

# Lekka obudowa. Część 4. Układy konstrukcyjne

Urbańska-Galewska Elżbieta, Kowalski Dariusz

Politechnika Gdańska, Gdańsk, Polska

**Builder**, vol. 233, nr 12, 2016, p. 106-110

**Abstrakt:** Duża dostępność i szeroka oferta materiałów, ogromne zapotrzebowanie na trwałe, estetyczne fasady z dużymi, przeszklonymi powierzchniami, spowodowały szybki napływ nowoczesnych rozwiązań w dziedzinie metalowo - szklanych ścian osłonowych.

Ogólnie lekką obudowę można podzielić na przegrody zewnętrzne i okładziny elewacyjne. Przegrody zewnętrzne, z uwagi na konstrukcję, można podzielić na (rys.1):

- jednowarstwowe (nieizolowane termicznie),
- wielowarstwowe (izolowane termicznie),
- szklano-metalowe.

Osobną grupę lekkiej obudowy stanowią okładziny elewacyjne nakładane na istniejące przegrody zewnętrzne w ramach prac renowacyjnych lub termomodernizacji [1]. Generalnie lekką obudowę można podzielić na (rys. 1):

- kompletne jedno lub wielofunkcyjne zewnętrzne przegrody ścienne lub dachowe,
- okładziny elewacyjne nakładane na istniejące lub nowe ściany celem uzyskania określonych właściwości oraz efektów estetycznych [1],[2].

Klasyfikacja ta obejmuje w zasadzie wszystkie rodzaje konstrukcji lekkich ścian osłonowych, zarówno tych stosowanych w obiektach użyteczności publicznej jak i budownictwie przemysłowym.

W Polsce lekkie ściany osłonowe w budynkach użyteczności publicznej zaczęto stosować na przełomie lat sześćdziesiątych. Pierwsze obiekty, w których zastosowano takie rozwiązanie, to m.in. budynek ZSL w Warszawie (rys. 2a), budynek MHZ „Uniwersal” w Warszawie (rys. 2b), hotel "Cracovia" w Krakowie (rys. 2c). czy inne budynki hotelowe czy też biurowe (rys. 2d). W latach 90-tych nastąpił przełom w stosowaniu ścian osłonowych. Duża dostępność i szeroka oferta materiałów, ogromne zapotrzebowanie na trwałe, estetyczne fasady z dużymi, przeszklonymi powierzchniami, spowodowały szybki napływ nowoczesnych rozwiązań w dziedzinie metalowo - szklanych ścian osłonowych..

## Ściany szklano-metalowe

Metalowo-szklane ściany są stosowane do:

- konstruowania przeszklonych elewacji budynków użyteczności publicznej takich jak: banki, hotele, biurowce, hale sportowe, salony samochodowe itp.,
- wykonania przestrzennych konstrukcji i przeszkleń dachowych w celu odpowiedniego doświetlenia wnętrza budynków oraz stworzenia w nich właściwego klimatu i komfortu dla użytkowników.

Ściany zewnętrzne budynków dzielimy na dwie podstawowe grupy (rys. 3):

- ściany typu zawieszono (kurtynowe),
- ściany wypełniające.

Ściana typu zawieszono (wisząca / kurtynowa) usytuowana jest na zewnątrz obrysu konstrukcji nośnej budynku i przeważnie mocowana jest do czoła stropów (rys. 3.a). Ściana kurtynowa przenosi jedynie ciężar własny i parcie wiatru. Połączenie ściany ze stropami powinno zapewniać możliwość regulacji w trzech kierunkach a także kompensować przesunięcia ściany spowodowane zmianami temperatury. Z kolei ściana wypełniająca składa się z segmentów umieszczonych pomiędzy elementami konstrukcji nośnej budynku, np. stropami (rys. 3.b). W tego typu ścianach należy uwzględnić możliwość przekazywania na nie obciążeń pionowych na skutek ugięć brzegowych końcowych fragmentów stropów między kondygnacyjnych.

Z uwagi na konstrukcję, ściany kurtynowe (zawieszono) dzielimy na:

- słupowo-ryglowe,
- strukturalne,
- mocowane punktowo,
- elementowe,

- membranowe.

Ściany szklano-metalowe z uwagi na swoją konstrukcję najczęściej stanowią fasady wentylowane, zwana też podwójną skórą. Są podobne do tzw. zimnej fasady (ściany wentylowanej z okładziną elewacyjną) z tym, że przestrzeń pomiędzy warstwą zewnętrzną a wewnętrzną jest znacznie szersza. Warstwa zewnętrzna pełni funkcję ochronną i estetyczną. Może to być wentylowana od tyłu szyba lub blacha profilowana. Bardzo często w tego typu rozwiązaniach przestrzeń pomiędzy warstwami jest wykorzystywana do montowania dodatkowych instalacji przeciwsłonecznych, takich jak lamele lub rolety. Powietrze, które ulega tam ogrzaniu, oraz powstający kondensat pary wodnej wyprowadzane są z poszczególnych kondygnacji na zewnątrz do otoczenia.

### Ściany słupowo-ryglowe

Ściana osłonowa słupowo-ryglowa jest lekką, samonośną przegrodą budowlaną o prętowej konstrukcji szkieletowej. Elementami konstrukcji ściany są pionowe słupki (ang. *mullions*) i poziome rygle (ang. *transoms*). Słupki mocowane są do konstrukcji nośnej budynku tworząc pionowe pasy, które podzielone są ryglami na pola przeznaczone do wypełniania. Wypełnienia pól stanowią termoizolacyjne szyby zespolone lub izolacyjne płyty warstwowe. Konstrukcyjne elementy słupków i rygli wykonane są z kształtowników metalowych o przekroju skrzynkowym z odpowiednim ukształtowaniem ścianek dla mocowania uszczelek, łączników, itp. Słupy i rygle ściany słupowo-ryglowej są systemowo wyposażone w rozwiązania odwodnienia, wentylacji i odprowadzenia kondensatu z wnętrza ściany poprzez kształtowniki. W fasadzie słupowo-ryglowej zawsze na powierzchni szkła widoczne są listwy dociskowe i kryjące (rys. 4).

