

## WPŁYW LOKALNYCH MOSTKÓW TERMICZNYCH NA PROJEKTOWANIE STRUKTUR METALOWO-SZKLANYCH

W artykule omówiony został temat projektowania konstrukcji fasady ze względu na przenikanie ciepła. Autorzy przedstawili obowiązujące wytyczne dotyczące temperatury powierzchni wewnętrznej koniecznej do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni oraz obliczania współczynnika przenikania ciepła.

### WSTĘP

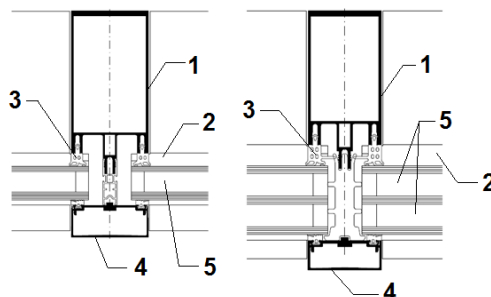
Elewacje metalowo-szklane są jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się gałęzi przemysłu budowlanego w Polsce. Dzięki możliwościom swobodnego kształtowania fasad budynków, struktury metalowo-szklane wykorzystywane są coraz częściej na skalę przemysłową w coraz większej liczbie rozwiązań konstrukcyjnych i typów struktur metalowo - szklanych. Obecnie wszystkie budynki wysokie i wysokościowe zawierają tego typu systemy struktur oraz przeszkleń. Wprowadzenie w 2005r. normy wyrobu [1] pozwoliło wykorzystywać prezentowane konstrukcje na większą skalę w sposób usystematyzowany z precyzyjnymi podziałami klas jakości wykonania oraz klasyfikacjami parametrów technicznych. Aktualną podstawą do projektowania ścian osłonowych jest PN-EN 13830:2015 [2] zawierająca szereg kryteriów, które należy spełnić w celu zapewnienia bezpiecznego użytkowania obiektu. Należy również pamiętać, aby warunki panujące wewnątrz pomieszczenia dostosowane były do przeznaczenia obiektu. Dlatego też wyróżniamy następujące kryteria dla fasad metalowo-szklanych:

- odporność na obciążenie wiatrem;
- ciężar własny;
- odporność na uderzenia;
- przepuszczalność powietrza;
- wodoszczelność;
- izolacyjność akustyczna;
- przewodnictwo cieplne;
- odporność ogniowa;
- reakcja na ogień (stopień toksyczności materiałowej);
- rozprzestrzenianie się ognia;
- trwałość;
- przepuszczalność pary wodnej;
- ekwipotencjalność;
- odporność na wstrząsy sejsmiczne;
- odporność na szoki termiczne;
- odkształcenia budynku i odkształcenia termiczne;
- odporność na dynamiczne obciążenia poziome;

Podstawowym rodzajem systemu metalowo-szklanego jest konstrukcja słupowo – ryglowa zakotwiona do konstrukcji nośnej budynku. Cechą charakterystyczną ściany osłonowej jest sposób przenoszenia obciążenia, ponieważ konstrukcja projektowana jest jedynie na obciążenie od ciężaru własnego oraz obciążenia zewnętrzne, takich jak obciążenie ciśnieniem od działania wiatru. Ze względu na wrażliwość na odkształcenia oraz stosunkowo niewielką nośność ele-

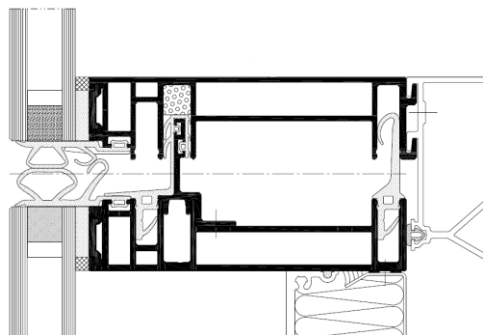
mentów fasady metalowo-szklanej niedopuszczalne jest przekazywanie obciążeń z konstrukcji nośnej obiektu na konstrukcję fasady. Wyróżnić możemy podstawowe rodzaje systemów:

- ścianę słupowo-ryglową, (Rys. 1.) która scalana jest na placu budowy. Konstrukcja fasady składa się ze:
  - 1) słupka;
  - 2) rygla;
  - 3) uszczelki EPDM;
  - 4) listwy dociskowej i listwy mocującej;
  - 5) tafli szklanej;



**Rys. 1.** Przekrój przez słupek ściany słupowo-ryglowej. Po lewej stronie system z wbudowaną jedną szybą, po prawej system z dwoma szybami.

