



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A.
THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

Ekspertyza dla
Partner of Promotion Sp. z o.o.

Raport na temat efektywności energetycznej budynków

Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A.

Warszawa, 4 listopada 2013 r.



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

Spis treści

1. Straty energii cieplnej.....	3
2. Co to jest balkon?	4
2.1 Definicja	4
2.2 Rodzaje balkonów	4
3. Balkon, a mostek cieplny.....	5
4. Określenie dopuszczalnej wartości Ψ	6
5. Obliczenia mostków cieplnych	7
5.1 Obliczenia mostków termicznych punktowych.....	8
5.2 Obliczenia mostków termicznych liniowych.....	10
6. Ograniczenie strat energii w budynkach mieszkalnych.....	12
7. Sposoby eliminowania mostków cieplnych.....	13
8. Wpływ mostków cieplnych na bilans energetyczny budynku.....	14
8.1 Budynek jednorodzinny.....	14
8.2 Budynek szeregowy	15
8.3 Budynek wielorodzinny	16
SPIS LITERATURY.....	19
ZAŁĄCZNIK 1	20



1. Straty energii cieplnej

Każdy budynek nowo projektowany oraz już istniejący generuje straty energii. Odbywają się one niezależnie od tego czy budynek jest standardowy czy wysoce-energooszczędny.

Na podstawie wyliczeń przeprowadzonych dla budynków jedno- i wielorodzinnych spełniających wymagania dotyczące ochrony cieplnej wg WT2008 [12] możliwe było określenie przedziału dla średnich strat energii cieplnej w budynku. W prezentowanych tabelach (tab.1, tab.2) powyższe straty zostały umieszczone z rozbiem na poszczególne elementy składowe strat energii.

Straty	od	do
okna zewnętrzne	20%	32%
wentylacja	22%	28%
ściany zewnętrzne	12%	17%
mostki cieplne	10%	16%
dach	5%	12%
podłoga na gruncie	4%	9%
drzwi zewnętrzne	2%	4%
strop pod nieogrzewanym poddaszem	0%	8%
strop zewnętrzny	0%	2%

Tab. 1 Straty ciepła w budynkach jednorodzinnych [11].

Największe straty energii, dla budynków jednorodzinnych (tab. 1), generowane są przez okna zewnętrzne, stanowią one od 20% do 30% wszystkich strat w budynku. Na kolejnym miejscu znajduje się wentylacja, której straty sięgają nawet 28%.

Straty	od	do
wentylacja	31%	48%
okna zewnętrzne i drzwi	15%	26%
mostki cieplne	15%	18%
ściany zewnętrzne	7%	20%
strop nad nieogrzewaną piwnicą, garażem	3%	12%
dach, stropodach	2%	5%

Tab. 2 Straty ciepła w budynkach wielorodzinnych [11].

W przypadku budynków wielorodzinnych (tab. 2) najwięcej energii ucieka z powietrzem wentylacyjnym (około 31%-48%). Straty te wynikają z konieczności podgrzania powietrza wentylacyjnego. W porównaniu do budynków jednorodzinnych strumień powietrza wentylacyjnego w stosunku do powierzchni ogrzewanej jest większy. Zdecydowane zmniejszenie tej straty jest możliwe dzięki zastosowaniu odzysku ciepła (rekuperacji) z powietrza usuwanego.

Dość duży wpływ na straty ciepła mają mostki cieplne, których udział wynosi odpowiednio do 16% w przypadku budynków jednorodzinnych i aż do 18% w przypadku budynków wielorodzinnych. W tabeli 3 i 4 zostały przedstawione najczęściej występujące mostki cieplne z podziałem na budynki jedno- i wielorodzinne oraz ich udziałem w całkowitych stratach ciepła przez mostki cieplne.



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

Rodzaj mostków cieplnych	Udział procentowy w całkowitych stratach ciepła przez mostki cieplne [%]	
	od	do
otwór okienny / ściana zewnętrzna	45	80
podłoga na gruncie / ściana zewnętrzna	15	55
ściana zewnętrzna / dach	10	15
balkony	0	5

Tab. 3 Najczęściej występujące mostki cieplne w budynkach jednorodzinnych i ich udział w całkowitych stratach ciepła przez mostki

Przy analizowaniu mostków cieplnych zarówno w przypadku budynków wielorodzinnych jak i również jednorodzinnych należy zwrócić szczególną uwagę na połączenie okien ze ścianą zewnętrzną.

Rodzaj mostków cieplnych	Udział procentowy w całkowitych stratach ciepła przez mostki cieplne [%]	
	od	do
otwór okienny / ściana zewnętrzna	25	40
balkony	10	40
ściana zewnętrzna / dach	5	25
strop / ściana zewnętrzna	5	20

Tab. 4 Najczęściej występujące mostki cieplne w budynkach wielorodzinnych i ich udział w całkowitych stratach ciepła przez mostki cieplne

W budynkach wielorodzinnych bardzo dużym problem są połączenia balkonów ze ścianami zewnętrznymi (tab. 4), które mogą odpowiadać nawet za 40% całkowitych strat ciepła przez mostki cieplne. Prawidłowe rozwiązanie tego mostka cieplnego jest trudniejsze niż rozwiązanie połączenia okna ze ścianą zewnętrzną. W budynkach jednorodzinnych wpływ mostków cieplnych od balkonów jest niewielki z uwagi na rzadkie stosowanie balkonów i ich małą długość.

2. Co to jest balkon?

2.1 Definicja

Balkon to element architektoniczny budynku, przynależący do lokalu mieszkaniowego. Stanowi przestrzeń użytkową, łączącą wewnątrz budynku z częścią zewnętrzną. Poza funkcją użytkowo- rekreacyjną, balkon często jest elementem dekoracyjnym, wpływającym na wzbogacenie walorów estetycznych budynku, poprzez zastosowanie ozdobnych elementów, wsporników, balustrad.

