

Małopolskie Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego



MAŁOPOLSKIE LABORATORIUM
BUDOWNICTWA ENERGOOSZCZĘDNEGO

**Raport z badania współczynnika przenikania ciepła
przegrody budowlanej wykonanej w technologii
CLT oraz szkieletowej**

[Faint, illegible text and signature]

[Faint, illegible text]

NAZWA ZADANIA: **RAPORT Z BADAŃ**

BADANIA I RAPORT ZOSTAŁY OPRACOWANE W:

Małopolskim Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego

Politechnika Krakowska

ul. Warszawska 24

31-155 Kraków

ZESPÓŁ BADAWCZY

POD KIERUNIKIEM dr hab. inż. arch. Marcina Furtaka prof. PK:

Kierownik badania: dr inż. Małgorzata Fedorczak-Cisak

Prowadzący badanie: mgr inż. Henryk Łoziczonek

M. Furtak
M. Fedorczak-Cisak
Henryk Łoziczonek

Kraków 06/2019

- ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA -

RAPORT Z BADANIA WSPÓLCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA PRZEGRODY BUDOWLANEJ WYKONANEJ W TECHNOLOGII CLT ORAZ SZKIELETOWEJ

I. PODSTAWY PRAWNE OPRACOWANIA

1. Cel opracowania
2. Zakres opracowania
3. Podstawy prawne
4. Podstawowe pojęcia i definicje

II. OPIS METODY BADAWCZEJ

1. Metodyka badań
2. Procedura badania
3. Opis stanowiska badawczego
4. Opis obiektów badawczych
5. Czas trwania badania

III. WYNIKI BADAŃ

IV. WARTOŚCI OBLICZONE

1. Szacowana dokładność pomiarów

V. LITERATURA

I. PODSTAWY PRAWNE OPRACOWANIA

1. Cel opracowania

1. Celem badania było wyznaczenie współczynnika przenikania ciepła U [W/m^2K] innowacyjnych przegród budowlanych wykonanych w technologii CLT i porównanie tej wartości z wartością współczynnika przenikania ciepła U przegrody szkieletowej.

2. Celem naukowym było potwierdzenie właściwości izolacyjnych przegród budowlanych wykonanych w technologii CLT.

2. Zakres opracowania

Zakresem opracowania obejmuje opis procedury badawczej oraz prezentację uzyskanych wyników.

3. Podstawa prawna opracowania

Eksperti Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnej Politechniki Krakowskiej, zgodnie z obowiązującą procedurą, przeprowadzili badania na sprzęcie laboratoryjnym zakupionym w ramach projektu MRPO 05.01.00-12-89/12 „Małopolskie Laboratorium Budownictwa Energooszczędnej”.

Badanie zostało przeprowadzone zgodnie z procedurą umieszczoną na stronie internetowej <http://www.mlbe.pk.edu.pl/w> trybie niekomercyjnym, z zachowaniem poszanowania zasad konkurencyjności na rynku materiałów budowlanych.

Badania oparto o normy i regulacje dedykowane tego typu projektom:

- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane Dz U. 1994 Nr 89 poz. 414 wraz z późniejszymi zmianami,
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm.),
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie,
- PN-EN ISO 8990 – Określanie właściwości związanych z przenikaniem ciepła w stanie ustalonym. Metoda kalibrowanej i osłoniętej skrzynki grzejnej,
- PN-EN ISO 12567-1 – Ciepłne właściwości użytkowe okien i drzwi. Określanie współczynnika przenikania ciepła metodą skrzynki grzejnej,
- PN-EN 1934 – Określanie oporu cieplnego metodą skrzynki grzejnej z użyciem ciepłomierza,
- Norma europejska PN-EN ISO 6946:2008 – „Komponenty budowlane elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania”,
- EN ISO 7345 Thermal insulation – Physical quantities and definitions

4. Podstawowe pojęcia i definicje

Podstawowe definicje zostały przytoczone na podstawie obowiązujących norm i rozporządzeń:

Współczynnik oporu cieplnego R [m^2K/W] – określa zdolność materiału do powstrzymywania strat ciepła. Opór cieplny warstwy wchodzącej w skład przegrody określa się jako stosunek różnicy temperatur na jej powierzchniach do gęstości ustalonego strumienia ciepła.

