# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

GEC CONSULTING

**Białystok 20.03.2015**

LTB

**Andrzej Żyła**

WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

Współczynnik $\psi$

zaszyfrowana informacja o stratach ciepła

# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

Ilość ciepła, którą tracimy określa zależność:

$$\mathbf{Q = U \cdot (T_i - T_e) \cdot A \cdot \tau} \qquad [J]$$

U – współczynnik przenikania ciepła [J /$m^2 \cdot K \cdot s$]; [W/ $m^2 \cdot K$ ]

($T_i - T_e$) – różnica temperatur pomiędzy środowiskiem wewnętrznym a zewnętrznym [ K],

(równa 20K – przy obliczeniach wg normy PN-EN ISO 10077-2)

A – powierzchnia prostopadła do ruchu ciepła [$m^2$]

$\tau$ - czas [sec]

**Współczynnik przenikania ciepła (*U*)** wyraża ilość energii przepływającej przez 1$m^2$ przegrody w ciągu 1 sekundy przy różnicy temperatur środowiska po obu stronach przegrody równej 1K.

Dla przegrody budowlanej wykonanej z materiału o jednakowym współczynniku przewodzenia ciepła na całym przekroju, współczynnik przenikania ciepła **U** określa zależność:

$$\mathbf{U = 1/(R_w + d/\lambda + R_z)}$$

# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

gdzie:

$R_w$ - opór przejmowanie ciepła po stronie wewnętrznej, $R_w = 0{,}13$ [$m^2K/W$]

$R_z$ - opór przejmowanie ciepła po stronie zewnętrznej, $R_z = 0{,}04$ [$m^2K/W$]

d - grubość przegrody, [m]

λ - współczynnik przewodzenia ciepła, [W/m · K], wyraża wpływ materiału przegrody na ilość energii przepływającej przez przegrodę o grubości 1 m, przy różnicy temperatur po obu stronach przegrody równej 1K.

Programy komputerowe w czasie obliczeń symulują przepływ ciepła przez wybrany element, a wynikiem obliczeń jest strumień ciepła.

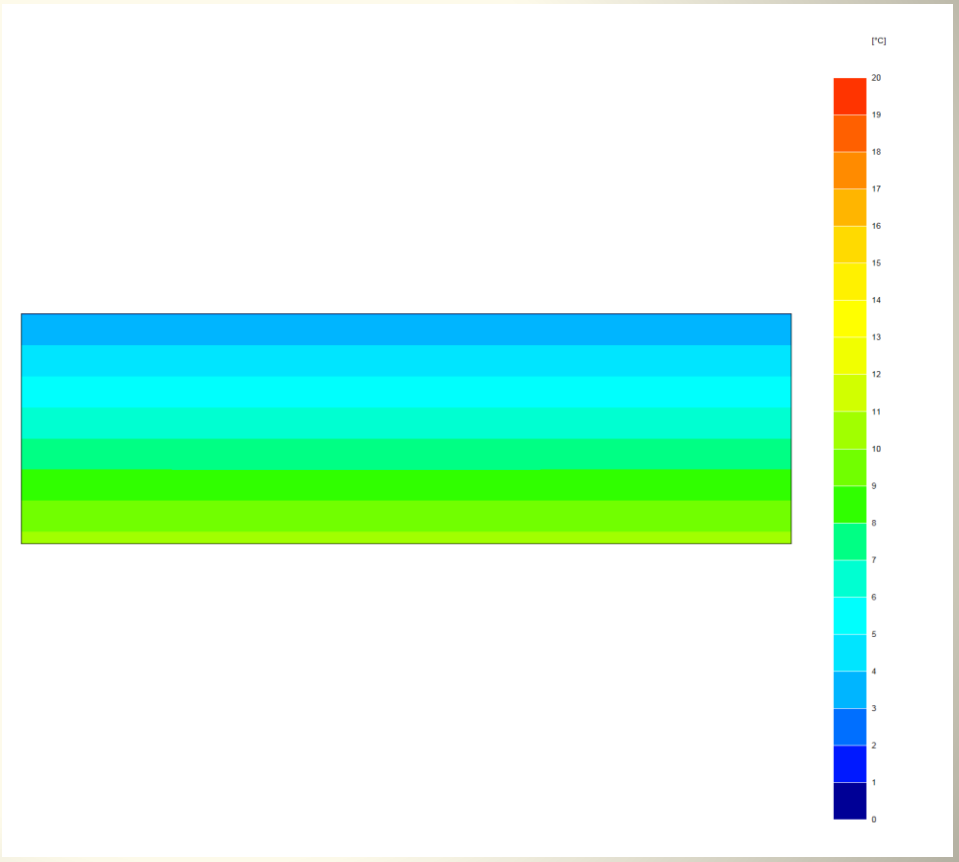
Strumień ciepła przechodzący przez wybrany fragment muru (0,3 $m^2$), w czasie 1 s