2.2 Rodzaje balkonów

W ujęciu technicznym balkon jest przylegającą do frontowej ściany budynku nadwieszoną platformą, którą ze względów bezpieczeństwa otacza balustrada. Uwzględniając sposoby konstruowania balkonów możemy dokonać podziału na:

I. Ustroje prętowe:



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

- wspornikowe- to konstrukcje oparte na wspornikach wystających przed lico muru,
 - wspornikowe z zastrzałami,
 - wspornikowo-ciężnowe,
 - dostawiane (ramowe).
- II. Ustroje płytowe (wykonywane z żelbetu):
- Płyty oparte na dwóch lub trzech krawędziach. Do tej grupy zaklasyfikować można balkony narożne oraz wnękowe czyli loggie.
 - Płyty wspornikowe, monolityczne, mogą występować w różnych kształtach- prostokątne, trapezowe lub zaokrąglone.
- III. Galerie z płytą betonową:
- Jest to balkon ciągły, pełni na ogół funkcję dojścia do pokoi lub mieszkań, może kończyć się klatką schodową. Tego typu rozwiązanie często wykorzystywane jest w pensjonatach oraz hotelach, gdyż ułatwia wewnętrzną komunikację lokatorom budynku.
- IV. Ustroje płytowo-słupowe:
- Konstrukcja balkonu składa się z żelbetowej płyty, którą podpierają murowane, żelbetowe lub stalowe słupy.
- V. Ustroje płytowo-ciężnowe:
- Są to konstrukcje wiszące, a istotny element stanowią systemy zamocowań i kotwienia. Ciężnami mogą być stalowe pręty.
- VI. Balkony dobudowane:
- Posiadają na ogół konstrukcję płytowo-słupową. Jest to rozwiązanie wykorzystywane najczęściej przy modernizacji budynków, nie wyposażonych początkowo w balkony.

3. Balkon, a mostek cieplny.

Balkony ze względu na specyficzną konstrukcję są tzw. mostkami cieplnymi. Mostki cieplne to miejsca w przegrodach budynku, charakteryzujące się większą (niż w ich pozostałej części) gęstością strumienia ciepła i obniżoną temperaturą powierzchni wewnętrznej. Innymi słowy mostek cieplny jest częścią obudowy budynku o oporze cieplnym znacząco zmienionym (w stosunku do reszty przegrody) w wyniku całkowitej lub częściowej penetracji obudowy budynku przez materiały o wyższym współczynniku przewodzenia ciepła. Powstanie mostka może być również spowodowane różnicą między wewnętrznymi i zewnętrznymi polami powierzchni przegród.

W miejscu, w którym występuje mostek cieplny dochodzi do obniżenia, w stosunku do reszty przegrody, temperatury wewnętrznej powierzchni przegród. Wymagane jest, aby temperatura była wyższa niż wartość dopuszczalna, np. temperatura dla której wilgotność względna osiąga 80%. Przekroczenie wartości granicznej skutkować może pojawieniem się pleśni oraz rozwojem zagrzybienia, na co należy zwrócić uwagę na etapie projektowania oraz przy późniejszej realizacji.

W momencie, w którym temperatura powierzchni nienasiąkliwego materiału osiąga niższą wartość od punktu rosy, następuje powierzchniowa kondensacja pary wodnej zawartej w powietrzu. Zjawisku nazywanemu punktem rosy, odpowiada wartość temperatury, w której powietrze zawierające określoną ilość pary wodnej osiąga stan nasycenia (wilgotność względna



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

równa 100%). Poniżej tej temperatury następuje skraplanie wody zawartej w powietrzu. W materiałach o budowie kapilarno-porowatej (np. gips, beton komórkowy, cegła ceramiczna) istnieje możliwość kapilarnej kondensacji pary wodnej przy niższej wilgotności względnej powietrza, równej 80%. [1]

Przy analizowaniu balkonów należy zwrócić uwagę na możliwość występowania liniowych i punktowych mostków cieplnych, w których obserwowane są dwu- (2D) i trójwymiarowe (3D) przepływy ciepła.

Konieczność ograniczania strat ciepła przez przenikanie, implikuje racjonalnie niskie zużycie energii cieplnej, co regulowane jest w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [12].

Najczęściej stosowaną w polskim budownictwie metodą konstrukcyjną jest przedłużenie stropu poprzez zastosowanie wspornikowej płyty żelbetowej. Badania z użyciem kamery termowizyjnej wyraźnie wskazują, że miejsce połączenia balkonu ze stropem stanowi duży mostek termiczny, przez który następuje bardzo szybka ucieczka ciepła. Wynika to, z przerwania ciągłości izolacji, co skutkuje powstaniem zarówno geometrycznego (płyta balkonowa stanowi tzw. żebro chłodzące) jak i materiałowego mostka cieplnego (wysoka przewodność cieplna zbrojonego betonu). Konsekwencją może być zjawisko wykraplania się pary wodnej nad i pod stropem (w pobliżu listwy podłogowej oraz w narożniku sufitu), co jest podłożem do rozwoju pleśni.

4. Określenie dopuszczalnej wartości Ψ

W wymaganiach określonych w WT2008 [12] nie ma podanego maksymalnego współczynnika liniowego strat ciepła (Ψ) dla mostków cieplnych. Wspomniane przepisy podają jedynie minimalną wartość współczynnika temperaturowego $f_{Rsi} = 0,72$ w budynkach mieszkalnych dla przegród zewnętrznych w pomieszczeniach ogrzewanych do minimum 20°C . Oznacza to, że maksymalna wartość jaka jest dopuszczalna przez WT2008 wynosi $\Psi_e \approx 0,70 \text{ W/mK}$. Jest to wymaganie bardzo słabe wymaganie, które dopuszcza występowanie mostków cieplnych w budynkach. Jedną z konsekwencji występowania mostków cieplnych jest rozwój pleśni. Dla standardowych warunków wewnętrznych temperatura powietrza 20°C , wilgotność względna 50% pleśń może zacząć się rozwijać w sytuacji, gdy temperatura powierzchni przegrody od strony wewnętrznej spadnie poniżej $12,6^{\circ}\text{C}$. Przyjęcie wartości $f_{Rsi} = 0,72$ oznacza, że dzieje się tak, gdy temperatura zewnętrzna spadnie poniżej $-6,4^{\circ}\text{C}$, co jest w warunkach Polskich dość częste. Dla wartości $f_{Rsi} = 0,82$ zewnętrzna temperatura graniczna to $-21,1^{\circ}\text{C}$, co oznacza że ryzyko rozwoju pleśni dla warunków standardowych w zasadzie nie występuje.

W wytycznych dotyczących budynków w standardzie NF40 i NF15 zostały określone dopuszczalne wartości Ψ_e . Detale konstrukcyjne powinny być tak zaprojektowane dla standardu NF40 aby wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła dla mostka nie przekroczyła $0,10 \text{ W/mK}$, a w przypadku występowania płyty balkonowej, we wspomnianym standardzie, $\Psi_e \leq 0,30 \text{ W/mK}$.



