

dr inż. arch. Janusz Marchwiński^{1)*}
 ORCID: 0000-0003-3897-3580
 dr hab. inż. arch. Agnieszka Starzyk²⁾
 ORCID: 0000-0002-8704-5003
 dr. inż. Ołeksij Kopyłow³⁾
 ORCID: 0000-0002-8436-2521

Kontekst energetyczny wykorzystania materiałów budowlanych w projektowaniu energoefektywnych budynków przedszkolnych – spojrzenie architektoniczne

Energy context of building materials' use in designing energy-efficient kindergarten buildings – architectural outlook

DOI: 10.15199/33.2022.06.04

Streszczenie. Artykuł ma na celu zdefiniowanie możliwości wykorzystania materiałów budowlanych w realizacji efektywnych energetycznie budynków przedszkoli z punktu widzenia projektanta-architekta. Analiza została przeprowadzona na podstawie autorskich koncepcji architektonicznych dwóch budynków przedszkoli. W tym artykule analizowano najbliższe otoczenie i obudowę budynku. Kolejny zostanie poświęcony przestrzeni wewnętrznej. Wyniki analiz wskazują na istotną rolę cech fizycznych materiałów budowlanych we wszystkich trzech wspomnianych obszarach, co prowadzi do wniosku, iż problematyka ta wymaga holistycznego podejścia projektowego.

Słowa kluczowe: energooszczędność; budynki energoefektywne; przedszkola; rozwiązania energooszczędne; fotowoltaika.

Abstract. The article aims to define the possibilities of building materials use in the kindergarten buildings energy concept, from the designer-architect's point of view. The analysis was conducted based of original architectural concepts for two kindergarten buildings. In the article, the analysis covered the building's closest surroundings and the building envelope. Next will be devoted to the interior space. The analysis results indicate a significant impact of physical properties exerted by building materials in all three mentioned areas, which prompts the conclusion that this issue requires a holistic design approach.

Keywords: energy efficiency; energy-efficient buildings; kindergartens; energy-saving solutions; photovoltaics.

Szacuje się, że sektor budownictwa odpowiedzialny jest za konsumpcję ok. 40% światowej energii [1]. Z tego powodu współczesna architektura coraz silniej ukierunkowana jest na oszczędność energii. W dążeniu do kreowania efektywnych energetycznie struktur budowlanych, obok rozwiązań instalacyjnych, wskazuje się na istotne znaczenie kształtowania przestrzennego budynków oraz odpowiedni dobór materiałów budowlanych, jako tzw. rozwiązań pasywnych. Z punktu widzenia architektonicznego, w rozwiązaniach tych upatruje się duży potencjał redukcji energii użytkowej bu-

dynku, a architektom-projektantom przypisuje się coraz większą odpowiedzialność w tym zakresie [2]. Jednocześnie kształtowanie architektoniczne budynków przedszkolnych wymaga szczególnej troski o bezpieczeństwo i szeroko rozumiany komfort użytkownika, w tym kształtowanie zdrowego i komfortowego środowiska mikroklimatycznego i wizualnego przestrzeni wewnętrznej [3]. Z zagadnieniem tym łączy się wprowadzanie rozwiązań pasywnych.

Metoda badań

Analiza została przeprowadzona na podstawie autorskich koncepcji architektonicznych dwóch budynków przedszkoli – w Michałowicach i Twardogórze (projektanci: A. Starzyk, J. Marchwiński), których celem było stworzenie założeń umożliwiających redukcję energii potrzebnej do zasilania budynków w ogrzewanie, chłodzenie i oświetlenie (rys-

nek 1). Analizę podzielono na dwie części. W pierwszej części stanowiącej treść tego artykułu, analizy objęły najbliższe otoczenie i obudowę budynku (elewacje, dach). Drugą część poświęcono przestrzeni wewnętrznej. Zawarto w niej również syntetyczne zestawienie zbiorcze, krytyczną analizę wyników i wnioski.

