



POLSKA NORMA

ICS 91.120.10

PN-EN ISO 10211

Wprowadza

EN ISO 10211:2017, IDT
ISO 10211:2017, IDT

Zastępuje

PN-EN ISO 10211:2008

Mostki cieplne w konstrukcji budowlanej Przepływy ciepła i temperatury powierzchni Obliczenia szczegółowe

Norma Europejska EN ISO 10211:2017 *Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Detailed calculations (ISO 10211:2017)* ma status Polskiej Normy

© Copyright by PKN, Warszawa 2019

nr ref. PN-EN ISO 10211:2017-09

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji nie może być zwielokrotniana jakkolwiek techniką bez pisemnej zgody Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego

PN-EN ISO 10211:2017-09

Przedmowa krajowa

Niniejsza norma jest identycznym tłumaczeniem angielskiej wersji Normy Europejskiej EN ISO 10211:2017, stanowiącej wprowadzenie – bez żadnych modyfikacji – Normy Międzynarodowej ISO 10211:2017.

Została zatwierdzona przez Prezesa PKN 28 września 2017 r.

Komitetem krajowym odpowiedzialnym za normę i jej tłumaczenie jest KT nr 179 ds. Ochrony Ciepłej Budynków.

Niniejsza norma zastępuje PN-EN ISO 10211:2008.

Odpowiedniki krajowe norm i innych dokumentów powołanych w niniejszej normie można znaleźć w katalogu Polskich Norm. Oryginały norm i innych dokumentów powołanych są dostępne w PKN.

W sprawach merytorycznych dotyczących treści normy można zwracać się do właściwego Komitetu Technicznego lub właściwej Rady Sektorowej PKN, kontakt: www.pkn.pl

NORMA EUROPEJSKA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN ISO 10211

lipiec 2017

ICS 91.120.10

Zastępuje EN ISO 10211:2007

Wersja polska

**Mostki ciepłe w konstrukcji budowlanej
Przepływy ciepła i temperatury powierzchni
Obliczenia szczegółowe
(ISO 10211:2017)**

Thermal bridges in building
construction – Heat flows and surface
temperatures – Detailed calculations
(ISO 10211:2017)

Ponts thermiques dans les bâtiments
– Flux thermiques et températures
superficielles – Calculs détaillés
(ISO 10211:2017)

Wärmebrücken im Hochbau
– Wärmeströme und
Oberflächentemperaturen –
Detaillierte Berechnungen
(ISO 10211:2017)

Niniejsza norma jest polską wersją Normy Europejskiej EN ISO 10211:2017. Została ona przetłumaczona przez Polski Komitet Normalizacyjny i ma ten sam status co wersje oficjalne.

Niniejsza Norma Europejska została przyjęta przez CEN 27 lutego 2017 r.

Zgodnie z Przepisami wewnętrznymi CEN/CENELEC członkowie CEN są zobowiązani do nadania Normie Europejskiej statusu normy krajowej bez wprowadzania jakichkolwiek zmian. Aktualne wykazy norm krajowych, łącznie z ich danymi bibliograficznymi, można otrzymać na zamówienie w Centrum Zarządzania CEN-CENELEC lub w krajowych jednostkach normalizacyjnych będących członkami CEN.

Niniejsza Norma Europejska istnieje w trzech oficjalnych wersjach (angielskiej, francuskiej i niemieckiej). Wersja w każdym innym języku, przetłumaczona na odpowiedzialność danego członka CEN na jego własny język i notyfikowana w Centrum Zarządzania CEN-CENELEC, ma ten sam status co wersje oficjalne.

Członkami CEN są krajowe jednostki normalizacyjne następujących państw: Austrii, Belgii, Bułgarii, byłej Jugosłowiańskiej Republiki Macedonii, Chorwacji, Cypru, Danii, Estonii, Finlandii, Francji, Grecji, Hiszpanii, Holandii, Irlandii, Islandii, Litwy, Luksemburga, Łotwy, Malty, Niemiec, Norwegii, Polski, Portugalii, Republiki Czeskiej, Rumunii, Serbii, Słowacji, Słowenii, Szwajcarii, Szwecji, Turcji, Węgier, Włoch i Zjednoczonego Królestwa.

CEN

Europejski Komitet Normalizacyjny
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

Centrum Zarządzania CEN-CENELEC: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

EN ISO 10211:2017

Spis treści

Stronica

Przedmowa do Normy Europejskiej	4
Wprowadzenie	6
1 Zakres normy	9
2 Powołania normatywne	9
3 Terminy i definicje	10
4 Symbole i indeksy	15
4.1 Symbole	15
4.2 Indeksy	16
5 Opis metody	16
5.1 Dane wyjściowe	16
5.2 Opis ogólny	16
6 Dane wyjściowe i dane wejściowe	17
6.1 Dane wyjściowe	17
6.2 Obliczanie przedziałów czasu	17
6.3 Dane wejściowe	17
7 Modelowanie konstrukcji	18
7.1 Systemy wymiarów	18
7.2 Zasady modelowania	18
7.2.1 Postanowienia ogólne	18
7.2.2 Płaszczyzny wycięcia dla modelu geometrycznego 3-D do obliczania całkowitego przepływu ciepła i/lub temperatur powierzchni	18
7.2.3 Płaszczyzny wycięcia dla modelu geometrycznego 2-D	20
7.2.4 Płaszczyzny wycięcia w gruncie	20
7.2.5 Okresowe przepływy ciepła przez grunt	21
7.2.6 Dostosowanie do wymiarów	21
7.2.7 Płaszczyzny pomocnicze	23
7.2.8 Prawie jednorodne warstwy i materiały	23
7.3 Warunki upraszczania modelu geometrycznego	23
7.3.1 Postanowienia ogólne	23
7.3.2 Warunki dopasowania wymiarów w celu uproszczenia modelu geometrycznego	23
7.3.3 Warunki stosowania prawie jednorodnych warstw materiału w celu uproszczenia modelu geometrycznego	25
8 Specyfikacje danych wejściowych	27
8.1 Postanowienia ogólne	27
8.2 Współczynniki przewodzenia ciepła materiałów	28
8.3 Opory powierzchni	28
8.4 Temperatury brzegowe	28
8.5 Współczynnik przewodzenia ciepła warstw prawie jednorodnych	28
8.6 Równoważny współczynnik przewodzenia ciepła szczelin powietrznych	28
8.7 Określanie temperatury w przyległym pomieszczeniu nieogrzewanym	29
9 Metoda obliczania	29
9.1 Technika rozwiązania	29
9.2 Zasady obliczania	29
9.2.1 Przepływy ciepła między komórkami materiału a przyległym środowiskiem	29
9.2.2 Przepływy ciepła przy płaszczyznach przekroju	30

9.2.3	Rozwiązanie wzorów	30
9.2.4	Obliczenie rozkładu temperatury	30
10	Określenie współczynników sprzężenia cieplnego i strumienia ciepła z obliczeń 3-D	30
10.1	Dwie temperatury brzegowe, model niepodzielony	30
10.2	Dwie temperatury brzegowe, model podzielony	30
10.3	Więcej niż dwie temperatury brzegowe	31
11	Obliczenia z zastosowaniem liniowych i punktowych współczynników przenikania ciepła z obliczeń 3-D	31
11.1	Obliczenie współczynnika sprzężenia cieplnego	31
11.2	Obliczenie liniowych i punktowych współczynników przenikania ciepła	32
12	Określanie współczynnika sprzężenia cieplnego, strumienia ciepła i liniowego współczynnika przenikania ciepła z obliczeń 2-D	33
12.1	Dwie temperatury brzegowe	33
12.2	Więcej niż dwie temperatury brzegowe	33
12.3	Określanie liniowego współczynnika przenikania ciepła	33
12.4	Określanie liniowego współczynnika przenikania ciepła połączeń ściana-podłoga	34
12.4.1	Wszystkie przypadki	34
12.4.2	Opcja A	34
12.4.3	Opcja B	36
12.5	Określanie zewnętrznego współczynnika okresowego przenoszenia ciepła podłóg na gruncie	38
13	Określanie temperatury przy powierzchni wewnętrznej	39
13.1	Określanie temperatury przy powierzchni wewnętrznej z obliczeń 3-D	39
13.1.1	Dwie temperatury brzegowe	39
13.1.2	Więcej niż dwie temperatury brzegowe	39
13.2	Określanie temperatury przy powierzchni wewnętrznej z obliczeń 2-D	40
13.2.1	Dwie temperatury brzegowe	40
13.2.2	Trzy temperatury brzegowe	40
14	Raport	40
14.1	Dane wejściowe	40
14.2	Dane wyjściowe	41
14.2.1	Postanowienia ogólne	41
14.2.2	Obliczanie przenikania ciepła z zastosowaniem współczynnika sprzężenia cieplnego	41
14.2.3	Obliczanie temperatur powierzchni z zastosowaniem współczynników wagowych	41
14.2.4	Dodatkowe dane wyjściowe	41
14.2.5	Szacowanie błędów	42
Załącznik A (normatywny) Arkusz danych wejściowych i wyboru metody – Szablon		43
Załącznik B (informacyjny) Arkusz danych wejściowych i wyboru metody – Wybory domyślne		45
Załącznik C (normatywny) Walidacja metod obliczania		47
Załącznik D (normatywny) Przykłady określania liniowych i punktowych współczynników przenikania ciepła		54
Załącznik E (normatywny) Określanie wartości współczynnika sprzężenia cieplnego i czynnika wagowego temperatury dla więcej niż dwóch temperatur brzegowych		57
Bibliografia		62

EN ISO 10211:2017

Przedmowa do Normy Europejskiej

Niniejszy dokument (EN ISO 10211:2017) został opracowany przez Komitet Techniczny ISO/TC 163 „Ciepłote właściwości użytkowe i wykorzystanie energii w środowisku budowlanym” we współpracy z Komitetem Technicznym CEN/TC 89 „Ciepłote właściwości użytkowe budynków i komponentów budowlanych”, którego sekretariat jest prowadzony przez SIS.

Niniejsza Norma Europejska powinna uzyskać status normy krajowej, przez opublikowanie identycznego tekstu lub uznanie, najpóźniej do stycznia 2018 r., a normy krajowe sprzeczne z daną normą powinny być wycofane najpóźniej do stycznia 2018 r.

Zwraca się uwagę, że niektóre elementy niniejszego dokumentu mogą być przedmiotem praw patentowych. CEN nie będzie ponosić odpowiedzialności za zidentyfikowanie jakichkolwiek ani wszystkich takich praw patentowych.

Niniejszy dokument został opracowany na podstawie mandatu, udzielonego CEN przez Komisję Europejską i Europejskie Stowarzyszenie Wolnego Handlu.

Niniejszy dokument jest częścią serii norm i związanych raportów technicznych dotyczących energetycznych właściwości użytkowych budynków i został opracowany na podstawie mandatu udzielonego CEN przez Komisję Europejską i Europejskie Stowarzyszenie Wolnego Handlu (Mandat M/480, patrz odniesienie [EF3] poniżej).

Dyrektywa 2010/31/UE przekształca dyrektywę 2002/91/WE dotyczącą energetycznych właściwości użytkowych budynków (EPBD, [EF4]), promuje poprawę energetycznych właściwości użytkowych budynków na terenie Unii Europejskiej, uwzględniając wszystkie typy wykorzystania energii (ogrzewanie, oświetlenie, chłodzenie, kondycjonowanie powietrza, wentylację) oraz klimat zewnętrzny i warunki lokalne, jak również wymagania dotyczące klimatu wewnętrznego i opłacalności (Art. 1).

Dyrektywa wymaga od Państw Członkowskich przyjęcia środków i narzędzi pozwalających na rozsądne i racjonalne wykorzystanie zasobów energetycznych. Aby osiągnąć te cele, dyrektywa EPBD wymaga zwiększenia efektywności energetycznej i lepszego wykorzystania odnawialnych źródeł energii zarówno w nowych, jak i istniejących budynkach. Jednym z narzędzi jest zastosowanie przez Państwa Członkowskie minimalnych wymagań dotyczących energetycznych właściwości użytkowych budynków nowych i istniejących podlegających gruntownej renowacji, a także minimalnych wymagań dotyczących właściwości użytkowych obudowy budynku w przypadku, gdy części istotne z punktu widzenia energii są wymieniane lub modernizowane. Inne narzędzia to: certyfikacja energetyczna budynków, kontrola kotłów i systemów klimatyzacyjnych.

Zastosowanie norm europejskich zwiększa dostępność, przejrzystość i obiektywność oceny energetycznych właściwości użytkowych w Państwach Członkowskich, ułatwiając porównywanie najlepszych praktyk i wspieranie rynku wewnętrznego wyrobów budowlanych. Zastosowanie norm EPB do obliczania energetycznych właściwości użytkowych, a także do certyfikacji energetycznych właściwości użytkowych i kontroli systemów grzewczych i kotłów, systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych obniży koszty w porównaniu z kosztami opracowania różnych norm na poziomie krajowym.

Pierwszy mandat CEN, mający na celu opracowanie serii norm CEN EPBD (M/343, [EF1]) jako wsparcie pierwszej edycji EPBD ([EF2]), doprowadził do udanej publikacji wszystkich norm CEN związanych z EPBD w latach 2007–2008.

Mandat M/480 wydano w celu przeglądu mandatu M/343, ponieważ przekształcenie dyrektywy EPBD spowodowało konieczność ponownego przeglądu norm oraz przeformułowania i dodania norm, tak aby stały się one z jednej strony jednoznaczne i zgodne, a z drugiej strony jasne i precyzyjne przegląd wyborów, warunków brzegowych i danych wejściowych, które należy zdefiniować na poziomie krajowym lub regionalnym. Takie wybory krajowe lub regionalne są nadal konieczne ze względu na różnice w klimacie, kulturze i tradycji budowlanej, polityce i ramach prawnych. W związku z tym zestaw norm CEN EPBD opublikowanych w latach 2007–2008 należało poprawić i rozszerzyć na podstawie przekształcenia dyrektywy EPBD.

Normy EPB są wystarczająco elastyczne, aby umożliwić niezbędne zróżnicowanie krajowe i regionalne oraz ułatwić wdrażanie przez Państwa Członkowskie i ustalanie wymagań przez Państwa Członkowskie.

EN ISO 10211:2017

Kolejnymi grupami docelowymi są użytkownicy dobrowolnego, wspólnego dla Unii Europejskiej, schematu certyfikacji dotyczącej energetycznych właściwości użytkowych budynków niemieszkalnych (EPBD art. 11.9), jak również dowolny inny podmiot regionalny (np. paneuropejski), który chce oceniać swoje założenia poprzez klasyfikację energetycznych właściwości użytkowych budynków w odniesieniu do zasobów budynków oddanych do użytku.

Niniejsza norma zastępuje EN ISO 10211:2007.

Zgodnie z Przepisami wewnętrznymi CEN-CENELEC do wprowadzenia niniejszej Normy Europejskiej są zobowiązane krajowe jednostki normalizacyjne następujących państw: Austrii, Belgii, Bułgarii, byłej Jugosłowiańskiej Republiki Macedonii, Chorwacji, Cypru, Danii, Estonii, Finlandii, Francji, Grecji, Hiszpanii, Holandii, Irlandii, Islandii, Litwy, Luksemburga, Łotwy, Malty, Niemiec, Norwegii, Polski, Portugalii, Republiki Czeskiej, Rumunii, Serbii, Słowacji, Słowenii, Szwajcarii, Szwecji, Turcji, Węgier, Włoch i Zjednoczonego Królestwa.

Odniesienia:

- [EF1] EPBD, Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings
- [EF2] EPBD Mandate M/343, Mandate to CEN, CENELEC and ETSI for the elaboration and adoption of standards for a methodology calculating the integrated energy performance of buildings and estimating the environmental impact, in accordance with the terms set forth in Directive 2002/91/EC, 30 January 2004
- [EF3] Mandate M/480, Mandate to CEN, CENELEC and ETSI for the elaboration and adoption of standards for a methodology calculating the integrated energy performance of buildings and promoting the energy efficiency of buildings, in accordance with the terms set in the recast of the Directive on the energy performance of buildings (2010/31/EU), 14 December 2010
- [EF4] EPBD, Recast of the Directive on the energy performance of buildings (2010/31/EU). 14 December 2010

Nota uznaniowa

Tekst ISO 10211:2017 został zatwierdzony przez CEN jako EN ISO 10211:2017 bez żadnych modyfikacji.

EN ISO 10211:2017

Wprowadzenie

Niniejszy dokument jest częścią serii norm, których celem jest międzynarodowa harmonizacja metodyki szacowania energetycznych właściwości użytkowych budynków, nazywanej „zestawem norm EPB”.

W celu zapewnienia ogólnej spójności, jednoznaczności i przejrzystości wszystkie normy EPB są zgodne z określonymi zasadami.

Wszystkie normy EPB umożliwiają pewną elastyczność w odniesieniu do metod, wymaganych danych wejściowych i odniesień do innych norm EPB, poprzez zamieszczenie w Załączniku A szablonu normatywnego oraz w Załączniku B informacji na temat wyborów domyślnych.

Aby prawidłowo stosować niniejszy dokument, w Załączniku A zamieszczono szablon normatywny, w którym określono te wybory. Informacje na temat wyborów domyślnych podano w Załączniku B.

Głównymi grupami docelowymi niniejszego dokumentu są architekci, inżynierowie i organy prawodawcze.

W przypadku wykorzystania przez organy prawodawcze lub w przypadku przeznaczenia dla organów prawodawczych: jeśli dokument stosuje się w kontekście krajowych lub regionalnych wymagań prawnych, dla takich określonych zastosowań można podać wybory obowiązkowe na poziomie krajowym lub regionalnym. Te wybory (albo informacyjne wybory domyślne z Załącznika B, albo wybory dostosowane do potrzeb krajowych/regionalnych, ale w każdym wypadku zgodne z szablonem z Załącznika A) można udostępniać w formie załącznika krajowego lub osobnego dokumentu (np. dokument prawny) (krajowe arkusze danych).

UWAGA 1 W takim przypadku:

- organy prawodawcze określają wybory;
- indywidualny użytkownik zastosuje dokument do oszacowania energetycznych właściwości użytkowych budynku, a tym samym skorzysta z wyborów dokonanych przez organy prawodawcze.

Tematy poruszone w niniejszym dokumencie mogą podlegać rozporządzeniom publicznym. Rozporządzenia publiczne dotyczące tych samych tematów mogą zastąpić wartości domyślne zamieszczone w Załączniku B. Rozporządzenia publiczne dotyczące tych samych tematów mogą nawet, w przypadku niektórych zastosowań, zastąpić stosowanie postanowień niniejszego dokumentu. Na ogół wymagań prawnych i wyborów nie zamieszcza się w normach, ale w dokumentach prawnych. W celu uniknięcia podwójnych publikacji i trudnej aktualizacji podwójnych dokumentów, w załączniku krajowym można odnosić się do tekstów prawnych, w których władze publiczne dokonały wyborów krajowych. Do różnych zastosowań można stosować różne załączniki krajowe lub krajowe arkusze danych.

Oczekuje się, że jeśli wartości domyślne, wybory i odniesienia do innych norm EPB wg Załącznika B nie będą przestrzegane – ze względu na rozporządzenia krajowe, politykę lub tradycje, to:

- krajowe lub regionalne władze przygotowują arkusze danych zawierające wybory i wartości krajowe lub regionalne, zgodnie z modelem w Załączniku A. W tym przypadku zaleca się opracowanie załącznika krajowego (np. NA) zawierającego odniesienie do tych arkuszy danych;
- lub, domyślnie, krajowy organ normalizacyjny rozważy możliwość dodania lub włączenia załącznika krajowego, według szablonu z Załącznika A, zgodnie z dokumentami prawnymi, w których podano wartości i wybory krajowe lub regionalne.

Kolejne grupy docelowe to strony, które chcą umotywić swoje założenia, klasyfikując energetyczne właściwości użytkowe budynku w odniesieniu do zasobów budynków oddanych do użytku.

Więcej informacji podano w Raporcie Technicznym powiązanim z niniejszym dokumentem (ISO/TR 52019-2).

Część zestawu norm EPB opracowanych przez ISO/TC 163/SC 2 obejmuje między innymi:

- procedury obliczania całkowitego wykorzystania energii i energetycznych właściwości użytkowych budynków;

- procedury obliczania temperatury wewnętrznej w budynkach (np. w przypadku braku ogrzewania lub chłodzenia pomieszczenia);
- wskaźniki dotyczące częściowych wymagań EPB związanych z bilansem energii cieplnej i cechami struktury;
- metody obliczania obejmujące właściwości użytkowe i charakterystyki cieplne, cieplno-wilgotnościowe, słoneczne i wizualne określonych części budynku oraz określonych elementów i komponentów budowlanych, takich jak nieprzezroczyste elementy obudowy, podłoga na gruncie, okna i fasady.

ISO/TC 163/SC 2 współpracuje z innymi komitetami technicznymi w zakresie szczegółów dotyczących urządzeń, systemów technicznych budynków, środowiska wewnętrznego itp.

W niniejszym dokumencie określono specyfikacje modelu geometrycznego mostka cieplnego do komputerowych obliczeń liniowych współczynników przenikania ciepła, punktowych współczynników przenikania ciepła i temperatur powierzchni wewnętrznych.

W Tabelicy 1 przedstawiono względną pozycję niniejszego dokumentu w zestawie norm EPB w kontekście modułowej struktury określonej w ISO 52000-1.

UWAGA 2 W ISO/TR 52000-2 można znaleźć tę samą tablicę z numerami odpowiednich norm EPB dla każdego modułu i związanych z nimi raportów technicznych, które opublikowano lub które są przygotowywane.

UWAGA 3 Moduły reprezentują normy EPB, chociaż jedna norma EPB może obejmować więcej niż jeden moduł, a jeden moduł może być uwzględniony w więcej niż jednej normie EPB, na przykład odpowiednio metoda uproszczona i szczegółowa. Patrz także Tablice A.1 oraz B.1.