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

Dla standardu NF15 maksymalne wartości dla mostków cieplnych liniowych są zdecydowanie mniejsze w stosunku do standardu NF40. Dopuszczalna wartość Ψ_e została określona na poziomie 0,01 W/mK. [11]. Podane wymagania opierają się na wartościach liniowych współczynników przenikania ciepła określonych na podstawie wymiarów zewnętrznych.

Maksymalnej wartości Ψ_e (z 0,10 na 0,30 W/mK) w przypadku standardu NF40 dla płyt balkonowych skutkuje tym iż nie jest konieczne wykorzystywanie balkonów samonośnych. W przypadku standardu NF40 maksymalna wartość Ψ_e dla płyt balkonowych wynosi 0,30 W/mK. Pod względem termicznym wystarczające jest zastosowanie rozpowszechnionych obecnie rozwiązań projektowo-konstrukcyjnych płyt balkonowych. Należy jednak pamiętać o tym aby rozwiązanie węzła konstrukcyjnego nie powodowało nadmiernych strat energii. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie łączników z przekładką z materiału izolacyjnego.

Niestety z powodu zdecydowanie niższego dopuszczalnego współczynnika liniowego strat ciepła w przypadku standardu NF15 rozwiązanie to nie jest wystarczające. W przypadku powyższego standardu jednym z rozwiązań są np. balkony dostawiane.

5. Obliczenia mostków cieplnych

Obliczenia niezbędnych kosztów tylko i wyłącznie do pokrycia strat ze względu na występowanie mostków termicznych zostały przeprowadzone na podstawie obecnie obowiązujących norm i Rozporządzeń. Do analizy przyjęto 22 najbardziej reprezentatywne lokalizacje pod względem meteorologicznym w Polsce. Zostały wybrane spośród nich 2 skrajnie różne pod względem klimatycznym lokalizacje. Dokładny algorytm oraz założenia do obliczeń zostały zamieszczone w Załączniku 1.

W tabeli 5 i 6 zostały przedstawione dodatkowe zapotrzebowanie na ciepło tylko i wyłącznie na pokrycie strat związanych z występowaniem mostka cieplnego odpowiednio punktowego i liniowego. Obliczenia dotyczące mostka liniowego odnoszą się do 1mb mostka cieplnego.

Na wykresach (rys.1, rys.2) zostały zaprezentowane dodatkowe roczne koszty jakie trzeba ponieść z powodu występowania mostka cieplnego punktowego/liniowego. Wysokość poniesionych strat finansowych uzależniona jest od lokalizacji budynku na terenie Polski jak i również od nośnika energii, który jest wykorzystywany.

Obliczenia dodatkowych strat ciepła przez mostki cieplne zostały wykonane na podstawie analiz przeprowadzonych przez ITB. W zależności od sposobu montażu płyty balkonowej do ściany zewnętrznej mogą powstawać dwa rodzaje mostków cieplnych: punktowe i liniowe. Do analizy zostały przyjęte również 2 rozwiązania ściany attykowej.

Do analizy obliczeń przyjęto 2 najczęściej stosowane w Polsce rodzaje paliw: węgiel kamienny i gaz ziemny. Pomimo iż sprawność całkowita (sprawności przygotowania i transportu nośnika energii jak i również regulacji odbiorników ciepła) jest zdecydowanie większa w przypadku wykorzystania gazu ziemnego to jednak średnia przeciętna cena (w zł/kWh) za węgiel jest o 40% niższa.

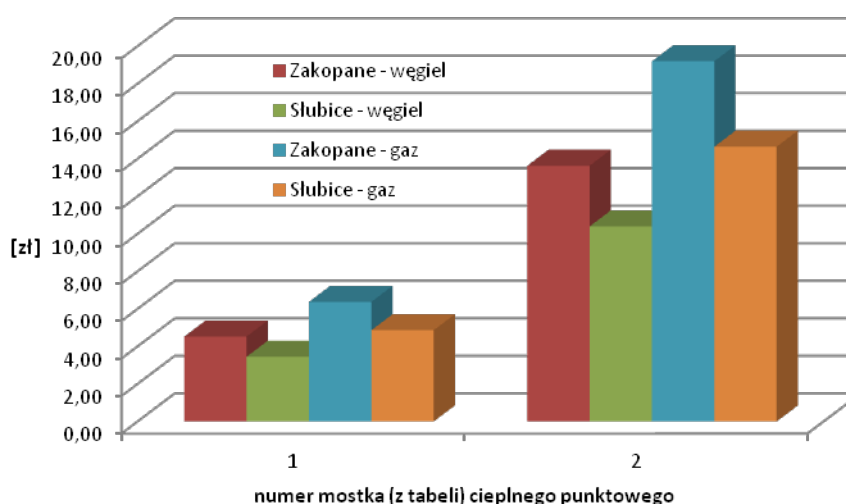
5.1 Obliczenia mostków termicznych punktowych

Numer mostka cieplnego	χ [W/K]	H_D [W/K]	Q_{tr} [kWh/rok]		K [zł/rok]			
					ogrzewanie z wykorzystaniem węgla kamiennego		ogrzewanie z wykorzystaniem gazu ziemnego	
					mostek punktowy	Zakopane	Ślubice	Zakopane
1	0,256	0,256	27,60	21,05	4,52	3,45	6,37	4,86
2	0,771	0,771	83,13	63,41	13,63	10,40	19,20	14,64

Tab.5 Zestawienie strat ciepła oraz rocznych kosztów (w zł) poniesionych na pokrycie strat związanych z występowaniem mostka cieplnego punktowego.

Do obliczeń zostały przyjęte schematy z opracowań ITB (nr 00797/13/Z00NF), schemat (oznaczenia zgodne z pracą ITB):

- 1 –połączenie stal – stal z łącznikiem KST 16 [2],
- 2 - połączenie stal – stal bez łącznika [2],



Rys.1 Wykres rocznych kosztów (w zł) poniesionych na pokrycie strat związanych z występowaniem mostka cieplnego punktowego.

Wielkość strat ciepła przez płyty balkonowe może ulec znacznemu zmniejszeniu dzięki zastosowaniu odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych. W stosunku do połączenia 2, połączenie stal – stal bez łącznika, straty te zmniejszą się o 67% w wyniku zastosowania połączenia 1 stal – stal z łącznikiem KST 16.