W badaniach wykorzystano teoretyczne zagadnienia kształtowania energooszczędnej architektury oraz rozwiązania przyjęte w autorskich koncepcjach. Zastosowano metody analizy i krytyki piśmiennictwa oraz obserwacyjną [4]. Metody te posłużyły do realizacji celu naukowego, tj. zdefiniowania możliwości wykorzystania materiałów budowlanych w koncepcji energetycznej budynków przedszkoli z punktu widzenia projektanta-architekta. Powiązanie wiedzy teoretycznej z realiami projektowymi umożliwiło sformułowanie wniosków badawczych.

¹⁾ Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania w Warszawie; Wydział Architektury

²⁾ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego; Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

³⁾ Instytut Techniki Budowlanej; Zakład Inżynierii Elementów Budowlanych

* Adres do korespondencji: j.marchwinski@wseiz.pl

Omówienie wyników

Materiały w najbliższym otoczeniu budynku. Kontekst energetyczny zastosowania materiałów budowlanych, w tym zieleni urządzonej, wymaga znajomości ich cech fizykalnych zestawionych z potrzebami użytkowymi budynku. Materiały różnią się między sobą zdolnością do odbijania i absorbowania energii promieniowania słonecznego. Cechy te mają wpływ na gospodarkę termiczną i oświetlenie naturalne przestrzeni wewnętrznej budynku, która przekłada się na zapotrzebowanie budynku na energię użytkową. Szczególną rolę odgrywa **zdolność materiałów do odbijania światła, tj. albedo** [5]. Parametr ten przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Współczynnik odbicia światła (albedo) wybranych materiałów [6]

Table 1. Light reflectance coefficient (albedo) for the selected materials [6]

Rodzaj materiału	Albedo [%]
Biały lakier błyszczący	75 – 87
Emalia porcelanowa	60 – 90
Folia aluminiowa	70 – 95
Lustro szklane	80 – 90
Nierdzewna blacha stalowa	55 – 65
Polerowana blach miedziana	70
Świeży śnieg	75 – 95
Biały żwir	85 – 95
Beton	55
Biały mur	45
Granit	40
Cegła	30 – 48
Łtuczeń	18
Asfalt	15
Gleby jasne	22 – 32
Gleby ciemne	10 – 15
Gęsty trawnik	29
Roślinność	25

Najczęściej materiały jasne cechują się dużym albedo, co oznacza dużą zdolność do odbijania światła. Zastosowanie takich materiałów od strony nasłonecznionej w bezpośrednim sąsiedztwie budynku może być korzystne w strategii potęgowania dopływu energii słonecznej do wnętrza, tj. w strategii maksymalnego wykorzystania pasywnego ogrzewania słonecznego i oświetlenia naturalnego. Żeby rozwiązanie było skuteczne, wymagane jest łączenie jasnych posadzek (np. żwirowych) z przeszklzeniami elewacyjnymi, jako odbior-

nikami promieniowania odbitego (np. oranżerii) [2]. Należy jednak unikać powierzchni refleksyjnych, które powodują trudności w kontrolowaniu dopływu promieni słonecznych i ich nadmiernej intensywności skutkującej efektem olśnienia [6]. Z kolei materiały ciemne, o małej wartości albedo, absorbują promienie słoneczne i mogą się przyczyniać do niekorzystnego wzrostu temperatury w strefie elewacyjnej. Efekt ten częściowo zależy od ich **zdolności do akumulacji ciepła**. Jest to kolejna, pokrewna cecha istotna z punktu widzenia energetycznego. Materiały cechujące się dużą bezwładnością cieplną mają wysokie zdolności akumulacyjne. Na podstawie badań klimatycznych prowadzonych w miastach [7] widać, że materiały te są korzystne w aspekcie redukcji wysokiej amplitudy temperatury, a więc sprzyjają stabilizacji wartości temperatury powietrza na komfortowym poziomie. Zieleń w otoczeniu budynku obniża temperaturę powietrza latem (dotyczy to również zielonych dachów) i przyczynia się do odciążenia systemów chłodniczo-klimatyzacyjnych budynku. Z reguły niekorzystne są materiały o ciemnej barwie, małej bezwładności cieplnej – ich zachowanie termiczne polega na łatwym absorbowaniu ciepła (nagrzewaniu) i szybkim oddawaniu do otoczenia, powodując wzrost temperatury w strefie przyelewacyjnej (np. nawierzchnie asfaltowe).

