga, aby zapewnić w tych pomieszczeniach właściwy mikroklimat oraz komfort cieplny.

2. ROZWÓJ WYMAGAŃ DOTYCZĄCYCH IZOLACYJNOŚCI TERMICZNEJ

Wytyczne dotyczące izolowania cieplnego przegród zewnętrznych stykających się z gruntem, wprowadzono po raz pierwszy do Polskiej Normy w 1974 roku w oparciu o przedstawiony w latach 60-tych XX w. przez Henrikssona model strat ciepła do gruntu [12]. Zakłada on podział podłogi na gruncie na dwie strefy – przyścienną i pozostałą środkową. W Polskiej Normie z roku 1974 PN-74/B-03464 [1], określono wymaganie dotyczące maksymalnego współczynnika przenikania ciepła $K = 1,16$

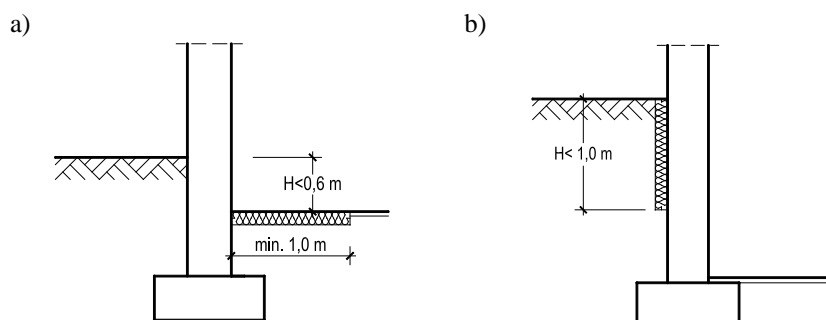
$W/(m^2 \cdot K)$ dla podłóg na gruncie, w pasie przyściennym o szerokości 1 m, bez zastrzeżenia do jakiej głębokości. Nie określono też jaka jest maksymalna wartość K dla ściany podziemia.

W zastępującej ją normie PN-82/B-02020 [2], w przypadku pomieszczeń ogrzewanych do $t_i > 16^\circ C$, wartość współczynnika przenikania ciepła ograniczono:

- dla podłogi: $k_{g,max} = 0,60 W/(m^2 \cdot K)$, w pasie przyściennym o szerokości 1 m, do głębokości 1,0 m,
- dla ściany podziemia: $k_{g,max} = 1,00 W/(m^2 \cdot K)$, do głębokości 1,0 m.

W kolejnej nowelizacji normy PN-91/B-02020 [3] wymaganie dotyczyło minimalnej wartości oporu cieplnego R_{min} , który miał być większy niż $1,5 (m^2 \cdot K)/W$ w pasie przyściennym szerokości 1,0 m w przypadku izolacji poziomej, lub 1,0 m poniżej poziomu posadzki w przypadku izolacji pionowej. Podłogom na głębokości 0,6 m poniżej poziomu gruntu nie stawiano żadnych wymagań. Opór cieplny ściany piwnicy na głębokości 1,0 m od poziomu terenu nie powinien być mniejszy niż $1,0 (m^2 \cdot K)/W$.

Powyższe wymagania zostały zachowane po przeniesieniu ich do Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [8] oraz jej kolejnej nowelizacji [9] z 2002 roku.



Rys. 1. Schematy wymaganej ochrony cieplnej: a) podłogi na gruncie w strefie przyściennej, b) ściany piwnicy pomieszczeń ogrzewanych wg [8]

Fig. 1. Schemes of required thermal protection: a) on the ground floor round the external wall, b) on the cellar wall in heating room by [8]

