



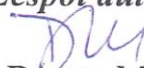
Wydział Architektury
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
Instytut Projektowania Budowlanego
Zakład Techniki Budowlanych
31-155 Kraków ul. Warszawska 24
tel: 628 2453, 628 24 57, fax: 628 24 54

Temat: Analiza przepływu strumienia ciepła przez łączniki liniowo-punktowe „Izoraba” oraz zasady obliczania i stosowania.

Zleceniodawca: Przedsiębiorstwo Usług Technicznych i Realizacji
Inwestycji Raba Sp.z o.o
ul. Drogowców 8
32-400 Myślenice

Umowa : A-4/279/2013/P

Zespół autorski:


Dr inż. Dorothea Machowska

Dyrektor Instytutu

DYREKTOR
INSTYTUTU PROJEKTOWANIA BUDOWLANEGO


dr hab. inż. arch. Teresa Kusionowicz

Kraków , czerwiec 2013

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
im. Tadeusza Kościuszki
Wydział Architektury
INSTYTUT PROJEKTOWANIA BUDOWLANEGO
31-155 Kraków, ul. Warszawska 24
tel. 628 2459

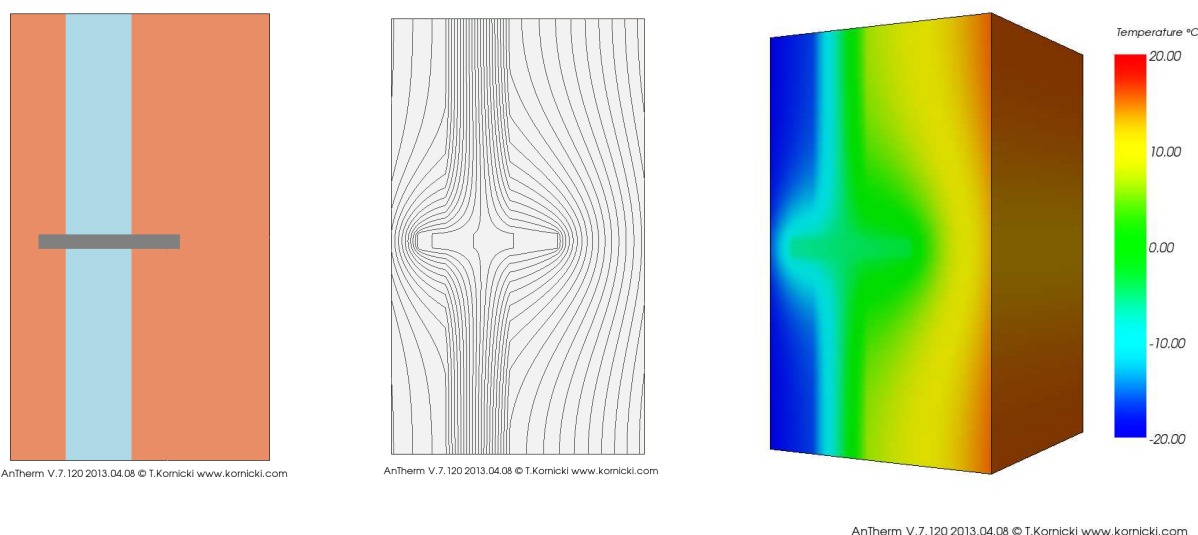
1. Pojęcie mostka cieplnego

Aby zapewnić jak najlepszą ochronę cieplną budynku, izolacja termiczna występująca w przegrodach zewnętrznych powinna być ciągła i mieć stałą, wymaganą grubość. W rzeczywistości, rozwiązania konstrukcyjne budynku wymagają przebicia warstw izolacji różnego rodzaju łącznikami, kotwami, materiałami o gorszych właściwościach cieplnych oraz miejscowego zmniejszenia jej grubości. Będzie to powodować, że w miejscach tych następować będzie większy odpływ ciepła z pomieszczenia w sezonie grzewczym, niż w pozostałej części przegród zewnętrznych, skutkiem czego nastąpi obniżenie temperatury na powierzchni przegrody od strony pomieszczenia. Miejsca takie, w których występuje zmiana strumienia cieplnego i temperatury powierzchni, w stosunku do pozostałej części przegrody nazywane są mostkami cieplnymi. Występują mostki cieplne liniowe i punktowe.

Liniowy mostek cieplny – wg [1] to mostek o jednakowym przekroju poprzecznym w jednym kierunku np. połączenie żelbetowych płyt balkonów z płytami stropowymi.

Punktowy mostek cieplny – wg [1] to mostek bez jednakowego przekroju poprzecznego w żadnym kierunku np. kotew metalowa przebijająca warstwę izolacji.

Wpływ mostków cieplnych na przepływ ciepła przez przegrodę najlepiej obrazuje rozkład izoterm, czyli linii łączących punkty o tej samej temperaturze. Na rys.1 przedstawiono rozkład izoterm oraz temperatury w miejscu mostka punktowego, którym jest metalowa kotew przebijająca warstwę izolacji.



Rys.1 Rozkład izoterm i temperatury w miejscu mostka punktowego.

2. Wielkości określające mostki cieplne

Liniowy mostek cieplny jest określany poprzez liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ , wyrażany w $[W/(m \cdot K)]$, a punktowy - poprzez punktowy współczynnik przenikania ciepła χ , wyrażany również w $[W/K]$.

Liniowe Ψ i punktowe χ współczynniki ciepła można określić korzystając z gotowych katalogów lub poprzez wykonanie obliczeń metodami komputerowymi lub uproszczonymi. Przy wyborze metody ważne jest, aby jej dokładność odpowiadała dokładności wymaganej w danych obliczeniach.

Obliczenia uproszczone zostały określone w normie [4], gdzie mostki cieplne uwzględnia się jako dodatki do wartości współczynników przenikania ciepła. Norma ta nie ma jednak zastosowania w przypadkach mostków liniowych, w których występują materiały znacząco się różniące wartościami współczynników przewodzenia ciepła λ tak jak np. stal i styropian. Z tego też powodu metod tych nie można stosować do obliczeń łączników balkonowych Izoraba, gdzie mamy do czynienia z tymi materiałami.

Określanie wartości Ψ na podstawie katalogów zawartych w normie [1] lub katalogów producentów wiąże się z możliwością wprowadzenia pewnej niedokładności. Ponieważ na wartości współczynników Ψ i χ wpływ mają wymiary i właściwości cieplne wszystkich warstw przegród występujących w miejscu mostka, a przykłady podane w katalogach mają ustalone parametry, dlatego można je zastosować pod warunkiem, że zarówno wymiary, jak i właściwości cieplne detalu z katalogu są zbliżone do rozważanego detalu lub są od nich mniej korzystne.

Obliczenia współczynników Ψ metodami dokładnymi - numerycznymi wymagane jest min. do zakwalifikowania projektowanego budynku do grupy budynków energooszczędnych, dla których można ubiegać się o dofinansowanie z NFOŚiGW [8].

Liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ w sposób dokładny, z zastosowaniem metod numerycznych określonych w normie [2], oblicza się ze wzoru:

$$\Psi = (L^{3D} - \sum U_k \cdot A_k) / b \quad [W/(m \cdot K)] \quad (1)$$

$$\text{lub} \quad \Psi = L^{2D} - \sum U_k \cdot l_k \quad [W/(m \cdot K)] \quad (2)$$

w którym:

- L^{3D} - współczynnik sprzężenia cieplnego (wartość bezwzględna strumienia ciepła na powierzchni zewnętrznej lub wewnętrznej elementu obudowy podzielona przez przyjętą w obliczeniach różnicę temperatury środowiska zewnętrznego i wewnętrznego), otrzymany w wyniku trójwymiarowych obliczeń komponentu oddzielającego dwa rozpatrywane środowiska, $[W/K]$
- L^{2D} - współczynnik sprzężenia cieplnego otrzymany w wyniku dwuwymiarowych obliczeń komponentu oddzielającego dwa rozpatrywane środowiska, $[W/(m \cdot K)]$
- U_k - współczynnik przenikania ciepła, $[W/(m^2 \cdot K)]$
- l_k - jest długością, w ramach modelu dwuwymiarowego, do której ma zastosowanie współczynnik przenikania ciepła U_k , $[m]$
- A_k - jest powierzchnią, do której ma zastosowanie współczynnik U_k , $[m^2]$
- b - jest długością wycinka elementu, dla którego obliczono współczynnik L^{3D} , $[m]$.

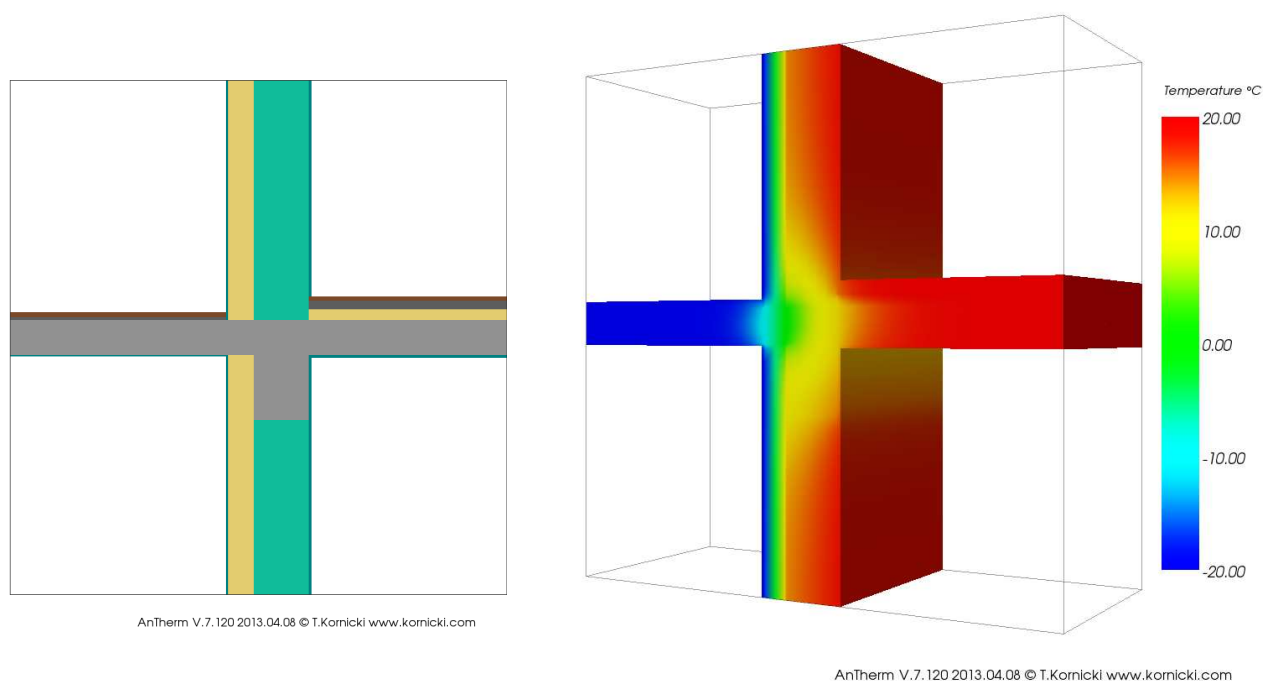
3. Porównanie wartości współczynników Ψ dla mostków liniowych przy różnych rozwiązaniach połączenia płyty balkonowej z płytą stropową.

Aby określić, jak zastosowanie łączników Izoraba wpływa na uzyskiwane wartości współczynników Ψ dla mostków liniowych w miejscu połączenia balkonu ze ścianą i stropem, wykonano obliczenia porównawcze dla trzech przykładów, w których budowa przegród jest taka sama, natomiast zmienia sposób połączenia płyty balkonowej z płytą stropową. We wszystkich przypadkach współczynnik przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej wynosi $U=0,284 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, grubość płyty żelbetowej balkonowej i stropowej wynosi 16 cm. Obliczenia wykonano metodą modelowania trójwymiarowego, przy użyciu programu [7]. Dodatkowo przedstawiono jak dane rozwiązanie wpływa na rozkład temperatury w przegrodzie.

Przykład 1 - Płyta balkonowa bez izolacji (rys.2)

$\Psi = 0,728 \text{ W/K}$ - w miejscu połączenia balkonu ze ścianą i stropem.

Płyta balkonowa bez izolacji była powszechnie stosowana w starszych budynkach. W obecnie projektowanych budynkach rzadko występuje. Jak wynika z rys.2, w miejscu połączenia płyty balkonowej z przegrodami budynku, czyli w miejscu mostka liniowego, następuje wychłodzenie spowodowane większym odpływem ciepła na zewnątrz przegrody przez mostek. Efektem tego jest obniżona temperatura powierzchni w narożniku od strony wewnętrznej (jaśniejszy kolor), co może sprzyjać powstawaniu w tych miejscach pleśni.