Na koszt zakupu dodatkowej energii wpływa umiejscowienie budynku na terenie Polski. Do analizy zostały przyjęte dwie lokalizacje (o średnim najkrótszym – Ślubice, i najdłuższym – Zakopane okresie ogrzewania w ciągu roku). Różnica w kosztach za energię między umiejscowieniem mostka cieplnego w Zakopanym, a w Ślubicach wyniosła około 31%.

W celu łatwiejszego zilustrowania problemu występowania powyższych mostków zostały one przedstawione (rys. 1) za pomocą dodatkowego rocznego kosztu (wyrażonego w zł/rok) jaki trzeba ponieść w celu pokrycia strat ciepła wynikających z ich pojawienia się. Wykres przedstawia różnice finansowe między innymi między najlepszym rozwiązaniem mostka punktowego (schemat 1), a



najgorszym (schemat 2). Różnica wynosi 12,83zł przy zlokalizowaniu budynku w Zakopanym oraz stosowania gazu ziemnego jako nośnika energii. Zmiana jedynie nośnika energii z gazu ziemnego na węgiel kamienny wpływa na zmniejszenie tej różnicy do poziomu 9,11zł.

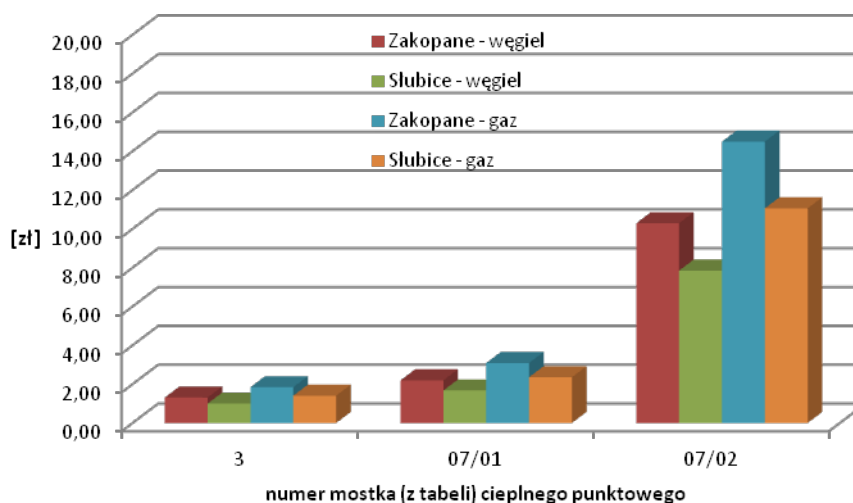
Drugą zauważalną różnicą jest zmiana kosztu energii względem zlokalizowania mostka ciepłego na terenie Polski. Różnica między umiejscowieniem "najgorszego" mostka termicznego (schemat 2) w najzimniejszym miejscu (Zakopane) oraz najcieplejszym (Słubice) wynosi 4,56zł dla gazu ziemnego. Zmiana lokalizacji najmniej energochłonnego mostka ciepłego skutkuje spadkiem różnicy do poziomu 1,51zł.

Numer mostka ciepłego	χ [W/K]	H_D [W/K]	Q_{tr} [kWh/rok]		K [zł/rok]			
					ogrzewanie z wykorzystaniem węgla kamiennego		ogrzewanie z wykorzystaniem gazu ziemnego	
					Zakopane	Słubice	Zakopane	Słubice
3	0,074	0,074	7,98	6,09	1,31	1,00	1,84	1,41
07/01	0,124	0,124	13,37	10,20	2,19	1,67	3,09	2,36
07/02	0,582	0,582	62,75	47,87	10,29	7,85	14,49	11,05

Tab.6 Zestawienie strat ciepła oraz rocznych kosztów (w zł) poniesionych na pokrycie strat związanych z występowaniem mostka ciepłego punktowego.

Do obliczeń zostały przyjęte schematy z opracowań ITB:

- 00797/13/Z00NF, schemat (oznaczenia zgodne z pracą ITB):
3 - połączenie stal – żelbet z łącznikiem KS14 [2],
- 1808/11/Z00NF/07/01, schemat:
07/01 - zamocowanie zewnętrzne stalowym elementem konstrukcji do stropu, zastosowanie łącznika zbrojenia z izolacją cieplną gr. 8cm KS20 [7],
- 1808/11/Z00NF/07/02, schemat:
07/02 - zamocowanie zewnętrzne stalowym elementem konstrukcji do stropu, bez zastosowania łącznika zbrojenia izolacji cieplnej [8],



Rys.2 Wykres rocznych kosztów (w zł) poniesionych na pokrycie strat związanych z występowaniem mostka ciepłego punktowego.



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

W stosunku do połączenia 07/02, zamocowanie zewnętrzne stalowym elementem konstrukcji do stropu, bez zastosowania łącznika zbrojenia izolacji cieplnej, straty te zmniejszą się o:

- 79% w wyniku zastosowania połączenia 07/01 zamocowania zewnętrznego stalowego elementu konstrukcji do stropu z zastosowaniem łącznika zbrojenia z izolacją cieplną gr. 8 cm KS20
- 87% w wyniku zastosowania połączenia **3** - zamocowania zewnętrznego stalowego elementu konstrukcji do stropu z zastosowaniem łącznika zbrojenia z izolacją cieplną gr. 8 cm KS14

Różnica finansowe (zaprezentowana na rys. 2) między najlepszym rozwiązaniem mostka punktowego (schemat 3), a najgorszym (schemat 07/02) wynosi 12,65zł przy zlokalizowaniu budynku w Zakopanym oraz stosowania gazu ziemnego jako nośnika energii. Na skutek zmiany nośnika energii na węgiel kamienny powyższa różnica wynosi 8,98zł.

Różnica między umiejscowieniem "najgorszego" mostka termicznego (schemat 07/02) w najzimniejszym miejscu (Zakopane) oraz najcieplejszym (Słubice) wynosi 3,44zł dla gazu ziemnego. Dla najmniej energochłonnego mostka cieplnego różnica ta wynosi 0,43zł.