- ścianę elementową, w której poszczególne panele są prefabrykowane, łączone w wytórni.



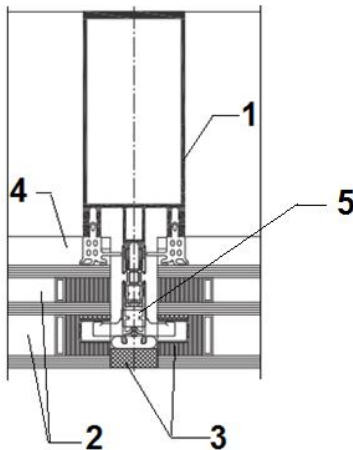
**Rys. 2.** Przekrój przez słupek ściany elementowej.

Możliwe jest stosowanie bardziej skomplikowanych połączeń profili, ponieważ dokładność wykonania jest o wiele większa. Elementy scalane w wytwórni w formie prefabrykatów scalane są na obiekcie poprzez konstrukcje „słupa/rygla połówkowego”, rys. 2. System ten składa się z tych samych elementów składowych występujących w ścianie słupowo-ryglowej (Rys.1), jak również może być odpowiednikiem ściany ze szkleniem strukturalnym (Rys. 3.).

- ścianę słupowo-ryglową ze szkleniem strukturalnym (Rys.3), której konstrukcja charakteryzuje się brakiem listwy dociskowej i listwy maskującej, dzięki czemu uzyskujemy „gładką” powierzchnię zewnętrzną elewacji. W tym typie konstrukcji należy zwrócić szczególną uwagę na odpowiednio dobrane uszczelki, które powinny zapewnić odporność termiczną na przewodzenia ciepła, jak również przepuszczalność powietrza i wodoszczelność.

Na konstrukcję fasady składa się:

- 1) słupek;
- 2) tafle szklane;
- 3) uszczelka EPDM;
- 4) rygiel;
- 5) element mocujący;



**Rys. 3.** Przekrój przez słupek ściany strukturalnej charakteryzującej się brakiem listwy mocującej i listwy dociskowej, widocznych na elewacji w standardowych systemach słupowo-ryglowych.

## 1. TEMPERATURA POWIETRZA

### 1.1. Temperatura powietrza wewnątrz budynku

Prawidłowa temperatura powietrza ma istotny wpływ na dobre samopoczucie osób przebywających w pomieszczeniu oraz wpływa korzystnie na komfort wykonywanej pracy. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [5] definiuje, że pomieszczenia i stanowiska pracy powinny być zabezpieczone przed niekontrolowaną emisją ciepła. Dotyczy to przede wszystkim okien i systemów metalowo-szklanych, ponieważ to one stanowią najbardziej wrażliwe miejsca w ścianach zewnętrznych budynków. Skomplikowane połączenia elementów w narożach są bardzo wrażliwe na powstawanie lokalnych mostków termicznych, które stają się źródłem niekontrolowanej emisji ciepła.

W pomieszczeniach przeznaczonych do pracy należy utrzymywać odpowiednią temperaturę zgodną z przeznaczeniem, dlatego też wyróżniamy następujące kryteria:

- w pomieszczeniach przeznaczonych do wykonywania pracy fizycznej temperatura powinna być zapewniona na poziomie 14°C (z wyjątkiem szczególnych odstępstw uzależnionych od wymagań miejsca pracy);

- w pomieszczeniach biurowych oraz miejscach wykonywania lekkiej pracy fizycznej temperatura minimalna powinna wynosić 18°C;

W pomieszczeniach mieszkalnych temperaturę pomieszczeń ogrzewanych przyjmują się zgodnie z wartością obliczeniową założoną do obliczeń mocy cieplnej. Szczegóły zostały określone w Rozporządzeniu w sprawie warunków jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [4]. Wartości wymaganych temperatur obliczeniowych zamieszczono poniżej w Tab. 1.

