



Politechnika  
Wrocławska

# Ogrzewnictwo i Ciepłownictwo 1

## edycja 2018/2019

Wykład 3

### **Metody obliczania zapotrzebowania ciepła pomieszczeń i budynków ogrzewanych**

**dr inż. Bogdan Nowak**

Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa  
i Ochrony Powietrza

pok. 307, bud. C-6

[bogdan.nowak@pwr.edu.pl](mailto:bogdan.nowak@pwr.edu.pl)

[www.wis.pwr.edu.pl](http://www.wis.pwr.edu.pl) / [www.iko.pwr.edu.pl](http://www.iko.pwr.edu.pl)

1	Wprowadzenie i omówienie zakresu wykładu. Podstawy prawne projektowania, budowy i eksploatacji instalacji grzewczych. Komfort cieplny.	2
2	Metody obliczania współczynnika przenikania ciepła przegród budowlanych.	2
3	Metody obliczania zapotrzebowania ciepła pomieszczeń i budynków ogrzewanych.	2
4	Grzejniki: budowa, parametry pracy, zalety i wady poszczególnych typów, zasady doboru.	2
5	Schematy i zasady zabezpieczania instalacji ogrzewań wodnych systemu otwartego.	2
6	Schematy i zasady zabezpieczania instalacji ogrzewań wodnych systemu zamkniętego z naczyniami wzbiórczymi przeponowymi.	2
7	Ogrzewanie pompowe dwururowe: zasady prowadzenia przewodów i obliczania. Rodzaje i zasady doboru pomp obiegowych w instalacjach c.o.	2
8	Źródła ciepła: kotłownia, jednofunkcyjny węzeł ciepłowniczy. Regulacja mocy źródła ciepła w zależności od potrzeb instalacji.	2
9	Ogólna charakterystyka systemów ogrzewania, efektywność energetyczna systemów zaopatrzenia w ciepło.	2
10	Armatura odcinająca i regulacyjna, elementy wyposażenia instalacji c.o.	2
	Razem:	20
	EGZAMIN	

# Polskie Normy:

1. **PN-EN 12831:2006** Instalacje ogrzewcze w budynkach - Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
2. **PN-B-03406:1994** Ogrzewnictwo - Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m<sup>3</sup> (JUŻ DAWNO NIE)
3. **PN-EN 12831-1:2017-08** Charakterystyka energetyczna budynków - Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego -- Część 1: Obciążenie cieplne, Moduł M3-3 - **wersja angielska**
4. **PN-EN 12831-3:2017-08** Charakterystyka energetyczna budynków - Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego - Część 3: Obciążenie domowych instalacji ciepłej wody użytkowej i charakterystyka zapotrzebowania, Moduł M8-2, M8-3 - **wersja angielska**

# Polskie Normy / Normy Europejskie:

**Blok norm dotyczących efektywności energetycznej i charakterystyk energetycznych budynków – kilkadziesiąt tysięcy stron tekstu**

# Literatura:

1. Klemma Piotr, Budownictwo ogólne. Tom 2. Fizyka budowli, Arkady, Warszawa 2018.
2. Michał Strzeszewski, Piotr Wereszczyński, Norma PN–EN 12831 Nowa metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego. Poradnik, Rettig Heating, warszawa 2009.  
([https://www.purmo.com/docs/Poradnik-Purmo-nowa-metoda-obliczania\\_12831\\_01\\_2012.pdf](https://www.purmo.com/docs/Poradnik-Purmo-nowa-metoda-obliczania_12831_01_2012.pdf))

# Ogólne zasady projektowania

**Ochrona cieplna budynku**

**Komfort cieplny w pomieszczeniach (lub  
temperatura technologiczna)**

# Materiały izolacyjne

## Włókniste:

Włókna ceramiczne  
 $T < 1800^{\circ}\text{C}$

Włókna krzemionkowe  
 $T < 1000^{\circ}\text{C}$

Wełna skalna  
 $T < 850^{\circ}\text{C}$

Wełna szklana  
 $T < 750^{\circ}\text{C}$

## Spianione (komórkowe):

Aerożele  $T < 1000^{\circ}\text{C}$

Szkło piankowe  
 $T < 400^{\circ}\text{C}$

Pianki z tworzyw  
sztucznych  
 $T < 200^{\circ}\text{C}$

## Ziarniste i ogniotrwałe:

Glinki i betony ogniotrwałe  
 $T < 1800^{\circ}\text{C}$

Krzemiany wapnia  
 $T < 1100^{\circ}\text{C}$

Wermikulit  
 $T < 1000^{\circ}\text{C}$

Perlit  $T < 1000^{\circ}\text{C}$

Proszki mineralne  
 $T < 1000^{\circ}\text{C}$

# Materiały izolacyjne

Najcieplejsze odmiany betonu komórkowego	$\lambda \Rightarrow 0,046 \text{ W}/(\text{m K})$
Wełna min. twarda	$\lambda = 0,041 - 0,045 \text{ W}/(\text{m K})$
Wełna szklana	$\lambda = 0,033 - 0,035 \text{ W}/(\text{m K})$
Styropian EPS	$\lambda = 0,034 - 0,040 \text{ W}/(\text{m K})$
Styropian XPS	$\lambda = 0,029 - 0,036 \text{ W}/(\text{m K})$
PIR natryskowy	$\lambda = 0,032 - 0,036 \text{ W}/(\text{m K})$
PUR bez okładziny gazoszczelnej	$\lambda = 0,028 - 0,031 \text{ W}/(\text{m K})$
Płyty PIR	$\lambda = 0,024 - 0,027 \text{ W}/(\text{m K})$
THERMANO®	$\lambda = 0,020 - 0,023 \text{ W}/(\text{m K})$
termPIR® MAX 18	$\lambda = 0,018 \text{ W}/(\text{m K})$
Aerożel	$\lambda = 0,014 \text{ W}/(\text{m K})$



# Straty ciepła

- Przenikanie + Wentylacja
- W warunkach ustalonych (stałe w czasie wartości temperatur)
- Dla warunków projektowych (obliczeniowych) – założenia upraszczające, metodyka obliczeń,
- PRAWO FOURIERA (przenikanie)  
$$Q = k F (t_1 - t_2) \quad \Phi = U A \Delta t$$
- Moc a strumień czynnika (wentylacja)  
$$Q = m c_p (t_1 - t_2) \quad \Phi = V \rho c_p \Delta t$$

# Procedura obliczeniowa

- Określenie parametrów klimatu zewnętrznego i wewnętrznego
- Określenie charakterystyk cieplnych (U) i wymiarowych (powierzchnia) wszystkich elementów
- Określenie wartości **współczynników projektowych strat ciepła**
- Określenie nadwyżki mocy cieplnej (opcjonalnie)
- Obliczenie całkowitego projektowego obciążenia cieplnego przestrzeni ogrzewanych
- Obliczenie całkowitego projektowego obciążenia cieplnego całego budynku

# Parametry klimatyczne



- PN-82/B-02403 – Ogrzewnictwo. Temperatury obliczeniowe zewnętrzne – jako norma przywołana w Rozporządzeniu
- Temperatury wewnętrzne określa się wg Rozporządzenia (dane są zawarte także w PN-EN 12831) – **prawie** takie same

# Parametry klimatyczne (PN EN)

- Tabela zestawiająca projektową temperaturę zewnętrzną  $\theta_e$  oraz średnią roczną temperaturę zewnętrzną  $\theta_{m,e}$