5.2 Obliczenia mostków termicznych liniowych

Numer mostka cieplnego	Ψ_e [W/(K*m)]	H_D [W/(K*m)]	Q_{tr} [kWh/(m*rok)]		K [zł/(m*rok)]			
					ogrzewanie z wykorzystaniem węgla		ogrzewanie z wykorzystaniem gazu ziemnego	
					mostek liniowy	Zakopane	Słubice	Zakopane
4	-0,057	-0,057	-6,15	-4,69	0	0	0	0
5	0,302	0,302	32,56	24,84	5,34	4,07	7,52	5,74
6	0,170	0,17	18,33	13,98	3,00	2,29	4,23	3,23
7	0,400	0,4	43,13	32,90	7,07	5,39	9,96	7,60
11	0,527	0,527	56,82	43,34	9,31	7,11	13,12	10,01
12	0,221	0,221	23,83	18,18	3,91	2,98	5,50	4,20
13	0,461	0,461	49,71	37,91	8,15	6,22	11,48	8,76
04	0,156	0,156	16,82	12,83	2,76	2,10	3,88	2,96
05	0,095	0,095	10,24	7,81	1,68	1,28	2,37	1,80
06/01	0,418	0,418	45,07	34,38	7,39	5,64	10,41	7,94
06/02	0,902	0,902	97,25	74,18	15,94	12,16	22,46	17,13

Tab.7 Zestawienie strat ciepła oraz rocznych kosztów (w zł/mb mostka cieplnego) poniesionych na pokrycie strat związanych z występowaniem mostka cieplnego liniowego.

Do obliczeń zostały przyjęte schematy mostków liniowych z opracowań ITB:

- 00797/13/Z00NF, schemat (oznaczenia zgodne z pracą ITB):
 - 4 - połączenie żelbet – żelbet – przekrój przez ścianę attykową z łącznikiem AXT [2],
 - 5 - połączenie żelbet – żelbet – przekrój przez ścianę attykową z łącznikiem bez łącznika AXT (izolacja wokół ściany attykowej) [2],
 - 6 - połączenie żelbet – żelbet – przekrój przez drzwi balkonowe z łącznikiem K50 [2],
 - 7 - połączenie żelbet – żelbet – przekrój przez drzwi balkonowe bez łącznika K50 (płyta balkonu izolowana 5cm od góry i od dołu) [2],



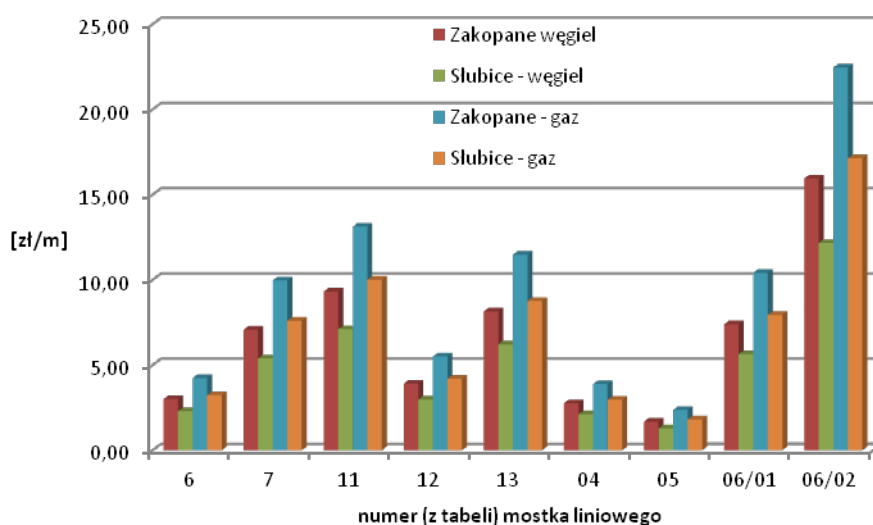
KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

- 11** - połączenie żelbet – żelbet – przekrój przez ścianę bez łącznika K50 (płyta balkonu zawieszona na 4 żelbetowych ukrytych żebrach o wymiarach 25x20cm) [2],
- 12** - połączenie żelbet – żelbet – przekrój przez okno z łącznikiem K50 [2],
- 13** - przekrój przez okno bez łącznika K50 (płyta balkonu izolowana 5cm od góry i od dołu) [2],
- b) 1808/11/Z00NF/04, schemat:
04 –połączenie ściany zewnętrznej, stropu i płyty balkonowej z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o grubości 8 cm [3],
- c) 1808/11/Z00NF/05, schemat:
05 - połączenie ściany zewnętrznej, stropu i płyty balkonowej z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o grubości 12 cm [4],
- d) 1808/11/Z00NF/06/01, schemat:
06/01 - połączenie ściany zewnętrznej, stropu i płyty balkonowej z izolacją cieplną płyty balkonowej [5],
- e) 1808/11/Z00NF/06/02, schemat:
06/02 - połączenie ściany zewnętrznej, stropu i płyty balkonowej bez izolacji cieplnej powierzchni [6],



Rys.3 Wykres rocznych kosztów (w zł/mb mostka cieplnego) poniesionych na pokrycie strat związanych z występowaniem mostka cieplnego liniowego.

W przypadku rozpatrywania mostków cieplnych liniowych również możemy znacząco ograniczyć straty energii przez zastosowanie odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych. Na przykład w stosunku do połączenia (schemat 06/02) ściany zewnętrznej, stropu i płyty balkonowej bez izolacji cieplnej powierzchni straty te zmniejszą się o:

- 54% w wyniku zastosowania połączenia 06/01 ściany zewnętrznej, stropu i płyty balkonowej z izolacją cieplną płyty balkonowej,



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

- 83% w wyniku zastosowania połączenia 04 ściany zewnętrznej, stropu i płyty balkonowej z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o grubości 8 cm,
- 89% w wyniku zastosowania połączenia 05 ściany zewnętrznej, stropu i płyty balkonowej z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o grubości 12 cm.

Podobnie jak w przypadku mostków punktowych również w mostkach liniowych możemy zauważyć różnice finansowe wynikające z zastosowania odmiennych rozwiązań konstrukcyjnych mocowania balkonów. Różnica między najlepszym (schemat 05), a najgorszym (06/02) rozwiązaniem wynosi 20,09zł/m przy zastosowaniu gazu ziemnego w Zakopanym. Druga różnica między zastosowaniem tego samego mostka liniowego (06/02) w Zakopanym oraz Słubicach wynosi 5,33zł/m przy wykorzystaniu gazu ziemnego. Rozważając przy tych samych założeniach najlepsze rozwiązanie mostka cieplnego (05) różnica wynosi zaledwie 0,57zł/m.

Dokładne porównanie wspomnianych różnic między mostkami cieplnymi można zobaczyć na zamieszczonym wykresie (rys. 3).