**Tab. 1.** Wartość temperatury obliczeniowej wewnątrz budynku [4].

Temperatury obliczeniowe	Przykłady pomieszczeń
+5°C	magazyny bez stałej obsługi, garaże indywidualne, hale postojowe (bez remontów), akumulatornie, maszynownie i szyby dźwigów osobowych
+8°C	klatki schodowe w budynkach mieszkalnych, hale sprzężarek, pompownie, kuźnie, hartownie, wydziały obróbki cieplnej
+12°C	magazyny i składy wymagające stałej obsługi, halle wejściowe, poczekalnie przy salach widowiskowych bez szatni,
+16°C	hale pracy fizycznej o wydatku energetycznym powyżej 300 W, hale formiarni, maszynownie chłodni, ładownie akumulatorów, hale targowe, sklepy rybne i mięsne sale widowiskowe bez szatni, ustępy publiczne, szatnie okryć zewnętrznych, hale produkcyjne, sale gimnastyczne, kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska węglowe
+20°C	pokoje mieszkalne, przedpokoje, kuchnie indywidualne wyposażone w paleniska gazowe lub elektryczne, pokoje biurowe, sale posiedzeń
+24°C	łazienki, rozbieralnie-szatnie, umywalnie, natryskownie, hale pływalni, gabinety lekarskie z rozbieraniem pacjentów, sale niemowląt i sale dziecięce w żłobkach, sale operacyjne

### 1.2. Temperatura powietrza na zewnątrz budynku

Temperatura na zewnątrz obiektu zależy od lokalizacji budynku oraz wysokości względnej i bezwzględnej obiektu. Przy obliczaniu ryzyka kondensacji pary wodnej na konstrukcji elewacji należy stosować średnie miesięczne wartości temperatury powietrza [3]. W elementach o niskiej bezwładności cieplnej, takich jak okna i ich ramy, średnią miesięczną temperaturę zewnętrzną należy przyjąć według statystycznych danych klimatycznych do obliczeń energetycznych budynków [8], dla stacji meteorologicznej znajdującej się najbliżej względem lokalizacji budynku.

## 2. WILGOTNOŚĆ POWIETRZA

Kondensacja pary wodnej na powierzchniach wewnętrznych elementów elewacji może niszczyć niezabezpieczone, przylegające materiały wykończenia wrażliwe na wilgoć. W elementach o niskiej bezwładności cieplnej, czyli systemach metalowo-szklanych, które wykazują dużą reakcję na zmianę temperatury [3] pojawienie się wody jest dość częstym problemem. Zjawisko to można akceptować czasowo i w małych ilościach, np. na oknach i kafelkach w łazienkach, jeżeli powierzchnia nie absorbuje wilgoci i gdy podjęto odpowiednie kroki, aby uniemożliwić kontakt powierzchniowy z przylegającymi wrażliwymi materiałami.

Zgodnie z aktualnymi wytycznymi [3], elementy należy projektować tak, aby zawsze spełniony był warunek:

$$f_{R_{si}} > f_{R_{si,min}} \quad (1)$$

Czynnik temperatury na powierzchni wewnętrznej  $f_{R_{si}}$  wyrażony jest różnicą między temperaturą powierzchni wewnętrznej i temperaturą powietrza zewnętrznego, podzieloną przez różnicę między wewnętrzną temperaturą działania i temperaturą powietrza zewnętrznego (2).

$$f_{R_{si}} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad (2)$$

Gdzie:

$\theta_{si}$  – temperatura powierzchni wewnętrznej [°C];

$\theta_i$  – temperatura powietrza wewnątrz pomieszczenia zgodna z wytycznymi Rozporządzenia [4] [°C];

$\theta_e$  – temperatura powietrza na zewnątrz budynku [°C];

Wartością do której przyrównujemy obliczony współczynnik  $f_{R_{si}}$  w warunku (1) jest minimalny dopuszczalny czynnik temperatury na powierzchni wewnętrznej  $f_{R_{si, \min}}$  który określono następującym wzorem:

$$f_{R_{si, \min}} = \frac{\theta_{si, \min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad (3)$$