Strefa klimatyczna	$\theta_e$ °C	$\theta_{m,e}$ °C
I	-16	7,7
II	-18	7,9
III	-20	7,6
IV	-22	6,9
V	-24	5,5

# PN EN 12831 załącznik krajowy

Przeznaczenie lub sposób wykorzystania pomieszczeń	Przykłady pomieszczeń	$t_{int}$ °C
<ul style="list-style-type: none"> <li>- nieprzeznaczone na pobyt ludzi,</li> <li>- przemysłowe - podczas działania ogrzewania dyżurnego (jeśli pozwalają na to względy technologiczne)</li> </ul>	magazyny bez stałej obsługi, garaże indywidualne, hale postojowe (bez remontów), akumulatory, maszynownie i szyby dźwigów osobowych	5
<ul style="list-style-type: none"> <li>- w których nie występują zyski ciepła, a jednorazowy pobyt ludzi znajdujących się w ruchu i okryciach zewnętrznych nie przekracza 1 h,</li> <li>- w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., przekraczające 25 W na 1 m<sup>3</sup> kubatury pomieszczenia</li> </ul>	<p>klatki schodowe w budynkach mieszkalnych,</p> <p>hale sprężarek, pompownie, kuźnie, hartownie, wydziały obróbki cieplnej</p>	8
<ul style="list-style-type: none"> <li>- w których nie występują zyski ciepła, przeznaczone do stałego pobytu ludzi, znajdujących się w okryciach zewnętrznych lub wykonujących pracę fizyczną o wydatku energetycznym powyżej 300 W</li> <li>- w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., wynoszące od 10 do 25 W na 1 m<sup>3</sup> kubatury pomieszczenia</li> </ul>	<p>magazyny i składy wymagające stałej obsługi, hale wejściowe, poczekalnie przysiadach widowiskowych bez szatni, kościoły</p> <p>hale pracy fizycznej o wydatku energetycznym powyżej 300 W, hale formiarni, maszynownie chłodni, ładownie akumulatorów, hale targowe, sklepy rybne i mięsne</p>	12
<ul style="list-style-type: none"> <li>- w których nie występują zyski ciepła, przeznaczone na pobyt ludzi: <ul style="list-style-type: none"> <li>- w okryciach zewnętrznych w pozycji siedzącej i stojącej,</li> <li>- bez okryć zewnętrznych znajdujących się w ruchu lub wykonujących pracę fizyczną o wydatku energetycznym do 300 W,</li> </ul> </li> <li>- w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., nieprzekraczające 10 W na 1 m<sup>3</sup> kubatury pomieszczenia</li> </ul>	<p>sale widowiskowe bez szatni, ustępy publiczne, szatnie okryć zewnętrznych, hale produkcyjne, sale gimnastyczne,</p> <p>kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska węglowe</p>	16
<ul style="list-style-type: none"> <li>- przeznaczone na stały pobyt ludzi bez okryć zewnętrznych niewykonywujących w sposób ciągły pracy fizycznej</li> </ul>	pokoje mieszkalne, przedpokoje, kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska gazowe lub elektryczne, pokoje biurowe, sale posiedzeń, muzea i galerie sztuki z szatniami, audytoria	20
<ul style="list-style-type: none"> <li>- kotłownie i węzły cieplne</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- przeznaczone do rozbiegania</li> <li>- przeznaczone na pobyt ludzi bez odzieży</li> </ul>	<p>łazienki, rozbieganie-szatnie, umywalnie, natryskownie, hale pływalni,</p> <p>gabinety lekarskie z rozbieganiem pacjentów, sale niemowląt i sale dziecięce w żłobkach, sale operacyjne</p>	24

# Rozporządzenie

Temperatury obliczeniowe <sup>*)</sup>	Przeznaczenie lub sposób wykorzystywania pomieszczeń	Przykłady pomieszczeń
1	2	3
+5°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nieprzeznaczone na pobyt ludzi,</li> <li>– przemysłowe – podczas działania ogrzewania dyżurnego (jeżeli pozwalają na to względy technologiczne)</li> </ul>	magazyny bez stałej obsługi, garaże indywidualne, hale postojowe (bez remontów), akumulatory, maszynownie i szyby dźwigów osobowych
+8°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>– w których nie występują zyski ciepła, a jednorazowy pobyt osób znajdujących się w ruchu i w okryciach zewnętrznych nie przekracza 1 h,</li> <li>– w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., przekraczające 25 W na 1 m<sup>3</sup> kubatury pomieszczenia</li> </ul>	<p>klatki schodowe w budynkach mieszkalnych,</p> <p>hale sprężarek, pompownie, kuźnie, hartownie, wydziały obróbki cieplnej</p>
+12°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>– w których nie występują zyski ciepła, przeznaczone do stałego pobytu ludzi, znajdujących się w okryciach zewnętrznych lub wykonujących pracę fizyczną o wydatku energetycznym powyżej 300 W,</li> <li>– w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., wynoszące od 10 do 25 W na 1 m<sup>3</sup> kubatury pomieszczenia</li> </ul>	<p>magazyny i składy wymagające stałej obsługi, hole wejściowe, poczekalnie przy salach widowiskowych bez szatni,</p> <p>hale pracy fizycznej o wydatku energetycznym powyżej 300 W, hale formiarni, maszynownie chłodni, ładownie akumulatorów, hale targowe, sklepy rybne i mięsne</p>
+16°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>– w których nie występują zyski ciepła, przeznaczone na pobyt ludzi: <ul style="list-style-type: none"> <li>– w okryciach zewnętrznych w pozycji siedzącej i stojącej,</li> <li>– bez okryć zewnętrznych, znajdujących się w ruchu lub wykonujących pracę fizyczną o wydatku energetycznym do 300 W,</li> </ul> </li> <li>– w których występują zyski ciepła od urządzeń technologicznych, oświetlenia itp., nieprzekraczające 10 W na 1 m<sup>3</sup> kubatury pomieszczenia</li> </ul>	<p>sale widowiskowe bez szatni, ustępy publiczne, szatnie okryć zewnętrznych, hale produkcyjne, sale gimnastyczne,</p> <p>kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska węglowe</p>
+20°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>– przeznaczone na stały pobyt ludzi bez okryć zewnętrznych, niewykonujących w sposób ciągły pracy fizycznej</li> </ul>	pokoje mieszkalne, przedpokoje, kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska gazowe lub elektryczne, pokoje biurowe, sale posiedzeń
+24°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>– przeznaczone do rozbierania,</li> <li>– przeznaczone na pobyt ludzi bez odzieży</li> </ul>	łazienki, rozbieralnie-szatnie, umywalnie, natryskownie, hale pływalni, gabinety lekarskie z rozbieraniem pacjentów, sale niemowląt i sale dziecięce w żłobkach, sale operacyjne