$$\mathbf{Q = U \cdot (T_i - T_e) \cdot A} \qquad [J/s]$$

WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

Współczynnik przewodzenia ciepła
$\lambda = 1$

Grubość muru
d = 0,1 m
Szerokość dla której wykonano obliczenia
0,3 m

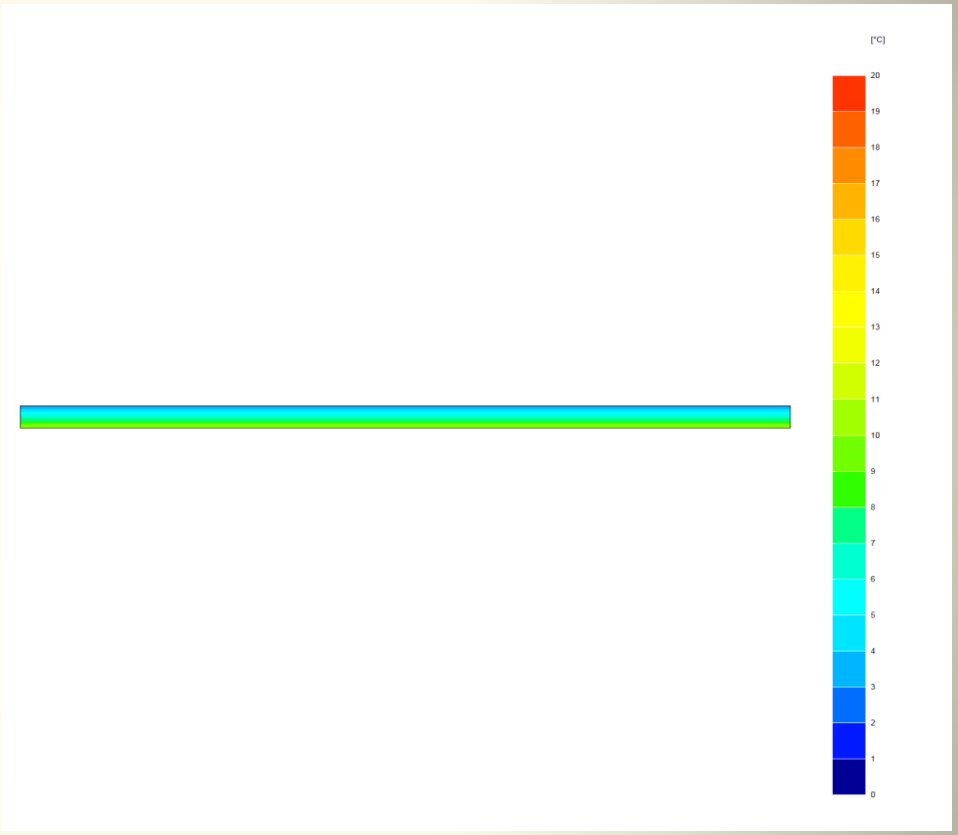



Strumień przepływającego ciepła Q = 22,233 [J/s]

WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

Współczynnik przewodzenia ciepła
$\lambda = 0,1$

Grubość muru
d = 0,01 m
Szerokość dla której wykonano obliczenia
0,3 m




Strumień przepływającego ciepła Q = 22,233 [J/s]

WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

Grubość muru

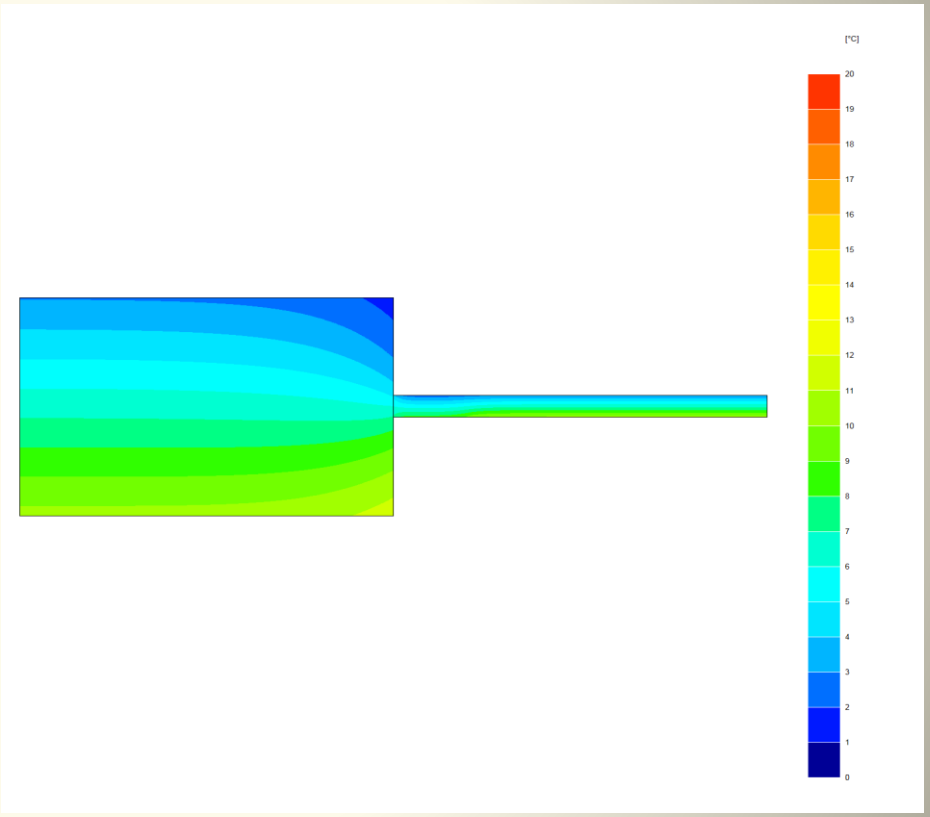
d = 0,1 m i 0,01m

Szerokość dla której wykonano obliczenia

0,3 m = (0,15+0,15) m

Współczynniki przewodzenia ciepła

$\lambda = 1$ i $\lambda = 0,1$




Strumień przepływającego ciepła Q = 23,936 [J/s]

# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

Strumienie ciepła w ścianach o jednakowej geometrii 22,233 [J/s]

Strumień ciepła w ścianie o złożonej geometrii 23,936 [J/s]

Różnica 1,703 [J/s]

(dodatkowy strumień ciepła przepływający przez fragment przegrody)

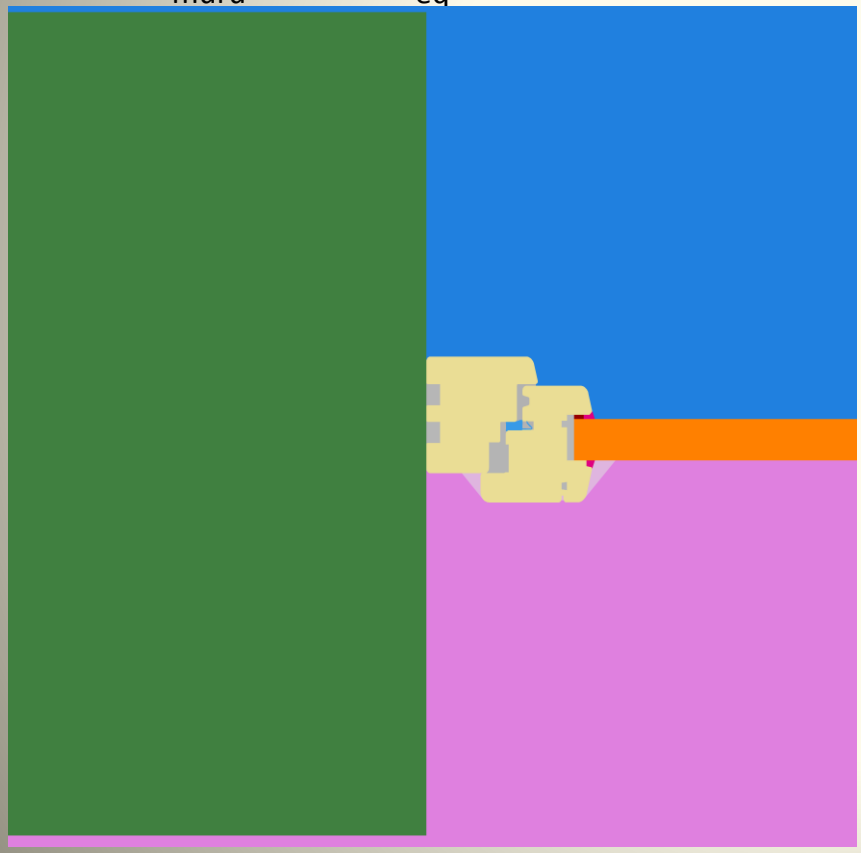
Dodatkowy strumień ciepła powodowany przez geometrię przegrody i różne właściwości cieplne materiałów odnoszony jest do długości złącza elementów, czasu 1s, i nazywany jest **współczynnikiem ψ** [J/m · K · s]