W koncepcjach budynków przedszkoli uwzględniono wymienione prawidłowości. W obu przypadkach w strefie nasłonecznionej (głównie południowej) budynków przewidziano relatywnie duże przeszklenia mające na celu skuteczne doświetlenie znajdujących się od tej strony sal przedszkolnych oraz zapewnienie im zimowych zysków cieplnych z nasłonecznienia. W celu zapobiegania efektowi przegrzewania w porach ciepłych, przedpole południowe ukształtowano jako powierzchnię biologicznie czynną, projektując tam trawnik. Jest to zbieżne z przeznaczeniem tego terenu jako placu zabaw. Bezpośrednio przy wyeksponowanych na słońce witrynach okiennych wprowadzono posadзки drewniane o matowej barwie i małej zdolności do nagrzewania się. Zrezygnowano tym samym z dążenia do maksymalizacji zysków słonecznych,

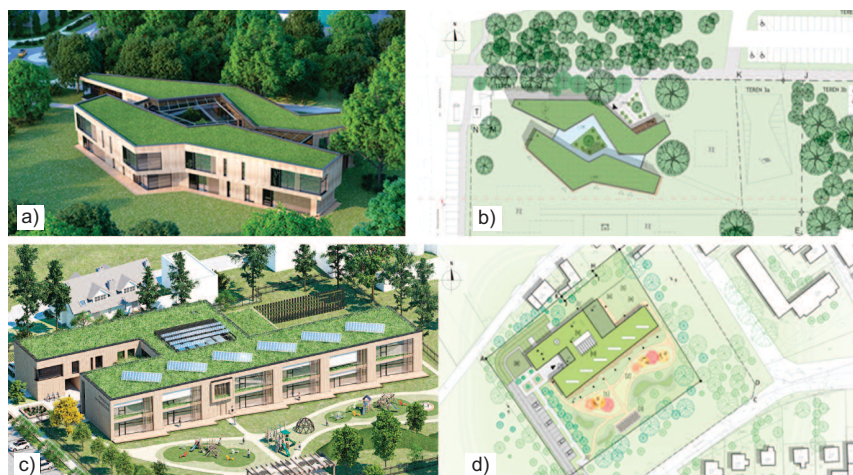
mogących skutkować przegrzewaniem się wnętrza. Przewiduje się jednak, iż pokrywa śnieżna od strony placu zabaw pozostawia możliwość zwiększenia zysków cieplnych z nasłonecznienia i dopływu światła naturalnego w okresie zimowym, kiedy efekt ten jest pożądany.

Inną strategię materiałow przyjęto po stronie zacienionej budynku. W przedszkolu w Michałowicach – od strony północnej, a w Twardogórze – zachodniej (przysłoniętej południowym i północnym skrzydłem budynku) wprowadzono jasne powierzchnie utwardzone. Strefy te zaprojektowano jako wejściowe. Jasna posadzka ma na celu potęgowanie wskazanego w tych strefach zwiększenia dopływu światła rozproszonego (rysunek 1).

Elementem chłodzącym i nawilżającym powietrze może być też ciek lub zbiornik wodny zaprojektowany tuż przy budynku od strony nasłonecznionej, np. w postaci strumyka lub oczka wodnego. Rozwiązania takie są spotykane w koncepcjach budynków energoefektywnych (np. Rheinelbe Science Park w Gelsenkirchen [8]). Pozioma tafa wody jest też szczególnie korzystna ze względu na zmienne wartości albedo, zależne od kąta padania promieni słonecznych. Przy nisko padających zimowych promieniach słonecznych stanowią powierzchnię silnie refleksyjną, natomiast latem, gdy promienie słońca padają pod większym kątem, stają się absorberem światła. W opisywanych budynkach względy użytkowe, związane z bezpieczeństwem dzieci, zdecydowały o rezygnacji z zastosowania tego rozwiązania.