Tablica 1 – Pozycja niniejszego dokumentu (w tym przypadku M2-5), w ramach modułowej struktury zestawu norm EPB

	Nadrzędna		Budynek (jako taki)		Techniczne systemy budynku									
Sub-moduł	Opisy		Opisy		Opisy	Ogrzewanie	Chłodzenie	Wentylacja	Nawilżanie	Odwilżanie	Ciepła woda użytkowa	Oświetlenie	Automatyzacja i sterowanie budynkiem	PV, wiatr, ...
sub1		M1		M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
1	Ogólny		Ogólny		Ogólny									
2	Wspólne terminy i definicje; symbole, jednostki i indeksy dolne		Zapotrzebowanie budynku na energię		Zapotrzebowanie								a	
3	Zastosowania		(Dowolne) warunki w pomieszczeniach bez systemów		Maksymalne obciążenie i moc									
4	Sposoby wyrażania energetycznych właściwości użytkowych		Sposoby wyrażania energetycznych właściwości użytkowych		Sposoby wyrażania energetycznych właściwości użytkowych									
a Zaciemnionych modułów nie stosuje się.														

EN ISO 10211:2017

Tablica 1 (ciąg dalszy)

Nadrzędna		Budynek (jako taki)		Techniczne systemy budynku										
Sub-moduł	Opisy		Opisy		Opisy	Ogrzewanie	Chłodzenie	Wentylacja	Nawilżanie	Odwilżanie	Ciepła woda użytkowa	Oświetlenie	Automatyzacja i sterowanie budynkiem	PV, wiatr, ...
sub1		M1		M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
5	Kategorie budynków i granice budynków		Przeniesienie ciepła przez przenikanie	ISO 10211	Emisja i regulacja									
6	Obłożenie budynku i warunki działania		Przeniesienie ciepła przez infiltrację i wentylację		Dystrybucja i regulacja									
7	Przylączenie usług energetycznych i nośników energii		Wewnętrzne zyski ciepła		Przechowywanie i regulacja									
8	Podział budynku na strefy		Zyski ciepła od słońca		Wytwarzanie i regulacja									
9	Obliczone energetyczne właściwości użytkowe		Dynamika budynku (masa cieplna)		Rozmieszczenie obciążenia i warunki działania									
10	Zmierzone energetyczne właściwości użytkowe		Zmierzone energetyczne właściwości użytkowe		Zmierzone energetyczne właściwości użytkowe									
11	Kontrola		Kontrola		Kontrola									
12	Sposoby wyrażania komfortu w pomieszczeniu				BMS									
13	Zewnętrzne warunki środowiska													
14	Obliczenie ekonomiczne													

^a Zaciemnionych modułów nie stosuje się.

Mostki cieplne w konstrukcji budowlanej – Przepływy ciepła i temperatury powierzchni – Obliczenia szczegółowe

1 Zakres normy

W niniejszym dokumencie podano specyfikacje trójwymiarowych i dwuwymiarowych modeli geometrycznych mostka cieplnego do komputerowego obliczenia:

- przepływów ciepła, w celu oceny całkowitych strat ciepła z budynku lub jego części; oraz
- minimalnych temperatur powierzchni, w celu oceny ryzyka kondensacji powierzchniowej.

Te specyfikacje obejmują granice geometryczne i dalsze podziały modelu, cieplne warunki brzegowe oraz wartości cieplne i zależności, które należy stosować.

Niniejszy dokument oparto na następujących założeniach:

- wszystkie właściwości fizyczne są niezależne od temperatury;
- wewnątrz elementu budynku nie występują źródła ciepła.

Niniejszy dokument można także stosować do wyprowadzania liniowych i punktowych współczynników przenikania ciepła i czynników temperatury powierzchni.

UWAGA W Tablicy 1 we Wprowadzeniu, wskazano względną pozycję niniejszego dokumentu w zestawie norm EPB, w kontekście modułowej struktury określonej w ISO 52000-1.

2 Powołania normatywne

Do stosowania niniejszego dokumentu są niezbędne podane niżej dokumenty, które, w całości lub w części, zostały w nim normatywnie powołane. W przypadku powołań datowanych ma zastosowanie wyłącznie wydanie cytowane. W przypadku powołań niedatowanych stosuje się ostatnie wydanie dokumentu powołanego (łącznie ze zmianami).

ISO 6946, *Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method*

ISO 7345, *Thermal insulation – Physical quantities and definitions*

ISO 13370, *Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation methods*

ISO 13788, *Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation – Calculation methods*

ISO 10456, *Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values*

ISO 13789, *Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method*

ISO 52000-1:2017, *Energy performance of buildings – Overarching EPB assessment – Part 1: General framework and procedures*

UWAGA 1 Odniesienia domyślne do norm EPB innych niż ISO 52000-1 zidentyfikowano poprzez numer kodu modułu EPB i podano w Załączniku A (szablon normatywny w Tablicy A.1) i Załączniku B (informacyjny wybór domyślny w Tablicy B.1).

EN ISO 10211:2017

PRZYKŁAD Numer kodu modułu EPB: M5–5 lub M5–5,1 (jeśli moduł M5–5 podzielono) lub M5–5/1 (jeśli jest odniesienie do określonego rozdziału normy obejmującej M5–5).

UWAGA 2 W niniejszym dokumencie nie podano wyborów w odniesieniach do innych norm EPB. Powyższe zdanie i uwagę utrzymano w celu zachowania jednolitości wszystkich norm EPB.

3 Terminy i definicje

W niniejszym dokumencie stosuje się terminy i definicje podane w ISO 7345, ISO 52000-1 oraz podane niżej.

ISO i IEC prowadzą bazy terminologiczne, do wykorzystania w normalizacji, pod następującymi adresami:

- IEC Elektropedia: dostępna pod adresem <http://www.electropedia.org/>
- Platforma przeglądania online ISO: dostępna pod adresem <http://www.iso.org/obp>

3.1

mostek cieplny

część obudowy budynku, gdzie jednolity opór cieplny uległ znaczącej zmianie w wyniku całkowitej lub częściowej penetracji obudowy budynku przez materiały o różnym współczynniku przewodzenia ciepła i/lub zmiany grubości struktury, i/lub różnicy między wewnętrznymi i zewnętrznymi polami powierzchni, jakie występują przy połączeniach ściana-podłoga-sufit

3.2

liniowy mostek cieplny

mostek cieplny (3.1) o jednolitym przekroju poprzecznym wzdłuż jednej z trzech osi prostopadłych

3.1.3

punktowy mostek cieplny

zlokalizowany *mostek cieplny* (3.1), którego wpływ można przedstawić za pomocą *punktowego współczynnika przenikania ciepła* (3.20)

3.4

model geometryczny trójwymiarowy

model geometryczny 3-D

model geometryczny wydedukowany z planów budowlanych w taki sposób, że dla każdej osi prostopadłej przekrój poprzeczny prostopadły do tej osi zmienia się w obrębie granic modelu

Uwaga 1 do hasła: Patrz Rysunek 1.

3.5

element boczny trójwymiarowy

element boczny 3-D

część *modelu geometrycznego 3-D* (3.4), który, rozpatrywany odrębnie, może być reprezentowany przez *model geometryczny 2-D* (3.7)

Uwaga 1 do hasła: Patrz Rysunek 1 i Rysunek 2.

3.6

element centralny trójwymiarowy

element centralny 3-D

część *modelu geometrycznego 3-D* (3.4), który nie jest *elementem bocznym 3-D* (3.5)

Uwaga 1 do hasła: Patrz Rysunek 1.

Uwaga 2 do hasła: Element centralny jest reprezentowany przez *model geometryczny 3-D* (3.4).

3.7**model geometryczny dwuwymiarowy****model geometryczny 2-D**

model geometryczny wydedukowany z planów budowlanych w taki sposób, że dla jednej osi prostopadłej przekrój poprzeczny prostopadły do tej osi nie zmienia się w obrębie granic modelu

Uwaga 1 do hasła: Patrz Rysunek 2.

Uwaga 2 do hasła: Model geometryczny 2-D stosuje się do obliczeń dwuwymiarowych.

3.8**element boczny dwuwymiarowy****element boczny 2-D**

część *modelu geometrycznego 2-D* (3.7), która, rozpatrywana oddzielnie, składa się z płaskich równoległych warstw materiału

Uwaga 1 do hasła: Płaskie, równoległe warstwy materiału mogą być jednorodne lub niejednorodne.

3.9**element centralny dwuwymiarowy****element centralny 2-D**

część *modelu geometrycznego 2-D* (3.7), która nie jest *elementem bocznym 2-D* (3.8)

3.10**płaszczyzna konstrukcyjna**

płaszczyzna w *modelu geometrycznym 3-D* (3.4) lub *modelu geometrycznym 2-D* (3.7), która oddziela różne materiały i/lub model geometryczny od pozostałej konstrukcji, i/lub elementy boczne od elementu centralnego

Uwaga 1 do hasła: Patrz Rysunek 3.

3.11**płaszczyzna przekroju**

płaszczyzna konstrukcyjna (3.10), stanowiąca granicę *modelu geometrycznego 3-D* (3.4) lub *modelu geometrycznego 2-D* (3.7) przez oddzielenie modelu od pozostałej konstrukcji

Uwaga 1 do hasła: Patrz Rysunek 3.

3.12**płaszczyzna pomocnicza**

płaszczyzna, która, oprócz *płaszczyzn konstrukcyjnych* (3.10) dzieli model geometryczny na liczne komórki

3.13**warstwa prawie jednorodna**

warstwa składająca się co najmniej z dwóch materiałów o różnych współczynnikach przewodzenia ciepła, ale którą można rozpatrywać jako warstwę jednorodną o równoważnym współczynniku przewodzenia ciepła

Uwaga 1 do hasła: Patrz Rysunek 4.

3.14**czynnik temperatury przy powierzchni wewnętrznej**

różnica temperatury powierzchni wewnętrznej i temperatury zewnętrznej, podzielona przez różnicę temperatury wewnętrznej i zewnętrznej, obliczona przy oporze powierzchni R_{si} przy powierzchni wewnętrznej

3.15**czynnik wagowy temperatury**

czynnik wagowy, który ustala indywidualny wpływ temperatur różnych środowisk cieplnych na temperaturę powierzchni w rozpatrywanym punkcie

EN ISO 10211:2017

3.16

temperatura brzegowa zewnętrzna

temperatura powietrza zewnętrznego, przy założeniu, że temperatura powietrza i temperatura promieniowania widziana przez powierzchnię są równe

3.17

temperatura brzegowa wewnętrzna

temperatura operacyjna, przyjęta jako średnia wartość arytmetyczna temperatury powietrza zewnętrznego i średniej temperatury promieniowania dla wszystkich powierzchni otaczających środowisko wewnętrzne

3.18

współczynnik sprzężenia cieplnego

strumień ciepła podzielony przez różnicę temperatury między dwoma środowiskami połączonymi cieplnie rozpatrywaną konstrukcją

3.19

liniowy współczynnik przenikania ciepła

strumień ciepła w stanie ustalonym porównany do referencyjnego strumienia ciepła obliczonego z pominięciem *mostka cieplnego* (3.1), podzielony przez długość i różnicę temperatur między środowiskami po obu stronach *liniowego mostka cieplnego* (3.2)

Uwaga 1 do hasła: Liniowy współczynnik przenikania ciepła jest wielkością opisującą wpływ liniowego mostka cieplnego na całkowity przepływ ciepła.

3.20

punktowy współczynnik przenikania ciepła

strumień ciepła w stanie ustalonym porównany do referencyjnego strumienia ciepła obliczonego z pominięciem *mostka cieplnego* (3.1), podzielony przez różnicę temperatur między środowiskami po obu stronach *liniowego mostka cieplnego* (3.3)

Uwaga 1 do hasła: Punktowy współczynnik przenikania ciepła jest wielkością opisującą wpływ punktowego mostka cieplnego na całkowity przepływ ciepła.

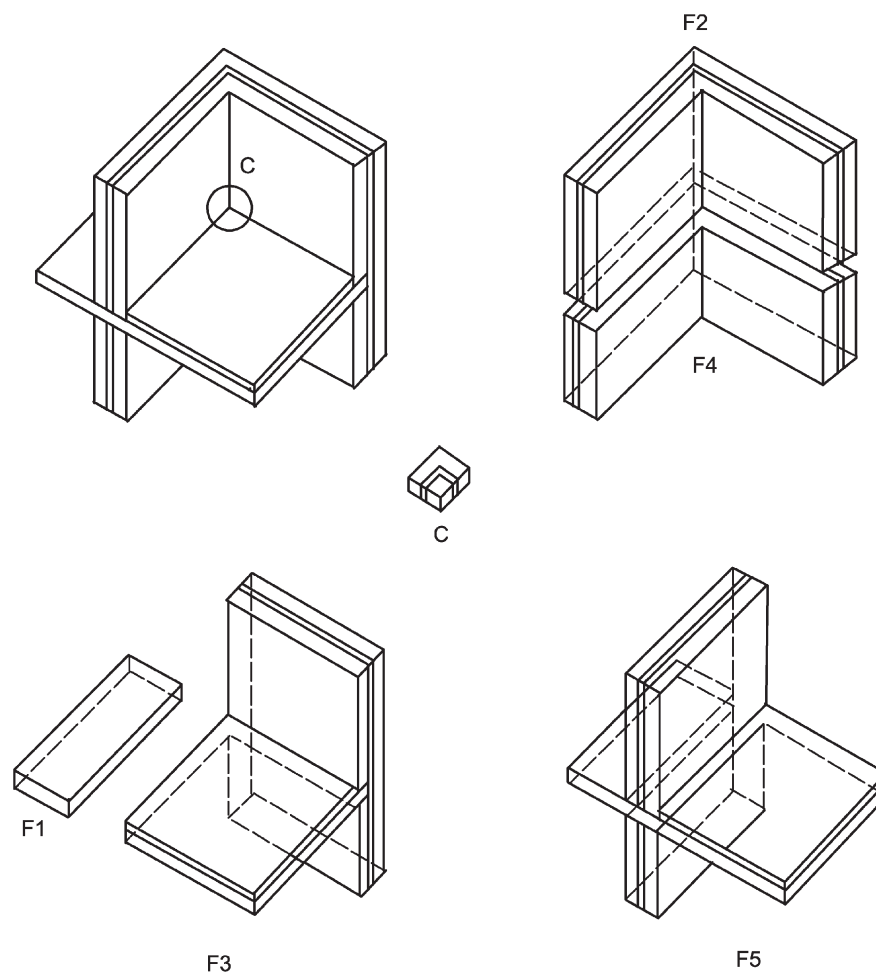
3.21

norma EPB

norma zgodna z wymaganiami podanymi w ISO 52000-1, CEN/TS 16628 ^[5] i CEN/TS 16629 ^[6]

Uwaga 1 do hasła: Te trzy podstawowe dokumenty EPB opracowano na podstawie mandatu, udzielonego CEN przez Komisję Europejską i Europejskie Stowarzyszenie Wolnego Handlu; wspierają one zasadnicze wymagania dyrektywy UE 2010/31/WE dotyczącej energetycznych właściwości użytkowych budynków. Kilka norm EPB i dokumentów związanych opracowano lub zmieniono na podstawie tego samego mandatu.

[ŹRÓDŁO: ISO 52000-1:2017, 3.5.14]

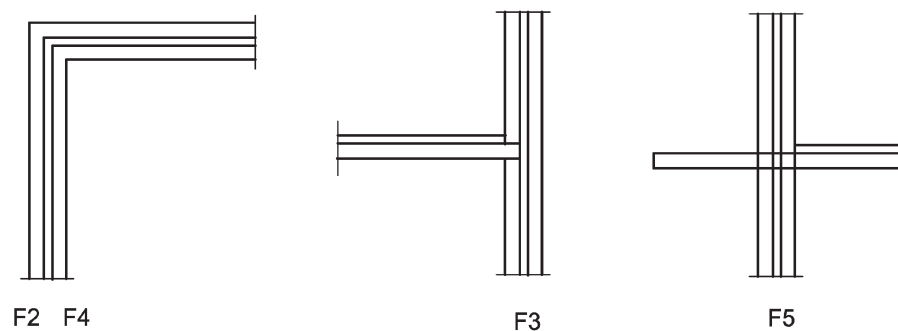


Objaśnienia

F1, F2, F3, F4, F5 elementy boczne 3-D
C element centralny 3-D

UWAGA Elementy boczne 3-D mają stałe przekroje poprzeczne prostopadłe co najmniej do jednej osi; element centralny 3-D jest pozostałą częścią.

Rysunek 1 – Model geometryczny 3-D z pięcioma elementami bocznymi 3-D i jednym elementem centralnym 3-D



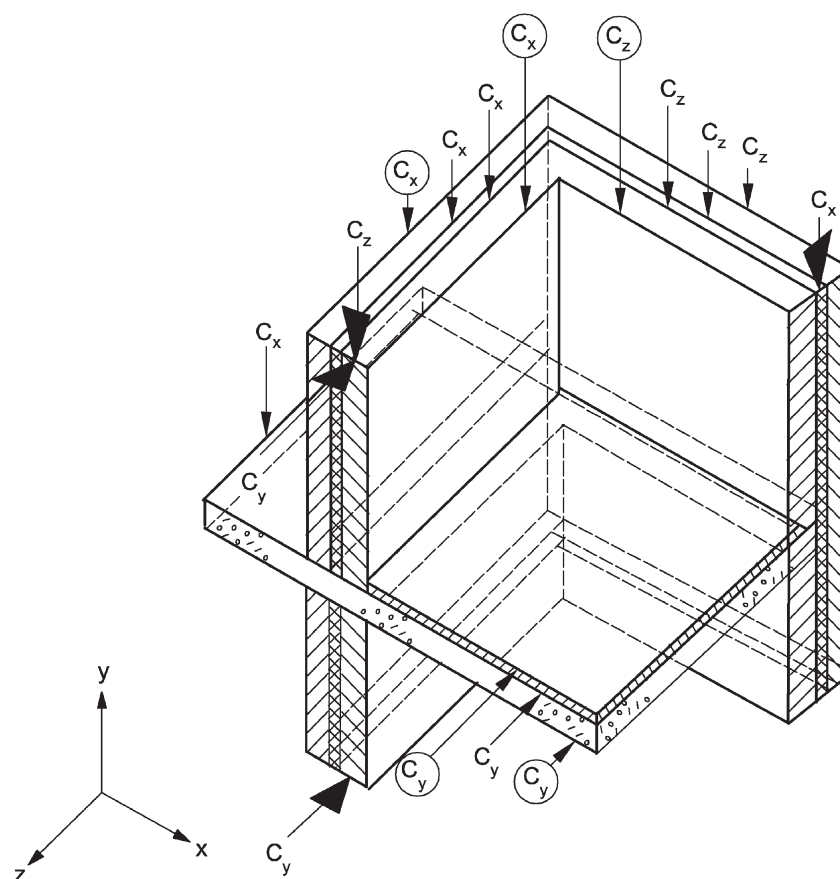
Objaśnienia

F1, F2, F3, F4, F5 elementy boczne 3-D

UWAGA F2 do F5 odnoszą się do Rysunku 1.

Rysunek 2 – Przekroje poprzeczne elementów bocznych 3-D w modelu geometrycznym 3-D traktowane jako modele geometryczne 2-D

EN ISO 10211:2017



Objaśnienia

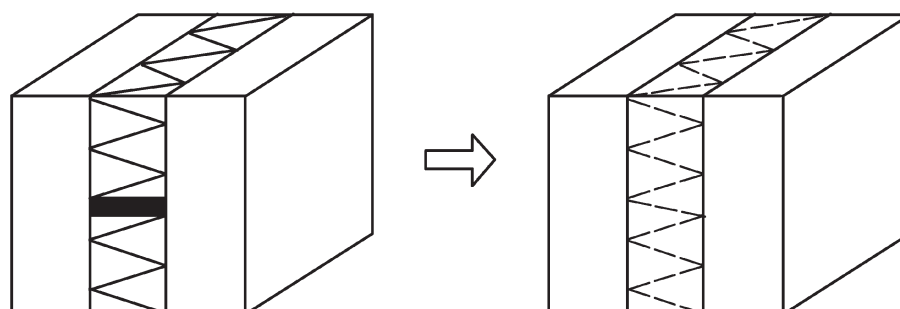
C_x płaszczyzny konstrukcyjne prostopadłe do osi x

C_y płaszczyzny konstrukcyjne prostopadłe do osi y

C_z płaszczyzny konstrukcyjne prostopadłe do osi z

UWAGA Płaszczyzny przycięcia zaznaczono wydłużonymi strzałkami; płaszczyzny oddzielające elementy boczne od elementu centralnego zaznaczono kółkiem.

Rysunek 3 – Przykład modelu geometrycznego 3-D przedstawiający płaszczyzny konstrukcyjne



Rysunek 4 – Przykład mniejszego punktowego mostka cieplnego, powodującego powstawanie trójwymiarowego przepływu ciepła zawartego w prawie jednorodnej warstwie

4 Symbole i indeksy

4.1 Symbole

W niniejszym dokumencie stosuje się symbole podane w ISO 52000-1 oraz podane niżej.

Symbol	Wielkość	Jednostka
A	pole powierzchni	m^2
B	charakterystyczny wymiar podłogi	m
b	szerokość	m
d	grubość	m
f	czynnik temperatury przy powierzchni wewnętrznej	–
g	czynnik wagowy temperatury	–
h	wysokość	m
L	współczynnik sprzężenia cieplnego	$W/(m \cdot K)$
L_{2D}	współczynnik sprzężenia cieplnego z obliczenia dwuwymiarowego	$W/(m \cdot K)$
L_{3D}	współczynnik sprzężenia cieplnego z obliczenia trójwymiarowego	W/K
l	długość	m
N	numer	–
q	gęstość strumienia ciepła	W/m^2
R	opór cieplny	$m^2 \cdot K/W$
T	temperatura termodynamiczna	K
t	czas	month
U	współczynnik przenikania ciepła	$W/(m^2 \cdot K)$
V	objętość	m^3
w	grubość ściany	m
z	zagłębienie powierzchni podłogi poniżej poziomu gruntu	m
Φ	strumień ciepła	W
λ	współczynnik przewodzenia ciepła	$W/(m \cdot K)$
θ	temperatura Celsjusza	$^{\circ}C$
$\Delta\theta$	różnica temperatury	K
χ	punktowy współczynnik przenikania ciepła	W/K
Ψ	liniowy współczynnik przenikania ciepła	$W/(m \cdot K)$

EN ISO 10211:2017**4.2 Indeksy**

W niniejszym dokumencie stosuje się indeksy podane w ISO 52000-1 oraz podane niżej.