Dla rozpatrywanego przypadku $\psi = 0{,}085$ [J/m · K · s]

# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

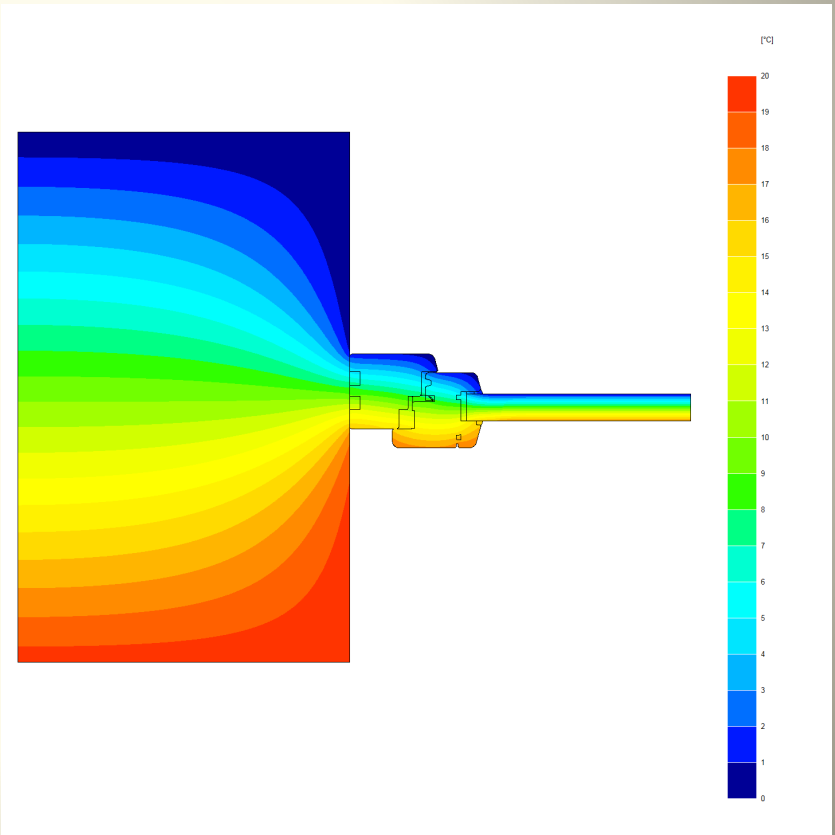
Okno umieszczone centralnie

$U_{muru}$ = 0,2; $U_{eq}$ okna = 1,243



Obliczony współczynnik

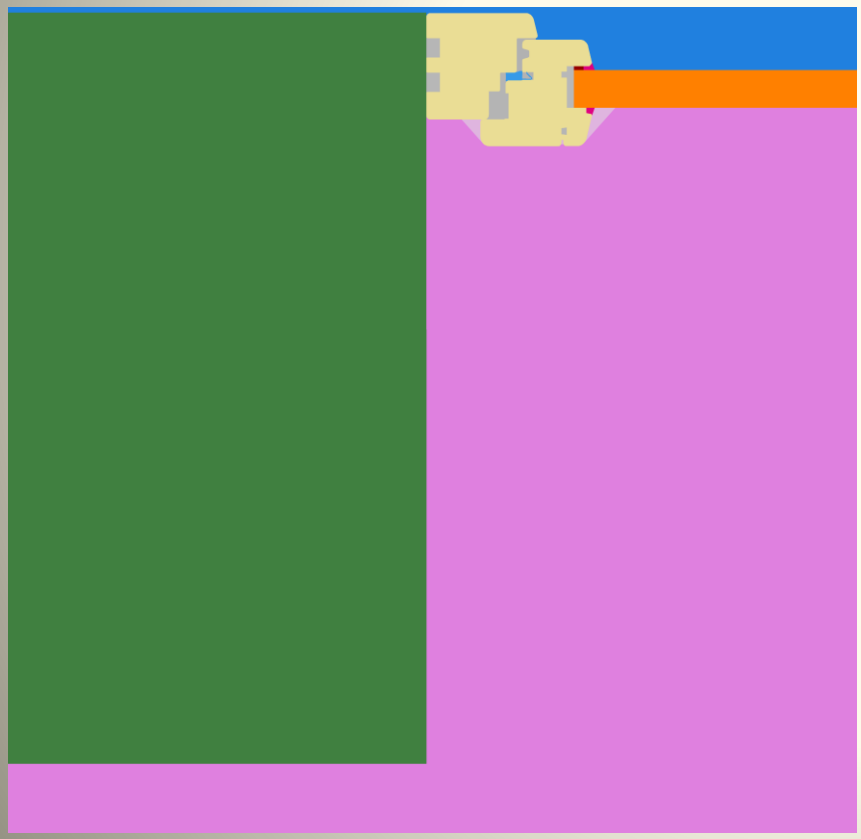
$\psi$ = 0,043 [J/m · K · s]



# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

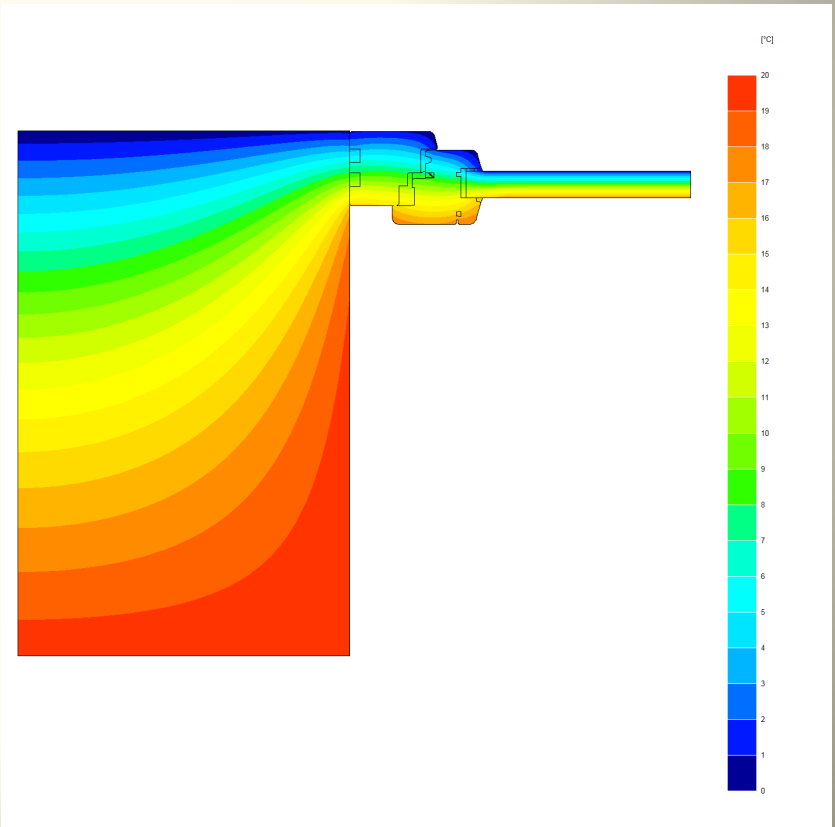
Okno zlicowane na zewnątrz

$U_{muru}$ = 0,2; $U_{eq}$ okna = 1,243



Obliczony współczynnik

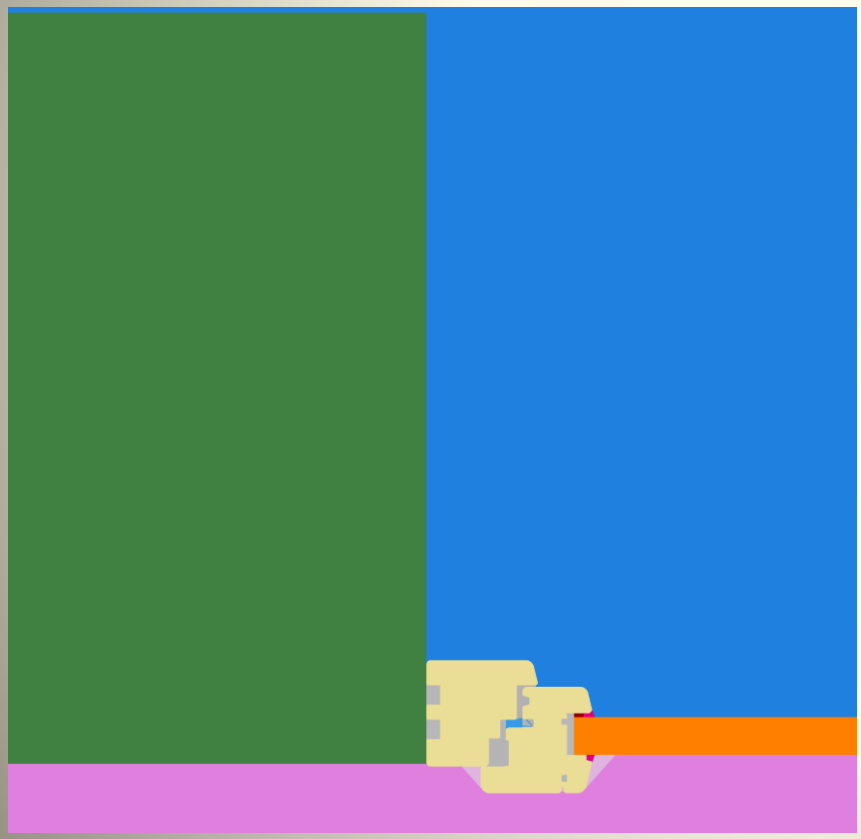
ψ = 0,080 [J/m · K · s]



# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

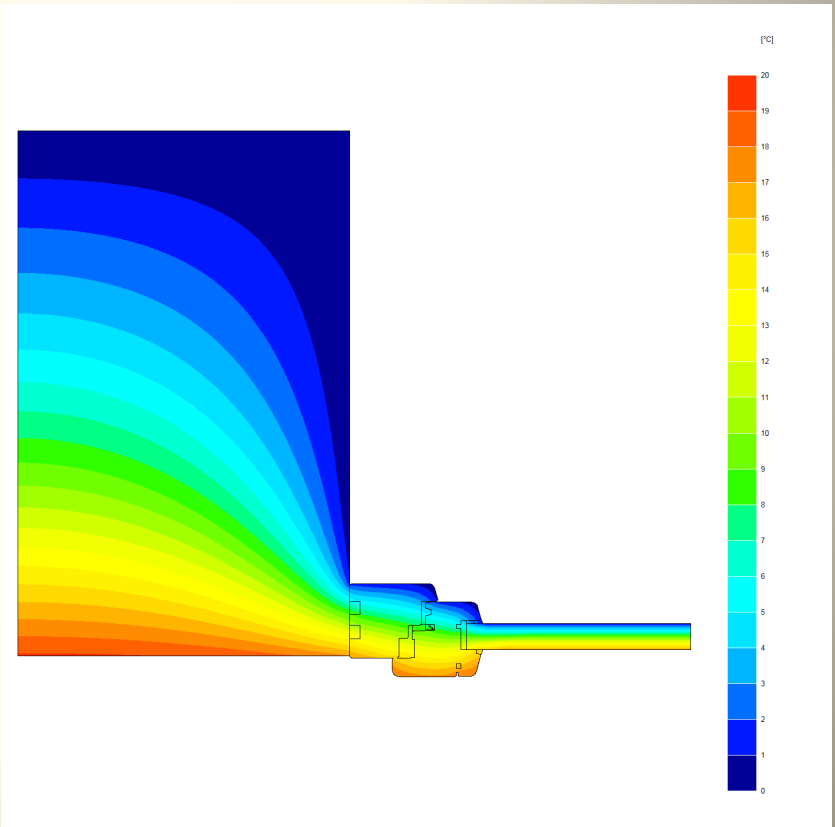
Okno zlicowane do wewnątrz

$U_{muru} = 0,2$; $U_{eq}$ okna = 1,243



Obliczony współczynnik

$\psi = 0,087$ [J/m · K · s]