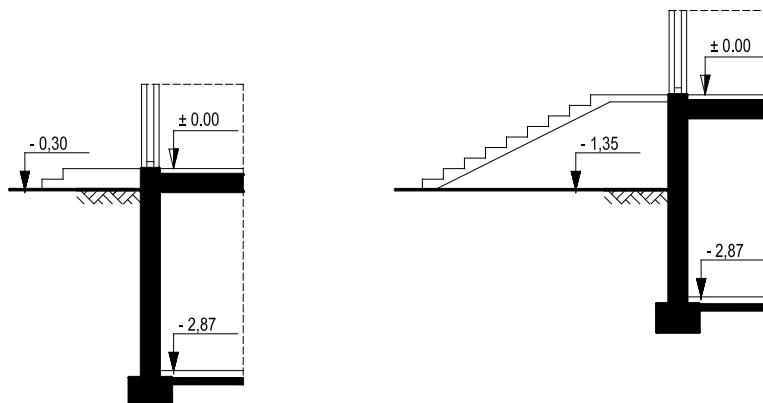
Ostatnia zmiana wymagań dotyczących izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych miała miejsce w roku 2008, przy okazji implementacji do prawa polskiego świadectw charakterystyki energetycznej. Znowelizowano wówczas po raz kolejny Rozporządzenie [9], i wprowadzono ograniczenie wartości współczynnika przenikania ciepła dla podłogi na gruncie do $0,45 W/(m^2 \cdot K)$, bez zastrzeżenia do jakiej głębokości. Ponadto „w budynku mieszkalnym, budynku zamieszkania zbiorowego, budynku użyteczności publicznej, a także budynku produkcyjnym, magazynowym i gospodarczym podłoga na gruncie w ogrzewanym pomieszczeniu powinna mieć izolację cieplną obwodową z materiału izolacyjnego w postaci warstwy o oporze cieplnym co najmniej $2,0 (m^2 \cdot K)/W$, przy czym opór cieplny warstw podłogowych oblicza się zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła”. Izolacja ta w stosownej do obliczeń normie PN-

EN ISO 13370:2008 [6] określana jest mianem izolacji krawędziowej pionowej i poziomej, zależnie od sposobu ułożenia.

Przy tak określonych kryteriach ze względu na ograniczenie strat ciepła, kolejnym obecnie wymaganym jest ograniczenie ryzyka rozwoju grzybów pleśniowych na wewnętrznej powierzchni nieprzezroczystej przegrody zewnętrznej.

3. UKSZTAŁTOWANIE WĘZŁA POŁĄCZENIA BUDYNKU Z GRUNTEM

Kondygnacja piwnicy może być zagłębiona całkowicie lub częściowo w gruncie. W pierwszym przypadku wejście do budynku znajduje się w poziomie parteru, nie ma jednak możliwości chociażby częściowego doświetlenia pomieszczeń piwnicy światłem dziennym. Dodatkowym utrudnieniem, jeżeli w piwnicy ma się znajdować garaż, jest długa pochylnia wjazdu, o maksymalnym nachyleniu do 25%. Rozwiązaniem będzie piwnica bez bezpośredniego dostępu do niej z zewnątrz, przy czym wówczas garaż projektuje się w poziomie parteru, na stropie piwnicy. W przypadku częściowego wyniesienia kondygnacji piwnicy ponad poziom gruntu, możliwe jest doświetlenie pomieszczeń światłem dziennym oraz usytuowanie garażu w poziomie piwnicy. Mankament to podwyższone wejście do budynku i dodatkowe stopnie schodów (rys. 2).



Rys.2. Rozwiązania wejścia do budynku podpiwniczonego
Fig. 2. The solution of entry to the building with cellar

Do analizy termicznej węzła połączenia budynku z gruntem przyjęto dwa wyżej omówione typowe sposoby zagłębienia budynku, tj. do pełnej głębokości piwnicy oraz przy częściowym zagłębieniu – tu do połowy wysokości kondygnacji (rys. 2).

Z uwagi na możliwość wykorzystania pomieszczeń piwnicy do celów innych niż pomieszczenia pomocnicze, wysokość kondygnacji piwnicy w świetle przyjęto jak dla pokoi w budynkach mieszkalnych.

