

ROZDZIAŁ XI

SZKŁO I ŚWIATŁO W ARCHITEKTURZE. ESTETYKA I ZASTOSOWANIE SZKLANYCH SYSTEMÓW ENERGOOSZCZĘDNYCH

Alina BUDZYŃSKA*

Na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat szkło artystyczne i szkło jako materiał budowlany uległo dużym przeobrażeniom. Zmiany te zapoczątkowało kilka wynalazków w dziedzinie materiałoznawstwa. Powstały nowe rozwiązania, które wpłynęły na poprawę izolacyjności oraz przepuszczalności światła i redukcję poszczególnych zakresów widma. Kolejnym etapem było przystosowanie przegrody szklanej do pozyskiwania energii cieplnej i energii elektrycznej. Równocześnie do świata architektury zaczęły wkraczać systemy multimedialne, które zmieniły sposób myślenia o elewacji, poszerzając artystom i architektom pole działania. Prezentowane w publikacji szklane i systemy należą do pogranicza sztuki i techniki, a jednocześnie mają związek z architekturą energooszczędną i pasywną.

Słowa kluczowe: *szkło, szkło artystyczne, architektura, szkło niskoemisyjne, systemy fotowoltaiczne, systemy multimedialne, ochrona przeciwsłoneczna*

1. WSTĘP

Niniejsza praca przedstawia zagadnienia związane z przenikaniem się architektury i sztuki w kontekście rozwoju technologicznego. Prezentuje właściwości, uzasadnienie użycia i możliwości estetyczne szklanych systemów ekologicznych. Opracowanie skupia się na estetyce szklanych systemów, oraz ich powiązaniu ze sztuką. Na samym początku tekstu zaprezentowane zostały podstawowe techniki szkła artystycznego oraz ich możliwości kompozycyjne. W pracy zostały przytoczone realizacje z architektury światowej w różny sposób wykorzystujące transparentne systemy izolacyjne, systemy fotowoltaiczne i elewacyjne systemy multimedialne. Zostały przedstawione przykłady zastosowania połączeń elewacyjnych systemów multimedialnych zintegrowanych z fotowoltaiką, szklanych systemów multimedialnych połączonych z transparentną izolacją i szklane systemy multimedialne stosowane we wnętrzach budynku.

* Wydział Architektury, Politechnika Wroclawska, ul. B. Prusa 53/55, 50-317 Wrocław.

2. SZKŁO ARTYSTYCZNE

Znaczenie szkła w architekturze związane jest z funkcją, jaką odgrywa w budynku. Jako przegroda zewnętrzna jest filtrem dla światła, a więc pośrednio wpływa na odbiór przestrzeni. Decyduje też o powiązaniu wnętrza z otoczeniem. Szkło artystyczne dodatkowo wzbogaca przestrzeń o wartości estetyczne. W zależności od decyzji artysty mogą być to wartości malarskie i graficzne; kolor, walor, faktura. W zależności od rodzaju i natężenia światła oraz dobranych przez artystę środków wyrazu w przestrzeni tworzy się unikalny spektakl zmieniający się w zależności od pory dnia i roku. Oddziaływanie światła i szkła artystycznego na przestrzeń nie jest jednostronne. Jest to rodzaj interakcji, procesu, w którym równie silne jest oddziaływanie elementów z otaczającej przestrzeni na obrazy zatrzymane w szkłe. W zależności od gładkości powierzchni, transparentności i koloru sposób oddziaływania jest inny. Duże znaczenie w odbiorze ma obrazowość malatury, a więc jej forma i kształt oraz warstwa znaczeniowa.

