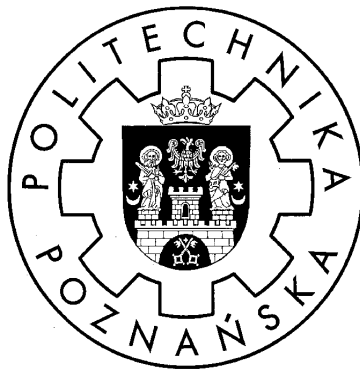


POLITECHNIKA POZNAŃSKA  
WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I INŻYNIERII ŚRODOWISKA  
INSTYTUT KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH



PRACA DYPLOMOWA INŻYNIERSKA

**NOWOCZESNE TECHNOLOGIE ELIMINACJI  
MOSTKÓW CIEPLNYCH W KONSTRUOWANIU  
BALKONÓW**

**Szymon Niemier**

Promotor:  
**dr inż. Marlena Kucz**

**Poznań 2012**



## SPIS TREŚCI

1. Wstęp .....	5
2. Wytyczne projektowo-architektoniczne balkonów.....	7
2.1. Funkcje i rys historyczny balkonów .....	7
2.2. Rodzaje balkonów i wymagania ogólne .....	8
2.3. Balkon – części składowe .....	11
2.4. Obliczenia statyczne .....	17
2.5. Obliczenia termiczne .....	21
3. Analiza rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych balkonów .....	25
3.1. Typy konstrukcji balkonów .....	25
3.2. Warstwy balkonu .....	33
3.3. Elementy ochrony balkonu .....	35
3.4. Ciekawe rozwiązania konstrukcyjno-architektoniczne .....	38
4. Nowoczesne rozwiązania energooszczędne w konstruowaniu balkonów .....	43
4.1. Balkon jako mostek termiczny .....	43
4.2. Łączniki izolacyjne .....	45
4.3. Balkony dostawiane .....	52
4.4. Balkony „ocieplone” .....	55
4.5. Inne technologie energooszczędne .....	56
4.6. Analiza rozkładu temperatur w poszczególnych rozwiązaniach przy pomocy programu AnTherm .....	59
5. Wnioski końcowe.....	67
6. Literatura.....	69
Załączniki.....	71



## 1. Wstęp

W ostatnich latach coraz częściej mówi się o energooszczędności. Na rynku pojawiają się nowoczesne rozwiązania, a wymagania stawiane nowym budynkom stają się coraz bardziej rygorystyczne. W Polsce jednak nadal nie myśli się o masowym budownictwie energooszczędnym, w przeciwieństwie do krajów zachodnich. Mostki termiczne są często eliminowane nieefektywnie, bądź wcale, a sama tematyka balkonów jest rzadko poruszana w literaturze.

Fakt mojego uczestniczenia w projekcie studiów zamawianych w specjalności *Technologie energooszczędne w budownictwie* oraz liczne wyjazdy szkoleniowe w zakresie budownictwa energooszczędnego skłoniły mnie do próby podjęcia tematu mostków cieplnych w konstruowaniu balkonów.

Celem opracowania jest przeanalizowanie sposobów konstruowania balkonów na wybranych przykładach realizowanych budynków oraz analiza technologii eliminacji mostków cieplnych. W mojej pracy użyłem wielu zdjęć wykonanych podczas wizji lokalnych budynków. Pisząc, opierałem się na ogólnodostępnej literaturze, polskich normach i ustawach oraz dokumentach wystawionych przez Instytut Techniki Budowlanej. Wykorzystałem również materiały katalogowe różnych firm.

Pierwszą część opracowania stanowią informacje ogólne o zasadach kształtowania balkonów. W drugiej części omawiam i przedstawiam ciekawe rozwiązania konstrukcyjne oraz materiałowe. Część trzecią poświęcam nowoczesnym technologiom eliminacji mostków cieplnych, które cały czas są mało popularne w naszym kraju.

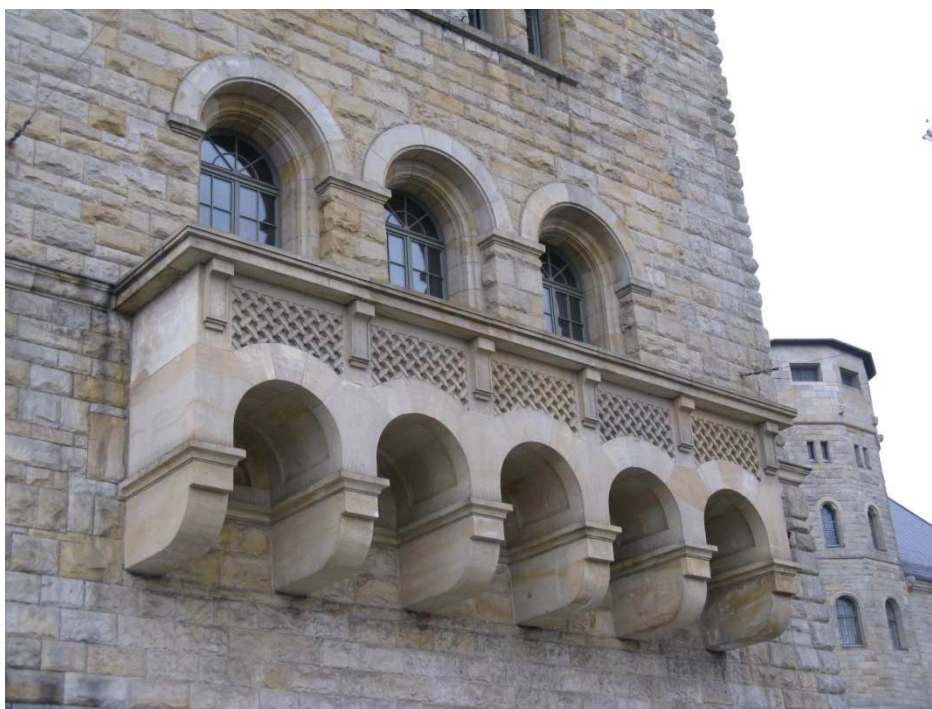


## 2. Wytyczne projektowo-architektoniczne balkonów

### 2.1. Funkcje i rys historyczny balkonów

Balkon jest elementem stosowanym w budownictwie od bardzo dawna. Już w starożytności balkon pełnił rolę w handlu, rekreacji, a także był miejscem ważnych przemówień cesarzy i władców. Rozpowszechniony został w renesansie (ok. XV w.), głównie we Włoszech. Szczególnie często stosowano loggie (tj. rodzaj krytego balkonu, wnęka elewacji budynku, utworzona przez cofnięcie fragmentu ściany zewnętrznej w głąb budynku, otwarta na zewnątrz). Oprócz miejsca wypoczynkowego i widokowego, były one przeznaczone także do uroczystości publicznych, celów handlowych lub jako miejsce wystaw dzieł sztuki.

Również obecnie balkon, jako otwarty element architektoniczny, pełni funkcję użytkową, będąc miejscem do rekreacji i oglądania widoków. Szczególnie w budownictwie wielorodzinnym balkon pełni rolę zielonego salonu, namiastki ogrodu. Może być ażylem w centrum miasta, w którym można wypoczywać, ale także wizytówką domu, będąc elementem dekoracyjnym ściany, podkreślającym treść i charakter budynku. Szczególnie dostrzec to można w budynkach urzędowych i reprezentacyjnych. Do dnia dzisiejszego znane na cały świat są choćby prezentacje rodziny królewskiej na balkonie Pałacu Buckingham w Londynie czy papieskie błogosławieństwa *Urbi et Orbi* z balkonu Bazyliki św. Piotra w Rzymie. Także w Poznaniu można dostrzec reprezentacyjną rolę pewnego balkonu – Zamek Cesarski w czasie II wojny światowej został przebudowany i zyskał balkon, z którego Adolf Hitler miał odbierać defilady wojsk na ulicy Święty Marcin i przemawiać do tłumów.



Fot. 2.1. Balkon na Zamku Cesarskim w Poznaniu [dokumentacja własna]

## 2.2. Rodzaje balkonów i wymagania ogólne

Balkon jest platformą dostępną powierzchniowo w postaci nadwieszanej płyty wysuniętej przed lico ściany, przylegającą do budynku, otoczoną balustradą. Rozróżniamy następujące rodzaje balkonów:

- a) Balkon zewnętrzny – jest to platforma wychodząca poza elewację budynku i otoczona z trzech stron balustradą. Umieszczany jest on powyżej poziomu terenu i jest dostępny z budynku



Fot. 2.2. Balkony zewnętrzne. Poznań, ul. Limanowskiego [dokumentacja własna]

- b) Balkon wewnętrzny – inaczej loggia, jest platformą niewystającą poza lico budynku, otoczoną z trzech stron ścianami, a z jednej balustradą



Fot. 2.3. Balkony wewnętrzne – loggie. Poznań, ul. Parkowa [dokumentacja własna]



- c) Balkon ciągły – może być balkonem zewnętrznym lub wewnętrznym; jest platformą biegnącą wzdłuż całej szerokości budynku, a dostęp do niego jest możliwy z większej ilości pomieszczeń.



Fot. 2.4. Balkon ciągły. Malmö, Szwecja [dokumentacja własna]

Wymagania, jakie musi spełniać balkon i jego elementy określone są szczegółowo w polskim oraz europejskim prawie. Zgodnie z dyrektywą Unii Europejskiej materiały budowlane użyte i wbudowane w danym obiekcie (w tym i w balkonie) muszą zapewnić temu obiektowi spełnienie wymagań dotyczących właściwości użytkowych oraz powinny posiadać określoną trwałość. Zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* z dnia 27.04.2004 r. (Dz.U.04.109.1156) balkony muszą spełniać następujące warunki:

- znajdować się na wysokości co najmniej 2,4 m nad poziomem chodnika, pozostawiając nieosłonięte pasmo ruchu od strony jezdni o szerokości co najmniej 1m (§293 ust. 2)
- balustrady powinny mieć konstrukcję przenoszącą siły poziome, określone w Polskich Normach, oraz wysokość i wypełnienie płaszczyzn pionowych zapewniające skuteczną ochronę przed wypadnięciem osób (§298 ust. 1)
- wysokość balustrad mierzona do wierzchu poręczy dla domów jednorodzinnych i wewnątrz mieszkań wielopiętrowych wynosi 0,9 m, dla pozostałych budynków (budynki wielorodzinne i zamieszkania zbiorowego, oświaty i wychowania oraz zakładów opieki zdrowotnej oraz inne budynki) 1,1 m; wymiary prześwitów lub otworów w wypełnieniu balustrad: domy jednorodzinne i wewnątrz mieszkań wielopiętrowych – nie reguluje się, budynki wielorodzinne i zamieszkania zbiorowego, oświaty i wychowania oraz zakładów opieki zdrowotnej – 0,12 m, inne budynki – 0,2 m (§298 ust. 2)

- kraty zewnętrzne, stosowane w otworach balkonowych, nie powinny umożliwiać wspinania się do pomieszczeń na wyższych kondygnacjach (nie dotyczy zakładów karnych, aresztów śledczych, zakładów poprawczych oraz schronisk dla nieletnich) (§300 ust. 1 i 3)
- zabrania się stosowania balkonów w budynkach na kondygnacjach położonych powyżej 25 m nad terenem (nie dotyczy to balkonów o przeznaczeniu technologicznym) (§303 ust. 1)
- w budynku na kondygnacjach położonych powyżej 25 m nad terenem można stosować loggie wyłącznie z balustradami pełnymi; stosowanie logii powyżej 55 m nad terenem jest zabronione (§303 ust. 2)
- części ścian zewnętrznych, bezpośrednio nad balkonami powinny być zabezpieczone przed przenikaniem wody opadowej i z topniejącego śniegu (§317 ust. 2)
- balkony, loggie i tarasy powinny mieć posadzki wykonane z materiałów nienasiąkliwych, mrozoodpornych i nieśliskich (§320).

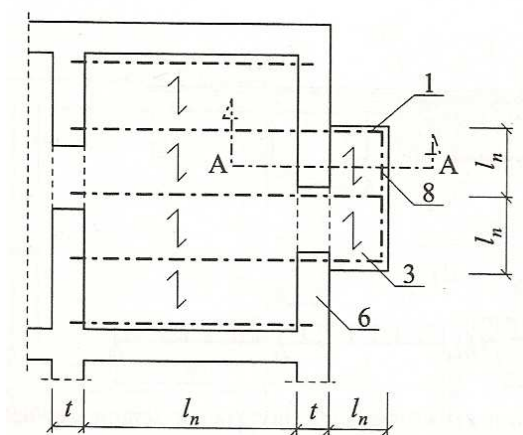
## 2.3. Balkon – części składowe

Wśród elementów konstrukcji balkonów rozróżniamy:

### a) Płyty

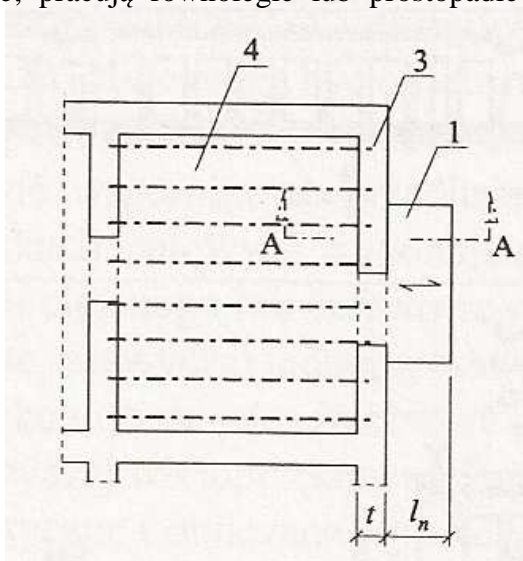
Płyty balkonowe różnią się przede wszystkim ze względu na sposób podparcia i połączenia z budynkiem:

- płyty oparte na belkach wspornikowych – swobodnie podparte stalowo-ceramiczne płyty Kleina typu ciężkiego lub żelbetowe monolityczne (na belkach stalowych zazwyczaj jednoprzęsłowe, na żelbetowych – wieloprzęsłowe); pracują poprzecznie do układu belek

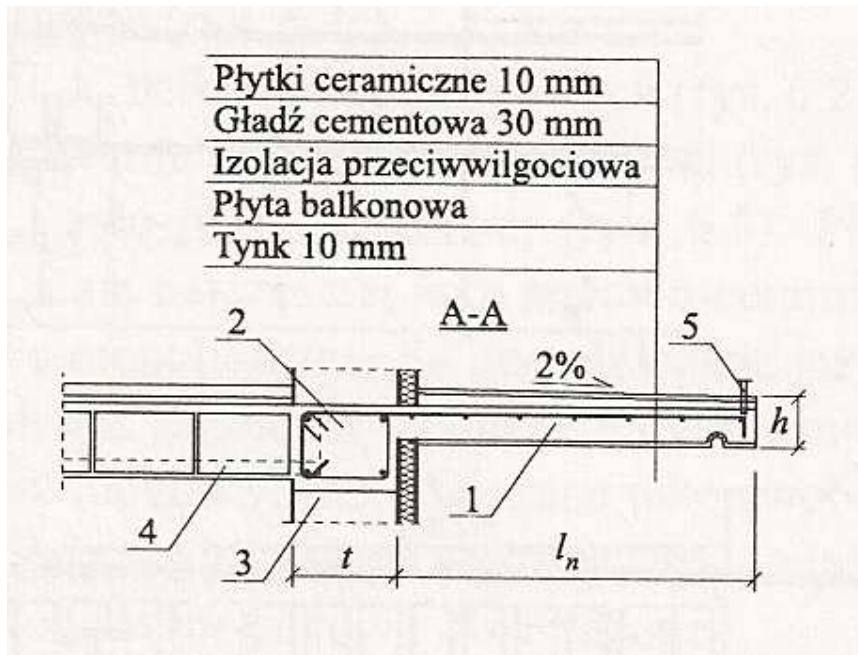


Rys. 2.1. Płyta oparta na belkach wspornikowych; 1 – belka balkonowa będąca przedłużeniem belki stropowej, 3 – płyta Kleina, 6 – ściana (mur), 8 – usztywnienie końcówek belek za pomocą belki krawędziowej, wg [4, Rys. 6.2.a]

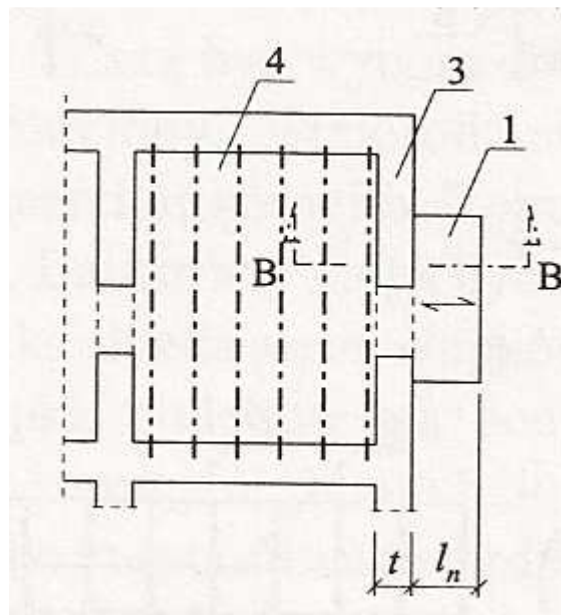
- płyty wspornikowe mocowane w ścianie w wieńcu żelbetowym – żelbetowe monolityczne wspornikowo utwierdzone; pracują równoległe lub prostopadle do kierunku pracy żeber stropu



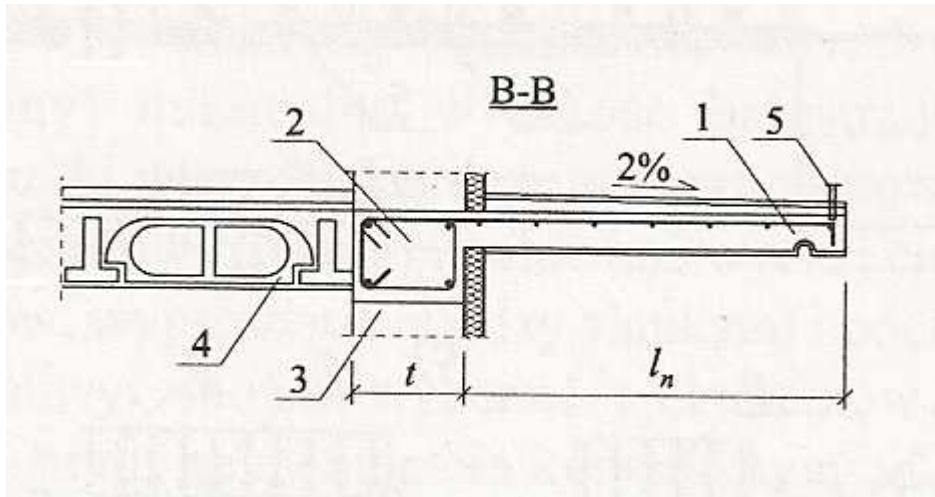
Rys. 2.2. Zamocowanie płyty balkonowej wspornikowej w ścianie zewnętrznej przy układzie belek stropu gęstożebrowego równoległym do wysięgu płyty  $l_n$ ; 1 – płyta żelbetowa, 3 – ściana, 4 – strop gęstożebrowy, wg [4, Rys. 6.4.a]