W tablicy 1 zestawiono przyjęte rozwiązania materiałowe ścian zewnętrznych. Należy zauważyć, że w przypadku piwnicy wyniesionej częściowo ponad poziom gruntu, ściana piwnicy jest jednocześnie przegrodą stykającą się z gruntem i ze środowiskiem zewnętrznym, co wymusza zastosowanie odpowiedniej warstwy izolacji termicznej, zgodnie z Rozporządzeniem [9].

Tablica 1. Układy materiałowe ścian zewnętrznych
Table 1. Material arrangements of external walls

		Ściana nadziemna	Ściana piwnicy	
			ponad gruntem	w gruncie
warstwa konstrukcyjna	materiał	beton komórkowy	błoczki betonowe	
	grubość	0,24 m	0,25 m	
warstwa izolacyjna	materiał	styropian	styropian	
	grubość	0,12 m	0,165 m	
wymagania izolacyjności termicznej		$U_{\max} = 0,30$ $W/(m^2 \cdot K)$	$U_{\max} = 0,30$ $W/(m^2 \cdot K)$	izolacja obwodowa $R_{\min} = 2,0$ $(m^2 \cdot K)/W$

O grubości izolacji termicznej ściany fundamentowej piwnicy wyniesionej ponad poziom gruntu, decyduje wymagana wartość współczynnika przenikania ciepła U . Z uwagi na warunki użytkowania, tj. duże ryzyko wystąpienia zawilgocenia murów piwnicznych, materiał warstwy nośnej ściany nadziemna (ceramika poryzowana, gazobeton, silikaty), poniżej wieńca stropu piwnicy zastępuje się betonem (in situ lub bloczki). Powoduje to znaczne obniżenie współczynnika przenikania ciepła, które zrekompensować należy pogrubieniem warstwy izolacyjnej. We wszystkich rozważanych przypadkach przyjęto grubość izolacji ściany w gruncie taką samą jak ponad gruntem. Spełnia ona jednocześnie warunek R_{\min} izolacji obwodowej (tab. 1).

Do analizy przyjęto pięć wariantów ułożenia izolacji termicznej w przegrodach stykających się z gruntem (ściana i podłoga). W pierwszym wariantcie izolacja termiczna ściany jest zagłębiona 1,0 m poniżej poziomu gruntu, warstwy izolacji termicznej w podłodze brak. W wariantcie drugim i trzecim, ściana piwnicy zaizolowana jest jak w wariantcie pierwszym, w podłodze izolacja jest wykonana odpowiednio w pasie przyściennym szerokości 1,0 m i na całej powierzchni. W wariantcie 4 i 5 ściana fundamentowa jest zaizolowana na całej swojej wysokości, natomiast w podłodze odpowiednio izolacji brak lub jest wykonana na całej powierzchni.

Izolacja termiczna ściany piwnicy całkowicie zagłębionej wynika z warunku minimalnego oporu cieplnego izolacji obwodowej. Jako taką rozumie się w tym przypadku izolację ułożoną na ścianie.