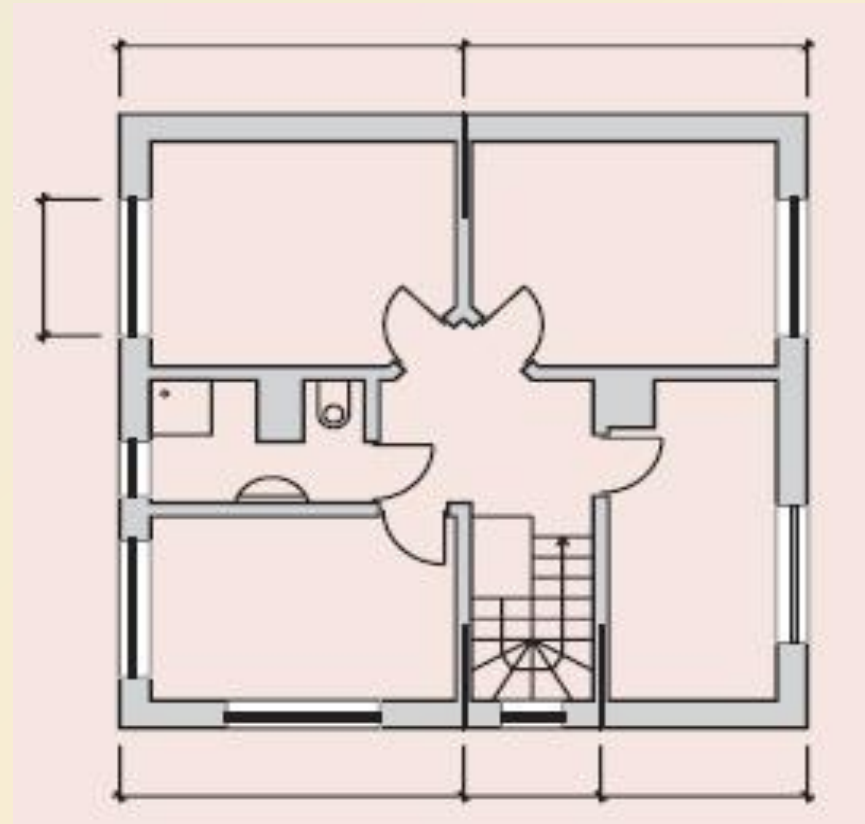
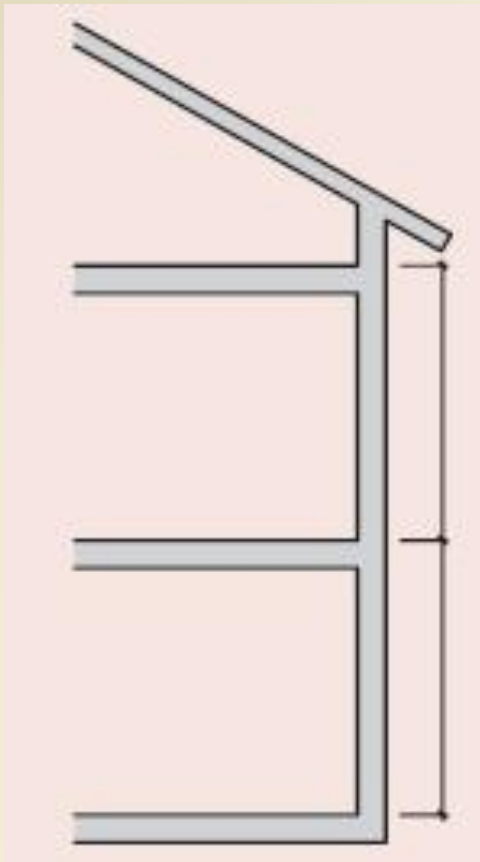
<sup>\*)</sup> Dopuszcza się przyjmowanie innych temperatur obliczeniowych dla ogrzewanych pomieszczeń niż jest to określone w tabeli, jeżeli wynika to z wymagań technologicznych.

# Wymiary

- PN-EN 12831 powołuje się na PN-EN ISO 13789 Właściwości cieplne budynków. Współczynnik strat ciepła przez przenikanie. Metoda obliczania, która dopuszcza stosowanie wymiarów:
  - zewnętrznych,
  - wewnętrznych,
  - całkowitych wewnętrznych – np. od powierzchni podłogi pomieszczenia do górnej powierzchni sufitu, od wewnętrznej powierzchni ściany do zewnętrznej powierzchni ściany domierzonej (daje to takie wartości, jakby były podane wymiary w osiach)

# Wymiary

Przykładowe wymiary zewnętrzne w metodzie uproszczonej – stosowanej dla budynków dobrze uszczelnionych





# Całkowita projektowa strata ciepła przestrzeni ogrzewanej [W]

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$$

gdzie:

$\Phi_{T,i}$  – projektowa strata ciepła przestrzeni ogrzewanej przez przenikanie [W],

$\Phi_{V,i}$  – projektowa wentylacyjna strata ciepła przestrzeni ogrzewanej [W].

# Projektowa strata ciepła przestrzeni ogrzewanej przez przenikanie [W]

- $$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

gdzie:

$H_{T,ie}$  – współczynnik strat ciepła przez przenikanie **do otoczenia przez obudowę budynku** [W/K],

$H_{T,iue}$  – współczynnik strat ciepła przez przenikanie **do otoczenia przez przestrzeń nieogrzewaną** [W/K],

$H_{T,ig}$  - współczynnik strat ciepła przez przenikanie **do gruntu** [W/K],

$H_{T,ij}$  - współczynnik strat ciepła przez przenikanie **do sąsiedniej przestrzeni ogrzewanej** (do znacząco różnej temperatury) [W/K],

$\theta_{int,i}$  – projektowa temperatura wewnętrzna [°C],

$\theta_e$  – projektowa temperatura zewnętrzna [°C].

# Współczynnik strat ciepła przez przenikanie do otoczenia przez obudowę budynku [W/K]

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \psi_l \cdot l_i \cdot e_l$$

gdzie:

$A_k$  – powierzchnia elementu budynku [ $m^2$ ],

$e_k, e_l$  – współczynniki korekcyjne ze względu na orientację (wg załącznika krajowego NB te współczynniki przyjmują wartość 1),

$U_k$  – współczynnik przenikania ciepła [ $W/m^2K$ ],

$l_i$  – długość liniowego mostka cieplnego między przestrzenią wewnętrzną i zewnętrzną [m],

$\psi_l$  – współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego (obliczenia wg odpowiednich norm **EN ISO 14683** *Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne* i **EN ISO 10211-2** *Mostki cieplne w budynkach. Obliczanie strumieni cieplnych i temperatury powierzchni. Część 2: Liniowe mostki cieplne*).