Rys. 2.3. Przekrój A-A przez płytę wspornikową mocowaną w ścianie zewnętrznej przy układzie belek stropu gęstożebrowego równoległym do wysięgu płyty  $l_n$ ; 1 – płyta żelbetowa, 2 – wieniec żelbetowy, 3 – ściana, 4 – strop gęstożebrowy, 5 – słupek balustrady, wg [4, Rys. 6.4.b]

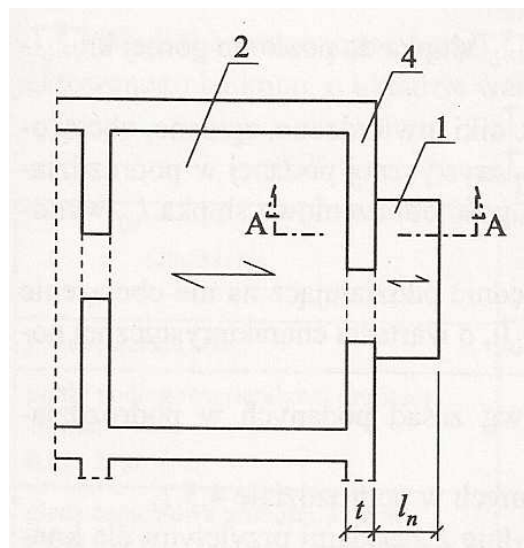


Rys. 2.4. Zamocowanie płyty balkonowej wspornikowej w ścianie zewnętrznej przy układzie belek stropu gęstożebrowego prostopadłym do wysięgu płyty  $l_n$ ; 1 – płyta żelbetowa, 3 – ściana, 4 – strop gęstożebrowy, wg [4, Rys. 6.4.c]



Rys. 2.5. Przekrój B-B przez płytę wspornikową mocowaną w ścianie zewnętrznej przy układzie belek stropu gęstożebrowego prostopadłym do wysięgu płyty  $l_n$ ; 1 – płyta żelbetowa, 2 – wieniec żelbetowy, 3 – ściana, 4 – strop gęstożebrowy, 5 – słupek balustrady, wg [4, Rys. 6.4.d]

- płyty wspornikowe stanowiące przedłużenie płyty stropowej – żelbetowe monolityczne wspornikowo utwierdzone



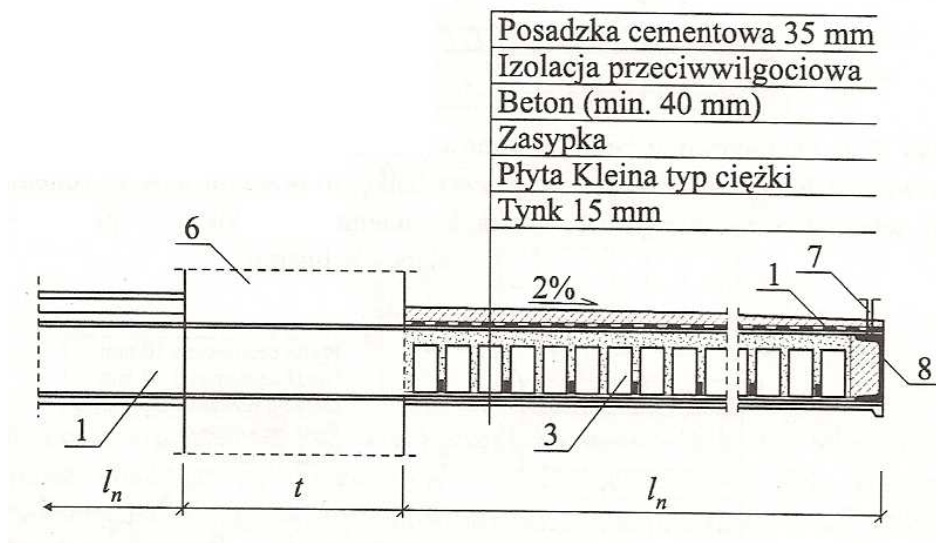
Rys. 2.6. Płyta balkonowa wspornikowa stanowiąca przedłużenie płyty stropowej żelbetowej; 1 – płyta balkonowa, 2 – płyta stropowa, 4 – ściana, wg [4, Rys. 6.5.a]

#### b) Elementy podpierające

Przez elementy podpierające rozumieć należy wszystkie elementy stanowiące ustrój prętowy, na którym opiera się balkon, a więc przede wszystkim belki, ale także słupy czy zastrzały.

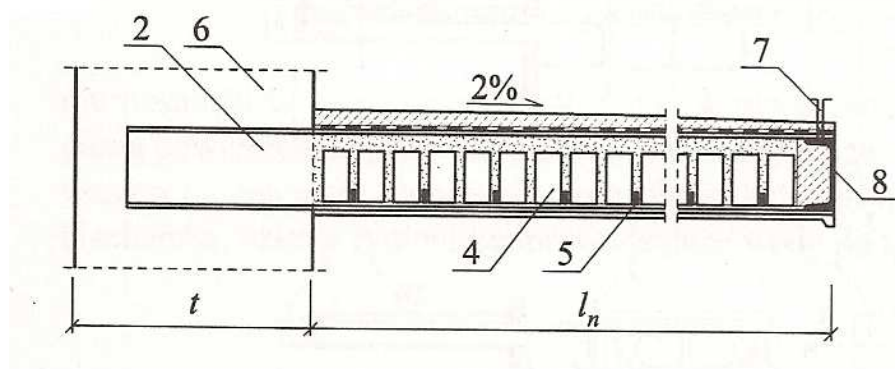
Belki drewniane lub stalowe z kształtowników (najczęściej z dwuteowników) mogą być połączone z konstrukcją budynku na dwa różne sposoby:

- jako wspornikowe przedłużenie belek stropowych



Rys. 2.7. Przekrój przez balkon z belek stalowych stanowiących przedłużenie belek stropowych; 1 – belka balkonowa będąca przedłużeniem belki stropowej, 3 – płyta Kleina, 6 – ściana, 7 – słupek balustrady, 8 – usztywnienie końcówek belek za pomocą belki krawędziowej, wg [4, Rys. 6.2.b]

- jako niezależne wsporniki zamocowane w ścianie.



Rys. 2.8. Przekrój przez balkon z belek stalowych zamocowanych w ścianie; 2 - belka balkonowa zamocowana w ścianie, 4 – cegły płyty Kleina, 5 – zbrojenie płyty Kleina, 6 – ściana, 7 – słupek balustrady, 8 – usztywnienie końcówek belek za pomocą belki krawędziowej, wg [4, Rys. 6.2.b]

Belki żelbetowe są najczęściej wspornikami o wysięgu nieprzekraczającym 1,2 m utwierdzonymi w wieniec żelbetowym. Zaznaczyć przy tym należy, iż wieniec musi posiadać odpowiednio dużą wytrzymałość i sztywność na skręcanie.

Oparcie płyty balkonowej na belkach może być realizowane w sposób widoczny (płyta leży na belkach, belki widoczne pod płytą) lub ukryty (m.in. w przypadku płyty Kleina).

### c) Balustrady

Balustrady są ważnym i wymaganym elementem wyposażenia balkonu. Oprócz funkcji ochronnej pełnią również funkcję konstrukcyjną (należy je uwzględnić w obliczeniach) oraz estetyczną.

Balustrady dzielimy na lekkie (ażurowe) i ciężkie (pełne). Balustrady lekkie składają się ze słupków i pochwytów – najczęściej stalowych, aluminiowych lub drewnianych impregnowanych – oraz z wypełnienia, którym mogą być:

- elementy stalowe (np. pręty, płaskowniki, siatka)
- elementy drewniane
- szkło hartowane
- płyty poliwęglanowe
- płyty laminatowe.



Fot. 2.5. Balkon o balustradzie lekkiej, stalowej [dokumentacja własna]

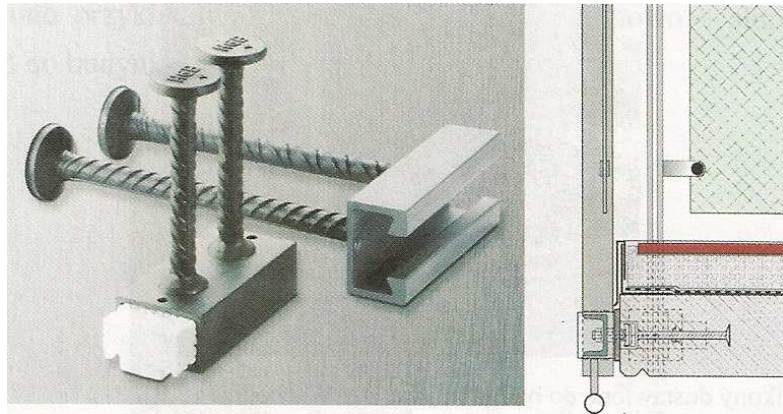
Balustrada ciężka może być wykonana jako betonowa, żelbetowa lub murowana z elementów drobnowymiarowych (np. z cegieł, pustaków szklanych).



Fot. 2.6. Balkon o balustradzie ciężkiej (pełnej) [dokumentacja własna]

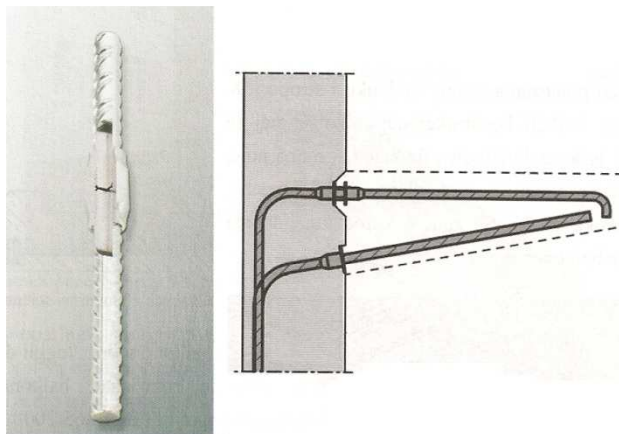
d) Elementy kotwiące

Elementy te służą m.in. do montażu słupków balustrady do płyty balkonu lub ściany.



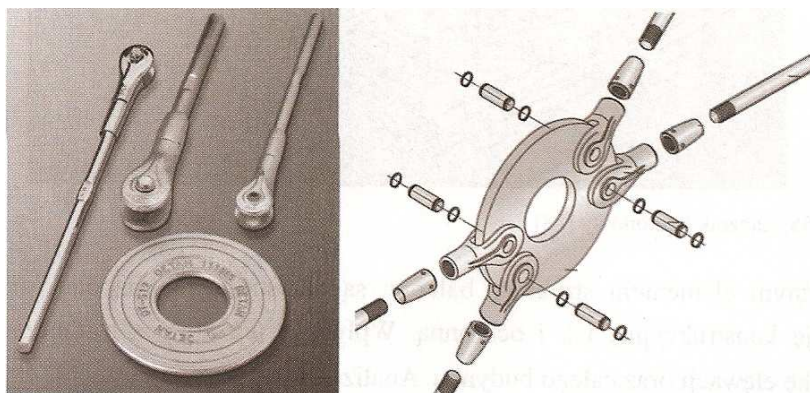
Rys. 2.9. Kotwy mocujące do balustrad, wg [3]

e) Elementy łączące



Rys. 2.10. Złącza śrubowe ułatwiające łączenie zbrojenia, wg [3]

f) Elementy ciągnowe



Rys. 2.11. System ciągnowy, wg [3]

Każdy balkon musi być także wyposażony w podstawowe elementy ochrony globalnej i indywidualnej, które szerzej omówione zostały w rozdziale 3.3.



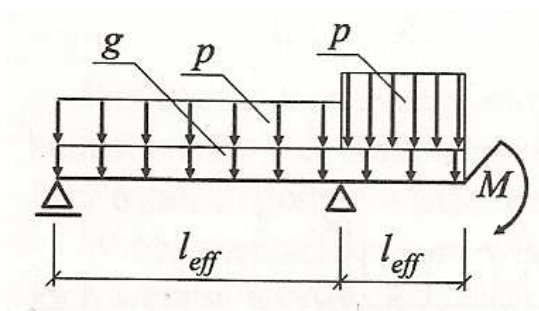
## 2.4. Obliczenia statyczne

W tym rozdziale omówione zostaną sposoby obliczeń najbardziej powszechniej konstrukcji – balkonów wspornikowych.

### I. Schematy statyczne

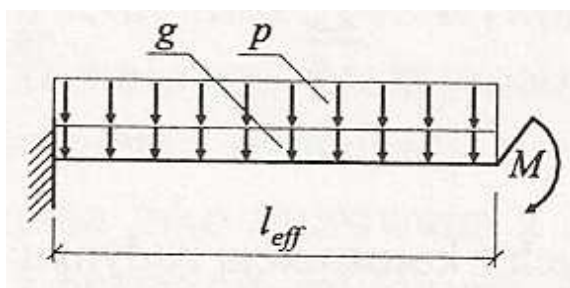
Podstawą obliczeń jest przyjęcie prawidłowego schematu statycznego:

- a) belki stalowe lub drewniane stanowiące przedłużenie belek stropowych – są belkami swobodnie podpartymi, zginanymi, ze wspornikiem



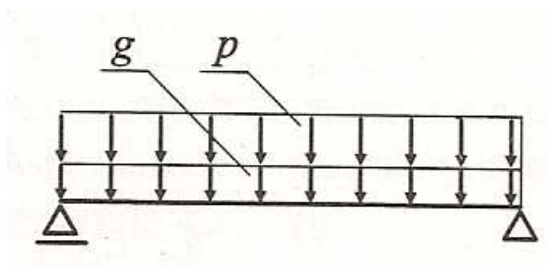
Rys. 2.12. Schemat statyczny belki stropowej ze wspornikiem stanowiącym belkę balkonową, wg [4, Rys. 6.2.d]

- b) belki wspornikowe stalowe i żelbetowe – są belkami utwierdzonymi w ścianie (wieńcu) budynku, zginanymi



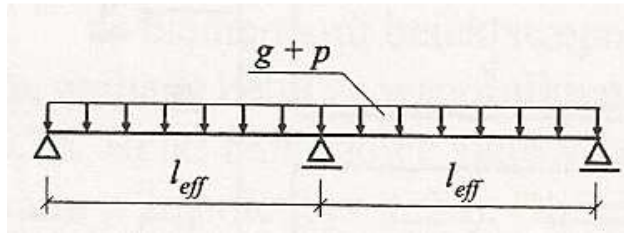
Rys. 2.13. Schemat statyczny belki wspornikowej utwierdzonej w murze, wg [4, Rys. 6.2.e]

- c) płyty balkonowe oparte na belkach stalowych lub drewnianych – traktuje się je jako belki swobodnie podparte, zginane, jednoprzęsłowe



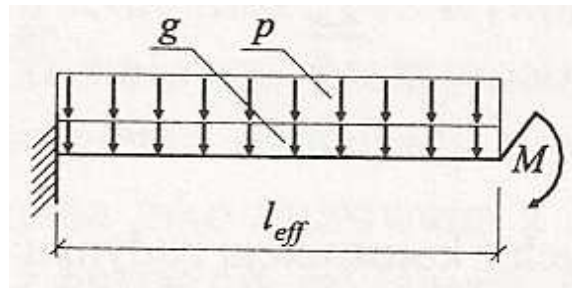
Rys. 2.14. Schemat statyczny płyty balkonowej opartej na belkach stalowych lub drewnianych, wg [4, Rys. 6.2.f]

d) płyty balkonowe oparte na belkach żelbetowych – najczęściej połączone są monolitycznie z belkami i przyjmuje się je jako belki swobodnie podparte, zginane, wieloprzęsłowe



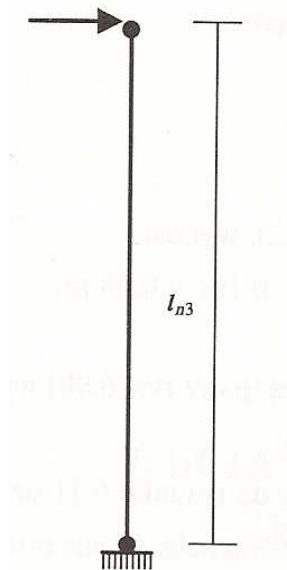
Rys. 2.15. Schemat statyczny płyty żelbetowej monolitycznie połączonej z żelbetowymi belkami balkonowymi, wg [4, Rys. 6.3.d]

e) płyty balkonowe wspornikowe – ich schematem statycznym jest belka wspornikowo utwierdzona



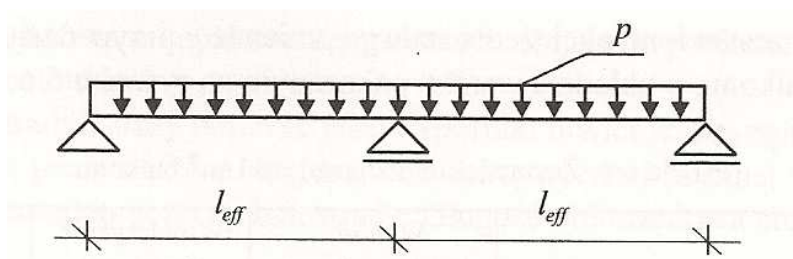
Rys. 2.16. Schemat statyczny płyty balkonowej wspornikowej, wg [4, Rys. 6.4.e]

f) balustrada – słupek balustrady lekkiej jest wspornikiem utwierdzonym, zginanym, obciążonym siłą poziomą z poręczy, przekazuje on moment skupiony na płytę lub belkę balkonową; w przypadku balustrady ciężkiej należy uwzględnić także jej ciężar własny, obciążając nim balkon w postaci siły skupionej



Rys. 2.17. Schemat statyczny słupka balustrady, wg [4, Rys.6.9.a]

g) poręcz balustrady – przyjmuje się jako belkę swobodnie podpartą, zginaną, zazwyczaj wieloprzęsłową, obciążoną siłą poziomą liniowo rozłożoną na jednostkę długości.



Rys. 2.18. Schemat statyczny poręczy, wg [4, Rys. 6.7.]

## II. Rozpiętość obliczeniowa

Do obliczeń statycznych należy przyjąć efektywną rozpiętość elementu, stanowiącą rozpiętość w świetle podpór powiększoną o odpowiednie wartości szerokości podparcia. Rozpiętość obliczeniową  $l_{eff}$  elementów konstrukcji, oznaczającą odległość pomiędzy teoretycznymi punktami podparcia wyznacza się zgodnie z wyrażeniem:

$$l_{eff} = l_n + a_1 + a_2, \quad (2.1)$$

gdzie:

$l_n$  - rozpiętość elementu w świetle podpór

$a_1$  i  $a_2$  - odległości teoretycznych punktów podparcia elementu od krawędzi podpór

W przypadku belek wolnopodpartych szerokość podparcia  $a_n$  przyjmujemy jako 2,5%  $l_n$ , a dla wsporników i elementów żelbetowych jako mniejszą z wartości  $0,5t$  i  $0,5h$ , gdzie:

$t$  - szerokość muru, na którym oparta jest belka lub płyta

$h$  - wysokość przekroju belki lub płyty.