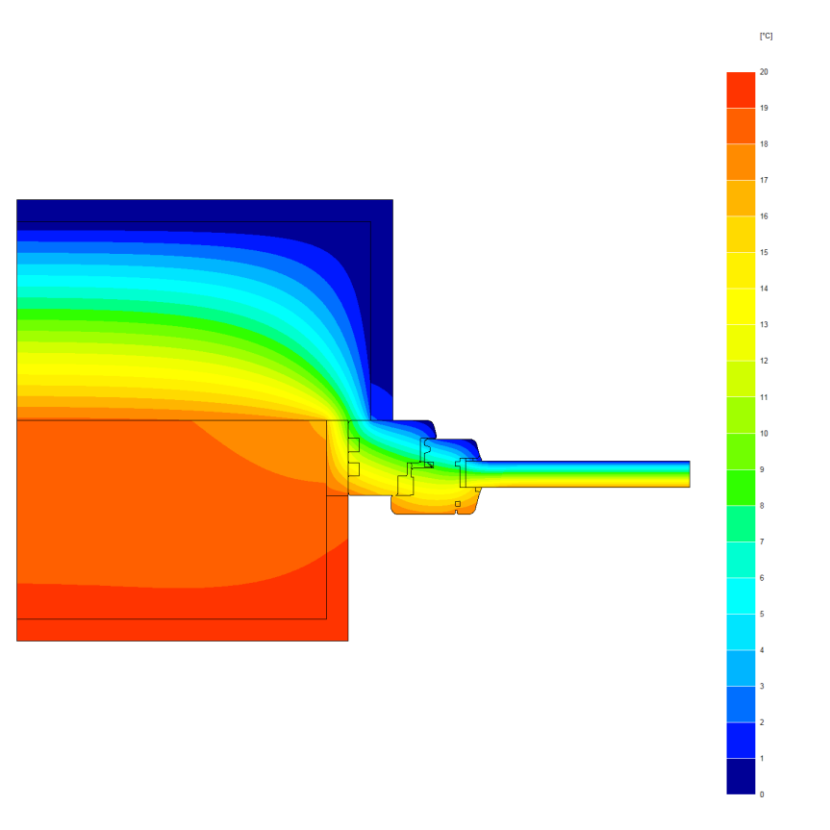


# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

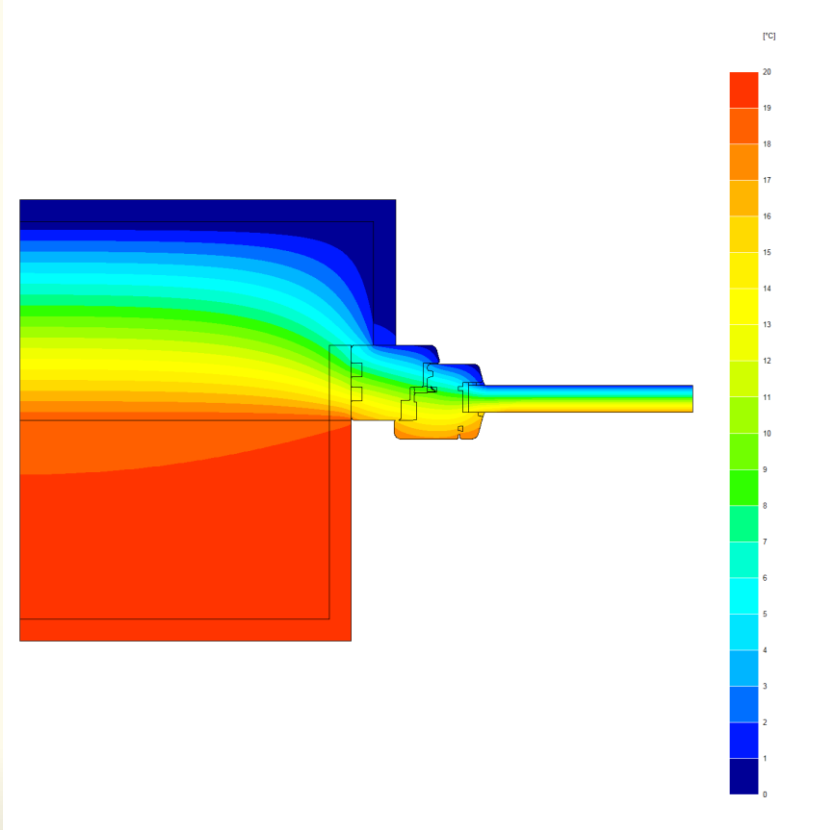
| | | |
|---|---|---|
| Współczynnik ψ dla okna zlicowanego na zewnątrz | 0,080 | [J/m · K · s] |
| Współczynnik ψ dla okna ustawionego centralnie | 0,043 | [J/m · K · s] |
| Współczynnik ψ dla okna zlicowanego od wewnątrz | 0,087 | [J/m · K · s] |

# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

Które rozwiązanie jest korzystniejsze?




Jaką wartość współczynnika ψ można przypisać każdemu z tych rozwiązań?



# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

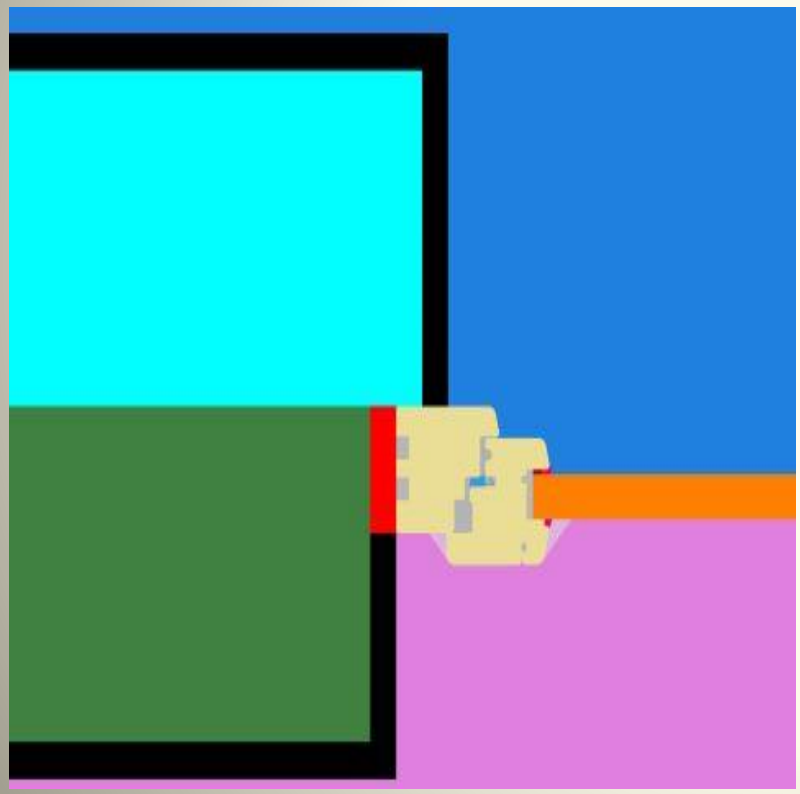
$U_{ściany} = 0,2$; $U_{sekcji\ okna} = 1,232$;

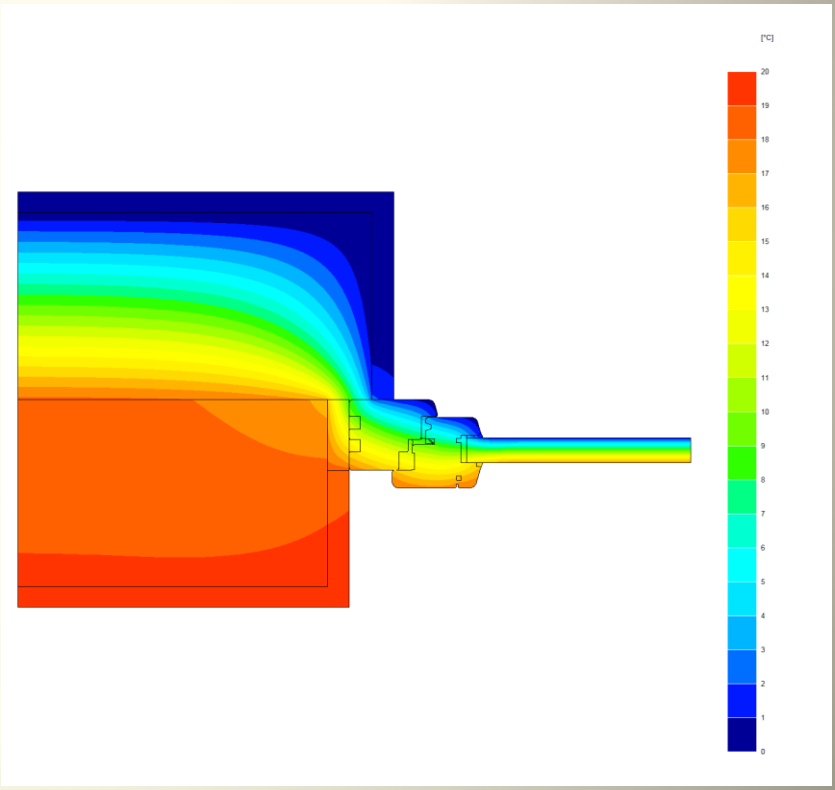
λ tynku = 1,15; λ cegieł = 0,93;