W obliczeniach nie uwzględnia się nieliniowych mostków cieplnych

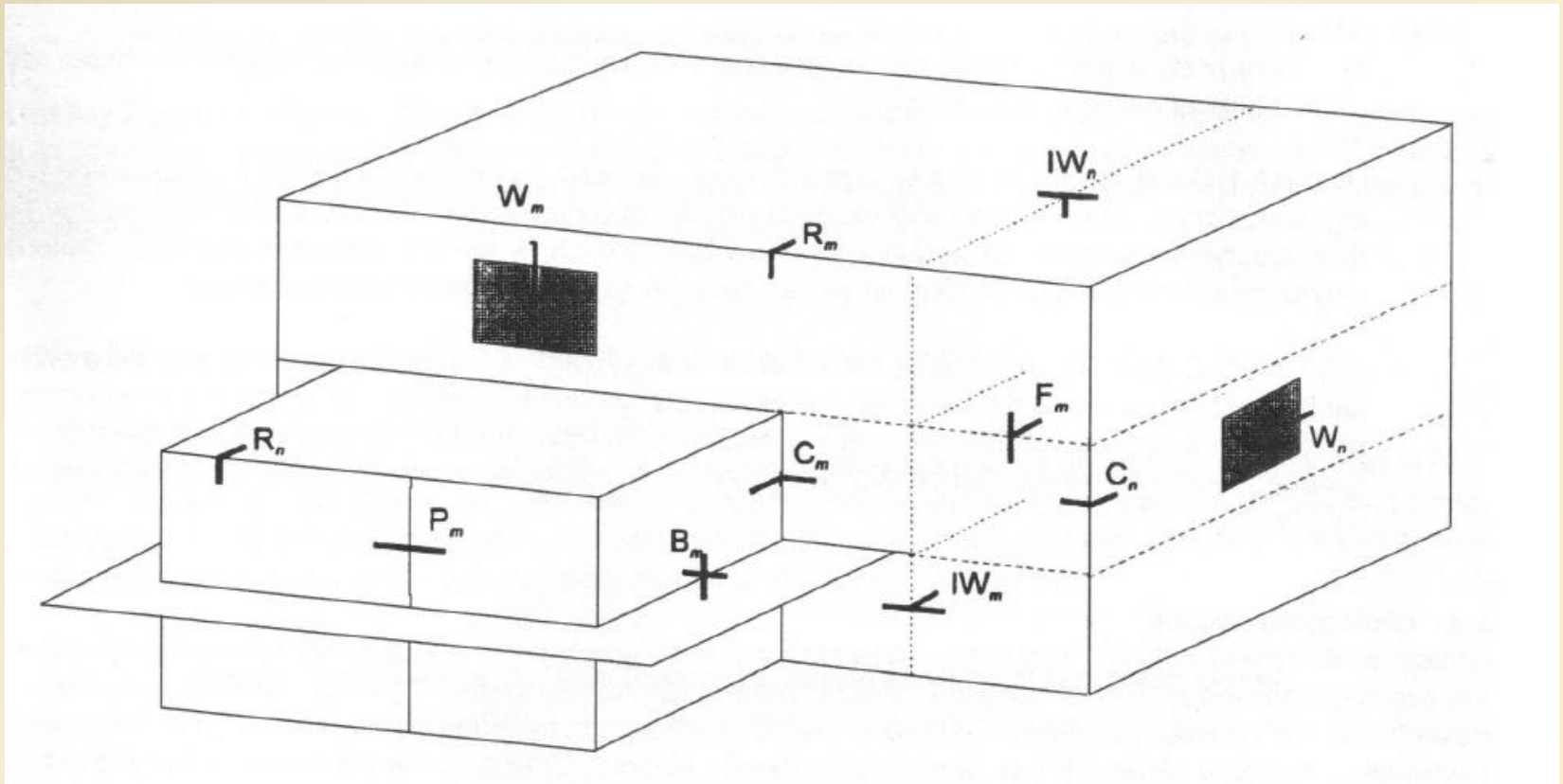
# Mostki termiczne/cieplne

miejsca w obudowie zewnętrznej budynku, w których obserwuje się obniżenie temperatury wewnętrznej powierzchni i wzrost gęstości strumienia ciepłego w stosunku do pozostałej powierzchni przegrody:

## Występowanie:

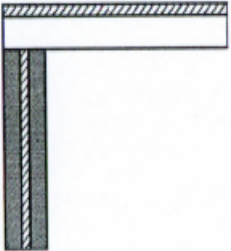
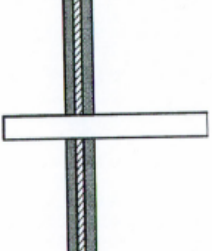
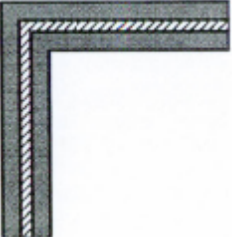
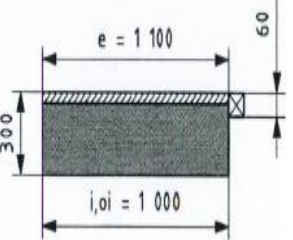
- w ścianach zewnętrznych, głównie w **ościeżach otworów okiennych i drzwiowych, nadprożach** okiennych i podokiennikach,
- na **wieńcach** w przypadku wspornikowych płyt balkonowych,
- w **węzłach konstrukcyjnych** ścian zewnętrznych ze stropami (zwłaszcza nad piwnicą i pod poddaszem), itp.

# Najczęściej spotykane typy mostków cieplnych



## EN ISO 14683 definiuje:

- Orientacyjne wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi$  (zaokrąglone do 0,05 W/m<sup>2</sup>K) określone dla trzech systemów wymiarowania budynku:
  - wymiarów wewnętrznych (indeks „i”),
  - całkowitych wymiarów wewnętrznych (indeks „oi”),
  - wymiarów zewnętrznych (indeks „e”).

			
<p><b>R2</b></p> <p><math>\Psi_e=0,50</math></p> <p><math>\Psi_{oi}=0,75</math></p> <p><math>\Psi_i=0,75</math></p>	<p><b>B2</b></p> <p><math>\Psi_e=0,95</math></p> <p><math>\Psi_{oi}=0,95</math></p> <p><math>\Psi_i=1,05</math></p>	<p><b>C2</b></p> <p><math>\Psi_e=-0,10</math></p> <p><math>\Psi_{oi}=0,10</math></p> <p><math>\Psi_i=0,10</math></p>	<p><b>W1</b></p> <p><math>\Psi_e=0,00</math></p> <p><math>\Psi_{oi}=0,00</math></p> <p><math>\Psi_i=0,00</math></p>

## Uproszczenie w obliczeniach liniowych strat ciepła przez przenikanie

### **Skorygowany współczynnik strat ciepła uwzględnia mostki cieplne [W/m<sup>2</sup>K]**

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}$$

gdzie:

$U_{kc}$  – skorygowany współczynnik przenikania ciepła elementu z uwzględnieniem mostków cieplnych [W/m<sup>2</sup>K],

$U_k$  – współczynnik przenikania ciepła elementu budynku [W/m<sup>2</sup>K],

$\Delta U_{tb}$  – współczynnik korekcyjny [W/m<sup>2</sup>K] wartość tabelaryczna.

# Współczynnik projektowych strat ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej do otoczenia przez przestrzeń nieogrzewaną [W/K]

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum \psi_l \cdot l_l \cdot b_u$$

$b_u$  – współczynnik redukcji temperatury uwzględniający różnicę temperatury między temperaturą przestrzeni nieogrzewanej, a projektową temperaturą zewnętrzną.



- gdy znana jest temperatura przestrzeni nieogrzewanej  $\theta_u$ :

$$b_u = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_u}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}$$

- w przypadku gdy  $\theta_u$  jest nieznana:

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

gdzie:

$H_{iu}$  – współczynnik strat ciepła z przestrzeni ogrzewanej do przestrzeni nieogrzewanej [W/K],

$H_{ue}$  – współczynnik strat ciepła z przestrzeni nieogrzewanej do otoczenia [W/K].

- **wg wartości tabelarycznych**

Przestrzeń nieogrzewana	$b_v$
Pomieszczenie	
tylko z 1 ścianą zewnętrzną	0,4
z przynajmniej 2 ścianami zewnętrznymi bez drzwi zewnętrznych	0,5
z przynajmniej 2 ścianami zewnętrznymi z drzwiami zewnętrznymi (np. hale, garaże)	0,6
z trzema ścianami zewnętrznymi (np. zewnętrzna klatka schodowa)	0,8
Podziemie	
bez okien/drzwi zewnętrznych	0,5
z oknami/drzwiami zewnętrznymi	0,8
Poddasze	
przestrzeń poddasza silnie wentylowana (np. pokrycie dachu z dachówek lub innych materiałów tworzących pokrycie nieciągłe) bez deskowania pokrytego papą lub płyt łączonych brzegami	1,0
inne niezisolowane dachy	0,9
izolowany dach	0,7
Wewnętrzne przestrzenie komunikacyjne	
(bez zewnętrznych ścian, krotność wymiany powietrza mniejsza niż $0,5 \text{ h}^{-1}$ )	0
Swobodnie wentylowane przestrzenie komunikacyjne	
(powierzchnia otworów/kubatura powierzchni $> 0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$ )	1,0
Przestrzeń podpodłogowa	
(podłoga nad przestrzenią nieprzechodnią)	0,8
Przejścia lub bramy przelotowe nieogrzewane, obustronnie zamknięte	0,9

Pomieszczenie może być uważane za usytuowane w podziemiu, jeśli więcej niż 70 % powierzchni ścian zewnętrznych styka się z gruntem.