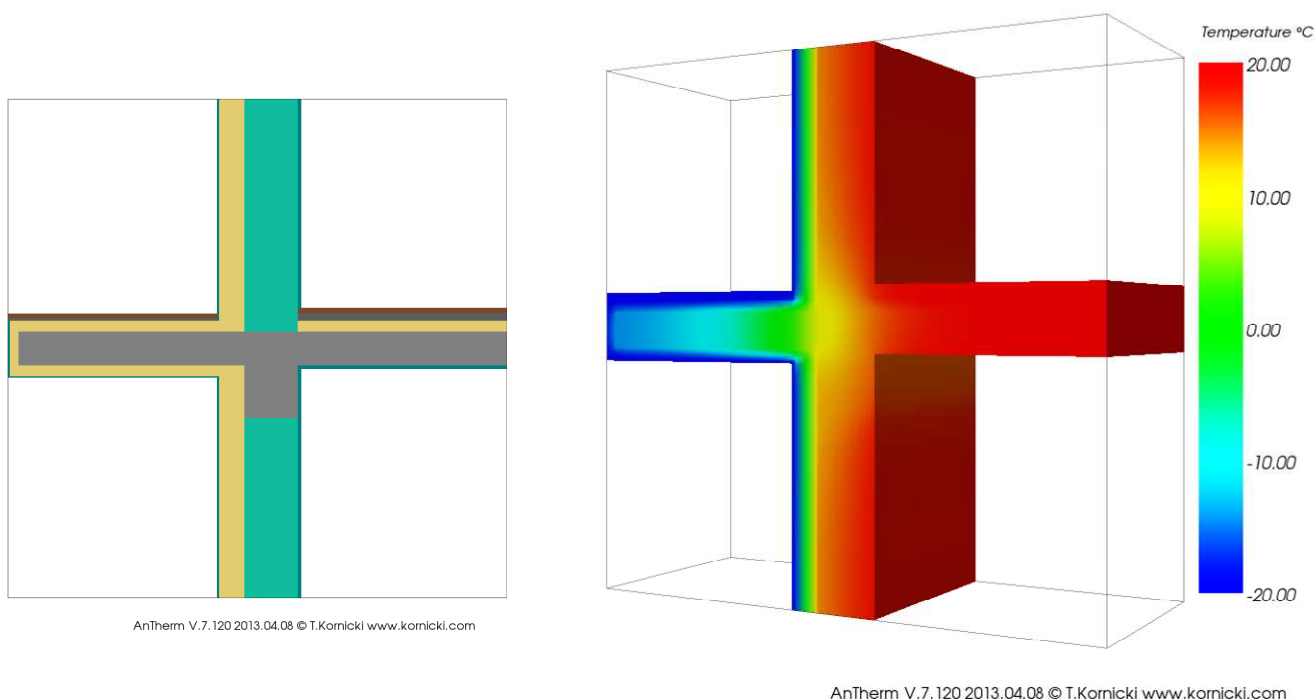


Rys.2. Przekrój i rozkład temperatury dla przegrody z nieizolowaną płytą balkonową. Widoczne obniżenie temperatury w narożniku od wewnętrznej strony.

Przykład 2 - Płyta balkonowa zaizolowana (rys.3)

$\Psi = 0,353 \text{ W/K}$ - w miejscu połączenia balkonu ze ścianą i stropem..

Aby ograniczyć odpływ ciepła, płyta zostaje obłożona ze wszystkich stron materiałem izolacyjnym. Do obliczeń przyjęto styropian o grubości 5 cm. Jest to powszechnie stosowane rozwiązanie w obecnie projektowanych budynkach. W miejscu połączenia płyty z przegrodami występuje wychłodzenie (rys.3), ale jest ono mniejsze, niż w przypadku płyty bez izolacji. Temperatura powierzchni w narożnikach pomieszczeń jest obniżona, ale w niewielkim stopniu. Wadą tego rozwiązania jest to, że zwiększona grubość płyty balkonowej w skutek zaizolowania, może mieć niekorzystny wpływ na wygląd budynku. Z czasem na jej powierzchni mogą pojawić się uszkodzenia np. zarysowania.



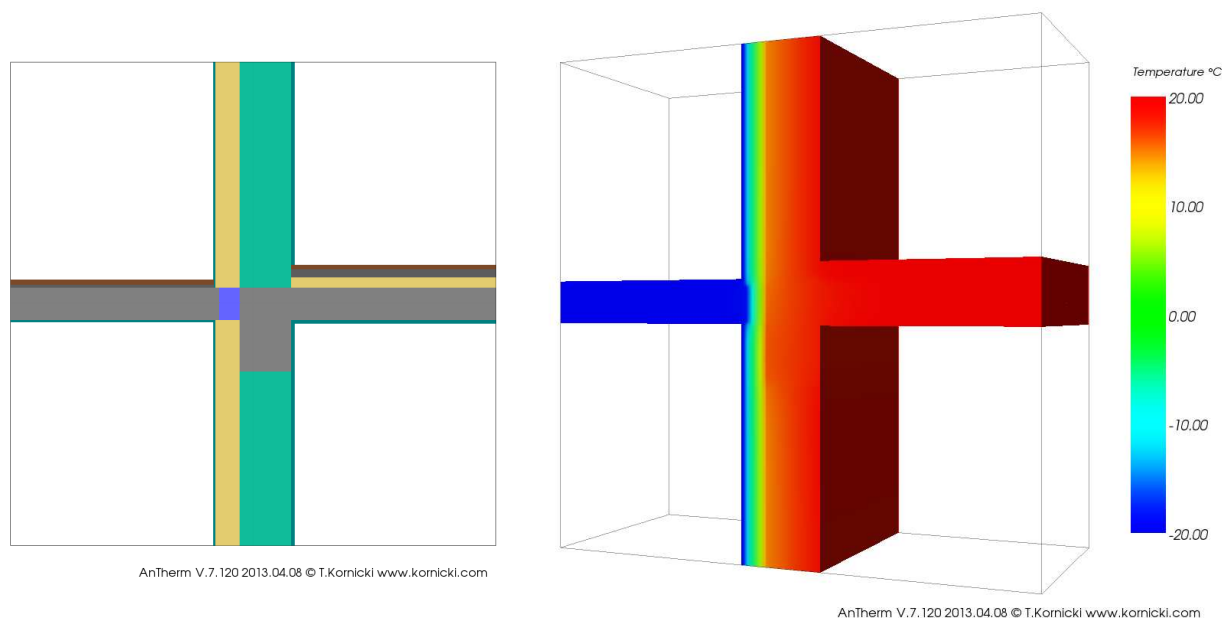
Rys. 3. Przekrój i rozkład temperatury dla przegrody z zaizolowaną płytą balkonową.

Przykład 3 - Płyta balkonowa z łącznikiem Izoraba (rys.4)

$\Psi = 0,055 \text{ W/K}$ - w miejscu połączenia balkonu ze ścianą i stropem.

Uzyskano najmniejszą, a tym samym najlepszą wartość współczynnika Ψ , spośród trzech obliczanych przykładów. W miejscu połączenia płyty balkonowej z przegrodami zastosowano łącznik Izoraba o wartości $\lambda_r = 0,07 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, który nie powoduje wychłodzenia przegród wokół połączenia. Ciepło tylko w bardzo niewielkim stopniu odpływa przez łącznik. W porównaniu do poprzedniego przykładu, rozwiązanie jest lepsze także dlatego, że płyty balkonowe pozostają cienkie. Przy zastosowaniu łączników Izoraba istnieje możliwość redukcji mostków cieplnych do minimalnych wartości, ze względu na budowę łącznika. Składa się on z części izolacyjnej wykonanej ze styropianu oraz części statycznej składającej się z

prętów i płytek. Na grubości łącznika pręty i płytki są wykonane ze stali nierdzewnej, której współczynnik przewodzenia ciepła λ jest ok. 3- tnie mniejszy, niż stali zwykłej. Rozwiązanie takie skutecznie eliminuje problemy związane z korozją oraz redukuje do minimum przepływ ciepła przez pręty i płytki łącznika.



Rys. 4. Przekrój i rozkład temperatury dla przegrody z łącznikiem balkonowym Izoraba .

4. Wpływ mostków cieplnych na straty ciepła przez przenikanie

Ponieważ w miejscach mostków cieplnych występuje zwiększony odpływ ciepła, w porównaniu do pozostałej części przegrody, występowanie mostków cieplnych będzie powodować zwiększenie zużycia energii do ogrzewania pomieszczeń.

W obliczeniach strat ciepła, mostki liniowe mają wpływ na wartości związane z przenikaniem ciepła przez przegrody, którą oblicza się wg wzorów podanych poniżej.

Projektowa strata ciepła Φ przez przenikanie z ogrzewanej przestrzeni budynku do otoczenia obliczana jest ze wzoru:

$$\Phi = H_{tr} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (3)$$

w którym:

H_{tr} - współczynnik straty ciepła przez przenikanie, obliczany ze wzoru (4), [W]

θ_i - temperatura przestrzeni ogrzewanej, zależna od rodzaju pomieszczenia, przyjmuje się wartości zgodne z [5], [°C]

θ_e - temperatura środowiska zewnętrznego, zależna od lokalizacji budynku w Polsce, przyjmowana zgodnie z normą [6], [°C].

Wartość Φ służy min. do określania wielkości grzejników dla ogrzewanego pomieszczenia.

Wartość projektowego współczynnika H_{tr} zależy od własności cieplnych wszystkich elementów budynku oddzielających przestrzeń ogrzewaną od środowiska zewnętrznego i oblicza się go ze wzoru:

$$H_{tr} = \sum_k A_k \cdot U_k + \sum_j \Psi_j \cdot l_j \quad [\text{W/K}] \quad (4)$$

w którym:

U_k – współczynnik przenikania ciepła k- tego elementu budynku, $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$

A_k – powierzchnia, do której ma zastosowanie wartość U_k , $[\text{m}^2]$

Ψ_j – współczynnik przenikania ciepła j-tego liniowego mostka cieplnego, $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$

l_j – długość, do której ma zastosowanie wartość Ψ_j , $[\text{m}]$

Obliczenia nie uwzględniają nieliniowych mostków cieplnych. Mostki punktowe np. łączniki mechaniczne, spoiny itp. uwzględniane są we współczynnikach przenikania ciepła U przegród.

Wartość H_{tr} wykorzystywana jest również w obliczeniach charakterystyki energetycznej budynku, gdzie określa się roczne straty ciepła przez przenikanie Q_{tr} , które są sumą strat ciepła w poszczególnych miesiącach, określanych wg wzoru:

$$Q_{tr} = \sum H_{tr} \cdot (\theta_i - \theta_{esr}) \cdot t_M \cdot 10^{-3} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (5)$$

w którym:

θ_i – j.w.

θ_{esr} – średnia temperatura powietrza zewnętrznego w danym miesiącu, wg danych dla najbliższej stacji meteorologicznej dla obliczanego budynku, $[\text{°C}]$

t_M – liczba godzin w miesiącu, $[\text{h}]$

Q_{tr} wchodzi w skład wartości, na podstawie których obliczane jest zapotrzebowania na energię przez budynek w ciągu roku.

Dla budynku zlokalizowanego np. w Krakowie wzór (5) można uprościć do postaci:

$$Q_{tr} = 72,9 \cdot H_{tr} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (6)$$

Dla 3 przykładów przegród budowlanych przedstawionych na rys.2, 3 i 4 wykonano obliczenia porównawcze, związane ze stratami ciepła, które zawarto w tabeli 1.

Przyjęto następujące dane do obliczeń:

- temperatura powietrza w pomieszczeniu $\theta_i = 20 \text{ °C}$
- temperatura powietrza zewnętrznego $\theta_e = - 20 \text{ °C}$
- współczynnik przenikania ciepła ściany zewnętrznej $U = 0,284 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

	Płyta balkonowa bez izolacji (rys.2)	Płyta balkonowa z izolacją (rys.3)	Płyta balkonowa z łącznikiem Izoraba (rys.4)
Liniowy współczynnik przenikania ciepła mostka cieplnego Ψ [W/(m·K)]	0,728	0,353	0,055
Współczynnik strat ciepła przez przenikanie przez 1m ² ściany bez mostka, obliczony wg wzoru: $H_{tr} = UA$ [W/K]	0,284	0,284	0,284
Współczynnik strat ciepła przez przenikanie przez 1m ² ściany z mostkiem o długości 1 m, obliczony wg wzoru: $H_{tr} = (UA + \Psi l)$ [W/K]	1,012	0,637	0,339
Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania na pokrycie strat przez przenikanie ciepła przez 1m ² ściany bez mostka, obliczone wg wzoru (6) [kWh/rok]	21	21	21
Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania na pokrycie strat przez przenikanie ciepła przez 1m ² ściany z mostkiem o długości 1 m, obliczone wg wzoru (6) [kWh/rok]	74	46	25

Tab.1. Porównanie wpływu sposobu połączeń płyty balkonowej z płytą stropową na straty ciepła przez przenikanie.

Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń zamieszczonych w (tab.1), najmniejsze zapotrzebowanie na energię do ogrzewania potrzebnej na pokrycie strat przez przenikanie uzyskano, gdy przy połączeniu płyty stropowej z płytą balkonową zastosowano łącznik Izoraba.

5. Wpływ mostków cieplnych na powierzchniową kondensację pary wodnej

W miejscach mostków cieplnych występuje obniżenie temperatury powierzchniowej. Zbyt niska temperatura powierzchni może spowodować powierzchniową kondensację pary wodnej, która przy dłuższej obecności może sprzyjać rozwojowi pleśni. Wystąpienie tego zjawiska zależy będzie min. od temperatury powietrza w pomieszczeniu θ_i i jego wilgotności względnej ϕ , która określa w jakim stopniu powietrze jest nasycone parą wodną. Definicja wilgotności względnej ϕ mówi, że jest to stosunek rzeczywistej zawartości pary wodnej w danej objętości powietrza do ilości pary wodnej, jaką ta objętość mogłaby przyjąć w tej samej temperaturze i ciśnieniu. Osiągnięcie wartości równej $\phi = 100\%$ oznacza, że powietrze jest całkowicie nasycone parą wodną i dalsze jego nasycanie jest niemożliwe, gdyż nadmiar wilgoci będzie się wykraplał w postaci mgły, rosy. Stan ten nazywa się **punktem rosy**.

Każdej temperaturze powietrza θ_i i wilgotności względnej φ_i odpowiada określona temperatura punktu rosy. Przykładowo, dla powietrza o temperaturze 20°C i wilgotności względnej $\varphi_i = 50\%$ temperatura punktu rosy wynosi 9,3 °C. Oznacza to, że jeśli powietrze z pomieszczenia zetknie się z powierzchnią, która będzie miała temperaturę niższą od jego temperatury punktu rosy, czyli od temperatury 9,3 °C, wówczas powietrze osiągnie stan nasycenia i na tej powierzchni nastąpi wykraplanie się pary wodnej, czyli pojawi się zawilgocenie. Jest to niekorzystne zjawisko, ponieważ utrzymujące się zawilgocenie będzie sprzyjało rozwojowi pleśni.

Do obliczeń ciepłno-wilgotnościowych stosuje się czynnik temperaturowy $f_{Rsi,min}$ określany wg [3] wzorem:

$$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad (7)$$

w którym:

θ_i – temperatura powietrza w pomieszczeniu, przyjmuje się wartości zgodne z [5], [°C]

θ_e – temperatura powietrza zewnętrznego, przy czym należy przyjmować jego średnie miesięczne wartości, zależne od lokalizacji budynku, wg najbliższej stacji meteorologicznej, [°C]

$\theta_{si,min}$ – minimalna temperatura powierzchni wewnętrznej przegrody, poniżej której będzie następowało pojawianie się zawilgocenia, [°C].

Ponieważ zgodnie z przepisami [5], na wewnętrznej powierzchni nieprzeźroczystej przegrody zewnętrznej nie może występować kondensacja pary wodnej umożliwiającą rozwój grzybów pleśniowych, dlatego też w celu spełnienia tego wymagania, rozwiązania przegród zewnętrznych i połączeń w obudowie powinny charakteryzować się współczynnikiem temperaturowym $f_{Rsi,min}$ nie mniejszym niż wartość dopuszczalna $f_{Rsi,min,dop}$ określona zgodnie z normą [3]. Wymaganą wartość $f_{Rsi,min,dop}$ w pomieszczeniach ogrzewanych do temperatury co najmniej 20 °C w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy określać zakładając, że średnia miesięczna wartość wilgotności względnej powietrza wewnętrznego jest równa $\varphi_i = 50\%$, przy czym dopuszcza się przyjmowanie wymaganej wartości tego współczynnika równej $f_{Rsi,min,dop} = 0,72$.

Jeśli do wzoru (7) wstawimy $f_{Rsi,min,dop} = 0,72$, $\theta_i = 20^\circ\text{C}$, to po jego przekształceniu otrzymamy, że w typowych warunkach panujących w pomieszczeniu, minimalna temperatura powierzchni wewnętrznej przegrody, poniżej której będzie następowało pojawianie się zawilgocenia, będzie wynosić:

$$\theta_{si,min} = 14,4 + (1-0,72) \cdot \theta_e \quad [^\circ\text{C}] \quad (8)$$

Wg normy [3], aby uniknąć rozwoju pleśni, wilgotność względna powietrza na powierzchni nie powinna przekraczać wartości $\varphi_{si} = 80\%$ przez kilka dni. Maksymalną, dopuszczalną wilgotność względną powietrza w pomieszczeniu, z uwagi na ochronę przed kondensacją powierzchniową umożliwiającą rozwój pleśni, można obliczyć ze wzoru:

$$\varphi_{i,dop} = 0,8 \cdot \frac{e^{\frac{17,269 \cdot \theta_{si,min}}{237,5 + \theta_{si,min}}}}{e^{\frac{17,269 \cdot \theta_i}{237,5 + \theta_i}}} \cdot 100\% \quad (9)$$

Przykładowo, jeśli temperatura w pomieszczeniu wynosi $\theta_i = 20^\circ\text{C}$, wilgotność powietrza w pomieszczeniu $\varphi_i = 50\%$, temperatura zewnętrzna $\theta_e = -5^\circ\text{C}$, $f_{Rsi,min,dop} = 0,72$, wówczas krytyczna temperatura przy której może nastąpić kondensacja pary wodnej (wzór 8), wynosi $\theta_{si,min} = 13^\circ\text{C}$. Natomiast rozwój pleśni może nastąpić przy tych temperaturach, jeśli wilgotność powietrza (wzór 9), wzrośnie w pomieszczeniu i przez kilka dni będzie wyższa niż $\varphi_{i,dop} = 54\%$.

Z wystąpieniem kondensacji na wewnętrznej powierzchni mostków mamy do czynienia najczęściej w budynkach mieszkalnych ze zbyt szczelnymi oknami i bez urządzeń do napływu powietrza wentylacyjnego.

Dla trzech przykładów przegród budowlanych przedstawionych na rys.2, 3 i 4 wykonano obliczenia porównawcze, związane z kondensacją powierzchniową, których wyniki zamieszczano w tabeli 2.

Przyjęto następujące dane do obliczeń:

- temperatura powietrza w pomieszczeniu $\theta_i = 20^\circ\text{C}$
- temperatura powietrza zewnętrznego $\theta_e = -5^\circ\text{C}$.

	Płyta balkonowa bez izolacji (rys.2)	Płyta balkonowa z izolacją (rys.3)	Płyta balkonowa z łącznikiem Izoraba (rys.4)
Współczynnik $f_{Rsi,min,dop}$	0,72	0,72	0,72
Współczynnik f_{Rsi}	0,76	0,84	0,92
Krytyczna temperatura, przy której może nastąpić kondensacja pary wodnej $\theta_{si,min}$ [$^\circ\text{C}$]	13	13	13
Najniższa temperatura na powierzchni wewnętrznej, od strony pomieszczenia θ_{si} [$^\circ\text{C}$]	14,0	16,1	17,9
Dopuszczalna wilgotność powietrza, przy której może nastąpić wykraplanie pary wodnej $\varphi_{i,dop}$ [%]	68	78	88

Tab.2. Porównanie wpływu sposobu połączeń płyty balkonowej z płytą stropową na możliwość wystąpienia kondensacji powierzchniowej i rozwój pleśni na ścianach pomieszczenia.

Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń zamieszczonych w (tab.2), we wszystkich przypadkach temperatury na powierzchniach wewnętrznych przegród, w najbardziej narażonych na skraplanie pary wodnej miejscach, jakimi są narożniki, są wyższe od krytycznej temperatury, przy której może nastąpić kondensacja pary wodnej. Również dopuszczalne wilgotności względne, przy których może nastąpić wykraplanie pary wodnej, są wyższe od

tych występujących zazwyczaj w budynkach. Najlepsze wyniki uzyskano w przypadku, gdy do połączenia płyty stropowej z płytą balkonową zastosowano łącznik Izoraba.

6. Budynki energooszczędne z łącznikami Izoraba

Wg wymogów zawartych w [8], budynki energooszczędne powinny się charakteryzować obniżonymi wartościami współczynników przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych, w stosunku do wymagań zawartych w [5], jak również liniowe współczynniki przenikania ciepła Ψ dla mostków dla płyt balkonowych, nie powinny przekraczać określonych wartości, które wynoszą:

- dla budynków energooszczędnych NF40: $\Psi = 0,2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- dla budynków energooszczędnych NF15: $\Psi = 0,01 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Ponieważ osiągnięcie standardów budynków NF15 jest możliwe jedynie dla balkonów stanowiących odrębną konstrukcję względem ścian budynku, dlatego też w dalszej części opracowania wzięto pod uwagę tylko budynki energooszczędne NF40.

W punkcie 7.1 i 7.2 podano przykładowe rozwiązania energooszczędnych przegród, w których zastosowano łączniki Izoraba. Ściany zewnętrzne w tych rozwiązaniach spełniają wymagania dla budynków energooszczędnych NF40, określonych w [8]. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że otrzymane wartości współczynników Ψ dla mostków dla balkonów spełniają wymagania dla budynków NF40.

Zastosowanie łączników Izoraba pozwala uzyskać współczynniki Ψ dla mostków dla płyt balkonowych, zgodne z wymaganiami dla budynków energooszczędnych NF40.

7. Wartości współczynników Ψ dla przykładowych przegród, w których zastosowano łączniki Izoraba.

7.1. Wartości współczynnika Ψ , gdy ściana zewnętrzna ma $U = 0,139 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

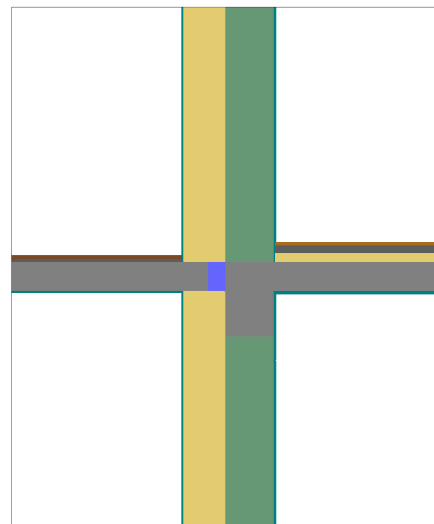
Budowa obliczanej przegrody (schemat obok):

ściana:

- tynk cem.-wap. $d = 1,5 \text{ cm}$, $\lambda = 0,82 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- pustak ceramiczny $d = 29 \text{ cm}$, $\lambda = 0,4 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- izolacja $d = 25 \text{ cm}$, $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- tynk cienkowarstwowy $d = 0,8 \text{ cm}$, $\lambda = 1,0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

strop:

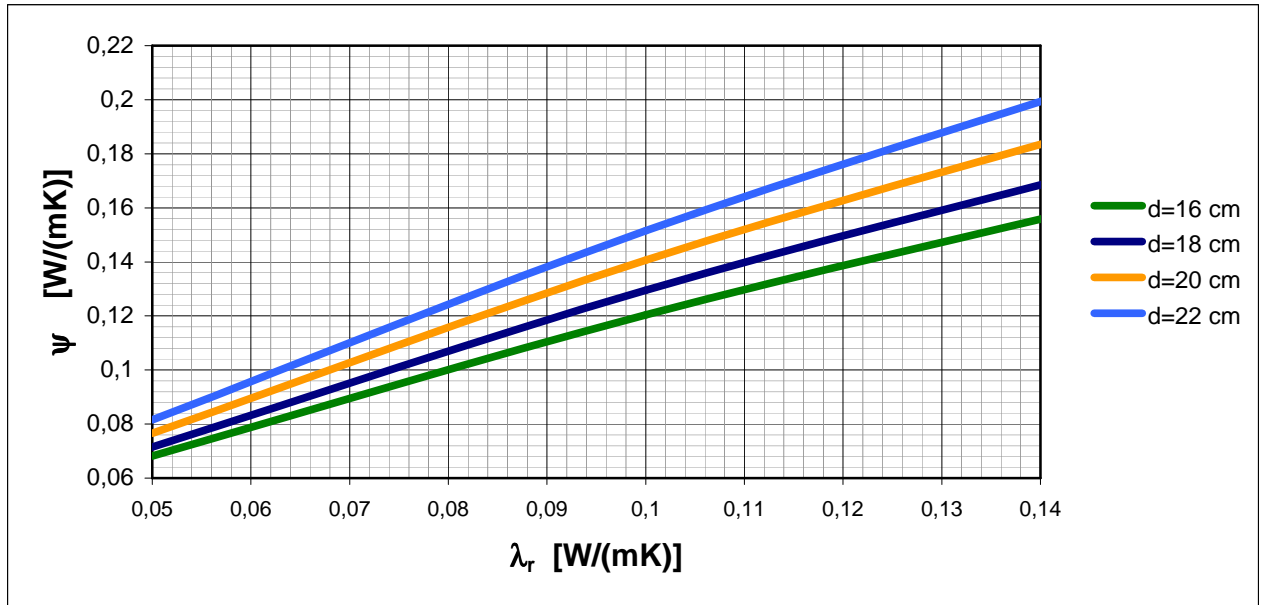
- parkiet dębowy $d = 2,0 \text{ cm}$, $\lambda = 0,22 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- posadzka cementowa $d = 4 \text{ cm}$, $\lambda = 1,7 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- izolacja $d = 5 \text{ cm}$, $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- strop żelbetowy $d = 16 \div 22 \text{ cm}$, $\lambda = 2,3 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- tynk cem.-wap. $d = 1,5 \text{ cm}$, $\lambda = 0,82 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$



AnTherm V.7.120 2013.04.08 © T.Kornicki www.kornicki.com

balkon:

- płytki ceramiczne $d = 2 \text{ cm}$, $\lambda = 1,05 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- posadzka cementowa $d = 2 \text{ cm}$, $\lambda = 1,7 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- płyta żelbetowa $d = 16 \div 22 \text{ cm}$, $\lambda = 2,3 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- tynk cienkowarstwowy $d = 0,8 \text{ cm}$, $\lambda = 1,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$



Wykres 1. Zależność współczynnika Ψ mostka liniowego od wartości współczynnika λ_r łączników Izoraba i grubości d płyty balkonowej i stropowej – przykład 7.1.