Materiały w obrębie obudowy zewnętrznej. Obudowa zewnętrzna (elewacje, dach) jest elementem pośredniczącym pomiędzy warunkami klimatycznymi panującymi w otoczeniu zewnętrznym budynku a środowiskiem wewnętrznym. W warunkach klimatu umiarkowanego nacisk kładzie się na izolacyjność cieplną przegród zewnętrznych, jako czynnik, którego głównym celem jest ochrona przed stratami ciepła w okresie grzewczym.

W strategii energetycznej budynków położonych w klimacie umiarkowanym, jedną z istotniejszych ról odgrywa **termoizolacja przegród pełnych** [9].



Rys. 1. Zagospodarowanie przestrzenne i materiałowe terenów przedszkoli w Michałowicach (a, b) i Twardogórze (c, d)

Źródło: A. Starzyk, J. Marchwiński

Fig. 1. Spatial and material arrangement for the kindergartens' premises in Michałowice (a, b) and Twardogóra (c, d)

W obu koncepcjach projektowych przyjęto ponadstandardową grubość termoizolacji na elewacji i dachu. Budynki zaprojektowano w standardzie pasywnym (EUH 15 kWh/(m² m-c)). Jest to szczególnie istotne w budynkach takich jak przedszkola, ze względu na podwyższone wymagania dotyczące temperatury obliczeniowej sal zajęciowych, która wynosi 24°C (wobec 20°C w przypadku np. biur, pokojów mieszkalnych). W przedszkolu w Michałowicach wszystkie ściany elewacyjne ocieplono wełną mineralną grubości 25 cm, a w Twardogórze zróżnicowano grubość termoizolacji w zależności od stron świata. Długa elewacja północna, narażona na największe przemarzanie, ma ocieplenie grubości 30 cm. Mimo tego, zredukowano sale zajęciowe od tej strony, lokalizując je przede wszystkim od strony południowej, co jest zbieżne z zapotrzebowaniem na oświetlenie naturalne i nasłonecznienie sal. W budynku w Michałowicach zrezygnowano z pogrubienia termoizolacji od północy, ze względu na nasadzenia drzew iglastych w pobliżu elewacji północnej, które pełnią funkcję wiatrochronów naturalnych, tj. bariery przed wychładzającym wpływem zimnych wiatrów północnych.

Dachy ocieplono wełną mineralną grubości 30 cm. W celu polepszenia właściwości termicznych zdecydowano się na systemy zielonych dachów ekstensywnych, uzyskując wartość $U \leq 0,1$ W/(m²K). Zalety zielonych dachów w kontekście

energetycznym wykraczają poza właściwości termoizolacyjne. Ocenia się, że latem temperatura tradycyjnie pokrytego dachu może dochodzić do 80°C, podczas gdy dachy zielone nagrzewają się do ok. 25°C. Amplituda temperatury na przestrzeni całego roku wynosi w przypadku tych dachów 40 – 50°C, zaś bitumicznych (standardowych) aż 100°C [10]. Ochładzające działanie dachu biotycznego następuje w wyniku parowania wody, zużywania ciepła w procesie fotosyntezy i odbijania promieni słonecznych. W rezultacie dachy zielone modyfikują korzystnie klimat, ograniczają temperaturę w lecie (o kilka stopni Celsjusza), zwiększają wilgotność powietrza, chronią przed nocnym wypromiowaniem ciepła, wzbogacają powietrze w tlen. Z tego prawdopodobnie powodu coraz większą popularność zyskują również systemy zielonych ścian [11].

