



**POLITECHNIKA  
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ CHEMICZNY

**LABORATORIUM ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII**

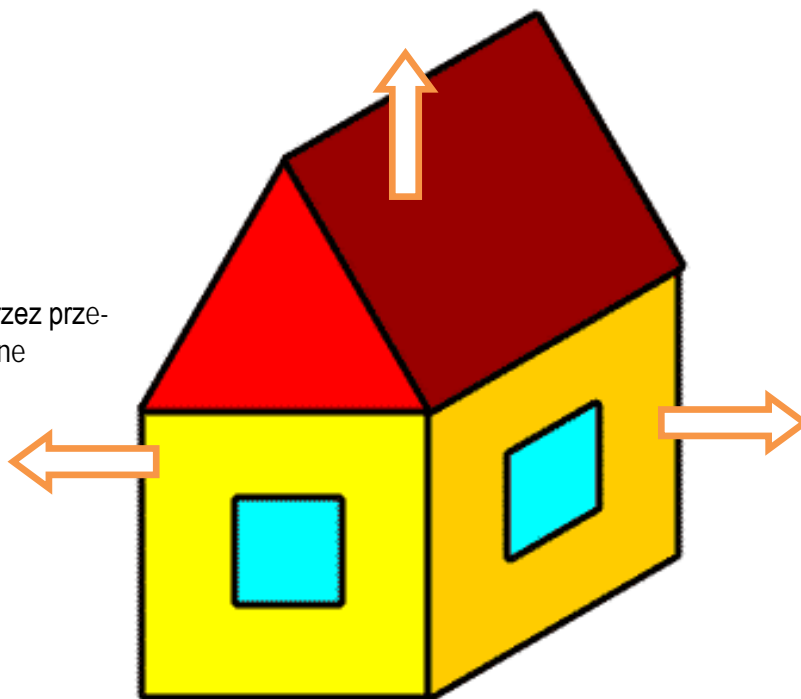
Katedra Aparatury i Maszynoznawstwa Chemicznego

Wydział Chemiczny Politechniki Gdańskiej

## **INSTRUKCJA LABORATORYJNA NR 3-WPC**

# **WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA PRZEWODZENIA CIEPŁA MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH**

Straty ciepła przez prze-  
grody budowlane



### **Cel ćwiczenia:**

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z pojęciem współczynnika przewodzenia ciepła, metodą jego wyznaczenia i praktycznego znaczenia w odniesieniu do izolacyjności cieplnej przegród budowlanych.

## WPROWADZENIE:

Obliczanie zapotrzebowania na ciepło dla budynku (co pozwala dobrać źródło ciepła o określonej mocy grzewczej) wymaga obliczenia oporów cieplnych dla wszystkich przegród poziomych i pionowych (ścian, okien, drzwi, stropodachu, stropów międzykondygnacyjnych itp.), co polega na obliczeniu oporu cieplnego dla każdej jednorodnej części komponentu, a następnie zsumowaniu obliczonych oporów w celu uzyskania całkowitego oporu cieplnego z uwzględnieniem oporów przejmowania ciepła. Opór cieplny warstwy jest funkcją jej grubości i współczynnika przewodzenia ciepła, który jest własnością materiału budowlanego.

Współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  określa łatwość z jaką ciepło przechodzi przez dany materiał. Substancje dobrze przewodzące ciepło, będą posiadały wysoki współczynnik przewodzenia ciepła (np. stal 58 W/m<sup>2</sup>·K, aluminium 200 W/m<sup>2</sup>·K), natomiast izolatory termiczne niski (styropian EPS 0,035 W/m<sup>2</sup>·K, powietrze 0,025 W/m<sup>2</sup>·K). W budownictwie, aby minimalizować straty ciepła, pożądane są materiały charakteryzujące się niską wartością współczynnika  $\lambda$ .