Pierwotną formą szkła artystycznego był witraż. Wraz z rozwojem techniki pojawiły się nowe możliwości łączenia ze sobą fragmentów szkła oraz powstały techniki realizacji monolitycznych bez konieczności łączenia fragmentów szkła za pomocą taśmy ołowiowej. Obecnie szkło artystyczne jest jedną z najbardziej rozwijających się dziedzin sztuki. Posiada duże możliwości techniczne i medialne. Dobrze prezentuje się w projektach konserwatorskich i znakomicie koresponduje z architekturą nowoczesną. Odświeża wizualnie przestrzeń, dlatego często wykorzystywane jest przy rewitalizacji architektury współczesnej. Świetnie wpisuje się w wizualne oczekiwania współczesnego odbiorcy. Na przestrzeni kilkunastu ostatnich lat ubiegłego wieku powstało wiele nowych materiałów, wysoko- i niskotemperaturowych technik obróbki szkła artystycznego oraz nowe możliwości zabezpieczania szkła. Techniki takie jak szkło emaliowane i sitodruk zyskały nowe znaczenie dzięki możliwościom związanym z ich stosowaniem w dużych formatach. Dużą rolę w rozwoju tej dziedziny odegrał wzrost dostępności pieców fusingowych. Doprowadziło to do rozpowszechnienia się technik wysokotemperaturowych: fusingu, slumpingu i szkła reliefowego. Przełomem okazało się wynalezienie szkła laminowanego. Wraz z powstaniem tej technologii, pojawiły się możliwości łączenia kilku arkuszy szkła bez użycia linii ołowiowej i obróbki temperaturowej. Duże znaczenie dla rozwoju monolitycznego szkła artystycznego miało powstanie materiałów umożliwiających stosowanie technik sitodruku na szkłe wykorzystujących tradycyjny sprzęt do serigrafii. Artyści najczęściej łączą technikę sitodruku z nakładanymi ręcznie warstwami emalii. Punktem zwrotnym w dziedzinie szkła artystycznego stało się opracowanie urządzeń drukujących i plotujących na szkłe. Technologia ta pozwoliła na realizacje wydruków kryjących i półkryjących i dała możliwość precyzyjnego odtworzenia projektowanych malatur opracowanych wcześniej cyfrowo. Inną techniką wykorzystującą cyfrowy wydruk i dającą podobne rezultaty jest wydruk „pod szkło”, tzn. wydruk na foliach transparentnych i półtransparentnych, które potem laminuje się nakładając z dwóch stron warstwę ochronną

szkła. Przełomem okazało się wykorzystanie systemów ledowych multimedialnych w elewacji budynku i oledowych we wnętrzu budynku.

3. SZKŁO BUDOWLANE

Na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat parametry szkła budowlanego uległy dużym przeobrażeniom. Zmiany te zapoczątkowało szereg wynalazków w dziedzinie materiałoznawstwa. Nowe materiały i technologie poszerzyły artystom i architektom pole działania, dając im większą swobodę pracy. Technolodzy opracowali kilka kolejnych typów szkła budowlanego poprawiając jego właściwości tzn. czystość, przepuszczalność światła, przewodnictwo energetyczne i elektryczne. Zmiany te rozpoczęła w latach 50. XX w. firma Pilkington opracowując technologię produkcji szkła float. Na bazie tego materiału powstały kolejne jego odmiany, Optiwhite i Superwite, które z kolei stały się podstawą do stworzenia kolejnych produktów. Szkło Optiwhite dzięki obniżonej zawartości żelaza zyskało wysoką przepuszczalność światła. Ta własność wykorzystywana jest w systemach szkieł laminowanych. Szkło to charakteryzuje się wysoką transmisją energii, przez co używane jest często w systemach fotowoltaicznych. Dzięki nowym technologiom nieustannie poszerza się oferta materiałów i produktów przeznaczonych do użycia bezpośrednio w architekturze. Powstały zarówno materiały wykorzystujące wizualną atrakcyjność szkła, jak i zaawansowane technologicznie produkty, wykorzystujące technicznie jego fizyczne właściwości.