## III. Obciążenia

Ciężar własny – należy uwzględnić ciężar konstrukcji oraz wszystkich warstw balkonu.

Obciążenie zmienne użytkowe (technologiczne) – dla balkonów przyjmujemy obciążenie równomiernie rozłożone o wartości charakterystycznej  $5,0 \text{ kN/m}^2$ .

W celu wyznaczenia wartości obliczeniowych obciążeń stałych należy użyć odpowiednich współczynników obciążenia  $\gamma_f$  zgodnie z normą PN-82/B-02001. Dla obciążenia zmiennego przyjmujemy  $\gamma_f = 1,3$ .

## IV. Obliczanie poręczy balustrady

Poręcz przenosi obciążenie charakterystyczne od siły poziomej liniowo rozłożonej o wartości  $1,0 \text{ kN/m}$ . Współczynnik obciążenia przyjmujemy jako  $\gamma_f = 1,2$ . Rozpiętość obliczeniowa  $l_{eff}$  jest równa osiowemu rozstawowi słupków balustrady. Po wyznaczeniu sił przekrojowych

należy wyznaczyć potrzebny wskaźnik wytrzymałości przekroju  $W_x$  z uwagi na stan graniczny nośności:

$$W_x \geq \frac{M_o}{\varphi_L \cdot \alpha_p \cdot f_d} \quad (2.2)$$

#### V. Obliczanie słupka balustrady

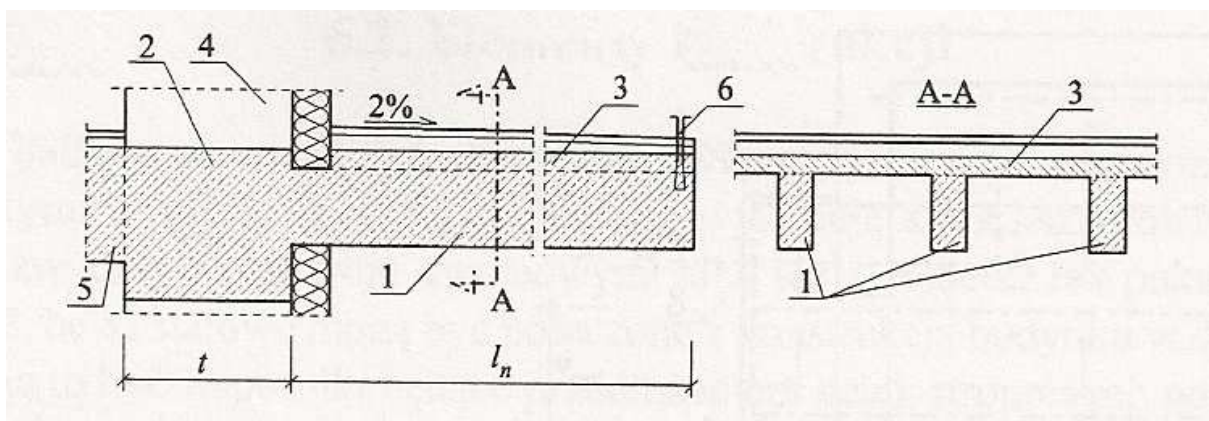
Słupek przejmuje obciążenie poziome z poręczy. Wartość siły skupionej, którą obciążony jest słupek, należy wyznaczyć przez przemnożenie przez siebie wartości rozstawu osiowego słupków oraz obciążenia liniowo rozłożonego przyłożonego do balustrady. Długość obliczeniowa słupka wynosi  $l_{eff} = 1,025 l_n$ , przy czym  $l_n$  jest odległością mierzoną od poziomu zamocowania słupka do górnej krawędzi poręczy. Po wyznaczeniu maksymalnego momentu zginającego należy wyznaczyć potrzebny wskaźnik wytrzymałości przekroju  $W_x$  z uwagi na stan graniczny nośności.

#### VI. Obliczanie belki stalowej

Należy przyjąć odpowiedni schemat statyczny i uwzględnić wszystkie obciążenia stałe oraz zmienne użytkowe. Belkę należy też obciążyć na końcu obliczeniową wartością momentu utwierdzenia balustrady oraz, w przypadku balustrady ciężkiej, siłą skupioną równoważną obliczeniowemu ciężarowi balustrady. Po wyznaczeniu maksymalnego momentu zginającego należy wyznaczyć potrzebny wskaźnik wytrzymałości przekroju  $W_x$  z uwagi na stan graniczny nośności. Po przyjęciu odpowiedniego przekroju belki wymagane jest sprawdzenie stanu granicznego użytkowalności. Dokonać tego należy na podstawie wartości charakterystycznych obciążeń, a obliczonego ugięcie nie może przekraczać wartości granicznej, wyznaczonej według normy PN-90/B-03200.

#### VII. Obliczanie belek i płyt żelbetowych

Obliczeń należy dokonać zgodnie z normą PN-B-03264:2002 dotyczącą projektowania konstrukcji żelbetowych.



Rys. 2.19. Balkon monolityczny żelbetowy płytowo-żebrowy , wg [4, Rys. 6.3.a,b]

## 2.5. Obliczenia termiczne

Obliczając współczynnik przenikania ciepła dla przegród budynku należy uwzględnić wpływ mostków cieplnych, w tym balkonów. Mostkami cieplnymi nazywamy miejsca w przegrodach budynku, które charakteryzują się większą niż w ich pozostałej części gęstością strumienia ciepła i obniżoną temperaturą powierzchni wewnętrznej, spowodowaną:

- zmianą geometrii przegrody (geometryczny mostek cieplny)
- zastosowaniem materiału o większej przewodności cieplnej niż w pozostałej części przegrody (materiałowy mostek cieplny).

Wyróżnić można liniowe (m.in. balkony) i punktowe mostki cieplne, w których obserwowane są odpowiednio dwu- (2D) i trójwymiarowe (3D) przepływy ciepła. Szersze informacje na temat mostków cieplnych zawarte są w rozdziale 4.1 niniejszej pracy.

*Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* narzuca wymaganie racjonalnie niskiego zużycia energii cieplnej, co wiąże się z koniecznością ograniczenia strat ciepła przez przenikanie.

Współczynnik strat ciepła przez przenikanie przez przegrody zewnętrzne, będące w kontakcie z powietrzem zewnętrznym (tzw. współczynnik sprężenia cieplnego), jest równy:

$$H_D = \sum U_i A_i + \sum \psi_k l_k + \sum \chi_j \left[ \frac{W}{K} \right], \quad (2.3)$$

gdzie:

$U_i$  - współczynnik przenikania ciepła „i-tej” przegrody zewnętrznej budynku  $\left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$

$A_i$  - pole powierzchni „i-tej” przegrody zewnętrznej budynku  $[m^2]$

$\psi_k$  - liniowy współczynnik przenikania ciepła „k-tego” liniowego mostka cieplnego  $\left[ \frac{W}{m K} \right]$

$l_k$  - długość „k-tego” liniowego mostka cieplnego  $[m]$

$\chi_j$  - punktowy współczynnik przenikania ciepła „j-tego” punktowego mostka cieplnego  $\left[ \frac{W}{K} \right]$ .

Współczynnik przenikania ciepła  $U$  przez przegrodę należy obliczać zgodnie z normą PN-EN ISO 6946 [7]:

- z tablicy 1 należy odczytać wartości oporów przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej:  $R_{si}$  i  $R_{se}$   $\left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$

- obliczeniowe opory cieplne poszczególnych jednorodnych warstw przegrody oblicza się z zależności:

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \left[ \frac{m^2 K}{W} \right], \quad (2.4)$$

gdzie:

$d$  - grubość warstwy [m]

$\lambda$  - obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła  $\left[\frac{W}{m K}\right]$ .

- całkowity opór cieplny przegrody wynosi:

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} \left[\frac{m^2 K}{W}\right], \quad (2.5)$$

- współczynnik przenikania ciepła przez przegrodę dany jest wzorem:

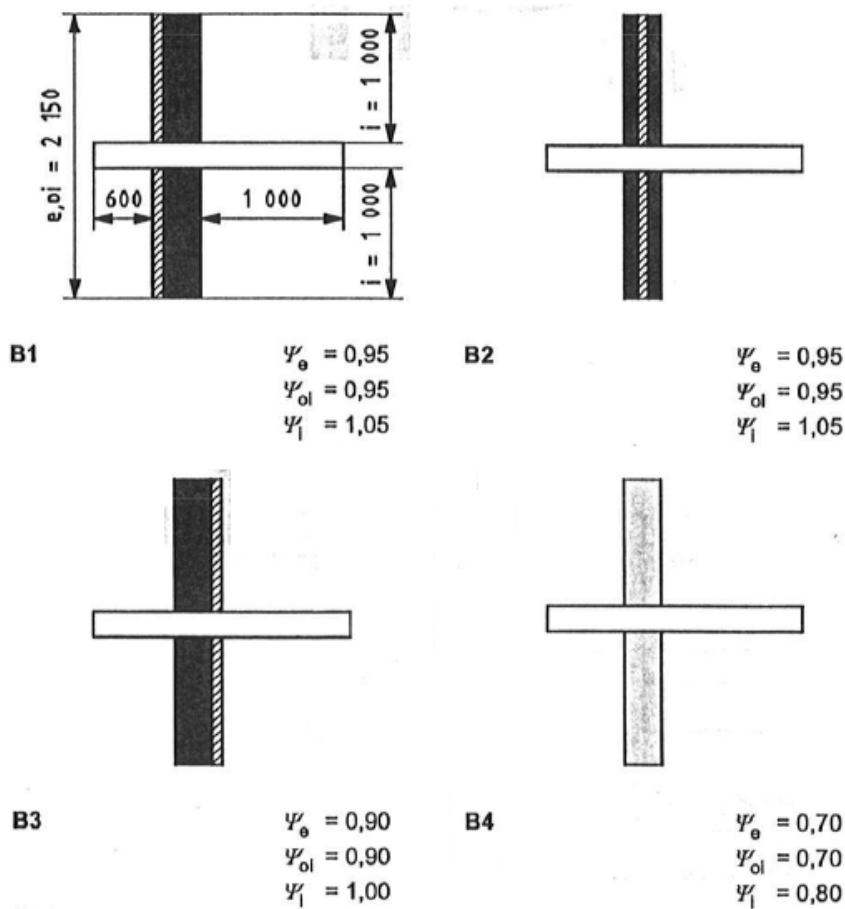
$$U = \frac{1}{R_T} \left[\frac{W}{m^2 K}\right]. \quad (2.6)$$

Wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\psi_k$  przyjmuje się z normy PN-EN ISO 14683: 2008 [12] w zależności od systemu wymiarowania oraz sposobu izolacji:

$\psi_i$  - system oparty na wymiarach wewnętrznych

$\psi_{oi}$  - system oparty na całkowitych wymiarach wewnętrznych

$\psi_e$  - system oparty na wymiarach zewnętrznych.



Rys. 2.20. Orientacyjne wartości współczynnika  $\psi$  balkonu dla budynku z izolacją: B1 – na zewnątrz, B2 – w środku przegrody, B3 – wewnątrz, B4 – na całej grubości przegrody [12]

Przekształcając wzór (2.3) można wyznaczyć wartość zastępczego współczynnika  $U_k$  przegrody budynku z uwzględnieniem występujących w niej mostków cieplnych:

$$U_k = U + \frac{\sum \psi_k l_k}{A} + \frac{\sum \chi_j}{A} \left[ \frac{W}{m^2 K} \right], \quad (2.7)$$

gdzie:

$A$  - suma składowych powierzchni  $A_i$  [ $m^2$ ].

Wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_k$  ścian, stropów i stropodachów, obliczone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła, nie mogą być większe niż wartości  $U_{k,max}$  określone w tabelach (Załącznik nr 2 w [6]).

Norma PN-EN ISO 13788: 2003 [10] mówi o projektowaniu pod kątem uniknięcia zagrzybień i pleśni. Aby uniknąć rozwoju pleśni, wilgotność względna nie powinna przekraczać 0,8 przez kilka dni. Przyjmując kryterium na maksymalną dopuszczalną wilgotność względną na powierzchni  $\varphi_{si} \leq 0,8$  można obliczyć minimalną dopuszczalną wilgotność objętościową w stanie nasycenia  $v_{sat}$  lub ciśnienie pary nasyconej  $p_{sat}$ :

$$v_{sat}(\Theta_{si}) = \frac{v_i}{0,8}, \quad (2.8)$$

$$p_{sat}(\Theta_{si}) = \frac{p_i}{0,8}, \quad (2.9)$$

gdzie:

$\Theta_{si}$  - temperatura powierzchni wewnętrznej przegrody

$v_i$  - wilgotność objętościowa powietrza wewnętrznego

$p_i$  - ciśnienie pary wodnej powietrza wewnętrznego.

Wartości parametrów powietrza w pomieszczeniu można przyjąć standardowo jako:

- temperatura:  $\Theta_i = 20^\circ C$

- wilgotność względna:  $\varphi_i = 50\%$

Na podstawie minimalnej dopuszczalnej temperatury powierzchni  $\Theta_{si}$ , przyjmując temperaturę powietrza wewnątrz  $\Theta_i$  i temperaturę zewnętrzną  $\Theta_e$ , oblicza się z równania minimalny współczynnik temperaturowy powierzchni wewnętrznej  $f_{Rsi}$ :

$$f_{Rsi} = \frac{\Theta_{si} - \Theta_e}{\Theta_i - \Theta_e}. \quad (2.10)$$

Krytycznym miesiącem jest ten, w którym wymagana wartość  $f_{Rsi,min}$  jest największa i oznacza się ją jako  $f_{Rsi,max}$  – dla stycznia:  $f_{Rsi,max} = 0,72$ . Element budynku (w tym balkon) należy projektować tak, aby zachodziła zależność:

$$f_{Rsi} > f_{Rsi,max}. \quad (2.11)$$





### 3. Analiza rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych balkonów

#### 3.1. Typy konstrukcji balkonów

W tym rozdziale przedstawię i scharakteryżuję współczesne rozwiązania strukturalne balkonów. Elementy konstrukcyjne balkonów zostały opisane szczegółowiej w rozdziale 2.4.

##### I. Ustroje prętowe

W tej grupie dominują konstrukcje drewniane oraz stalowe. Wśród nich można wyróżnić balkony:

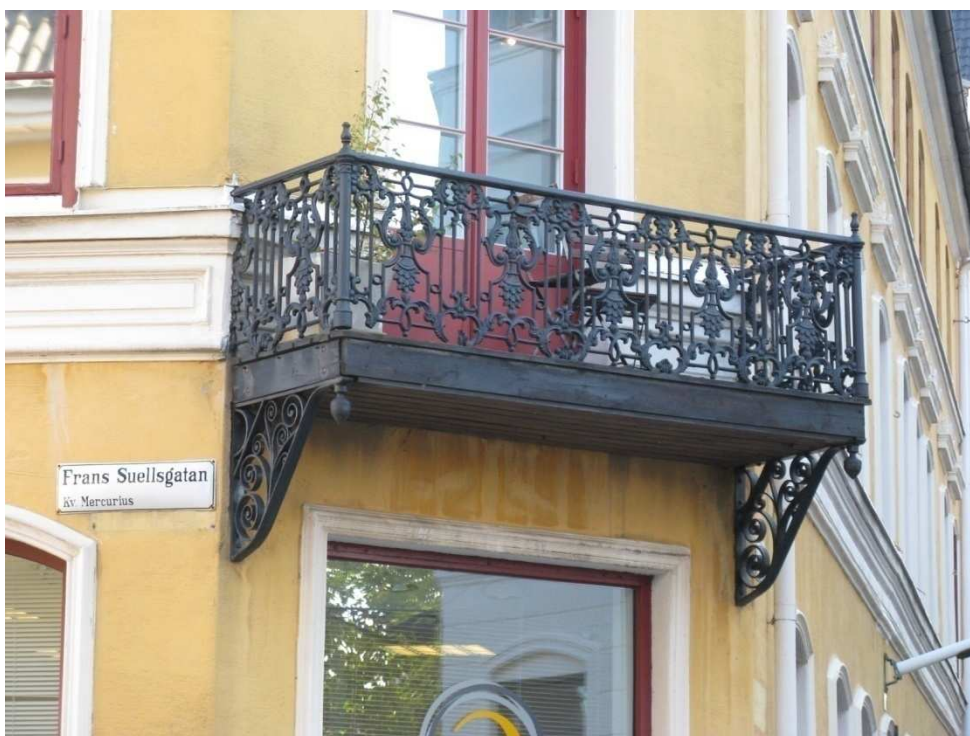
##### a) wspornikowe

Są to konstrukcje oparte na kroksztynach – wspornikach wystających przed lico muru. Galeria może być wykonana np. z desek, ażurowych pomostów stalowych.



Fot. 3.1. Balkon oparty na trzech wspornikach. Poznań, ul. Małeckiego [dokumentacja własna]

b) wspornikowe z zastrzałami



Fot. 3.2. Balkon wspornikowy z zastrzałami. Malmö, Szwecja [dokumentacja własna]

c) wspornikowo-ciężnowe

Stosuje się tutaj ciężna stalowe oraz ażurowe płyty stalowe.



Fot. 3.3. Ustrój wspornikowo-ciężnowy [3]

d) dostawiane (ramowe)

Wśród nich są także balkony dostawiane zintegrowane z konstrukcją dachową



Fot. 3.4. Balkon ramowy drewniany zintegrowany z konstrukcją dachową. Poznań, ul. Konopnickiej [dokumentacja własna]

## II. Ustroje płytowe

Wykonywane są z żelbetu. Mogą to być płyty:

a) oparte na dwóch lub trzech krawędziach

Należą do nich balkony narożne oraz wewnętrzne – czyli loggie.



Fot. 3.5. Balkon narożny - płyta żelbetowa oparta na dwóch krawędziach. Poznań, ul. Grotgera [dokumentacja własna]



Fot. 3.6. Balkony wewnętrzne, oparte na trzech krawędziach. Poznań, ul. Kasprzaka [dokumentacja własna]

b) wspornikowe

Monolityczne płyty wspornikowe mogą mieć różne kształty – prostokątne, trapezowe lub zaokrąglone.



Fot. 3.7. Żelbetowa płyta wspornikowa trapezowa. Poznań, ul. Parkowa [dokumentacja własna]

III. Galerie z płytą betonową

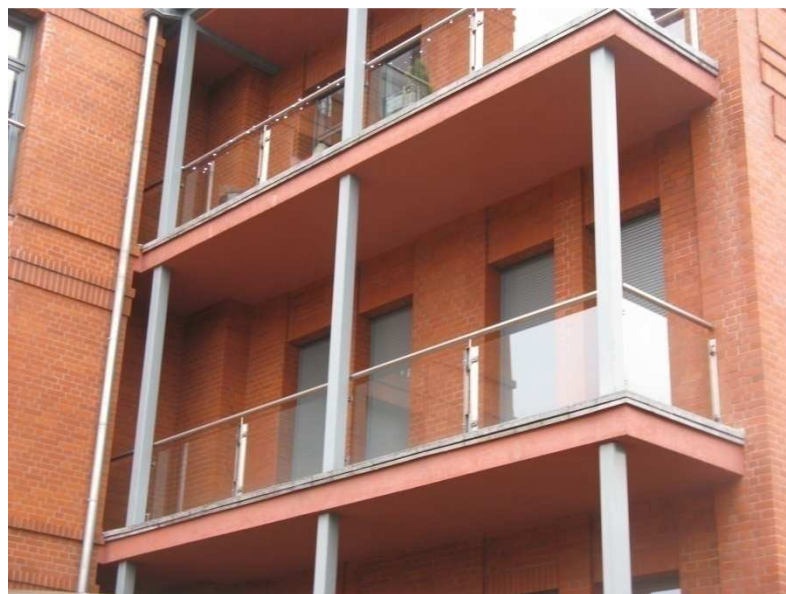
Są to balkony ciągłe. Balkon taki może służyć komunikacji i pełnić funkcję dojścia pokoi lub mieszkań lub kończyć się klatką schodową, dlatego też chętnie jest stosowany w hotelach i pensjonatach. Ze względu na wpływy termiczne ustroje takie muszą być odpowiednio zdylatowane, maksymalnie co 4, a w przypadku silnego nasłonecznienia co 2 m.



