

dr inż. Barbara Ksit^{1*)}

mgr inż. Mateusz Smoczyk¹⁾

dr hab. inż. Anna Szymczak-Graczyk, prof. UPP²⁾

Wariantowa analiza cieplno-wilgotnościowa podłogi typu płyta na gruncie

Zagadnienie przewodności cieplnej przegród, w tym podłóg na gruncie, stanowi nieodzowny element wpływający na charakterystykę energetyczną obiektu. Wraz ze stopniowym wdrażaniem idei budownictwa energooszczędnego oraz pasywnego [1, 2], zwiększyła się potrzeba precyzji wyznaczanych parametrów cieplnych obiektów. Liczne publikacje [3 – 5] wskazują na niewystarczającą dokładność aktualnych uproszczonych metod obliczeniowych, a przede wszystkim metody uwzględniania wpływu mostków termicznych na charakterystykę energetyczną obiektów.

W celu analizy wpływu rozwiązań materiałowych na parametry termiczne podłogi typu płyta na gruncie, przeprowadzono kompleksowe porównanie ponad stu kilkudziesięciu wariantów rozwiązania posadowienia obiektu w postaci łań fundamentowych.

Wymagania cieplno-wilgotnościowe

Aktualne wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przegród wynikają z rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 9 czerwca 2022 r. [6]. Maksymalne dopuszczalne współczynniki przenikania ciepła $U_{C(max)}$ sprecyzowane zostały w załączniku nr 2 do tego rozporządzenia. Jednocześnie w pkt 1.4 załącznika nr 2 określono minimalne parametry, jakimi powinna charakteryzować się termoizolacja obwodowa podłogi na gruncie w wybranych budynkach. Wymagania dotyczące ochrony przed zawilgoceciem i korozją biologiczną wynikają

z rozdziału 4 i obejmują m.in. przeciwdziałanie występowaniu kondensacji na wewnętrznych powierzchniach przegród.

Założenia do analizy

Analizie poddano płytę posadzki na gruncie o wymiarach wewnętrznych 8,00 x 8,00 m. Założona lokalizacja obiektu (Poznań) warunkowała uwzględnienie danych klimatycznych rozpatrywanego obszaru. Ze względu na ogólny charakter obliczeń, których celem jest weryfikacja wpływu zastosowania materiałów należących do poszczególnych grup, a nie konkretnych wyrobów budowlanych, przyjęto parametry cieplne materiałów podane jako średnie w opracowaniach naukowych oraz normach [3, 7 – 8], wyszczególnione w tabeli.

Przyjęte obliczeniowe parametry cieplne wyrobów budowlanych

Materiał	λ_{obit} [W/(m·K)]
Materiały termoizolacyjne	
Płyty XPS	0,045
Płyty EPS	0,040
Płyty PIR	0,025
Materiały konstrukcyjne	
Błoczeki silikatowe	0,90
Błoczeki keramzytobetonowe	0,86
Beton zbrojony	2,40
Beton niezbrojony	1,65
Błoczeki oddzielenia term.	0,33
Materiały wykończeniowe	
Tynk gipsowy	0,57
Płytki ceramiczne	1,30

Warianty porównawcze

Każde z rozważanych rozwiązań spełnia obowiązujące wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przegród

wynikające z rozporządzenia [6]. Przykładową geometrię jednego z wariantów przedstawiono na rysunku 1.

Przeanalizowano 144 rozwiązania, uwzględniając następujące zmienne:

- głębokość posadowienia p.p.t.: 80/100/120/140 cm;
- materiał ściany fundamentowej: bloczki betonowe/bloczki keramzytobetonowe;
- grubość termoizolacji podłogi: 10/15/20 cm;
- grubość termoizolacji ściany fundamentowej: 10/15/20 cm;
- zastosowanie bloczków oddzielenia termicznego.