Przeprowadzona została również analiza dotycząca attyki budynku. Wykazała ona, że zastosowanie łącznika AXT (schemat 4) jest zdecydowanie lepsze niż wykonanie izolacji wokół attyki (schemat 5). Dowodem na to jest różnica w kosztach poniesionych na pokrycie strat wynikających z występowania mostka liniowego. Różnica ta wynosi między 4,07zł/m (Słubice, nośnik energii węgiel kamienny), a 7,52zł/m (Zakopane, gaz ziemny).

6. Ograniczenie strat energii w budynkach mieszkalnych

Ograniczenie strat energii można uzyskać w wyniku:

- prawidłowego i dokładnego wykonania warstw izolacyjnych (najlepiej materiałami o niskiej wartości λ) uniemożliwiający powstanie mostków cieplnych,
- zastosowania okien i drzwi o jak najwyższym udziale szyby w całej powierzchni okna: w celu zmniejszenia strat ciepła przez tę przegrodę zalecane jest stosowanie „ciepłych ramek” dystansowych; należy również stosować „ciepły montaż okien” (tzn. montować okno w warstwie izolacji),
- zmniejszenia udziału drewna w izolowanej warstwie niejednorodnej dachu (np. przez zastosowanie przekrojów dwuteowych),
- zaprojektowania budynku jak najbardziej zwartego (tzn. stosunek powierzchni obudowy budynku do kubatury powinien być jak najmniejszy),
- prawidłowego (minimalizującego powstanie mostków cieplnych) zaprojektowania, a potem wykonania detali budynku,
- prawidłowego zaprojektowania oraz wykonania połączenia płyty balkonowej oraz attyki z przegrodami zewnętrznymi budynku.
- zaprojektowania budynku pozbawionego lukarn oraz wykuszy co skutkuje zmniejszeniem liczby mostków cieplnych,
- zastosowania tylko wentylacji z wysoce sprawnym odzyskiem ciepła z powietrza usuwanego z budynku,



7. Sposoby eliminowania mostków cieplnych.

Przy projektowaniu budynku należy zwrócić szczególną uwagę na rozwiązania detali konstrukcyjnych, w których mogą wystąpić mostki cieplne. Należą do nich [11]:

- połączenia ościeżnica-ościeże występujące w otworach pionowych okiennych i drzwiowych, progi drzwi balkonowych i wejściowych,
- połączenie ościeżnica-dach występujące przy oknach dachowych,
- płyty balkonowe, daszki, gzymsy, loggie, gdzie dochodzi do przerwania ciągłości izolacji,
- połączenia ścian zewnętrznych z dachem, np. ściana szczytowa – dach, ścianki kolankowe,
- połączenie ścian zewnętrznych ze stropodachem, np. ścianki attykowe,
- połączenia stropów nad nieogrzewanymi piwnicami ze ścianami zewnętrznymi,
- miejsca łączenia ścian zewnętrznych i wewnętrznych z zewnętrznymi i wewnętrznymi ścianami fundamentowymi,
- podciąg, stropy nadwieszane, tarasy,
- kominy, systemy odprowadzania wody deszczowej,
- montaż barierek, daszków, elewacji drewnianych, belek stalowych.

Podstawowe reguły projektowania budynków wolnych od mostków cieplnych [11]:

- warstwa izolacji powinna otaczać w sposób ciągły i nieprzerwany całą ogrzewaną część budynku,
- wszędzie tam, gdzie jest to możliwe, należy unikać przerw, pocienienia lub przebić w warstwie izolacji. W przypadku jeżeli przebicie warstwy izolacji jest nie do uniknięcia, współczynnik przewodzenia ciepła λ W/mK materiału przebijającego w obszarze warstwy izolacji powinien być możliwie jak najniższy.
- połączenia przegród powinny być zaizolowane w sposób ciągły i nieprzerwany,
- w projekcie budynku powinno się unikać ostrych krawędzi, gdyż są one trudne do zaizolowania,
- wskazane jest stosowanie łączników termoizolacyjnych zamiast wykonywania izolacji wokół elementów wystających (balkony, attyki, belki, balustrady żelbetowe itd.) poza ogrzewaną część budynku.

Popularnym sposobem wykorzystywanym w celu zniwelowania występowania mostków termicznych, są specjalne łączniki izolacyjne. Elementy te stosowane są w celu przerwania ścieżki strumienia ciepłego w elemencie konstrukcyjnym (najczęściej balkonie) poprzez zachowanie ciągłości izolacji termicznej przy jednoczesnym utrzymaniu ciągłości konstrukcji i przeniesieniu wymaganych sił przekrojowych. W związku z tym łączniki te złożone są z „łożysk oporowych”, utrzymujących dystans po stronie ściskanej, prętów rozciąganych po stronie rozciąganej, prętów odgiętych na siły ścinające. Przestrzenie pomiędzy, wypełnione są materiałem izolacyjnym – materiałem o niskim współczynniku λ . Ponieważ zwykła stal zbrojeniowa ulega korozji, a jej współczynnik przewodzenia ciepła jest wysoki, w łącznikach termoizolacyjnych stosuje się w newralgicznym odcinku stal nierdzewną, o znacznie obniżonej wartości λ .



8. Wpływ mostków cieplnych na bilans energetyczny budynku

Wpływ mostków cieplnych spowodowanych przez balkony na bilans energetyczny budynku określono na przykładzie następujących budynków mieszkalnych: jednorodzinny wolnostojący, jednorodzinny szeregowy środkowy i wielorodzinny. Wszystkie budynki spełniają wymagania dotyczące ochrony cieplnej podane w WT2008 [12] i są zlokalizowane w Warszawie. Do analizy przyjęto balkony od długości 2, 4 i 6m przypadające na jedno mieszkanie. Wynikami obliczeń są wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji podany w kWh/m²rok i procentowy udział w tym zapotrzebowaniu.

8.1 Budynek jednorodzinny

Do obliczeń wykonanych przy użyciu programu Audytor OZC wykorzystano model budynku jednorodzinnego o powietrzni ogrzewanej 175,5m².