# Grunt

Sposób uproszczony obliczania współczynnika projektowych strat ciepła przez przenikanie z przestrzeni ogrzewanej do gruntu [W/K]

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w$$

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w$$

gdzie:

$f_{g1}$  – współczynnik korekcyjny uwzględniający wpływ wahań temperatury zewnętrznej  $f_{g1}=1,45$

$f_{g2}$  – współczynnik redukcji temperatury uwzględniający różnicę między średnią roczną temperaturą zewnętrzną i projektową temperaturą zewnętrzną

$A_k$  – powierzchnia elementu budynku stykająca się gruntem [m<sup>2</sup>],

$U_{equiv,k}$  – równoważny współczynnik przenikania ciepła elementu [W/m<sup>2</sup>K], określony wg schematu podłóg (rysunki od 3 do 6, tablice od 4 do 7),

$G_w$  – współczynnik korekcyjny uwzględniający wpływ wody gruntowej:

$G_w=1,00$  – jeżeli odległość między poziomem wody gruntowej i płytą podłogową jest większa niż 1m,

$G_w=1,15$  – jeżeli odległość między poziomem wody gruntowej i płytą podłogową jest mniejsza niż 1m,

# Grunt

Współczynnik redukcji temperatury uwzględniający różnicę między średnią roczną temperaturą zewnętrzną i projektową temperaturą zewnętrzną

$$f_{g2} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}$$

Szczegółowy sposób obliczania strat ciepła przez grunt podaje norma EN ISO **13370**.

# Równoważny współczynnik przenikania ciepła $U_{equiv,k}$ (wartość odczytywana z tabel lub wykresów zamieszczonych w normie)

Wartość $B'$ m	Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi $U_{equiv,bf}$ (dla $z = 0$ m) W/m <sup>2</sup> K				
	bez izolacji	$U_{podłogi} =$ 2,0 W/m <sup>2</sup> K	$U_{podłogi} =$ 1,0 W/m <sup>2</sup> K	$U_{podłogi} =$ 0,5 W/m <sup>2</sup> K	$U_{podłogi} =$ 0,25 W/m <sup>2</sup> K
2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17

Wartość $B'$ m	Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi $U_{equiv,bf}$ (dla $z = 1,5$ m) W/m <sup>2</sup> K				
	bez izolacji	$U_{podłogi} =$ 2,0 W/m <sup>2</sup> K	$U_{podłogi} =$ 1,0 W/m <sup>2</sup> K	$U_{podłogi} =$ 0,5 W/m <sup>2</sup> K	$U_{podłogi} =$ 0,25 W/m <sup>2</sup> K
2	0,86	0,58	0,44	0,28	0,16
4	0,64	0,48	0,38	0,26	0,16
6	0,52	0,40	0,33	0,25	0,15

W obliczeniach prowadzonych dla pojedynczych pomieszczeń **B'** oblicza się dla każdego pomieszczenia:

- dla wszystkich pomieszczeń bez ścian zewnętrznych - **B'** oblicza się dla całego budynku,
- dla wszystkich pomieszczeń z dobrze izolowaną podłogą ( $U < 0,5$  [W/m<sup>2</sup>K]) - **B'** oblicza się dla całego budynku,
- dla pozostałych pomieszczeń - **B'** oblicza się dla indywidualnie dla każdego pomieszczenia

Wymiar charakterystyczny podłogi,  $B'$  (w odniesieniu do całego budynku)

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}$$

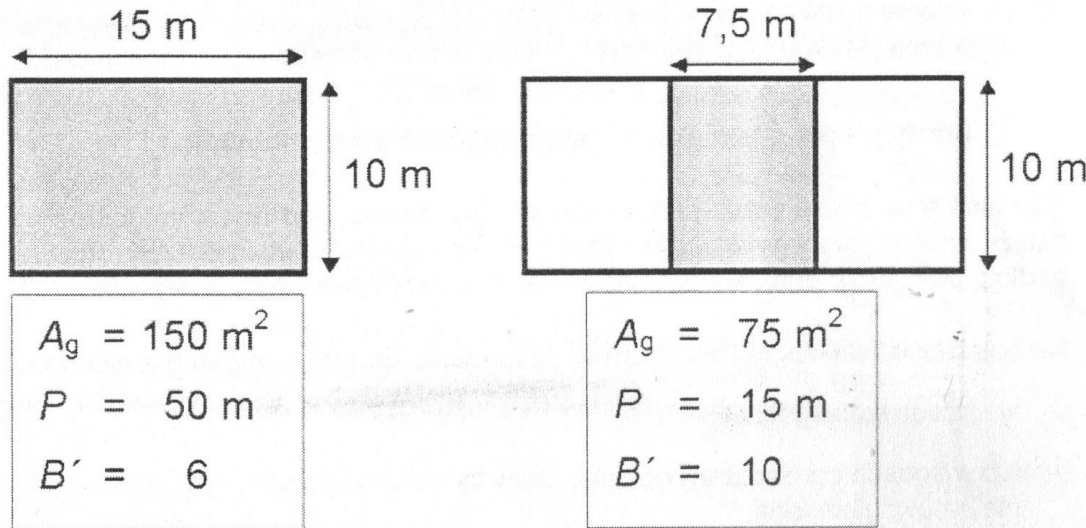
gdzie:

$A$  – pole powierzchni podłogi,  $m^2$ ,

$P$  – obwód podłogi uwzględniający tylko ściany oddzielające ogrzewane pomieszczenie od powietrza zewnętrznego,  $m$

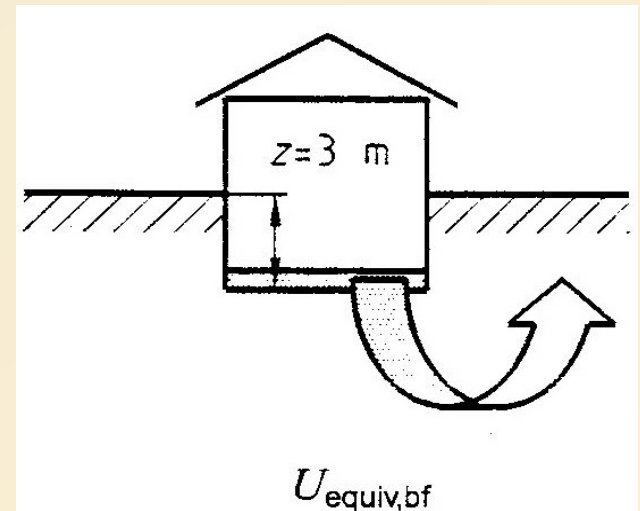


# przykład



Wymiary charakterystyczne podłogi do obliczenia współczynnika  $B'$

Przykładowy schemat posadowienia podłogi zagłębionej w gruncie do określenia  $U_{\text{equiv}}$