### Ściany strukturalne

Ściany osłonowe zwane strukturalnymi stanowią modyfikację ścian o konstrukcji słupowo-ryglowej. Proces modyfikacji konstrukcji ściany został poglądowo przedstawiony na rysunku 5. W wyniku dążenia do uzyskania wielkopowierzchniowej tafli szklanej powstała tzw. ściana strukturalna, tj. ściana na której nie jest widoczna konstrukcja nośna w formie słupków i rygli. Konstrukcja nośna jest ukryta za taflami szkła (rys. 5.c) i 6). Szyby zespolone zamocowane są klejem silikonowym wspornikowo (jednostronnie) do elementów nośnych. Na rysunku 7.a) przedstawiono schemat szklenia strukturalnego charakteryzującego się całkowicie gładką powierzchnią.

Ściany ze szkleniem strukturalnym, z uwagi na sposób mocowania szyb można podzielić na cztery podstawowe typy [1].

- system dwustronny, w którym dwa boki zestawu szybowego są klejone do ramy aluminiowej, natomiast pozostałe dwa są mocowane mechanicznie – system ten charakteryzuje się tym, że obciążenia statyczne są przenoszone na konstrukcję nośną tylko przez połączenia mechaniczne (np. ramy), natomiast obciążenia dynamiczne są przenoszone zarówno przez połączenia silikonowe, jak i mechaniczne;
- system czterostronny, gdzie wszystkie cztery boki panelu elewacyjnego są przyklejone do ramy aluminiowej za pomocą kleju konstrukcyjnego – w tym przypadku obciążenia statyczne i dynamiczne są przenoszone na konstrukcję nośną wyłącznie przez konstrukcyjny klej silikonowy;
- system sworzniowy klejony, w którym zestaw szybowy jest mocowany do ramy aluminiowej za pomocą specjalnego sworznia przyklejonego bezpośrednio do tafli szkła;
- system

W systemach strukturalnych kluczowym czynnikiem decydującym o trwałości konstrukcji jest dobór parametrów specjalistycznego konstrukcyjnego kleju silikonowego. Klej ten musi przenieść wszelkie obciążenia: ciężar szkła, obciążenia klimatyczne, drgania oraz mieć zdolność częściowego przenoszenia przemieszczeń, mieć dobrą przyczepność do szkła i aluminium oraz być odporny na promieniowanie UV. Również końcowego uszczelnienia elewacji przed wpływami atmosferycznymi i uszczelnień przeciwpożarowych dokonuje się szczelinami silikonowymi [3].

W celu zwiększenia bezpieczeństwa konstrukcji wspornikowo zamocowanej szyby zespolonej wprowadzane są różne techniki zabezpieczenia szyb przed odspojeniem i odpadnięciem. Do zabezpieczeń takich należy zamocowanie szyb zespolonych na jej dwóch przeciwległych krawędziach, poziomych lub pionowych. Pojawiają się ciągłe kształtowniki zabezpieczające, stanowiące na przeszkleniach pionowe lub poziome podziały architektoniczne. Takie modyfikacje techniczne i estetyczne nazwane zostały ścianami osłonowymi „półstrukturalnymi” lub „semistrukturalnymi”.

Fasada semistrukturalna wyglądem przypomina fasadę strukturalną – różnica polega na sposobie montażu wypełnienia. W fasadzie semistrukturalnej klej konstrukcyjny podtrzymujący szybę zastąpiono uchwytem mechanicznym. Elementy mocowania szyby są ukryte pod uszczelkami bądź masą silikonową (rys. 6.g,6,h) [3].

### Ściany mocowane punktowo

Dalszy rozwój systemów lekkich ścian osłonowych w kierunku uzyskania rozwiązań o wielkopowierzchniowym przeszkleeniu doprowadził do powstania ścian, które dają efekt jednej tafli przeszkleń, nie przerywanej żadnymi szczelinami. Są to ściany z punktowym mocowaniem szyb (rys. 8). Istotnym elementem tego systemu jest sposób zamocowania szyb przeszkleń (pojedynczych i szyb zespolonych) polegający na wprowadzeniu w otwór nawiercony w szybie metalowego sworznia zamocowanego do konstrukcji wsporczej przegrody. W przypadku, gdy

This is a post-print of: *Builder*, vol. 233, nr 12, 2016, pp. 106-110.

Urbańska-Galewska E., Kowalski D. „Lekka obudowa. Część 4. Układy konstrukcyjne”, *Builder*, vol. 233, nr 12, 2016, pp. 106-110.

tak mocowana jest szyba zespolona, sworzeń mocujący łączy szybę wewnętrzną i zewnętrzną zestawu, stanowiąc tym samym punktowy mostek termiczny. Nowsze rozwiązania wprowadzają sworzeń mocujący tylko na szybie wewnętrznej eliminując tym samym mostek termiczny i wprowadzając wspornikowy układ szyby zespolonej (podobnie jak w ścianie „strukturalnej”). Sworznie mocujące, umieszczane w pobliżu naroży płyt szklanych, są mocowane w zestawach z sąsiednimi elementami tworząc jeden uchwyt mocujący do konstrukcji wsporczej przegrody. Uchwyty te, charakterystyczne dzięki swojej budowie, potocznie nazywane są „pajakami”. Poszczególne płyty szklane lub szyby zespolone usytuowane są na uchwytach mocujących w ten sposób, że nie stykają się ze sobą krawędziami lecz tworzą szczelinę, umożliwiającą swobodną dylatację szyb. Szczelina ta wypełniona jest szczeliwem, zachowującym odpowiednią przyczepność do krawędzi szyb i zapewniającym szczelność (rys. 7b).

### **Ściany elementowe**

Ściany elementowe są montowane z gotowych zestawów produkowanych w wytwórni. Szczególnym przypadkiem ścian elementowych są ściany pasmowe, (okienno-parapetowe) stosowane w budynkach użyteczności publicznej lub mieszkaniowych oraz ściany z płyt warstwowych i elementów kasetowych stosowanych w budynkach przemysłowych, handlowych lub magazynowych.

