



Jarosław Figaszewski

ORCID <https://orcid.org/0009-0001-9390-4580>

Akademia Nauk Stosowanych w Raciborzu, Instytut Architektury

IMPLEMENTACJA STRUKTUR FOTOWOLTAICZNYCH W BUDYNKACH – KORZYŚCI STOSOWANIA SYSTEMÓW BIPV

Streszczenie (abstrakt): W ostatnich latach rynek fotowoltaiki w Polsce odznacza się dużą dynamiką rozwoju. Nowe instalacje fotowoltaiczne to głównie rozwiązania wolnostojące lub dodane do budynku. Stosunkowo mało jest rozwiązań zintegrowanych z obiektem. Korzyści ekonomiczne i jakościowe (odnoszące się do efektów wizualnych), jakie wynikają z użycia systemów BIPV powinny przewartościować dotychczasowe myślenie i zachęcić inwestorów do ich szerszego zastosowania.

Słowa kluczowe: architektura, energooszczędność, infrastruktura OZE, fotowoltaika

IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC STRUCTURES IN BUILDINGS – BENEFITS OF USING BIPV SYSTEMS

Abstract: In recent years, the photovoltaic market in Poland has been characterized by high dynamics of development. New photovoltaic installations are mainly free-standing solutions or solutions added to the building. There are relatively few solutions integrated with the facility. The economic and qualitative benefits (related to visual effects) that result from the use of BIPV systems should re-evaluate the existing thinking and encourage investors to use them more widely.

Keywords: architecture, saving energy, renewable energy infrastructure, photovoltaics

Wstęp

Systemy BIPV (Building Integrated Photovoltaics) oparte są na koncepcji struktur fotowoltaicznych, stanowiących integralną część budynku. Moduły PV są w niej korzystną alternatywą dla tradycyjnych materiałów budowlanych. Według takiej definicji nie można klasyfikować jako BIPV wszelkich rozwiązań addytywnych, których funkcja ogranicza się wyłącznie do wytworknika prądu, ani elementów zamocowanych do struktury budynku przy pomocy konstrukcji wyłącznie im przypisanej, ani nałożonych na właściwą powłokę budynku.

Zakres stosowania modułów PV w budownictwie jest coraz szerszy. Umiejscowienie, stopień i sposób integracji z obudową podporządkowane są nie tylko wymogom energetycznym i użytkowym, ale również podyktowane są względami estetycznymi. Moduły PV mogą być środkiem w osiągnięciu oczekiwanych efektów wizualnych, a fotowoltaika – narzędziem eksponowania zaawansowania technologicznego w architekturze.

Przykłady implementacji struktur fotowoltaicznych w architekturze

Le Seine Musicale, czyli centrum muzyki i sztuk performatywnych, zlokalizowane jest na wyspie na Sekwanie w Boulogne-Billancourt na przedmieściach Paryża. Zostało zaprojektowane przez laureata Nagrody Prizkera, japońskiego architekta Shigeru Ban przy współpracy Jean de Gastines Architectes i oddane do użytku w 2017 roku. Budynek poprzez formę eksponuje zagadnienia energetyczne. Większość zapotrzebowania na energię elektryczną pokrywa ruchomy żagiel słoneczny z ogniwami PV rozpostarty nad przeszkloną owalną kubaturą, która mieści w sobie mniejszą salą koncertową, przeznaczoną dla muzyki klasycznej. W ciągu dnia w pewnym zakresie, dzięki specjalnej konstrukcji wsporczej, zmienia on swoje położenie, podążając za słońcem i generując energię elektryczną. Równocześnie tworzy system ochrony przeciwsłonecznej, dając cień dla kilku poziomów obejmując wokół audytorium (tzw. *shadowvoltaic system*)¹.



Il. 1-3. Plastyka budynku i detal Le Seine Musicale w Paryżu. Ruchomy słoneczny żagiel jako ochrona przeciwsłoneczna i wytwórnik prądu. Foto: J. Figaszewski.

¹ M. Webb, *La Seine Musicale. Sinuous rigueur in concert. Paris*, [w:] *The Plan* no. 103 (December'17-January'18), p. 84-94.