Gdzie:

$\theta_{si, \min}$  – minimalna dopuszczalna temperatura powierzchni określona na podstawie dopuszczalnej wilgotności w stanie nasycenia [°C];

$\theta_i$  – temperatura powietrza wewnątrz pomieszczenia zgodna z wytycznymi Rozporządzenia [4] [°C];

$\theta_e$  – temperatura powietrza na zewnątrz budynku [°C];

W budynkach z wykorzystywaną klimatyzacją, gdzie temperatura wewnętrzna utrzymywana jest na poziomie 20°C dla wilgotności względnej 0,55 zlokalizowanych w Warszawie wartość  $f_{R_{si, \min}} = 0,72$  [7].

W celu zabezpieczenia przed rozwojem pleśni, wilgotność względna na powierzchni nie powinna przekraczać wartości 0,8, jednak w elementach o niskiej bezwładności cieplnej maksymalna dopuszczalna wilgotność względna przy powierzchni ramy może wynosić 1 [3].

### 3. WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA A MOSTEK TERMICZNY

Mostek termiczny definiowany jest najczęściej jako miejsce lub element przegrody budowanej zewnętrznej, które wyróżnia się znacznie większym współczynnikiem przewodzenia ciepła U w stosunku do wbudowanych sąsiednio elementów. Spowodowane najczęściej jest to zmianą geometrii lub grubości warstw ściany. Współczynnik przewodzenia U opisuje ile energii (w jednostce czasu) przenika przez powierzchnię 1m<sup>2</sup>, jeżeli różnica temperatur po obu stronach przegrody wynosi 1K (1°C)

$$U = \frac{1}{R_t} \quad (4)$$

Gdzie:

$R_t$  - opór cieplny warstwy materiału;

Natomiast opór cieplny jaki stawia warstwa materiału przemieszczającemu się ciepłu przez nią definiuje wzór ogólny:

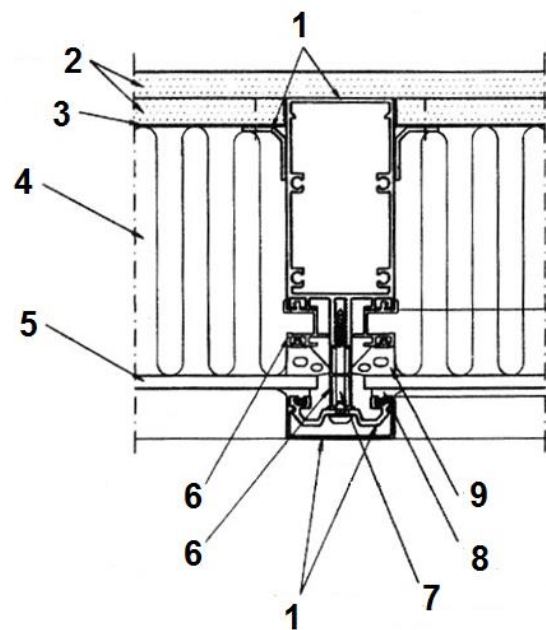
$$R_t = \frac{d}{\lambda} \quad (5)$$

Gdzie:

$\lambda$  - obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła[W/(m·K)];

$d$  - grubość warstwy materiału [m];

Współczynnik przenikania ciepła  $\lambda$  definiuje ilość ciepła, która przepływa przez sześciąt materiału o boku 1m, w czasie 1s, przy różnicy temperatur między jego powierzchniami 1K. Większa wartość współczynnika skutkuje gorszą izolacyjnością termiczną materiału. Na Rys. 4. przedstawiono składowe elementy systemu fasady oraz wymienionymi w opisie wartościami współczynnika  $\lambda$ .



**Rys. 4.** Przekrój przez słupek ściany ciepło-zimnej. Przykładowe wartości współczynnika przenikania ciepła  $\lambda$  dla składowych elementów systemu: 1. Profil aluminiowy  $\lambda = 190$ ; 2. Płyta GK  $\lambda = 0,23$ ; 3. Folia PE  $\lambda = 0,36$ ; 4. Wełna mineralna  $\lambda = 0,04$ ; 5. Szyba  $\lambda = 0,80$ ; 6. Profil PCW  $\lambda = 0,15$ ; 7. Wkręt ze stali nierdzewnej  $\lambda = 16$ ; 8. EPDM  $\lambda = 0,26$ ; 9. Spienione EPDM  $\lambda = 0,08$ .