7.2. Wartości współczynnika Ψ , gdy ściana zewnętrzna ma $U = 0,141 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

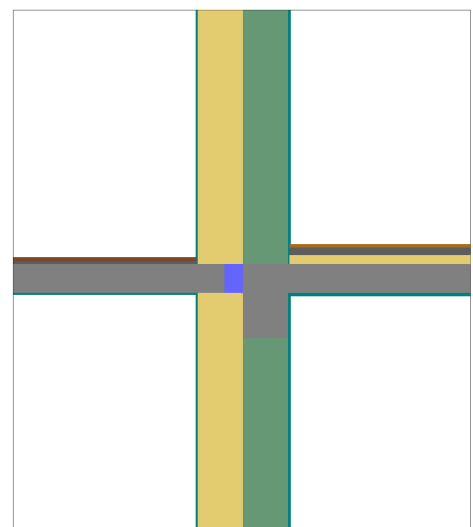
Budowa obliczanej przegrody (schemat obok):

ściana:

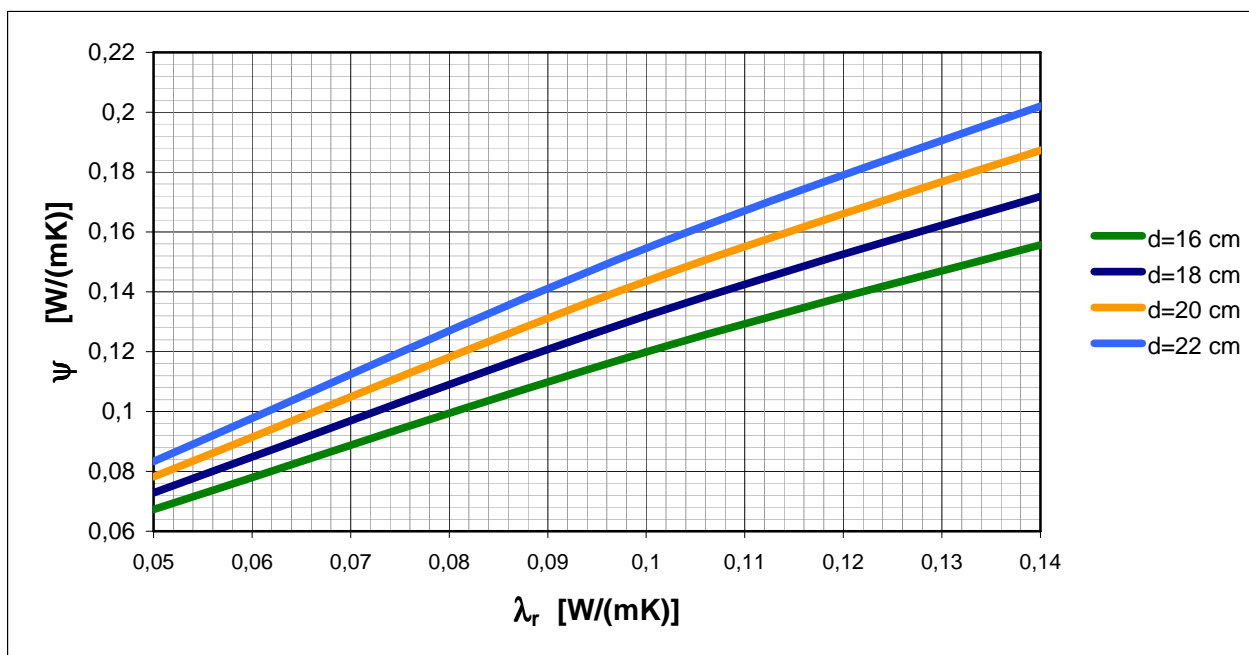
- tynk cem.-wap. $d = 1,5 \text{ cm}$, $\lambda = 0,82 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- pustak ceramiczny $d = 25 \text{ cm}$, $\lambda = 0,4 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- izolacja $d = 25 \text{ cm}$, $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- tynk cienkowarstwowy $d = 0,8 \text{ cm}$, $\lambda = 1,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

strop: jak w przykładzie 7.1.

balkon: jak w przykładzie 7.1.



AnTherm V.7.120 2013.04.08 © T.Kornicki www.kornicki.com



Wykres 2. Zależność współczynnika Ψ mostka liniowego od wartości współczynnika λ_r łączników Izoraba i grubości d płyty balkonowej i stropowej – przykład 7.2.

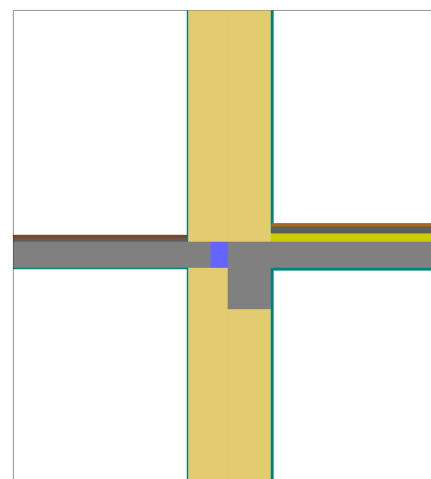
7.3. Wartości współczynnika Ψ , gdy ściana zewnętrzna ma $U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Budowa obliczanej przegrody (schemat obok):
ściana:

- tynk cem.-wap. $d = 1,5 \text{ cm}$, $\lambda = 0,82 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- pustak $d = 48 \text{ cm}$, $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- tynk cienkowarstwowy $d = 0,8 \text{ cm}$, $\lambda = 1,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

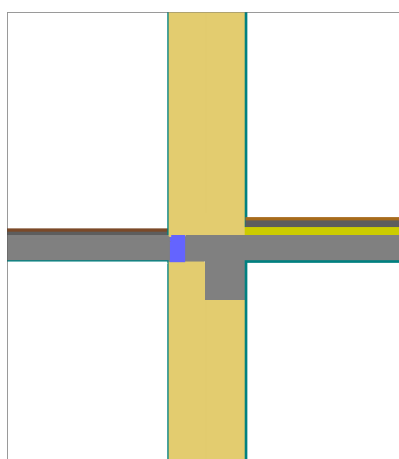
strop: jak w przykładzie 7.1.

balkon: jak w przykładzie 7.1.

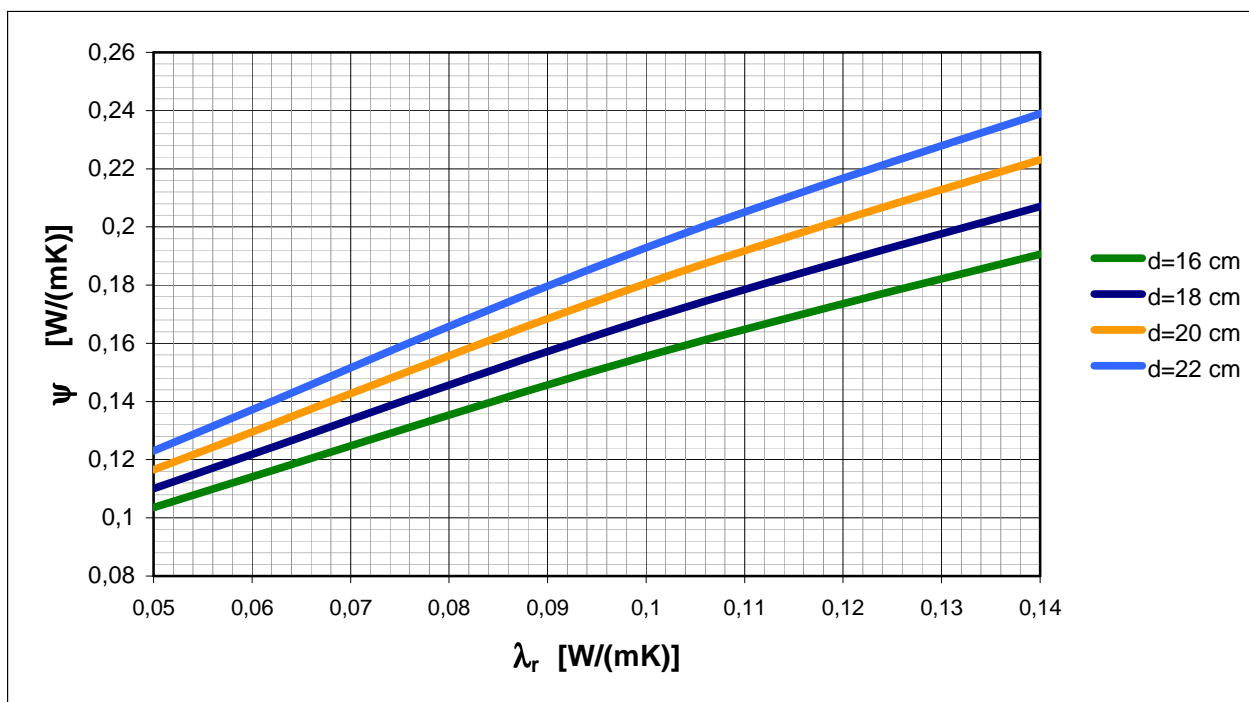


AnTherm V.7.120 2013.04.08 © T.Kornicki www.kornicki.com

rysunek do wyboru



AnTherm V.7.120 2013.04.08 © T.Kornicki www.kornicki.com



Wykres 3. Zależność współczynnika Ψ mostka liniowego od wartości współczynnika λ_r łączników Izoraba i grubości d płyty balkonowej i stropowej – przykład 7.3.