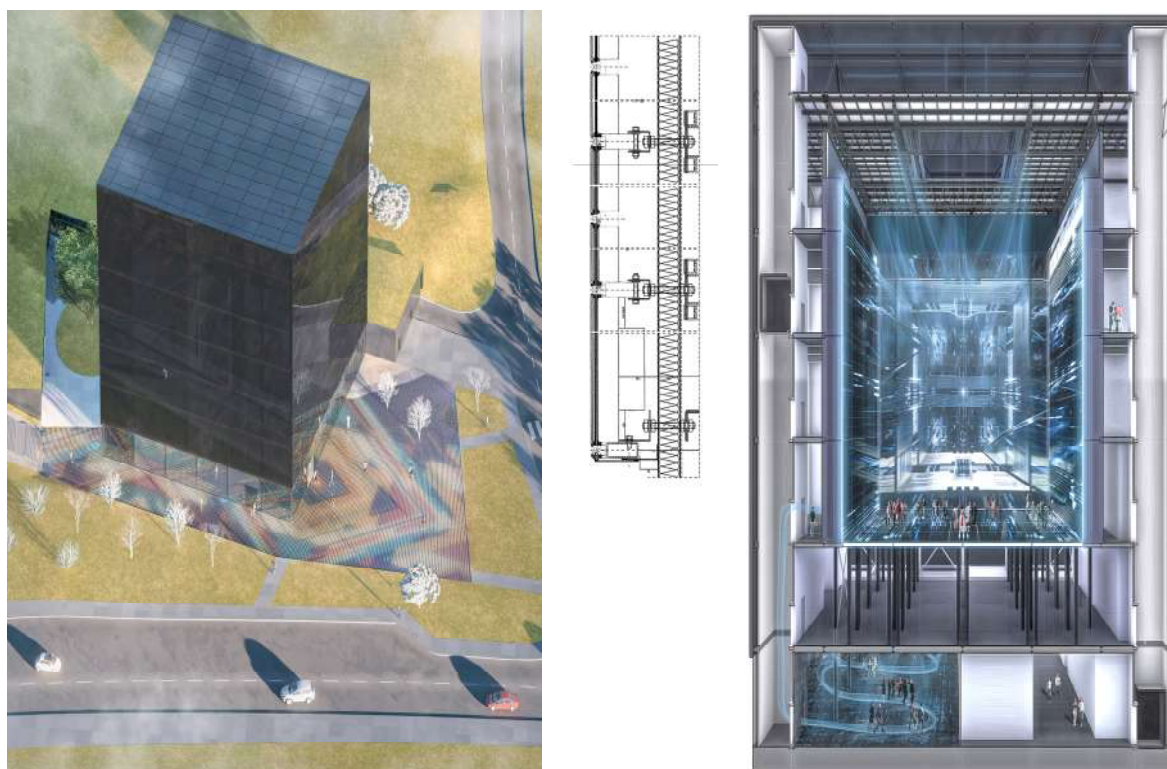
Il. 4-6. Wyeksponowana na południe fotowoltaiczna fasada siedziby WFOŚiGW w Gdańsku. Budynek zaprojektowany przez pracownię Biuro Projektów A-Plan. Foto: J. Figaszewski

Oddana do użytku w 2015 roku nowa siedziba Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej przy Kanale Raduni w Gdańsku jest modelowym przykładem szerokiego zastosowania systemów BIPV w budynku. Zorientowana na południe przeszklona podwójna fasada posiada zintegrowane ze szkłem ogniwa fotowoltaiczne rozmieszczone prawie na całej powierzchni, uwalniając jedynie miejsca doświetleń wnętrza. Wentylowana przestrzeń między dwiema przegrodami pozwala na swobodny przepływ powietrza i odprowadzenie ciepła wyzwalanego podczas pracy ogniw. W sposób naturalny zabezpiecza to przed przegrzaniem i stratami energetycznymi, ponieważ wzrost temperatury fotoogniw zmniejsza ich sprawność i maksymalną moc. Ponadto budynek wyposażony jest w zintegrowane ogniwa w przeszkleeniu przekrycia wewnętrznego atrium. Łączna moc zainstalowanych urządzeń wynosi ok. 40 kW². Użycie systemów BIPV w tak szerokim zakresie pozwala pokryć w pełni zapotrzebowanie na energię elektryczną, uzy-

² E. Stawikowska, *W Gdańsku powstał biurowiec, który sam produkuje energię*, <https://trojmiasto.wyborcza.pl/trojmiasto/7,35612,19428025,w-gdansk-powstal-biurowiec-ktory-sam-produkuje-energie.html> [dostęp: 7.09.2023].

skując również nadwyżki. Za te i inne proekologiczne rozwiązania biurowiec otrzymał główną nagrodę w kategorii „Najlepszy ekologiczny budynek sektora publicznego” w trakcie szóstej edycji konkursu Green Building Awards, przyznaną przez Polish Green Building Council PLGBC³.