Fasada charakteryzuje się dużą ilością łączonych ze sobą elementów w porównaniu do tradycyjnej ściany. Dlatego też wprowadzona została odrębna norma PN-EN ISO 12631 Ciepłotechniczne właściwości użytkowe ścian osłonowych, Obliczanie współczynnika przenikania ciepła [9], która podaje dwie metody wyliczenia współczynnika U.

Pierwsza metoda tzw. zbiorcza ocena polega na szczegółowych obliczeniach komputerowych przenoszenia ciepła przez konstrukcję. Wartość strumienia ciepła oblicza się modelując każde połączenie cieplne między dwoma elementami wypełniającymi. Metodę tę można wykorzystać do każdego rodzaju systemu ścian osłonowych.

Składnikowa metoda oceny jest drugim sposobem obliczeń zamieszczonym w wytycznych [9], który dzieli element reprezentatywny na pola powierzchni o różnych właściwościach cieplnych.

Wyróżnić możemy: tafle szklane, słupki i rygle oraz panele nieprzeierne. Metodę tę można stosować w systemach łączonych w

całości, systemach drążków oraz oszkleniach patentowych. Całkowitą wartość  $U$  fasady wyliczamy na podstawie niżej zamieszczonego wzoru (6.). Gdzie:

$U_g, U_p$  - wsp. przenikania ciepła oszklenia i paneli;

$U_f, U_m, U_t$  - wsp. przenikania ciepła ram, słupków okiennych i naświetli drzwiowych;

$\psi_{f,g}, \psi_{m,g}, \psi_{t,g}, \psi_p$  - liniowe współczynniki przenikania ciepła spowodowane łączeniem efektów cieplnych elementu szklącego lub panelu i ramy, lub słupka okiennego, lub naświetla drzwiowego;

$\psi_{m,f}, \psi_{t,f}$  - liniowe współczynniki przenikania ciepła spowodowane połączonymi efektami cieplnymi rama - słupek okienny, rama - naświetle drzwiowe;

$A_{cw}$  - pole powierzchni ściany osłonowej;

W projektowaniu systemu pod kątem prawidłowej wartości współczynnika przenikania ciepła należy wziąć pod uwagę wytyczne Rozporządzenia [6], które określają nam maksymalną wartość współczynnika  $U$  (wartości przedstawione w Tab. 2.)

**Tab. 2.** Wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  zgodnie z Rozporządzeniem [6]

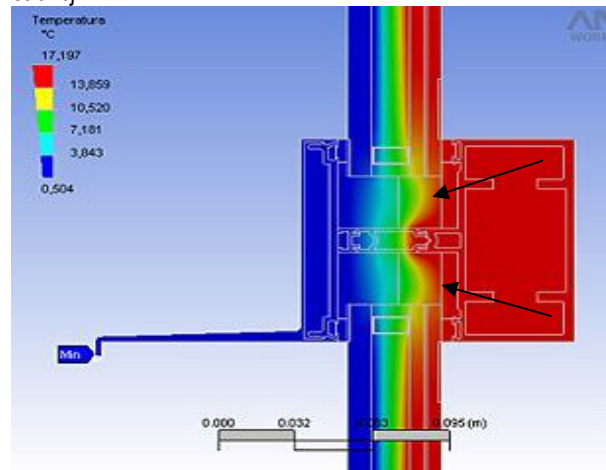
Lp.	Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne	Współczynnik przenikania ciepła $U$ (max)		
		[W/(m <sup>2</sup> · K)]		
		od 1 stycznia	od 1 stycznia	od 1 stycznia
		2014 r.	2017 r.	2021 r.
1	2	3	4	5
1	Okna (z wyjątkiem okien połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne: a) przy $t_i \geq 6^\circ\text{C}$ b) przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,3	1,1	0,9
		1,8	1,6	1,4
2	Okna połaciowe: a) przy $t_i \geq 6^\circ\text{C}$ b) przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,5	1,3	1,1
		1,8	1,6	1,4
3	Okna w ścianach wewnętrznych: a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$ c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	1,5	1,3	1,1
	-	-	-	
	1,5	1,3	1,1	
4	Drzwi w przegrodach zewnętrznych lub w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi	1,7	1,5	1,3
5	Okna i drzwi zewnętrzne w przegrodach zewnętrznych pomieszczeń nieogrzewanych	-	-	-