7.4. Wartości współczynnika Ψ , gdy ściana zewnętrzna ma $U = 0,264 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

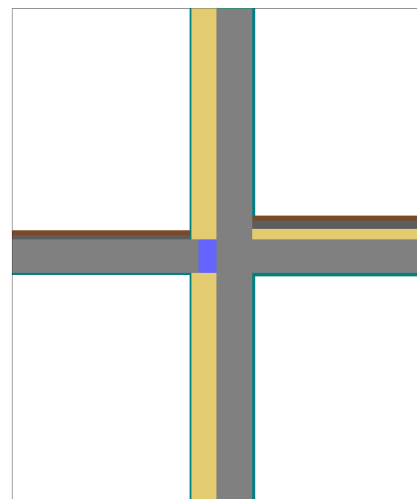
Budowa obliczanej przegrody (schemat obok):

ściana:

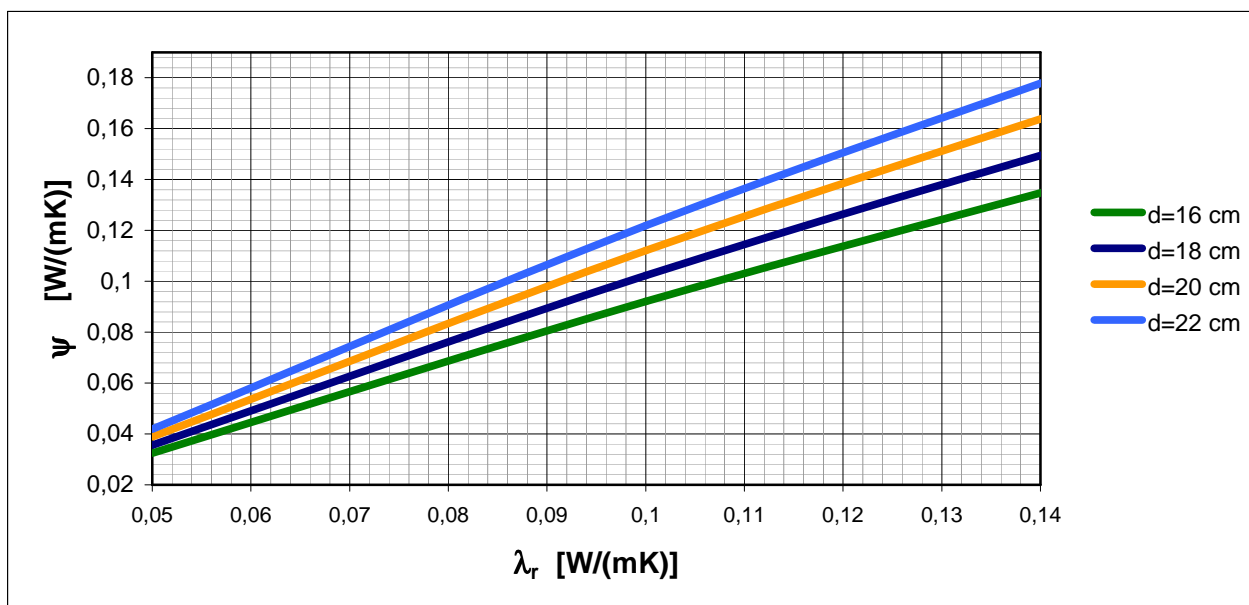
- tynk cem.-wap. $d = 1,5 \text{ cm}$, $\lambda = 0,82 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- żelbet $d = 20 \text{ cm}$, $\lambda = 2,3 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- izolacja $d = 14 \text{ cm}$, $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- tynk cienkowarstwowy $d = 0,8 \text{ cm}$, $\lambda = 1,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

strop: jak w przykładzie 7.1.

balkon: jak w przykładzie 7.1.



AnTherm V.7.120 2013.04.08 © T.Komiccki www.komiccki.com



Wykres 4. Zależność współczynnika Ψ mostka liniowego od wartości współczynnika λ_r łączników Izoraba i grubości d płyty balkonowej i stropowej – przykład 7.4.

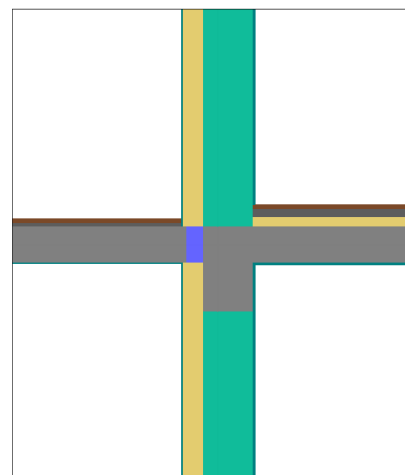
7.5. Wartości współczynnika Ψ , gdy ściana zewnętrzna ma $U = 0,265 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Budowa obliczanej przegrody:
ściana:

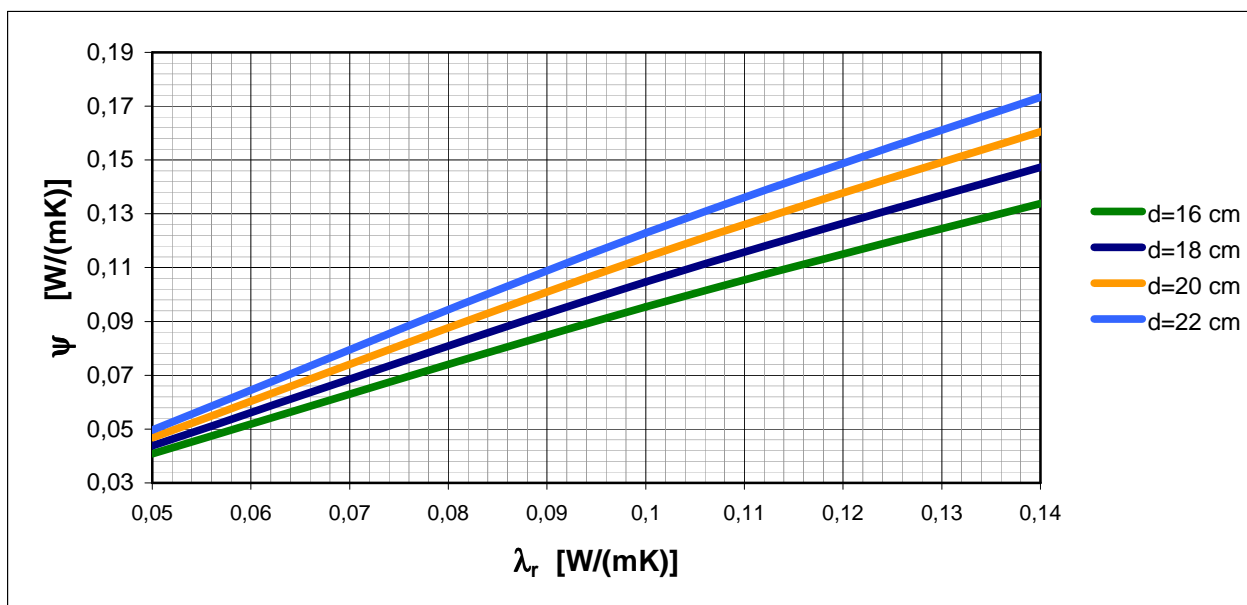
- tynk cem.-wap. $d = 1,5 \text{ cm}$, $\lambda = 0,82 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- pustak ceramiczny $d = 29 \text{ cm}$, $\lambda = 0,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- izolacja $d = 12 \text{ cm}$, $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- tynk cienkowarstwowy $d = 0,8 \text{ cm}$, $\lambda = 1,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

strop: jak w przykładzie 7.1.

balkon: jak w przykładzie 7.1.



AnTherm V.7.120 2013.04.08 © T.Kornicki www.kornicki.com



Wykres 5. Zależność współczynnika Ψ mostka liniowego od wartości współczynnika λ_r łączników Izoraba i grubości d płyty balkonowej i stropowej – przykład 7.5

7.6. Wartości współczynnika Ψ , gdy ściana zewnętrzna ma $U = 0,27 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

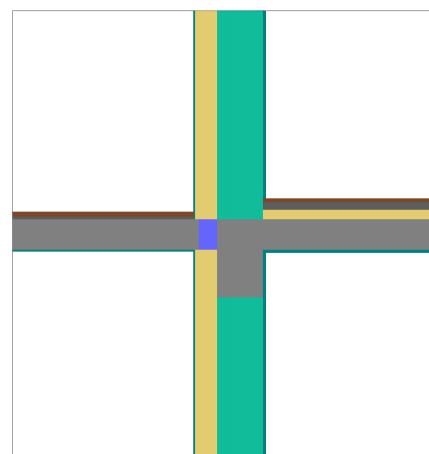
Budowa obliczanej przegrody (schemat obok):

ściana:

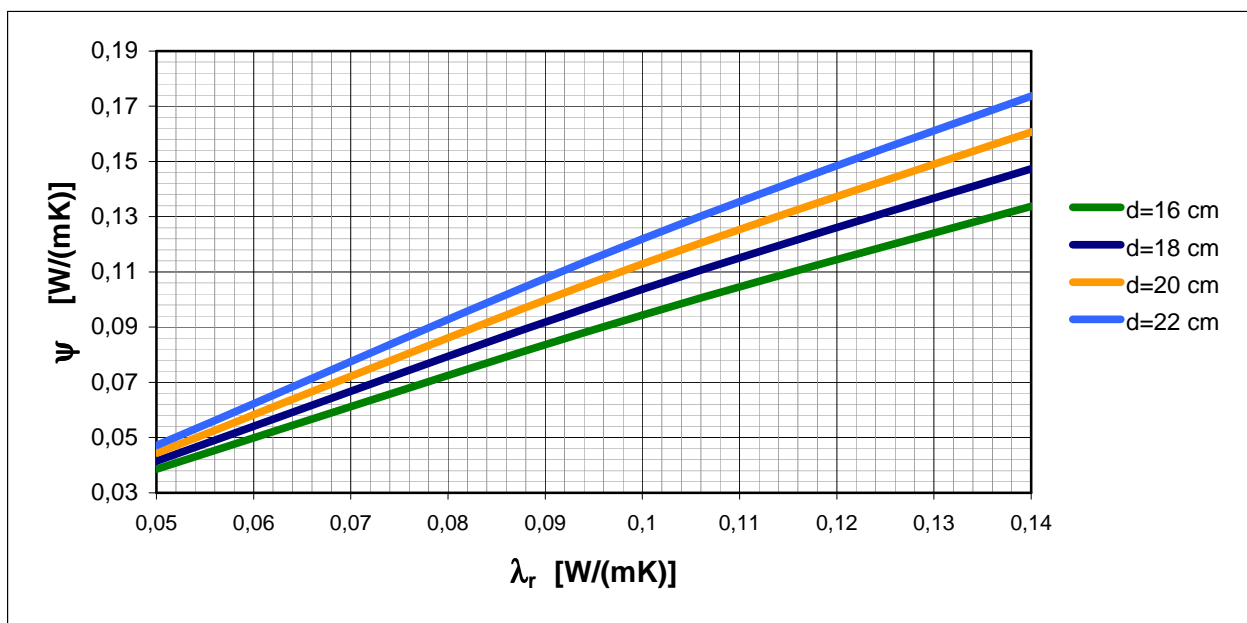
- tynk cem.-wap. $d = 1,5 \text{ cm}$, $\lambda = 0,82 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- pustak ceramiczny $d = 25 \text{ cm}$, $\lambda = 0,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- izolacja $d = 12 \text{ cm}$, $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- tynk cienkowarstwowy $d = 0,8 \text{ cm}$, $\lambda = 1,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

strop: jak w przykładzie 7.1.

balkon: jak w przykładzie 7.1.



AnTherm V.7.120 2013.04.08 © T.Kornicki www.kornicki.com



Wykres 6. Zależność współczynnika Ψ mostka liniowego od wartości współczynnika λ_r łączników Izoraba i grubości d płyty balkonowej i stropowej – przykład 7.6.

7.7. Przykład obrazujący jak wyznaczać Ψ na podstawie zamieszczonych wykresów

Powyżej na wykresach zestawiono wartości współczynników Ψ dla balkonów w przykładowych przegrodach budynków energooszczędnych, zgodnych z [8] (przykład 7.1. i 7.2) oraz balkonów w przegrodach spełniających obowiązujące przepisy [5] (przykład 7.3 ÷ 7.6). Do obliczeń wykorzystano wartości λ_r łączników Izoraba, które podano w punkcie 8.

Z zamieszczonych wykresów można odczytać gotowe wartości współczynników Ψ , dla różnych grubości płyty stropowej i balkonowej, w zależności od wartości λ_r użytego łącznika. Założono, że płyta balkonowa ma tę samą grubość, co płyta stropowa. Dodatkowo w punkcie 7.8 załączono wykresy przedstawiające uzyskane w procesie modelowania dwuwymiarowego wartości L^{2D} , z których następnie wyznaczono wartości Ψ .

Wartości mostków liniowych obliczonych dla przykładowych przegród odnoszą się do wymiarów zewnętrznych.

W przykładzie 7.1 ÷ 7.2 łączniki Izoraba są zlokalizowane w środku przegrody. Mogą one być również zlokalizowane na krawędzi przegrody tj. przesunięte w lewo. Ponieważ otrzymuje się wówczas wartości Ψ wyższe o ok. 0 ÷ 3% od tych umieszczonych w środku, dlatego też można wykorzystać podane wykresy.

Jak już wcześniej wspomniano, podane na wykresach wartości Ψ można zastosować, gdy zarówno wymiary, jak i właściwości cieplne przegród z przykładu są zbliżone do rozważanego detalu lub są od nich mniej korzystne.

Przykład wyznaczania współczynnika Ψ dla mostka liniowego w miejscu połączenia balkonu ze ścianą i stropem.

Założenia do przykładu:

budowa ściany zewnętrznej:

- tynk cem.-wap. $d=1,5$ cm, $\lambda = 0,82$ W/(m·K)

- pustak ceramiczny $d = 25 \text{ cm}$, $\lambda = 0,38 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- izolacja $d = 25 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- tynk cienkowarstwowy $d = 0,8 \text{ cm}$, $\lambda = 1,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

budowa stropu i balkonu – jak w przykładzie 7.1,
grubość płyty balkonowej i stropowej - $d = 16 \text{ cm}$.

płyta balkonowa ma być połączona z płytą stropową łącznikiem Izoraba WS-h160-T2-S.