## Teoria:

Aby ciepło mogło przechodzić przez dany materiał, musi pojawić się w nim gradient temperatury. Współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  możemy zatem wyznaczyć z równania Fouriera, dla ustalonego kierunku przewodzenia:

$$q = -\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \quad (1)$$

w którym  $\partial T/\partial x$  [K/m] oznacza gradient czyli spadek temperatury wzdłuż kierunku przewodzenia ciepła w przegrodzie o grubości  $d$  [m],

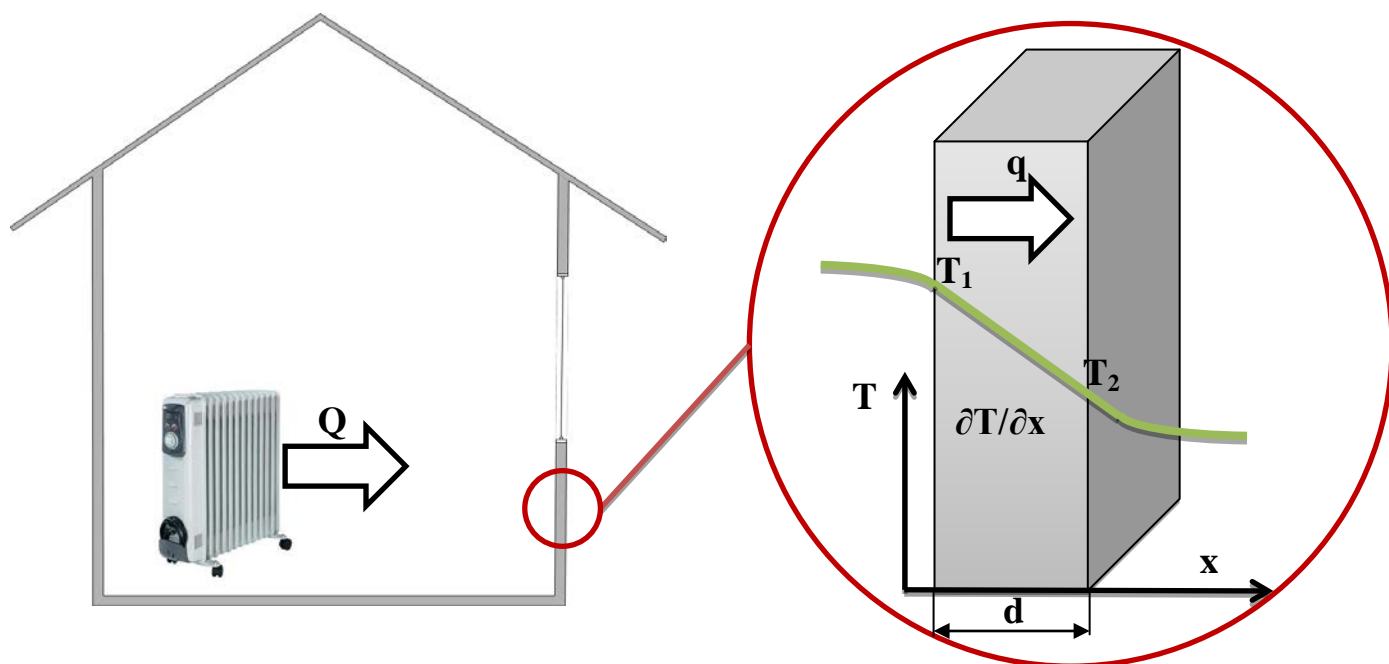
$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\Delta T}{d} = \frac{T_2 - T_1}{d} \quad (2)$$

natomiast  $q$  [W/m<sup>2</sup>] natężenie strumienia ciepła, można inaczej wyrazić jako energię  $Q$  [J], która jest przewodzona przez powierzchnię  $A$  [m<sup>2</sup>] w czasie  $t$  [s].

$$q = \frac{Q}{A \cdot t} \quad (3)$$

Zestawiając powyższe równanie otrzymujemy:

$$Q = \frac{\lambda}{d} \cdot (T_1 - T_2) \cdot A \cdot t \quad (4)$$



Rysunek 1 Przewodzenie ciepła przez przegrodę płaską

Opór cieplny warstwy jednorodnej określa wzór:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (5)$$

gdzie  $d$  jest grubością warstwy,  $\lambda$  - obliczeniowym współczynnikiem przewodzenia ciepła materiału. Wartości oporu cieplnego zgodnie z zaleceniem normy oblicza się z dokładnością do trzech cyfr znaczących.

Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych niektórych materiałów, wyrobów i komponentów budowlanych przedstawia Tablica 1.

W przypadku komponentów z jedną lub więcej warstwą jednorodną całkowity opór cieplny otrzymuje się według wzoru:

$$R = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (6)$$

gdzie:  $R_{si}$  – opór przyjmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni,  
 $R_1, R_2, \dots, R_n$  – obliczeniowe opory cieplne poszczególnych warstw,  
 $R_{se}$  – opór przyjmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni.