W wyniku zwiększonej gęstości strumienia cieplnego przenikającego przez przegrodę w wyniku różnicy temperatur na zewnątrz i

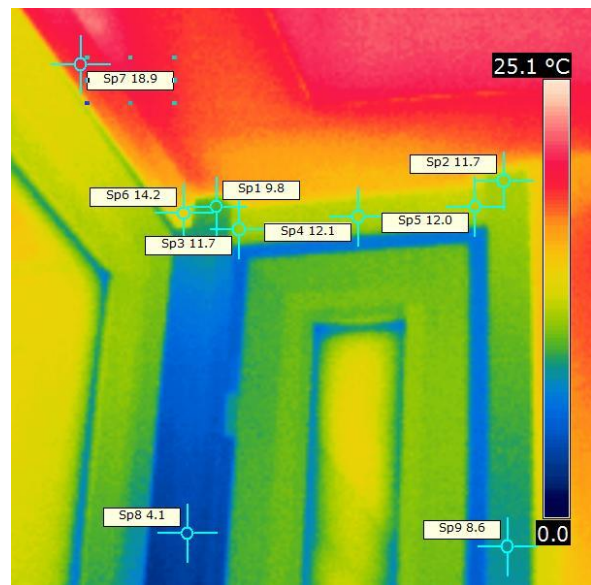
$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum A_m U_m + \sum A_t U_t}{A_{cw}} + \frac{\sum l_{f,g} \psi_{f,g} + \sum l_{m,g} \psi_{m,g} + \sum l_{t,g} \psi_{t,g} + \sum l_p \psi_p + \sum l_{m,f} \psi_{m,f} + \sum l_{t,f} \psi_{t,f}}{A_{cw}} \quad (6)$$

wewnątrz budynku dochodzi do zwiększonej, niekontrolowanej utraty ciepła., powstania mostka termicznego. Ze względu na zbyt dużą różnicę temperatur może wystąpić miejscowe skraplanie się wody spowodowane osiągnięciem temperatury punktu rosy. Dlatego też należy zwrócić uwagę na prawidłowe dobranie grubości materiałów oraz dokładne wykonanie połączeń. Przykład prawidłowo zaprojektowanego systemu widzimy na Rys. 5. Różnica temperatur wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia została poprawnie rozłożona w systemie ściany.

Niedokładności w wyniku których następuje skraplanie się wody na wewnętrznej powierzchni w dłuższej perspektywie użytkowania obiektu może doprowadzić do szybszego zniszczenia elementów konstrukcji.



**Rys. 5.** Rozkład temperatur w prawidłowo zaprojektowanym systemie, ze wskazaniem najbardziej wrażliwych miejsc przez które następuje zwiększony przepływ ciepła.



**Rys. 6.** Zdjęcie wykonane kamerą termowizyjną ukazujące wartości temperatur elementów wewnątrz pomieszczenia. Zbyt niska wartość temperatury okucia doprowadzała do skraplania się pary wodnej.

Zawilgocenie elementów żelbetowych jak i konstrukcji stopowej przyspiesza proces korozji tych elementów.

W konstrukcji ściany osłonowej mostki termiczne mogą wystąpić w:

1) elementach metalowych konstrukcji nośnej elewacji;

Częstym problemem jest wykorzystywanie profili o zbyt dużym współczynniku przenikania ciepła  $U$ , słabo zabezpieczonych przed działaniem większych różnic temperatur. Przykład nieprawidłowo dobranego okucia pod względem termicznym widzimy na Rys. 6..

Lokalnie wykonane otwory w konstrukcji aluminiowej pozostawione bez zabezpieczenia umożliwiają swobodny przepływ powietrza. W wyniku różnicy temperatur kondensacja pary wodnej na danym elemencie może nastąpić o wiele szybciej. Wbudowany element (Rys. 7.) został omyłkowo owiercony, nie miało to większego wpływu na nośność profilu, jednak powstałe otwory powinny zostać zabezpieczone ze względów termicznych.