Indeks	Definicja
b	podziemie, poniżej poziomu gruntu
c	komponent
e	zewnątrzny
f	podłoga
g	warstwa powietrza, szczelina powietrza (8.6)
g	grunt (12.4)
ie	z wnętrza na zewnątrz
iu	z wnętrza do przestrzeni nieogrzewanej
int	wewnętrzny
min	minimum
pe	współczynnik zewnętrznego okresowego przenoszenia ciepła
se	powierzchnia zewnętrzna
si	powierzchnia wewnętrzna
t	zawierający mostek cieplny (całkowity)
tb	mostek cieplny
ue	z przestrzeni nieogrzewanej na zewnątrz
w	ściana
0	bez mostka cieplnego

5 Opis metody**5.1 Dane wyjściowe**

W niniejszym dokumencie dane wyjściowe to liniowe współczynniki przenikania ciepła, punktowe współczynniki przenikania ciepła i temperatury powierzchni wewnętrznych. Ich wzory podano w Rozdziałach od 10 do 13.

5.2 Opis ogólny

Rozkład temperatury w obrębie konstrukcji i przepływ ciepła przez konstrukcję można obliczyć, jeżeli warunki brzegowe i detale konstrukcyjne są znane. W tym celu model geometryczny dzieli się na pewną liczbę komórek materiału, każda o jednorodnym współczynniku przewodzenia ciepła. Kryteria, które powinny być spełnione podczas konstruowania modelu, podano w Rozdziale 7.

W Rozdziale 8 podano instrukcje do określania wartości współczynnika przewodzenia ciepła i warunków brzegowych.

Rozkład temperatury określa się albo za pomocą obliczeń iteracyjnych, albo techniką bezpośredniego rozwiązania, przy czym rozkład temperatury w obrębie komórek materiału określa się przez interpolację. Zasady obliczania i metodę określania rozkładu temperatury podano w Rozdziale 9.

UWAGA Specyficzne procedury dla ram okiennych podano w ISO 10077-2.

6 Dane wyjściowe i dane wejściowe

6.1 Dane wyjściowe

Dane wyjściowe wymieniono w Tablicy 2.

Tablica 2 – Dane wyjściowe

Opis	Symbol	Jednostka	Moduł docelowy (Tablica 1)	Zakres ważności	Zmienność
liniowy współczynnik przenikania ciepła	ψ	W/(m·K)	M2-5	–	Brak
współczynnik sprzężenia cieplnego z obliczenia dwuwymiarowego	L_{2D}	W/(m·K)	M2-5	>0	Brak
współczynnik sprzężenia cieplnego z obliczenia trójwymiarowego	L_{3D}	W/K	M2-5	>0	Brak
czynnik temperatury przy powierzchni wewnętrznej	f_{Rsi}	–	M2-5	>0	Brak
punktowy współczynnik przenikania ciepła	χ	W/K	M2-5	>0	Brak

6.2 Obliczanie przedziałów czasu

W większości przypadków obliczenia opisane w niniejszym dokumencie są w stanie ustalonym i nie mają przedziałów czasu.

Jeśli wykonuje się obliczenia w celu uzyskania okresowych współczynników przenikania ciepła (patrz 7.2.5), przedział czasu wynosi 1 h lub mniej.

6.3 Dane wejściowe

W Tablicach 3 i 4 zidentyfikowano dane wejściowe wymagane do obliczenia.

Tablica 3 – Identyfikatory charakterystyk geometrycznych

Nazwa	Symbol	Jednostka	Wartość	Zakres	Źródło	Zmienność
Pole powierzchni	A	m ²	–	>0	–	Brak
Szerokość komponentu budowlanego	b	m	–	>0	–	Brak
Grubość komponentu budowlanego	d	m	–	>0	–	Brak
Długość	l	m	–	>0	–	Brak
Objętość	V	m ³	–	>0	–	Brak
Charakterystyczny wymiar podłogi	B	m	–	>0	ISO 13370	Brak

EN ISO 10211:2017

Tablica 4 – Indentyfikatory charakterystyk cieplnych komponentu budowlanego

Nazwa	Symbol	Jednostka	Wartość	Zakres	Źródło	Zmienność
projektowy współczynnik przewodzenia ciepła	λ	W/(m·K)	–	od 0 do 200	ISO 10456	Brak
opór cieplny	R	m ² ·K/W	–	>0	ISO 6946	Brak
opór przejmowania ciepła powierzchni zewnętrznej	R_{se}	m ² ·K/W	0,04	–	ISO 6946	Brak
opór przejmowania ciepła powierzchni wewnętrznej	R_{si}	m ² ·K/W	–	od 0,1 do 0,2	ISO 6946	Brak
współczynnik przenikania ciepła	U	W/(m ² ·K)	–	>0	ISO 6946	Brak
temperatura	θ	°C	–	od –50 do +50	–	Brak

7 Modelowanie konstrukcji

7.1 Systemy wymiarów

Długości można zmierzyć z zastosowaniem wymiarów wewnętrznych, całkowitych wymiarów wewnętrznych lub wymiarów zewnętrznych zgodnie z systemem stosowanym w odniesieniu do budynku (patrz ISO 13789).

7.2 Zasady modelowania

7.2.1 Postanowienia ogólne

Zazwyczaj nie jest łatwe wymodelowanie kompletnego budynku z zastosowaniem pojedynczego modelu geometrycznego. W większości przypadków budynek dzieli się na wiele części (łącznie z podłożem, w stosownych wypadkach) z zastosowaniem płaszczyzn wycięcia. Podział ten należy przeprowadzać w taki sposób, aby w wynikach obliczania między budynkiem podzielonym i budynkiem traktowanym jako całość uniknąć jakichkolwiek różnic. Taki podział na wiele modeli geometrycznych uzyskuje się wybierając odpowiednie płaszczyzny wycięcia.

7.2.2 Płaszczyzny wycięcia dla modelu geometrycznego 3-D do obliczania całkowitego przepływu ciepła i/lub temperatur powierzchni

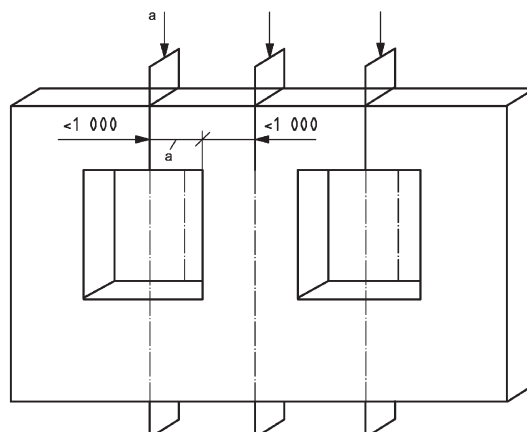
Model geometryczny zawiera element(-y) centralny(-e), elementy boczne i, w stosownych wypadkach, podłoże. Model geometryczny jest ograniczony płaszczyznami przekroju.

Płaszczyzny przekroju powinny być usytuowane następująco:

- w płaszczyźnie symetrii, jeśli znajduje się bliżej niż $d_{\min}$ od elementu centralnego (patrz Rysunek 5);
- co najmniej $d_{\min}$ od elementu centralnego, jeśli nie ma bliższej płaszczyzny symetrii (patrz Rysunek 6);
- w gruncie, zgodnie z 7.2.4,

przy czym $d_{\min}$ jest większe niż 1 m i trzy razy większe niż grubość rozpatrywanego elementu bocznego.

Model geometryczny może zawierać więcej niż jeden mostek cieplny. W takich przypadkach płaszczyzny przekroju powinny być usytuowane co najmniej $d_{\min}$ od każdego mostka cieplnego lub przy płaszczyźnie symetrii (patrz Rysunek 6).

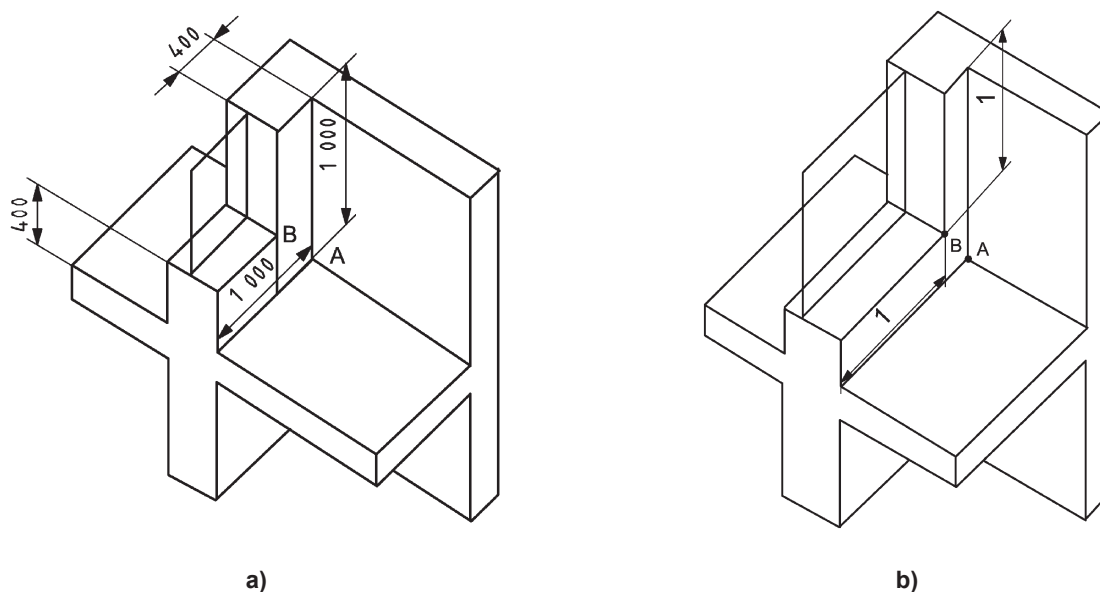


Objaśnienia

- ^a Strzałki wskazują płaszczyzny symetrii.

Rysunek 5 – Płaszczyzny symetrii, które mogą być stosowane jako płaszczyzny wycięcia

Wymiary w milimetrach



Objaśnienia

- 1 1 000 mm lub przy płaszczyźnie symetrii
A mostek cieplny na narożu pomieszczenia wewnętrznego
B mostek cieplny wokół okna w ścianie zewnętrznej

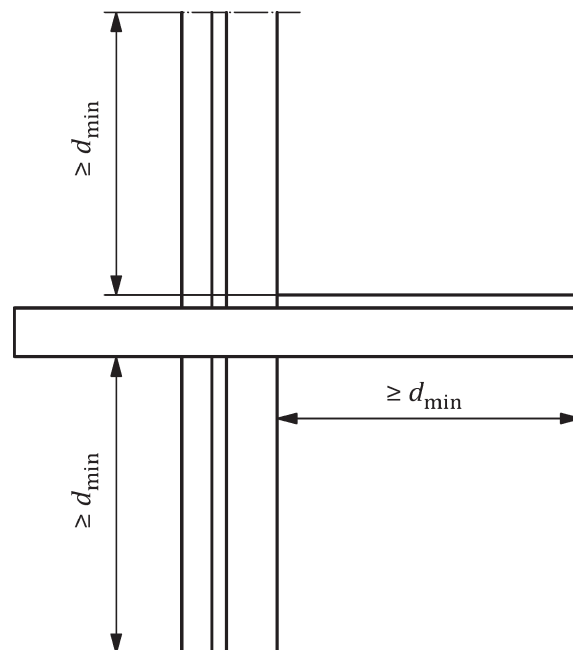
UWAGA Mostek cieplny B nie spełnia warunku odległości co najmniej $d_{\min}$ ($= 1$ m) od płaszczyzny wycięcia [Rysunek 6 a)]. Poprawiono to, rozszerzając model w dwóch kierunkach [Rysunek 6 b)].

Rysunek 6 – Model geometryczny 3-D zawierający dwa mostki cieplne

EN ISO 10211:2017

7.2.3 Płaszczyzny wycięcia dla modelu geometrycznego 2-D

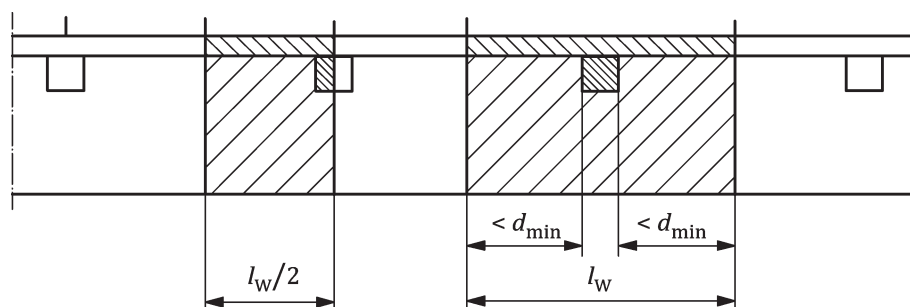
Takie same zasady jak podane w 7.2.2 stosuje się do modelu geometrycznego 2-D. Przykłady przedstawiono na Rysunku 7 i Rysunku 8. Szkic po lewej stronie na Rysunku 8 można stosować, jeśli mostek cieplny jest symetryczny.



Objaśnienia

$d_{\min}$ grubość minimalna

Rysunek 7 – Usytuowanie płaszczyzn wycięcia co najmniej $d_{\min}$ od elementu centralnego w modelu geometrycznym 2-D



Objaśnienia

$d_{\min}$ grubość minimalna

l_w stała odległość

Rysunek 8 – Przykład konstrukcji z liniowymi mostkami cieplnymi przy stałych odległościach, l_w , przedstawiający płaszczyzny symetrii, które mogą być stosowane jako płaszczyzny wycięcia

7.2.4 Płaszczyzny wycięcia w gruncie

Jeżeli w obliczeniach uwzględnia się przenoszenie ciepła przez grunt (fundamenty, podłogi na gruncie, podzie-mia), płaszczyzny wycięcia w gruncie należy usytuować w sposób przedstawiony w Tabelicy 5. Dotyczy to również gruntu poniżej ścian wewnętrznych będących w kontakcie z gruntem.

Tablica 5 – Usytuowanie płaszczyzn wycięcia w gruncie

Kierunek	Odległość od elementu centralnego	
	Cel obliczenia	
	Jedynie temperatury powierzchni	Przepływ ciepła i temperatury powierzchni ^a
Odległość w poziomie od przekroju pionowego, wewnątrz budynku	co najmniej trzy razy grubość ściany	$0,5 \times \text{wymiar podłogi}^b$
Odległość w poziomie od przekroju pionowego, na zewnątrz budynku	co najmniej trzy razy grubość ściany	$2,5 \times \text{szerokość podłogi}^{c, d}$
Odległość w pionie od przekroju poziomego, poniżej poziomu gruntu	co najmniej 3 m	$2,5 \times \text{szerokość podłogi}^c$
Odległość w pionie od przekroju poziomego, poniżej poziomu podłogi (stosuje się jedynie wtedy, gdy rozpatrywany poziom podłogi znajduje się więcej niż 2 m poniżej poziomu gruntu)	co najmniej 1 m	$2,5 \times \text{szerokość podłogi}^c$
^a Patrz Rysunek 9 oraz Rysunek 10. ^b W modelu geometrycznym 3-D wymiary podłogi (długość i szerokość) wewnątrz budynku należy rozpatrywać oddzielnie w każdym kierunku (patrz Rysunek 9). ^c W modelu geometrycznym 3-D odległość na zewnątrz budynku i poniżej gruntu powinna być oparta na mniejszym wymiarze (szerokość) podłogi (patrz Rysunek 9). ^d Jeżeli pionowe płaszczyzny symetrii są znane, na przykład jako wynik przylegających budynków, można je stosować jako płaszczyzny wycięcia.		

W przypadku obliczeń dwuwymiarowych stosuje się pionową płaszczyznę symetrii znajdującą się pośrodku podłogi (tak, że modeluje się jedną połowę budynku). W przypadku obliczeń trójwymiarowych w budynku prostopadłym, brane są pod uwagę pionowe granice adiabatyczne umieszczone w gruncie pośrodku przecięcia przez podłogę w każdym kierunku (tak, że jest modelowana jedna czwarta budynku). W przypadku budynków nieprostopadłych konieczne jest albo modelowanie kompletnego budynku (łącznie z gruntem ze wszystkich stron), albo zamiana problemu na dwuwymiarowy, z zastosowaniem budynku o nieskończonej długości i o szerokości równej charakterystycznemu wymiarowi podłogi, B (patrz ISO 13370).

PRZYKŁAD W przypadku podłogi przedstawionej na Rysunku 9, $B = b \cdot c/(b + c)$.

Wszystkie płaszczyzny przekroju powinny być granicami adiabatycznymi.

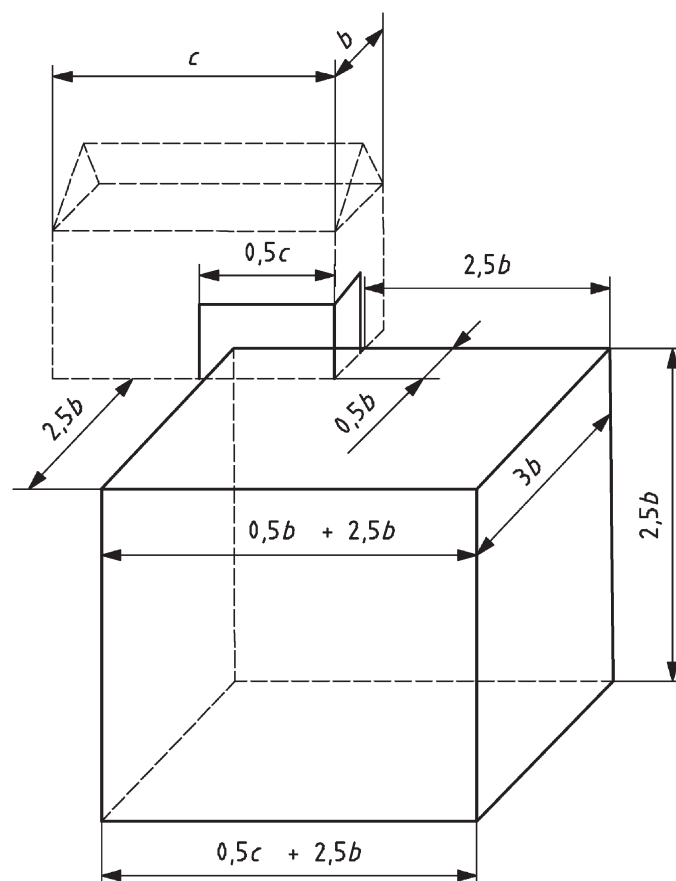
7.2.5 Okresowe przepływy ciepła przez grunt

Kryteria podobne do podanych w 7.2.4 stosuje się do zależnych od czasu obliczeń komputerowych w celu określenia współczynników okresowego przenoszenia ciepła (jak zdefiniowano w ISO 13370), z wyjątkiem tego, że adiabatyczne płaszczyzny przekroju można przyjąć w położeniu równym podwójnej okresowej głębokości penetracji mierzonej od naroża podłogi w każdym kierunku (jeśli te wymiary są mniejsze niż wymiary określone w 7.2.4). Kolejne szczegóły, patrz 12.4.3.2.

7.2.6 Dostosowanie do wymiarów

Dopuszcza się dostosowanie do wymiarów modelu geometrycznego z uwzględnieniem rzeczywistej geometrii, jeżeli warunki wg 7.3.2 są spełnione.

EN ISO 10211:2017

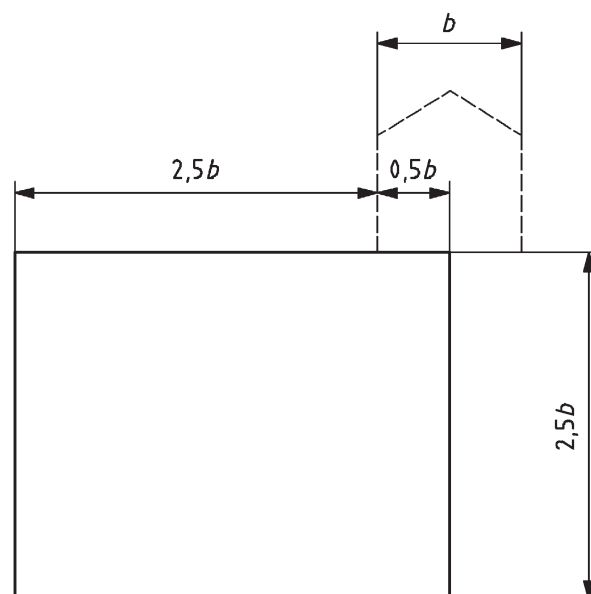


Objaśnienia

b, c wymiary podłogi

UWAGA Wymiary podłogi wynoszą $b \times c$, przy czym $c > b$

Rysunek 9 – Ilustracja płaszczyzn wycięcia dla modelu geometrycznego 3-D, z uwzględnieniem gruntu



Objaśnienia

b szerokość podłogi

Rysunek 10 – Ilustracja płaszczyzn wycięcia dla modelu geometrycznego 2-D, z uwzględnieniem gruntu

7.2.7 Płaszczyzny pomocnicze

Liczba płaszczyzn pomocniczych w modelu powinna być taka, aby co najmniej jedno z poniższych kryteriów było spełnione:

- podwojenie liczby podpodziałów nie zmienia obliczonego przechodzącego przepływu ciepła więcej niż o 1 %;
- podwojenie liczby podpodziałów nie zmienia czynnika temperatury przy powierzchni wewnętrznej, f_{Rsi} , więcej niż o 0,005.

UWAGA 1 Wymagania dotyczące walidacji metod obliczania podano w C.2.

UWAGA 2 Satisfakcjonujący podpodział modelu geometrycznego zazwyczaj uzyskuje się przyjmując założenie, że podpodziały będą najmniejsze w obrębie każdego elementu centralnego, a ich rozmiary będą stopniowo wzrastały do większych podpodziałów blisko płaszczyzn przekroju.

7.2.8 Prawie jednorodne warstwy i materiały

W modelu geometrycznym, materiały o różnych współczynnikach przewodzenia ciepła można zastąpić materiałem o pojedynczym współczynniku przewodzenia ciepła, jeżeli warunki wg 7.3.3 są spełnione.

UWAGA Przykładami są połączenia w murze, kotwy ścienne we wnękach izolowanych cieplnie, śruby w drewnianych listwach, dachówki i towarzyszące wnęki powietrza oraz łąty.