3.1. SZKŁO I SYSTEMY NISKOEMISYJNE

Na przełomie XX i XXI wieku opracowano szereg rozwiązań wpływających na poprawę izolacyjności szkła oraz redukcję poszczególnych zakresów widma światła. Kolejnym etapem było przystosowanie przegrody szklanej do pozyskiwania energii cieplnej i energii elektrycznej. Możliwości te wykorzystywane są przez artystów i architektów w kreowaniu przegród szklanych o walorach estetycznych. Zastosowanie szklanych systemów izolacyjnych pozwala na projektowanie „budyneków transparentnych” nie tylko o dużych walorach estetycznych, ale i odpowiedniej ochronie termicznej, co ma wpływ na komfort użytkowania i koszty eksploatacji. Stosowanie energooszczędnych rozwiązań wpływa bezpośrednio na zmniejszenie emisji CO₂ do atmosfery. Badania wykazały, że różnice mogą być nawet kilkukrotne¹. W większości przypadków

¹ Przykładowy dom o powierzchni 100 m² i powierzchni okien 20 m² ogrzewany elektrycznie emituje w zależności od rodzaju przeszklenia: szkło dwuwarstwowe – 930 kg/rok, szkło zespolone – 460 kg/rok, szkło zespolone z powłoką niskoemisyjną i przestrzeni wypełnionej powietrzem – 275 kg/rok, szkło

stosowane są rozwiązania standardowe, między innymi szyby zespolone podwójne lub potrójne wypełnione gazem szlachetnym, który oprócz właściwości termicznych stanowi barierę akustyczną. Bardziej efektywne systemy używają jednostronnych lub dwustronnych powłok niskoemisyjnych. Niewidoczna warstwa metali szlachetnych przepuszcza krótkie fale promieniowania słonecznego, a jednocześnie stanowi barierę dla fal długich, ograniczając w ten sposób straty ciepła. Niektóre firmy zajmujące się projektowaniem i komponowaniem niskoemisyjnych przegród szklanych mają w swojej ofercie możliwość zaprojektowania i realizacji szkła artystycznego [5]. Oprócz ochrony termicznej, przeciwsłonecznej, akustycznej i ochrony przed promieniowaniem UV, oferują zastosowanie szkła giętego, szkła powlekanego emaliami i trawionego kwasem. Szkło izolacyjne może być przystosowane do specyficznych wymogów bezpieczeństwa, począwszy od bezpiecznego szkła hartowanego, laminowanego odpornego na uderzenia, aż po szkło kuloodporne. Realizacje wykonane technikami wysokotemperaturowymi prowadzącymi do naruszenia powierzchni i struktury szkła np. szkło reliefowe i fusing jest dokładane od wewnątrz, jako dodatkowa warstwa nie związana z systemem szklenia. Jednym z nietypowych rozwiązań szkła niskoemisyjnego jest transparentna izolacja termiczna wykonana ze szkła argonowego. Jest to materiał składający się z systemu rurek produkowany w kilku wariantach. Dostępne są maty transparentne w różnych kolorach i maty o różnym nachyleniu kapilar (rys. 1a). Systemy tworzone przy udziale tego materiału wykorzystywane są w budownictwie ekologicznym i domach pasywnych. Zastosowanie kapilarnych płyt ma wiele zalet: bardzo dobrą izolację cieplną², optymalną i jednolitą przepuszczalność światła, ochronę przed promieniowaniem UV [6]. Właściwości te pozwalają na projektowanie przepuszczających światło ścian półtransparentnych. Przepuszczalność światła i stopień rozproszenia światła, a więc i ochrona przed oślepieniem mogą być dostosowane do indywidualnych wymagań budynku.