# Równoważny współczynnik przenikania ciepła (wartość odczytywana z tabel lub wykresów zamieszczonych w normie)

Wartość $B'$ m	Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi $U_{equiv,bf}$ (dla $z = 0$ m) W/m <sup>2</sup> K				
	bez izolacji	$U_{podłogi} =$ 2,0 W/m <sup>2</sup> K	$U_{podłogi} =$ 1,0 W/m <sup>2</sup> K	$U_{podłogi} =$ 0,5 W/m <sup>2</sup> K	$U_{podłogi} =$ 0,25 W/m <sup>2</sup> K
2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17

Wartość $B'$ m	Równoważny współczynnik przenikania ciepła podłogi $U_{equiv,bf}$ (dla $z = 1,5$ m) W/m <sup>2</sup> K				
	bez izolacji	$U_{podłogi} =$ 2,0 W/m <sup>2</sup> K	$U_{podłogi} =$ 1,0 W/m <sup>2</sup> K	$U_{podłogi} =$ 0,5 W/m <sup>2</sup> K	$U_{podłogi} =$ 0,25 W/m <sup>2</sup> K
2	0,86	0,58	0,44	0,28	0,16
4	0,64	0,48	0,38	0,26	0,16
6	0,52	0,40	0,33	0,25	0,15

# Równoważny współczynnik przenikania ciepła ściany (wartość odczytywana z tabel lub wykresów zamieszczonych w normie)

$U_{ściany}$ W/m <sup>2</sup> K	Równoważny współczynnik przenikania ciepła ściany $U_{equiv,bw}$ W/m <sup>2</sup> K			
	$z = 0$ m	$z = 1$ m	$z = 2$ m	$z = 3$ m
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,44	0,39	0,35	0,32
0,75	0,63	0,54	0,48	0,43
1,00	0,81	0,68	0,59	0,53
1,25	0,98	0,81	0,69	0,61
1,50	1,14	0,92	0,78	0,68
1,75	1,28	1,02	0,85	0,74
2,00	1,42	1,11	0,92	0,79
2,25	1,55	1,19	0,98	0,84
2,50	1,67	1,27	1,04	0,88
2,75	1,78	1,34	1,09	0,92
3,00	1,89	1,41	1,13	0,96

## **Straty ciepła między przestrzeniami ogrzewanymi do różnych wartości temperatury**

*UWAGA! Przy tych obliczeniach nie uwzględnia się wpływu mostków termicznych. Obliczenia stosowane są tylko do doboru grzejników, a nie źródła ciepła.*

## Współczynnik straty ciepła do sąsiedniej przestrzeni ogrzewanej o znacząco różnej temperaturze [W/K]

$$H_{T,ij} = \sum f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$$

gdzie:

$f_{ij}$  – współczynnik redukcyjny temperatury uwzględniający różnicę temperatury przyległej przestrzeni ogrzewanej i projektowej temperatury zewnętrznej

$A_k$  – powierzchnia elementu budynku [ $m^2$ ],

$U_k$  – współczynnik przenikania ciepła elementu [ $W/m^2K$ ].

współczynnik redukcyjny temperatury uwzględniający różnicę temperatury przyległej przestrzeni ogrzewanej i projektowej temperatury zewnętrznej

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{przyleglej\_przestrzeni}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

Ciepło przekazywane z przestrzeni ogrzewanej (i) do:	$\theta_{przyleglej\_przestrzeni}$ °C
przyległego pomieszczenia w tej samej jednostce budynku (np. w mieszkaniu)	powinna być określona na podstawie przeznaczenia pomieszczenia
sąsiedniego pomieszczenia, należącego do innej jednostki budynku (np. do innego mieszkania)	$\frac{\theta_{int,i} + \theta_{m,e}}{2}$
sąsiedniego pomieszczenia, należącego do oddzielnego budynku (ogrzewanego lub nieogrzewanego)	$\theta_{m,e}$

Z tych równań mamy ...

**Projektowa strata ciepła przestrzeni ogrzewanej  
przez przenikanie [W]**

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

# Pamiętamy jednak, że ...

Całkowita projektowa strata ciepła przestrzeni ogrzewanej [W]

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$$



Stratę wentylacyjną oblicza się wg zależności [W]

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

gdzie:

$H_{V,i}$  – współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła [W/K],

$\theta_{int,i}$  – projektowa temperatura przestrzeni ogrzewanej [°C],

$\theta_e$  – projektowa temperatura zewnętrzna [°C].

Współczynnik projektowej wentylacyjnej straty ciepła przestrzeni ogrzewanej [W/K]

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p$$

gdzie:

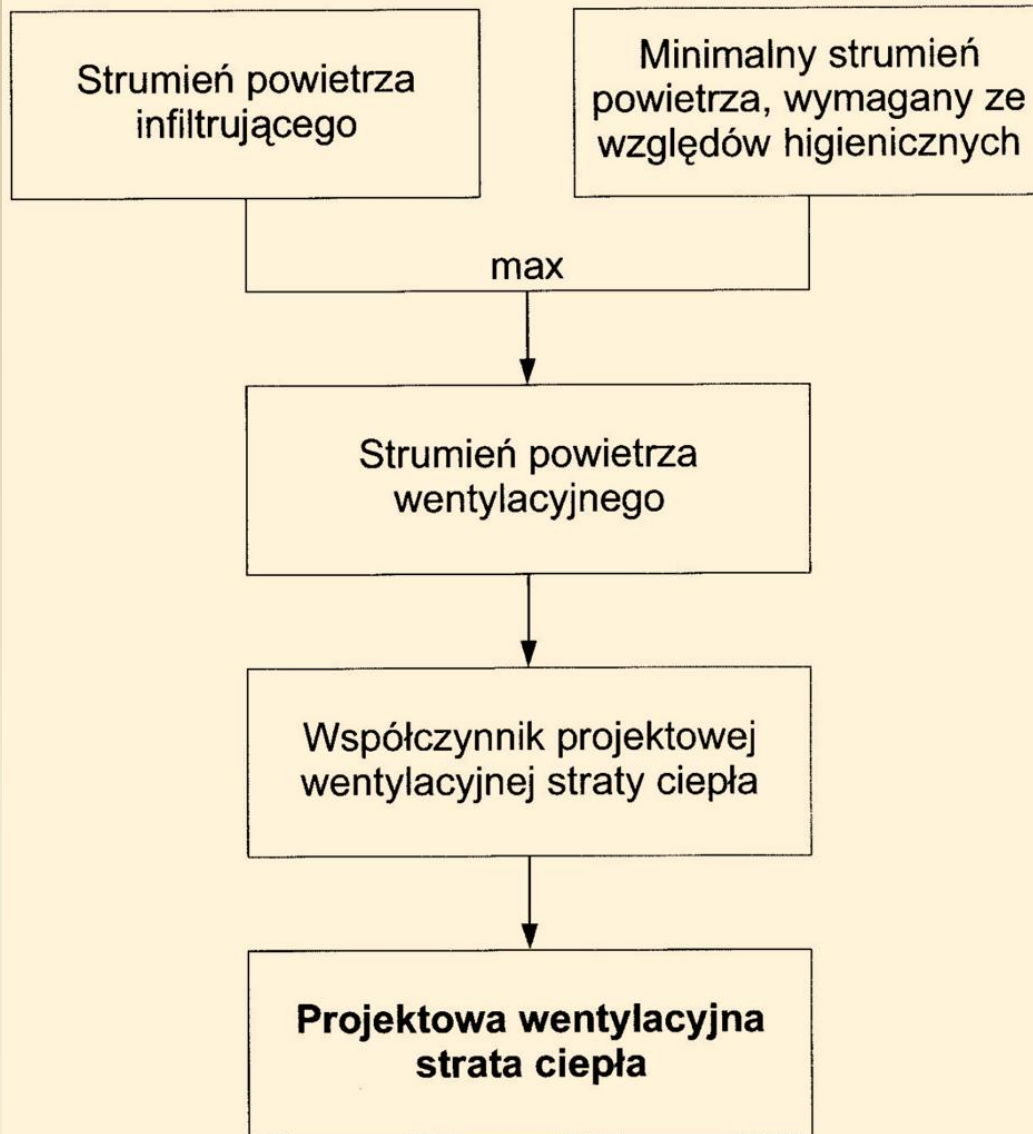
$\dot{V}_i$  – strumień objętości powietrza wentylacyjnego przestrzeni ogrzewanej [m<sup>3</sup>/s],

$\rho$  - gęstość strumienia powietrza o temperaturze  $\theta_{\text{int},i}$  [kg/m<sup>3</sup>],

$c_p$  – ciepło właściwe powietrza o temperaturze  $\theta_{\text{int},i}$  [kJ/kgK].