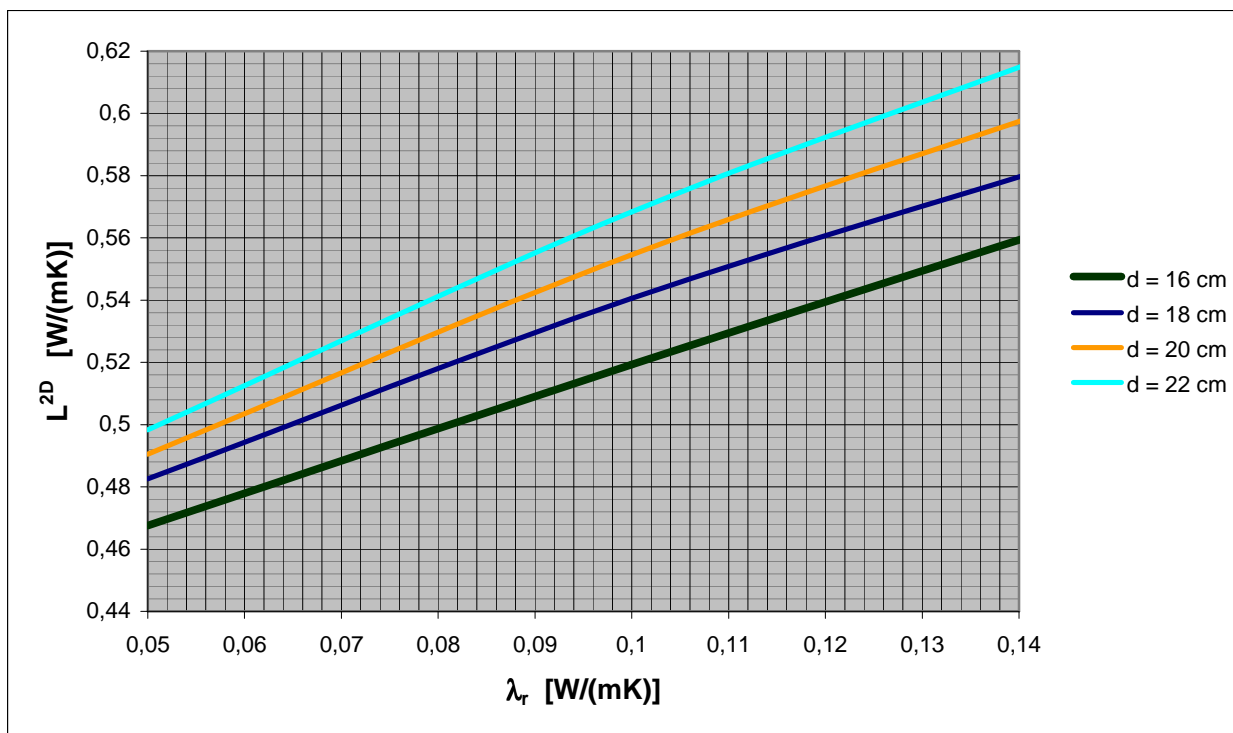
Określenie wartości współczynnika Ψ

Budowa ściany zewnętrznej jest najbardziej zbliżona do tej przedstawionej w punkcie 7.2. Ponieważ współczynniki λ z przykładu są korzystniejsze od tych podanych w punkcie 7.2, więc można wykorzystać przykład 7.2 do dalszych obliczeń. Z tabeli zawartej w punkcie 8 odczytujemy, że dla łącznika Izoraba WS-h160-T2-S współczynnik λ_r wynosi $0,08 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Następnie z wykresu 2 odczytujemy, że dla $\lambda_r = 0,08 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, grubości stropu $d = 16 \text{ cm}$, współczynnik Ψ wynosi $0,1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

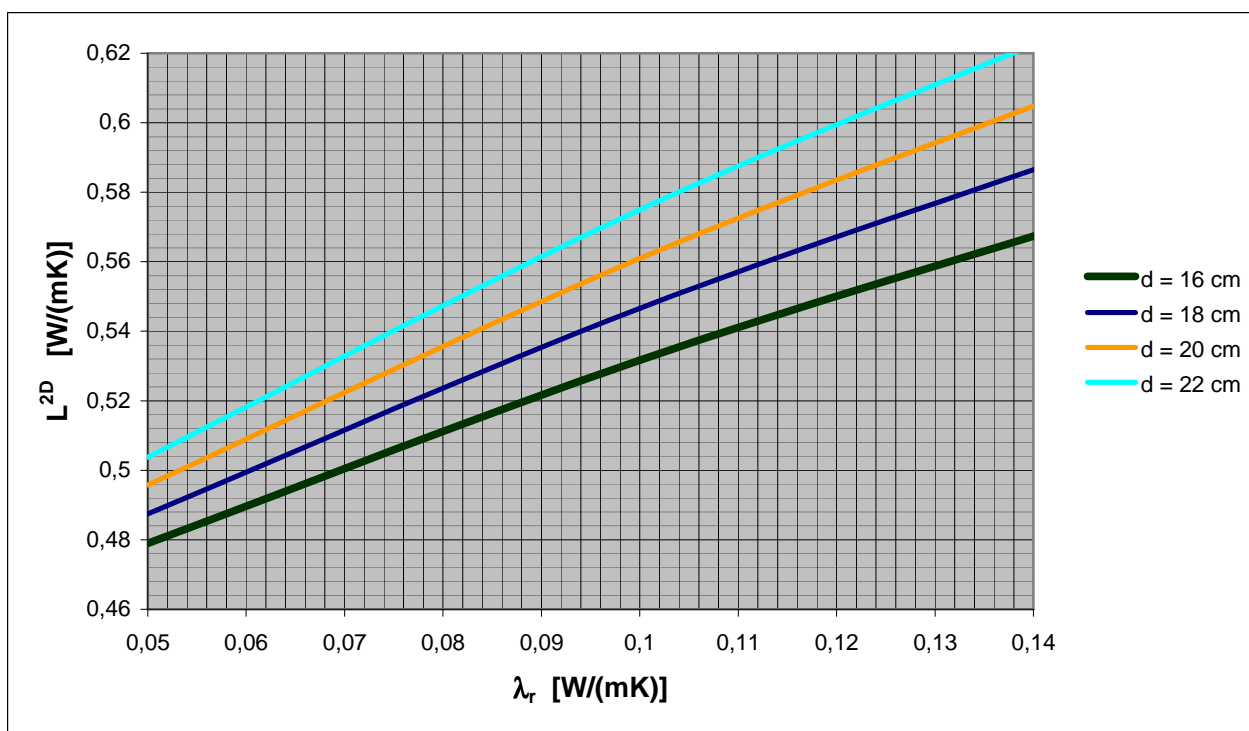
Wynik

Dla podanych przegród budowlanych współczynnik $\Psi = 0,1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ dla mostka liniowego dla balkonu.

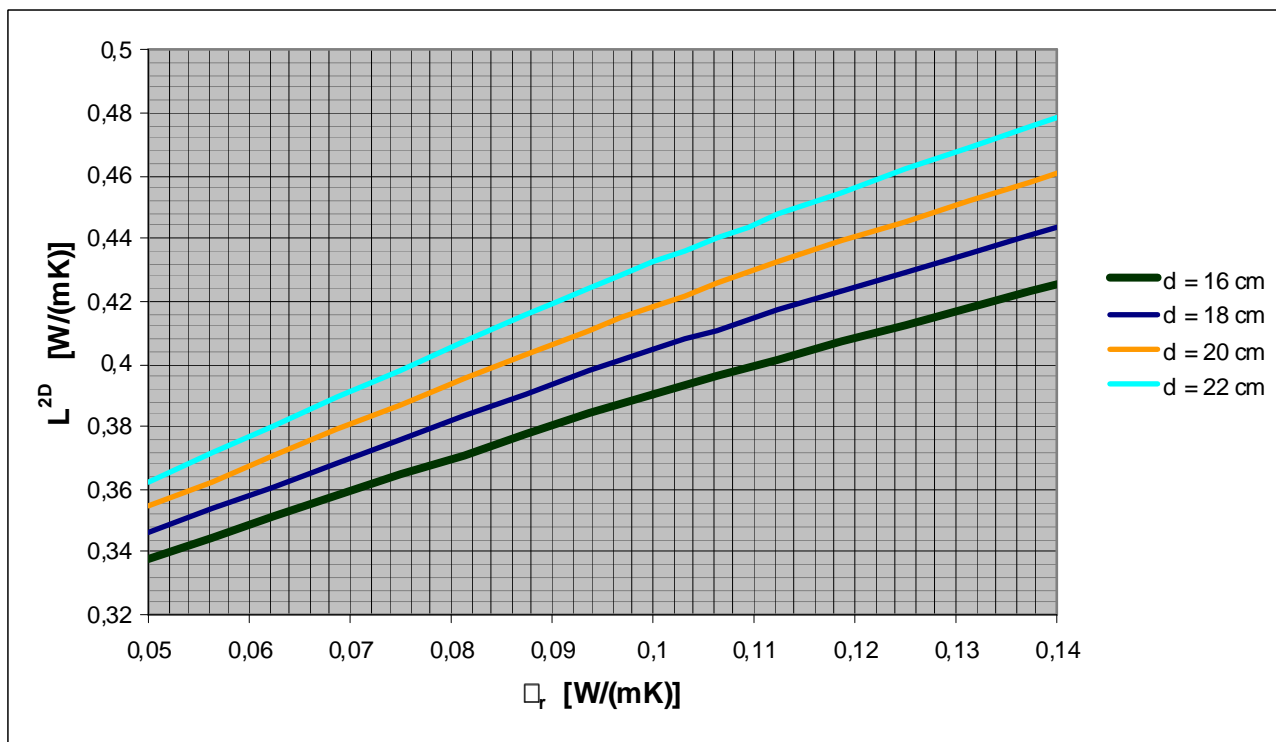
7.8. Zestawienie wykresów obrazujących zależność współczynników L^{2D} od wartości λ_r łączników Izoraba.



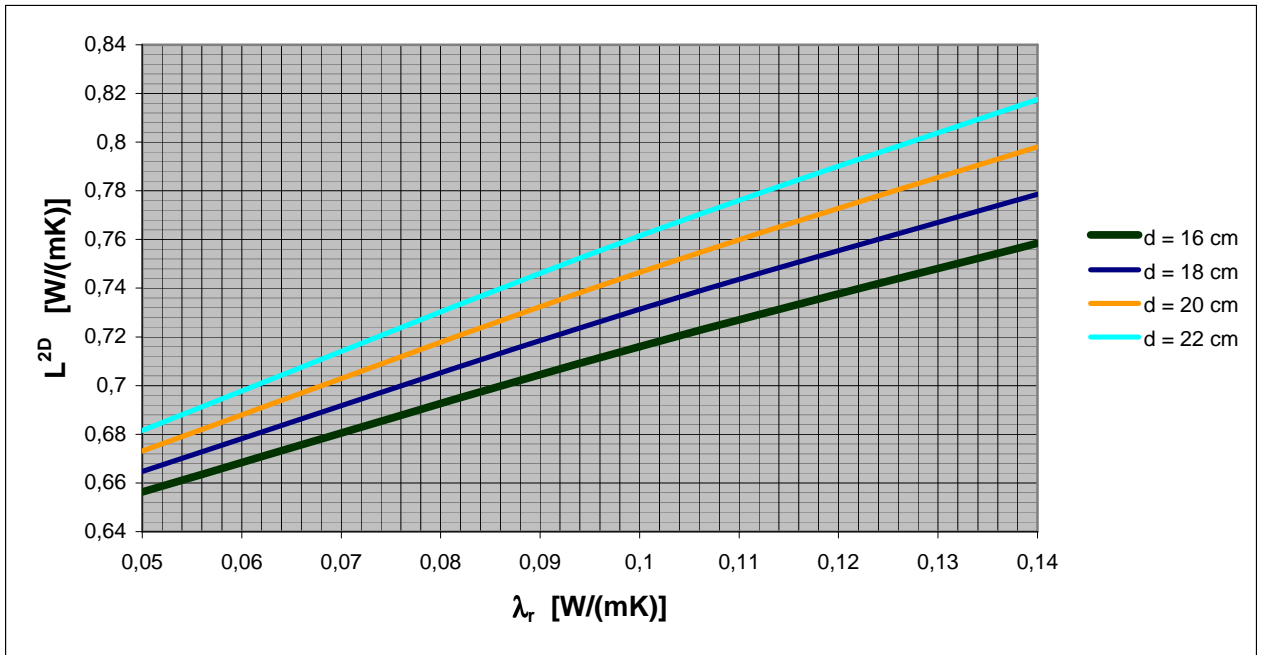
Wykres 7. Zależność współczynnika L^{2D} od wartości λ_r łączników Izoraba i grubości d płyty stropowej i balkonowej – przykład 7.1.