Tab.7 Wpływ mostków cieplnych od płyt balkonowych przy założeniu 2 m długości na mieszkanie

Schemat rozwiązania płyty balkonowej	Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, kWh/m ² rok	Udział procentowy w zapotrzebowaniu na energię użytkową, %
06/02 – płyta balkonowa bez izolacji cieplnej	128,6	1,2
06/01 – płyta balkonowa zaizolowana	127,9	0,6
04 - płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 8 cm	127,5	0,3
05- płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 12 cm	127,4	0,2

Tab.8 Wpływ mostków cieplnych od płyt balkonowych przy założeniu 4 m długości na mieszkanie

Schemat rozwiązania płyty balkonowej	Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, kWh/m ² rok	Udział procentowy w zapotrzebowaniu na energię użytkową, %
06/02 – płyta balkonowa bez izolacji cieplnej	130,1	2,3
06/01 – płyta balkonowa zaizolowana	128,7	1,2
04 - płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 8 cm	127,9	0,6
05- płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 12 cm	127,7	0,5

Tab.9 Wpływ mostków cieplnych od płyt balkonowych przy założeniu 6 m długości na mieszkanie



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

Schemat rozwiązania płyty balkonowej	Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, kWh/m ² rok	Udział procentowy w zapotrzebowaniu na energię użytkową, %
06/02 – płyta balkonowa bez izolacji cieplnej	131,5	3,3
06/01 – płyta balkonowa zaizolowana	129,4	1,8
04 - płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 8 cm	128,3	0,9
05- płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 12 cm	128,0	0,7

Wpływ strat ciepła przez mostki cieplne od płyt balkonowych dla budynków jednorodzinnych jest niewielki. Nawet przy założeniu długości balkonu 6 m i najgorszego schematu rozwiązania 06/02 udział procentowy w zapotrzebowaniu na energię użytkową wynosi 3,3%. Tym niemniej zastosowanie łączników wg schematu 05 lub 04 pozwala na zmniejszenie tych strat w taki sposób, że ich udział procentowy wynosi maksymalnie 0,9%.

8.2 Budynek szeregowy

Do obliczeń wykonanych przy użyciu programu Audytor OZC wykorzystano model budynku jednorodzinnego szeregowego środkowego o powierzchni ogrzewanej 120,1m².

Tab.10 Wpływ mostków cieplnych od płyt balkonowych przy założeniu 2 m długości na mieszkanie

Schemat rozwiązania płyty balkonowej	Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, kWh/m ² rok	Udział procentowy w zapotrzebowaniu na energię użytkową, %
06/02 – płyta balkonowa bez izolacji cieplnej	85,9	2,7
06/01 – płyta balkonowa zaizolowana	84,8	1,4
04 - płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 8 cm	84,2	0,7
05- płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 12 cm	84,0	0,5

Tab.11 Wpływ mostków cieplnych od płyt balkonowych przy założeniu 4 m długości na mieszkanie

Schemat rozwiązania płyty balkonowej	Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, kWh/m ² rok	Udział procentowy w zapotrzebowaniu na energię użytkową, %
06/02 – płyta balkonowa bez izolacji cieplnej	88,2	5,2



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

06/01 – płyta balkonowa zaizolowana	86,0	2,8
04 - płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 8 cm	84,8	1,4
05- płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 12 cm	84,5	1,1

Tab.12 Wpływ mostków cieplnych od płyt balkonowych przy założeniu 6 m długości na mieszkanie

Schemat rozwiązania płyty balkonowej	Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, kWh/m ² rok	Udział procentowy w zapotrzebowaniu na energię użytkową, %
06/02 – płyta balkonowa bez izolacji cieplnej	90,5	7,6
06/01 – płyta balkonowa zaizolowana	87,2	4,1
04 - płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 8 cm	85,4	2,1
05- płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 12 cm	84,9	1,5

Wpływ strat ciepła przez mostki cieplne od płyt balkonowych rośnie w przypadku budynków szeregowych środkowych. Przy założeniu najgorszego schematu rozwiązania 06/02 udział procentowy w zapotrzebowaniu na energię użytkową wynosi 2,7% do 7,6%. Dzieje się tak, ponieważ w budynku szeregowym z uwagi na mniejszą powierzchnię przegród zewnętrznych (zazwyczaj tylko dwie elewacje frontowa i ogrodowa) dodatkowe straty ciepła przez balkony mają większy wpływ na bilans energetyczny. Zastosowanie łączników wg schematu 05 lub 04 pozwala na znaczne zmniejszenie strat ciepła, dzięki czemu ich udział procentowy wynosi od 0,5% do 2,1%.

8.3 Budynek wielorodzinny

Do obliczeń wykonanych przy użyciu programu Audytor OZC wykorzystano model budynku wielorodzinnego z 122 mieszkaniami o powietrzni ogrzewanej 6437m².

Tab.13 Wpływ mostków cieplnych od płyt balkonowych przy założeniu 2 m długości na mieszkanie

Schemat rozwiązania płyty balkonowej	Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, kWh/m ² rok	Udział procentowy w zapotrzebowaniu na energię użytkową, %
--------------------------------------	--	--



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

06/02 – płyta balkonowa bez izolacji cieplnej	97,0	4,5
06/01 – płyta balkonowa zaizolowana	94,9	2,4
04 - płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 8 cm	93,8	1,3
05- płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 12 cm	93,5	1,0

Tab.14 Wpływ mostków cieplnych od płyt balkonowych przy założeniu 4 m długości na mieszkanie

Schemat rozwiązania płyty balkonowej	Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, kWh/m ² rok	Udział procentowy w zapotrzebowaniu na energię użytkową, %
06/02 – płyta balkonowa bez izolacji cieplnej	101,5	8,8
06/01 – płyta balkonowa zaizolowana	97,2	4,7
04 - płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 8 cm	94,9	2,4
05- płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 12 cm	94,4	1,9

Tab.15 Wpływ mostków cieplnych od płyt balkonowych przy założeniu 6 m długości na mieszkanie

Schemat rozwiązania płyty balkonowej	Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, kWh/m ² rok	Udział procentowy w zapotrzebowaniu na energię użytkową, %
06/02 – płyta balkonowa bez izolacji cieplnej	106,1	12,7
06/01 – płyta balkonowa zaizolowana	99,6	7,0
04 - płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 8 cm	96,1	3,6
05- płyta balkonowa z łącznikiem zbrojenia z izolacją cieplną o gr. 12 cm	95,3	2,8

Największy wpływ strat ciepła przez mostki cieplne od płyt balkonowych występuje w przypadku budynku wielorodzinnego. Przy założeniu najgorszego schematu rozwiązania 06/02 udział procentowy w zapotrzebowaniu na energię użytkową wynosi 4,5% do 12,7%. Przyczyną dużych strat ciepła jest znaczna długość płyt balkonowych w budynkach wielorodzinnych. Ograniczenie strat ciepła jest możliwe dzięki



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A.
THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

zastosowaniu odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych. Wykorzystanie łączników wg schematu 05 lub 04 pozwala na znaczne zmniejszenie strat ciepła, dzięki czemu ich udział procentowy wynosi od 1,0% do 3,6%.