Rozwiązania polegające na intensyfikacji zastosowania dachów i ścian biotycznych należy uznać za szczególnie wskazane w sąsiedztwie miejsc przebywania dzieci ze względu na walory nie tylko termiczne, ale i higieniczne związane z jakością powietrza. Opisany ochładzający efekt zieleni dachowej wykorzystany został również do zwiększenia efektywności pracy instalacji fotowoltaicznej (PV), którą zastosowano na dachu budynku w Twardogórze w postaci wolno stojących modułów PV. Badania potwierdzają pozytywny wpływ dachów zielonych polegający na obniżaniu temperatury powie-

trza w pobliżu modułu PV, co przekłada się na wzrost ich zdolności prądowtwórczych [12].

Zewnętrzne przegrody przeszklone, analogicznie do przegród pełnych, powinny mieć bardzo dobre właściwości termoizolacyjne. W obu budynkach zaproponowano okna energooszczędne z powłoką niskoemisyjną o $U_{max} = 0,7$ W/(m²K) wobec wymaganego przepisami $U_{max} = 0,9$ W/(m²K) [13].

Ponadto zwrócono uwagę na dobór oszklenia od kątem przepuszczalności światła (L_t) oraz całkowitej przepuszczalności energii słonecznej (g). W elewacjach południowych (najlepiej nasłonecznionych) parametry oszklenia mają szczególne znaczenie w aspekcie redukcji energii użytkowej, szczególnie w przypadku niewielkiego ich udziału procentowego w obudowie budynku ($GR < 50\%$) [14]. Od strony północnej, w obu budynkach zaprojektowano szyby okienne o dużej wartości L_t , tj. na poziomie 75 – 80% (współczynnika g nie zdefiniowano). Z kolei od stron nasłonecznionych przyjęto przeszklenia o współczynniku g w przedziale 0,5 – 0,6 przy możliwie maksymalnej wartości współczynnika L_t . Dobór ten oznacza umiarkowaną ochronę przed insolacją słoneczną, umożliwiając pasywne zyski słoneczne w okresie grzewczym.

W celu eliminacji ryzyka przegrzewania w porach ciepłych dużą wagę przykładano do rozwiązania detalu okiennego. Wielkopowierzchniowe okna południowe w przedszkolu w Michałowicach chronione są zewnętrznym systemem przeciwsłonecznym w postaci pionowych drewnianych listew przesuwanych oraz, w przypadku okien parteru, nadwieszeniem wyższej części budynku. Ze względów estetycznych część tych okien ma kwaterę zlicowaną z elewacją i dlatego nie jest ona chroniona elementami zacieniającymi. Problem rozwiązano, stosując przeciwsłoneczne oszklenie refleksyjne (o obniżonej wartości współczynników g i L_t). Antracytowy kolor szkła posłużył do stworzenia atrakcyjnego tła do grafik (nadruków), stanowiących charakterystyczny element funkcji estetycznej elewacji południowej (rysunek 2a). W przedszkolu w Twardogórze wprowadzono odmienne rozwiązanie okien południowych, które również

uksztaltowano w postaci wielkopowierzchniowych witryn. Osadzono je skośnie względem elewacji, co pozwoliło na korzystne ukierunkowanie okien na stronę południową oraz stworzenie głębokich gliców od strony zachodniej, tj. strony najbardziej podatnej na przegrzewanie w okresie letnim [15]. Wprowadzono ponadto zewnętrzne rolety tekstylne oraz stałe pionowe listwy drewniane jako elementy ochrony przeciwsłonecznej. W zagłębieniach w podstawie okien, wywołanych wspomnianym skośnym ich zamontowaniem, zastosowano system zielonego dachu (rodzaj donic podłogowych). Ich cel jest analogiczny do roli zielonego dachu, tj. polega na redukcji temperatury i nawilżaniu powietrza zewnętrznego w strefie przyokiennej (rysunek 2b i c).

Należy zaznaczyć, iż koncepcje budowlano-materiałowe okien w opisywanych projektach podyktowane zostały również przesłankami innymi niż wynikające z aspektu energetycznego. Należą do nich m.in. zapewnienie kontaktu wzrokowego z otoczeniem, możliwość regulacji dostępu światła słonecznego w aspekcie użytkowym, estetycznym i psychologicznym. Podejście to można odnieść do uniwersalnych zasad projektowania przedszkoli, określających ich specyfikę [16].