### **Ściany membranowe**

Ściany membranowe to najnowszy rodzaj przegrody. Cała powierzchnia fasady jest rozpięta na siatce stalowych lin w rozstawie zgodnym z rozmiarem szyb. Punkty węzłowe lin poziomych i pionowych są ustalane zaciskami stanowiącymi jednocześnie uchwyty szyb fasadowych w czterech narożnikach. Elementy szklane nie muszą być wiercone. Obciążenia działające na fasadę są przenoszone na liny stalowe poprzez zaciski mocujące a stamtąd na stabilną konstrukcję ramową. Mocowanie elementów szklanych w narożnikach bez konieczności wiercenia pozwala uniknąć kumulowania się naprężeń i dzięki temu daje większą swobodę przy wymiarowaniu (rys. 9).

### **Przegrody jednowarstwowe**

Przegrody zewnętrzne jednowarstwowe są konstruowane w formie pokrycia z różnego typu stalowych lub aluminiowych blach trapezowych, płyt z tworzyw sztucznych (laminaty, HDPE, plexigals), szkła, a dawniej również płyt azbestowo-cementowych (obecnie włóknowo-cementowe), mocowanych do szkieletu nośnego (metalowego lub żelbetowego). Są to przegrody nieizolowane, które mogą być stosowane na konstrukcje ścian i dachów w niektórych obiektach magazynowych, przemysłowych lub użyteczności publicznej (rys. 10).

### **Przegrody wielowarstwowe**

Z przegród wielowarstwowych mogą być wykonywane zarówno lekkie ściany osłonowe jak i dachy. Przegrody takie składają się z kilku różnych warstw materiałów, przy czym każda warstwa spełnia inną funkcję. Zewnętrzna warstwa ścienna w ścianach wielowarstwowych, pełni rolę elewacji oraz funkcję ochronną przed uszkodzeniami mechanicznymi. Zewnętrzna warstwa dachu również pełni funkcję estetyczną oraz ochronną przed działaniem czynników atmosferycznych. Przegrody te mogą być wykonywane jako wentylowane i niewentylowane.

### **Przegrody niewentylowane**

Przegrody niewentylowane wykonywane są z pojedynczych płyt warstwowych ściennych (rys. 11.a), lub dachowych płyt warstwowych (rys. 11.b), c)). W przypadku dachów stosowane są również pokrycia z blach trapezowych z ułożoną na nich warstwą izolacji oraz zewnętrznej warstwy osłonowej (może to być blacha profilowana, membrana z tworzyw sztucznych lub tradycyjnie papa na lepiku) (rys. 11. c))

### **Przegrody wentylowane**

Przegrody wentylowane charakteryzują się konstrukcją umożliwiającą ruch powietrza wewnątrz przegrody (pomiędzy warstwami) w celu uniknięcia zawilgocenia warstwy izolacji termicznej. Nagromadzenie wilgoci na skutek skraplania pary wodnej na wewnętrznych powierzchniach poszczególnych warstw prowadzi do zniszczenia przegrody poprzez rozwój grzybów pleśniowych lub procesów korozyjnych jednocześnie pogarszając parametry izolacyjności termicznej i akustycznej. Na rys. 12 przedstawiono przykładowe rozwiązania konstrukcji lekkiej ściany osłonowej ze stalowych kaset ściennych i blachy falistej (rys. 12.a) oraz blachy trapezowej mocowanej do stalowych rygli (rys. 12.b). Ruch powietrza odbywa się wzdłuż fałd blachy trapezowej (rys. 12.b) lub wzdłuż listwy do mocowania falistej blachy osłonowej (rys. 12.a).

Naturalny przepływ powietrza usuwa wilgoć z izolowanego dachu. Na rys. 13 przedstawiono zasadę działania wentylacji dachu spadzistego w dachu ocieplonym i nieocieplonym, natomiast na rysunku 14 szczegółowo przedstawiono funkcję każdej z dwóch szczelin wentylacyjnych. W dachu takim każda szczelina osusza inną część dachu. Dwie szczeliny należy wykonać wtedy, gdy warstwą wstępną są: papa lub folia na poszyciu, folia niskoparoprzepuszczalna lub antykondensacyjna.

Zagadnienie wentylowania dachów płaskich jest znacznie bardziej skomplikowane z uwagi na zazwyczaj bardzo duże powierzchnie takich dachów. Spotykane są rozwiązania z umieszczeniem kominków wentylacyjnych w kalenicach dachów płaskich. Na szczególną uwagę zasługuje rozwiązanie proponowane przez firmę PAROC. Na rysunku 15 przedstawiono ideę działania systemu wentylowanej izolacji dachów płaskich PAROC® Air™.

Wentylowanie i szybkie usuwanie nadmiernej ilości wilgoci następuje poprzez system rowków w płytach izolacyjnych. Dach płaski przed działaniem wilgoci z zewnątrz (opady deszczu, śnieg) zabezpieczają zwykle membrany dachowe, natomiast ochronę przed działaniem wilgoci budowlanej lub pochodzącej z wewnętrznej filtracji powietrza z obiektu stanowi folia paroizolacyjna, położona na spodniej płycie izolacyjnej (gr. 50 mm), stanowiącej ochronną płaską podstawę dla paroizolacji. Szczelność struktury dachowej utrzymuje w równowadze poziom temperatury wewnętrznej i zewnętrznej, stopień wilgotności oraz ciśnienie powietrza.