7.3 Warunki upraszczania modelu geometrycznego

7.3.1 Postanowienia ogólne

Wyniki obliczeń uzyskane z modelu geometrycznego bez uproszczeń powinny być ważniejsze od wyników uzyskanych z modelu geometrycznego z uproszczeniami.

UWAGA Jest to istotne, gdy wyniki obliczeń są zbliżone do każdej wymaganej wartości.

Można wykonać dopasowania opisane w 7.3.2.

Szablon dalszych ograniczeń dotyczących uproszczenia modelu geometrycznego podano w Tablicy A.2, z informacyjnym domyślnym wyborem w Tablicy B.2.

7.3.2 Warunki dopasowania wymiarów w celu uproszczenia modelu geometrycznego

Dopasowanie do wymiarów jest możliwe jedynie w odniesieniu do materiałów o współczynniku przewodzenia ciepła mniejszym niż $3 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, jak opisano poniżej.

- a) Zmiana położenia powierzchni bloku materiału przylegającego do wewnętrznej lub zewnętrznej powierzchni modelu geometrycznego (patrz Rysunek 11): w przypadku powierzchni niepłaskich, miejscowe dopasowanie prostopadłe do średniego położenia wewnętrznej lub zewnętrznej powierzchni, d_c , nie powinno przekraczać wielkości określonej Wzorem (1):

$$d_c = R_c \cdot \lambda \quad (1)$$

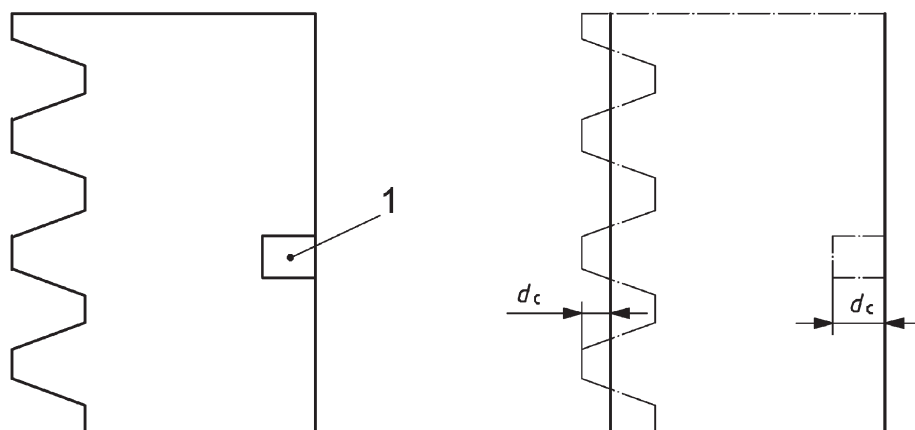
w którym:

R_c jest równy $0,03 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$;

λ współczynnik przewodzenia ciepła rozpatrywanego materiału.

PRZYKŁAD Powierzchnie skośne, krawędzie zaokrąglone i powierzchnie profilowane, takie jak dachówki.

EN ISO 10211:2017



Objaśnienia

1 gniazdo ścienny

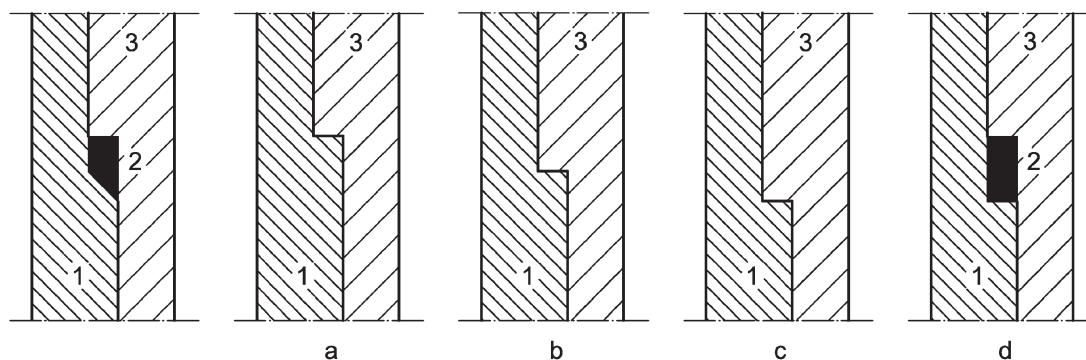
d_c miejscowe dopasowanie prostopadłe do średniego położenia powierzchni wewnętrznej lub zewnętrznej

Rysunek 11 – Zmiana położenia powierzchni wewnętrznej lub zewnętrznej

b) Zmiana powierzchni przylegania dwóch obszarów różnego materiału:

- zmiana położenia powierzchni przylegania powinna odbywać się w kierunku prostopadłym do powierzchni wewnętrznej;
- zmiana położenia powierzchni przylegania powinna być taka, że materiał o mniejszym współczynniku przewodzenia ciepła zastępuje materiałem o większym współczynniku przewodzenia ciepła (patrz Rysunek 12).

PRZYKŁAD Wgłębienia dla taśm uszczelniających, złączy zestawianych, bloków wyrównujących, gniazd ściennych i innych detali łączących.



Kombinacja		Uproszczenia			
Blok materiału	Współczynnik przewodzenia ciepła	a	b	c	d
1	λ_1	$\lambda_1 > \lambda_2$	$\lambda_1 > \lambda_3$	$\lambda_1 < \lambda_3$	$\lambda_1 < \lambda_2$
2	λ_2				
3	λ_3		$\lambda_3 > \lambda_2$	$\lambda_3 > \lambda_2$	$\lambda_3 < \lambda_2$

Rysunek 12 – Cztery możliwości zmiany położenia powierzchni przylegania między trzema blokami materiału, w zależności od stosunku ich współczynników przewodzenia ciepła, λ

c) Pominięcie cienkich warstw:

- warstwy niemetalowe o grubości nie większej niż 1 mm można zignorować;
- cienkie warstwy metalowe można zignorować jeżeli ustalono, że mają one pomijalny efekt przenoszenia ciepła.

PRZYKŁAD Cienkie membrany chroniące przed przechodzeniem wilgoci, parą wodną lub wiatrem.

d) Pominięcie dodatków dołączonych do powierzchni zewnętrznej: komponenty budynku, które zostały dołączone do powierzchni zewnętrznej (tzn. dołączone w punktach dyskretnych) można pominąć.

PRZYKŁAD Rynny deszczowe i rury odprowadzające.

7.3.3 Warunki stosowania prawie jednorodnych warstw materiału w celu uproszczenia modelu geometrycznego

7.3.3.1 Wszystkie obliczenia

Poniższe warunki włączania mniejszych liniowych i punktowych mostków cieplnych w warstwę prawie jednorodną stosuje się we wszystkich przypadkach:

- warstwy rozpatrywanego materiału umieszcza się w części konstrukcji, która po uproszczeniu staje się elementem bocznym;
- współczynnik przewodzenia ciepła warstwy prawie jednorodnej po uproszczeniu nie jest większy niż 1,5 razy współczynnik przewodzenia ciepła materiałów obecnych w warstwie przed uproszczeniem.

7.3.3.2 Obliczenia w celu określenia współczynnika sprzężenia cieplnego L_{3D} lub L_{2D}

Równoważny współczynnik przewodzenia ciepła warstwy prawie jednorodnej, λ' , należy obliczyć zgodnie z Wzorem (2) lub Wzorem (3):

$$\lambda' = \frac{d}{\frac{A}{L_{3D}} - R_{si} - R_{se} - \sum \frac{d_j}{\lambda_j}} \quad (2)$$

$$\lambda' = \frac{d}{\frac{l_{tb}}{L_{2D}} - R_{si} - R_{se} - \sum \frac{d_j}{\lambda_j}} \quad (3)$$

w którym:

- d grubość warstwy niejednorodnej cieplnie;
- A pole powierzchni komponentu budowlanego;
- l_{tb} długość liniowego mostka cieplnego;
- L_{3D} współczynnik sprzężenia cieplnego komponentu budowlanego, określony przez obliczenie 3-D;
- L_{2D} współczynnik sprzężenia cieplnego komponentu budowlanego, określony przez obliczenie 2-D;
- d_j grubość każdej warstwy jednorodnej, która jest częścią elementu budowlanego;
- λ_j współczynniki przewodzenia ciepła tych warstw jednorodnych.

UWAGA Zastosowanie Wzoru (2) lub Wzoru (3) jest odpowiednie, jeżeli występują liczne identyczne mniejsze mostki cieplne (kotwy ściennie, połączenia w murze, bloki z otworami itp.). Obliczenie współczynnika sprzężenia cieplnego może być ograniczone do pola powierzchni podstawy, które jest reprezentatywne dla warstwy niejednorodnej. Na przykład ściana szczelinowa z czterema kotwami ściennymi na metr kwadratowy może być reprezentowana przez pole powierzchni podstawy 0,25 m² z jedną kotwą ścienną.

EN ISO 10211:2017

7.3.3.3 Obliczenia przeprowadzone w celu określenia wewnętrznej temperatury powierzchni lub liniowego współczynnika przenikania ciepła, Ψ , lub punktowego współczynnika przenikania ciepła, χ

Obliczenia z zastosowaniem liniowych i punktowych współczynników przenikania ciepła, patrz Rozdział 11.

Równoważny współczynnik przewodzenia ciepła warstwy prawie jednorodnej, λ' , można przyjąć zgodnie z Wzorem (4):

$$\lambda' = \frac{(A_1 \cdot \lambda_1 + \dots + A_n \cdot \lambda_n)}{(A_1 + \dots + A_n)} \quad (4)$$

w którym:

$\lambda_1 \dots \lambda_n$ współczynniki przewodzenia ciepła materiałów składowych;

$A_1 \dots A_n$ pola powierzchni materiałów składowych zmierzone w płaszczyźnie warstwy, zapewniające że:

- mostki cieplne w rozpatrywanej warstwie występują przy kątach prostych do wewnętrznej lub zewnętrznej powierzchni elementu budynku lub blisko nich i zagłębiają się w warstwę na całej jej grubości;
- opór cieplny (powierzchnia do powierzchni) elementu budynku po uproszczeniu wynosi co najmniej $1,5 \text{ (m}^{-1} \cdot \text{K/W)}$;
- warunki co najmniej jednej z grup ustalonych w Tablicy 6 są spełnione (patrz Rysunek 13).

Tablica 6 – Właściwe warunki włączenia liniowych lub punktowych mostków cieplnych do warstwy prawie jednorodnej

Grupa ^a	λ_{tb} ^b W/(m·K)	A_{tb} ^c m ²	R_0 ^e m ² ·K/W	$R_{t,i}$ ^f m ² ·K/W	λ_i ^g W/(m·K)	d_i ^h m
1	≤ 1,5	≤ $0,05 \times l_{tb}$ ^d	≤ 0,5	–	–	–
2	> 3	≤ 30×10^{-6}	≤ 0,5	–	–	–
3	> 3	≤ 30×10^{-6}	> 0,5	≥ 0,5	–	–
4	> 3	≤ 30×10^{-6}	> 0,5	< 0,5	≥ 0,5	≥ 0,1

UWAGA 1 Grupa 1 obejmuje liniowe mostki cieplne. Przykładami są połączenia w murze, przewiązki drewniane we wnękach powietrznych lub we wnękach izolowanych o małych grubościach.

UWAGA 2 Grupa 2 obejmuje takie elementy jak kotwy ścienne, o ile są one wbudowane w mur lub beton lub są umieszczone we wnęce powietrznej, jak również gwoździe i śruby w warstwach materiału lub taśmach o określonym maksymalnym oporze cieplnym.

UWAGA 3 Grupy 3 oraz 4 obejmują takie elementy jak kotwy szczelinowe, o ile są one zagłębione w warstwę izolacyjną, która ma wyższy opór cieplny niż wskazany dla grupy 2. Z tego powodu wewnętrzna warstwa powinna mieć takie właściwości cieplne, aby ograniczały wpływ mostka cieplnego na temperaturę powierzchni wewnętrznej, np. wewnętrzna warstwa ma wystarczający opór cieplny (grupa 3) lub współczynnik przewodzenia ciepła warstwy wewnętrznej jest taki, że przepływ ciepła przez kotwę szczelinową jest odpowiednio rozprowadzony na powierzchni wewnętrznej; większość wewnętrznych warstw murowych lub betonowych to przykłady grupy 4.

^a Patrz Rysunek 12.

^b λ_{tb} współczynnik przewodzenia ciepła mostka cieplnego, który należy wbudować w warstwę prawie jednorodną.

^c A_{tb} pole powierzchni przekroju mostka cieplnego.

^d l_{tb} długość liniowego mostka cieplnego.

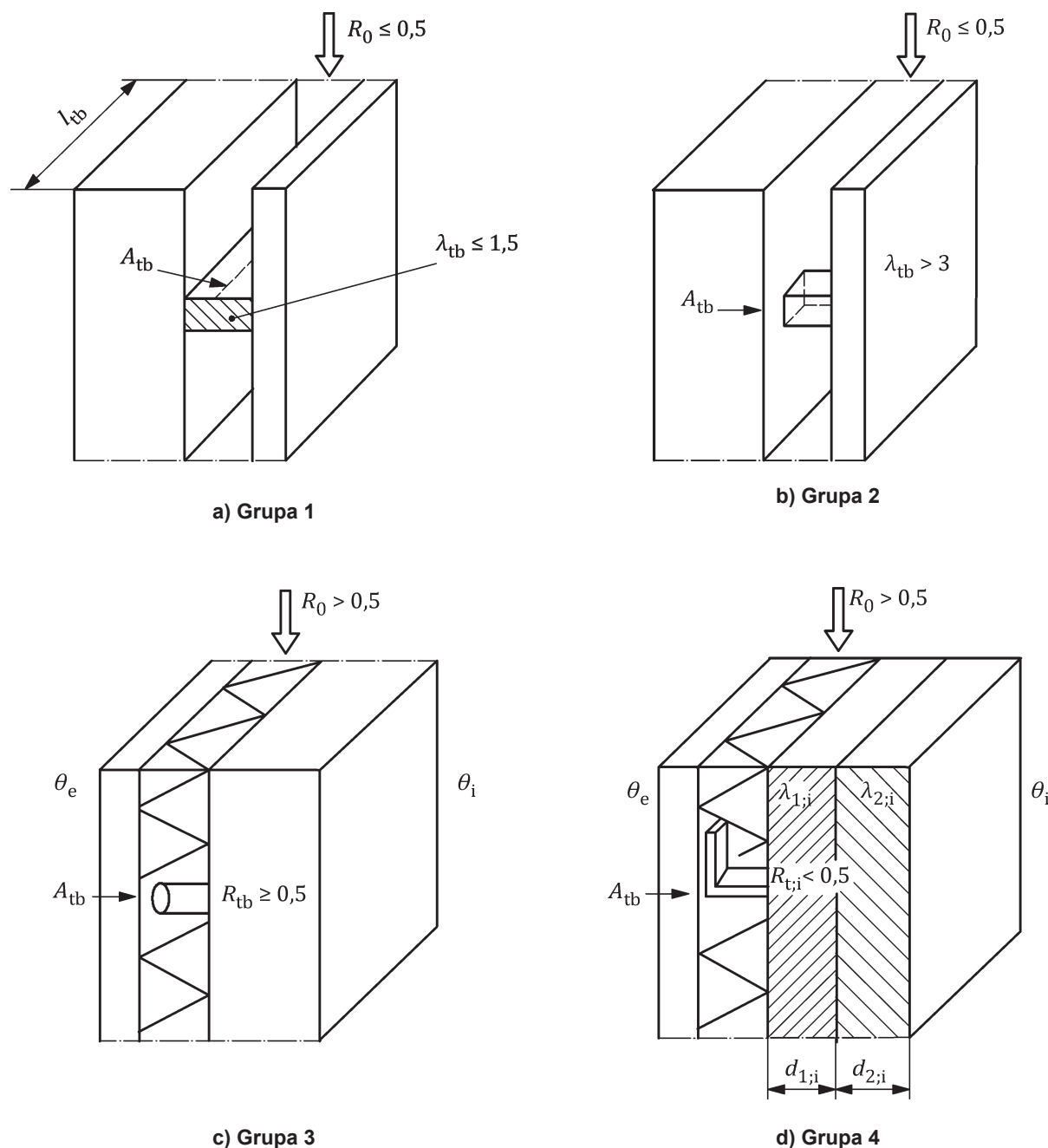
^e R_0 opór cieplny warstwy bez obecności punktowego mostka cieplnego.

^f $R_{t,i}$ całkowity opór cieplny warstw między rozpatrywaną warstwą prawie jednorodną a powierzchnią wewnętrzną.

^g λ_i współczynnik przewodzenia ciepła warstwy materiału między rozpatrywaną warstwą prawie jednorodną a powierzchnią wewnętrzną o największej wartości $\lambda_i \cdot d_i$.

^h d_i grubość samej warstwy.

EN ISO 10211:2017



UWAGA objaśnienia symboli i indeksów, patrz Rozdział 4.

Rysunek 13 – Właściwe warunki włączania liniowych i punktowych mostków cieplnych w warstwę prawie jednorodną dla grup podanych w Tablicy 6

8 Specyfikacje danych wejściowych

8.1 Postanowienia ogólne

Zastosować wartości opisane w niniejszym rozdziale, chyba że wartości niestandardowe są dostosowane do szczególnej sytuacji.

UWAGA Wartości niestandardowe można uzasadnić warunkami lokalnymi (np. ustalony rozkład temperatury w gruncie) lub szczególnymi właściwościami materiału (np. efekt powłoki o niskiej emisyjności na opór powierzchni).

EN ISO 10211:2017

8.2 Współczynniki przewodzenia ciepła materiałów

Wartości projektowe współczynników przewodzenia ciepła materiałów i wyrobów budowlanych należy obliczać zgodnie z ISO 10456, jeśli są oparte na danych zmierzonych dostarczonych przez producenta.

W innych przypadkach współczynnik przewodzenia ciepła przyjmuje się z wartości tabelarycznych. Szablon wartości domyślnych podano w Tablicy A.3, z informacyjnym wykazem domyślnym podanym w Tablicy B.3.

Współczynnik przewodzenia ciepła gruntu należy przyjąć jako $2,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, chyba że inną (inne) wartość(-ci) podano w Tablicy A.3.

8.3 Opory powierzchni

W przypadku obliczania strumieni ciepła, opory powierzchni powinny być zgodne z ISO 6946, w zależności od kierunku przepływu ciepła. Jednak wartość R_{si} , odpowiadającą poziomemu przepływowi ciepła, można zastosować do wszystkich powierzchni, gdy:

- kierunek przepływu ciepła jest niepewny lub może się zmieniać, lub
- cały budynek jest modelowany w obliczeniu pojedynczym.

W przypadku obliczania temperatur powierzchni wewnętrznej w celu oceny ryzyka kondensacji, opory powierzchni powinny być zgodne z ISO 13788.

8.4 Temperatury brzegowe

W Tablicy 7 podano temperatury brzegowe, które należy stosować.

Tablica 7 – Temperatury brzegowe

Położenie	Temperatura brzegowa
Wewnętrzne	Wewnętrzna temperatura brzegowa
Wewnętrzne w pomieszczeniach nieogrzewanych	Patrz 8.7
Zewnętrzne	Zewnętrzna temperatura brzegowa
Podłoże (przekrój poziomy)	W odległości poniżej poziomu gruntu podanej w Tablicy 5: adiabatyczne warunki brzegowe

8.5 Współczynnik przewodzenia ciepła warstw prawie jednorodnych

Współczynnik przewodzenia ciepła warstw prawie jednorodnych należy obliczyć zgodnie z Wzorem (2), Wzorem (3) oraz Wzorem (4).

8.6 Równoważny współczynnik przewodzenia ciepła szczelin powietrznych

Szczelinę powietrzną należy uznać za materiał przewodzący jednorodnie o współczynniku przewodzenia ciepła, λ_g .

Jeżeli opór ciepła warstwy powietrza lub szczeliny jest znany, jego równoważny współczynnik przewodzenia ciepła, λ_g , otrzymuje się z Wzoru (5):

$$\lambda_g = \frac{d_g}{R_g} \quad (5)$$

w którym:

d_g grubość warstwy powietrza;

R_g opór cieplny w głównym kierunku przepływu ciepła.

Opory cieplne warstw powietrza i szczelin, wbudowane w materiały nieprzeźroczyste, należy obliczać zgodnie z procedurą podaną w ISO 6946.

Opór cieplny warstw powietrza w oszkleniu wielokrotnym, patrz EN 673. Informacje na temat traktowania szczelin w ramach okiennych podano w ISO 10077-2.

Szczeliny powietrzne o wymiarach większych niż 0,5 m wzdłuż każdej osi prostopadłej należy traktować jak pomieszczenia (patrz 8.7).

8.7 Określanie temperatury w przyległym pomieszczeniu nieogrzewanym

Jeżeli są dostępne wystarczające informacje, temperaturę w przyległym pomieszczeniu nieogrzewanym należy obliczyć zgodnie z ISO 13789.

Jeżeli temperatura w przyległym pomieszczeniu nieogrzewanym jest nieznana i nie może być obliczona zgodnie z ISO 13789, z powodu niedostępności koniecznych informacji, to przepływów ciepła i temperatur powierzchni wewnętrznych nie można obliczyć. Jednak wszystkie wymagane współczynniki sprzężenia i czynniki wagowe temperatury można obliczyć i przedstawić zgodnie z Załącznikiem E.

9 Metoda obliczania

9.1 Technika rozwiązania

Model geometryczny dzieli się na wiele komórek, każda z charakterystycznym punktem (nazwanym węzłem). Stosując prawo zachowania energii ($\text{div } q = 0$) oraz prawo Fouriera ($q = -\lambda \text{ grad } \theta$) i biorąc pod uwagę warunki brzegowe, otrzymuje się układ równań będący funkcją temperatur w węzłach. Rozwiązując ten układ, albo techniką bezpośredniego rozwiązania, albo metodą iteracyjną, uzyskuje się temperatury węzłów, z których można określić pole temperatury. Z rozkładu temperatury można obliczyć przepływy ciepła, przez zastosowanie prawa Fouriera.

Metody obliczania należy weryfikować zgodnie z wymaganiami Załącznika C.