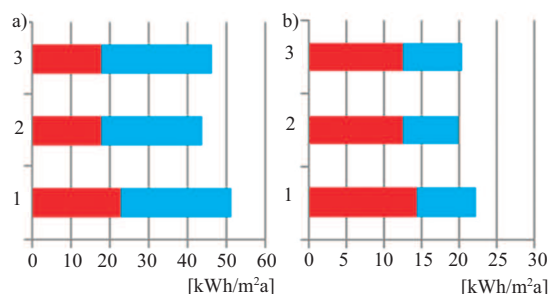
W opisywanych obiektach zastosowano ponadto przeszklenia dachowe, uwzględniając ich rolę energetyczną [17]. W budynku w Twardogórze wprowadzono przeszklone centralne atrium, a w Michałowicach, ze względu na surowe wymagania dotyczące maksymalnej powierzchni zabudowy, atrium otwarte, ograniczając się do lokalnych przeszkleń

dachowych nad korytarzem wokół atrium. Oba rodzaje atriów, a przede wszystkim przeszklone, uważane są za istotny element architektury energooszczędnej [18]. Przypisuje się im rolę w doświetlaniu głębokich traktów użytkowych. Atria przeszklone mogą też funkcjonować jako stymulator naturalnej wentylacji wyporowej oraz bufor termiczny i pasywny kolektor ciepła [19, 20].

Podobne założenia przyjęto wobec atriów w opisywanych budynkach. Przeszklone atrium w przedszkolu w Twardogórze spełnia w założeniu wspomnianą rolę oświetleniową i termiczną. Elementem kontroli dostępu promieni słonecznych do wnętrza atrium są zewnętrzne półki przeciwsłoneczne, zaprojektowane w postaci modułów fotowoltaicznych (PV) i umieszczone na wspólnej konstrukcji wsporczej ponad szklanym dachem atrium [21]. Moduły PV absorbują promienie słoneczne, generując energię elektryczną, a jednocześnie pełnią rolę półek przeciwsłonecznych (BIPV).

Badania porównawcze w aspekcie energooszczędności pomiędzy atriem przeszklonym a otwartym wykazują w klimacie umiarkowanym przewagę tego pierwszego. Potwierdzają to autorskie badania symulacyjne przeprowadzone w budynku w Michałowicach, w przypadku którego stworzono wariantowy model z przeszklonym atriem [22], co pokazano na rysunku 3. Badania wykazały ponadto znaczenie cech przeszklonego

dachu atrium w przypadku doboru współczynnika g. W wykonanych symulacjach zbadano m.in. wariant ze szkleniem PV o zróżnicowanej wartości $g = 0,2 - 0,37$, przy czym, w celu wydobycia znaczenia współczynnika g, tylko ten współczynnik przyjęto jako zmienną (energia z PV



Rys. 3. Zapotrzebowanie na energię użytkową (a) i końcową (b) trzech badanych wariantów budynku przedszkola w Michałowicach: z atrium otwartym (1), hybrydowym (2), przeszklonym (3) z uwzględnieniem trybu ogrzewania (na czerwono) i chłodzenia (na niebiesko)

Źródło: K. Kurtz-Orecka, J. Marchwiński
Fig 3. Diagram of the usable energy (a) and final energy (b) demands for the 3 tested variants of the kindergarten building in Michałowice: with an open atrium (1), hybrid atrium (2), glazed atrium (3), with account to the heating mode (red) and cooling mode (blue)

nie została uwzględniona). Na podstawie wykonanych obliczeń stwierdzono, że obniżanie wartości g wpływa na wzrost zużycia energii końcowej i energii użytkowej budynku (tabela 2).