Przykładem zastosowania izolacji kapilarnej jest kompleks muzeum oceanograficznego Cité de l’Ocean et du Surf w Biarritz we Francji. Budynki zlokalizowane zostały w bliskim sąsiedztwie morza, ukształtowaniem terenu nawiązując do otaczającego krajobrazu. Pomieszczenia muzeum zlokalizowane są głównie pod ziemią. Naziemna część kompleksu – szklane pawilony zostały pokryte szklaną powłoką w przeważającej części wypełnioną kapilarną płytą w systemie Kapilux. Szkło izolacyjne rozprasza równomiernie światło dzienne dostające się poprzez ściany do wnętrza (rys. 1b), przez co unika się konieczności sztucznego doświetlania wnętrza w czasie dnia. O zmroku budynki podświetlone od środka stanowią iluminację świetlną i dominują w krajobrazie (rys. 1c). Wykorzystanie szkła kapilarnego wpływa na efektywność energetyczną i komfort użytkowania.

zespolone z powłoką niskoemisyjną i przestrzeni wypełnionej argonem – 210 kg/rok, szkła zespolone z powłoką niskoemisyjną i przestrzeni wypełnionej kryptonem – 140 kg/rok [4].

² Współczynnik przenikania ciepła może osiągać do 0,8 W/m² K [4].



Rys. 1. Budynek Cite de l'Océan et du Surf, Steven Holl Architects:
a) izolacja transparentna Kapilux [10], b) fragment wnętrza [11], c) budynek z zewnątrz [11]

Izolujące płyty kapilarne używane są w połączeniu z systemem paneli szklanych Linit, dostępnym w różnych kolorach, fakturach³, wersji float, optiwhite i szkła wzmocnionego termicznie. Samonośne panele osiągają rozpiętości do 7m bez dodatkowej konstrukcji wspomagającej, wytrzymując ciężar własny, napór wiatru i dodatkowe obciążenia. Właściwości termiczne uzależnione są od grubości płyt izolujących i rodzaju użytego szkła. Współczynnik przenikania ciepła przegrody z zastosowaniem płyty kapilarnych TWD kształtuje się w granicach 0,7–1,5 W/m²K, współczynnik przepuszczalności energii całkowitej 49–61% [2]. System może być stosowany wertykalnie i horyzontalnie, wypełniony izolacją kapilarną, stosowany jest w miejscach gdzie wskazane jest użycie światła rozproszonego tzn. w halach sportowych, pracowniach, warsztatach i pomieszczeniach wystawowych.

Panele kapilarne wykorzystywane są do tworzenia przepuszczających światło ścian wielofunkcyjnych połączonych z multimedialnymi systemami. Przykładem takiego rozwiązania jest budynek firmy Chanel w Tokio, łączący funkcję biurową z funkcją reprezentacyjną i wystawową. 56-metrowa ściana kurtynowa stanowi multimedialny ekran składający się z 700 000 diod ledowych [7]. Budynek jest przykładem integracji technologii LED w ścianie osłonowej. Izolacja kapilarna umożliwia doświetlenie pomieszczeń biurowych naturalnym światłem przy jednoczesnych projekcjach multimedialnych np. transmisjach z wybiegu odbywających się w środku obiektu.

³ Jedną z opcji jest szkło pryzmatowe Solarprismat.

3.2. PRODUKCJA CIEPŁA

Kolejną dziedziną wykorzystującą kapilarne maty szklane są systemy przeznaczone do wspomagania ogrzewania budynków. Systemy te zostały w całości wykonane z różnych typów szkła i stosowane są jako okładziny zewnętrzne budynku. Okładzina Kapilux-TWD składa się z systemu kapilarnych rurek zamkniętych hermetycznie w panelach szklanych wypełnionych gazem obojętnym. Energia słoneczna przenikając przez transparentną izolację, ogrzewa ścianę absorbującą, umieszczoną za panelami. Energia cieplna przekazywana jest dalej do przylegających pomieszczeń. Decydujący wpływ na sprawność energetyczną systemu mają dobra izolacyjność cieplna i wysoki poziom słonecznej transmisji paneli. Najwyższą wydajność system osiąga w budynkach zlokalizowanych w klimacie chłodnym o dużym nasłonecznieniu. Czynniki wpływającymi na efektywność są: zacienienie budynku, usytuowanie w stosunku do stron świata. Istotny jest udział w powierzchni fasady w stosunku do całkowitej powierzchni elewacji⁴, oraz gęstość ściany zewnętrznej⁵ [12]. Prawdłowo zainstalowane systemy produkować zyski energetyczne 100–150 kWh/m², co odpowiada 10–15 l/m² paliwa rocznie. Współczynnik przenikania ciepła osiąga 0,65 W/m²K przy współczynniku przepuszczalności energii całkowitej 62% [3].