Wartości  $R_{si}$  i  $R_{se}$  przedstawia Tablica 2.

Tablica 1 Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych niektórych materiałów, wyrobów i komponentów budowlanych ) wg [PN-EN ISO 6946]

Lp.	Nazwa materiału	Gęstość w stanie suchym [kg/m <sup>3</sup> ]	λ[W/(m·K)]	
			Warunki średnio-wilgotne	Warunki wilgotne
1	Beton zwykły z kruszywa kamiennego	2 400	1,70	1,80
		2 200	1,30	1,50
2	Beton z kruszywa keramzytowego	1 600	0,90	1,00
3	Żelbet	2 500	1,70	1,80
4	Mur z betonu komórkowego na zaprawie cementowo-wapiennej	800	0,38	0,44
6	Marmur, granit	2 800	3,50	3,70
7	Płyty gipsowo-kartonowe	1 000	0,23	0,29
8	Sosna i świerk	550	0,16	0,20
	- w poprzek włókien			
	- wzdłuż włókien			
9	Dąb	800	0,30	0,35
	- w poprzek włókien			
	- wzdłuż włókien			
10	Płyty pilśniowe twarde	1000	0,18	0,21
11	Mur z cegły	1 800	0,77	0,91
	- ceramicznej pełnej			
	- dziurawki			
	- kratówki			
	- silikatowej pełnej			
12	- klinkierowej	1 900	1,05	1,15
12	Maty z włókna szklanego	60÷100	0,045	0,050
13	Płyty korkowe	150	0,045	0,050
14	Płyty wiórowe	700	0,13	0,15
15	Wełna mineralna granulowana	40÷80	0,050	0,050
16	Filce, maty i płyty z wełny mineralnej	40÷80	0,045	0,045
17	Styropian	12	0,043	0,043
18	Pianka poliuretanowa	30÷50	0,025	0,025
19	Tynk lub gładź cementowa	2 000	1,00	1,10
20	Tynk wapienny	1 700	0,82	0,90
21	Wykładzina podłogowa PCV	1 300	0,20	0,20
22	Grunt roślinny	1 800	0,90	0,90
	Płytki ceramiczne, terakota	2 000	1,05	1,05

Tablica 2 Opory przejmowania ciepła na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni [(m<sup>2</sup>·K)/W]

	Kierunek strumienia cieplnego		
	w górę	poziomy	w dół
R <sub>si</sub>	0,10	0,13	0,17
R <sub>se</sub>	0,04	0,04	0,04

Współczynnik przenikania ciepła przez przegrody oblicza się wg wzoru:

$$U = \frac{1}{R} \quad (7)$$

i zaokrągla do dwóch cyfr znaczących.