Tabela 2. Obliczone wskaźniki energii końcowej (EK) i energii użytkowej (EU) w przypadku symulowanego wariantu z przeszklonym atriem budynku przedszkola w Michałowicach w zależności od współczynnika g przeszklenia atrium
Źródło: K. Kurtz-Orecka [22]
Table 2. Calculated of the delivered energy (ED) and usable energy (EU) indicators for the simulated variant with the glazed atrium of the kindergarten building in Michałowice, depending on the atrium glazing factor g

Wskaźniki energetyczne [kWh/m²a]	Współczynnik przepuszczalności całkowitej energii słonecznej g:			
	0,37	0,32	0,29	0,20
Energia końcowa (EK)	23,99	24,05	24,09	24,21
Energia użytkowa (EU)	55,27	55,33	55,37	55,5

Wnioski cząstkowe

Omówione wyniki wskazują na wyrażone relacje pomiędzy projektowaniem zagospodarowania otoczenia oraz elewacji i dachów budynków przedszkoli a kontekstem energetycznym doboru materiałowego. Wyniki analiz wydobywają istotną rolę cech fizycznych materiałów budowlanych, takich jak m.in.:



Rys. 2. Rozwiązania materiałowe w obudowie budynków przedszkoli – elewacje południowe budynków w Michałowicach (a) i w Twardogórze (b). Detal rozwiązania okien wielkopowierzchniowych w elewacji południowej ze strategią energetyczną w przedszkolu w Twardogórze (c)

Źródło: A. Starzyk, J. Marchwiński
Fig 2. Material solutions within the kindergartens' buildings body – buildings' southern facades: Michałowice (a) and Twardogóra (b). Large-area windows detail within the southern façade and the energy strategy adopted for the Twardogóra kindergarten (c)



CANASTOL – Water under Control

– kompletny hydrofobizator do systemów mineralnych,
– prosty w dozowaniu,
– sprawdzony w działaniu



Rettenmaier Polska
Sp. z o.o.
Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B
02-366 Warszawa
mobile +48 600 423 423
Tel + 48 22 608 51 00
e-mail: arbolcel@rjr.pl

albedo; zdolność akumulacyjna; izolacyjność termiczna; przepuszczalność całkowitej energii słonecznej i światła. W przypadku rozwiązań w otoczeniu budynku, dobór elementów zagospodarowania, w tym przede wszystkim posadzek, może łączyć cele energetyczne z tradycyjnie rozumianymi celami architektonicznymi, w tym funkcjonalnymi, jak bezpieczeństwo i komfort użytkowania. Istotne jest ponadto postrzeganie zagospodarowania najbliższego otoczenia jako składnika systemu energetycznego sprzęgniętego z rozwiązaniami elewacyjnymi (np. relacja „okna sal zajęciowych – przylegający ogród”).

W przypadku rozwiązań obudowy istota jej kształtowania tkwi w rozpoznaniu zróżnicowanych potrzeb cechujących poszczególne strefy funkcjonalne w odniesieniu do jakości niematerialnego środowiska wewnętrznego (m.in. ogrzewanie i oświetlenie naturalne). Z uwagi na szczególne wymagania dotyczące kształtowania środowiska termicznego i wizualnego, dużą wagę należy przywiązywać do rozwiązań technologiczno-materiałowych w obrębie zewnętrznych przeszkleń sal zajęciowych, tj. stref stałego przebywania dzieci. W kontekście efektywności energetycznej budynków przedszkoli znacznie ma również kształtowanie dachów – poza stosowaniem dachów pełnych, w tym biotycznych, które należy uznać za bezwzględnie korzystne, energetyczny potencjał tkwi w przeszkleniach dachowych, w tym wielopowierzchniowych świetlikach, które z powodzeniem mogą być sytuowane m.in. w strefach wejściowych i komunikacji ogólnych przedszkoli. Wpływ tych rozwiązań (jako przeszkleń elewacyjnych i dachowych) na efektywność energetyczną budynku może zależeć od rozwiązań materiałowych w przestrzeni wewnętrznej. Zagadnienie to zostanie omówione w kolejnym artykule.