Współczynnik przenikania ciepła U [W/m^2K] – współczynnik określający przenikanie ciepła przez przegrody budowlane określany jako odwrotność całkowitego oporu cieplnego przegrody.

Współczynnik przewodzenia ciepła λ dla materiałów budowlanych [W/mK] – jest miarą zdolności materiału do przewodzenia ciepła. Badanie i określanie współczynnika przewodzenia ciepła materiału jest wykonywane zgodnie z normami: PN ISO 8301 i PN ISO 8302 *Izolacja cieplna - Określanie oporu cieplnego i właściwości z nim związanych w stanie ustalonym - Aparat płytowy z osłoniętą płytą grzejną oraz PN ISO 10456 Określanie deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych.*

Średnia temperatura promieniowania – odpowiednio ważona temperatura powierzchni „widzianych” przez próbkę wprowadzona w celu określenia gęstości strumienia cieplnego wywołanego przez to promieniowanie na powierzchni próbki.

Temperatura otoczenia – odpowiednio ważne temperatury powietrza i promieniowania wprowadzone w celu określenia w celu określenia gęstości strumienia cieplnego na powierzchni próbki.

Średnio niejednorodna próbka – próbka, która podczas badania spełnia ujednoczone kryteria temperatury zgodne z normą.

II. OPIS METODY BADAWCZEJ

1. Metodyka badań

W elementach obudowy budynków występują złożone procesy transportu ciepła. Są to: przewodzenie, promieniowanie, konwekcja oraz wymiana masy, występujące wszystkie razem, lub też niektóre z nich. Metodologia, według której przeprowadzono badanie, określa całkowitą ilość ciepła przenikającego z jednej strony obiektu do drugiej, dla danej różnicy temperatur, w zdefiniowanych warunkach badania.

Wartością mierzoną w komorze klimatycznej metodą osłoniętej skrzynki grzejnej jest opór współczynnik przenikania ciepła U [W/m^2K].

2. Procedura badania

Obiekty badawcze zostały dostarczone do Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego.

W celu przygotowania obiektów zgodnie z normą, zostały one poddane procesowi kondycjonowania aż do osiągnięcia w obiektach wyrównanego rozkładu wilgoci.

Badanie zostało przeprowadzone dla temperatur powietrza, które zostały ustalone wewnątrz komory klimatycznej. Zestawienie temperatur badania przedstawia tabela nr 1.

Tabela 1. Zadeklarowane temperatury badania

Strona ciepła	Strona zimna	Różnica temperatur	Wartość średnia
20°C	0°C	20K	10°C

Orientacja obiektu: pionowa.

Kierunek przewodzenia ciepła: poziomy.

Celem badania było wyznaczenie współczynnika przenikania ciepła przez przegrodę budowlaną wykonaną w technologii CLT oraz w technologii szkieletowej.

Podczas każdego z badań zostały wykonane trzy pomiary. Wynikiem badania jest średnia z trzech pomiarów.

3. Opis stanowiska badawczego

Stanowisko badawcze to komora klimatyczna wyposażona w osłoniętą skrzynkę grzejną, przeznaczona do wyznaczenia współczynnika przenikania ciepła U [W/m^2K] oraz współczynnika oporu cieplnego przegrody R [m^2K/W] metodą ciepłomierza.

Komora klimatyczna służy do wyznaczenia współczynnika przenikania ciepła U [W/m^2K] oraz współczynnika oporu cieplnego przegrody R [m^2K/W], w warunkach stanu ustalonego. Składa się z komory zimnej, w której są symulowane warunki panujące na zewnątrz oraz komory ciepłej, w której są symulowane warunki wewnętrzne, z uwzględnieniem temperatury oraz cyrkulacji powietrza. W komorze ciepłej umieszczona jest skrzynka grzejna, w której utrzymywana jest taka temperatura, która zapewnia brak przepływu ciepła przez jej ścianki. Między komorą ciepłą a zimną umieszcza się maskownicę, w której znajduje się badany obiekt. Za pomocą czujników temperatury (termopar) mierzona jest temperatura powietrza wewnątrz komory, a także temperatury ekranów oraz charakterystycznych punktów maskownicy. W obliczeniach uwzględniony jest wpływ konwekcji i radiacji na wynik pomiaru.