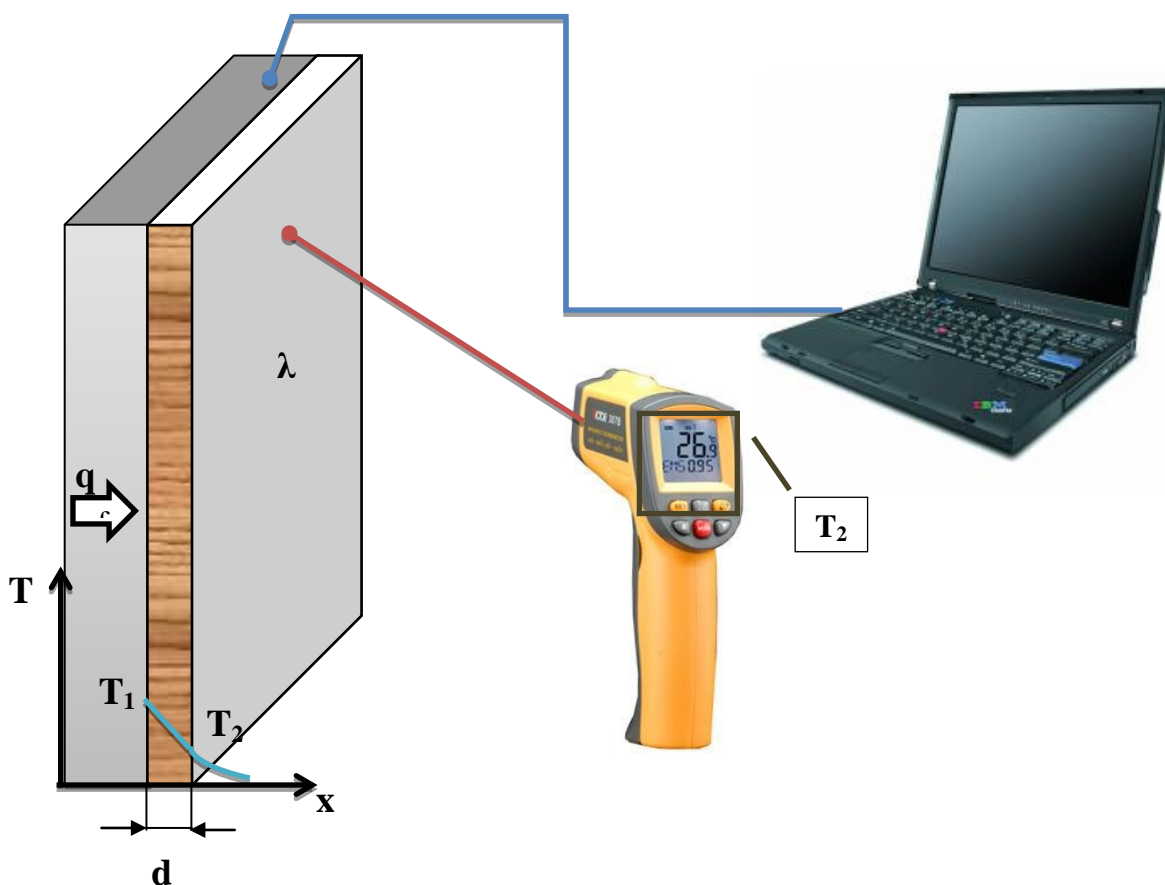
Strumień ciepła przenikający przez przegrodę oblicza się wg wzoru:

$$\dot{Q} = U \cdot (t_i - t_e) \cdot A \quad (8)$$

gdzie:  $A$  - pole powierzchni przegrody,  
 $U$  - współczynnik przenikania ciepła,  
 $t_i$  - temperatura w pomieszczeniu,  
 $t_e$  - obliczeniowa temperatura powietrza na zewnątrz budynku.

### Budowa stanowiska

Stanowisko składa się z płyty grzewczej z wbudowanym układem pomiaru temperatury powierzchni. Do płyty grzewczej mocuje się badane materiały w postaci płyt o określonej grubości i powierzchni dopasowanej do powierzchni grzewczej. Układ zbierania danych pomiarowych pozwala na monitorowanie wartości dostarczonego ciepła oraz temperatury płyty grzewczej. Płyta grzewcza wyposażona jest w system dwóch grzałek: grzałki głównej oraz grzałki pomocniczej. Zadaniem grzałki pomocniczej jest kompensowanie wstecznego strumienia ciepła z grzałki głównej, tak aby energia dostarczona do grzałki głównej została przekazana w jednym kierunku, do badanego materiału. Po ustabilizowaniu się temperatury płyty grzewczej dokonujemy pomiaru temperatury powierzchni zewnętrznej badanego materiału za pomocą przyrządu do bezkontaktowego pomiaru temperatury - pirometru.