### Okładziny elewacyjne

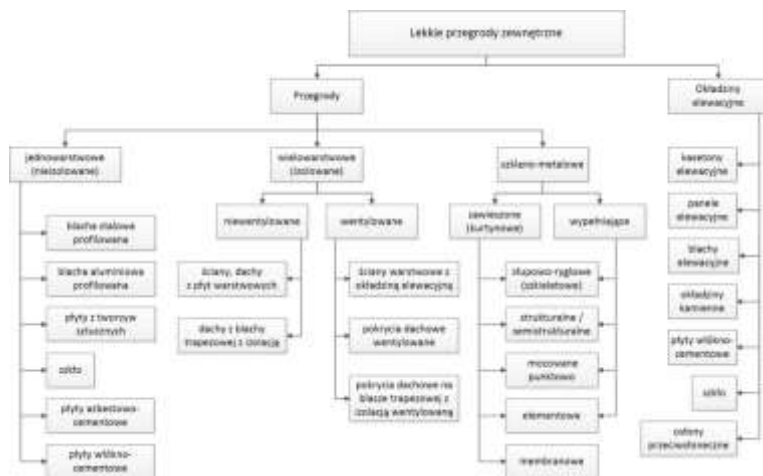
Okładziny elewacyjne stanowią osobną grupę materiałów osłonowych. Są wytwarzane w różnych kształtach, kolorach, wymiarach i z różnych materiałów w celu wykonywania z nich zewnętrznej warstwy elewacyjnej na ścianie budynku wykonanego z betonu, cegły lub innych materiałów masywnych (rys. 16). Z uwagi na pozostawianą pustkę powietrzną pomiędzy materiałem okładzinowym a konstrukcją ściany, tego typu rozwiązanie często nazywane jest elewacją wentylowaną, fasadą zimną lub ścianą osłonową nieizolowaną. Zgodnie z PN-EN 13119 [N1] *ściana osłonowa nieizolowana jest to rodzaj ściany osłonowej, w której część zewnętrzna osłania wentylowaną przestrzeń powietrzną, a izolacja termiczna oraz uszczelnienie są na przegrodzie wewnętrznej*. Elementy składające fasady zimnej (elewacji wentylowanej):

- zewnętrzna obudowa (w postaci płyt cementowych, kamiennych, ceramicznych, drewnianych, drewnopochodnych, tworzyw sztucznych, metali, laminatów) mocowana do rusztu;
- ruszt (wykonany z metalu metali lub drewna) przymocowany do ścian zewnętrznych budynku lub konstrukcji szkieletowej;
- elementy mocujące obudowę do rusztu oraz ruszt do ścian;
- materiały izolacyjne (na przykład: wełna mineralna, folia paroizolacyjna, wiatroizolacja).

Pomiędzy warstwami izolacyjnymi a elementami okładzinowymi jest pozostawiona warstwa powietrza. Konstrukcja elewacji wentylowanej powinna, zgodnie z europejskimi wymaganiami wytycznych ETAG 034 [N2], [N3], spełniać następujące wymagania:

- odległość pomiędzy elementami obudowy i warstwą izolacyjną lub podłożem (przestrzeń wentylowana) powinna wynosić co najmniej 20 mm. Przestrzeń ta może być zmniejszona lokalnie o 5-10 mm;
- powierzchnia przekroju szczeliny wentylacyjnej u dolnej części budynku oraz przy krawędzi dachu powinna wynosić nie mniej niż 50 cm<sup>2</sup> na metr bieżący długości.

Elewacje wentylowane należy projektować i wykonywać zgodnie z Warunkami Technicznymi wykonania i odbioru elewacji wentylowanych [4] wydanymi przez ITB w Warszawie. W praktyce należy stosować systemy elewacyjne posiadające aktualną Europejską Ocena Techniczną lub Aprobata Techniczną [5].

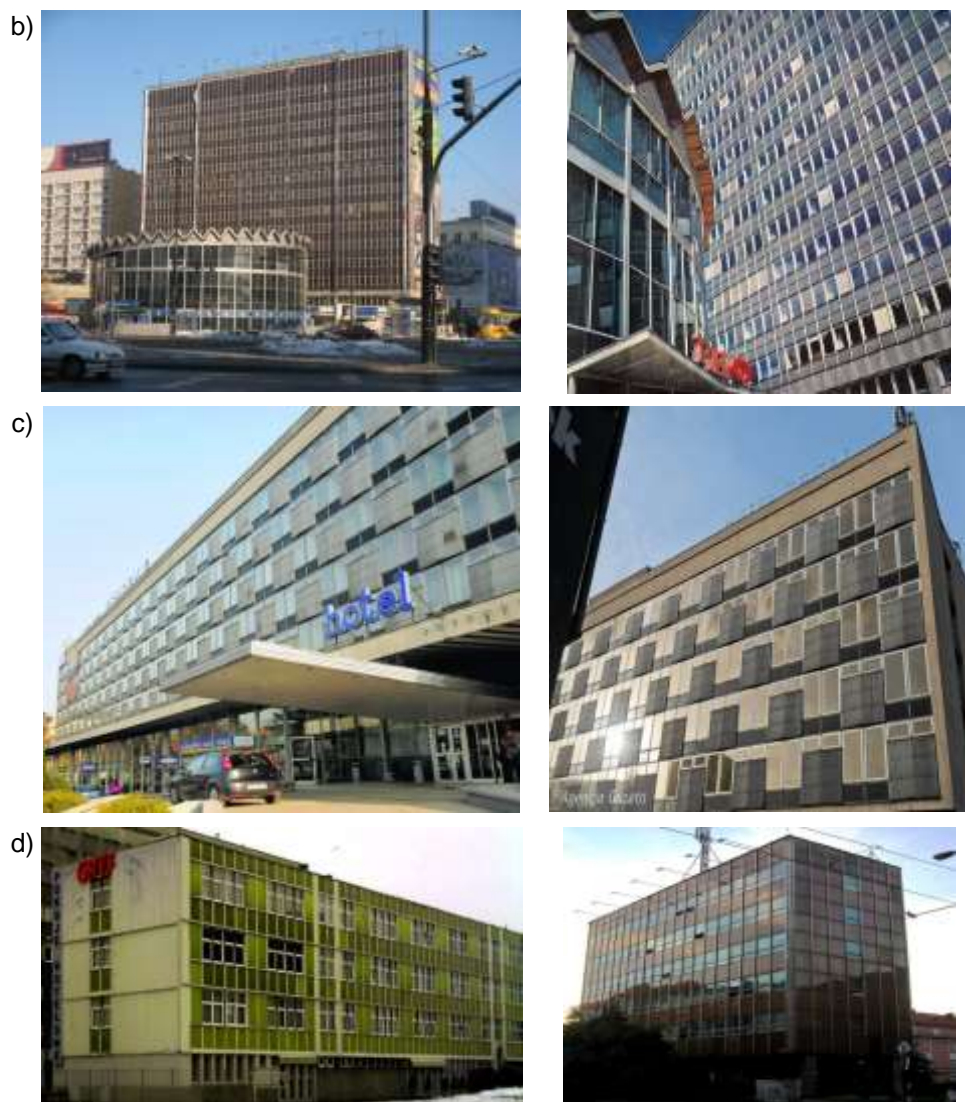


Rys. 1. Klasyfikacja lekkich przegród zewnętrznych (autorzy)