9.2 Zasady obliczania

9.2.1 Przepływy ciepła między komórkami materiału a przyległym środowiskiem

Gęstość strumienia ciepła, q , prostopadłego do powierzchni przylegania komórki materiału z sąsiednim środowiskiem powinna być zgodna z Wzorem (6):

$$q = \frac{(\theta - \theta_s)}{R_s} \quad (6)$$

w którym:

θ wewnętrzna lub zewnętrzna temperatura odniesienia;

θ_s temperatura przy wewnętrznej lub zewnętrznej powierzchni;

R_s wewnętrzny lub zewnętrzny opór przejmowania ciepła powierzchni.

EN ISO 10211:2017**9.2.2 Przepływy ciepła przy płaszczyznach przekroju**

Płaszczyzny przekroju powinny być adiabatyczne (tzn. zerowy przepływ ciepła).

9.2.3 Rozwiązanie wzorów

Wzory należy rozwiązać zgodnie z wymaganiami podanymi w C.2.

9.2.4 Obliczenie rozkładu temperatury

Rozkład temperatury w obrębie każdej komórki materiału należy obliczyć przez interpolację między temperaturami węzłów.

UWAGA Wystarczająca jest interpolacja liniowa.

10 Określenie współczynników sprzężenia cieplnego i strumienia ciepła z obliczeń 3-D**10.1 Dwie temperatury brzegowe, model niepodzielony**

Jeżeli istnieją tylko dwa środowiska o dwóch różnych temperaturach (np. jedna temperatura wewnętrzna i jedna temperatura zewnętrzna), i jeżeli całe pomieszczenie lub budynek oblicza się trójwymiarowo z modelu pojedynczego, wówczas całkowity współczynnik sprzężenia cieplnego, $L_{3D,1,2}$, otrzymuje się z całkowitego strumienia ciepła, Φ , pomieszczenia lub budynku, jak podano we Wzorze (7):

$$\Phi = L_{3D,1,2} (\theta_1 - \theta_2) \quad (7)$$

10.2 Dwie temperatury brzegowe, model podzielony

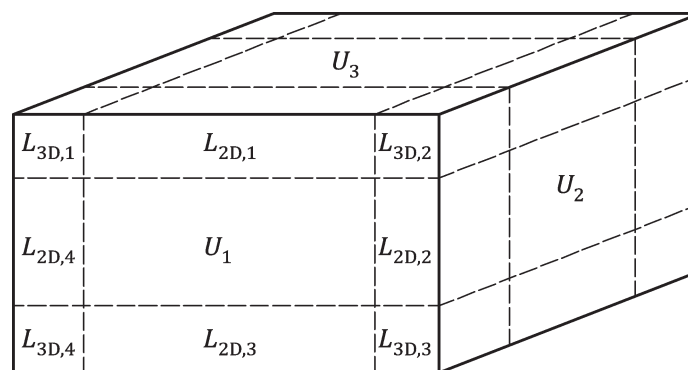
Jeżeli pomieszczenie lub budynek został podzielony (patrz Rysunek 14), całkowitą wartość $L_{3D,i,j}$ oblicza się z Wzoru (8):

$$L_{3D,i,j} = \sum_{k=1}^{N_k} U_{k(i,j)} \cdot A_k + \sum_{m=1}^{N_m} L_{2D,m(i,j)} \cdot l_m + \sum_{n=1}^{N_n} L_{3D,n(i,j)} \quad (8)$$

w którym:

$L_{3D,(i,j)}$	współczynnik sprzężenia cieplnego otrzymany z obliczenia 3-D dla części n pomieszczenia lub budynku;
$L_{2D,m(i,j)}$	współczynnik sprzężenia cieplnego otrzymany z obliczenia 2-D dla części m pomieszczenia lub budynku;
l_m	długość, na której stosuje się wartość $L_{2D,m(i,j)}$;
$U_{k(i,j)}$	współczynnik przenikania ciepła otrzymany z obliczenia 1-D dla części k pomieszczenia lub budynku;
A_k	pole powierzchni, na którym stosuje się wartość U_k ;
N_n	całkowita liczba części 3-D;
N_m	całkowita liczba części 2-D;
N_k	całkowita liczba części 1-D.

UWAGA We Wzorze (8), $\sum A_k$ jest mniejsze niż całkowite pole powierzchni obudowy, ponieważ niektóre pola powierzchni zawarto w członach 2-D i 3-D.



Rysunek 14 – Obudowa budynku podzielona na modele geometryczne 3-D, 2-D oraz 1-D

10.3 Więcej niż dwie temperatury brzegowe

Strumień ciepła, $\Phi_{i,j}$, ze środowiska i do związanego cieplnie środowiska j wyraża się Wzorem (9):

$$\Phi_{i,j} = L_{3D,i,j} \cdot (\theta_i - \theta_j) \quad (9)$$

Całkowity strumień ciepła z pomieszczenia lub budynku można obliczyć z zastosowaniem zasad podanych w Rozdziale 5. Strumień ciepła z/do pomieszczenia w temperaturze θ_i można obliczyć ze Wzoru (10):

$$\Phi = \sum_j \left[L_{3D,i,j} \cdot (\theta_i - \theta_j) \right] \quad (10)$$

w którym:

$L_{3D,i,j}$ współczynniki sprzężenia cieplnego między pomieszczeniem i przyległymi pomieszczeniami lub środowiskami zewnętrznymi;

θ_j temperatury pomieszczeń przyległych lub środowisk zewnętrznych.

Całkowity strumień ciepła z/do budynku można obliczyć z Wzoru (11):

$$\Phi = \sum_i \sum_j \left[L_{3D,i,j} \cdot (\theta_i - \theta_j) \right] \quad (11)$$

w którym:

θ_i temperatury pomieszczeń wewnętrznych;

θ_j temperatury środowisk zewnętrznych;

$L_{3D,i,j}$ odpowiadające współczynniki sprzężenia.

UWAGA W E.1 podano metodę obliczania współczynników sprzężenia cieplnego.

11 Obliczenia z zastosowaniem liniowych i punktowych współczynników przenikania ciepła z obliczeń 3-D

11.1 Obliczenie współczynnika sprzężenia cieplnego

Związek pomiędzy $L_{3D,i,j}$ a współczynnikami przenikania ciepła podaje Wzór (12):

EN ISO 10211:2017

$$L_{3D,i,j} = \sum_{k=1}^{N_k} U_{k(i,j)} \cdot A_k + \sum_{m=1}^{N_m} \Psi_{m(i,j)} \cdot l_m + \sum_{n=1}^{N_n} \chi_{n(i,j)} \quad (12)$$

w którym:

- $U_{k(i,j)}$ współczynnik przenikania ciepła części k pomieszczenia lub budynku;
- A_k pole powierzchni, na której stosuje się wartość $U_{k(i,j)}$;
- $\Psi_{m(i,j)}$ liniowy współczynnik przenikania ciepła części m pomieszczenia lub budynku;
- l_m długość, na której stosuje się wartość $\Psi_{m(i,j)}$;
- $\chi_{n(i,j)}$ punktowy współczynnik przenikania ciepła części n pomieszczenia lub budynku;
- N_k liczba współczynników przenikania ciepła;
- N_m liczba liniowych współczynników przenikania ciepła;
- N_n liczba punktowych współczynników przenikania ciepła.

UWAGA 1 We Wzorze (12) $\sum A_k$ jest równe całkowitemu polu powierzchni obudowy.

UWAGA 2 $L_{3D,i,j}$ odpowiada współczynnikowi przenoszenia ciepła, H , stosowanemu w innych normach.

11.2 Obliczenie liniowych i punktowych współczynników przenikania ciepła

Wartości Ψ określa się z Wzoru (13):

$$\Psi = L_{2D} - \sum_{j=1}^{N_j} U_j \cdot l_j \quad (13)$$

w którym:

- L_{2D} współczynnik sprzężenia cieplnego otrzymany z obliczenia 2-D komponentu, oddzielającego dwa rozpatrywane środowiska;
- U_j współczynnik przenikania ciepła komponentu 1-D, j , oddzielającego dwa rozpatrywane środowiska;
- l_j długość, na której stosuje się wartość U_j .

Wartości χ określa się z Wzoru (14):

$$\chi = L_{3D} - \sum_{i=1}^{N_i} U_i \cdot A_i - \sum_{j=1}^{N_j} \Psi_j \cdot l_j \quad (14)$$

w którym:

- L_{3D} współczynnik sprzężenia cieplnego otrzymany z obliczenia komponentu 3-D, oddzielającego dwa rozpatrywane środowiska;
- U_i współczynnik przenikania ciepła 1-D komponentu i , oddzielającego dwa rozpatrywane środowiska;
- A_i pole powierzchni, na której stosuje się wartość U_i ;
- Ψ_j liniowy współczynnik przenikania ciepła obliczony z zastosowaniem Wzoru (18);
- l_j długość, na której stosuje się wartość Ψ_j ;
- N_j liczba komponentów 2-D;
- N_i liczba komponentów 1-D.

Podczas określania wartości Ψ oraz χ konieczne jest ustalenie, które wymiary (np. wewnętrzne lub zewnętrzne) stosuje się, ponieważ dla kilku typów mostków cieplnych wartości Ψ oraz χ zależą od tego wyboru.

UWAGA W Załączniku D podano przykłady obliczania wartości Ψ oraz χ .

12 Określanie współczynnika sprzężenia cieplnego, strumienia ciepła i liniowego współczynnika przenikania ciepła z obliczeń 2-D

12.1 Dwie temperatury brzegowe

Strumień ciepła na metr długości, Φ_l , liniowego mostka cieplnego ze środowiska wewnętrznego, oznaczonego indeksem „int”, do środowiska zewnętrznego, oznaczonego indeksem „e” wyraża się Wzorem (15):

$$\Phi_l = L_{2D} \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_e) \quad (15)$$

w którym L_{2D} jest współczynnikiem sprzężenia cieplnego otrzymanym z obliczenia komponentu 2-D oddzielającego dwa rozpatrywane środowiska.

12.2 Więcej niż dwie temperatury brzegowe

Strumień ciepła, $\Phi_{i,j}$, ze środowiska i do związanego cieplnie środowiska j jest dany Wzorem (16):

$$\Phi_{i,j} = L_{2D,i,j} \cdot (\theta_i - \theta_j) \quad (16)$$

W przypadku więcej niż dwóch środowisk o różnych temperaturach (np. różne temperatury wewnętrzne lub różne temperatury zewnętrzne), całkowity strumień ciepła Φ z/do pomieszczenia lub budynku można obliczyć z Wzoru (17):

$$\Phi = \sum_{i < j} [L_{2D,i,j} \cdot (\theta_i - \theta_j)] \quad (17)$$

w którym $L_{2D,i,j}$ są współczynnikami sprzężenia cieplnego między każdą parą środowisk.

12.3 Określanie liniowego współczynnika przenikania ciepła

Rozpatrywany liniowy współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego, oddzielającego dwa rozpatrywane środowiska, Ψ , wyraża się Wzorem (18):

$$\Psi = L_{2D} - \sum_{j=1}^{N_j} U_j \cdot l_j \quad (18)$$

w którym:

U_j współczynnik przenikania ciepła j komponentu 1-D, oddzielającego dwa rozpatrywane środowiska;

l_j długość w obrębie modelu geometrycznego 2-D, do którego stosuje się wartość U_j ;

N_j liczba komponentów 1-D.

Podczas określania liniowego współczynnika przenikania ciepła konieczne jest ustalenie, które wymiary (np. wewnętrzne czy zewnętrzne) stosuje się, ponieważ dla wielu typów mostków cieplnych wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła zależy od tego wyboru.

EN ISO 10211:2017

12.4 Określanie liniowego współczynnika przenikania ciepła połączeń ściana-podłoga**12.4.1 Wszystkie przypadki**

Obliczenia komputerowe z zastosowaniem dwuwymiarowego modelu geometrycznego można stosować do określenia wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła połączeń ściana-podłoga.

Wymodelować wszystkie szczegóły, łącznie z połową szerokości podłogi lub 4 m szerokością podłogi, (w zależności od tego, która wielkość jest mniejsza) i przekrojem ściany do wysokości h_W ; obliczyć L_{2D} jako strumień ciepła na różnicę temperatury i na długość obwodu. Wartość h_W powinna być minimalną odległością od połączenia do przekroju poprzecznego, zgodnie z kryteriami w 7.2.3, a wartość h_t powinna być wysokością górnej płyty podłogi powyżej poziomu gruntu (patrz Rysunek 15). Wymiary modelu na zewnątrz budynku i poniżej poziomu gruntu przekraczają 2,5 razy szerokość podłogi lub 20 m (w zależności od tego, która wielkość jest mniejsza). Patrz także 7.2.5.

Jeżeli obliczenie wykonano z zastosowaniem 4 m szerokości podłogi (tzn. $B = 8$ m), wynik można stosować do każdej podłogi o większym wymiarze ($B > 8$ m).

Obliczenie kontynuuje się więc z zastosowaniem opcji A (patrz 12.4.2) lub opcji B (patrz 12.4.3).

Szablon do określania wyboru pomiędzy tymi opcjami podano w Tablicy A.4, z informacyjnym wykazem domyslnym podanym w Tablicy B.4.

12.4.2 Opcja A**12.4.2.1 Poziom podłogi wewnątrz jest równy lub wyższy niż poziom gruntu na zewnątrz**

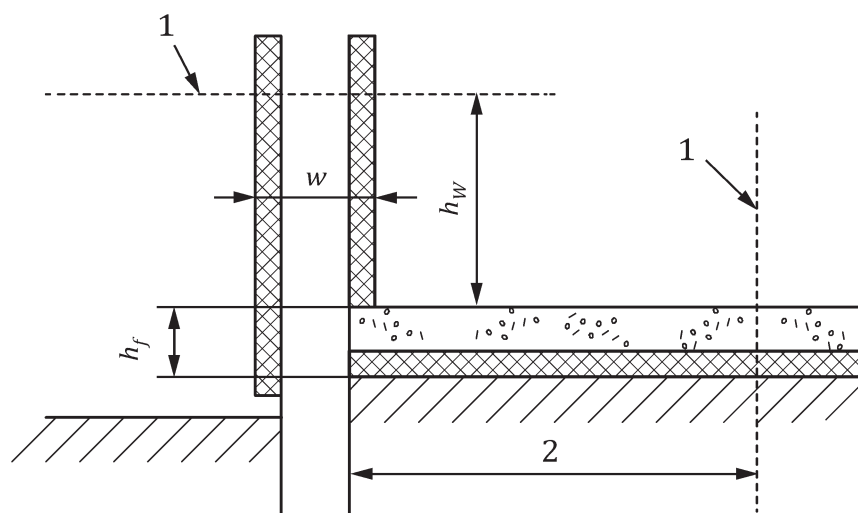
L_{2D} uzyskuje się za pomocą obliczeń komputerowych całego detalu (łącznie z podłożem, izolacją krawędzi, jeśli jest to odpowiednie). U_W oblicza się z zastosowaniem ISO 6946, natomiast U_g oblicza się z zastosowaniem procedury uproszczonej podanej w ISO 13370, łącznie z wszelkimi izolacjami płyty podłogowej na całej powierzchni oraz, w stosownych przypadkach, korektą izolacji krawędzi (patrz Rysunek 15).

Obliczyć Ψ_g z Wzoru (19), stosując wymiary wewnętrzne, i z Wzoru (20), stosując wymiary zewnętrzne:

$$\Psi_g = L_{2D} - h_W \cdot U_W - 0,5 \times B \cdot U_g \quad (19)$$

$$\Psi_g = L_{2D} - (h_W + h_t) \cdot U_W - (0,5 \times B + w) \cdot U_g \quad (20)$$

przy czym U_W jest współczynnikiem przenikania ciepła ściany powyżej gruntu, jak zostało to wymodelowane w obliczeniu komputerowym.

**Objaśnienia**

- 1 granica adiabatyczna
 2 $0,5 \times B$ lub 4 m
 h_f wzniesienie górnej powierzchni płyty podłogi powyżej poziomu gruntu
 h_W minimalna odległość od połączenia do płaszczyzny przekroju poprzecznego (patrz 7.2.3)
 w szerokość ściany powyżej gruntu

UWAGA Wymiary modelu przekraczają $0,5 \times B$ wewnątrz budynku lub $2,5 \times B$ na zewnątrz budynku i poniżej gruntu.

Rysunek 15 – Model obliczania liniowego współczynnika przenikania ciepła połączenia ściana-podłoga (poziom podłogi wewnątrz jest równy lub wyższy niż poziom gruntu na zewnątrz)

12.4.2.2 Poziom podłogi wewnątrz jest poniżej poziomu gruntu na zewnątrz

L_{2D} uzyskuje się za pomocą obliczeń komputerowych całych detali (w tym podłoża, podziemi i izolacji krawędzi, jeśli jest to odpowiednie). U_W oblicza się z zastosowaniem ISO 6946, natomiast U_g i $U_{w,b}$ oblicza się z zastosowaniem procedury uproszczonej podanej w ISO 13370 dla ogrzewanego podziemia, łącznie z wszelkimi izolacjami płyty podłogowej i przejścia przez ścianę podziemia oraz, jeśli jest to odpowiednie, uwzględnienie głębokości podziemia i korekty izolacji krawędzi (patrz Rysunek 16).

Obliczyć Ψ_g z Wzoru (21), stosując wymiary wewnętrzne i z Wzoru (22), stosując wymiary zewnętrzne:

$$\Psi_g = L_{2D} - (h_W - h_f) \cdot U_W - h_f \cdot U_{w,b} - 0,5 \times B U_g \quad (21)$$

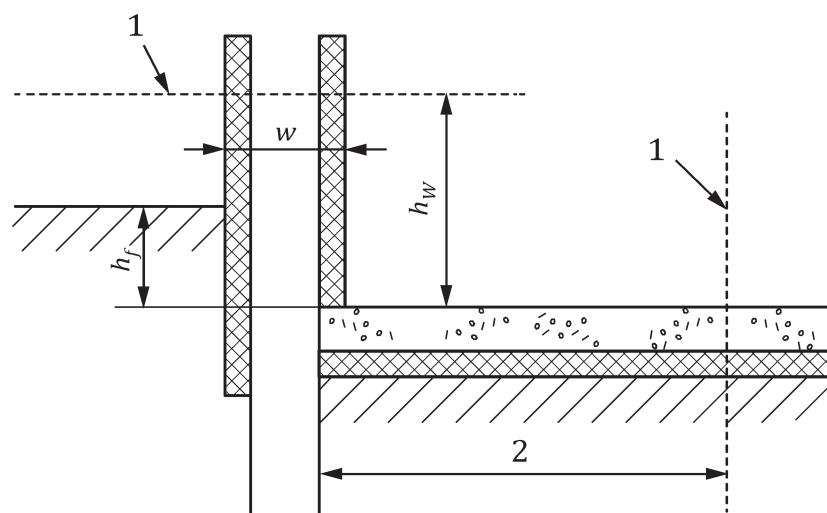
$$\Psi_g = L_{2D} - (h_W - h_f) \cdot U_W - h_f \cdot U_{w,b} - (0,5 \times B + w) \cdot U_g \quad (22)$$

przy czym:

U_W współczynnik przenikania ciepła ściany powyżej gruntu, jak wymodelowano w obliczeniu komputerowym;

$U_{w,b}$ współczynnik przenikania ciepła ściany podziemia, jak obliczono w ISO 13370.

EN ISO 10211:2017

**Objaśnienia**

1 granica adiabatyczna

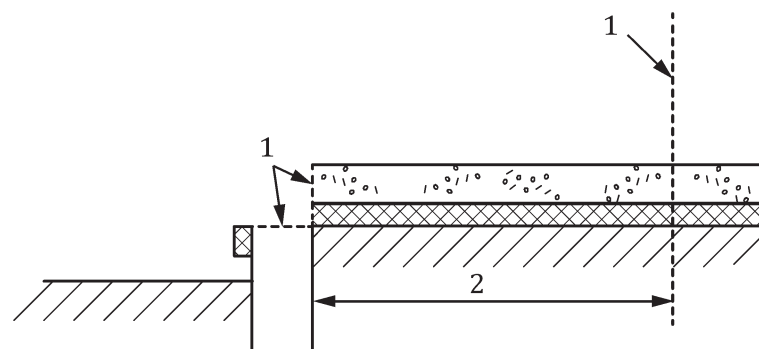
2 $0,5 \times B$ lub 4 m h_f wzniesienie górnej powierzchni płyty podłogi powyżej poziomu gruntu (ściana podziemia) h_w minimalna odległość od połączenia do płaszczyzny przekroju poprzecznego (patrz 7.2.3) w grubość ścianyUWAGA Wymiary modelu przekraczają $0,5 \times B$ wewnątrz budynku lub $2,5 \times B$ na zewnątrz budynku i poniżej gruntu.**Rysunek 16 – Model obliczania liniowego współczynnika przenikania ciepła połączenia ściana-podłoga (poziom podłogi wewnątrz jest poniżej poziomu gruntu na zewnątrz)****12.4.3 Opcja B****12.4.3.1 Poziom podłogi wewnątrz jest równy lub wyższy niż poziom gruntu na zewnątrz**

Usunąć ścianę do poziomu dolnej części płyty podłogowej (patrz Rysunek 17). Zastosować granice adiabatyczne, gdy ściana była wcześniej w kontakcie z płytą podłogi lub gruntem. Uzyskać $L_{2D,a}$ poprzez drugie obliczenie komputerowe poprawionego szczegółu.

Zarówno L_{2D} , jak i $L_{2D,a}$ uzyskuje się z obliczeń komputerowych, zgodnie z procedurą opisaną w 12.4; U_W oblicza się zgodnie z ISO 6946.