Simulacrum – galeria sztuki cyfrowej w Katowicach to temat pracy dyplomowej, w której istotnym czynnikiem odpowiedzialnym ze estetykę i gospodarkę energetyczną projektowanego budynku jest aktywny system BIPV. W projekcie wykorzystano panele fotowoltaiczne II generacji z krzemu amorficznego, które potraktowano jako poszycie zewnętrznych przegród. Orientacja przegród nie była przeszkodą, ponieważ ogniwa PV korzystają zarówno z bezpośredniego promieniowania jak i promieniowania dyfuzyjnego. Dzięki tej charakterystyce ogniwa zamocowane na wszystkich elewacjach i dachu będą produkowały energię elektryczną, ale w różnym stopniu. Choć w pracy nie oszacowano wielkości zysków słonecznych, można przypuszczać, że aktywna słonecznie obudowa pozwala pokryć potrzeby energetyczne obiektu, a ewentualny nadmiar energii elektrycznej dostarczyć do sieci, zapewniając miastu ekologicznie czystą energię. Zastosowanie BIPV jest spójne z zaawansowaną technologicznie koncepcją użytkownika budynku⁴.



Il. 7-9. Obudowa budynku z wykorzystaniem systemu BIPV. Simulacrum – galeria sztuki cyfrowej w Katowicach. Projekt dyplomowy inżynierski opracowany w PWSZ w Raciborzu, r. ak. 2020/2021. Autor: Paweł Drost. Promotor: Jarosław Figaszewski

³ Awards 2017, <https://plgbc.org.pl/projekty/plgbc-green-building-awards/awards-2017/> [dostęp: 7.09.2023].

⁴ P. Drost, *Projekt galerii sztuki cyfrowej Simulacrum*, praca dyplomowa inżynierska wykonana pod kierunkiem J. Figaszewskiego, PWSZ w Raciborzu, Racibórz 2021.

Miejsca integracji struktur fotowoltaicznych z budynkiem

Zaprezentowane powyżej przykłady nie wyczerpują wszystkich możliwości użycia systemów BIPV w architekturze. Dla usystematyzowania rozwiązań można wskazać w zewnętrznej powłoce budynku miejsca implementacji struktur fotowoltaicznych⁵:

- dachy – w miejsce tradycyjnych rozwiązań zastosowanie różnych systemów przekryć dachowych w postaci: modułów fotowoltaicznych z mono- lub polikrystalicznego krzemu, montowanych na szynach na dachach spadzistych lub szedowych, cienkowarstwowych ogniw w arkuszach rozłożonych na całej powierzchni, odwzorowujących pokrycia z płaskiej blachy, fotowoltaicznych gontów z krzemu amorficznego w postaci arkuszy imitujących pokrycia bitumiczne, stylizowanych imitacji dachówek ceramicznych lub blachodachówek, ogniw naniesionych na pneumatyczne struktury membranowe, na dachach płaskich fotowoltaicznych membran dachowych;
- fasady – fotowoltaiczne systemy fasadowe użyte we wszystkich rodzajach zewnętrznych przegród: przeszklonych fasad pojedynczych, wentylowanych, pochyłych, z szybami segmentowymi lub szkłem strukturalnym, wielowarstwowych przegród zewnętrznych; systemy w postaci: nieprzeziernych lub półprzeziernych modułów zastępujących okna, pokrycia części lub całości powierzchni w zastępstwie innych dostępnych pokryć, fotowoltaicznych paneli okładzinowych w nieprzeziernych ścianach; zastosowanie: laminatów, czyli modułów bez ram, transparentnych modułów cienkowarstwowych z krzemu amorficznego lub CIGS na całej powierzchni ścian, monokrystalicznych lub polikrystalicznych ogniw zalaminowanych między szkłem a folią lub dwiema taflami szkła, transparentnych lub półprzeziernych folii z ogniw organicznych nałożonych na taflę szkła;
- świetliki dachowe;
- osłony przeciwsłoneczne – miejscem zastosowań różne warianty nadwieszonych zacieniających, zadaszeń, żaluzji, markiz, brise-soleil, nieprzeziernych lub półtransparentnych, stałych lub ruchomych;
- balustrady – wypełnienie w postaci nieprzeziernych modułów fotowoltaicznych z krzemu polikrystalicznego lub zintegrowanych ze szkłem ogniw z krzemu amorficznego.