λ styropianu = 0,039

Okno osadzone w części konstrukcyjnej ściany

Ψ = 0,046

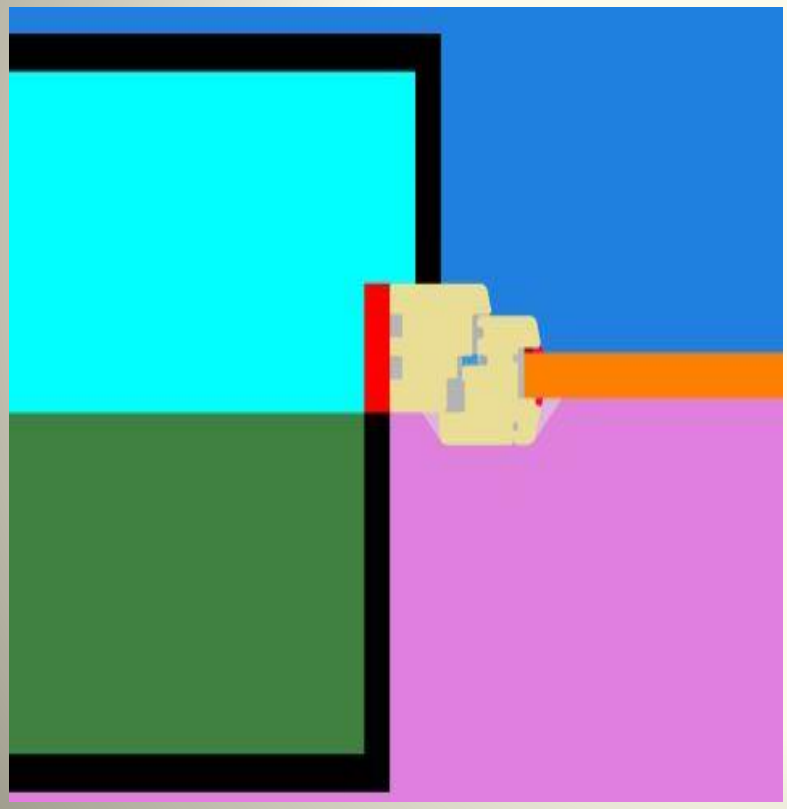


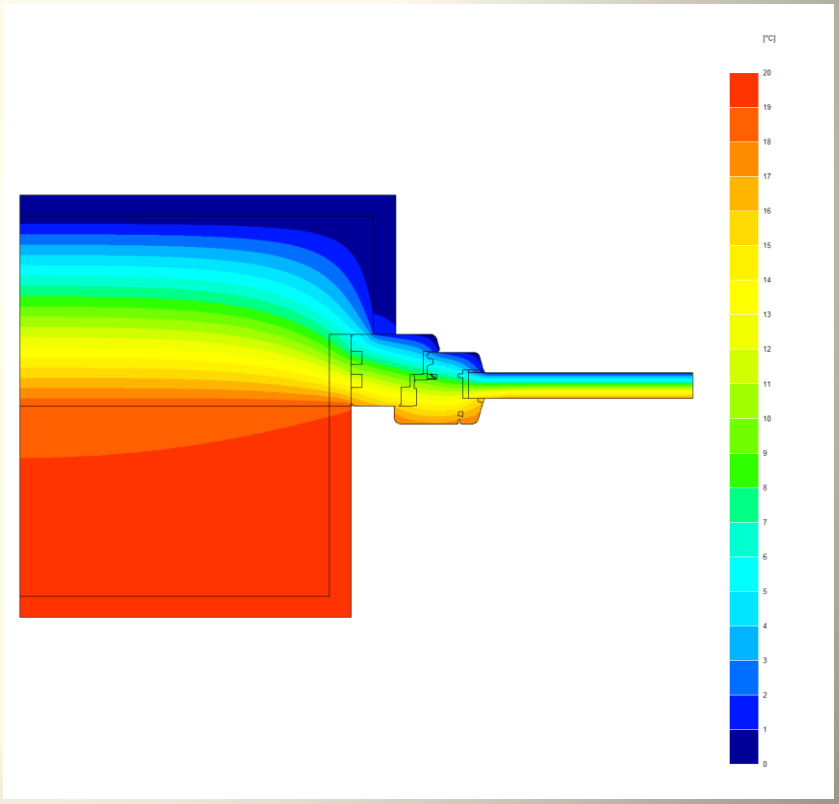


# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

$U_{ściany}$ = 0,2; $U_{sekcji\ okna}$ = 1,232;
λ tynku = 1,15; λ cegieł = 0,93;
λ styropianu = 0,039

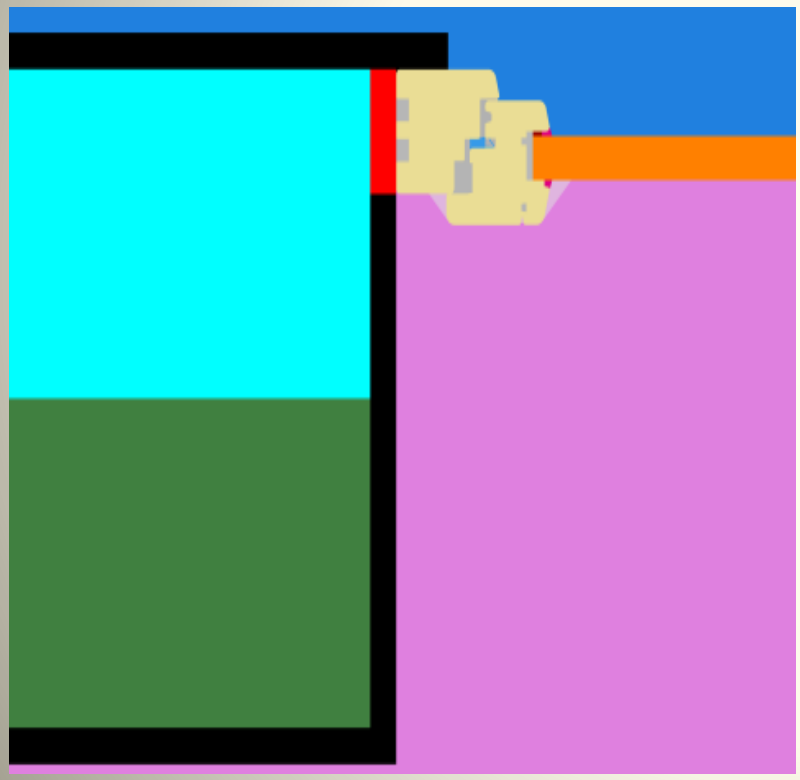
Okno osadzone na zewnątrz części konstrukcyjnej ściany
Ψ = 0,013



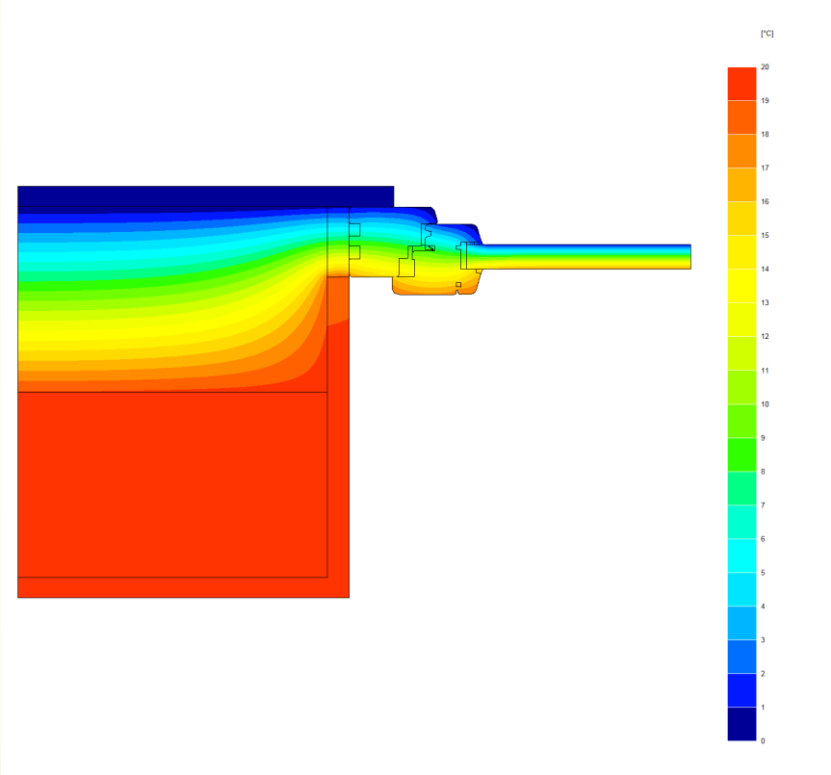


# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

$U_{ściany}$ = 0,2; $U_{sekcji\ okna}$ = 1,232;
λ tynku = 1,15; λ cegieł = 0,93;
λ styropianu = 0,039



Okno zlicowanane z zewnętrzną powierzchnią warstwy ocieplającej
Ψ = 0,028



# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

Na potrzeby projektowania detali konstrukcyjnych wolnych od mostków cieplnych należy stosować programy komputerowe, lub katalogi mostków cieplnych, które pozwolą na precyzyjne określenie wartości Ψe.