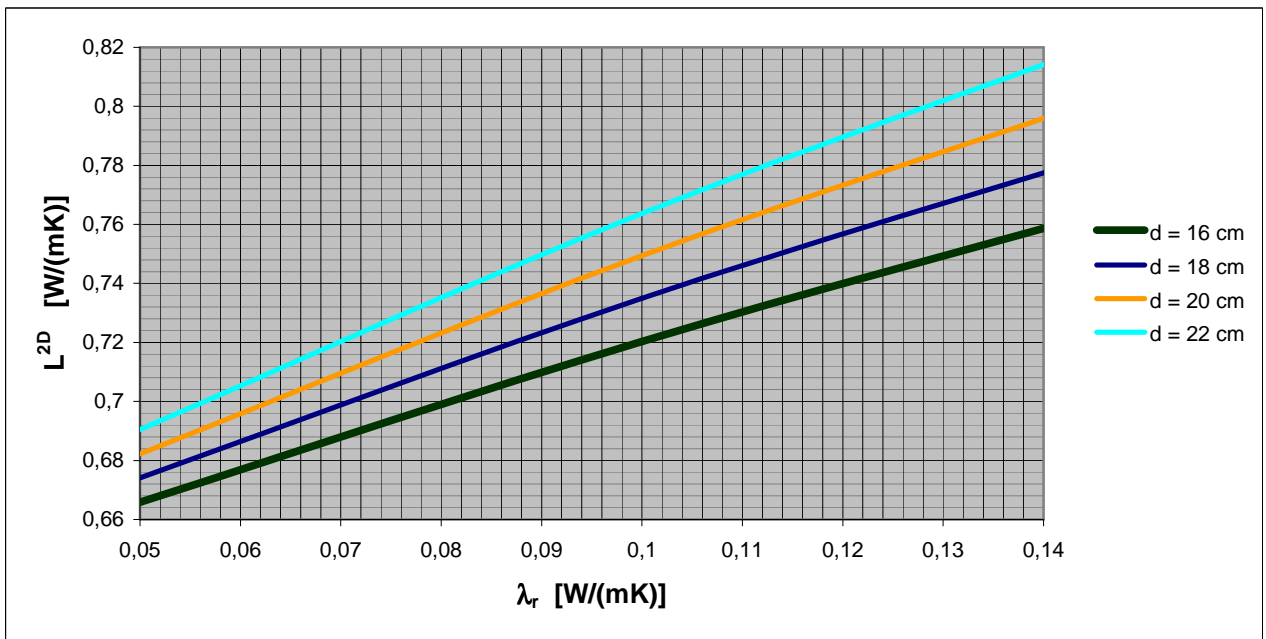
Wykres 8. Zależność współczynnika L^{2D} od wartości λ_r łączników Izoraba i grubości d płyty stropowej i balkonowej – przykład 7.2.



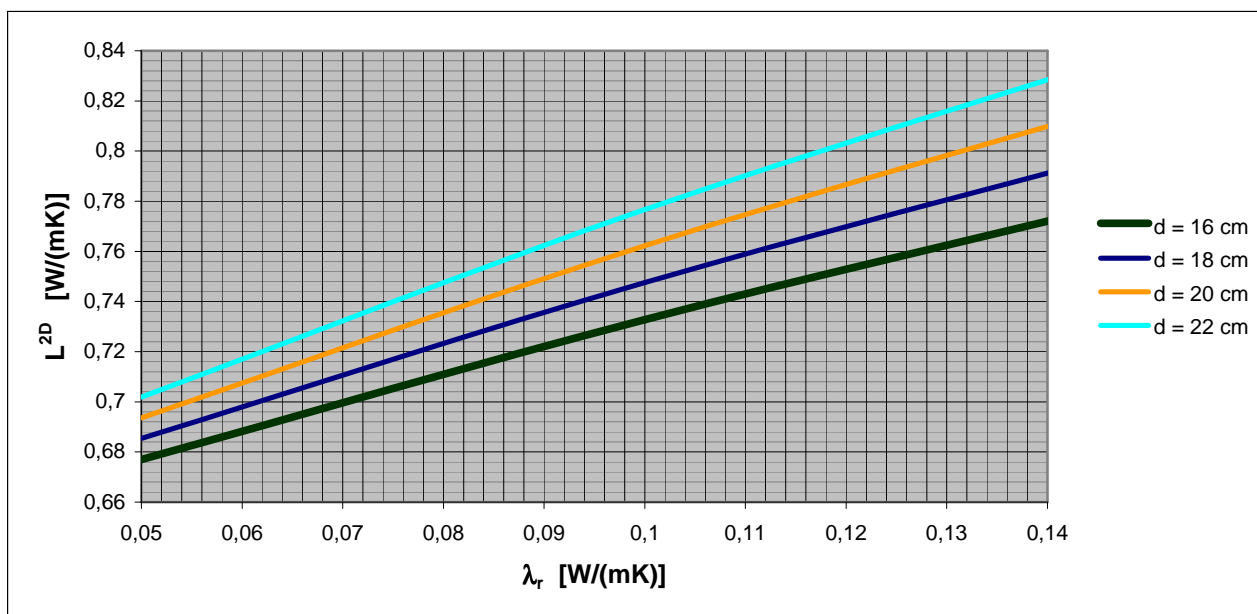
Wykres 9. Zależność współczynnika L^{2D} od wartości λ_r łączników Izoraba i grubości d płyty stropowej i balkonowej – przykład 7.3.



Wykres 10. Zależność współczynnika L^{2D} od wartości λ_r łączników Izoraba i grubości d płyty stropowej i balkonowej – przykład 7.4.



Wykres 11. Zależność współczynnika L^{2D} od wartości λ_r łączników Izoraba i grubości d płyty stropowej i balkonowej – przykład 7.5.



Wykres 12. Zależność współczynnika L^{2D} od wartości λ_r łączników Izoraba i grubości d płyty stropowej i balkonowej – przykład 7.6.

8. Parametry termiczne łączników Izoraba

W tabelach poniżej zestawiono wartości współczynników przewodzenia ciepła λ_r dla wszystkich łączników Izoraba. Wartości te otrzymano z obliczeń modelowania trójwymiarowego, z wykorzystaniem programu komputerowego [7].

Podane poniżej wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ_r mają służyć do dwuwymiarowych obliczeń mostków liniowych, przy pomocy ogólnie dostępnych programów komputerowych. Podane wartości λ_r pozwolą na uzyskanie wyników o dużej dokładności, nie obciążonych błędem wynikającym z przyjmowania wartości zastępczych.

1. ŁĄCZNIKI typu „wspornikowego” WS

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
WS-h160-T1	0,089	0,079	0,069
WS-h160-T2	0,091	0,08	0,07
WS-h160-T3	0,094	0,083	0,073
WS-h160-T4	0,095	0,084	0,074
WS-h160-T5	0,096	0,086	0,075
WS-h160-T6	0,099	0,089	0,078
WS-h160-T7	0,101	0,09	0,08
WS-h160-T8	0,103	0,092	0,082
WS-h170-T1	0,087	0,078	0,068
WS-h170-T2	0,089	0,079	0,07
WS-h170-T3	0,092	0,082	0,072
WS-h170-T4	0,093	0,083	0,073
WS-h170-T5	0,094	0,084	0,074
WS-h170-T6	0,097	0,087	0,077
WS-h170-T7	0,098	0,088	0,079
WS-h170-T8	0,101	0,091	0,081
WS-h180-T2	0,088	0,079	0,07
WS-h180-T3	0,09	0,081	0,072
WS-h180-T4	0,091	0,082	0,073
WS-h180-T5	0,092	0,083	0,074
WS-h180-T6	0,095	0,086	0,077
WS-h180-T7	0,097	0,087	0,078
WS-h180-T8	0,099	0,089	0,08
WS-h190-T2	0,087	0,078	0,07
WS-h190-T3	0,089	0,08	0,072
WS-h190-T4	0,09	0,081	0,072
WS-h190-T5	0,091	0,082	0,074
WS-h190-T6	0,094	0,085	0,076
WS-h190-T7	0,095	0,086	0,077
WS-h190-T8	0,097	0,088	0,079

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
WS-h200-T2	0,086	0,077	0,069
WS-h200-T3	0,088	0,08	0,072
WS-h200-T4	0,088	0,08	0,072
WS-h200-T5	0,09	0,081	0,073
WS-h200-T6	0,092	0,084	0,076
WS-h200-T7	0,093	0,085	0,077
WS-h200-T8	0,095	0,087	0,079
WS-h210-T2	0,085	0,077	0,069
WS-h210-T3	0,087	0,079	0,071
WS-h210-T4	0,087	0,079	0,072
WS-h210-T5	0,089	0,081	0,073
WS-h210-T6	0,091	0,083	0,075
WS-h210-T7	0,092	0,084	0,076
WS-h210-T8	0,094	0,086	0,078
WS-h220-T2	0,084	0,076	0,069
WS-h220-T3	0,086	0,078	0,071
WS-h220-T4	0,086	0,078	0,071
WS-h220-T5	0,087	0,08	0,072
WS-h220-T6	0,089	0,082	0,074
WS-h220-T7	0,09	0,083	0,075
WS-h220-T8	0,092	0,084	0,077

2. ŁĄCZNIKI typu „wspornikowego” WS1

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
WS1-h160-T4.1	0,097	0,086	0,076
WS1-h160-T5.1	0,098	0,087	0,077
WS1-h170-T4.1	0,095	0,084	0,075
WS1-h170-T5.1	0,096	0,086	0,076
WS1-h180-T4.1	0,093	0,083	0,074
WS1-h180-T5.1	0,094	0,085	0,076
WS1-h190-T4.1	0,091	0,082	0,074
WS1-h190-T5.1	0,092	0,084	0,075

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
WS1-h200-T4.1	0,09	0,082	0,073
WS1-h200-T5.1	0,091	0,083	0,075
WS1-h210-T4.1	0,089	0,081	0,073
WS1-h210-T5.1	0,09	0,082	0,074
WS1-h220-T4.1	0,088	0,08	0,073
WS1-h220-T5.1	0,089	0,081	0,074

2. ŁĄCZNIKI typu –SP

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
SP-h160-DL1	0,076	0,065	0,056
SP-h160-DL2	0,081	0,071	0,061
SP-h160-DL3	0,082	0,071	0,061
SP-h160-DL4	0,082	0,072	0,062
SP-h160-DL5	0,088	0,078	0,068
SP-h160-DL6	0,083	0,073	0,063
SP-h160-DL7	0,084	0,074	0,064
SP-h160-DL8	0,085	0,075	0,065
SP-h160-DL9	0,086	0,075	0,066
SP-h170-DL1	0,075	0,065	0,056
SP-h170-DL2	0,081	0,071	0,062
SP-h170-DL3	0,081	0,071	0,062
SP-h170-DL4	0,082	0,072	0,063
SP-h170-DL5	0,088	0,078	0,068
SP-h170-DL6	0,083	0,073	0,064
SP-h170-DL7	0,083	0,073	0,064
SP-h170-DL8	0,084	0,074	0,065
SP-h170-DL9	0,085	0,075	0,066
SP-h180-DL1	0,074	0,065	0,057
SP-h180-DL2	0,08	0,071	0,062
SP-h180-DL3	0,08	0,071	0,062
SP-h180-DL4	0,081	0,072	0,063
SP-h180-DL5	0,087	0,078	0,069
SP-h180-DL6	0,082	0,073	0,064
SP-h180-DL7	0,082	0,073	0,065
SP-h180-DL8	0,083	0,074	0,065
SP-h180-DL9	0,084	0,075	0,066
SP-h190-DL1	0,077	0,069	0,06
SP-h190-DL2	0,079	0,071	0,062
SP-h190-DL3	0,08	0,071	0,063
SP-h190-DL4	0,08	0,072	0,063
SP-h190-DL5	0,087	0,078	0,069
SP-h190-DL6	0,081	0,072	0,064
SP-h190-DL7	0,082	0,073	0,065
SP-h190-DL8	0,083	0,074	0,066
SP-h190-DL9	0,083	0,075	0,066

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
SP-h200-DL1	0,069	0,061	0,054
SP-h200-DL2	0,079	0,071	0,063
SP-h200-DL3	0,079	0,071	0,063
SP-h200-DL4	0,08	0,072	0,064
SP-h200-DL5	0,086	0,078	0,07
SP-h200-DL6	0,081	0,072	0,064
SP-h200-DL7	0,081	0,073	0,065
SP-h200-DL8	0,083	0,074	0,066
SP-h200-DL9	0,083	0,074	0,066
SP-h210-DL1	0,072	0,065	0,057
SP-h210-DL2	0,078	0,071	0,063
SP-h210-DL3	0,079	0,071	0,063
SP-h210-DL4	0,079	0,071	0,064
SP-h210-DL5	0,086	0,078	0,07
SP-h210-DL6	0,08	0,072	0,065
SP-h210-DL7	0,081	0,073	0,065
SP-h210-DL8	0,081	0,073	0,066
SP-h210-DL9	0,082	0,074	0,067
SP-h220-DL1	0,072	0,065	0,058
SP-h220-DL2	0,078	0,071	0,064
SP-h220-DL3	0,078	0,071	0,064
SP-h220-DL4	0,079	0,072	0,064
SP-h220-DL5	0,085	0,078	0,07
SP-h220-DL6	0,08	0,072	0,065
SP-h220-DL7	0,08	0,073	0,065
SP-h220-DL8	0,081	0,073	0,066
SP-h220-DL9	0,081	0,074	0,067