3.1 Metody badawcze

Metoda osłoniętej skrzynki grzejnej jest przeznaczona do wyznaczenia współczynnika przenikania ciepła przez niejednorodne przegrody budowlane. Współczynnik przenikania ciepła U [W/m^2K] otrzymujemy przez wyznaczenie gęstości strumienia cieplnego q [W/m^2] przepływającego przez obiekt badawczy dla znanej grubości obiektu badawczego oraz znanej różnicy temperatur środowiska między jego powierzchniami zewnętrznymi, w warunkach termicznego stanu ustalonego. Strumień cieplny przepływający przez obiekt badawczy jest różnicą między całkowitą mocą grzewczą dostarczoną do układu (grzałki, napędy wentylatorów, elektronika) a strumieniem ciepła przepływającym przez część maskownicy oraz wynikający z efektu brzegowego.

Jako wartość wynikową przyjmuje się wartość współczynnika U [W/m^2K] obliczoną na

podstawie znajomości gęstości strumienia ciepłego q [W/m^2] przepływającego przez obiekt badawczy, temperatury środowiska po stronie ciepłej i zimnej, z uwzględnieniem wpływu konwekcji i radiacji oraz skorygowanej w zakresie oporów przejmowania będących funkcją gęstości strumienia ciepłego q [W/m^2].

3.2 Czujniki wykorzystane w badaniu

Sterowanie pracą i pomiarami w komorze klimatycznej odbywa się za pomocą jednostki sterowania i kontroli. Składa się ona z multiplexera wejściowego, konwertera analogowo-cyfrowego oraz procesora CPU. CPU kontroluje wszystkie procesy zapisu danych oraz komunikuje się z komputerem – hostem. Sygnały z termoelementów oraz miernika przepływu ciepła połączone są z wejściem konwertera analogowo – cyfrowego poprzez multiplexer wejściowy. Konwerter analogowo – cyfrowy przekształca napięcie wejściowe na wartości cyfrowe. Dokładność i rozdzielczość pomiaru spełnia wymagania normy PN-EN 1934.

3.2.1 Czujniki temperatury

Do pomiaru temperatury w komorze klimatycznej używanych jest 84 czujników temperatury – termopar typu T. Umieszczone są one w powietrzu otaczającym obiekt badawczy, na powierzchni ekranu po stronie zimnej i ciepłej oraz w punktach charakterystycznych maskownicy, rozmieszczone zgodnie z normą PN-EN ISO 8990.

3.2.2 Pomiar ilości ciepła dostarczonego do układu

Całkowita ilość ciepła dostarczona do układu to ciepło pochodzące z grzałek, ciepło wydzielane przez silniki wentylatorów oraz ciepło wydzielane przez elektronikę. Miarą ilości ciepła jest całkowita moc elektryczna dostarczona do tych urządzeń. Moc elektryczna jest zliczana przez jednostkę sterowania i kontroli.

Dokładność pomiarów wielkości elektrycznych jest lepsza niż 0,01% od wartości rzeczywistej.

3.2.3 Pomiar prędkości przepływu powietrza

Czujniki do pomiaru prędkości powietrza zostały umieszczone centralnie na płytach przegrody powietrza po stronie ciepłej oraz zimnej, a także na przegrodzie powietrza skrzynki grzejnej.

Zakres pomiarowy: od 0 do 20 [m/s] $\pm(0,3$ [m/s] + 4% v.M.)