3.3. OCHRONA PRZECIWSŁONECZNA

Kolejną dziedziną wykorzystującą szkło w architekturze są systemy przeciwsłoneczne. Oprócz standardowych rozwiązań polegających na barwieniu w masie czy powlekanii powłoką refleksyjną z metali szlachetnych, na uwagę zasługuje materiał zwany szkłem pryzmatowym. System używany jest w celu zoptymalizowania wpływu słońca na przestrzeń w budynkach o dużych powierzchniach przeszkleń. Za jego pomocą można regulować nasłonecznienie wnętrza budynku w zależności od pory roku. Dzięki systemowi pryzmatów fale elektromagnetyczne są odbijane lub przekazywane do wnętrza budynku. Promieniowanie słoneczne działające bezpośrednio na fasadę może być zredukowane latem nawet o 90%, zimą do 10%. Jednocześnie promieniowanie dyfuzyjne przepuszczane jest w 70% [3]. Szkło pryzmatowe jest jedną z powłok systemu Linit i może być stosowany jako okładzina w postaci samonośnych paneli o długości do 9 m.

4. FOTOWOLTAIKA

Badania nad pozyskiwaniem energii elektrycznej z energii słonecznej mają już półwieczną tradycję. Początkowo do produkcji ogniw fotowoltaicznych wykorzysty-

⁴ Optymalnie 25–40%.

⁵ Optymalnie $\rho \geq 1200$ kg/m³.

wane były materiały mineralne nieorganiczne np. german, krzem, arsenek galu, krzem amorficzny i jego stopy, tellurek kadmu i selenek indowo-miedziowy. Wydajność komercyjnych ogniw zbudowanych z tych materiałów wynosi około 12%. Estetyka i parametry ogniw fotowoltaicznych ulegają nieustannym zmianom. Ogniwa krzemowe mono- i polikrystaliczne stosowane są głównie w zintegrowanych panelach laminowanych. Oprócz standardowego koloru niebieskiego, na rynku dostępne są ogniwa w różnych kolorach⁶. Do zabezpieczenia ogniw oraz integracji z przeszkleniem budynku używa się laminatów; płynnych żywic oraz termoplastycznych materiałów EVA [9]. Pojawienie technologii BIPV⁷ połączone było z natychmiastową reakcją świata sztuki. Rozpoczęto eksperymenty zmierzające do integracji ogniw fotowoltaicznych z różnymi technikami szkła artystycznego. Na rynku pojawiły się opracowania przedstawiające propozycje łączenia różnych technik szkła emaliowego z systemami fotowoltaicznymi.



Rys. 2. Budynek firmy ZARA w Kolonii: a) polikrystaliczne ogniwa krzemowe, b) okładzina ścienna, c) fasada wentylowana, fot. A. Budzyńska

Na bazie krzemu amorficznego powstały ogniwa semitransparentne. Przezierność ogniw jest bardzo zróżnicowana i waha się od 0–50%. W przypadku komponentów o wysokiej transparentności stosuje się je równomiernie na całości przeszklenia [8]. Systemy te stosowane są w zewnętrznych przegrodach pionowych i poziomych, a więc świetlikach i zadaszeniach szklanych.

⁶ Np. Firma Lof Solar produkuje ogniwa w nanotechnologii dostępne w 15 kolorach.

⁷ Building Integrated Photovoltaics.