Fot. 3.8. Galeria z żelbetową płytą jednoprzęsłową - wyraźnie widoczne dylatacje między płytami. Malmö, Szwecja [dokumentacja własna]

#### IV. Ustroje płytowo-słupowe

Konstrukcja ta składa się z żelbetowej płyty podparte murewanymi, żelbetowymi bądź stalowymi słupami. Jest to bardzo powszechne i często stosowane rozwiązanie. Bardzo okazale prezentuje się ono w domach jednorodzinnych, pałacach i dworach, stanowiąc wejście kolumnowe do budynku.



Fot. 3.9. Balkon płytowo-słupowy ze słupami stalowymi. Poznań, osiedle City Park [dokumentacja własna]



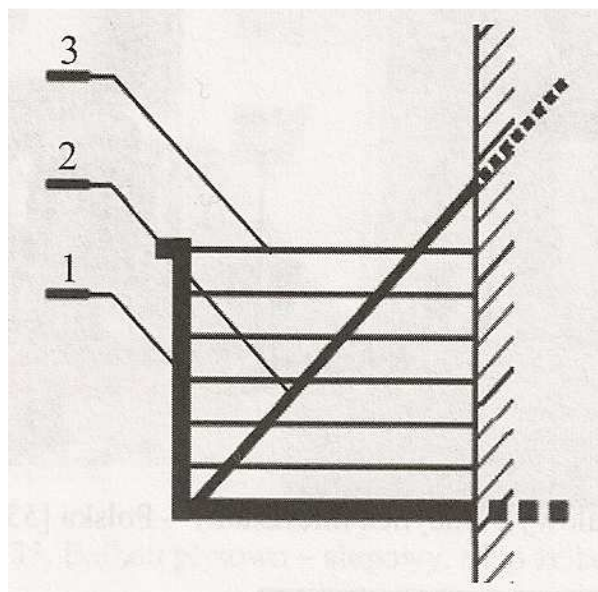
Fot. 3.10. Balkon płytowo-słupowy ze słupami żelbetowymi. Poznań, ul. Kossaka [dokumentacja własna]



Fot. 3.11. Wejście kolumnowe. Poznań, ul. Niegolewskich [dokumentacja własna]

### V. Ustroje płytowo-ciężnowe

Stanowią jedno z ciekawszych rozwiązań, będąc konstrukcjami wiszącymi. Ważną rolę pełnią tu nowoczesne systemy zamocowań i kotwienia. Ciężnami mogą być stalowe pręty (np. rury) lub liny.



Rys. 3.1. Schemat konstrukcji płytowo-ciężnowej balkonu, wg [3, Rys. I.39.]

## VI. Balkony dobudowane

Bardzo często stosowane są w budynkach modernizowanych nieposiadających wcześniej balkonów. Szczególnie we Wschodnich Niemczech, gdzie wiele budynków wielorodzinnych przechodzi termomodernizację, bardzo chętnie „dostawia” się do nich balkony. Ich konstrukcja jest na ogół płytowo-słupowa.



Fot. 3.12. Balkony dobudowane. Rietschen, Niemcy [dokumentacja własna]

## VII. Porte-fenêtre

Rozwiązanie to stanowi pewną namiastkę balkonu. Są to okna w budynku sięgające do podłogi, zabezpieczone z zewnątrz balustradą.



Fot. 3.13. Porte-fenêtre. Poznań, osiedle City Park [dokumentacja własna]



## 3.2. Warstwy balkonu

Omówione w tym rozdziale warstwy balkonu nie dotyczą balkonów o galerii ażurowej bądź drewnianej, a jedynie ustrojów zawierających płytę konstrukcyjną.

### I. Podłoże konstrukcyjne

Powierzchnia podłoża powinna być równa, bez spękań i rys skurczowych, a maksymalny prześwit pod łąką kontrolną o długości 2 m powinien nie przekraczać 5 mm. Wszelkie krawędzie oraz naroża wewnętrzne i zewnętrzne powinny być zaokrąglone krzywizną o minimalnym promieniu równym 3 cm. Podłoże musi posiadać odpowiednią sztywność i wytrzymałość, tak, aby odkształcenia pod wpływem nacisku nie powodowały uszkodzeń warstw izolacyjnych. Podłoże może być wykonane np. z wylewki betonowej bądź gładzi cementowej oraz uformowane ze spadkiem 1,5 – 2,0% w celu odprowadzenia wody opadowej z nawierzchni i warstw izolacji. W najcieńszym miejscu grubość warstwy powinna być nie mniejsza niż 3,5 – 4 cm ze względu na możliwość kruszenia na obrzeżach balkonu. W przypadku użycia gładzi cementowej, należy wykonać szczeliny dylatacyjne o szerokości minimum 10 mm, oddzielające podłoże od elementów stałych budynku. Podłoże powinno być zagruntowane preparatami gruntującymi. Zagruntowanie zapobiega m.in. przed utratą wilgoci, co pozwala podłożu uzyskać odpowiednią wytrzymałość na ściskanie.

### II. Warstwa paroizolacyjna

Paroizolację stosować należy jedynie w przypadku balkonów wewnętrznych, usytuowanych nad pomieszczeniami. Chroni ona izolację termiczną przed zawilgoceniem z wnętrza budynku. Najczęściej stosowane materiały to folie paroszczelne z tworzyw sztucznych lub papy asfaltowe.

### III. Warstwa termoizolacyjna

Stosuje się ją głównie w balkonach wewnętrznych, ale również może być użyta w balkonach zewnętrznych, zmniejszając w ten sposób utratę ciepła z budynku. Najczęściej stosuje się styropian lub polistyren ekstrudowany o odpowiedniej sztywności, odporności na działanie czynników biologicznych i nienasiąkliwey.

### IV. Warstwa hydroizolacyjna

Hydroizolacja balkonów powinna być wielowarstwowa i spełniać wymagania izolacji wodochronnej. Dla balkonów zewnętrznych dopuszcza się wykonanie izolacji w wersji przeciwwilgociowej ze wzmocnieniem wkładką zbrojącą obszarów wyprowadzenia na płaszczyzny pionowe, w otoczeniu przebieg i dylatacji. Jako hydroizolacje stosuje się papy asfaltowe, folie z polichlorku winylu, materiały rolowe na bazie EPDM lub izolacje bezspoinowe z mas hydroizolacyjnych wzmocnianych wkładkami zbrojącymi (tzw. laminatów). Izolacje z papy należy układać w temperaturze powyżej 5°C zgodnie z kierunkiem spadku podłoża. Folie mogą być mocowane mechanicznie w obrębie zakładów, klejone pasami lub na całej powierzchni.

## V. Warstwa poślizgowa

Umożliwia oddzielną pracę warstw wykończeniowych i położonej pod nimi hydroizolacji. Układana jest na warstwie wodochronnej na cienkiej warstwie talku z piaskiem lub „na sucho”. Najczęściej stosuje się papy asfaltowe lub folie polietylenowe. W przypadku drenażowego odprowadzania wody z balkonu (woda spływa nie tylko po powierzchni balkonu, ale również po przeciwwodnej warstwie uszczelniającej), należy użyć folii kubełkowej, która pełni jednocześnie funkcję warstwy poślizgowej oraz maty drenażowej.

## VI. Warstwa dociskowa

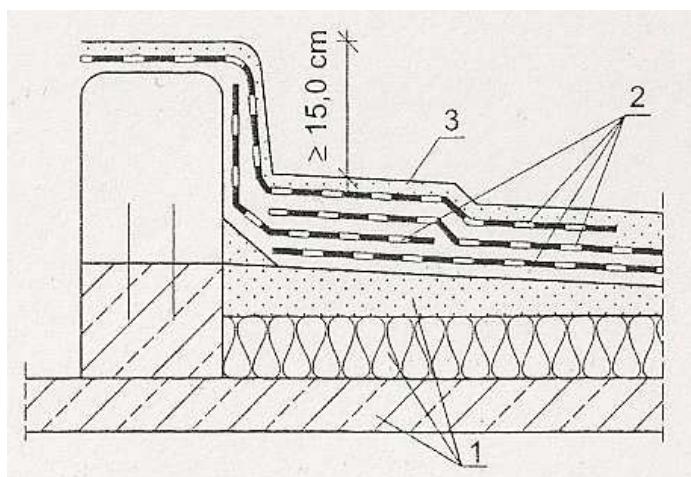
Jest to warstwa podkładowa grubości 4-5 cm. Stosowana jest tylko w przypadku wykonywania warstwy termoizolacyjnej lub drenażowego odprowadzania wody. Może nią być np. jastrych (w przypadku drenażowego odprowadzania wody – jastrych wodoprzepuszczalny).

## VII. Warstwa wykończeniowa

Najczęściej stosuje się płytki ceramiczne – terakotę, klinkier lub lastryko, a także płyty kamienne. Użyte materiały powinny odznaczać się mrozoodpornością, brakiem śliskości, małą ścieralnością oraz nasiąkliwością nie większą niż 4%. Należy również pamiętać o wykonaniu dylatacji w tych samych miejscach, w których są dylatacje podłoża konstrukcyjnego, używając sznurów dylatacyjnych. Ostatecznie nawierzchnia balkonu powinna mieć taki sam spadek, jaki został wyprofilowany w podłożu konstrukcyjnym (warstwie spadkowej).

Nie wszystkie z powyższych warstw występują zawsze. Występowanie części z nich (np. termoizolacja, warstwy drenażowe) jest uzależnione od woli inwestora i projektanta budynku.

Szczególną uwagę należy również zwracać na obróbkę elementów wyprowadzonych powyżej powierzchni płyty balkonu. Izolacja przeciwwodna musi być doprowadzona co najmniej do 15 cm powyżej warstwy nawierzchni.



Rys. 3.2. Sposób zakończenia izolacji wodochronnej w rejonie progu drzwi balkonowych; 1 – warstwy podłoża, 2 – warstwy hydroizolacyjnej papy asfaltowej, 3 – warstwa poślizgowa, wg [1, Rys. 12.37.]

### 3.3. Elementy ochrony balkonu

Balkony narażone są na złożone warunki różnorodnych oddziaływań niszczących: mechanicznych, termicznych, chemicznych, elektrycznych i biologicznych. Niektóre czynniki niszczące mogą występować jednocześnie, przy czym skumulowanie czynników niszczących daje o wiele poważniejsze skutki niż suma pojedynczych oddziaływań. Dlatego, jak już wcześniej wspomniano, balkony powinny być zaopatrzone w elementy ochrony indywidualnej i globalnej.

Elementami ochrony indywidualnej są materiały i systemy chroniące każdy konkretny element balkonu osobno. Zalicza się do nich:

- powłoki ochronne (malarskie)
- ochrona powierzchniowa
- ochrona materiałowo-strukturalna.

Elementy ochrony globalnej chronią cały balkon oraz przyległe do niego pomieszczenie. Są to:

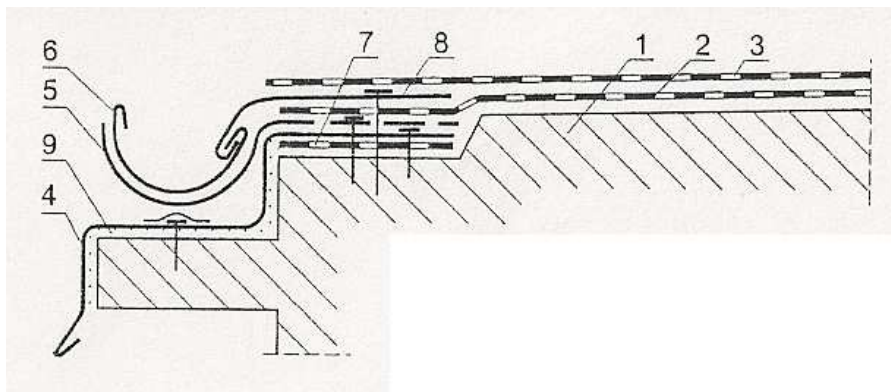
- izolacje wodochronne
- urządzenia odwadniające
- izolacje termiczne
- izolacje akustyczne
- nawierzchnie
- osłony przeciwwiatrowe i przeciwsłoneczne
- przegrody wizualne
- kompozycje roślinne.

Jednym z ważniejszych elementów jest system urządzeń odwadniających balkon. Nawierzchnia oraz warstwa izolacji przeciwwilgociowej powinny mieć odpowiednie spadki i połączenia z wpustami do rur spustowych. Niewłaściwe odprowadzenie wody opadowej może powodować zawilgocenie nie tylko warstw wierzchnich, ale również płyty nośnej balkonu, co skutkuje uszkodzeniami mrozowymi lub wykwitami. W balkonach można stosować odwodnienie zewnętrzne lub wewnętrzne (do środka balkonu).

Odwodnienie zewnętrzne polega na spływie wody do krawędzi balkonu i odprowadzeniu za pomocą rynien umieszczonych na zewnątrz płyty, zamocowanych za pomocą rynhaków, poprzez otwór w ścianie lub przez rzygacze. Stosowanie tych ostatnich rozwiązań powinno być dokładnie przemyślane ze względu na trudności ich połączenia z warstwą izolacji przeciwwilgociowej oraz konieczność wysokiej jakości robót i dokładności. Ponadto stosowanie rynien zewnętrznych może mieć miejsce jedynie w przypadku balkonów o małej szerokości.



Fot. 3.14. Balkony narożne oparte na dwóch krawędziach z odwodnieniem zewnętrznym. Poznań, ul. Jarochowskiego [dokumentacja własna]



Rys. 3.3. Sposób odprowadzenia wód opadowych z powierzchni balkonu do rynny zewnętrznej; 1 – warstwy podłoża, 2,3 – warstwy hydroizolacyjne z papy asfaltowej, 4 – pas podrynnowy, 5 – rynhak, 6 – rynna dowadniająca, 7 – warstwa odcinająca, np. z pasa papy asfaltowej, 8 – pas nadrynnowy, 9 – warstwa odcinająca, np. z masy asfaltowej, wg [1, Rys. 12.38]

Odwodnienie wewnętrzne zazwyczaj jest stosowane w balkonach z balustradą ciężką i polega na odprowadzeniu wody poprzez wpust umieszczony w płycie balkonowej i sprowadzający wodę do wewnętrznej rury spustowej. Wpust powinien być usytuowany w najniższym punkcie zlewni, a spadki podłużne zlewni, w tym warstwy izolacyjnej, powinny wynosić nie mniej niż 1,5% (w praktyce stosuje się spadki 1,5 – 2,0%), żeby zapewnić swobodny spływ wody, a podłoże wokół wpustu w promieniu co najmniej 25 cm od jego brzegu powinno być poziome. Aby zapewnić również odprowadzenie wody z warstw izolacji należy zastosować wpusty dwukońierzowe.



Fot. 3.15. Rura wpustowa przy odwodnieniu wewnętrznym balkonu z pełną balustradą.  
Poznań, ul. Niegolewskich [dokumentacja własna]

Elementy odwadniające mogą być wykonane ze stali nierdzewnej, blachy miedzianej, blachy cynkowej lub z tworzyw sztucznych. Aby zapewnić ciągłość spływu wody z izolacji do wpustu lub rynny zewnętrznej należy kołnierz lub blachę okapową wkleić między warstwy izolacyjne. Przy wklejaniu ich powstaje zgrubienie warstwy izolacyjnej, dlatego, w celu uniknięcia spadku odwrotnego, należy przygotować wcześniej odpowiednie wgłębienie w płycie nośnej balkonu.

Innym elementem ochrony globalnej są osłony przeciwsłoneczne, takiej jak: systemy rolet oraz żaluzji fasadowych, zadaszenia, markizy, rolety. Kompozycje roślinne również mogą pełnić rolę osłony przeciwsłonecznej i przeciwwiatrowej.



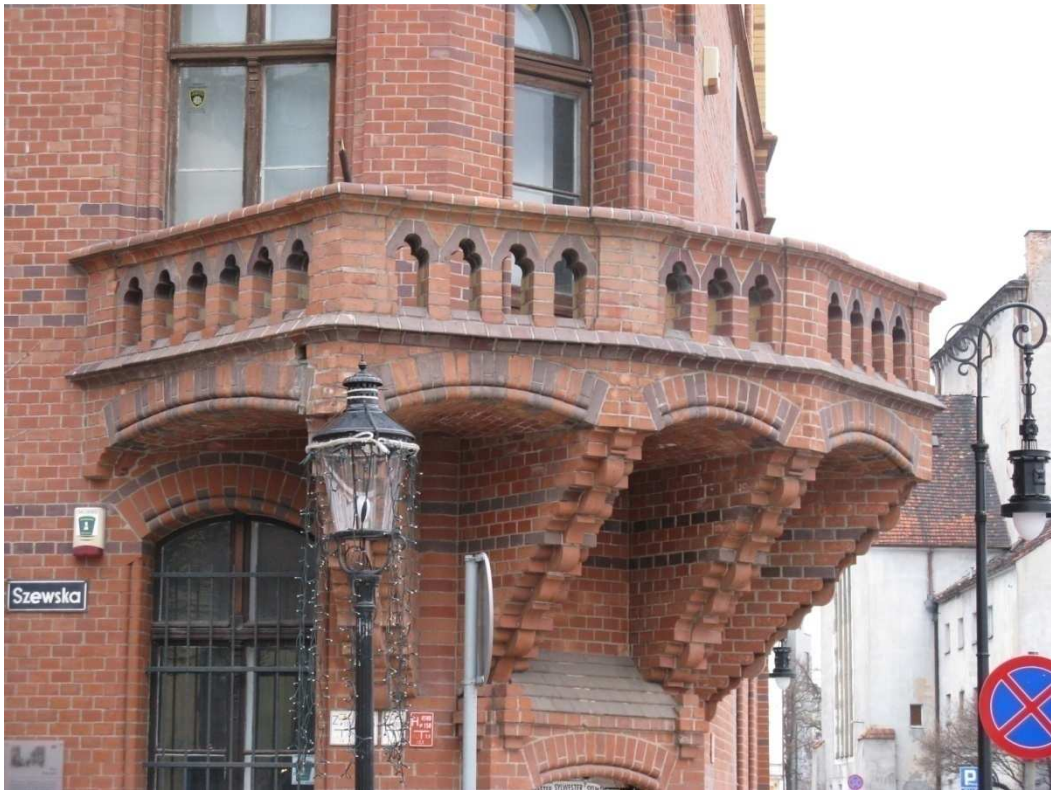
Fot. 3.16. Balkon płytowo-słupowy z systemem rolet fasadowych oraz zadaszeniem.  
Poznań, ul. Limanowskiego [dokumentacja własna]

### 3.4. Ciekawe rozwiązania konstrukcyjno-architektoniczne

Poniżej przedstawione są ciekawe pod względem konstrukcyjnym i architektonicznym rozwiązania balkonów na terenie Poznania.