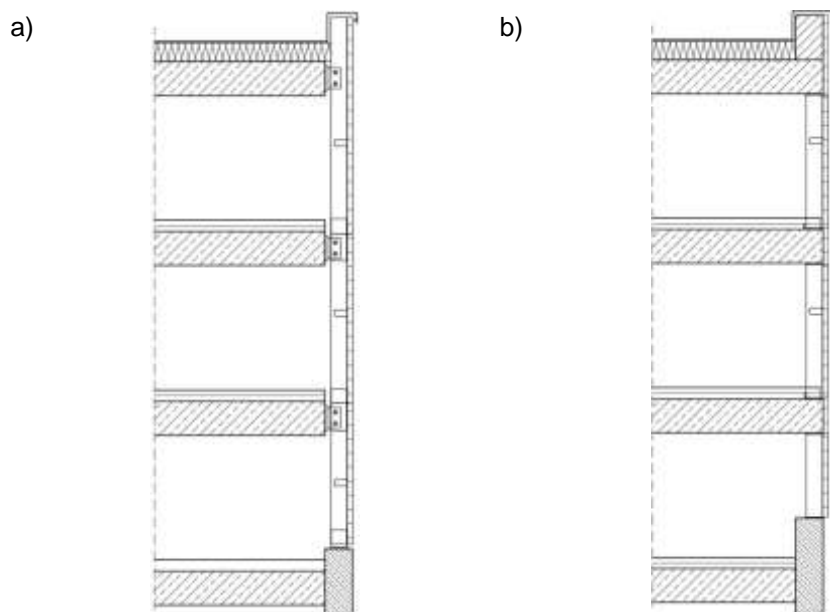


This is a post-print of: *Builder*, vol. 233, nr 12, 2016, pp. 106-110.

Urbańska-Galewska E., Kowalski D. „Lekka obudowa. Część 4. Układy konstrukcyjne”, *Builder*, vol. 233, nr 12, 2016, pp. 106-110.



Rys. 2. Budynki z lekką obudową z początku okresu realizacji tego typu rozwiązań  
a) budynek ZLS w Warszawie (arch. NAC), b) budynek MHZ Uniwersalu w Warszawie,  
c) hotel Cracovia w Krakowie (arch. Agencja GAZETA), d) inne – Gdańsk, Wrocław (D. Kowalski)



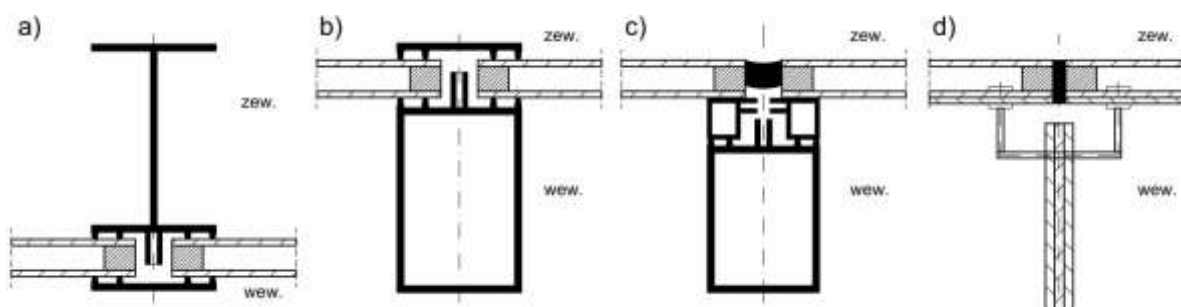
Rys. 3. Rodzaje fasad: a) ściana typu zawieszonych (kurtynowa), b) ściana wypełniająca (autorzy)

This is a post-print of: *Builder*, vol. 233, nr 12, 2016, pp. 106-110.

Urbańska-Galewska E., Kowalski D. „Lekka obudowa. Część 4. Układy konstrukcyjne”, *Builder*, vol. 233, nr 12, 2016, pp. 106-110.



Rys. 4. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych ścian słupowo-ryglowych (Aluprof, D.Kowalski)