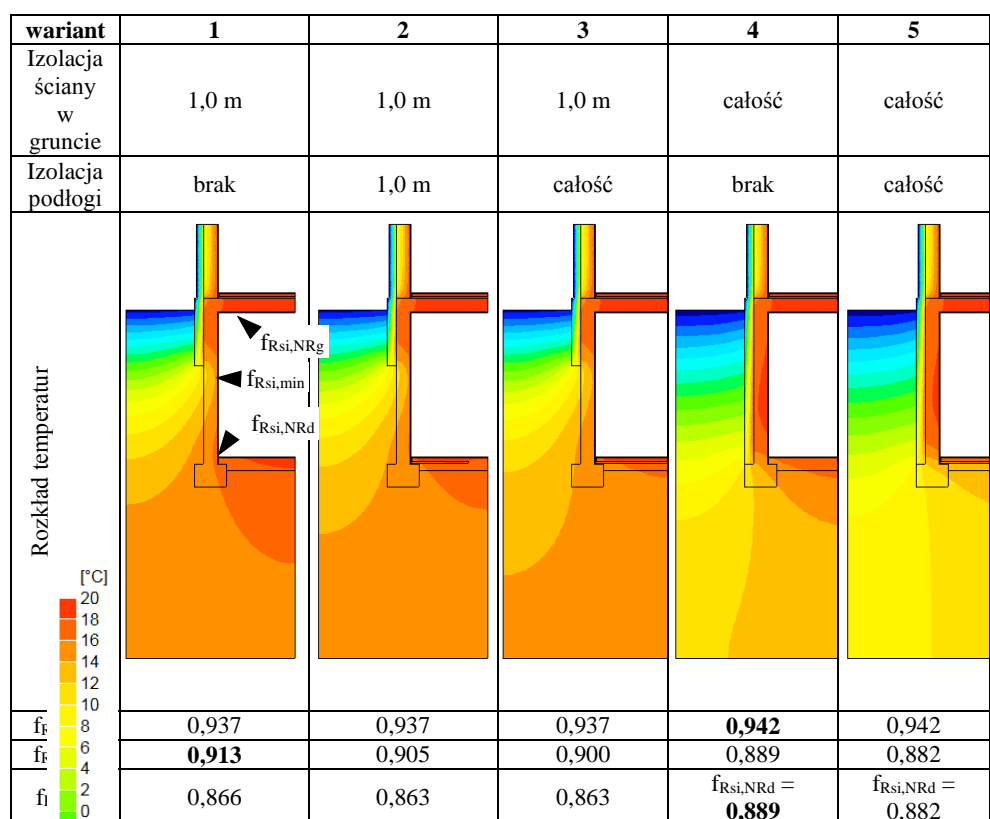
Ponieważ analiza dotyczy jedynie temperatur na powierzchni wewnętrznej przegród, obliczenia wykonano zakładając brzeg adiabatyczny we wszystkich płaszczyznach stanowiących granicę modelu gruntu oraz ściany zewnętrznej ponad gruntem, zgodnie z PN-EN ISO 13370:2008 [6] oraz pracą [10].

4. WYNIKI OBLICZEŃ

Najwyższą temperaturę na powierzchni ściany, w przypadku piwnicy całkowicie zagłębionej w gruncie otrzymuje się stosując wyłącznie izolację pionową ściany zewnętrznej do głębokości 1,0 m (tab. 2). Za najkorzystniejsze rozwiązanie, należy uznać wariant 4, w którym izolacja pionowa ułożona jest na całej wysokości ściany piwnicy, z pominięciem izolacji poziomej posadzki. Otrzymuje się tu najwyższą wartość temperatury w narożniku górnym oraz nie występuje tu miejscowe obniżenie temperatury na wysokości ściany, co ma miejsce przy zastosowaniu izolacji tylko na

części wysokości. Korzystniejsze jest ono również z uwagi na wartość temperatury w narożniku dolnym, gdzie ma ona swoje minimum.

Tablica 2. Ryzyko rozwoju grzybów pleśniowych zależnie od ukształtowania izolacji termicznej w budynku z piwnicą całkowicie w gruncie
Table 2. Risk of mould growth according to configuration of thermal insulation in building with cellar completely in the ground



przypadku piwnicy wyniesionej do połowy swojej wysokości ponad grunt, znacznie najwyższą temperaturę na powierzchni wewnętrznej uzyskano przy zastosowaniu ciągłej izolacji pionowej ściany zewnętrznej aż do wierzchu ław fundamentowych ale bez izolacji poziomej posadzki (tab. 3). Zastosowanie tej izolacji spowodowało niewielkie obniżenie temperatury na styku ławy z posadzką ($f_{Rsi,NRd}$), podobnie jak ma to miejsce w przypadku piwnicy całkowicie zagłębionej w gruncie.

Na podstawie zamieszczonych w tablicach 2 i 3 rozkładów temperatur, widać jednoznacznie, że jednocześnie ułożenie izolacji na całej wysokości ściany i szerokości podłogi, zapewnia przesunięcie izoterm niższych temperatur bezpośrednio do płaszczyzn izolacji. Oznacza to znaczne ograniczenie strat ciepła w wariantach 5 obydwu rodzajów posadowień (w stosunku do pierwszych czterech), ale także przyczynia się do powstania „wtórnego” mostka cieplnego w dolnym narożniku.