Fot. 3.17. Zabytkowy balkon o konstrukcji drewnianej zintegrowanej z konstrukcją dachową. Poznań, ul. Konopnickiej [dokumentacja własna]



Fot. 3.18. Zabytkowy półkolisty balkon narożny, wykonany z cegły, oparty na wspornikach, z płytą Kleina. Poznań, ul. Szewska [dokumentacja własna]



Fot. 3.19. Balkon - galeria słupowo płytowa (na górze) oraz loggia (na dole) w zabytkowej, odrestaurowanej kamienicy. Poznań, ul. Siemiradzkiego [dokumentacja własna]



Fot. 3.20. Okazały portal z postaciami atlantów podtrzymującymi balkon nad wejściem do zabytkowej kamienicy z 1895 roku. Poznań, ul. Kanałowa [dokumentacja własna]



Fot. 3.21. Kamienica Margarety Grüder. Swoją bogatą, urozmaiconą fasadę zawdzięcza właśnie balkonom [27]



Kamienica Margarety Grüder to jedna z najokazalszych realizacji kamienicowych na terenie poznańskiego Łazarza, zlokalizowana przy ul. Strusia 3/3a, niedaleko od ul. Głogowskiej. Jest to pięciokondygnacyjny obiekt, wzniesiony dla pochodzącej z Berlina Margarety Grüder w 1898 roku. Charakteryzuje się mocno plastyczną, rozedrganą fasadą z licznymi wykuszami i arkadami. Wybudowana w stylu eklektycznym, nawiązuje przede wszystkim do form gotyckich, w tym zwłaszcza instrumentarium obronnego. Uwagę zwracają liczne, bogato zdobione balkony oparte na machikułowych wspornikach. Użyto zarówno tynków szlachetnych, klinkieru, cegieł różnobarwnych, jak i kamienia. Według Marcina Libickiego jest to jeden z najlepszych w mieście przykładów zastosowania licowanej cegły w fasadzie kamienicy. [27]



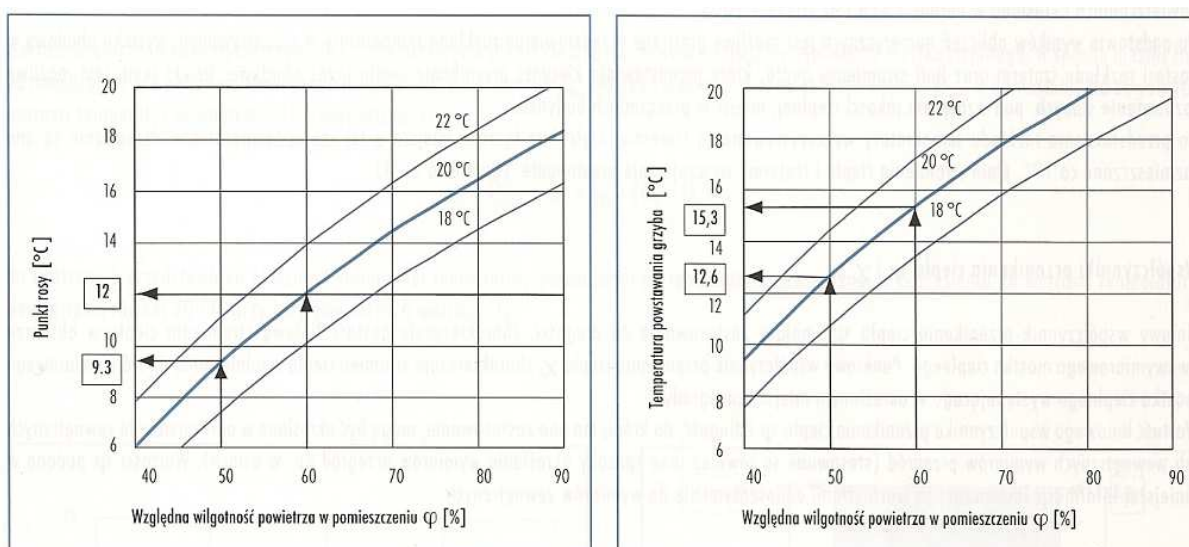
Fot. 3.22. Kamienica Margarety Grüder. Poznań, ul. Strusia [dokumentacja własna]



## 4. Nowoczesne rozwiązania energooszczędne w konstruowaniu balkonów

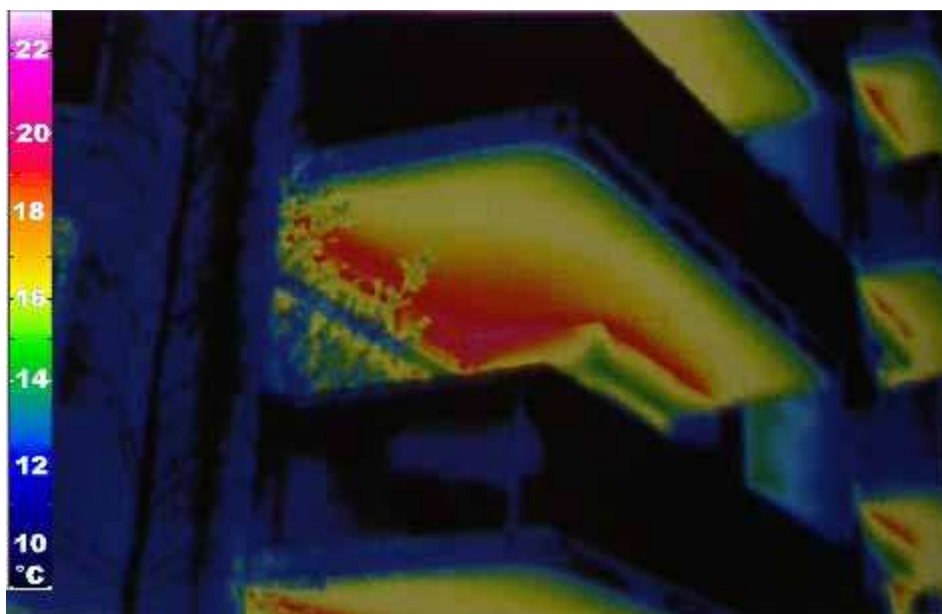
### 4.1. Balkon jako mostek termiczny

Jak już wspomniano w rozdziale (2.5), mostek cieplny jest częścią obudowy budynku o oporze cieplnym znacząco zmienionym w wyniku całkowitej lub częściowej penetracji obudowy budynku przez materiały o różnym współczynniku przewodzenia ciepła, zmiany grubości struktury lub różnicy między wewnętrznymi i zewnętrznymi polami powierzchni przegród. W miejscu występowania mostka cieplnego dochodzi do obniżenia temperatury wewnętrznej powierzchni przegród. Wymaga się, aby była ona wyższa niż wartość dopuszczalna. W przypadku jej przekroczenia istnieje duże ryzyko pojawienia się pleśni i rozwoju zagrzybienia. Gdy temperatura powierzchni nienasiąkliwego materiału jest niższa od punktu rosy powietrza w jego sąsiedztwie, występuje powierzchniowa kondensacja pary wodnej zawartej w powietrzu. Punktem rosy odpowiada wartość temperatury, w której powietrze zawierające określoną ilość pary wodnej osiąga stan nasycenia – wilgotność względną równą 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%. Można przyjąć, że typowe warunki w pomieszczeniach mieszkalnych to: temperatura powietrza równa 20°C oraz wilgotność względna równa około 50%. Na podstawie tych założeń, zgodnie z wykresem na rysunku (4.1), punktem rosy w takich odpowiada temperatura 9,3°C, zaś z uwagi na możliwość rozwoju zagrzybienia, minimalna dopuszczalna temperatura powierzchni przegrody jest równa 12,6°C.



Rys. 4.1. Zależność punktu rosy powietrza od parametrów powietrza (z lewej) i zależność temperatury dopuszczalnej z uwagi na ochronę przed zagrzybieniem od parametrów powietrza, wg [18]

Balkony mogą mieć bardzo różne konstrukcje, niestety najczęściej wybiera się najgorsze rozwiązania. Najbardziej popularnym rozwiązaniem w Polsce jest wspornikowa płyta żelbetowa, która stanowi przedłużenie stropu. Takie rozwiązanie charakteryzuje się najczęściej całkowitym brakiem lub wadliwym wykonaniem izolacji przeciwwilgociowej, a przede wszystkim – jak pokazują badania termowizyjne – połączenie balkonu ze stropem stanowi duży mostek termiczny, przez który następuje bardzo szybka ucieczka ciepła, na skutek przerwania ciągłości izolacji i, co za tym idzie, występowania zarówno geometrycznego mostka cieplnego (płyta balkonowa stanowi tzw. żebro chłodzące) oraz materiałowego mostka cieplnego (wysoka przewodność cieplna zbrojonego betonu). Może tu dochodzić do wykraplania się pary wodnej nad i pod stropem (w pobliżu listwy podłogowej oraz w narożniku sufitu), co w skrajnych przypadkach może prowadzić do pojawienia się pleśni i rozwoju zagrzybienia. Przy szerokim balkonie straty ciepła w wyniku odprowadzenia go przez balkon są porównywalne ze stratami ciepła przez kilkanaście metrów kwadratowych nieocieplonej ściany zewnętrznej budynku. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń (a stąd i koszt ogrzewania) w wyniku istnienia mostków cieplnych w przegrodach może wzrosnąć nawet o 20%. Takie rozwiązanie jest w budynkach energooszczędnych nie do przyjęcia. Dlatego w celu wyeliminowania mostka cieplnego w obrębie balkonu stosuje się różne metody, by oddzielić termicznie płytę balkonu od płyty stropu międzypiętrowego.



Rys. 4.2. Zdjęcie termowizyjne balkonu, ukazujące mostek termiczny [26]

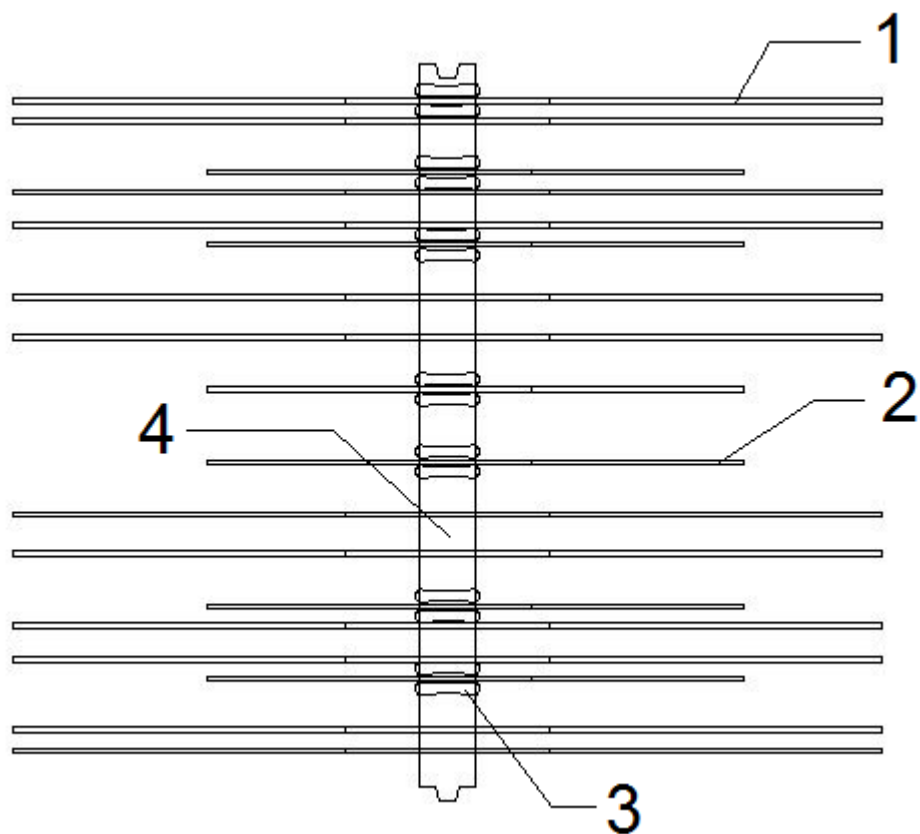
## 4.2. Łączniki izolacyjne

Jednym z ciekawszych rozwiązań eliminacji mostków termicznych są specjalne łączniki (koszyki) izolacyjne. Elementy te służą do 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 elementów sztywnych, utrzymujących dystans po stronie ściskanej, prętów rozciąganych po stronie rozciąganej, prętów odgiętych na siły ścinające, a przestrzenie pomiędzy, wypełnione są materiałem izolacyjnym – styropianem o niskim współczynniku  $\lambda$ . Ponieważ zwykła stal zbrojeniowa ulega korozji, a jej współczynnik przewodzenia ciepła jest wysoki, w koszykach izolacyjnych stosuje się w niewralgicznym odcinku stal szlachetną – nierdzewną, o znacznie obniżonej wartości  $\lambda$ . W produkcji łączników balkonowych wyspecjalizowało się kilka firm. Szeroki wybór produktów powala na stosowanie łączników w różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych balkonów, dla różnych schematów statycznych, a także w konstruowaniu wystających elementów konstrukcji, jak np. atyki, balustrady. Tabela 1 przedstawia zestawienie specyfikacji produktów 4 wiodących firm produkujących łączniki termoizolacyjne.

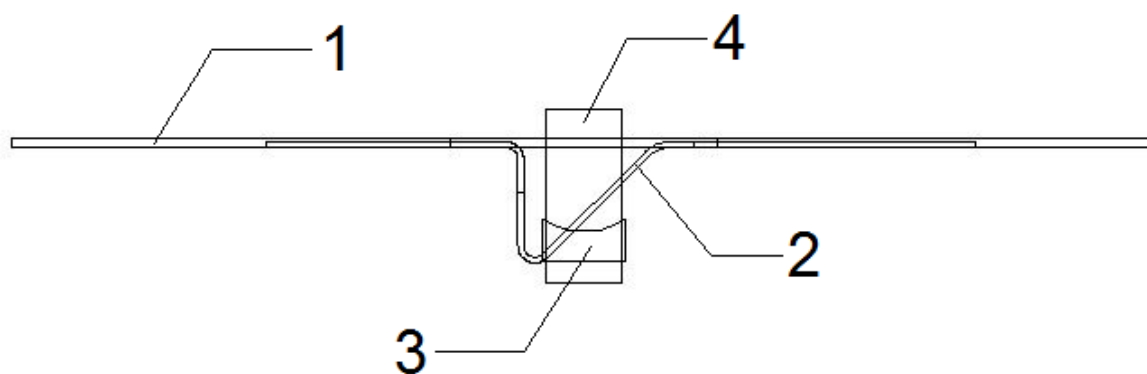
Tabela 1. Zestawienie parametrów łączników balkonowych 4 firm. Znak „+” oznacza, że dany produkt jest w ofercie firmy, znak „-” oznacza, że takiego produktu nie ma

nazwa firmy parametr	Schöck <sup>[18]</sup>	Jordahl & Pfeifer <sup>[19]</sup>	HALFEN <sup>[20,21]</sup>	FRANK <sup>[22]</sup>
Nazwa własna produktu	Isokorb	Isopro	HIT	Egcoibox
Rodzaj materiału izolacyjnego	Styropian WLK 035 (Neopor), $\lambda = 0,031-0,035$ W/mK	Styropian EPS, $\lambda = 0,035-0,040$ W/mK	Styropian, $\lambda = 0,035$ W/mK	Polistyren wysokoudarowy, $\lambda = 0,031$ W/mK; wełna mineralna, $\lambda = 0,040$ W/mK; pianka styropianowa, $\lambda = 0,036$ W/mK; pianka szklana, $\lambda = 0,040$ W/mK
Grubość elementu izolacyjnego	80-120 mm	80 mm	80 mm	50-120 mm
Zbrojenie główne	Stal BSt 500 S, BSt 500 NR, BSt 500 M, $\lambda = 15$ W/mK	wewnątrz izolacji: stal nierdzewna BST 500 NR, część zabetonowana: stal BST 500 S	pręty zgrzewane, część zewnętrzna: stal nierdzewna BSt 500 NR, część zabetonowana: stal czarna BSt 500 odporna na korozję	stal zbrojarska BSt 500 S, $\lambda = 60$ W/mK
Zbrojenie na ścinanie	Stal BSt 500 S, BSt 500 NR,	Wewnątrz izolacji: stal nierdzewna	pręty zgrzewane, część zewnętrzna:	pręty ze stali nierdzewnej,

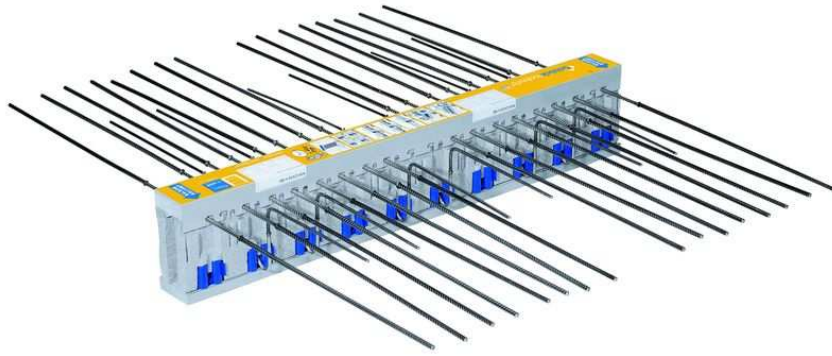
	BSt 500 M, $\lambda = 15 \text{ W/mK}$	BST 500 NR, część zabetonowana: stal BST 500 S	stal nierdzewna BSt 500 NR, część zabetonowana: stal czarna BSt 500 odporna na korozję	$\lambda = 15 \text{ W/mK}$ ;
Elementy strefy ściskanej (łożysko oporowe)	Moduł HTE – łożysko z drobnoziarnistego betonu wysokiej jakości zbrojonego włóknami stalowymi, $\lambda = 1,52 \text{ W/mK}$	„bardzo mocny beton lekki zbrojony włóknem o niskim współczynniku przewodności cieplnej lub pręt ze stali nierdzewnej BST 500 S”	Trzpienie z talerzykami na końcach ze stali nierdzewnej 1.4404 lub 1.4571 wg normy PN-EN 10088-1:2007	Łożysko ściskane ze stali nierdzewnej, $\lambda = 15 \text{ W/mK}$ ; łożysko zakończone salowymi talerzami $\lambda = 60 \text{ W/mK}$
Nośność	$M_{Rd}=7,7-109 \text{ kN/m}$ $V_{Rd}=28-99,5 \text{ kN/m}$	$M_{Rd}=8,7-110,9$ $\text{kN/m}$ $V_{Rd}=28,8-139,2$ $\text{kN/m}$	$M_{Rd}=7,8-107,3$ $\text{kN/m}$ $V_{Rd}=30-115,2$ $\text{kN/m}$	$M_{Rd}=6,6-108,1$ $\text{kN/m}$ $V_{Rd}=34,8-120,8$ $\text{kN/m}$
Grubość płyty balkonowej	160-250 mm	160-250 mm	160-250 mm	160-250 mm
Klasa odporności ogniowej	F30-F90	F30-F90	F30-F120	F90
Łączone materiały				
Żelbet-żelbet	+	+	+	+
Żelbet-stal	+	-	-	-
Stal-stal	+	-	-	-
Żelbet-drewno	+	-	-	-
Możliwości rozwiązań				
Balkony wspornikowe	+	+	+	+
Balkony wspornikowe prefabrykowane	+	+	+	-
Balkony wspornikowe z przesunięciem płyty w dół lub w górę	+	+	+	-
Balkony wspornikowe z przyłączeniem ściennym	+	-	+	-
Balkony narożne	+	+	+	+
Balkony podparte przegubowo	+	+	+	+
Belki wspornikowe (pod balkony belkowe)	+	+	+	+
Attyki	+	+	+	+
Balustrady	+	+	+	+
Wsporniki pod mur licowy	+	+	+	+
Łączenie tarczy	+	+	+	+



Rys. 4.3. Koszyk izolacyjny – widok z góry; 1 – pręty rozciągane (zbrojenie główne), 2 – pręty odgięte (zbrojenie na ścinanie), 3 – łożysko oporowe (strefa ściskana), 4 – element izolacyjny, wg [28, Rys.1.]