Początkowo były to ogniwa krzemowe mono- lub polikrystaliczne (rys. 2a) układane w kompozycje. Pojawiły się również realizacje wykorzystujące atrakcyjność estetyczną ogniów i traktujące je jako okładzinę ścienną lub dachową. Jednym z takich rozwiązań jest budynek firmy ZARA w Koloni (rys. 2b). W elewacji wentylowanej fasady domu handlowego (rys. 2c) zastosowano polikrystaliczne ogniwa krzemowe. Przykładem umieszczenia ogniów w powierzchni okładziny dachowej jest kościół Saint-Léger w Manspach. Do pokrycia dachu użyto łupku fotowoltaicznego na bazie krzemu monokrystalicznego wyprodukowanego przez firmę Saint Gobain. Przełomem okazały się badania i wynalazki związane z produkcją ogniów organicznych.



Rys. 3. Przedszkole Katolickie w Dreźnie, Architektengemeinschaft Reiter und Rentzsch:
a) budynek z zewnątrz, b) wnętrze, c) szkło laminowane [14]

Materiałami wykorzystywanymi w organicznej fotowoltaice są polimery. Wydajność ogniów molekularnych i polimerowych osiągnęła wartość 6%–11% [15]. Ogniwa organiczne posiadają wiele zalet wykorzystywanych w integracji ze szklanymi przegrodami, są lekkie, giętke i mogą osiągać znaczną przejrzystość. Ich podstawową zaletą jest niewielka grubość, co ułatwia i optymalizuje laminowanie. W procesie tym można zastosować kilka arkuszy szkła artystycznego, które po zestawieniu utworzą jednolitą przegrodę pełniącą nie tylko funkcję techniczną w budynku, ale posiadającą walory estetyczne. Przykładem takiej realizacji jest Ekologiczne Przedszkole w Dreźnie (rys. 3a). Układ cienkościennych ogniów amorficznych został zestawiony z malaturą emaliową na szkło (rys. 3b). Oba elementy zostały połączone w technologii szkła laminowanego (rys. 3c), zespolone z dodatkową szybą zabezpieczającą i wypełnione gazem szlachetnym.

5. SYSTEMY MULTIMEDIALNE

Systemy multimedialne mają już dwudziestoletnią tradycję. Nowością stały się badania i realizacje systemów multimedialnych o niskim zapotrzebowaniu energetycznym w połączeniu z systemami fotowoltaicznymi. Przełomową realizacją jest budynek Greenpix Zero Energy Media Wall w Pekinie będący fragmentem kompleksu rozrywkowego zlokalizowanego w pobliżu miejsca rozgrywania się Igrzysk Olimpijskich 2008. Realizacja jest przykładem integracji technologii mediów cyfrowych w ścianie osłonowej. Jednocześnie budynek jest największym na świecie kolorowym wyświetlaczem ledowym zintegrowanym z systemami fotowoltaicznymi, pozwalającym na całkowitą niezależność energetyczną. Przetworzone w energię elektryczną światło dzienne wykorzystywane jest do pokazów multimedialnych w nocy. Jedną z młodych dziedzin nauki wkraczających w świat designu jest elektronika organiczna, a więc elektronika drukowana na foliach transparentnych, występująca często w połączeniu ze szkłem laminowanym. Jednym z realizacji prototypowych jest system Elumin8. Jest to układ elektroluminescencyjnych paneli zrealizowany w systemie OLED, wykorzystywany przez architektów i designerów. Niewielkie zapotrzebowanie energetyczne⁸ i duże możliwości medialne systemu doprowadziły do powstania realizacji o znacznej wielkości. Jedną z nich jest panel o długości 22 m zrealizowany w siedzibie linii lotniczych British Airways w Londynie na lotnisku Heathrow na terenie nowego terminalu T5 [13]. Panel jest multimedialną realizacją pełniącą funkcję zegara multistrefowego. Zamiast mapy świata opisującej sfery czasowe wyznaczone dla poszczególnych stolic krajów podano czas dla miejsc znanych odnoszących się do wyobraźni turysty.