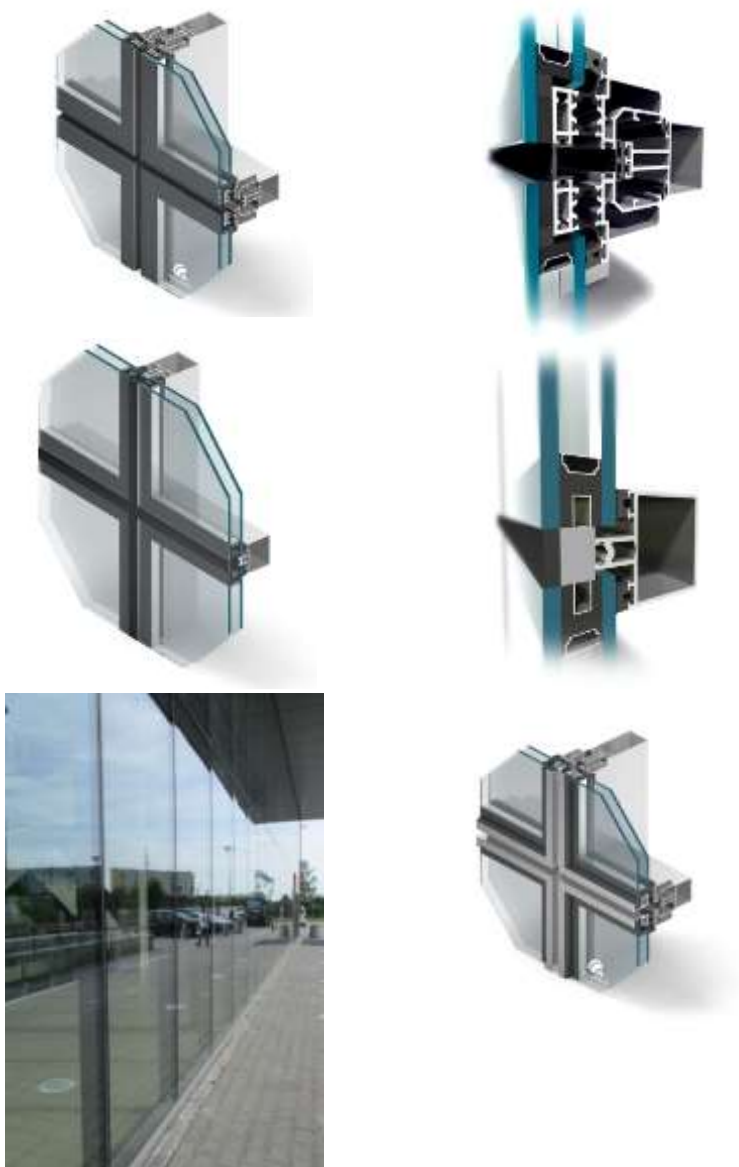


Rys. 5. Proces modyfikacji konstrukcji ściany słupowo-ryglowej (autorzy na podstawie [6])

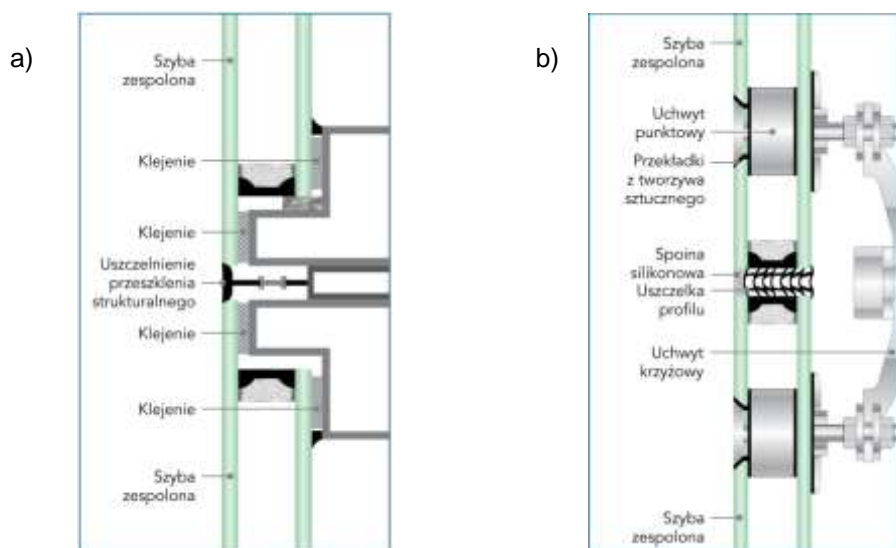
- Detail ściany słupowo-ryglowej starego typu. Konstrukcja ściany usytuowane na zewnątrz, po jej stronie zimnej. Oszklenie ściany montowane od wewnątrz budynku.
- Detail ściany słupowo-ryglowej nowej generacji. Konstrukcja ściany usytuowana po wewnętrznej stronie przegrody, po jej stronie cieplej. Oszklenie ściany montowane od zewnętrznej strony budynku.
- Detail ściany słupowo-ryglowej z oszkleniem strukturalnym. Konstrukcja ściany usytuowana po wewnętrznej stronie przegrody, po jej cieplej stronie. Oszklenie ściany montowane od strony zewnętrznej budynku
- Detail ściany osłonowej z punktowym (mechanicznym) mocowaniem oszklenia (nowej generacji). Konstrukcja przegrody usytuowana po jej stronie wewnętrznej (żebro szklane)

This is a post-print of: *Builder*, vol. 233, nr 12, 2016, pp. 106-110.

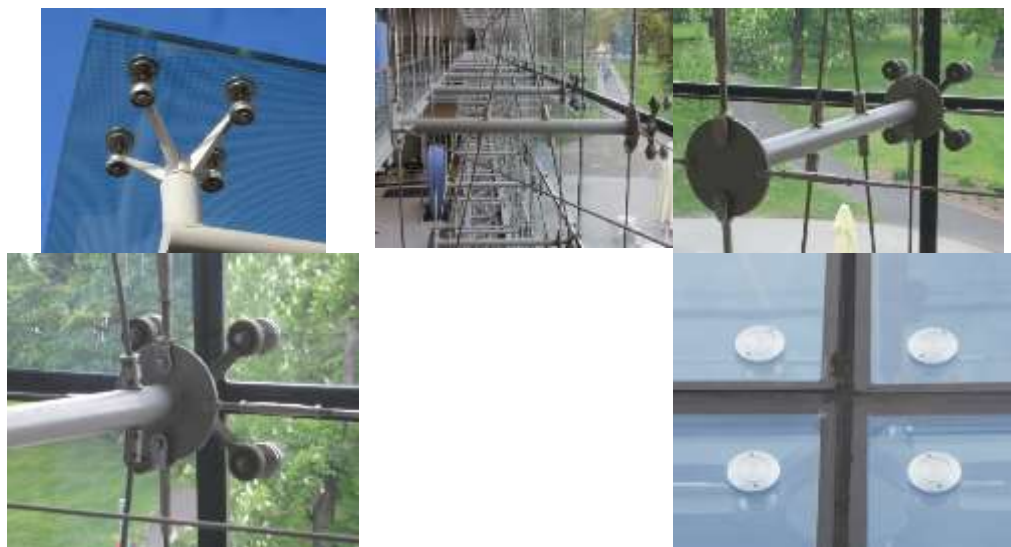
Urbańska-Galewska E., Kowalski D. „Lekka obudowa. Część 4. Układy konstrukcyjne”, *Builder*, vol. 233, nr 12, 2016, pp. 106-110.