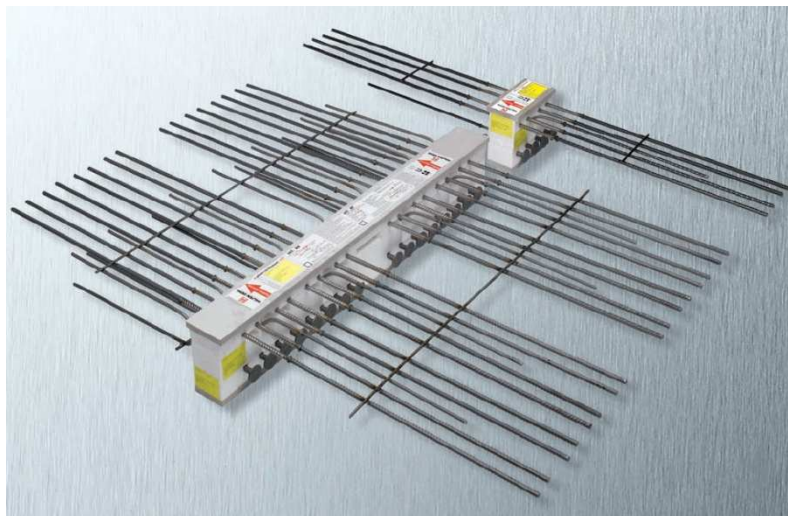
Rys. 4.4. Koszyk izolacyjny – widok w przekroju; 1 – pręty rozciągane (zbrojenie główne), 2 – pręty odgięte (zbrojenie na ścinanie), 3 – łożysko oporowe (strefa ściskana), 4 – element izolacyjny, wg [28, Rys.2.]



Fot. 4.1. Koszyk izolacyjny Schöck Isokorb, typ K do płyt balkonowych wspornikowych [18]



Fot. 4.2. Łącznik ISOPRO firmy Jordahl & Pfeifer, typ PI-IPQ do płyt podpartych przegubowo - przenosi tylko siły tnące [19]



Fot. 4.3. Łącznik balkonowy typu HIT-BX firmy HALFEN [20]





Fot. 4.4. Łącznik Egco-box Mz-D firmy FRANK do balkonów wspornikowych [22]

	<p><b>Schöck Isokorb® Typ KS/QS</b></p>	
	<p><b>Schöck Isokorb® Typ KSH/QSH</b></p>	
	<p><b>Schöck Isokorb® Typ KST</b></p>	
	<p><b>Schöck Isokorb® Typ KST-QST</b></p>	

Fot. 4.5. Elementy firmy Schöck do połączeń stal-żelbet, drewno-żelbet, stal-stal [18]

Analizując powyższe zestawienie, trzeba zaznaczyć, że firma Schöck jest pionierem w zakresie koszyków izolacyjnych, produkując je od ponad 25 lat, a ich wynalazcą jest właściciel firmy – Eberhard Schöck. Ponadto firma ta ma największy asortyment produktów, wykonywanych przy użyciu najlepszych materiałów. Ponadto pozostałe firmy nie podają parametrów cieplnych wszystkich używanych przez nie materiałów lub ich parametry są gorsze.

Nośność łączników izolacyjnych zależy od klasy betonu i grubości otulenia. Im większa klasa betonu i mniejsze otulenie, tym większa nośność łączników. Każda z firm produkuje je jako egzemplarze długości 1 m oraz moduły 20 cm, co zapewnia swobodę projektowania balkonów o dowolnej długości. Ze względu na niewielki ciężar, są one bardzo poręczne i łatwe w montażu. Element należy umieścić w miejscu połączenia płyty balkonowej ze stropem, krawędź wewnętrzna łącznika (od strony stropu) musi pokrywać się z linią graniczną między warstwą termoizolacji a ścianą nośną. Pręty elementu muszą być połączone ze zbrojeniem płyty balkonu oraz zbrojeniem stropu drutem wiązałkowym. Dodatkowo należy stosować strzemia U-kształtne na krawędziach balkonu i stropu. Ustawiając deskowanie pod balkon, należy je umieścić nieco wyżej niż planowane położenie balkonu podczas eksploatacji, ze względu na odkształcenia łącznika izolacyjnego. W tym celu przy projektowaniu wyznacza się przewyższenie, będący funkcją naprężeń w stali w stosunku do naprężeń maksymalnych. Każda z firm podaje dla swoich produktów tzw. współczynniki przewyższenia. Całkowite przewyższenie płyty balkonowej jest sumą przewyższenia wynikającego z zastosowania łącznika izolacyjnego oraz wartości przewyższenia obliczonej wg normy PN-B-03264.



Fot. 4.6. Zdjęcie z budowy z widocznymi wystającymi prętami koszyków izolacyjnych w miejscu, w którym powstanie balkon. Poznań, ul. Górczyńska [dokumentacja własna]

Koszyki izolacyjne mogą być również pomyślnie stosowane w przypadku prefabrykacji – przy stropach typu Filigran lub jako prefabrykowane płyty żelbetowe. Dodatkową zaletą łączników izolacyjnych jest także redukcja naprężeń termiczno-skurczowych w płycie balkonowej.



Fot. 4.7. Prefabrykowana płyta balkonowa z wbetonowanym łącznikiem izolacyjnym [25]

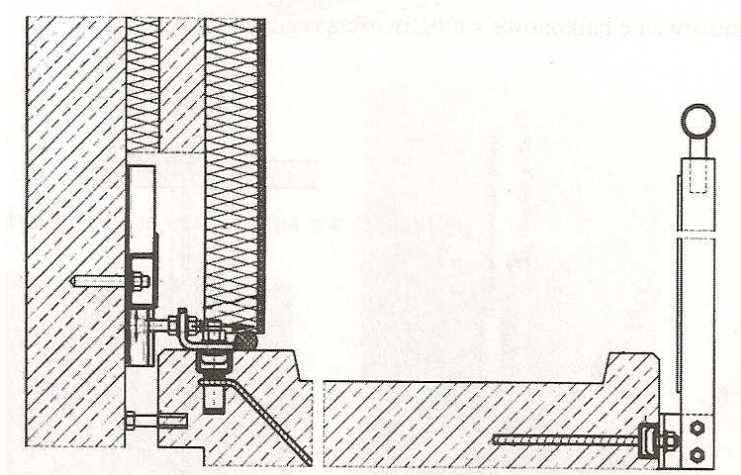
### 4.3. Balkony dostawiane

Dobrym rozwiązaniem mostków cieplnych jest balkon oparty na własnej konstrukcji (słupach lub zastrzałach), łączący się z konstrukcją budynku tylko pojedynczymi prętami rozmieszczonymi w kilku punktach. Przy tej konstrukcji warstwa izolacyjna ściany zewnętrznej może być wykonana bez żadnych przerw. Dostawiane konstrukcje balkonów najczęściej stosuje się w przypadku renowacji starych budynków mieszkalnych nieposiadających balkonów. Wzniesione w systemie „wielkiej płyty” budynki wielorodzinne są nieciekawe wizualnie, a ich rozwiązania architektoniczne odbiegają od współczesnych standardów. W Polsce – ze względu na ogromne zapotrzebowanie na mieszkania – mniejszą wagę przywiązuje się do estetyki budynku, jakości jego wykonania, niż ma to miejsce np. w Niemczech, gdzie na terenie byłego NRD wiele bloków stoi pustych. Potencjalnych lokatorów zniechęcają niewielkie przestrzenie mieszkań, nieatrakcyjna forma budynków, niska jakość wykonania, a także wysoka energochłonność. Dlatego też w Niemczech powszechnie poddaje się renowacji obiekty z „wielkiej płyty”. Podobne działania podejmowane są – choć na zdecydowanie niższą skalę – w naszym kraju. Oprócz docieplania bloków, wymiany stolarki okiennej i drzwiowej, niekiedy dokonuje się także modernizacji elewacji. Przebudowa starych lub dobudowa nowych balkonów jest jednym ze sposobów uatrakcyjnienia bryły budynku, a zarazem umożliwia lokatorom pozyskanie dodatkowej przestrzeni rekreacyjnej. Przykładem może być osiedle mieszkaniowe w Rietschen w Saksonii, gdzie gruntowną termomodernizację przeszło kilka budynków wielorodzinnych z lat 60-tych XX wieku. Stosując m.in. systemy rekuperacji, izolacje przegród, trójszybowe okna, wolnostojące balkony, ogniwa fotowoltaiczne, udało się zredukować zużycie energii na ogrzewanie do poziomu 26 kWh/m<sup>2</sup> rocznie, co stanowi aż 82,4% oszczędności w porównaniu ze stanem sprzed modernizacji.



Fot. 4.8. Balkony dostawiane zbudowane po modernizacji osiedla. Rietschen, Niemcy [dokumentacja własna]

W przypadku balkonów lub loggii dostawianych najczęściej wykonuje się konstrukcje samonośne. Mają one własną płytę fundamentową, na której posadowiona jest konstrukcja wsporcza – np. stalowe słupy (na ogół cztery) podtrzymujące żelbetową płytę balkonu. Płyty loggii mogą być też podparte ścianami pełnymi, wykonanymi z pełnych prefabrykatów żelbetowych lub ramami żelbetowymi – kotwionymi do konstrukcji ścian nośnych albo stropów kolejnych kondygnacji i również posadowionych na własnym fundamencie. Dostawienie balkonu czy loggii wymaga dokładnej analizy konstrukcji budynku, projekt musi być poprzedzony dokładnymi obliczeniami statycznymi, niezbędne jest także dopracowanie sposobu połączenia konstrukcji dostawianej z już istniejącą, by uniknąć m.in. mostków cieplnych. Dostawiane balkony mogą być też wykonane z drewna.



Rys. 4.5. Schemat mocowania balkonu do istniejących elementów ściennych, wg [3, Rys. I.48.]

Istnieją różne systemy wykonywania balkonów dostawianych.

System COMPACTBALKON można wykorzystać do starych budynków mieszkalnych zarówno wielkopłytowych jak i budowanych w innych technologiach. System został skonstruowany w taki sposób, aby szybko i skutecznie, bez ingerencji do wnętrza budynku (mieszkania) można było trwale zamocować nowy balkon. Cały balkon jest wykonany z cynkowanych profili stalowych zamkniętych. Element nośny stanowi rama, do której jest przyspawana balustrada dająca sztywny układ. Podłogę stanowi lekka i sztywna płyta kompozytowa o grubości od 35 do 70 mm, posiadająca poszycie z blachy aluminiowej malowanej proszkowo na kolor biały, dodatkowo na górnej powierzchni płyta ma wylewkę antypoślizgową o wysokiej ścieralności. System jest odporny na warunki atmosferyczne i nie powoduje mostków cieplnych. Mocowanie jest realizowane w czterech punktach, w dwóch na poziomie poręczy balustrady i w dwóch na poziomie podłogi balkonu. Montaż odbywa się bez stawiania rusztowań i w ciągu kilku dni. Balkon po zamocowaniu jest gotowy do użytkowania.

Firma GORMETAL specjalizuje się w stawianiu balkonów aluminiowych. Oferuje ona 3 systemy:

a) system TT, składający się z:

- płyty balkonowej zbudowanej z profili aluminiowych złożonych w podest balkonowy, wyłożonej płytkami betonowymi na podkładach amortyzacyjno-dystansowych
- słupów nośnych z profili aluminiowych przypominających w przekroju literę H (dwuteowników)
- balustrady z poręczą aluminiową umocowaną na słupkach wraz z wypełnieniem
- elementów łączeniowych ze stali kwasoodpornej
- niezależnego fundamentu

b) system QUADRO, składający się z:

- płyty balkonowej zbudowanej z specjalnych profili aluminiowych, wyłożonej płytkami betonowymi na podkładach amortyzacyjno-dystansowych
- słupów nośnych z profilowanej rury kwadratowej
- balustrady z poręczą aluminiową umocowaną na słupkach wraz z wypełnieniem
- elementów łączeniowych ze stali kwasoodpornej
- niezależnego fundamentu

c) balkon z płytą żelbetową, składający się z:

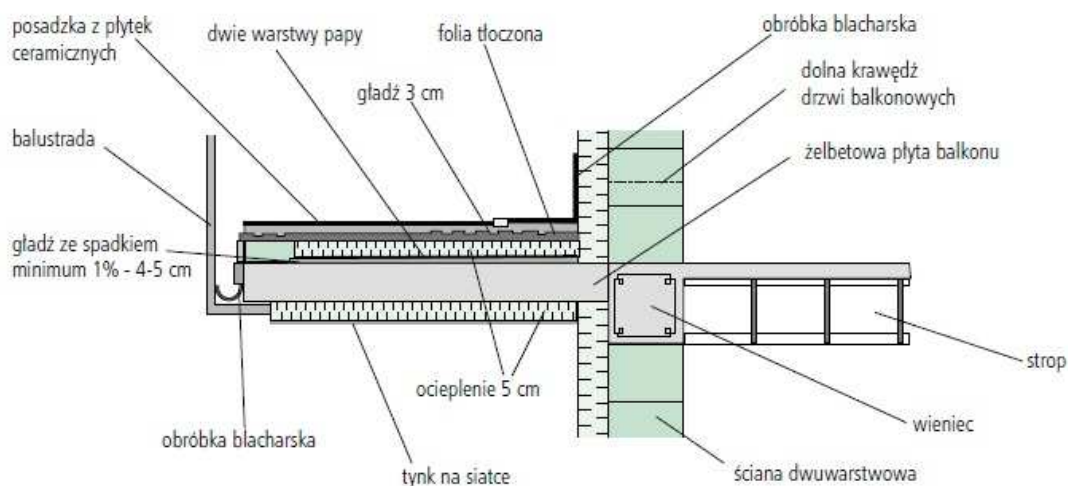
- zbrojonej betonowej płyty balkonowej
- słupów nośnych z profilowanej rury kwadratowej (Quadro system) lub profili H (TT system)
- balustrady z poręczą aluminiową umocowaną na słupkach wraz z wypełnieniem
- elementów łączeniowych ze stali kwasoodpornej,
- niezależnego fundamentu.



Fot. 4.9 Balkon dostawiany firmy Gormetal [24]

#### 4.4. Balkony „ocieplone”

Najpopularniejszym rozwiązaniem eliminacji mostków cieplnych jest ocieplenie powierzchni płyty balkonu. Przed budową należy uważnie dobrać miejsce osadzenia płyty balkonowej w ścianie domu. Poziom wykończona posadzka balkonu powinien znaleźć się 3–5 cm poniżej poziomu podłogi w pomieszczeniu, z którego wychodzi się na balkon. Trzeba przy tym uwzględnić grubość warstwy izolacji cieplnej oraz warstwę dociskową, a więc łącznie ponad 15 cm. Płytę powinno się obłożyć ze wszystkich stron materiałem termoizolacyjnym – styropianem EPS lub polistyrenem ekstrudowanym XPS, który jest nienasiąkliwy, twardy i odporny na działanie czynników zewnętrznych. Elementy ocieplenia przykleja się do podłoża cienką warstwą kleju do styropianu. Choć najwięcej ciepła ucieka przez strefę znajdującą się w odległości 1 m od ściany domu, to warto izolować całą płytę, chociażby ze względu na łatwiejsze wykończenie równej powierzchni. W przypadku, gdy spadek formujemy nie w podłożu, a w warstwie dociskowej na styropianie, wówczas warstwa ta w najcieńszym miejscu (przy krawędzi balkonu) powinna mieć grubość co najmniej 4 cm. W wylewce powinno się ułożyć zbrojenie przeciwskurczowe zapobiegające powstawaniu pęknięć. Wzdłuż wszystkich krawędzi balkonu niezbędne są obróbki blacharskie osłaniające warstwę izolacji cieplnej i umożliwiające swobodny odpływ wody deszczowej oraz topniejącego śniegu. Tak wykonany balkon wygląda dość ciężko ze względu na grubą, oblachowaną krawędź.



Rys. 4.6. Przekrój przez balkon izolowany termicznie od góry i od dołu styropianem, wg [15, Rys. 5.a]

## 4.5. Inne technologie energooszczędne

Eliminacja mostków termicznych pozwala nie tylko uniknąć wykraplania się pary wodnej na powierzchni przegrody i rozwoju zagrzybienia, ale również pozwala oszczędzać energię. Aspekt energooszczędności wykorzystują również inne technologie, które wspólnie z balkonami tworzą ciekawe kompozycje architektoniczne.

Osiedle Western Harbour, położone w Malmö na południu Szwecji, stanowi jedyną dzielnicę miasta w 100% zasilaną z odnawialnych źródeł energii. Spokojne osiedle, leżące nad Cieśniną Sund, w którym każdy budynek różni się od pozostałych, robi również wrażenie swoją architekturą. Liczne balkony o dużym wysięgu, zielone dachy, werandy i wykusze bardzo uatrakcyjniają okolicę.



Fot. 4.10. Wykusze oraz daleko wysunięte balkony urozmaicają architekturę osiedla Western Harbour. Malmö, Szwecja [dokumentacja własna]





Fot. 4.11. Balkon wspornikowy o dużym wycięgu. Malmö, Szwecja [dokumentacja własna]

Źródła energii odnawialnej, w jakie wyposażone jest osiedle, to m.in. wiatr (zamieniany na energię przez tzw. farmę wiatrową zlokalizowaną na morzu między Danią a Szwecją), biogaz naturalny z odpadów organicznych oraz energia słoneczna. Kolektory słoneczne i ogniwa fotowoltaiczne zlokalizowane są m.in. na szczycie jednego z budynków na balkonami, tworząc w ten sposób ciekawe połączenie – jako ochrona balkonów przed słońcem i deszczem oraz dodatkowe źródło energii.