Prezentowane rozwiązania mogą być wykorzystywane w architekturze ekologicznej i pasywnej, mają duże wartości estetyczne i mogą być łączone ze szkłem artystycznym. Wierzę, że popularyzacja tych materiałów przyczyni się do wzrostu zainteresowania i doprowadzi do realizacji na terenie naszego kraju.

LITERATURA

- [1] ACHILLES A., BRAUN B., SEGER P., STARK T., VOLZ T., *Glasklar Produkte und Technologien zum Einsatz von Glas in der Architektur*, Deutsche Verlags-Anstalt, München 2003.
- [2] ACHILLES A., BRAUN B., SEGER P., STARK T., VOLZ T., *Glasklar Produkte und Technologien zum Einsatz von Glas in der Architektur*, Deutsche Verlags-Anstalt, München 2003, 136.
- [3] ACHILLES A., BRAUN B., SEGER P., STARK T., VOLZ T., *Glasklar Produkte und Technologien zum Einsatz von Glas in der Architektur*, Deutsche Verlags-Anstalt, München 2003, 91–100.
- [4] BONIKOWSKA M., *Gazy szlachetne w technologii izolacji okien*, Świat szkła, Vol. 7–8, 2006, 65–67.

⁸ Wyświetlacz o grubości pół mm i długości 22 m zużywa jedynie 700 W energii elektrycznej [13].

- [5] CELADYN W., *Przegrody Przeszkłone w architekturze energooszczędnej*, Wydawnictwo PK, Kraków 2004.
- [6] LASKOWSKI L., *Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
- [7] http://www.mediaruimte.be/digital_territories/projects/programmed/Chanel-Headquarters_Peter-Marino-Architects.html?KeepThis=true&TB_iframe=true&height=600&width=800, Dostęp 5.05.2013.
- [8] MUSZYŃSKA-ŁANOWY M., *Ekologia dla oczu*, Świat Szkła, Vol. 7–8, 2011, 14–18.
- [9] MUSZYŃSKA-ŁANOWY M., *Fotowoltaika w kolorze*, Świat Szkła, Vol. 4, 2011, 4–9.
- [10] http://www.okalux.de/fileadmin/Downloads/Downloads_englisch/Infotexte/i_kapilux_e.pdf, Dostęp 28.05.2013.
- [11] http://www.okalux.de/fileadmin/Downloads/Downloads_englisch/Referenzen/Datenblaetter/Kapi-lux/F_Biarritz_Cite_du_Surf_Kapilux7_en.pdf, Dostęp 20.05.2013.
- [12] PLATZER W., *Fassaden zur Solaren Wandheizung – Der Einsatz von Transparenter Wärmedämmung*, Fachseminar Solare Fassaden, 1–8, Freiburg 2002.
- [13] <http://www.printedelectronicsworld.com/articles/inorganic-chemistry-used-more-widely-00000980.asp?sessionid=1>, Dostęp 2.06.2013.
- [14] <http://www.reiter-architektur.de/start.php?lang=&content=projekte&sub=kitas&sub2=kiulmen&name=Christliches%20Kinderhaus%20Dresden,%20Ulmenstra%C3%9Fe>, Dostęp 20.06.2013.
- [15] <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BWAH-0006-0024>, Dostęp 23.06.2013.

GLASS AND LIGHT IN ARCHITECTURE. AESTHETIC QUALITIES
AND APPLICATION OF ENERGY-SAVING SYSTEMS

Over the past twenty years, artistic glass and glass as construction material has been largely transformed. The changes were triggered by several inventions in the field of materials science. New solutions appeared which improved insulation and light transmittance as well as reduction in particular spectral ranges. The next stage was adaptation of glass partitions to acquire thermal and electric energy. In the meantime, multimedia systems started entering the world of architecture, changing the way of thinking about facades. Artists and architects had their field of work broadened. Glass systems presented in this publication come from the area where art and technology cross.