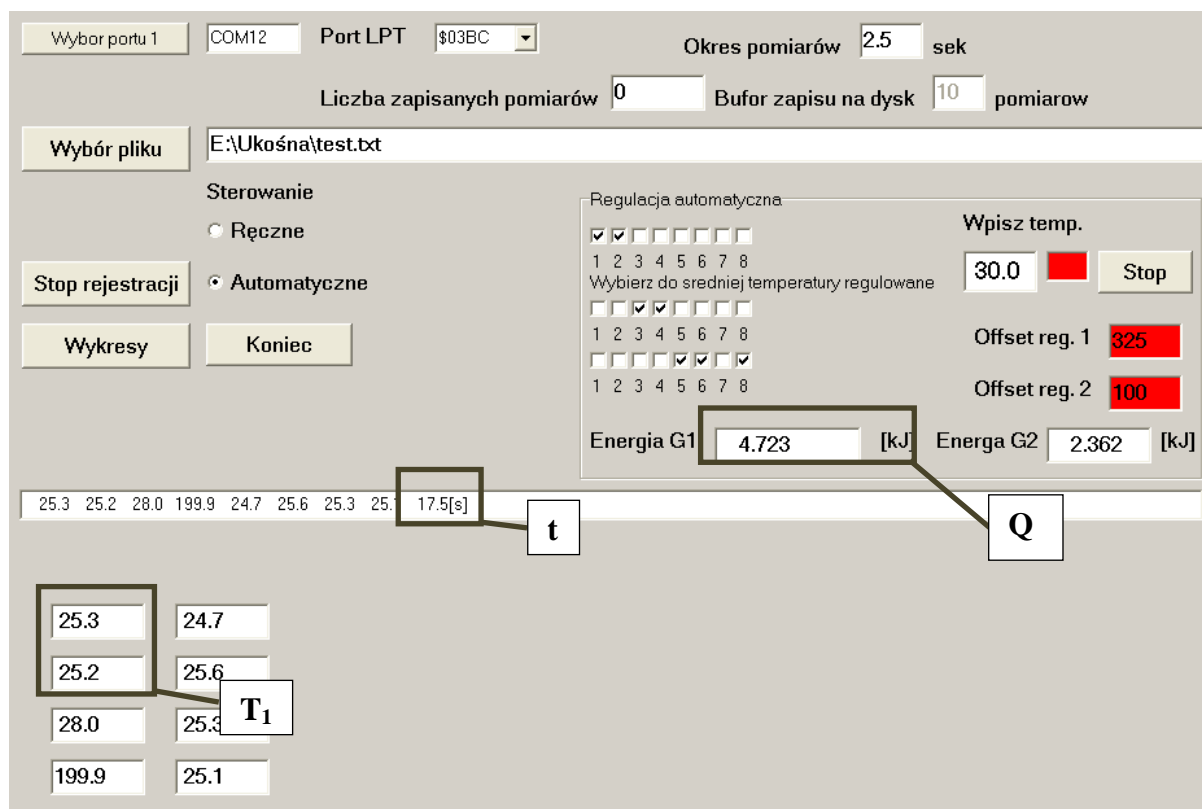


Rysunek 2 Schemat stanowiska badawczego

## Przebieg ćwiczenia

Pomiarów dokonujemy zgodnie z następującym planem:

1. Pomiar grubości przegrody  $d$  [m] przy pomocy suwmiarki.
2. Wyznaczenie powierzchni przegrody  $A$  [m<sup>2</sup>] przy pomocy metrówki
3. Przytwierdzenie badanego materiału do płyty przy pomocy 4 zacisków
4. Odczekanie do momentu, kiedy temperatury w płycie grzejnej i na powierzchni materiału się ustabilizują, co zajmuje ok. 15-20 minut.
5. Pomiar temperatury  $T_1$  (temperatura odczytywana przy pomocy programu),  $T_2$  (temperatura odczytywana przy pomocy pirometru w dwóch różnych punktach) po obydwu stronach powierzchni przegrody
6. Pomiar ciepła  $Q$  [J] przenikającego przez przegrodę w określonym czasie  $t$  [s]
7. Wyznaczenie współczynnika przewodzenia ciepła materiału  $\lambda$   $\left[ \frac{W}{mK} \right]$ , dla pojedynczej warstwy przegrody strumień ciepła ze wzoru (4)
8. Wykonanie kolejnych 3 prób z różnym czasem pomiaru (czas pomiaru to kolejno 10, 15 i 20 minut) i obliczenie średniej wartości  $\lambda$
9. Pomiar dla innego materiału wg punktów 1-8 lub przegrody składającej się z dwóch warstw (określa prowadzący).



Rysunek 3 Interfejs programu do pomiaru temperatury i energii

Przykładowa tabela pomiarowa:

MATERIAŁ A.

Lp.	$d[m]$	$A[m^2]$	$Q[J]$	$T_1[^\circ C]$		$T_2[^\circ C]$		$t[s]$	$\lambda \left[ \frac{W}{mK} \right]$
1									
2									
.....									
n									

MATERIAŁ B.

Lp.	$d[m]$	$A[m^2]$	$Q[J]$	$T_1[^\circ C]$		$T_2[^\circ C]$		$t[s]$	$\lambda \left[ \frac{W}{mK} \right]$
1									
2									
.....									
n									

### Opracowanie wyników

W sprawozdaniu należy porównać i skomentować wartości otrzymanych współczynników przewodzenia ciepła. Skonfrontować wyniki własne z danymi literaturowymi (określić rodzaj badanego materiału) oraz omówić przyczyny możliwych błędów.