Fot. 4.12. Zadaszenie balkonu może jednocześnie pełnić rolę kolektorów słonecznych, dzięki czemu można oszczędzać energię. Malmö, Szwecja [dokumentacja własna]

Jedną z firm na polskim rynku, produkujących podobne rozwiązania ochrony globalnej, jest Schüco International. Zadaszenia TOP SKY mogą być montowane zarówno do ścian osłonowych tej firmy, jak i do konstrukcji stalowych, drewnianych, betonowych i kamiennych. Firma wytwarza zadaszenia w dwóch wersjach:

- TOP SKY I – zadaszenie oparte na wspornikach aluminiowych o stałym kącie nachylenia równym  $30^\circ$

- TOP SKY II – zadaszenie oparte na wspornikach aluminiowych o zmiennym kącie nachylenia wynoszącym od  $30^\circ$  do  $45^\circ$ .

Szkielet zadaszenia może być wypełniony ogniwami fotowoltaicznymi w modułach o powierzchni  $1\text{ m}^2$ . Każdy taki moduł jest w stanie dostarczyć w ciągu roku  $100\text{ kWh}$  energii elektrycznej.



Fot. 4.13. Zadaszenie TOP SKY z ogniwami fotowoltaicznymi - ochrona przed słońcem i deszczem oraz dodatkowe źródło energii [23]

#### 4.6. Analiza rozkładu temperatur w poszczególnych rozwiązaniach przy pomocy programu AnTherm

W jednorodnej przegrodzie budowlanej, bądź przegrodzie złożonej z warstw jednorodnych o stałej grubości i gęstości izotermy układają się równolegle, a linie gęstości strumienia ciepłego prostopadle do powierzchni przegrody. W obszarze mostków cieplnych, w zależności od geometrii przegród i mostków, występuje przestrzenny przepływ ciepła, który generuje skomplikowanie obliczeń, gdyż izotermy i linie gęstości strumienia ciepłego ulegają wychyleniu.

Sposób uwzględnienia liniowych mostków cieplnych podają normy [8, 9, 11, 12]. W ww. normach wprowadzono współczynnik sprężenia ciepłego  $H_D$ , określający całkowity strumień ciepły z budynku lub przegrody do środowiska, przenikający w ciągu 1 godziny przez powierzchnię  $A$  w stosunku do różnicy temperatur zewnętrznej i wewnętrznej wynoszącej 1 stopień, wyrażany wzorem (2.3). Budzi on jednak pewne niejasności, np. nie jest jasno sprecyzowane, dla jakiej ściany należy przeprowadzać obliczenia cieplne budynku, tabela wartości orientacyjnych liniowego współczynnika przenikania ciepła wg [12] zawiera niepełną listę stosowanych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych oraz brak w niej informacji na temat warunków brzegowych, jakie przyjmowano przy wyznaczaniu wartości  $\psi_i$ . Współczynnik  $\psi$  podaje straty ciepła na 1 mb mostka termicznego, zakładając jego obliczeniowy wpływ w obszarze o szerokości 1 m od krawędzi mostka w obie strony od jego osi symetrii. Nie uwzględnia się jednak sytuacji nakładania się w takim obszarze wpływu kilku mostków, co zmniejsza udział współczynnika  $\psi$  każdego z nich. Jak dowodzą autorzy [13], wyniki liczone z uwzględnieniem mostków cieplnych wg normy są zawyżone. Najdokładniejsze wyniki można uzyskać przy pomocy metod numerycznych, np. metody elementów skończonych.

Chcąc porównać efektywność wyżej wymienionych metod eliminacji mostków cieplnych, zamodelowałem i poddałem analizie termicznej balkon wspornikowy w programie AnTherm.

AnTherm to program pana Tomasza Kornickiego służy do symulacji mostków cieplnych i stosuje się go do obliczania rozkładu temperatur i ciepła, prądów cieplnych i prądów dyfuzji pary wodnej w konstrukcjach budowlanych o dowolnej, skomplikowanej formie i dowolnej kombinacji materiałów. Posiada też inne funkcje, takie jak wyliczenie rozkładu granicznej wilgotności powietrza, na powierzchniach przegród czy rozkład ciśnienia cząstkowego pary wodnej wewnątrz przegród. Wyniki w programie są otrzymywane w dość prosty sposób, a ich wizualizacje łatwo mogą wytłumaczyć procesy wymiany ciepła osobom nieznającym się na fizyce budowli. Obliczenia są przeprowadzane zgodnie z normą PN-EN ISO 10211.

W obliczeniach uwzględniłem 3 rodzaje konstrukcji: balkon nieocieplony, balkon ocieplony styropianem oraz balkon z koszykiem izolacyjnym firmy Schöck.

Współczynniki przewodzenia ciepła materiałów przyjęto na podstawie informacji producenta oraz zgodnie z [5], Załącznik A.

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- balkon prostokątny, żelbetowy, wspornikowy, balustrada lekka ażurowa

- warstwy balkonu:

- płytki ceramiczne  $d = 2 \text{ cm}$   $\lambda = 1,05 \text{ W/mK}$
- posadzka cementowa  $d = 4 \text{ cm}$   $\lambda = 1,7 \text{ W/mK}$
- styropian (opcjonalnie)  $d = 5 \text{ cm}$   $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$
- płyta żelbetowa  $d = 18 \text{ cm}$   $\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
- styropian (opcjonalnie)  $d = 5 \text{ cm}$   $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$
- tynk cienkowarstwowy  $d = 0,8 \text{ cm}$   $\lambda = 1,0 \text{ W/mK}$

- warstwy stropu:

- parkiet dębowy  $d = 2 \text{ cm}$   $\lambda = 0,22 \text{ W/mK}$
- posadzka cementowa  $d = 4 \text{ cm}$   $\lambda = 1,7 \text{ W/mK}$
- styropian  $d = 5 \text{ cm}$   $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$
- strop żelbetowy  $d = 18 \text{ cm}$   $\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
- tynk cementowo-wapienny  $d = 1,5 \text{ cm}$   $\lambda = 0,82 \text{ W/mK}$

- warstwy ściany:

- tynk cementowo-wapienny  $d = 1,5 \text{ cm}$   $\lambda = 0,82 \text{ W/mK}$
- pustak POROTHERM  $d = 24 \text{ cm}$   $\lambda = 0,4 \text{ W/mK}$
- styropian  $d = 14 \text{ cm}$   $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$
- tynk cienkowarstwowy  $d = 0,8 \text{ cm}$   $\lambda = 1,0 \text{ W/mK}$

- obciążenie od balustrady na 1 m długości balkonu:  $M = 1 \text{ kNm}$ ,  $Q = 0 \text{ kN}$

- ciężar własny płyty balkonowej:  $g_1 = 4,5 \text{ kN/m}^2$

- ciężar warstw wykończeniowych balkonu:  $g_2 = 1,5 \text{ kN/m}^2$

- obciążenie zmienne:  $q = 5,0 \text{ kN/m}^2$

- długość balkonu:  $400 \text{ cm}$

- wsięg balkonu:  $150 \text{ cm}$

- grubość izolacji koszyka cieplnego:  $8 \text{ cm}$

- otulina zbrojenia:  $3 \text{ cm}$

- klasa betonu:  $C20/25$

- współczynniki przejmowania ciepła:  $R_{si} = 0,13$  oraz  $R_{se} = 0,04$

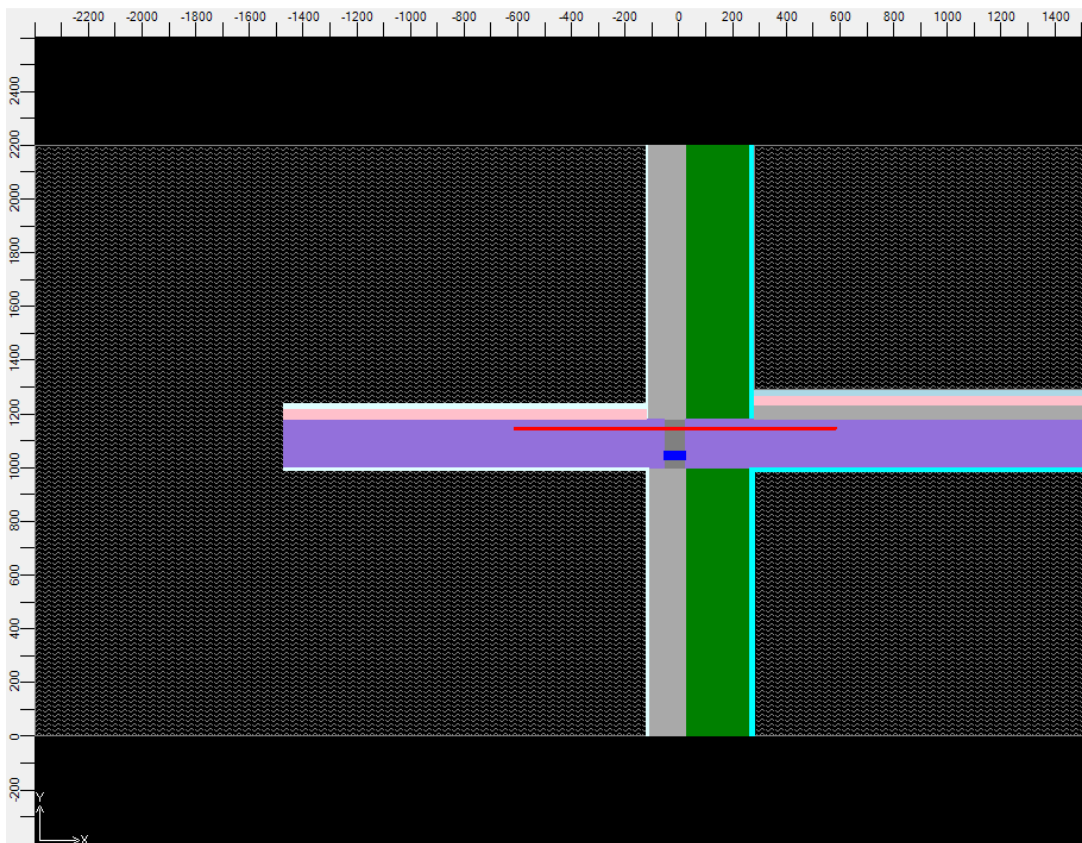
- temperaturę wewnętrzną:  $+20^\circ\text{C}$

- temperaturę zewnętrzną:  $-20^\circ\text{C}$

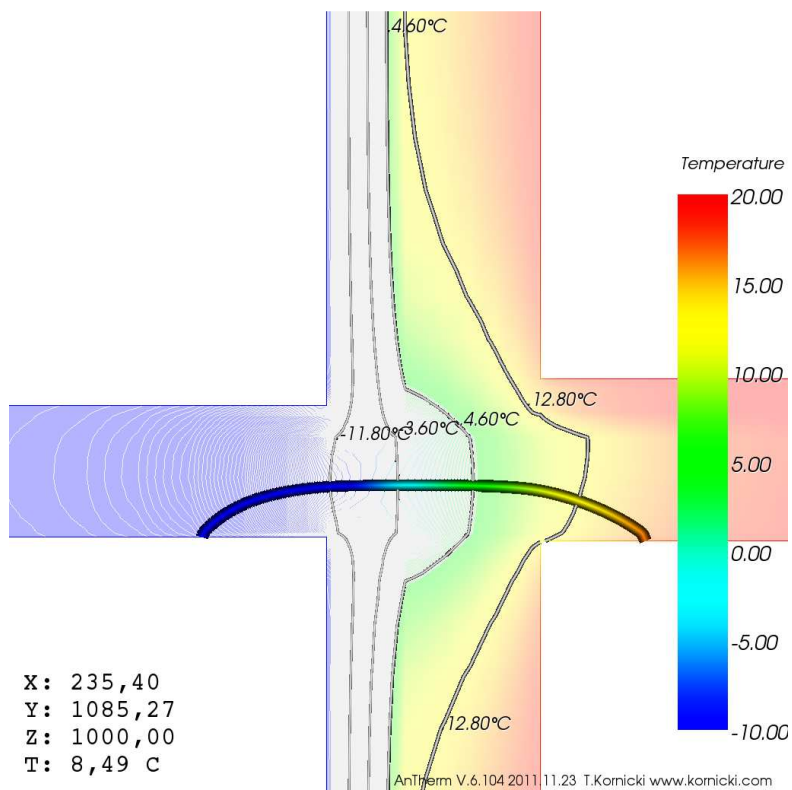
- dwuwymiarowy przepływ ciepła

Na podstawie obliczeń w programie obliczeniowym Schöck Isokorb, przyjęto koszyk izolacyjny **K30-CV30-h180** o nośności obliczeniowej  $VRd = +42,0 \text{ kN}$  i  $MRd = -26,0 \text{ kNm}$ , pręty rozciągane:  $12 \varphi 8$  o długości  $1200 \text{ mm}$ , liczba łożysk oporowych:  $7 \text{ sztuk}$ .

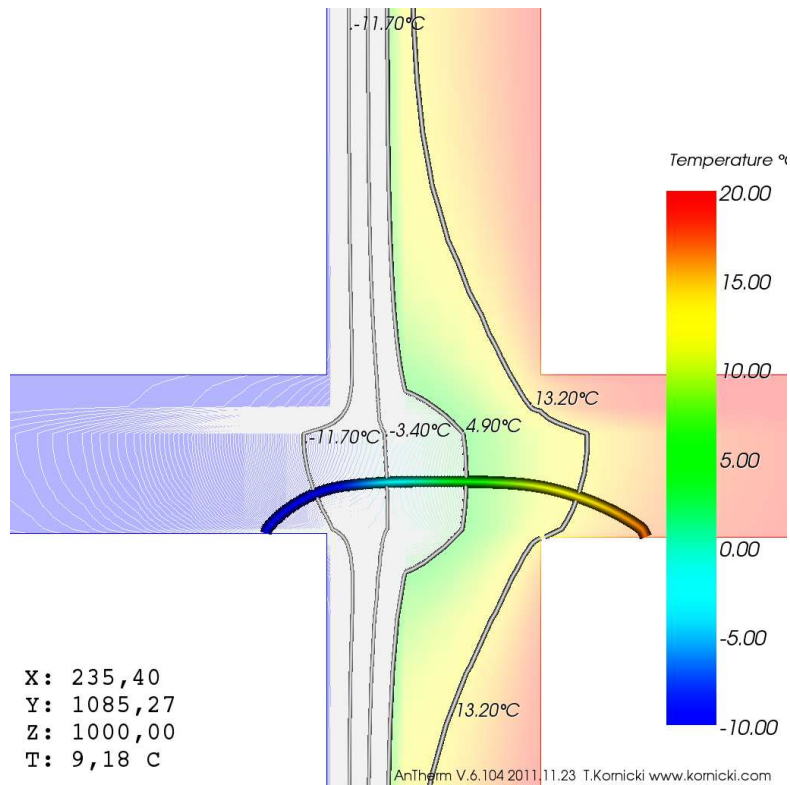
Parametry koszyka izolacyjnego – jak w Tabeli 1 w rozdziale 4.2.



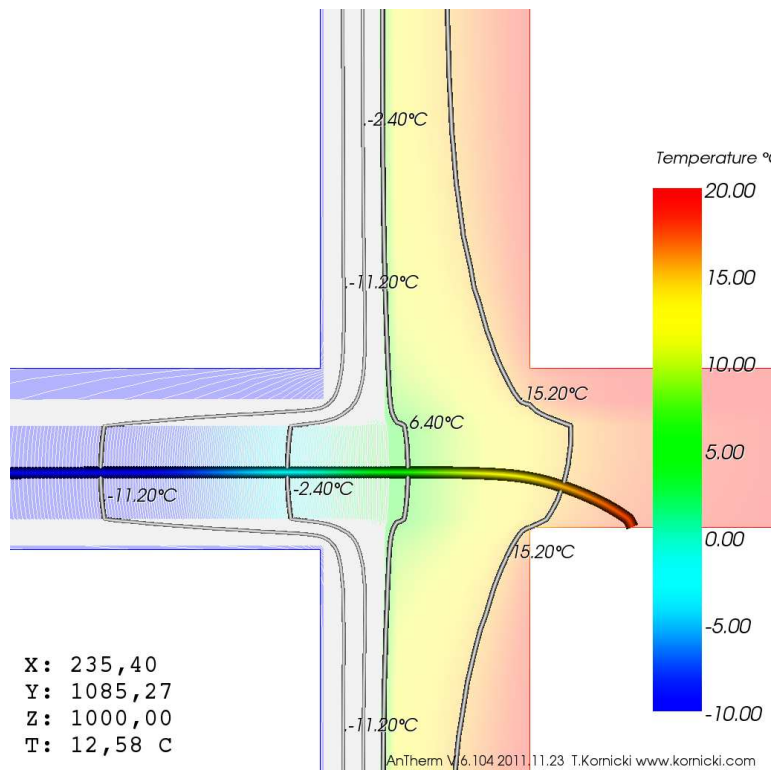
Rys. 4.7. Przykładowy przekrój zamodelowanego w programie AnTherm mostka termicznego (w tym przypadku jest to balkon z koszykiem izolacyjnym, jak na Rys. 4.12. – Wynik nr 5) [zrzut ekranu z programu AnTherm]



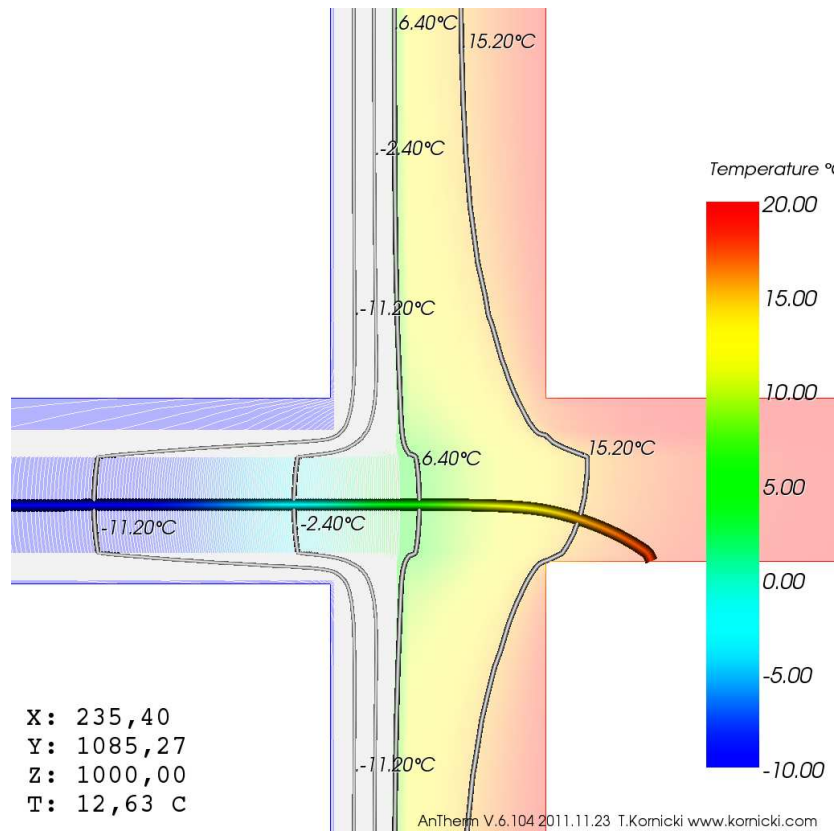
Rys. 4.8. Wynik nr 1. Balkon nieocieplony [utworzony w programie AnTherm]