Należy jednak zauważyć, że we wszystkich rozważanych wariantach, obu przypadków posadowień budynku, nie istnieje zagrożenie przekroczenia minimalnej wartości współczynnika temperaturowego $f_{Rsi,min} = 0,72$ wymaganego Rozporządzeniem [9].

Tablica 3. Ryzyko rozwoju grzybów pleśniowych zależnie od ukształtowania izolacji termicznej w budynku z piwnicą częściowo wyniesioną ponad poziom gruntu

Table 3. Risk of mould growth according to configuration of thermal insulation in building with cellar partly over the ground

wariant	1	2	3	4	5
Izolacja ściany w gruncie	1,0 m	1,0 m	1,0 m	całość	całość
Izolacja podłogi	brak	1,0 m	całość	brak	całość
Rozkład temperatur [°C]					
$f_{Rsi,NRg}$	0,961	0,961	0,961	0,961	0,961
$f_{Rsi,NRd}$	0,879	0,847	0,847	0,902	0,869
$f_{Rsi,min}$	$f_{Rsi,NRd} = 0,879$	$f_{Rsi,NRd} = 0,847$	$f_{Rsi,NRd} = 0,847$	$f_{Rsi,NRd} = \mathbf{0,902}$	$f_{Rsi,NRd} = 0,869$

5. PODSUMOWANIE

W praktyce projektowej coraz częściej pomieszczenia piwnicy mają pełnić funkcję nie tylko pomieszczeń pomocniczych, ale także przeznaczonych na dłuższy w nich pobyt, np. pomieszczeń hobby. Wymaga to zapewnienia odpowiedniej izolacyjności cieplnej tych nietypowych przegród zewnętrznych. W aktualnych wymaganiach Rozporządzenia [9] nie podano, jak to było wcześniej, zasięgu stosowanej izolacji. Rozważane przykłady pokazują, że zarówno ułożenie izolacji pionowej do głębokości 1,0 m jak i na całej powierzchni jest prawidłowe i nie skutkuje ryzykiem rozwoju grzybów pleśniowych. Również zastosowanie izolacji poziomej w posadzce nie jest konieczne do ograniczenia ryzyka rozwoju grzybów pleśniowych, ale przyczynia się do ograniczenia strat ciepła z budynku.

LITERATURA

- [1] PN-74/B-03464 Ogrzewnictwo. Współczynniki przenikania ciepła K dla przegród budowlanych.
- [2] PN-82/B-02020 Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia.
- [3] PN-91/B-02020 Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia.
- [4] PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
- [5] PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- [6] PN-EN ISO 13370:2008 Ciepłne właściwości użytkowe budynków. Przenoszenie ciepła przez grunt. Metody obliczania.
- [7] PN-EN ISO 13788:2003 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa. Metody obliczania.
- [8] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU nr 132, poz. 878).
- [9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami).
- [10] Wesołowska M., Hołownia P., 2004. Granice modelu przy analizie wymiany ciepła przez grunt, VII Konferencja Naukowo-Techniczna ENEGODOM 2004 Kraków-Zakopane. Kraków.
- [11] Wesołowska M., Szczepaniak P., 2009. Nowe wymagania w ocenie wilgotnościowej przegród, VI Sympozjum Budownictwo Ogólne. Zagadnienia konstrukcyjne, materiałowe i ciepłno-wilgotnościowe w budownictwie. Bydgoszcz 2009.
- [12] Zembrowski J.: Ocieplenia fundamentów i podłóg na gruncie w budynkach energooszczędnych. Izolacje, 5/2008.

THE THERMAL PROJECTING OF JOIN OF CONNECTION WITH GROUND IN BUILDING WITH THE CELLAR

Summary

The article presents the examples of thermal insulation of external partitions in building with the cellar.