**Rys. 7.** Zdjęcie owierconego elementu, bez zabezpieczeń przed przedostaniem się dodatkowego powietrza, które na skutek różnicy temperatur może się skraplać na ściankach.

Skutkiem powyżej wymienionych błędów (Rys. 8) jest zniszczenie warstw wykończeniowych ściany.



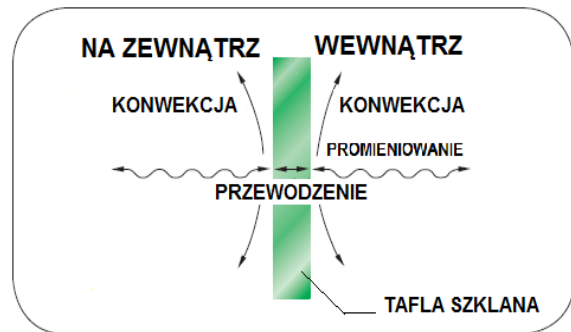
**Rys. 8.** Zniszczone połączenie konstrukcji elewacji ze ścianą budynku na skutek skraplania się zbyt dużej ilości wody.

Obecnie na rynku dostępne profile w typowych systemach słupowo-ryglowych (Rys. 1a.) mają współczynnik przenikania ciepła na poziomie  $U = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ . W systemach o zwiększonej

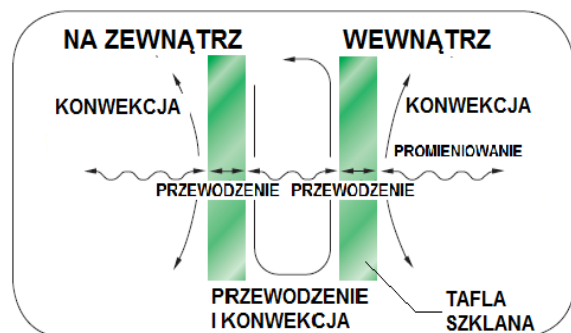
izolacyjności (Rys. 1b.), wykorzystywanych w budynkach energooszczędnych współczynnik przenikania ciepła wynosi  $U = 0,74 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ . [11]

2) taflach szklanych;

Podstawowy problem związany z taflami szklanymi jest zidentyfikowany w postaci skraplania się wody na wewnętrznej stronie tafli. Przyczyną tego zjawiska jest dobór szyb o zbyt dużym współczynniku przenikania ciepła  $U$ . Kryterium mającym wpływ na poprawność rozwiązania jest zarówno grubość oszklwienia, jak również ilość tafli w szybie zespolonej, oraz rodzaj gazu szlachetnego wewnątrz przestrzeni międzyszybowej. Na Rys. 9. przedstawiono schemat przepływu ciepła w systemie z jedną taflą oraz systemie zespolonym z wykorzystaniem dwóch tafli.



Straty ciepła przez szybę pojedynczą



Straty ciepła przez szybę zespoloną

**Rys. 9.** Schematy strat ciepła w systemie z pojedynczą szybą oraz systemie zespolonym z wykorzystaniem dwóch tafli.

**Tab. 3.** Dane producenta dot. współczynnika przenikania ciepła tafli szklanych [10]

Szyby zespolone o konfiguracji 4mm - 16mm - 4mm	Współczynnik przenikania ciepła $U_g$ [W/m <sup>2</sup> K]	
	powietrze	argon
1. Optifloat™ + Optifloat™	2,7	2,6
2. Optifloat™ + K Glass™	1,7	1,5
3. Optifloat™ + Optitherm™ S3	1,4	1,1
4. Optifloat™ + Optitherm™ S1	1,3	1

3) uszczelkach;

Zbyt mały przekrój uszczelki lub niedokładne ułożenie w elemencie (Rys. 11.) może doprowadzić do miejscowego zwiększonego przepływu ciepła, a tym samym do miejscowego schłodzenia elementu. Natomiast brak uszczelki widoczny na Rys. 10. umożliwia swobodny przepływ powietrza, który skutkuje skraplaniem wody na powierzchniach wewnętrznych.