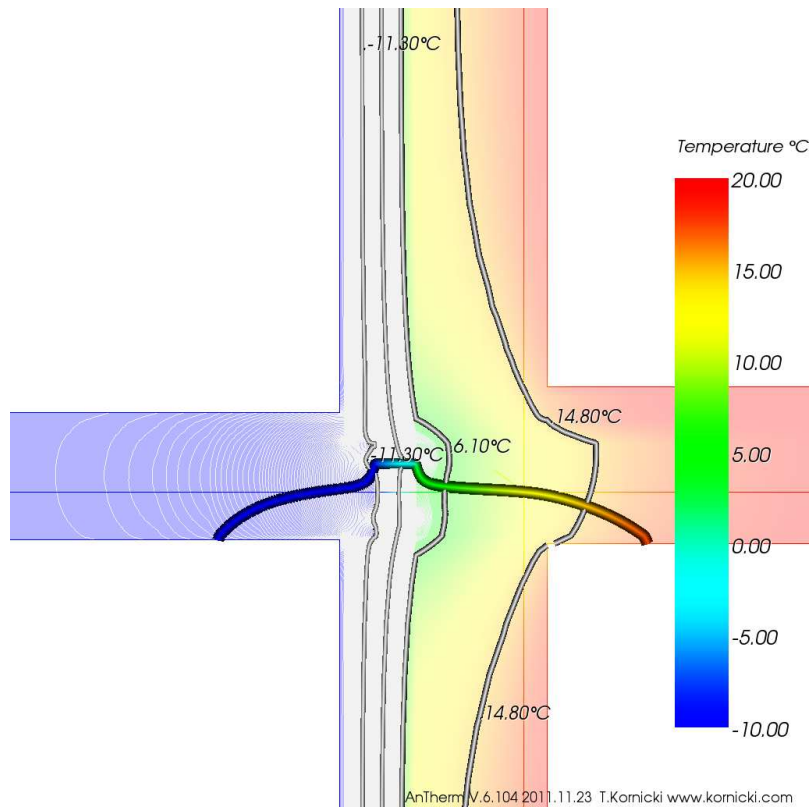
Rys. 4.9. Wynik nr 2. Balkon z warstwą styropianu ułożoną od góry [utworzony w programie AnTherm]



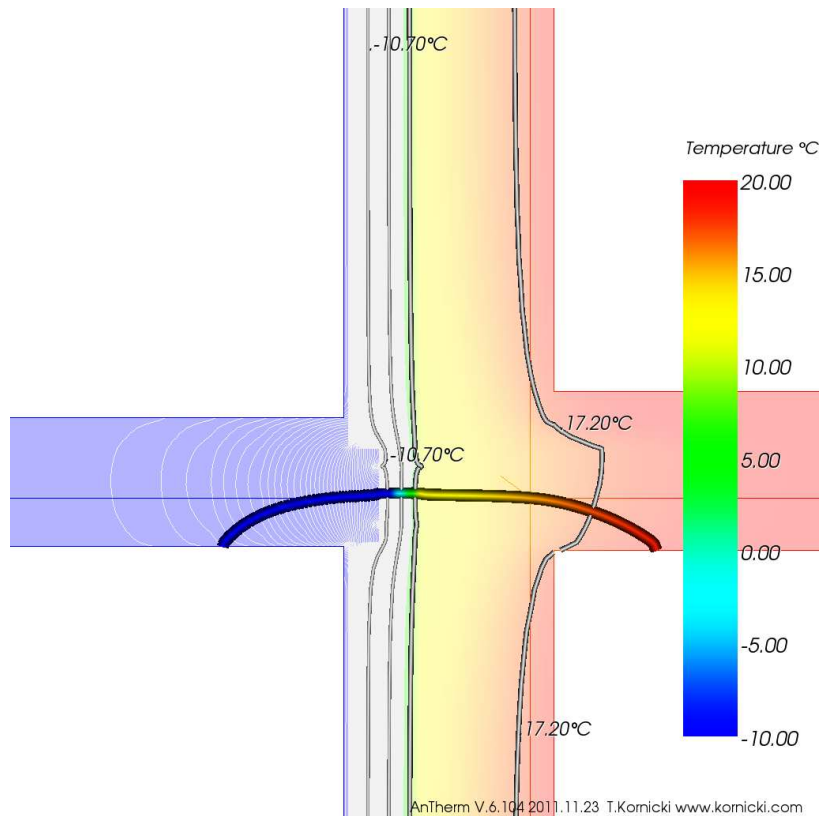
Rys. 4.10. Wynik nr 3. Balkon z warstwą styropianu ułożoną od góry i od dołu [utworzony w programie AnTherm]



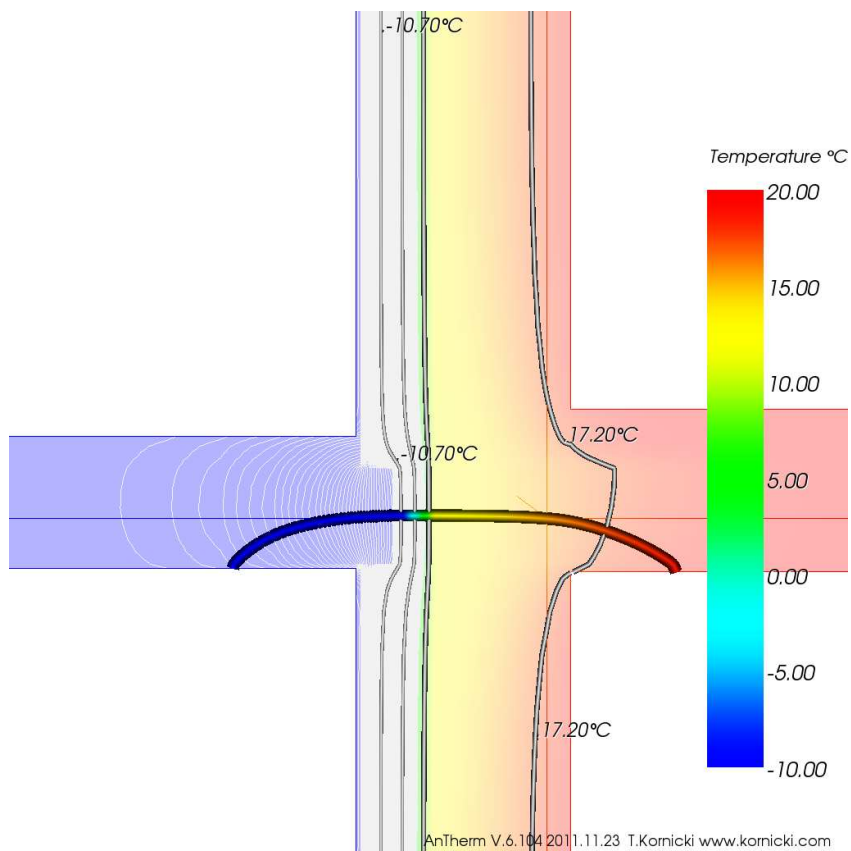
Rys. 4.11. Wynik nr 4. Balkon z warstwą styropianu ułożoną od góry, od dołu i od czoła [utworzony w programie AnTherm]



Rys. 4.12. Wynik nr 5. Balkon z koszykiem izolacyjnym Schöck Isokorb [utworzony w programie AnTherm]



Rys. 4.13. Wynik nr 6. Balkon z koszykiem izolacyjnym Schöck Isokorb po uśrednieniu przekroju (opis w tekście) [utworzony w programie AnTherm]



Rys. 4.14. Wynik nr 7. Balkon z elementem zastępczym o współczynniku  $\lambda=0,1167 \text{ W/mK}$  deklarowanym przez producenta Schöck [utworzony w programie AnTherm]



W pierwszym przypadku przeprowadzono obliczenia dla balkonu nieocieplonego. W narożu sufitu panująca temperatura (ok. 12,6°C) zagraża rozwojem zagrzybienia. Taka sytuacja jest niedopuszczalna.

Drugie obliczenia zostały wykonane dla balkonu ocieplonego tylko od góry. W tym wypadku temperatura jest nieco wyższa, ale nadal następuje silne wychłodzenie w narożniku sufitu, a strumień ciepła zakrzywiony jest ku dołowi, omijając warstwę izolacji.

Trzeci rysunek przedstawia balkon ocieplony dwustronnie. W tym wypadku uciekające ciepło ma znacznie dłuższą drogę do pokonania. Dzięki warstwie dolnej izolacji termicznej udało się podnieść temperaturę w narożniku sufitu o 2°C. Docieplenie czoła płyty balkonu praktycznie niewiele zmienia, co widać na czwartym rysunku.

Piąty wynik odnosi się do balkonu z zastosowanym koszykiem izolacyjnym. Jak widać, otrzymany rozkład temperatur okazał się gorszy od przypadku z balkonem ocieplonym. Jednak przyjęty w tym przypadku model okazał się nieprawidłowy. Obliczenia były prowadzone w płaszczyźnie 2D, zatem należałoby przyjąć uśredniony przekrój mostka termicznego, natomiast w tym wypadku przyjęto sytuację, w której na całej długości balkonu występują słabe punkty, tj. pręty zbrojeniowe oraz moduły ściskane. Widoczne straty ciepła wg rysunku odbywałyby się właśnie przez pręty zbrojeniowe.

W celu poprawnej analizy przyjęto przekrój uśredniony. Na 1 mb modułu występuje 12 prętów  $\varnothing 8$ , zatem w celu przybliżenia rzeczywistych warunków 3D, średnicę pręta pomniejszono 10 razy. Podobnie uczyniono z modułem ściskany – na 1 mb występuje 7 modułów o szerokości ok. 3 cm, zatem jego wysokość zmniejszono 5 razy. Po dokonaniu tych poprawek ostateczne wyniki można uznać za satysfakcjonujące – rozwiązanie balkonu wspornikowego z użyciem koszyków izolacyjnych okazało się najlepsze. Izotermy w przegrodzie układają się niemal równolegle, a minimalna temperatura powierzchni sufitu jest nie mniejsza niż 17°C.

Ostatnia grafika przedstawia teoretyczny rozkład temperatur przy założeniu uśrednionego współczynnika przewodzenia ciepła dla elementu  $\lambda = 0,1167 \text{ W/mK}$  deklarowanego przez producenta. Jak widać, jest on praktycznie identyczny jak w poprzednim przypadku.



## 5. Wnioski końcowe

Temat balkonów jest w literaturze poruszany rzadko. Zwłaszcza niezwykle mało informacji można znaleźć na temat izolacji termicznych balkonów. Znacznie więcej uwagi przykłada się tarasom i dachom zielonym, a także izolacjom przeciwwodnym balkonów. Zapewne wynika to ze specyfiki tych elementów, które są bardziej złożone niż balkon, a także z faktu, że budownictwo energooszczędne na świecie, a szczególnie w Polsce, dopiero się rozwija. Póki co informacje o nowoczesnych rozwiązaniach i technologiach można znaleźć jedynie w ofertach i broszurach firm budowlanych. Zapewne jednak z czasem to się zmieni i dbałość o szczegóły, takie jak eliminowanie mostków cieplnych, wzrośnie.

Balkon, jako zewnętrzny element mieszkania, stanowi niezbędne wyposażenie w wielokondygnacyjnym budownictwie mieszkaniowym, gdzie jest on najczęściej namiastką ogrodu dla mieszkańców. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem w tym przypadku jest żelbetowa płyta wspornikowa. Staje się ona jednak dużym mostkiem cieplnym z uwagi na swoją geometrię oraz użyty materiał (o wysokiej przewodności cieplnej). O ile w budynkach wielorodzinnych projektowanie balkonów jest uzasadnione, to w domach jednorodzinnych najczęściej nie ma to większego sensu, ponieważ terenu pod rekreację czy uprawy roślinne jest wystarczająco dużo. Płyty balkonowe, jeżeli już muszą być, powinny, jeśli to tylko możliwe, być oddzielone termicznie od płyty stropu międzypiętrowego. Zwłaszcza w domach energooszczędnych powinno się unikać balkonów w postaci żelbetowych płyt wspornikowych. Ocieplenie płyty balkonowej jest trudne, kosztowne i często nieefektywne. Jednak nawet w domach energooszczędnych można zaprojektować balkon, tylko musi to być konstrukcja samonośna, czyli oddylatowana od budynku np. podparta na wolno stojących słupach i przykryta płytą, lub oddzielona termicznie poprzez łączniki izolacyjne.

Koszyki izolacyjne są elementami zmieniającym mostek liniowy ciągłej konstrukcji żelbetowej, np. płyty balkonowej umocowanej w wieńcu, w zespół mostków punktowych o znacznie mniejszym wpływie łącznym. Są to nowoczesne rozwiązanie, lecz nadal jeszcze mało popularne z uwagi na wyższe koszty w stosunku do tradycyjnych rozwiązań. Jednak w dłuższej perspektywie czasu koszty inwestycji powinny się zwrócić. Rosnące ceny energii będą skłaniać w najbliższym czasie do szukania alternatywnych rozwiązań i rozwoju tych jeszcze mało rozpowszechnionych. Koszt ogrzewania budynku przez kilkadziesiąt najbliższych lat, w przypadku niedostatecznej izolacyjności przegród, może dorównać kosztowi jego budowy.

Proste obliczanie wartości współczynnika przenikania ciepła ( $U$ ) dla pojedynczych elementów budowli nie jest wystarczające, w przyszłości będzie potrzeba podejścia coraz bardziej kompleksowego. Celem powinno być zdrowe, ekonomiczne i ekologiczne budownictwo.

Mam nadzieję, że niniejsza praca opisuje temat w sposób wyczerpujący, a w Polsce, śladem krajów Europy Zachodniej, będzie również się odczuwać potrzebę racjonalnego i rozsądnego budowania. Na zakończenie przytoczę słowa inż. Güntera Schlagowskiego, założyciela Polskiego Instytutu Budownictwa Pasywnego: *„Trzeba budować na masową skalę budynki najbardziej energooszczędne i ekonomiczne, na co innego nie możemy sobie pozwolić.”* [16]



## 6. Literatura

- [1] *Tarasy i balkony (2005)*, w: *Budownictwo ogólne, tom 2. Fizyka budowli*, praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Piotra Klemma, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, str. 1041-1055
- [2] Schild E., Oswald R., Rogier D., Schweikert H., Schnapauff V.: *Słabe miejsca w budynkach. Zapobieganie błędom w projektowaniu i wykonawstwie. Tom I. Dachy płaskie, tarasy, balkony*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1982
- [3] Ślusarek J.: *Rozwiązania strukturalno-materiałowe balkonów, tarasów i dachów zielonych*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010
- [4] Hoła J., Pietraszek P., Schabowicz K.: *Obliczanie konstrukcji budynków wznoszonych tradycyjnie*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2009
- [5] Kurtz K., Gawin D.: *Certyfikacja energetyczna budynków mieszkalnych z przykładami*. Wrocławskie Wydawnictwo Naukowe Atla 2, Wrocław 2009
- [6] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 27 maja 2004 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie wraz z aktualizacjami*
- [7] PN-EN ISO 6946 *Komponenty budowlane i elementy budynków. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania*.
- [8] PN-EN ISO 10211-1 *Mostki cieplne w budynkach - Strumień cieplny i temperatura powierzchni - Ogólne metody obliczania*
- [9] PN-EN ISO 10211-2 *Mostki cieplne w budynkach - Obliczanie strumieni cieplnych i temperatury powierzchni - Część 2: Liniowe mostki cieplne*
- [10] PN-EN ISO 13788: 2003 *Cieplno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa. Metody obliczania*
- [11] PN-EN ISO 13789: 2008 *Cieplne właściwości użytkowe budynków. Współczynniki przenoszenia ciepła przez przenikanie i wentylację. Metoda obliczania*
- [12] PN-EN ISO 14683: 2008 *Mostki cieplne w budynkach - Liniowy współczynnik przenikania ciepła - Metody uproszczone i wartości orientacyjne*
- [13] Dylla A., Pawłowski K.: *Wady w procedurze obliczania współczynnika przenikania ciepła*. Czasopismo Techniczne B, nr 1-B/2007, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej

- [14] Kornicki T.: *Unikanie mostków termicznych w budownictwie pasywnym w oparciu o trójwymiarową analizę przepływu ciepła i wilgoci w przegrodach budowlanych. Obliczanie cieplnych mostków termicznych i przebiegu prądu ciepła i wilgotności. Przykłady i możliwości takich obliczeń trójwymiarowym programem AnTherm*
- [15] Pogorzelski J. A.: *Chcesz zbudować dom energooszczędny lub planujesz budowę!? Nie oszczędzaj na jakości projektu i izolacji cieplnej budynku*
- [16] Schlagowski G.: *Otwarty list do Rządu Polskiego i Prezydenta Rzeczypospolitej Polski 02.12.2008.*
- [17] *Bauen Und Sanieren im Passivhaus-Standard. Beispiel-Projekte aus Sachsen*
- [18] Katalog techniczny Schöck Isokorb
- [19] Katalog techniczny ISOPRO Jordahl & Pfeifer
- [20] Katalog techniczny Halfen łączniki balkonowe typu HIT
- [21] Aprobata techniczna ITB AT-15-7886/2009
- [22] Katalog techniczny Egco Max Frank
- [23] Informacje o systemie Schüco Top Sky
- [24] Informacje o systemie Gormetal: <http://www.gormetal.com.pl/>
- [25] Zdjęcie łącznika: <http://www.prefabet-bb.com.pl/produkty,20,38.html>
- [26] Zdjęcie termowizyjne balkonu: <http://dolinka.eu/mostki-cieplne.html>
- [27] Zdjęcie oraz artykuł o kamienicy Margarety Grüder w Poznaniu: [http://pl.wikipedia.org/wiki/Kamienica\\_Margarety\\_Gr%C3%BCder\\_w\\_Poznaniu](http://pl.wikipedia.org/wiki/Kamienica_Margarety_Gr%C3%BCder_w_Poznaniu)
- [28] Izokorby: <http://www.mostkicieplne.pl/izokorby.html>
- [29] Program AnTherm: <http://www.antherm.eu/antherm/PL/index.htm>

## Załączniki

- Załącznik 1. Obliczenia statyczne płyty balkonowej w programie obliczeniowym Schöck Isokorb i dobór koszyka izolacyjnego
- Załącznik 2. Wynik nr 1 z programu AnTherm (balkon nieocieplony)
- Załącznik 3. Wynik nr 2 z programu AnTherm (balkon z warstwą styropianu ułożoną od góry)
- Załącznik 4. Wynik nr 3 z programu AnTherm (balkon z warstwą styropianu ułożoną od góry i od dołu)
- Załącznik 5. Wynik nr 4 z programu AnTherm (balkon z warstwą styropianu ułożoną od góry, od dołu i od czoła)
- Załącznik 6. Wynik nr 5 z programu AnTherm (balkon z koszykiem izolacyjnym Schöck Isokorb)
- Załącznik 7. Wynik nr 6 z programu AnTherm (balkon z koszykiem izolacyjnym Schöck Isokorb po uśrednieniu przekroju)
- Załącznik 8. Wynik nr 7 z programu AnTherm (balkon z elementem zastępczym o współczynniku  $\lambda=0,1167 \text{ W/mK}$  deklarowanym przez producenta Schöck)