Zatem

$$\Psi_g = L_{2D} - h_w \cdot U_W - L_{2D,a} \quad (23)$$

**Objaśnienia**

- 1 granica adiabatyczna
- 2 $0,5 \times B$ lub 4 m

Rysunek 17 – Model drugiego obliczenia komputerowego dla opcji B (poziom podłogi wewnątrz jest równy lub wyższy niż poziom gruntu na zewnątrz)

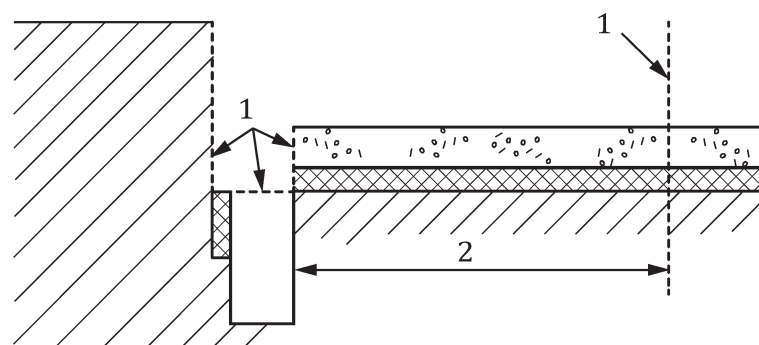
12.4.3.2 Poziom podłogi wewnątrz jest poniżej poziomu gruntu na zewnątrz

Wymienić cały materiał pod powierzchnią gruntu (ale zachowując całą izolację podłogi) i usunąć ścianę do poziomu dolnej części płyty podłogi (patrz Rysunek 18). Zastosować granice adiabatyczne, gdy ściana była wcześniej w kontakcie z płytą podłogi lub gruntem. Uzyskać $L_{2D,a}$ przez drugie obliczenie komputerowe na zmienionym szczególe.

Zarówno L_{2D} , jak i $L_{2D,a}$, uzyskuje się z obliczeń komputerowych zgodnie z procedurą opisaną w 12.4. U_W oblicza się zgodnie z ISO 6946.

Zatem

$$\Psi_g = L_{2D} - (h_W - h_f) \cdot U_W - L_{2D,a} \quad (24)$$

**Objaśnienia**

- 1 granica adiabatyczna
- 2 $0,5 \times B$ lub 4 m

Rysunek 18 – Model drugiego obliczenia komputerowego dla opcji B (poziom podłogi wewnątrz jest poniżej poziomu gruntu na zewnątrz)

EN ISO 10211:2017

12.5 Określanie zewnętrznego współczynnika okresowego przenoszenia ciepła podłóg na gruncie

W przypadku komputerowej metody obliczania zależnej od czasu można zastosować model geometryczny wg 12.4 w celu określenia zarówno Ψ_g , jak i zewnętrznego współczynnika okresowego przenoszenia ciepła, H_{pe} . Zaleca się zastosowanie takiej wielkości, która zapewni stabilność obliczania. Określić średni całkowity przepływ ciepła przez powierzchnie wewnętrzne, w W/m, dla każdego miesiąca w roku. Obliczanie kontynuuje się dopóki przepływ ciepła przez powierzchnie wewnętrzne dla grudnia ostatniego roku nie różni się mniej niż o 1 % od przepływu ciepła w grudniu roku poprzedniego. Zazwyczaj można to uzyskać, uwzględniając w obliczeniach okres co najmniej 10 lat.

Utrzymuje się stałą wartość temperatury wewnętrznej, $\bar{\theta}_i$, a temperaturę zewnętrzną, w czasie t , w °C, $\theta_e(t)$, wyraża Wzór (25):

$$\theta_e(t) = \bar{\theta}_e - \hat{\theta}_e \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{t - \tau}{12}\right) \quad (25)$$

w którym:

- $\bar{\theta}_e$ przeciętna roczna temperatura zewnętrzna, w °C;
- $\hat{\theta}_e$ amplituda zmian miesięcznej średniej temperatury, w K;
- t czas wyrażony w miesiącach ($t = 0$ na początku stycznia);
- τ czas wyrażony w miesiącach, przy którym występuje minimalna temperatura zewnętrzna.

Dalsze informacje, łącznie z właściwościami gruntu, patrz ISO 13370.

Dla każdego miesiąca obliczyć przepływ ciepła, q_m , dodatkowo do uwzględnionego przez U_W oraz U_g , zgodnie z Wzorem (26):

$$q_m = q_{c,m} - h_W \cdot U_W \cdot (\bar{\theta}_{int} - \theta_{e,m}) - 0,5 \times B \cdot U_g \cdot (\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_e) \quad (26)$$

w którym $q_{c,m}$ jest średnim przepływem ciepła przez powierzchnie wewnętrzne w miesiącu m , otrzymanym z wyników komputerowych. Stąd, jak podano we Wzorze (27):

$$\Psi_g = \frac{\sum_{m=1}^{12} q_m}{12 \times (\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_e)} \quad (27)$$

i we Wzorze (28):

$$H_{pe} = P \cdot \left(\frac{q_{max} - q_{min}}{2 \times \hat{\theta}_e} \right) \quad (28)$$

w którym:

- P zewnętrzny obwód podłogi;
- q_{max} wartość maksymalna q_m ;
- q_{min} wartość minimalna q_m .

UWAGA Wartość H_{pe} obliczona z zastosowaniem Wzoru (28) zawiera Ψ_g .

13 Określanie temperatury przy powierzchni wewnętrznej

13.1 Określanie temperatury przy powierzchni wewnętrznej z obliczeń 3-D

13.1.1 Dwie temperatury brzegowe

Jeżeli istnieją tylko dwa rozpatrywane środowiska i podłoże nie jest częścią modelu geometrycznego, temperatury powierzchni można wyrazić w postaci bezwymiarowej zgodnie z Wzorem (29):

$$f_{\text{Rsi}}(x, y, z) = \frac{\theta_{\text{si}}(x, y, z) - \theta_{\text{e}}}{\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{e}}} \quad (29)$$

w którym:

$f_{\text{Rsi}}(x, y, z)$ czynnik temperatury na powierzchni wewnętrznej w punkcie (x, y, z) ;

$\theta_{\text{si}}(x, y, z)$ temperatura na powierzchni wewnętrznej w punkcie (x, y, z) ;

θ_{int} temperatura wewnętrzna;

θ_{e} temperatura zewnętrzna.

Czynnik temperatury należy obliczyć z błędem mniejszym niż 0,005.

13.1.2 Więcej niż dwie temperatury brzegowe

Jeżeli istnieją więcej niż dwie temperatury brzegowe, należy zastosować czynnik wagowy temperatury, g . Czynniki wagowe temperatury zapewniają środki do obliczania temperatury w każdym położeniu na powierzchni wewnętrznej o współrzędnych (x, y, z) , jako funkcji liniowej każdego zestawu temperatur brzegowych.

UWAGA 1 Rozpatruje się co najmniej trzy temperatury brzegowe, jeżeli model geometryczny uwzględnia środowiska wewnętrzne o różnych temperaturach.

Stosując czynniki wagowe temperatury, temperatura powierzchni w miejscu (x, y, z) w środowisku j jest dana Wzorem (30):

$$\theta_j(x, y, z) = g_{j,1}(x, y, z) \cdot \theta_1 + g_{j,2}(x, y, z) \cdot \theta_2 + \dots + g_{j,n}(x, y, z) \cdot \theta_n \quad (30)$$

i Wzorem (31):

$$g_{j,1}(x, y, z) + g_{j,2}(x, y, z) + \dots + g_{j,n}(x, y, z) = 1 \quad (31)$$

UWAGA 2 W E.3 podano metodę obliczania czynników wagowych.

Obliczyć temperaturę powierzchni wewnętrznej, θ_{si} , w rozpatrywanym położeniu, podstawiając obliczone wartości $g_{j,i}$ i rzeczywiste temperatury brzegowe, θ_i , do Wzoru (30).

UWAGA 3 Rozpatrywane położenie jest zazwyczaj punktem o najniższej temperaturze powierzchni wewnętrznej. To położenie może się zmieniać, jeśli temperatury brzegowe zostaną zmienione.

EN ISO 10211:2017

13.2 Określanie temperatury przy powierzchni wewnętrznej z obliczeń 2-D**13.2.1 Dwie temperatury brzegowe**

Jeżeli istnieją tylko dwa rozpatrywane środowiska, temperatury powierzchni można wyrazić w postaci bezwymiarowej, zgodnie z Wzorem (32):

$$f_{\text{Rsi}}(x, y) = \frac{\theta_{\text{si}}(x, y) - \theta_{\text{e}}}{\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{e}}} \quad (32)$$

w którym:

$f_{\text{Rsi}}(x, y)$ czynnik temperatury dla powierzchni wewnętrznej w punkcie (x, y) ;

$\theta_{\text{si}}(x, y)$ temperatura dla powierzchni wewnętrznej w punkcie (x, y) ;

θ_{int} temperatura wewnętrzna;

θ_{e} temperatura zewnętrzna.

Czynnik temperatury należy obliczyć z błędem mniejszym niż 0,005.

13.2.2 Trzy temperatury brzegowe

Jeżeli istnieją trzy temperatury związane, należy zastosować czynniki wagowe temperatury, g . Czynniki wagowe temperatury zapewniają środki do obliczenia temperatury w każdym położeniu powierzchni wewnętrznej o współrzędnych (x, y) , jako funkcji liniowej każdego zestawu temperatur brzegowych.

Temperatury powierzchni w położeniu (x, y) w środowisku j są wyrażone Wzorem (33):

$$\theta_j(x, y) = g_{j,1}(x, y) \cdot \theta_1 + g_{j,2}(x, y) \cdot \theta_2 + g_{j,3}(x, y) \cdot \theta_3 \quad (33)$$

i Wzorem (34):

$$g_{j,1}(x, y) + g_{j,2}(x, y) + g_{j,3}(x, y) = 1 \quad (34)$$

UWAGA Czynniki wagowe w rozpatrywanym położeniu można obliczyć zgodnie z Załącznikiem E. Rozpatrywane położenie jest zazwyczaj punktem o najniższej temperaturze powierzchni wewnętrznej. To położenie może się zmieniać, jeżeli temperatury brzegowe zostaną zmienione.

14 Raport**14.1 Dane wejściowe**

Raport z obliczeń powinien zawierać następujące informacje:

a) opis struktury:

- płaszczyzny budynku, w tym wymiary i materiały;
- dla kompletnego budynku, wszelkie znane zmiany w konstrukcji i/lub pomiary fizyczne oraz szczegóły z kontroli;
- inne odpowiednie uwagi;

b) opis modelu geometrycznego:

- model geometryczny 2-D lub 3-D z wymiarami;

- dane wejściowe, pokazujące położenie płaszczyzn konstrukcyjnych i wszelkie pomocnicze płaszczyzny, łącznie ze współczynnikami przewodzenia ciepła różnych materiałów;
- zastosowane temperatury brzegowe;
- obliczenie temperatury brzegowej w przyległym polu powierzchni, w stosownych wypadkach;
- opory powierzchni i pola powierzchni, do których się one stosują;
- wszelkie dopasowania wymiarowe zgodnie z 7.3.2;
- wszelkie warstwy prawie jednorodne i współczynniki przewodzenia ciepła, obliczone zgodnie z 7.3.3;
- wszelkie zastosowane wartości nieznormalizowane, z dostosowaniem zmian od wartości standardowych (patrz 8.1).

14.2 Dane wyjściowe

14.2.1 Postanowienia ogólne

Poniższe wyniki obliczeń należy zamieścić w raporcie jako wartości, które są niezależne od temperatur brzegowych:

- współczynnik sprzężenia cieplnego L_{3D} lub L_{2D} między pomieszczeniami przylegającymi włączonymi w przenoszenie ciepła przez komponenty budowlane;
- UWAGA 1 Przykład podano w Tablicy E.2.
- w stosownych wypadkach, liniowy współczynnik przenikania ciepła, Ψ , liniowego mostka cieplnego, z ustaleniem, czy zostały zastosowane wymiary wewnętrzne czy zewnętrzne;
 - czynnik temperatury, f_{Rsi} , dla punktów najniższych temperatur powierzchni w każdym pomieszczeniu związanym (łącznie z położeniem tych punktów); jeżeli zastosowano więcej niż dwie temperatury brzegowe, w raporcie należy podać czynniki wagowe temperatury.

UWAGA 2 Przykład jak podawać w raporcie czynniki wagowe temperatury określono w Tablicy E.4.

Wszystkie wartości wyjściowe należy podać z dokładnością co najmniej do trzech cyfr znaczących.

14.2.2 Obliczanie przenikania ciepła z zastosowaniem współczynnika sprzężenia cieplnego

Przenikanie ciepła ze środowiska i do środowiska j wyraża Wzór (10) – jeżeli istnieją więcej niż dwie temperatury brzegowe, Wzór (9) – jeżeli istnieją dwie temperatury brzegowe lub Wzór (15) – dla modelu geometrycznego 2-D.

14.2.3 Obliczanie temperatur powierzchni z zastosowaniem współczynników wagowych

Najniższa temperatura powierzchni wewnętrznej wyeksponowanej do pomieszczenia j jest dana Wzorem (30) dla modelu geometrycznego 3-D lub Wzorem (33) dla modelu geometrycznego 2-D.

14.2.4 Dodatkowe dane wyjściowe

W przypadku szczególnego zestawu temperatur brzegowych należy podać następujące wartości dodatkowe:

- strumień ciepła, w watach na metr (dla przypadków 2-D) lub w watach (dla przypadków 3-D), dla każdej pary rozpatrywanych pomieszczeń;
- minimalne temperatury powierzchni, w stopniach Celsjusza, i położenie punktów o minimalnej temperaturze powierzchni w każdym rozpatrywanym pomieszczeniu.

EN ISO 10211:2017

14.2.5 Szacowanie błędu

Zastosowanie procedur komputerowych pozwala uzyskać rozwiązania przybliżone, które przelicza się na rozwiązania analityczne, jeżeli takie istnieją. W celu oceny realności wyników zaleca się oszacowanie błędu miejscowego, w sposób opisany poniżej.

- W celu oszacowania błędów spowodowanych niewystarczającą liczbą komórek należy wykonać dodatkowe obliczenie(-a) zgodnie z C.2. Należy ustalić różnicę wyników obu obliczeń.
- W celu oszacowania błędów powstających w komputerowym rozwiązaniu układu równań należy podać sumę przepływów ciepła (dodatnich i ujemnych) przez wszystkie brzegi komponentu budowlanego podzieloną przez całkowity przepływ ciepła.

UWAGA W C.2 określono, że iloraz ten powinien być mniejszy niż 0,000 1.

Szablon do określania maksymalnego dopuszczalnego błędu podano w Tablicy A.5, z informacyjnym wyborem domyślnym podanym w Tablicy B.5.

Załącznik A (normatywny)

Arkusz danych wejściowych i wyboru metody – Szablon

A.1 Postanowienia ogólne

Przy podejmowaniu decyzji dotyczącej kwestii wyboru metody, wymaganych danych wejściowych i odniesień do innych dokumentów należy stosować szablon z Załącznika A do niniejszego dokumentu.

UWAGA 1 Postępowanie według tego szablonu nie wystarcza do zagwarantowania spójności danych.

UWAGA 2 Informacyjne wybory domyślne podano w Załączniku B. Alternatywne wartości i wybory mogą być narzucone przez przepisy krajowe/regionalne. Jeśli wartości domyślnych i wyborów z Załącznika B nie przyjęto ze względu na przepisy krajowe/regionalne, politykę lub tradycje krajowe, oczekuje się, że:

- władze krajowe lub regionalne przygotowują arkusze danych zawierające krajowe lub regionalne wartości i wybory zgodnie z szablonem z Załącznika A; lub
- jeśli nie wybrano innej opcji, krajowe jednostki normalizacyjne dodadzą lub włączą załączniki krajowe (Załącznik NA) do niniejszego dokumentu, zgodnie z szablonem z Załącznika A, podając krajowe lub regionalne wartości i wybory zgodne z ich dokumentami prawnymi.

UWAGA 3 Szablon z Załącznika A ma różne zastosowania (np. projektowanie nowego budynku, certyfikacja nowego budynku, renowacja istniejącego budynku i certyfikacja istniejącego budynku) i odnosi się do różnych typów budynków (np. małe lub proste budynki oraz duże i złożone budynki). Wartości i wybory do różnych zastosowań lub różnych typów budynku można wyróżnić poprzez:

- dodanie kolumn lub wierszy (jeden do każdego zastosowania), jeśli dopuszcza to szablon;
- włączenie więcej niż jednej wersji tablicy (jedną do każdego zastosowania) ponumerowaną kolejno jako a, b, c... Na przykład: Tablica NA.3a, Tablica NA.3b;
- opracowanie różnych arkuszy danych krajowych/regionalnych do tej samej normy. W przypadku załącznika krajowego do normy będą one ponumerowane kolejno (Załącznik NA, Załącznik NB, Załącznik NC ,...).

UWAGA 4 W rozdziale „Wprowadzenie” można dodać informacyjny arkusz danych krajowych/regionalnych, na przykład o stosowaniu przepisów krajowych/regionalnych.

UWAGA 5 W przypadku niektórych danych wejściowych, które powinien znać użytkownik, arkusz danych zgodny z szablonem z Załącznika A mógłby zawierać odniesienie do krajowych procedur oceny potrzebnych danych wejściowych. Na przykład, odniesienie do krajowego protokołu oceny zawierającego ścieżki decyzyjne, tablice i wstępne obliczenia.

Pola zaciemnione w tablicach są częścią szablonu, więc nie są przeznaczone do wprowadzania danych.

A.2 Odniesienia

Odniesienia, identyfikowane na podstawie numeru kodu modułu podano w Tablicy A.1 (szablon).

Tablica A.1 – Odniesienia

Odniesienie	Dokument odniesienia ^a	
	Numer	Tytuł
Mx-y ^b	...	...
	...	...

^a Jeżeli odniesienie obejmuje więcej niż jeden dokument, odniesienia można zróżnicować.

^b W niniejszym dokumencie nie ma wyborów w odniesieniach do innych norm EPB. Tablicę zamieszczono w celu zachowania jednolitości we wszystkich normach EPB.

EN ISO 10211:2017

A.3 Wybór metod

W niniejszym dokumencie nie wymaga się określania wyborów metod. A.3 zamieszczono w celu zachowania jednolitości z wszystkimi normami EPB.

A.4 Dane wejściowe i wybory

Tablica A.2 – Ograniczenia dotyczące uproszczeń modelu geometrycznego (patrz 7.3.1)

Pozycja	Ograniczenia
Ograniczenia dotyczące uproszczeń modelu geometrycznego	Podać wykaz ograniczeń

Tablica A.3 – Wartości domyślne współczynnika przewodzenia ciepła (patrz 8.2)

Material ^a	Współczynnik przewodzenia ciepła λ W/(m·K)
^a Wiersze można usunąć lub dodać, a materiały można później określić lub zgrupować.	

Tablica A.4 – Podstawa obliczania połączeń ściana/podłoga (patrz 12.4.1)

Pozycja	Wybór
Opcja A lub B jak zdefiniowano w 12.4	A lub B

Tablica A.5 – Wymaganie oszacowanie maksymalnego błędu metody komputerowej (patrz 14.2.5)

Pozycja	Wybór
Maksymalny błąd w przypadku metody komputerowej?	Tak/Nie
Jeśli Tak, maksymalna wartość błędu	 %

Załącznik B (informacyjny)

Arkusz danych wejściowych i wyboru metody – Wybory domyślne

B.1 Postanowienia ogólne

Przy podejmowaniu decyzji dotyczącej kwestii wyboru metody, wymaganych danych wejściowych i odniesień do innych dokumentów należy stosować szablon z Załącznika A do niniejszego dokumentu.

UWAGA 1 Postępowanie według tego szablonu nie wystarcza do zagwarantowania spójności danych.

UWAGA 2 Informacyjne wybory domyślne podano w Załączniku B. Alternatywne wartości i wybory mogą być narzucone przez przepisy krajowe/regionalne. Jeśli wartości domyślnych i wyborów z Załącznika B nie przyjęto ze względu na przepisy krajowe/regionalne, politykę lub tradycje krajowe, oczekuje się, że:

- władze krajowe lub regionalne przygotowują arkusze danych zawierające krajowe lub regionalne wartości i wybory zgodnie z szablonem z Załącznika A; lub
- jeśli nie wybrano innej opcji, krajowe jednostki normalizacyjne dodadzą lub włączą załączniki krajowe (Załącznik NA) do niniejszego dokumentu, zgodnie z szablonem z Załącznika A, podając krajowe lub regionalne wartości i wybory zgodne z ich dokumentami prawnymi.

UWAGA 3 Szablon z Załącznika A ma różne zastosowania (np. projektowanie nowego budynku, certyfikacja nowego budynku, renowacja istniejącego budynku i certyfikacja istniejącego budynku) i odnosi się do różnych typów budynków (np. małe lub proste budynki oraz duże i złożone budynki). Wartości i wybory do różnych zastosowań lub różnych typów budynku można wyróżnić poprzez:

- dodanie kolumn lub wierszy (jeden do każdego zastosowania), jeśli dopuszcza to szablon;
- włączenie więcej niż jednej wersji tablicy (jedną do każdego zastosowania) ponumerowaną kolejno jako a, b, c... Na przykład: Tablica NA.3a, Tablica NA.3b;
- opracowanie różnych arkuszy danych krajowych/regionalnych do tej samej normy. W przypadku załącznika krajowego do normy będą one ponumerowane kolejno (Załącznik NA, Załącznik NB, Załącznik NC, ...).

UWAGA 4 W rozdziale „Wprowadzenie” można dodać informacyjny arkusz danych krajowych/regionalnych, na przykład o stosowaniu przepisów krajowych/regionalnych.

UWAGA 5 W przypadku niektórych danych wejściowych, które powinien znać użytkownik, arkusz danych zgodny z szablonem z Załącznika A mógłby zawierać odniesienie do krajowych procedur oceny potrzebnych danych wejściowych. Na przykład, odniesienie do krajowego protokołu oceny zawierającego ścieżki decyzyjne, tablice i wstępne obliczenia.

Pola zaciemnione w tablicach są częścią szablonu, więc nie są przeznaczone do wprowadzania danych.

B.2 Odniesienia

Odniesienia identyfikowane na podstawie numeru kodu modułu podano w Tablicy B.1.

Tablica B.1 – Odniesienia

Odniesienie	Dokument odniesienia ^a	
	Numer	Tytuł
Mx-y ^b	...	...
	...	...

^a Jeżeli odniesienie obejmuje więcej niż jeden dokument, odniesienia można różnicować.

^b W niniejszym dokumencie nie ma wyborów w odniesieniach do innych norm EPB. Tablicę zamieszczono w celu zachowania jednolitości we wszystkich normach EPB.

EN ISO 10211:2017

B.3 Wybór metod

W niniejszym dokumencie nie wymaga się określania wyborów metod. B.3 podano w celu zachowania jednolitości z wszystkimi normami EPB.

B.4 Dane wejściowe i wybory

Tablica B.2 – Ograniczenia dotyczące uproszczeń modelu geometrycznego (patrz 7.3.1)

Pozycja	Ograniczenia
Ograniczenia dotyczące uproszczeń modelu geometrycznego	Jak w 7.3.