Metodyka obliczeń wykorzystana w programach komputerowych powinna być zgodna z normą PN-EN ISO 10211:2008 „Mostki cieplne w budynkach - Strumienie ciepła i temperatury powierzchni – Obliczenia szczegółowe”.

Do sporządzania charakterystyk energetycznych budynków nie należy stosować wartości orientacyjnych podanych w załączniku normy PN-EN ISO 14683:2008 „Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne”, gdyż są one obarczone zbyt dużym błędem (niepewność od 0 do 50%);

# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

Okna w budynkach NF40 i NF15 powinny spełnić następujące dodatkowe wymagania:

- szczelności powietrznej - współczynnik infiltracji powietrza dla otwieranych okien i drzwi balkonowych powinien wynosić nie więcej niż 0,3 m3/(m · h · daPa2/3). Z uwagi na zastosowanie wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła okna nie mogą być wyposażone w nawiewniki,
- połączenia okien z ościeżami należy projektować i wykonywać pod kątem osiągnięcia ich całkowitej szczelności na przenikanie powietrza,
- montażu, w taki sposób aby zminimalizować mostki cieplne na połączeniu ościeżnica-ościeże; należy stosować „ciepły montaż okien” czyli w warstwie izolacji.
- wielkość zysków ciepła od słońca ma kluczowe znaczenie dla bilansu energetycznego budynku.
- Zastosowany rodzaj szyb powinien charakteryzować się możliwie wysokim współczynnikiem g przepuszczalności energii promieniowania słonecznego;

  w przypadku szyb podwójnych g ≥ 0,60,a dla szyb potrójnych g ≥ 0,50,
- wyposażenia w elementy zacieniające co dotyczy okien skierowanych na kierunki od wschodniego przez południowy do zachodniego i wszystkich okien dachowych; elementy zacieniające nie powinny ograniczać dostępu promieniowania słonecznego w okresie zimy.

WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

Standard NF40 (wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji na poziomie 40 kWh/m$^2$ rok)

Mostki cieplne $\mathbf{\Psi_{max} = 0,10\ W/mK}$

Standard NF15 (wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji na poziomie 15 kWh/m$^2$rok)

Mostki cieplne $\mathbf{\Psi_{max} = 0,01\ W/mK}$

WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

Straty ciepła powodowane przez połączenie stolarki z murem

Założenia:

- Przyjęty okres grzewczy 150 dni
- Obwód stolarki w budynku 50 m
- Różnica temperatur 20 K
- Współczynnik Ψ dla standardu NF40 0,10 J/m · K · s

**Strata ciepła dla standardu NF40:**

$Q = 150 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0{,}10 = 1\,296\,000\,000\ J = 1296\ MJ$

1 $m^3$ gazu niezaazotowanego to 36,13 MJ, stąd zużycie w podanym okresie to

**35,9 $m^3$**

Współczynnik Ψ dla standardu NF15 0,010 J/m · K · s

**Strata ciepła dla standardu NF15:**

$Q = 150 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0{,}010 = 129\,600\,000\ J = 129{,}6\ MJ$

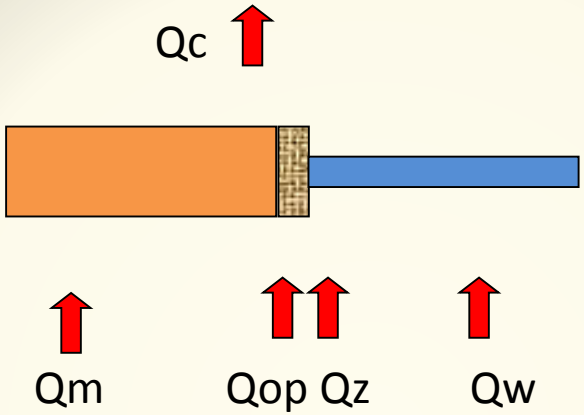
zużycie w podanym okresie to **3,59 $m^3$**

# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

Ustalenie współczynnika Ψ dla stosowanego rozwiązania służy do:

- marketingowego podnoszenia wartości stosowanego przez montażystę sposobu zabudowy okna w murze;
- poświadczenia zastosowanego sposobu montażu dla uzyskania przez inwestora dopłat za stosowanie standardu NF40 lub NF15;
- do sporządzania charakterystyk energetycznych budynków ;
- rozwijania bardziej korzystnych sposobów montażu, poprzez ocenę zarówno istniejących jak i proponowanych rozwiązań.

WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH




$$Qz = Qc - [Qm + Qop + Qw]$$

gdzie:

Qc - strumień ciepła przechodzący przez konstrukcję ściana/opaska/złącze/okno,

Qm - strumień ciepła przechodzący przez ścianę bez wnęki okiennej,

Qop - strumień ciepła przechodzący przez opaskę,

Qw - strumień ciepła przechodzący przez okno,

Qz - strumień ciepła wynikający z konstrukcji i geometrii złącza opaski z oknem

WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

| Fragment konstrukcji | Strumień całkowity (Qc) | Strumień opaski (Qop) | Strumień złącza (Qz) | „psi” Ψ |
|---|---|---|---|---|
| Przekrój boczny | 12,573 | 0,177 (Uop = 0,117) | 0,576 | **0,0271** |
| Przekrój parapetu (+ „Klinar”) | 12,970 | 0,182 | 1,014 | **0,0507** |

Laboratorium Techniki Budowlanej

www.LTB.org.pl

NB1827
AB661

# WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA W SYSTEMACH MONTAŻOWYCH

## DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