3.2.4 Pomiar grubości obiektu badawczego

Pomiar grubości obiektu badawczego dokonywany jest za pomocą przymiaru liniowego

Dokładność: ± 1 mm

4 Opis obiektów badawczych

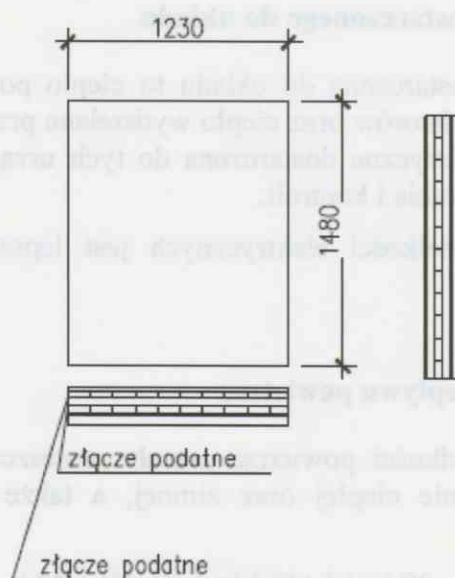
W komorze klimatycznej zostały przebadane obiekty o wymiarach 1230 mm x 1480 mm

Tabela 2. Wykaz obiektów badawczych

Numer obiektu	Nazwa obiektu	Wymiary	Grubość
Obiekt nr 1	Przegroda z drewna klejonego	1230mm x 1480 mm	200 mm
Obiekt nr 2	Referencyjna przegroda szkieletowa	1230mm x 1480 mm	240 mm



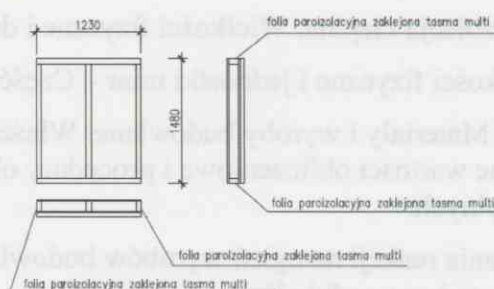
Rys. 1. Obiekt nr 1. Przegroda z drewna klejonego



Rys. 2. Przekrój obiektu nr 1



Rys. 3. Obiekt nr 2. Przegroda szkieletowa



Rys. 4. Przekrój obiektu nr 2

5 Czas trwania badania

Czas wykonywania badania wynosił: styczeń – czerwiec 2019

III. WYNIKI BADAŃ

Wyniki uzyskane w badaniu dla zadanych temperatur 20°C po stronie ciepłej oraz 0°C po stronie zimnej przedstawione są w tabeli nr 4.

Tabela 3. Wyniki badania przegrody z drewna klejonego oraz przegrody szkieletowej

Nr badania	Nr obiektu badawczego	Obiekt badawczy	Współczynnik przenikania ciepła U [W/m ² K]
1	Obiekt nr 1	Przegroda z drewna klejonego	0,399
2	Obiekt nr 2	Referencyjna przegroda szkieletowa	0,257

IV. WARTOŚCI OBLICZONE:

1. Dokładność pomiarów

Niepewność pomiaru dla obiektu nr 1, przegrody z drewna klejonego wynosi 3,7%

Niepewność pomiaru dla obiektu nr 2, referencyjnej przegrody szkieletowej wynosi 1%

V. LITERATURA

- [1] PN-EN ISO 7345:1998 Izolacja cieplna. Wielkości fizyczne i definicje.
- [2] PN-ISO 31-4:2002 Wielkości fizyczne i jednostki miar – Część 4: Ciepło.
- [3] PN-EN ISO 10456:2009 Materiały i wyroby budowlane. Właściwości cieplno-wilgotnościowe. Tabełaryczne wartości obliczeniowe i procedury określanie deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych.
- [4] PN-EN 13238:2011 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych. Procedury sezonowania i ogólne zasady wyboru podkładów.
- [5] Muratorplus
- [6] K. Firkowicz-Pogorzelska. Metodyka określania wartości obliczeniowej współczynnika przewodzenia ciepła materiałów budowlanych. Prace instytutu Techniki Budowlanej – kwartalnik nr 3 (119) 2001.

Opracował:

Henryk B. Łoziczonek
mgr inż. Henryk B. Łoziczonek

Wyniki pomiarów i obliczeń współczynnika przenikania ciepła dla przegród z drewna klejonego i szkieletowej.

Nr obiektu	Opis obiektu	Współczynnik przenikania ciepła U [W/m ² K]
1	Przegroda z drewna klejonego	0,130
2	Referencyjna przegroda szkieletowa	0,117