Model oraz procedura obliczeniowa

Kalkulacje wykonano metodą numeryczną z wykorzystaniem modelu trójwymiarowego. Na potrzeby przeprowadzenia analizy wykorzystano oprogramowanie TRISCO 15.1 przedsiębiorstwa „Physibel”. Wykorzystany w obliczeniach trójwymiarowy model obiektu, zbudowany zgodnie z wytycznymi normy [9], stanowi jedną czwartą analizowanego budynku (rysunek 2).

Wyznaczenie parametrów przeprowadzono na podstawie procedur podanych w normach [9 – 10]. Porównano średni współczynnik przenikania ciepła poszczególnych wariantów, uwzględniający sumaryczne przenoszenie ciepła przez płytę podłogi na gruncie oraz liniowe i punktowe mostki termiczne. Następnie w przypadku każdego z rozwiązań wyznaczono czynnik temperatury f_{Rsi} charakteryzujący „jakość cieplną” złącza.

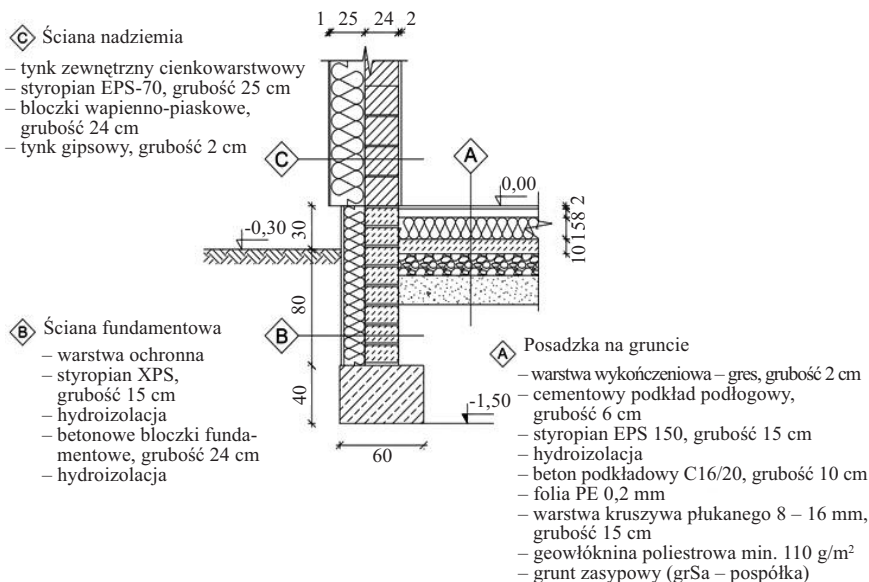
Wyniki obliczeń

W wyniku przeprowadzonych symulacji numerycznych otrzymano 144 wartości średniej przewodności cieplnej podłóg na gruncie, wraz z przypisanymi

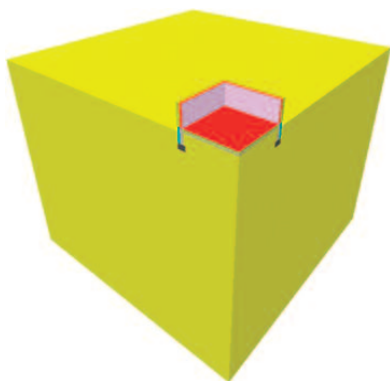
¹⁾ Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Łądowej i Transportu

²⁾ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej

^{*)} Adres do korespondencji: barbara.ksit@put.poznan.pl



Rys. 1. Przykładowa geometria oraz przyjęte warstwy przegród budowlanych jednego z analizowanych wariantów; wymiary [cm]



Rys. 2. Model przestrzenny złącza

czynnikami temperatury charakteryzującymi poszczególne rozwiązania. Z przyjętych do analizy wariantów jedynie w przypadku ściany fundamentowej z bloczków betonowych stwierdzono trudności w zapewnieniu minimalnej temperatury w złączu, gwarantującej uniknięcie kondensacji powierzchniowej pary wodnej.