Gdy  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$  i  $c_p = 1,005 \text{ kJ/kgK}$   
oraz przeliczeniu na [m<sup>3</sup>/h] :

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i$$



Przy **braku wentylacji mechanicznej** strumień przyjmuje się jako większy ze strumieni infiltrującego lub wymaganego ze względów higienicznych

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}; \dot{V}_{min,i})$$

## Strumień powietrza infiltrującego na skutek wiatru i efektu kominowego [m<sup>3</sup>/h]

$$\dot{V}_{\text{inf},i} = 2 \cdot V_i n_{50} e_i \varepsilon_i$$

$$\dot{V}_{\text{inf},i} = 2 \cdot V_i n_{50} e_i \varepsilon_i$$

gdzie:

$V_i$  – kubatura wentylowana [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$n_{50}$  – krotność wymian powietrza zewnętrznego, wynikająca z różnicy ciśnień 50 Pa między wnętrzem, a otoczeniem z uwzględnieniem wpływu nawiewników [ $1/\text{h}$ ], wartość tab.

$e_i$  – współczynnik osłonięcia, wartość tab.

$\varepsilon_i$  - współczynnik poprawkowy uwzględniający wzrost prędkości wiatru w zależności od wysokości położenia przestrzeni ogrzewanej nad terenem (dla wysokości środka ogrzewanego pomieszczenia 0-10m nad poziomem terenu  $\varepsilon_i = 1$ ; dla >10 – 30m,  $\varepsilon_i = 1,2$ ; dla >30m,  $\varepsilon_i = 1,5$ )

$n_{50}$  – krotność wymian powietrza zewnętrznego, wynikająca z różnicy ciśnień 50 Pa między wnętrzem, a otoczeniem z uwzględnieniem wpływu nawiewników [1/h], wartość tab.

Konstrukcja	$n_{50}$ $h^{-1}$		
	Stopień szczelności obudowy budynku (jakość uszczelek okiennych)		
	wysoki (wysoka jakość uszczelek w oknach i drzwiach)	średni (okna z po- dwójnym oszkleniem, uszczelki standardo- we)	niski (pojedynczo oszkłone okna, bez uszczelek)
budynki jednorodzinne	< 4	4–10	> 10
inne mieszkania lub budynki	< 2	2–5	> 5

## $e_i$ – współczynnik osłonięcia

Klasy osłonięcia	$e$		
	Ilość odsłoniętych otworów w przestrzeni ogrzewanej (okna i drzwi)		
	0	1	> 1
Brak osłonięcia (budynek w wietrznej przestrzeni, wysokie budynki w centrach miast)	0	0,03	0,05
Średnie osłonięcie (budynki na prowincji z drzewami lub innymi budynkami wokół nich, przedmieścia)	0	0,02	0,03
Dobrze osłonięte (budynki średnio wysokie w centrach miast, budynki w lasach)	0	0,01	0,02

Minimalny strumień powietrza świeżego doprowadzany do przestrzeni ogrzewanej ze względów higienicznych [m<sup>3</sup>/h]

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i$$

gdzie:

$n_{\min}$  – minimalna krotność wymiany powietrza na godzinę [1/h], odnosząca się do wymiarów wewnętrznych pomieszczenia i zależna od jego typu (dla pomieszczeń mieszkalnych, kuchni lub łazienek z oknem  $n_{\min} = 0,5h^{-1}$ ; dla pomieszczeń biurowych  $n_{\min} = 1h^{-1}$ ; dla sal lekcyjnych lub konferencyjnych  $n_{\min} = 2h^{-1}$ )

$V_i$  - kubatura przestrzeni ogrzewanej liczonej po obrysie wewnętrznym, [m<sup>3</sup>]



# Projektowe obciążenie cieplne...

... może być obliczane w odniesieniu do:

- przestrzeni ogrzewanej (w celu doboru wielkości grzejnika)
- całego budynku (w celu określenia obciążenia cieplnego lub doboru źródła ciepła)



# Projektowe obciążenie cieplne

Projektowe obciążenie cieplne przestrzeni ogrzewanej [W]

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}$$

gdzie:

$\Phi_{T,i}$  – straty ciepła przez przenikanie przestrzeni ogrzewanej [W],

$\Phi_{V,i}$  – wentylacyjne straty ciepła przestrzeni ogrzewanej [W],

$\Phi_{RH,i}$  – nadwyżka mocy cieplnej do skompensowania skutków osłabienia ogrzewania [W].

# Nadwyżka mocy cieplnej $\Phi_{RH,i}$ [W]

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$$

gdzie:

$A_i$  – powierzchnia podłogi przestrzeni ogrzewanej [m<sup>2</sup>],  
 $f_{RH}$  – współczynnik korekcyjny zależny od czasu  
nagrzewania i założonego obniżenia temperatury [W/m<sup>2</sup>]  
– wartości tabelaryczne

# Nadwyżka mocy cieplnej $\Phi_{RH,i}$ [W]

Definiowana dla pomieszczeń:

- ogrzewanych z przerwami
- ogrzewanych z osłabieniem nocnym

Uproszczoną metodę obliczeń stosuje się dla:

- budynków mieszkalnych przy okresie osłabienia nocnego nie dłuższego niż 8 godzin i konstrukcji budynku nie lekkiej,
- budynków niemieszkalnych z okresem osłabienia nie dłuższym niż 48 godzin (osłabienie weekendowe) lub 8 godzin (osłabienie dobowe) i temperaturą wewnętrzną między 20°C a 22°C.

# Współczynnik nagrzewania $f_{RH}$ w budynkach niemieszkalnych, osłabienie nocne maksimum przez 12 h

Czas nagrzewania godz.	Współczynnik nagrzewania $f_{RH}$ [W/m <sup>2</sup> ]								
	Zakładane obniżenie temperatury podczas osłabienia"								
	2K			3K			4K		
	masa budynku			masa budynku			masa budynku		
	niska	średnia	duża	niska	średnia	duża	niska	średnia	duża
1	18	23	25	27	30	27	36	27	31
2	9	16	22	18	20	23	22	24	25
3	6	13	18	11	16	18	18	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16

a) W dobrze izolowanych szczelnych budynkach wystąpienie spadku temperatury wewnętrznej podczas osłabienia o więcej niż 2 do 3 K nie jest bardzo prawdopodobne. Zależy to od warunków klimatycznych i masy cieplnej budynku.