**Rys. 10.** Widok elewacji w obiekcie użytkowanym, brak uszczelki pionowej.



**Rys. 11.** Widok elewacji w obiekcie użytkowanym, zbyt długa pozioma uszczelka przylegająca niepoprawnie, umożliwiającą swobodny przepływ powietrza.

## PODSUMOWANIE

Tekst artykułu ma na celu zwrócenie uwagi na podstawowe zgasnienia związane z prawidłowym projektowaniem fasad pod kątem izolacyjności termicznej. Systemy metalowo-szklane z każdym rokiem dostępne są o lepszych parametrach termicznych, jednak wciąż w budynkach pojawia się problem związany z prawidłową izolacyjnością. Niejednokrotnie spotykane są przypadki z nadmiernym zawilgoceniem powstającym na profilach metalowych i taflach szklanych, które doprowadza do szybszego niszczenia, najczęściej elementów budynku w których są wbudowane, czyli warstw wykończeniowych i elementów żelbetowych konstrukcji nośnej. Na przedstawionych powyżej zdjęciach widać faktyczne problemy pojawiające się w obiektach. Wyeliminowanie tego typu niedopatrzeń jest bardzo trudne i kosztowne, ponieważ wiąże się najczęściej z wymianą całych elementów, miejscową izolacją lub wprowadzeniem przewodów grzewczych do okuć metalowych. Posiadanie świadomości o prawidłowym projektowaniu pod kątem przewodzenia ciepła pozwala uniknąć wielu niedogodności. Prowadzenie poprawnie nadzorów technicznych obiektów i eliminowanie braków systemów np. w postaci zużytych, źle zamontowanych uszczelek, pozwala uchronić system przed swobodnym przepływem powietrza, a co za ty idzie przedłużyć czas jego użytkowania.

Należy jednak pamiętać, że wykorzystywanie elementów o bardzo dobrej izolacyjności cieplnej powoduje zjawisko skraplania się pary wodnej na zewnętrznej powierzchni elewacji. Jest to sytuacja naturalna dla konstrukcji, ponieważ jest ona zabezpieczona przed działaniem wody z opadów deszczu. Stwarza to tylko niedrogość w użytkowaniu tych systemów.



**Rys. 12.** Widok dwukomorowych energooszczędnych szyb zespolonych o identycznym współczynniku przenikania ciepła  $U=0,9W/m^2K$ . Po lewej stronie tafła zewnętrzna wykonana ze szkła samoczyszczącego Pilkington Activ™ od zewnątrz. Po prawej stronie tafła zewnętrzna wykonana ze szkła float od zewnątrz.[12]

## BIBLIOGRAFIA

1. PN-EN 13830:2005 „Ściany osłonowe Norma wyrobu”.
2. PN-EN 13830:2015 „Ściany osłonowe Norma wyrobu”.
3. PN-EN ISO 13788:2003 „Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa. Metody obliczania”.
4. Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Poz. 1422)
5. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (DzU z 2000 r. nr 106, poz. 1126, z późn. zm.).
6. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie
7. M. Wesołowska, P. Szczepaniak, „Nowe wymagania w ocenie wilgotnościowej przegród”, *Miesięcznik Izolacje* nr 3/2009.
8. *Mib.gov.pl*
9. PN-EN ISO 12631 „Ciepłne właściwości użytkowe ścian osłonowych, Obliczanie współczynnika przenikania ciepła”
10. Pilkington, Broszura 2010, „Szyby zespolone”
11. *www.wicona.com*
12. Pilkington, Broszura, „Kondensacja na szybach zespolonych

### Influence of local thermal bridge on designing metal-glass structures

*The aim of this article is to describe the criteria in design process of metal-glass facades. In successful design and efficiently quality designers should remember about value internal and external temperature factor. Too high thermal insulation parameters of basic elements like mullion, transom, gasket and glass panel may cause a thermal bridge. Condensation and thermal comfort problems could be a reason fast destroy the system.*

Autorzy:

dr inż. **Maciej Cwyl** – Politechnika Warszawska

inż. **Katarzyna Kosieradzka** – Politechnika Warszawska