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
SP-h160-WL1	0,079	0,069	0,059
SP-h160-WL2	0,095	0,084	0,074
SP-h160-WL3	0,099	0,089	0,078
SP-h170-WL1	0,078	0,068	0,059
SP-h170-WL2	0,094	0,084	0,074
SP-h170-WL3	0,098	0,088	0,078
SP-h180-WL1	0,077	0,068	0,059
SP-h180-WL2	0,093	0,083	0,074
SP-h180-WL3	0,097	0,087	0,078
SP-h190-WL1	0,076	0,068	0,059
SP-h190-WL2	0,089	0,08	0,071
SP-h190-WL3	0,096	0,087	0,078

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
SP-h200-WL1	0,075	0,067	0,059
SP-h200-WL2	0,088	0,08	0,072
SP-h200-WL3	0,095	0,086	0,078
SP-h210-WL1	0,075	0,067	0,06
SP-h210-WL2	0,088	0,08	0,072
SP-h210-WL3	0,094	0,086	0,078
SP-h220-WL1	0,074	0,067	0,06
SP-h220-WL2	0,087	0,08	0,072
SP-h220-WL3	0,093	0,085	0,078

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
SP-h160-WP1	0,104	0,093	0,083
SP-h160-WP2	0,113	0,102	0,092
SP-h160-WP3	0,123	0,112	0,101
SP-h160-WP4	0,135	0,123	0,111
SP-h170-WP1	0,102	0,092	0,083
SP-h170-WP2	0,111	0,101	0,091
SP-h170-WP3	0,121	0,11	0,1
SP-h170-WP4	0,132	0,121	0,11
SP-h180-WP1	0,101	0,092	0,082
SP-h180-WP2	0,11	0,1	0,091
SP-h180-WP3	0,118	0,108	0,099
SP-h180-WP4	0,129	0,119	0,109
SP-h190-WP1	0,1	0,091	0,082
SP-h190-WP2	0,108	0,099	0,09
SP-h190-WP3	0,116	0,107	0,098
SP-h190-WP4	0,127	0,117	0,108

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
SP-h200-WP1	0,099	0,091	0,082
SP-h200-WP2	0,107	0,098	0,09
SP-h200-WP3	0,12	0,111	0,102
SP-h200-WP4	0,125	0,116	0,107
SP-h210-WP1	0,098	0,09	0,082
SP-h210-WP2	0,106	0,097	0,089
SP-h210-WP3	0,113	0,104	0,096
SP-h210-WP4	0,123	0,114	0,106
SP-h220-WP1	0,098	0,09	0,082
SP-h220-WP2	0,105	0,097	0,089
SP-h220-WP3	0,112	0,103	0,096
SP-h220-WP4	0,122	0,113	0,105

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
SP-h160-DPZ1	0,092	0,082	0,072
SP-h160-DPZ2	0,095	0,084	0,074
SP-h160-DPZ3	0,086	0,075	0,066
SP-h170-DPZ1	0,092	0,082	0,073
SP-h170-DPZ2	0,094	0,084	0,074
SP-h170-DPZ3	0,085	0,075	0,066
SP-h180-DPZ1	0,091	0,082	0,073
SP-h180-DPZ2	0,093	0,084	0,075
SP-h180-DPZ3	0,084	0,075	0,066
SP-h190-DPZ1	0,091	0,082	0,074
SP-h190-DPZ2	0,093	0,084	0,075
SP-h190-DPZ3	0,083	0,075	0,066

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
SP-h200-DPZ1	0,09	0,082	0,074
SP-h200-DPZ2	0,092	0,084	0,076
SP-h200-DPZ3	0,083	0,074	0,066
SP-h210-DPZ1	0,09	0,082	0,074
SP-h210-DPZ2	0,092	0,084	0,076
SP-h210-DPZ3	0,082	0,074	0,067
SP-h220-DPZ1	0,09	0,082	0,075
SP-h220-DPZ2	0,091	0,083	0,076
SP-h220-DPZ3	0,081	0,074	0,067

3. ŁĄCZNIKI typu „narożnego” WN

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
WN-h160-T3	0,105	0,094	0,083
WN-h160-T4	0,108	0,096	0,086
WN-h160-T5.1	0,116	0,104	0,093
WN-h160-T5.2	0,118	0,106	0,096
WN-h170-T3	0,103	0,092	0,083
WN-h170-T4	0,106	0,095	0,085
WN-h170-T5.1	0,113	0,102	0,092
WN-h170-T5.2	0,115	0,105	0,094
WN-h180-T3	0,101	0,091	0,082
WN-h180-T4	0,104	0,094	0,085
WN-h180-T5.1	0,111	0,101	0,091
WN-h180-T5.2	0,113	0,103	0,093
WN-h190-T3	0,099	0,09	0,081
WN-h190-T4	0,102	0,093	0,084
WN-h190-T5.1	0,109	0,099	0,09
WN-h190-T5.2	0,11	0,101	0,092

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
WN-h200-T3	0,098	0,09	0,081
WN-h200-T4	0,1	0,092	0,083
WN-h200-T5.1	0,107	0,098	0,089
WN-h200-T5.2	0,109	0,1	0,091
WN-h210-T3	0,097	0,089	0,081
WN-h210-T4	0,099	0,091	0,083
WN-h210-T5.1	0,105	0,097	0,088
WN-h210-T5.2	0,107	0,098	0,09
WN-h220-T3	0,096	0,088	0,08
WN-h220-T4	0,098	0,09	0,082
WN-h220-T5.1	0,104	0,095	0,088
WN-h220-T5.2	0,105	0,097	0,089

4. ŁĄCZNIKI typu „balkon-ściana” SD i SG

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
SD-h180-T4	0,091	0,082	0,073
SD-h180-T5	0,092	0,083	0,074
SD-h180-T6	0,095	0,086	0,077
SD-h190-T4	0,09	0,081	0,072
SD-h190-T5	0,091	0,082	0,074
SD-h190-T6	0,094	0,085	0,076
SD-h200-T4	0,088	0,08	0,072
SD-h200-T5	0,09	0,081	0,073
SD-h200-T6	0,092	0,084	0,076

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
SD-h210-T4	0,087	0,079	0,072
SD-h210-T5	0,089	0,081	0,073
SD-h210-T6	0,091	0,083	0,075
SD-h220-T4	0,086	0,078	0,071
SD-h220-T5	0,087	0,08	0,072
SD-h220-T6	0,089	0,082	0,074

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
SG-h180-T4	0,091	0,082	0,073
SG-h180-T5	0,094	0,084	0,075
SG-h180-T6	0,098	0,022	0,079
SG-h190-T4	0,09	0,081	0,073
SG-h190-T5	0,092	0,083	0,075
SG-h190-T6	0,096	0,087	0,078
SG-h200-T4	0,089	0,08	0,072
SG-h200-T5	0,091	0,082	0,074
SG-h200-T6	0,094	0,086	0,078

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
SG-h210-T4	0,087	0,079	0,072
SG-h210-T5	0,089	0,081	0,074
SG-h210-T6	0,093	0,085	0,077
SG-h220-T4	0,086	0,079	0,071
SG-h220-T5	0,088	0,08	0,073
SG-h220-T6	0,091	0,084	0,076

5. ŁĄCZNIKI typu wspornikowego WS z kostkami betonowymi

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
WS-k160-K3	0,1	0,089	0,077
WS-k160-K4	0,117	0,105	0,093
WS-k160-K5	0,132	0,121	0,107
WS-k160-K6	0,149	0,134	0,122
WS-k170-K3	0,096	0,086	0,075
WS-k170-K4	0,08	0,102	0,09
WS-k170-K5	0,089	0,114	0,104
WS-k170-K6	0,097	0,129	0,118
WS-k180-K3	0,092	0,082	0,072
WS-k180-K4	0,082	0,098	0,087
WS-k180-K5	0,091	0,111	0,1
WS-k180-K6	0,099	0,125	0,113
WS-k190-K3	0,089	0,08	0,071
WS-k190-K4	0,104	0,095	0,085
WS-k190-K5	0,117	0,108	0,097
WS-k190-K6	0,131	0,121	0,11

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
WS-k200-K3	0,086	0,078	0,069
WS-k200-K4	0,101	0,092	0,083
WS-k200-K5	0,113	0,104	0,094
WS-k200-K6	0,126	0,117	0,106
WS-k210-K3	0,084	0,076	0,067
WS-k210-K4	0,098	0,089	0,08
WS-k210-K5	0,11	0,101	0,092
WS-k210-K6	0,122	0,113	0,103
WS-k220-K3	0,082	0,074	0,066
WS-k220-K4	0,095	0,087	0,079
WS-k220-K5	0,106	0,098	0,089
WS-k220-K6	0,118	0,11	0,1

6. ŁĄCZNIKI typu wspornikowego WS1 z kostkami betonowymi

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
WS-h160-K4	0,117	0,106	0,094
WS-h160-K5	0,135	0,123	0,11
WS-h160-K6	0,154	0,142	0,128
WS-h170-K4	0,112	0,102	0,09
WS-h170-K5	0,129	0,118	0,105
WS-h170-K6	0,147	0,136	0,122
WS-h180-K4	0,108	0,098	0,087
WS-h180-K5	0,125	0,114	0,103
WS-h180-K6	0,142	0,131	0,119
WS-h190-K4	0,104	0,095	0,085
WS-h190-K5	0,119	0,109	0,098
WS-h190-K6	0,136	0,126	0,114

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
WS-h200-K4	0,1	0,092	0,082
WS-h200-K5	0,114	0,105	0,095
WS-h200-K6	0,131	0,122	0,111
WS-h210-K4	0,097	0,089	0,08
WS-h210-K5	0,11	0,101	0,092
WS-h210-K6	0,127	0,118	0,107
WS-h220-K4	0,094	0,086	0,078
WS-h220-K5	0,107	0,099	0,09
WS-h220-K6	0,122	0,114	0,104

7. ŁĄCZNIKI typu narożnego WN z kostkami betonowymi

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
WS-k160-T4	0,147	0,132	0,118
WS-k160-T4.1	0,15	0,138	0,123
WS-k160-T5	0,181	0,168	0,152
WS-k160-T5.1	0,194	0,18	0,164
WS-k170-T4	0,14	0,128	0,115
WS-k170-T4.1	0,144	0,132	0,119
WS-k170-T5	0,172	0,16	0,145
WS-k170-T5.1	0,184	0,171	0,156
WS-k180-T4	0,133	0,12	0,11
WS-k180-T4.1	0,137	0,126	0,11
WS-k180-T5	0,165	0,153	0,139
WS-k180-T5.1	0,175	0,164	0,149
WS-k190-T4	0,128	0,116	0,106
WS-k190-T4.1	0,131	0,121	0,11
WS-k190-T5	0,158	0,147	0,134
WS-k190-T5.1	0,168	0,157	0,144

Symbol łącznika	λ_r W/(m·K)		
	Odporność ogniowa		
	A	S	W
WS-k200-T4	0,123	0,112	0,103
WS-k200-T4.1	0,127	0,117	0,107
WS-k200-T5	0,152	0,141	0,13
WS-k200-T5.1	0,161	0,15	0,138
WS-k210-T4	0,119	0,11	0,1
WS-k210-T4.1	0,122	0,113	0,103
WS-k210-T5	0,146	0,136	0,125
WS-k210-T5.1	0,155	0,145	0,134
WS-k220-T4	0,115	0,107	0,097
WS-k220-T4.1	0,118	0,11	0,1
WS-k220-T5	0,141	0,132	0,121
WS-k220-T5.1	0,149	0,14	0,129

Bibliografia

- [1] PN-EN ISO 14683, Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne.
- [2] PN-EN ISO 10211:2008, Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.
- [3] PN-EN 13788:2003, Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa. Metody obliczania.
- [4] PN-EN ISO 6946, Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 12.IV.2002 r w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, wraz z późniejszymi zmianami.
- [6] PN-82/B-02403, Ogrzewnictwo. Temperatury obliczeniowe zewnętrzne.
- [7] Program obliczeniowy AnTherm, Version 7.120.2013.04.08.
- [8] Program Priorytetowy NFOŚiGW, określający podstawowe wymagania niezbędne do osiągnięcia oczekiwanych standardów energetycznych dla budynków mieszkalnych, w celu uzyskania dopłaty do kredytów na domy energooszczędne. <http://www.nfosigw.gov.pl/>

Wszystkie rysunki objęte prawami autorskimi – zakaz kopiowania.