Tablica B.3 – Wartości domyślne współczynnika przewodzenia ciepła (patrz 8.2)

Material ^a	Współczynnik przewodzenia ciepła λ W/(m·K)
Materiały o właściwościach podanych w normie wyrobu ISO lub EN, lub wymienione w ISO 10456	Wartości zgodne z normą wyrobu, o ile jest dostępna, w innym przypadku zgodnie z ISO 10456
^a Wiersze można usunąć lub dodać, a materiały można później określić lub zgrupować.	

Tablica B.4 – Podstawa obliczania połączeń ściana-podłoga (patrz 12.4.1)

Pozycja	Wybór
Opcja A lub B, jak zdefiniowano w 12.4	B

Tablica B.5 – Wymaganie oszacowania maksymalnego błędu metody komputerowej (patrz 14.2.5)

Pozycja	Wybór
Maksymalny błąd w przypadku zastosowania metody komputerowej?	Nie
Jeśli Tak, maksymalna wartość błędu	—

Załącznik C (normatywny)

Walidacja metod obliczania

C.1 Przypadki zastosowania testu odniesienia

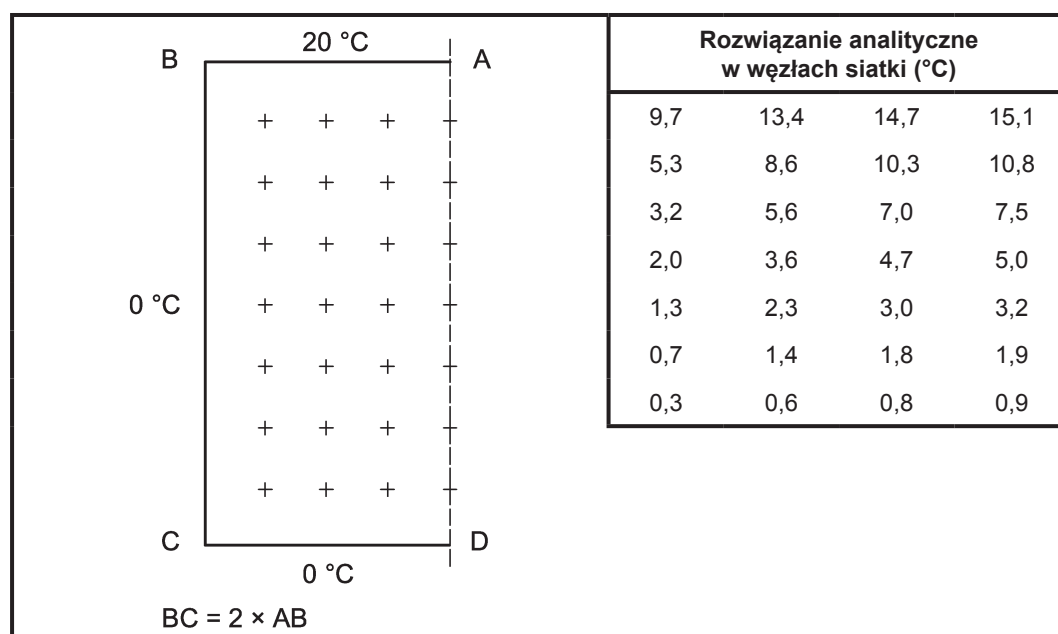
C.1.1 Postanowienia ogólne

W celu sklasyfikowania metody jako metody trójwymiarowej w stanie ustalonym o wysokiej dokładności, metoda obliczania powinna dawać wyniki odpowiadające przypadkom testu odniesienia 1, 2, 3 oraz 4, przedstawionym odpowiednio na Rysunku C.1, Rysunku C.2, Rysunku C.3 oraz Rysunku C.4.

W celu sklasyfikowania metody jako metody dwuwymiarowej w stanie ustalonym o wysokiej dokładności, powinna ona dawać wyniki odpowiadające przypadkom testu odniesienia 1 oraz 2, przedstawionym odpowiednio na Rysunku C.1 oraz Rysunku C.2.

C.1.2 Przypadek 1.

Przenoszenie ciepła przez połowę prostokątnej kolumny o znanej temperaturze powierzchni można obliczyć analitycznie, jak przedstawiono na Rysunku C.1. Rozwiązanie analityczne w 28 punktach równoodległej sieci podano na tym samym rysunku. Różnica między temperaturami obliczonymi metodą zwalidowaną i podanymi temperaturami nie powinna przekraczać 0,1 °C.



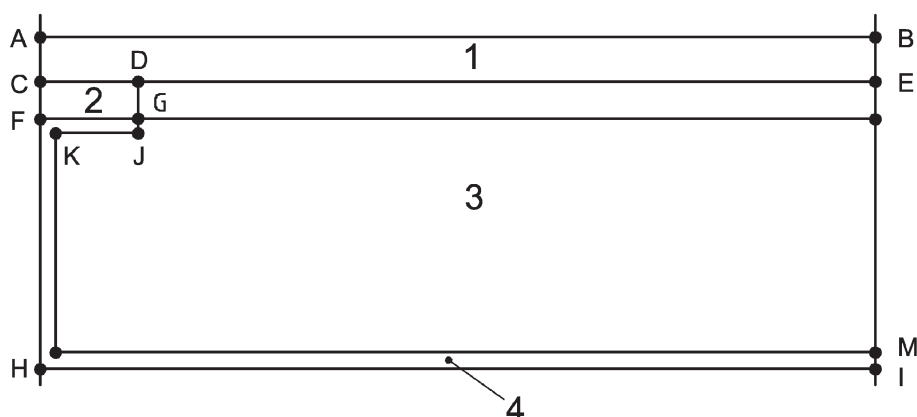
Rysunek C.1 – Przypadek 1. testu odniesienia: porównanie z rozwiązaniem analitycznym

C.1.3 Przypadek 2.

C.1.3.1 Opis modelu odnoszący się do przypadku 2.

Przykład dwuwymiarowego przenoszenia ciepła podano na Rysunku C.2, w Tablicy C.1 i Tablicy C.2.

EN ISO 10211:2017

**Objaśnienia**

- 1 beton
- 2 drewno
- 3 izolacja
- 4 aluminium

Rysunek C.2 – Przypadek 2. testu odniesienia: dwuwymiarowe przenoszenie ciepła**Tablica C.1 – Opis modelu dotyczący przypadku 2.**

Wymiary mm	Współczynnik przewodzenia ciepła W/(m·K)	Warunki brzegowe
AB = 500	1: 1,15	AB: 0 °C z $R_{se} = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
AC = 6	2: 0,12	HI: 20 °C z $R_{si} = 0,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
CD = 15	3: 0,029	–
CF = 5	4: 230	–
EM = 40	–	–
GJ = 1,5	–	–
IM = 1,5	–	–
FG – KJ = 1,5	–	–

C.1.3.2 Rozwiązanie komputerowe odnoszące się do przypadku 2.**Tablica C.2 – Wyniki temperatury dotyczące przypadku 2.**

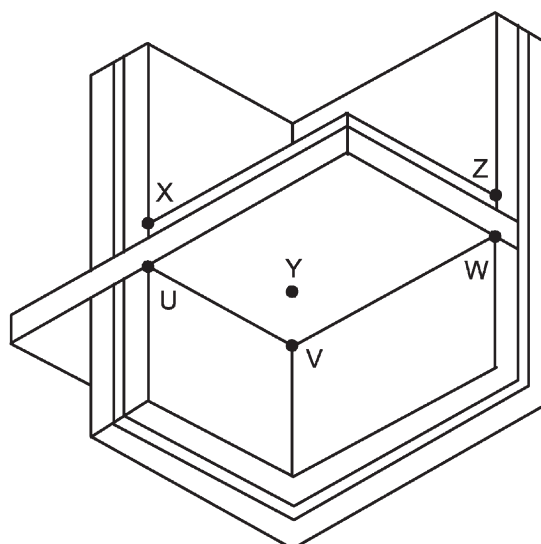
Temperatury °C		
A: 7,1		B: 0,8
C: 7,9	D: 6,3	E: 0,8
F: 16,4	G: 16,3	
H: 16,8		I: 18,3
Całkowity strumień ciepła: 9,5 W/m		

Różnica między temperaturami obliczonymi z zastosowaniem metody zwalidowanej i podanymi temperaturami nie powinna przekraczać 0,1 °C. Różnica między przepływem ciepła obliczonym metodą zwalidowaną i podanym przepływem ciepła nie powinna przekraczać 0,1 W/m.

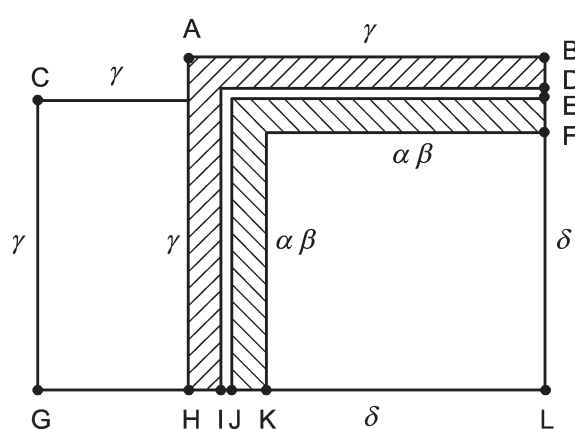
C.1.4 Przypadek 3.

C.1.4.1 Opis modelu odnoszący się do przypadku 3.

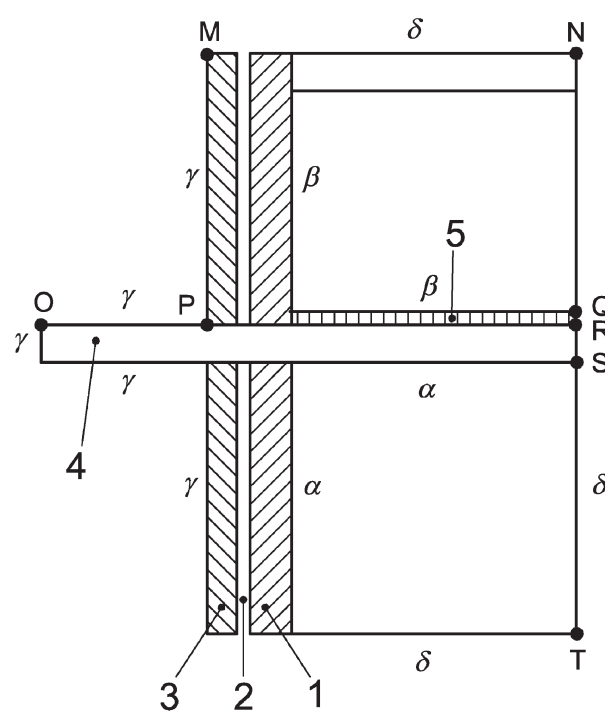
Przykład trójwymiarowego przenoszenia ciepła podano na Rysunku C.3, w Tablicy C.3, Tablicy C.4 oraz Tablicy C.5.



a) Widok w perspektywie



b) Przekrój poziomy



c) Przekrój pionowy

UWAGA Y oraz V są narożami trójwymiarowymi.

Rysunek C.3 – Przypadek 3. testu odniesienia: trójwymiarowy model geometryczny

EN ISO 10211:2017

Tablica C.3 – Opis modelu dotyczący przypadku 3.

Wymiary mm	Współczynnik przewodzenia ciepła W/(m·K)	Warunki brzegowe
AB = 1300	1: 0,7	α : 20 °C z $R_{si} = 0,20 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
BD = HI = 100	2: 0,04	β : 15 °C z $R_{si} = 0,20 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
DE = IJ = 50	3: 1,0	γ : 0 °C z $R_{se} = 0,05 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
EF = JK = 150	4: 2,5	δ : adiabatyczne
FL = KL = 1 000	5: 1,0	
CG = 1150		
GH = 600		
MP = ST = 1 000		
QR = 50		
RS = 150		
NQ = 950		
OP = 600		

C.1.4.2 Rozwiązanie komputerowe odnoszące się do przypadku 3.: czynniki temperatury powierzchni

Tablica C.4 – Wyniki temperatury dotyczące przypadku 3.

Środowisko	Czynniki temperatury		
	g_γ	g_α	g_β
γ	1,000	0,000	0,000
α	0,378	0,399	0,223
β	0,331	0,214	0,455

Najniższe temperatury powierzchni w środowiskach α oraz β występują w narożach obydwu środowisk wewnętrznych:

$$\theta_{\min} = g_\gamma \cdot \theta_\gamma + g_\alpha \cdot \theta_\alpha + g_\beta \cdot \theta_\beta \quad (\text{C.1})$$

$$\theta_{\alpha,\min} = 0,378 \times 0 + 0,223 \times 15 + 0,399 \times 20 = 11,32 \text{ °C} \quad (\text{C.2})$$

$$\theta_{\beta,\min} = 0,331 \times 0 + 0,455 \times 15 + 0,214 \times 20 = 11,11 \text{ °C} \quad (\text{C.3})$$

Różnica między najniższą temperaturą powierzchni wewnętrznej obydwu środowisk, obliczoną metodą zwalidowaną, i podaną temperaturą nie powinna przekraczać 0,1 °C.

C.1.4.3 Rozwiązanie komputerowe w odniesieniu do przypadku 3.: przepływy ciepła**Tablica C.5 – Współczynniki sprzężenia cieplnego dotyczące przypadku 3.**

Środowisko	Współczynniki sprzężenia cieplnego W/K		
	γ	α	β
γ	–	1,781	1,624
α	1,781	–	2,094
β	1,624	2,094	–

Przepływ ciepła między parami środowisk oblicza się następująco:

- dla β oraz γ :

$$\Phi_{\beta,\gamma} = L_{\beta,\gamma} \cdot \Delta\theta_{\beta,\gamma} = 1,624 \times (15 - 0) = 24,36 \text{ W} \quad (\text{C.4})$$

- dla β oraz α :

$$\Phi_{\beta,\alpha} = L_{\beta,\alpha} \cdot \Delta\theta_{\beta,\alpha} = 2,094 \times (15 - 20) = -10,47 \text{ W} \quad (\text{C.5})$$

- dla α oraz γ :

$$\Phi_{\alpha,\gamma} = L_{\alpha,\gamma} \cdot \Delta\theta_{\alpha,\gamma} = 1,781 \times (20 - 0) = 35,62 \text{ W} \quad (\text{C.6})$$

Przepływ ciepła ze środowiska wewnętrznego do zewnętrznego oblicza się następująco:

$$\Phi_{\beta,\gamma} + \Phi_{\alpha,\gamma} = 24,36 + 35,62 = 59,98 \text{ W} \quad (\text{C.7})$$

Równowagę przepływu ciepła dla środowisk β oraz α oblicza się następująco:

$$\Phi_{\beta,\gamma} + \Phi_{\beta,\alpha} = 24,36 - 10,47 = 13,89 \text{ W} \quad (\text{C.8})$$

$$\Phi_{\alpha,\gamma} + \Phi_{\alpha,\beta} = 35,62 + 10,47 = 46,09 \text{ W} \quad (\text{C.9})$$

Różnica między przepływami ciepła obliczonymi metodą zwalidowaną i podanymi przepływami ciepła nie powinna przekraczać 1 %.

C.1.5 Przypadek 4.

Przypadek 4. jest trójwymiarowym mostkiem cieplnym składającym się z pręta stalowego zagłębionego w warstwie izolacji, jak przedstawiono na Rysunku C.4 i w Tablicach C.6 oraz C.7.

Różnica między najwyższą temperaturą powierzchni po stronie zewnętrznej, obliczona metodą zwalidowaną, i podaną temperaturą, nie powinna przekraczać 0,005 °C. Różnica między przepływem ciepła obliczonym metodą zwalidowaną i podanym przepływem ciepła nie powinna przekraczać 1 %.

EN ISO 10211:2017

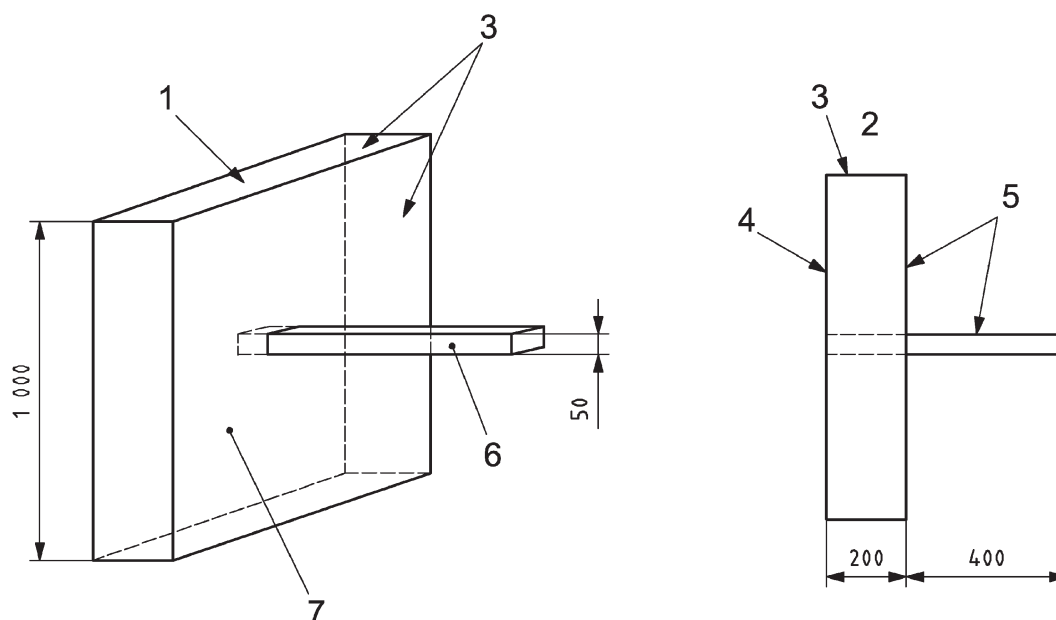
Tablica C.6 – Opis modelu dotyczący przypadku 4.

Wymiary mm	Współczynnik przewodzenia ciepła $W/(m \cdot K)$	Warunki brzegowe
Izolacja: $1\,000 \times 1\,000 \times 200$	Izolacja: $0,1\, W/(m \cdot K)$	Wewnętrzne: $1\, ^\circ C$ z $R_{si} = 0,10\, m^2 \cdot K/W$
Pręt stalowy: $600 \times 100 \times 50$	Pręt stalowy: $50\, W/(m \cdot K)$	Zewnętrzne: $0\, ^\circ C$ z $R_{se} = 0,10\, m^2 \cdot K/W$
		Płaszczyzny przekroju: adiabatyczne

Tablica C.7 – Rozwiązanie komputerowe dotyczące przypadku 4.

Przepływ ciepła	0,540 W
Najwyższa temperatura powierzchni po stronie zewnętrznej	0,805 $^\circ C$

Wymiary w milimetrach



Objaśnienia

- 1 góra
- 2 widok z góry
- 3 płaszczyzny adiabatyczne przekroju
- 4 powierzchnia zewnętrzna
- 5 powierzchnia wewnętrzna
- 6 pręt stalowy
- 7 izolacja

Rysunek C.4 – Przypadek 4. testu odniesienia: pręt stalowy zagłębiony w warstwie izolacji

C.2 Rozważania ogólne i wymagania dotyczące walidacji metod obliczania

Za metody obliczania o dużej dokładności uznaje się metody komputerowe (np. metoda elementu skończonego, metoda różnic skończonych, metoda równowagi cieplnej). Te metody komputerowe wymagają podziału rozpatrywanego elementu. Metoda jest zestawem zasad, w postaci układu równań, których liczba jest proporcjonalna do liczby podpodziałów. Układ rozwiązuje się albo z zastosowaniem metody bezpośredniego rozwiązania, albo metody iteracyjnej. Rozwiązaniem układu są zazwyczaj temperatury w poszczególnych punktach, z których można wyprowadzić (przez interpolację) temperatury w każdym punkcie rozpatrywanego obiektu; można również wyprowadzić przepływy ciepła przez określone powierzchnie.

Zwalidowana metoda komputerowa powinna spełniać wymagania wymienione poniżej.

- a) Powinna określać temperaturę i przepływy ciepła.
- b) Rozbudowanie podziału obiektu (tj. liczby komórek, węzłów) nie jest „metodą zdefiniowaną”, ale „zdefiniowaną przez użytkownika”; mimo to w praktyce stopień podziału jest „ograniczony maszyną”. Z tego powodu, w przypadkach testu odniesienia, metoda zwalidowana powinna umożliwiać obliczenie temperatury i przepływów ciepła w położeniach innych niż wymienione.
- c) W celu zwiększenia liczby podpodziałów, rozwiązanie z zastosowaniem zwalidowanej metody powinno być zbieżne z rozwiązaniem analitycznym, jeżeli takie rozwiązanie istnieje (tj. przypadek 1 testu odniesienia).

UWAGA W przypadku zwiększenia liczby podpodziałów rozwiązanie jest zbieżne. Liczba podpodziałów wymagana do tego, aby otrzymać wysoki poziom dokładności zależy od rozpatrywanego problemu i od techniki rozwiązania. Oczekuje się, że błąd przyjmie postać $\alpha/N^{\beta/3}$, przy czym α oraz β są stałymi dla danego problemu, a N jest całkowitą liczbą węzłów w modelu.

- d) Liczbę podpodziałów należy określić następująco: sumę wartości bezwzględnych dla wszystkich przepływów ciepła wpływającego do obiektu oblicza się dwukrotnie, dla n węzłów (lub komórek) i dla $2n$ węzłów (lub komórek). Różnica między tymi dwoma wynikami nie powinna przekraczać 1 %. W przeciwnym razie należy kontynuować podział dopóki to kryterium nie zostanie spełnione.
- e) Jeżeli technika rozwiązania układu jest iteracyjna, iterację należy kontynuować dopóki suma wszystkich przepływów ciepła (dodatnich i ujemnych) wpływających do obiektu podzielona przez połowę sumy wartości bezwzględnych tych wszystkich przepływów ciepła jest mniejsza niż 0,000 1.

EN ISO 10211:2017

Załącznik D (normatywny)

Przykłady określania liniowych i punktowych współczynników przenikania ciepła

D.1 Postanowienia ogólne

W niniejszym załączniku przedstawiono dwie typowe możliwości rozmieszczenia komponentów budowlanych:

- Przypadek 1. o dwóch oddzielnych środowiskach;
- Przypadek 2. o trzech oddzielnych środowiskach.