Rys. 6. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych ścian z oszkleniem strukturalnym (Aluprof, D.Kowalski)



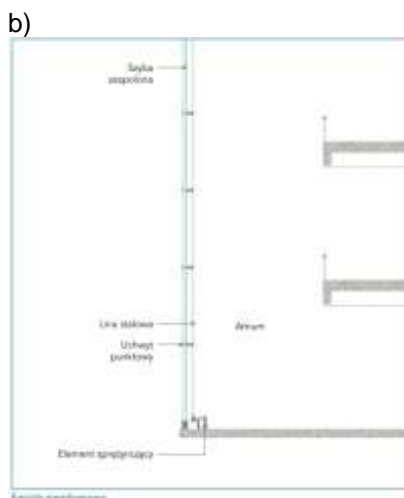
Rys. 7. Techniki mocowania oszklenia: a) szklenie strukturalne, b) mocowanie punktowe (GlassTime – podręcznik o szkłe)



Rys. 8. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych ścian z oszkleniem punktowym (D.Kowalski)

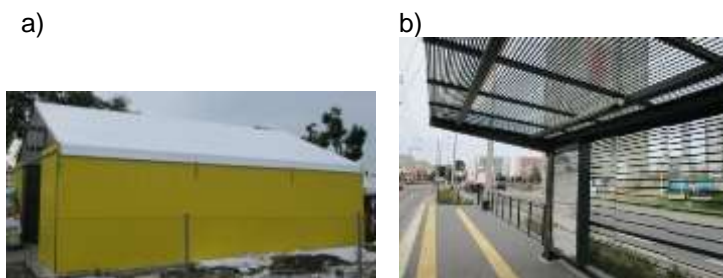


Fasada membranowa  
Skrzyżowanie - wrażenie optyczne



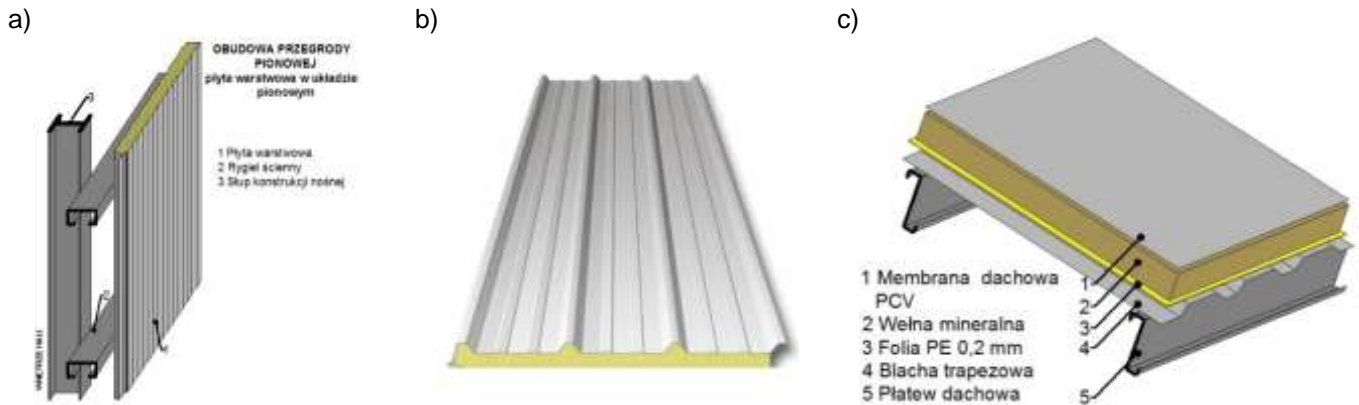
Fasada membranowa

Rys. 9. Ściana membranowa: a) widok ściany membranowej od strony zewnętrznej, b) przekrój poprzeczny przez obiekt ze ścianą membranową (GlassTime – podręcznik o szkłe)

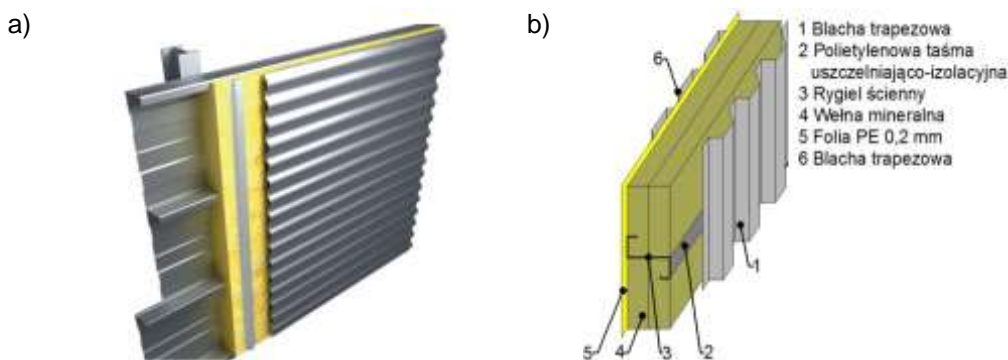


Rys. 10. Przykład przegród jednowarstwowej : a) magazyn, b) wiata przystankowa (D.Kowalski)