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

SPIS LITERATURY

- [1] Sz. Niemier: „Nowoczesne technologie eliminacji mostków cieplnych w konstruowaniu balkonów” praca inżynierska, Politechnika Poznańska;
- [2] Ocena izolacyjności cieplnej węzłów konstrukcyjnych na podstawie obliczeń na zlecenie firmy SCHOCK sp. z o.o. Nr pracy: 00797/13/Z00NF;
- [3] Ocena izolacyjności cieplnej węzłów konstrukcyjnych na podstawie obliczeń na zlecenie firmy SCHOCK sp. z o.o. Nr pracy: 1808/11/Z00NF/04;
- [4] Ocena izolacyjności cieplnej węzłów konstrukcyjnych na podstawie obliczeń na zlecenie firmy SCHOCK sp. z o.o. Nr pracy: 1808/11/Z00NF/05;
- [5] Ocena izolacyjności cieplnej węzłów konstrukcyjnych na podstawie obliczeń na zlecenie firmy SCHOCK sp. z o.o. Nr pracy: 1808/11/Z00NF/06/01;
- [6] Ocena izolacyjności cieplnej węzłów konstrukcyjnych na podstawie obliczeń na zlecenie firmy SCHOCK sp. z o.o. Nr pracy: 1808/11/Z00NF/06/02;
- [7] Ocena izolacyjności cieplnej węzłów konstrukcyjnych na podstawie obliczeń na zlecenie firmy SCHOCK sp. z o.o. Nr pracy: 1808/11/Z00NF/07/01;
- [8] Ocena izolacyjności cieplnej węzłów konstrukcyjnych na podstawie obliczeń na zlecenie firmy SCHOCK sp. z o.o. Nr pracy: 1808/11/Z00NF/07/02;
- [9] PN-B-02025:2001 Obliczenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego;
- [10] dane ze stacji metrologicznych udostępnione przez Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej;
- [11] „Dom energooszczędny Podręcznik dobrych praktyk”, przygotowany na podstawie opracowania KAPE S.A., 2012.
- [12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 grudnia 2008 r. w sprawie zmiany rozporządzenia zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie



ZAŁĄCZNIK 1

Obliczenia zostały przeprowadzone przy wykorzystaniu prezentowanych wzorów i założeń:

- ✓ $H_{tr} = b_{tr} \cdot l_i \cdot \Psi_i$ [W/(m*K)] straty spowodowane przez mostek liniowy. Straty liczone są na 1 m długości elementu stanowiącego mostek cieplny.
 $H_{tr} = b_{tr} \cdot \chi_i$ [W/K] straty spowodowane przez mostek punktowy.
 - $b_{tr} = 1$ – współczynnik redukcyjny, wartość przyjęta jak dla przegrody zewnętrznej
 - l_i – długość mostka cieplnego, w przypadku mostków liniowych [m]
 - Ψ_i – liniowy współczynnik przenikania ciepła mostka cieplnego [W/mK]
 - χ_i – punktowy współczynnik przenikania ciepła mostka cieplnego [W/K]
- ✓ $Q_{tr} = H_{tr} \cdot (\Theta_{int,H} - \Theta_e) \cdot S_d \cdot 24 \cdot 10^{-3}$ [kWh/rok]
 - S_d – stopniodni okresu grzewczego przyjęte na podstawie normy PN-B-02025:2001 oraz danych dla typowych lat meteorologicznych dla wybranych stacji meteorologicznych [9,10]
 - $\Theta_{int,H} = 20$ °C temperatura wewnętrzna dla pomieszczeń ogrzewanych;
 - Θ_e - temperatury dla typowych lat meteorologicznych dla wybranych stacji meteorologicznych [10].

Do obliczeń zostały wybrane stacje meteorologiczne w których wartości są skrajne (wartość maksymalna i minimalna S_d). Ze względu na to że lokalizacją o wartości maksymalnej S_d jest stacja meteorologiczna na Kasprowym Wierchu do obliczeń przyjęto również wartości S_d dla kolejnej największej liczby stopniodni okresu grzewczego.
- ✓ $Q_{KH} = (Q_{tr} / \eta_{Htot})$ [kWh/rok] – zapotrzebowanie na końcową energię do pokrycia strat spowodowanych mostkami cieplnymi
 - $\eta_{Htot} = \eta_{Hg} \eta_{Hs} \eta_{Hd} \eta_{He}$ – średnia sezonowa sprawność całkowita systemu grzewczego budynku
 - η_{Hg} - średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła
 $\eta_{Hg} = 0,82$ dla kotła węglowego kamiennego
 $\eta_{Hg} = 0,97$ dla gazu ziemnego
 - $\eta_{Hs} = 1$ – średnia sezonowa sprawność buforowania ciepła (brak bufora)
 - $\eta_{Hd} = 0,96$ – średnia sezonowa sprawność przesyłu
 - $\eta_{He} = 0,93$ – średnia sezonowa sprawność regulacji
- ✓ $K = Q_{KH} \cdot Z$ [zł/rok] – straty finansowe (w złotych) na pokrycie ucieczki ciepła przez występujące mostki cieplne.
 Z – uśredniona cena za kWh energii
 $Z = 0,12$ [zł/kWh] w przypadku wykorzystania do ogrzewania węgla kamiennego
 $Z = 0,20$ [zł/kWh] w przypadku wykorzystania do ogrzewania gazu ziemnego



KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A. THE POLISH NATIONAL ENERGY CONSERVATION AGENCY

ul. Nowowiejska 21/25
00-665 Warszawa, Polska
e-mail: kape@kape.gov.pl
www.kape.gov.pl

tel.: (+48-22) 626 09 10
825 86 92
234 52 42
fax: (+48-22) 626 09 11
825 78 74

KRS: 0000016255
NIP: 526-10-07-972
VAT: 5261007972

Do obliczeń przyjęto również (na podstawie prac ITB [2,3,4,5,6,7,8]) następujące dane:

- a) Odpowiednie wartości współczynników przenikania ciepła dla poszczególnych mostków (liniowych oraz punktowych)
- b) Temperaturę powietrza wewnętrznego $\Theta_i = 20\text{ }^\circ\text{C}$

Dodatkowo obliczenia były przeprowadzone z wykorzystaniem:

- a) Normy PN-B-02025:2008,
PN-82 B-02402,
EN ISO 14683:2007;
- b) Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku;
- c) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.