Na podstawie uzyskanych danych opracowano nomogramy umożliwiające odczytanie wymaganych parametrów geometryczno-materiałowych gwarantujących osiągnięcie oczekiwanych właściwości cieplnych przegrody. Tak duża baza danych stanowiła również podstawę do dalszych analiz ekonomicznych oraz opracowania wniosków i ogólnych zaleceń dotyczących termoizolacji podłóg na gruncie.

W ramach przeprowadzonych analiz ekonomicznych rozważono zasadność

zamiany materiału termoizolacji posadzki na gruncie z polistyrenu ekspandowanego na płyty PIR. W przypadku wybranych wariantów wyznaczono równoważną grubość termoizolacji poliizocyjanurowej, która przy założonych obliczeniowych współczynnikach przewodności cieplnej zapewni opór cieplny taki, jak w przypadku styropianu EP. Na podstawie średniej ceny netto poszczególnych wyrobów ustalono, że w obecnych warunkach ekonomicznych zastosowanie płyt PIR wiąże się ze wzrostem nakładów inwestycyjnych o ok. 29%.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy sformułowano następujące wnioski i zalecenia:

- zapewnienie wymaganej izolacyjności cieplnej przegrody, wynikającej z rozporządzenia [6], nie gwarantuje poprawnej konstrukcji złącza pod względem cieplno-wilgotnościowym;
- w celu wyznaczenia minimalnej temperatury w złączu konieczne jest posługiwanie się metodami numerycznymi z wykorzystaniem modelu przestrzennego analizowanej przegrody;
- elementem wpływającym w największym stopniu na redukcję strat ciepła jest grubość termoizolacji podłogi;
- termoizolacja pionowa ściany fundamentowej odpowiada przede wszystkim za zapewnienie wymaganej mini-

malnej temperatury w złączu, natomiast w mniejszym stopniu wpływa na ograniczenie strat ciepła przez redukcję wartości występujących mostków termicznych;

- różne przyjęte rozwiązania pozwalają na osiągnięcie takiej samej wartości średniego współczynnika przenikania ciepła podłogi na gruncie ($U_{g, \text{śr}}$), dlatego istotnym elementem staje się analiza ekonomiczna, umożliwiająca minimalizację kosztów inwestycyjnych;

- stosowanie termoizolacji poliizocyjanurowej, jako rozwiązania alternatywnego dla polistyrenu ekspandowanego, jest obecnie ekonomicznie nieuzasadnione.

Literatura

- [1] Ksit B. Różnorodność programów certyfikacji i definicji budownictwa ekologicznego. Ekologia w budownictwie. DWE, 2014.
- [2] Ksit B, Sarnowska R. Modernizacja projektu budynku mieszkalnego do standardu NF15 z analizą kosztorysową ścian zewnętrznych. PB, 2017.
- [3] Dylla A. Fizyka cieplna budowli w praktyce – obliczenia cieplno-wilgotnościowe. PWN, Warszawa 2015.
- [4] Alsabry A, Łaskawiec K, Szymański K, Rojek Ł. Analiza wpływu wybranej metodologii oceny mostków cieplnych na bilans energetyczny budynku. Budownictwo i Architektura, 2018.
- [5] Pawłowski K. Procedury uwzględniania mostków termicznych w ocenie charakterystyki energetycznej budynków. Izolacje, 2009.
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 15 kwietnia 2022 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022 poz. 1225).
- [7] PN-EN ISO 10456:2009. Materiały i wyroby budowlane – Właściwości cieplno-wilgotnościowe – Tabełacyjne wartości obliczeniowe i procedury określenia deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych.
- [8] PN-EN ISO 6946:1999. Komponenty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania.
- [9] PN-EN ISO 10211:2017. Mostki cieplne w konstrukcji budowlanej – Przepływ ciepła i temperatury powierzchni – Obliczenia szczegółowe.
- [10] PN-EN ISO 13788:2013-05. Cieplno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku – Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej – Metody obliczania.

Artykuł przygotowano na podstawie pracy magisterskiej nagrodzonej w konkursie zorganizowanym przez Polski Związek Producentów i Przetwórców Izolacji Poliuretanowych PUR i PIR „SIPUR” oraz Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa oddział w Poznaniu.