Dla każdego przypadku podano wzory stosowane do określenia wartości Ψ oraz χ .

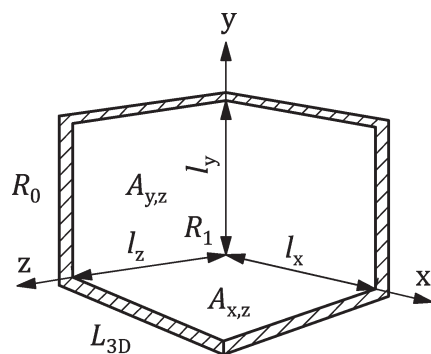
Na Rysunku D.1 oraz Rysunku D.2 podano długości wymiarów wewnętrznych. Jeżeli będą stosowane wymiary zewnętrzne, stosuje się te same wzory z długościami zmierzonymi do zewnętrznych powierzchni komponentów.

D.2 Przypadek 1.

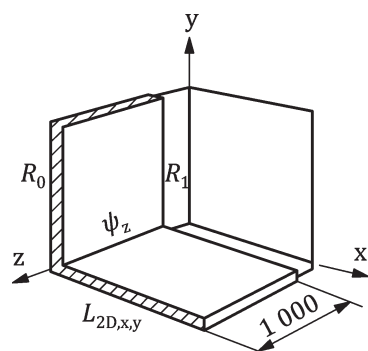
Komponent budowlany 3-D, oddzielający dwa środowiska, R_1 oraz R_0 . Wzory na Rysunku D.1 stosuje się do określania wartości Ψ oraz χ .

D.3 Przypadek 2.

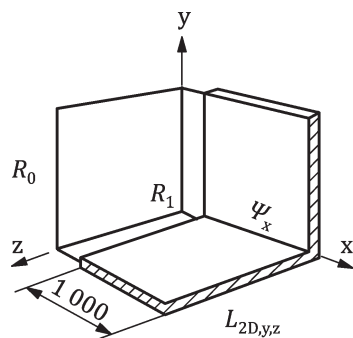
Komponent budowlany 3-D, oddzielający trzy środowiska. Rozpatrywać dwa środowiska, R_1 oraz R_0 . Wzory na Rysunku D.2 stosuje się do określania wartości Ψ oraz χ .



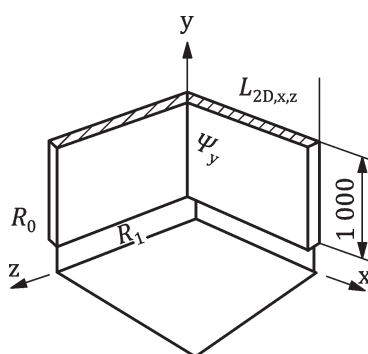
$$\Psi_z = L_{2D,x,y} - U_{x,z} \cdot l_x - U_{y,z} \cdot l_y$$



$$\Psi_x = L_{2D,y,z} - U_{x,y} \cdot l_y - U_{x,z} \cdot l_z$$



$$\Psi_y = L_{2D,x,z} - U_{x,y} \cdot l_y - U_{y,z} \cdot l_z$$



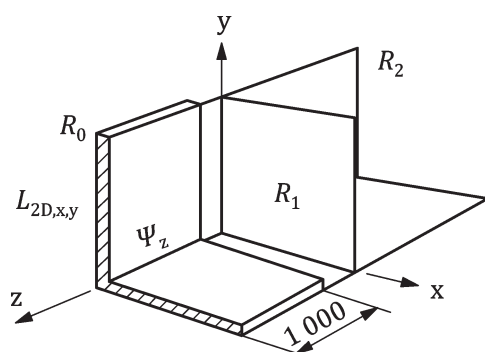
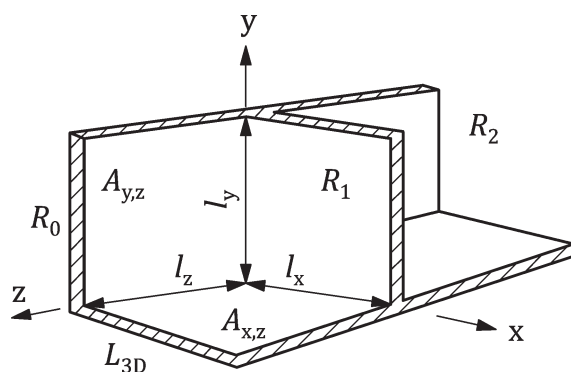
$$\chi = L_{3D} - L_{2D,x,y} \cdot l_z - L_{2D,y,z} \cdot l_x - L_{2D,x,z} \cdot l_y + U_{x,y} \cdot A_{x,y} + U_{x,z} \cdot A_{x,z} + U_{y,z} \cdot A_{y,z}$$

UWAGA Objaśnienia symboli, patrz 3.2.

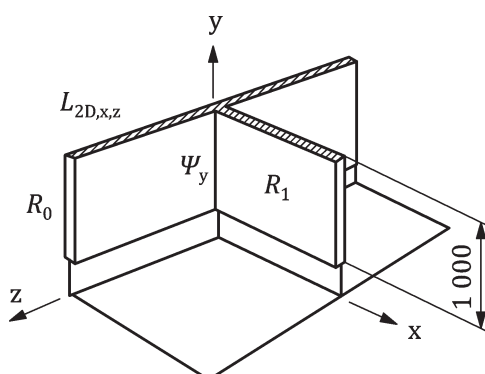
Rysunek D.1 – Przypadek 1: Komponent budowlany 3-D oddzielający dwa środowiska

EN ISO 10211:2017

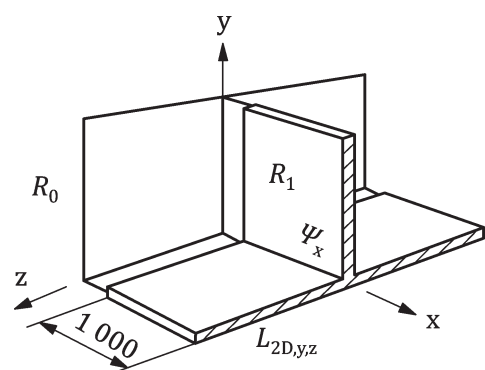
Wymiary w milimetrach



$$\Psi_z = L_{2D,x,y} - U_{x,z} \cdot l_x - U_{y,z} \cdot l_y$$



$$\Psi_y = L_{2D,x,z} - U_{y,z} \cdot l_z$$



$$\Psi_x = L_{2D,y,z} - U_{x,z} \cdot l_z$$

$$\chi = L_{3D} - L_{2D,x,y} \cdot l_z - L_{2D,y,z} \cdot l_x - L_{2D,x,z} \cdot l_y + U_{y,z} \cdot A_{y,z} + U_{x,z} \cdot A_{x,z} + U_{x,y} \cdot A_{x,y}$$

UWAGA Objaśnienia symboli, patrz 3.2.

Rysunek D.2 – Przypadek 2.: Komponent budowlany 3-D oddzielający trzy środowiska

Załącznik E (normatywny)

Określanie wartości współczynnika sprężenia cieplnego i czynnika wagowego temperatury dla więcej niż dwóch temperatur brzegowych

E.1 Określanie współczynników sprężenia cieplnego, L

W przypadku modelu o n temperaturach brzegowych istnieje do $n(n-1)/2$ oddzielnych współczynników sprężenia. Współczynniki wyprowadzono z przyjętych obliczeń przez przyporządkowanie temperatur brzegowych do każdego środowiska, jak podano w Tablicy E.1. Całkowita potrzebna liczba obliczeń jest równa liczbie środowisk bezpośrednio wzajemnie powiązanych, która w praktyce może być mniejsza niż $n(n-1)/2$. Wynik każdego obliczenia jest sumą wartości L , dających układ równań symulacyjnych, które następnie rozwiązuje się w celu otrzymania poszczególnych współczynników sprężenia cieplnego.

UWAGA Różnice temperatur 1 K podano w Tablicy E.1 w celu zilustrowania schematu obliczania. Do obliczenia rzeczywistych różnic można zastosować każdą odpowiednią wartość niezerową. Wskazane jest, aby właściwości zależne od temperatury oceniać uwzględniając oczekiwane w praktyce temperatury wewnętrzne i zewnętrzne.

Tablica E.1 – Schemat obliczania wartości L w przypadku n temperatur brzegowych

Numer obliczenia	Temperatury brzegowe, °C				Wynik obliczenia
	θ_1	θ_2	θ_i	θ_n	
1	1	0	0	0	$\sum_{k \neq 1} L_{1,k}$
2	0	1	0	0	$\sum_{k \neq 2} L_{2,k}$
i	0	0	1	0	$\sum_{k \neq i} L_{i,k}$
n	0	0	0	1	$\sum_{k \neq n} L_{n,k}$
$n+1$	1	1	0	0	$\sum_{k \neq 1,2} L_{1,k} + \sum_{k \neq 1,2} L_{2,k}$
$n+2$	1	0	1	0	$\sum_{k \neq 1,i} L_{1,k} + \sum_{k \neq 1,i} L_{i,k}$

E.2 Raport dotyczący współczynników sprężenia cieplnego, L

W przypadku mostków cieplnych rozpatruje się jedynie współczynniki sprężenia cieplnego, $L_{i,j}$, dla każdej pary środowisk związanych cieplnie z rozpatrywanym komponentem budowlanym. Zmniejsza to liczbę uwzględnionych środowisk.

Zaleca się, aby współczynniki sprężenia cieplnego, $L_{i,j}$, były podawane w takiej postaci jak w Tablicy E.2. Zaleca się, aby dla każdego z dwóch środowisk, które nie są wzajemnie związane cieplnie, L było podawane jako 0.

UWAGA 1 Więcej niż trzy środowiska to rzadkość.

Tablica E.2 – Schemat wartości L dla n temperatur brzegowych

Numer środowiska	1	2	i	n
1	–	$L_{1,2}$	$L_{1,i}$	$L_{1,n}$
2	$L_{2,1}$	–	$L_{2,i}$	$L_{2,n}$
i	$L_{i,1}$	$L_{i,2}$	–	$L_{i,n}$
n	$L_{n,1}$	$L_{n,2}$	$L_{n,i}$	–

UWAGA 2 Schemat jest symetryczny, przy czym $L_{ij} = L_{ji}$.

Zaleca się, aby zestaw wartości R_{si} , zastosowany do obliczenia wartości L , był podawany w raporcie łącznie ze szkicem, na którym zaznaczono do którego pola powierzchni wewnętrznej stosuje się każdą wartość R_{si} .

E.3 Określanie czynników wagowych temperatury, g

W przypadku modelu o n temperaturach brzegowych, czynniki wagowe można obliczyć powtarzając $(n-1)$ razy obliczenia temperatury w wybranym punkcie; w każdym kolejnym obliczeniu każdą temperaturę brzegową przyjmuje się za 0 °C, z wyjątkiem jednej temperatury brzegowej, którą przyjmuje się za 1 °C, jak podano w Tablicy E.3.

Tablica E.3 – Schemat obliczania wartości g w przypadku n temperatur brzegowych

Numer obliczenia	Temperatury brzegowe, °C				Współczynniki wagowe
	θ_1	θ_2	θ_i	θ_n	
1	1	0	0	0	g_1
2	0	1	0	0	g_2
i	0	0	1	0	g_i
$n-1$	0	0	0	1	g_{n-1}

Po $(n-1)$ obliczeniach g_n wynika z Wzoru (31).

E.4 Raport dotyczący czynników wagowych temperatury, g

Zaleca się, aby czynniki wagowe temperatury punktów o najniższej temperaturze, dla komponentu budowlanego o n uwzględnionych środowiskach, były podawane zgodnie z Tablicą E.4.

Tablica E.4 – Prezentacja schematu wartości g dla n temperatur brzegowych

Numer środowiska	1	2	i	n
1	$g_{1,1}$	$g_{1,2}$	$g_{1,i}$	$g_{1,n}$
2	$g_{2,1}$	$g_{2,2}$	$g_{2,i}$	$g_{2,n}$
i	$g_{i,1}$	$g_{i,2}$	$g_{i,i}$	$g_{i,n}$
n	$g_{n,1}$	$g_{n,2}$	$g_{n,i}$	$g_{n,n}$

UWAGA W przypadku trzech różnych cieplnie środowisk przedmiotem zainteresowania jest zazwyczaj minimalna temperatura powierzchni w dwóch pomieszczeniach. Oznacza to, że schemat z Tablicy E.3 stosuje się dwukrotnie; łącznie cztery obliczenia, w celu uzyskania wartości do zamieszczenia w Tablicy E.4.

Zaleca się, aby zestaw wartości R_{si} , zastosowany do obliczania wartości g , był podawany w raporcie łącznie ze szkicem, na którym zaznaczono do którego pola powierzchni wewnętrznej stosuje się każdą wartość R_{si} .

E.5 Przykład

E.5.1 Obliczanie modelu geometrycznego

Przykład ilustruje obliczenie 2-D dla podłogi podniesionej. Istnieją trzy temperatury brzegowe: środowiska wewnętrznego, θ_i , środowiska zewnętrznego, θ_e , i przestrzeni podpodłogowej, θ_u (patrz Rysunek E.1).

Temperatura w przestrzeni podpodłogowej zależy od temperatur wewnętrznej i zewnętrznej, a także od właściwości cieplnych konstrukcji. Z powodu tego ostatniego, nie jest znana a priori.

Współczynnikami sprzężenia cieplnego są:

- L_{ie} : współczynnik sprzężenia cieplnego między środowiskiem wewnętrznym i zewnętrznym;
- L_{iu} : współczynnik sprzężenia cieplnego między środowiskiem wewnętrznym i przestrzenią podpodłogową;
- L_{ue} : współczynnik sprzężenia cieplnego między przestrzenią podpodłogową i środowiskiem zewnętrznym.

UWAGA 1 L_{ue} zawiera przepływ ciepła przez grunt. Wymiary podłoża, patrz 7.2.4.

Przestrzeń podpodłogowa jest wentylowana z zewnątrz. Jeżeli wentylacji nie uwzględniono w modelu komputerowym, L_{ue} jest dzielony na dwa komponenty:

$$L_{ue} = L_{ue,c} + L_{ue,ve} \quad (\text{E.1})$$

w którym:

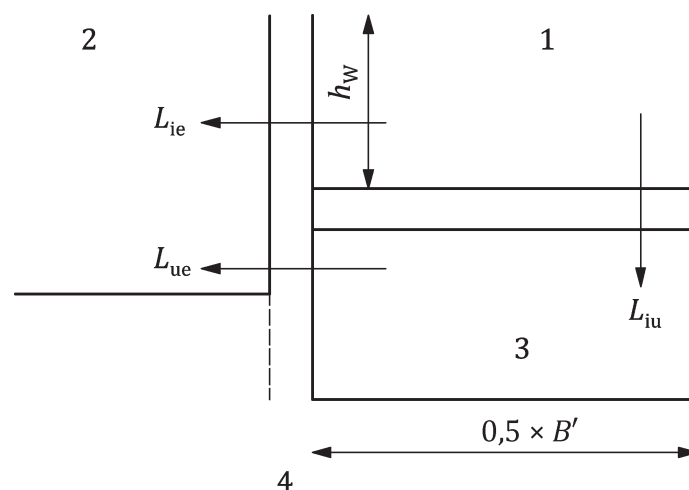
- | | |
|-------------|---|
| $L_{ue,c}$ | współczynnik sprzężenia cieplnego dla przewodzenia ciepła przez ściany przestrzeni podpodłogowej i przez grunt; |
| $L_{ue,ve}$ | reprezentuje przenoszenie ciepła cechujące wymianę powietrza między przestrzenią podpodłogową i środowiskiem zewnętrznym. |

UWAGA 2 Wszelkie niewentylowane przestrzenie powietrzne uwzględniono w modelu komputerowym (z zastosowaniem równoważnego współczynnika przewodzenia ciepła).

Oddzielne współczynniki sprzężenia cieplnego otrzymuje się po zastosowaniu schematu wg E.1. Taki sam model geometryczny oblicza się trzy razy w różnych warunkach brzegowych, jak podano w Tablicy E.5 Φ jest całkowitym przepływem ciepła. Istnieją dwie możliwości opisane poniżej.

- a) Obliczenia modelujące nie dopuszczają wymiany powietrza. Program jest realizowany jedynie dla przewodzenia ciepła, a wentylacja jest dopuszczona oddzielnie.
- b) Obliczenia modelujące dopuszczają wymianę powietrza. Program jest realizowany łącznie z wentylacją przestrzeni podpodłogowej, ustawioną z szybkością odpowiednią dla urządzeń wentylacyjnych zestaw przy wielkości odpowiedniej do położenia wentylacji (patrz ISO 13370). W tym przypadku nie jest wymagane oddzielne rozpatrywanie komponentów przenikania i wentylacji L_{ue} .

EN ISO 10211:2017



Objaśnienia

- 1 środowisko wewnętrzne, θ_i
 2 środowisko zewnętrzne, θ_e
 3 przestrzeń podpodłogowa, θ_u
 4 grunt
 B' charakterystyczny wymiar podłogi
 h_w minimalna odległość od połączenia do płaszczyzny przekroju
 L_{ie} współczynnik sprzężenia cieplnego między środowiskami wewnętrznym i zewnętrznym
 L_{iu} współczynnik sprzężenia cieplnego między środowiskiem wewnętrznym i przestrzenią podpodłogową
 L_{ue} współczynnik sprzężenia cieplnego między przestrzenią podpodłogową i środowiskiem zewnętrznym

Rysunek E.1 – Schemat podłogi podniesionej

Tablica E.5 – Warunki modelowania

Numer obliczenia	θ_{int} °C	θ_e °C	θ_u °C	Wynik obliczenia	
				jeżeli obliczenia modelujące nie uwzględniają wymiany ciepła	jeżeli obliczenia modelujące uwzględniają wymianę ciepła
1	1	0	0	$L_1 = L_{ie} + L_{iu}$	$L_1 = L_{ie} + L_{iu}$
2	0	1	0	$L_2 = L_{ie} + L_{ue,c}$	$L_2 = L_{ie} + L_{ue}$
3	0	0	1	$L_3 = L_{iu} + L_{ue,c}$	$L_3 = L_{iu} + L_{ue}$

Z wyników obliczeń modelujących otrzymuje się współczynniki sprzężenia cieplnego, będące przedmiotem zainteresowania, rozwiązując równania symulacyjne, co doprowadzi do uzyskania następujących współczynników:

$$L_{iu} = 0,5 \times (L_1 - L_2 + L_3) \quad (E.2)$$

$$L_{ie} = 0,5 \times (L_1 + L_2 - L_3) \quad (E.3)$$

$$L_{ue,c} = 0,5 \times (L_2 + L_3 - L_1), \text{ jeżeli modelowanie nie uwzględnia wymiany ciepła} \quad (E.4)$$

$$L_{ue} = 0,5 \times (L_2 + L_3 - L_1), \text{ jeżeli modelowanie uwzględnia wymianę ciepła} \quad (E.5)$$

E.5.2 Wymiana powietrza przez wentylację nie uwzględniona w modelu

Jeżeli wymiany powietrza przez wentylację między przestrzenią podpodłogową i środowiskiem zewnętrznym nie uwzględniono w modelu, człon wentylacji $L_{ue,ve}$ oblicza się z Wzoru (E.6):

$$L_{ue,ve} = \rho \cdot c_p \cdot \dot{V} \quad (E.6)$$

w którym:

- ρ gęstość powietrza;
- c_p ciepło właściwe powietrza przy stałym ciśnieniu;
- $\dot{V}$ objętościowy strumień na długość obwodu (patrz ISO 13370).

Następnie L_{ue} oblicza się z Wzoru (E.1).

Całkowity przepływ ciepła ze środowiska wewnętrznego określa Wzór (E.7):

$$\Phi = L_{iu} \cdot (\theta_{int} - \theta_u) + L_{ie} \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad (E.7)$$

doprowadzając do Wzoru (E.8)

$$\Phi = \left(\frac{L_{iu} L_{ue}}{L_{iu} + L_{ue}} + L_{ie} \right) \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad (E.8)$$

Zasadniczo

$$\Phi = L_{2D} \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad (E.9)$$

przy czym L_{2D} jest współczynnikiem sprzężenia cieplnego ze środowiska wewnętrznego na zewnątrz, w związku z tym

$$L_{2D} = \left(\frac{L_{iu} L_{ue}}{L_{iu} + L_{ue}} + L_{ie} \right) \quad (E.10)$$

Liniowy współczynnik przenikania połączenia ściana-podłoga otrzymuje się zgodnie z 12.4:

$$\Psi_g = L_{2D} - h_W \cdot U_W - 0,5 \times B \cdot U \quad (E.11)$$

E.5.3 Wymiana powietrza przez wentylację uwzględniona w modelu

W tym przypadku θ_u nie jest oznaczone. Obliczenie komputerowe przebiega jedynie z temperaturami brzegowymi θ_{int} oraz θ_e , dając L_{2D} , a Ψ_g otrzymuje się z Wzoru (E.11).

UWAGA Może to dawać nieznacznie różniące się wyniki, ponieważ przestrzeń podpodłogową modeluje się jako podłoże o równoważnym współczynniku przewodzenia ciepła zamiast pojedynczego węzła.

Bibliografia

- [1] ISO 14683, *Thermal bridges in building construction – Linear thermal transmittance – Simplified methods and default values*
- [2] ISO 10077-2, *Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 2: Numerical method for frames*
- [3] ISO/TR 52000-2, *Energy performance of buildings – Overarching EPB assessment – Part 2: Explanation and justification of ISO 52000-1*
- [4] ISO/TR 52019-2, *Energy performance of buildings (EPB) – Hygrothermal performance of building components and building elements – Part 2: Explanation and justification*
- [5] CEN/TS 16628, *Energy Performance of Buildings – Basic principles for the set of EPB standards*
- [6] CEN/TS 16629, *Energy Performance of Buildings – Detailed technical rules for the set of EPB standards*
- [7] EN 673, *Glass in building – Determination of thermal transmittance (U value) – Calculation method*



ISBN 978-83-8193-937-9

Polski Komitet Normalizacyjny
ul. Świętokrzyska 14, 00-050 Warszawa
<http://www.pkn.pl>