# Współczynnik nagrzewania $f_{RH}$ w budynkach mieszkalnych, osłabienie nocne maksimum przez 8 h.

Czas nagrzewania godz.	Współczynnik nagrzewania $f_{RH}$ W/m <sup>2</sup>		
	Zakładane obniżenie temperatury podczas osłabienia"		
	1 K	2K	3K
	masa budynku duża	masa budynku duża	masa budynku duża
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

a) W dobrze izolowanych szczelnych budynkach wystąpienie spadku temperatury wewnętrznej podczas osłabienia o więcej niż 2 do 3 K nie jest bardzo prawdopodobne. Zależy to od warunków klimatycznych i masy cieplnej budynku.

# Projektowe obciążenie cieplne

## PROJEKTOWE OBCIĄŻENIE CIEPLNE BUDYNKU

= suma strat ciepła przez przeniknie

+ suma wentylacyjnych strat ciepła

+ suma nadwyżek mocy cieplnej wszystkich  
przestrzeni ogrzewanych

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i}$$

*UWAGA! W obliczeniach nie uwzględnia się m.in. energii wymienianej między pomieszczeniami wewnątrz budynku!*

# Przypadki szczególne

obciążenie cieplne dla pomieszczeń wysokich i o dużych kubaturach

$$\Phi_L = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) f_{h,i}$$

gdzie:

$f_{h,i}$  – współczynnik poprawkowy ze względu na wysokość pomieszczenia



# Współczynnik poprawkowy ze względu na wysokość pomieszczenia

Sposób ogrzewania oraz typ i lokalizacja grzejników	$f_{h,i}$	
	Wysokość przestrzeni ogrzewanej	
	5 – 10m	10 – 15m
<b>Głównie przez promieniowanie:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ogrzewanie podłogowe</li> <li>Ogrzewanie sufitowe (poziom temperatury &lt;40°C)</li> <li>Promienniki o średniej i wysokiej temperaturze umieszczone na dużej wysokości, skierowane ku dołowi</li> </ul>	1 1,5 1	1 niewłaściwe do zastosowania 1,15
<b>Głównie przez konwekcję:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ciepłe powietrze przy konwekcji naturalnej</li> </ul>	1,15	niewłaściwe do zastosowania
<b>Ogrzewanie powietrzne:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Strumień poprzeczny na małej wysokości</li> <li>Strumień opadający na małej wysokości</li> <li>Poprzeczny strumień powietrza o średniej lub wysokiej temperaturze ze średniej wysokości</li> </ul>	1,30 1,21 1,15	1,60 1,45 1,30

# Podsumowanie:

- Materiały izolacyjne nowej generacji
- Projektowe obciążenie cieplne przestrzeni ogrzewanej
- Projektowe obciążenie cieplne budynku
- Projektowa strata ciepła przez przenikanie
- Projektowa strata ciepła na wentylację
- Współczynniki strat ciepła przez bryłę budynku, poprzez przestrzenie nieogrzewane, do gruntu, pomiędzy przestrzeniami ogrzewanymi
- Projektowe temperatury zewnętrzne i wewnętrzne

# Pytania kontrolne:

Projektową temperaturę zewnętrzną należy przyjmować zgodnie z

- a) PN EN 12863:2008
- b) PN-B-02403:1982
- c) Wartościami podanymi w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych ...
- d) Danymi podawanymi przez IMGW-PIB

# Pytania kontrolne:

Projektową temperaturę wewnętrzną należy przyjmować zgodnie z

- a) PN EN 12863:2008
- b) PN-B-02402:1982
- c) wartościami podanymi w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych ...
- d) można je dowolnie kształtować

# Pytania kontrolne:

Przy obliczeniach współczynnika strat ciepła na zewnątrz budynku:

- a) pomija się mostki cieplne
- b) uwzględnia się współczynnik obliczony w oparciu o średnią roczną temperaturę zewnętrzną
- c) nie uwzględnia się temperatury sąsiedniego pomieszczenia należącej do innej jednostki budynku
- d) współczynnik przenikania ciepła jest jednakowy dla wszystkich przegród

# Pytania kontrolne:

Przy obliczeniach współczynnika strat ciepła pomiędzy przestrzeniami ogrzewanymi

- a) uwzględnia się mostki cieplne
- b) jest zbędna średnia roczna temperatura zewnętrzna
- c) uwzględnia się temperaturę sąsiedniego pomieszczenia należącego do innej jednostki budynku
- d) współczynnik przenikania ciepła należy zwiększyć o opór cieplny sąsiada

# Pytania kontrolne:

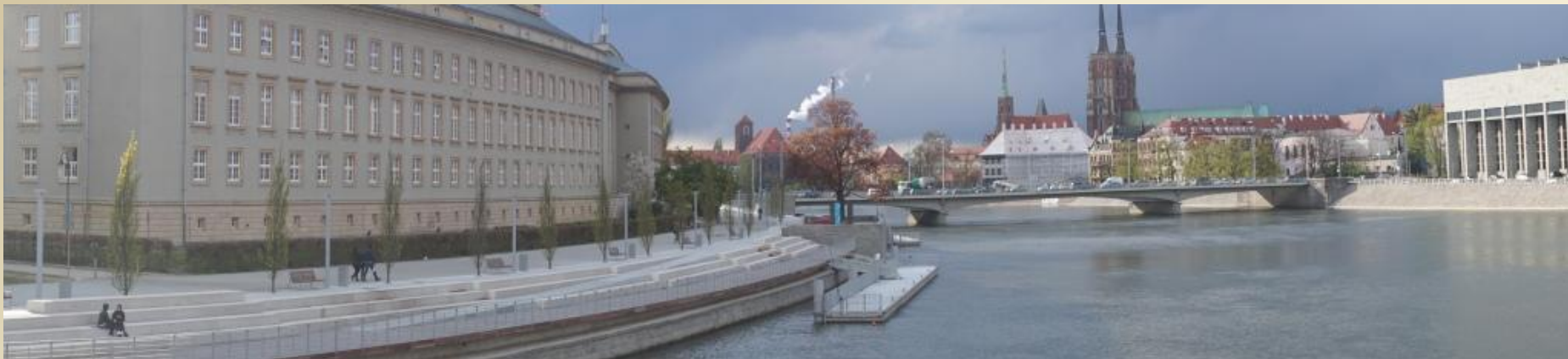
Współczynnik strat ciepła na wentylację

- a) zależy wyłącznie od strumienia powietrza infiltrującego
- b) zależy od kubatury pomieszczenia
- c) liczy się jednakowo, niezależnie czy w budynku jest wentylacja naturalna czy mechaniczna
- d) Zależy od strefy klimatycznej Polski, w której zlokalizowany jest budynek

# Pytania kontrolne:

- a) projektowe obciążenie cieplne liczy się jednakowo dla przestrzeni ogrzewanej i budynku
- b) projektowe obciążenie cieplne budynku jest zawsze sumą projektowych obciążeń cieplnych pomieszczeń ogrzewanych w tym budynku
- c) projektowe obciążenie cieplne budynku wielorodzinnego jest mniejsze od sumy projektowych obciążeń cieplnych pomieszczeń ogrzewanych w tym budynku





Dziękuję za uwagę

30 marca 2019 r.

materiał przygotowany dla celów edukacyjnych w ramach wykładu z przedmiotu  
Ogrzewnictwo i Ciepłownictwo 1

przy jego opracowaniu starałem się zachować jak największą aktualność informacji,  
jednak należy sprawdzić aktualność przepisów obowiązujących, norm i rozwiązań  
technicznych

dr inż. Bogdan Nowak, KKOgiOP, WIŚ, Politechnika Wrocławska