Literatura

- [1] Akram MW, Mohd Zublie MF, Hasanuzzaman M, Rahim NA. Global Prospects, Advance Technologies and Policies of Energy-Saving and Sustainable Building Systems: A Review. *Sustainability*. 2022; 14: 1316. <https://doi.org/10.3390/su14031316>.
- [2] Marchwiński J, Zielonko-Jung K. Ochrona przeciwsłoneczna w budynkach wielorodzinnych. Pasywne rozwiązania architektoniczno-materiałowe. Wyd. WSEiZ, Warszawa 2013.

[3] Starzyk A. Współczesna architektura przedszkolna. OWPW, Warszawa 2019.

[4] Pieter J. Zarays metodologii pracy naukowej. Wyd. PWN, Warszawa 1975.

[5] Mansouri O, Belarbi R, Bourbia F. Albedo effect of external surfaces on the energy loads and thermal comfort in buildings. *Energy Procedia*. 2017; 139: 571 – 577; <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.255>.

[6] Zielonko-Jung K. Kształtowanie przestrzenne architektury ekologicznej w strukturze miasta. Wyd. OWPW, Warszawa 2013.

[7] Lewińska J. Klimat miasta. Zasoby, zagrożenia, kształtowanie. IGPIK, Kraków 2000.

[8] Herzog T. Solar Architecture and Urban Planning. Wyd. Prestel 1995.

[9] Mikoś J. Budownictwo ekologiczne. Wyd. Politechniki Śląskiej. Gliwice, 2000.

[10] Sumień T, Sumień A. Ekologiczne miasta, osiedla, budynki. Wyd. IGPIK, Warszawa 1990.

[11] Radić M, Brković Dodig M, Auer T. Green Facades and Living Walls – A Review. Establishing the Classification of Construction Types and Mapping the Benefits. *Sustainability*. 2019; 11, 4579; <https://doi.org/10.3390/su11174579>.

[12] Lee EJ. A Study on Correlation between Improvement in Efficiency of PV and Green roof of Public Building. *KIEAE Journal*. 2013; 13 (5).

[13] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. (z późn. zmianami) w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

[14] Marchwiński J, Kurtz-Orecka K. Effect of photovoltaic installation power and façade glazing ratio on the energy performance of a nursery building. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2022. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2021-0735>.

[15] Chwieduk D. Energetyka słoneczna budynku. Wyd. Arkady, Warszawa 2011.

[16] Nikolić M, Milojković A, Stanković D. Renewal of preschool facilities in Serbia in the context of green building technologies. 1st International Conference on Architecture & Urban Design Proceedings 19-21 April 2012.

[17] Arslantaş A.s., Ayçam I. Energy efficient atrium design for different climate zones. In: *Contemporary Issues of Architecture and Urban Planning. Development, Memory, Environment*. Ed. Aksoy Y., Duyan E. Dakam Books, Istanbul, May 2021, pp. 34-61.

[18] Yasa E. Energy Performance and Indoor Comfort With Mechanically Assisted Natural Ventilation on Atrium Buildings with DSF. *Mediterranean Congress on HVAC „Climamed 2015”*, Nice (France) 10-11 September 2015.

[19] Daniels K. The Technology of Ecological Building. Wyd. Birkhäuser 1997.

[20] Arslantaş A.s., Ayçam I. Energy efficient atrium design for different climate zones. In: *Contemporary Issues of Architecture and Urban Planning. Development, Memory, Environment*. Ed. Aksoy Y., Duyan E. Dakam Books, Istanbul, May 2021, s. 34 – 61.

[21] Marchwiński J. Fotowoltaika na dachach płaskich. Architektoniczne możliwości i ograniczenia. *Builder* 298: 20 – 25; <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.8258>

[22] Marchwiński J, Kurtz-Orecka K, Starzyk A. Wpływ przeszkleń atrium na zachowanie energetyczne budynków w warunkach środkowoeuropejskich (praca niepublikowana). Warszawa 2022.

Przyjęto do druku: 16.05.2022 r.