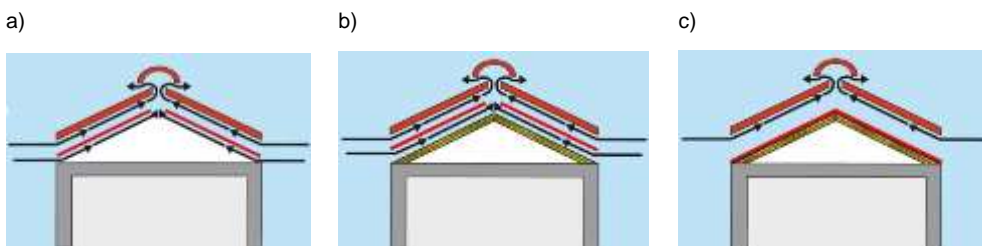




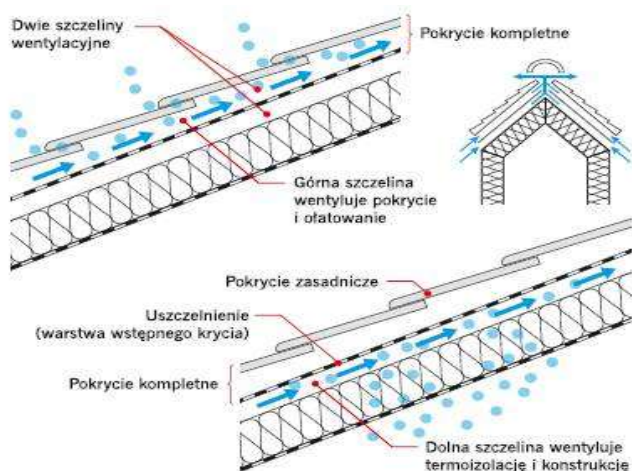
Rys.11. Przykładowe przegrody warstwowe niewentylowane: a) ściany z płyty warstwowej, pokrycia dachowe: b) z płyty warstwowej; c) na blasze trapezowej, (Commercecon, Florian Centrum SA),



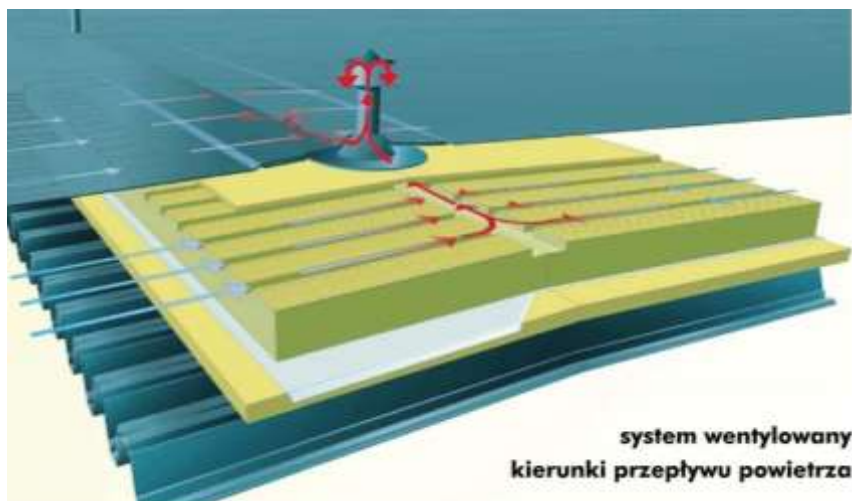
Rys. 12. Ściana wentylowana: a) z kaset ściennych ocieplana wełną mineralną i zewnętrzną warstwą osłonową z płyty falistej (Budmat), b) z wełny mineralnej umieszczonej pomiędzy ryglami i zewnętrznymi warstwami z blachy trapezowej (Commercecon)



Rys. 13. Działanie wentylacji dachu spadzistego: a) dach tradycyjny z wentylowanym, nieużywanym poddaszem, b) dach z poddaszem ocieplonym z rozpiętą folią wstępnego krycia i dwoma strefami wentylacyjnymi, c) współczesny dach ocieplony z jedną strefą wentylacyjną (www.dachy.info.pl)



Rys. 14. Zasada działania wentylacji w dachu z dwoma szczelinami



Rys. 15. System wentylowanej izolacji dachów płaskich PAROC® Air™ (Paroc)

a)



b)



Rys. 16. Konstrukcja fasady wentylowanej z okładziną metalową  
a) izolowanej, b) bez warstwy izolacyjnej (Aluprof, system EXTRABOND)

### Normy, instrukcje i wytyczne

- [N1] PN-EN 13119:2009-11 Ściany osłonowe. Terminologia
- [N2] ETAG 034 - Zestawy do wykonywania okładzin ścian zewnętrznych Część 1: Zestawy okładzin wentylowanych wraz z elementami mocującymi
- [N3] ETAG 034 - Zestawy do wykonywania okładzin ścian zewnętrznych Część 2: Zestawy zawierające elementy okładzinowe, elementy mocujące, podkonstrukcję oraz wyroby izolacyjne

### BIBLIOGRAPHY

- [1] M. Cwyl and S. Zawistowski, “Metal - glass facades,” Warszawa, 2014.
- [2] E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, “Nadbudowy i renowacje elewacji z wykorzystaniem materiałów i elementów lekkiej obudowy,” *Izolacje*, vol. 208, no. 7, 2016, pp. 50–55.
- [3] M. Rajczyk and Z. Respondek, “Systemy elewacji z zastosowaniem szkła modyfikowanego,” *Wydaw Politech Częstochowskiej*, vol. 7, pp. 251–260, 2010.
- [4] O. Kopyłow, *Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych. Część B: Roboty wykończeniowe, zeszyt 14: Elewacje wentylowane*. Warszawa: ITB, 2015.
- [5] E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, *Dokumentacja projektowa konstrukcji stalowych w budowlanych przedsięwzięciach inwestycyjnych*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2015.
- [6] “<http://www.swiat-szkla.pl/strona-gowna/119-wydanie-11-2006/5463-sciany-oslonowej-generacji-w-budynkach-uzytecznosci-publicznej.html>.”

This is a post-print of: *Builder*, vol. 233, nr 12, 2016, pp. 106-110.

Urbańska-Galewska E., Kowalski D. „Lekka obudowa. Część 4. Układy konstrukcyjne”, *Builder*, vol. 233, nr 12, 2016, pp. 106-110.

Post-print:

Urbańska-Galewska E., Kowalski D. „Lekka obudowa. Część 4. Układy konstrukcyjne”, *Builder*, vol. 233, nr 12, 2016, pp. 106-110.

BUILDER, ISSN 1896-0642

[http://buildercorp.pl/wp-content/uploads/2017/01/12\\_obudowa4.pdf](http://buildercorp.pl/wp-content/uploads/2017/01/12_obudowa4.pdf)