Różnorodne wymogi estetyczne i użytkowe wpływają na coraz bogatszy asortyment systemów BIPV. Oprócz tradycyjnych modułów PV obejmuje on wielofunkcyjne materiały, będące kombinacją klasycznych materiałów i technologii słonecznej. Obok integracji fotoogniw ze szkłem, stosuje się trwałe połączenia z większością materiałów budowlanych, w tym tworzyw sztucznych.

Przykładem innowacyjnych rozwiązań z ostatnich lat są nowe koncepcje integrujące fotoogniwa z lekkimi pneumatycznymi strukturami membranowymi, które tworzą przekrycie dużych powierzchni użytkowych. Umożliwiły to technologie cienkowarstwowe

⁵ Por. P. Eiffert, G. Kiss, *Building Integrated Photovoltaic Designs for Commercial and Institutional Structures*, S. Pietruszko, *Fotowoltaika zintegrowana z budownictwem*, VI Forum Operatorów Systemów i Odbiorców Energii i Paliw, Warszawa 2009.

w fotowoltaice, dostarczające ultracienkich i elastycznych ogniw na bazie krzemu amorficznego. Znalazły one zastosowanie w przypadku folii ETFE, a także tkanin BTFE na bazie włókna szklanego. Fotoogniwa nanoszone są na wierzchnią warstwę poduszek powietrznych lub na wewnętrzną folię trójwarstwowych membran. Drugi wariant posiada wprawdzie zewnętrzną osłonę, ale jest mniej korzystny. Powodem są straty energetyczne wywołane refleksyjnością zewnętrznej warstwy i przegrzewaniem się ogniwa wewnątrz poduszek. Przykładem zastosowania struktur membranowych jako generatorów energii elektrycznej jest przekrycie trybun na Gottlieb-Daimler Stadion w Stuttgarcie⁶.

Dużych możliwości w ramach systemów BIPV należy oczekiwać od nanotechnologii, która dostarcza rozwiązań prostych w produkcji (nadruk) i montażu. Ogniwa polimerowe już znajdują zastosowanie w architekturze – łączy się je z przykryciami tekstylnymi oraz w postaci folii nanosi na szkło. Na obecnym etapie ich rozwoju działania te mają charakter raczej eksperymentalny. Powodem jest ich jeszcze niska wydajność i stosunkowo krótka żywotność, nieprzekraczająca 3-4 lat⁷. Obiecujące wydają się również ogniwa perowskitowe, które są w fazie testów.

Ogólne korzyści stosowania struktur fotowoltaicznych w architekturze

Potrzeba wytwarzania energii elektrycznej z energii promieniowania słonecznego wynika z następujących uwarunkowań:

- budynki i procesy w nich zachodzące pochłaniają większą część energii zużywanej przez naszą cywilizację, a zapotrzebowanie na nią stale wzrasta;
- promieniowanie słoneczne jest niewyczerpalnym w najbliższym horyzoncie czasowym źródłem energii o ogromnym potencjale;
- konwersja fotoelektryczna energii promieniowania słonecznego dostarcza najwyższej jakościowo energii użytecznej, zachodzi w procesie przyjaznym dla środowiska naturalnego bez emisji gazów cieplarnianych i bez udziału paliw kopalnych;
- promieniowanie słoneczne ma zdecentralizowany charakter, jest powszechnie dostępne, choć w różnych wielkościach; zyski energetyczne zależą od charakterystyki miejscowego klimatu, lokalizacji budynku oraz od sprawności i jakości zainstalowanych urządzeń;
- produkcja energii elektrycznej blisko miejsca jej konsumpcji unika problemów jej transportu – nie obciąża istniejących sieci przesyłowych i nie wymaga dalszych inwestycji w tym zakresie;
- produkcja na miejscu zielonej energii pozwala na niezależność energetyczną budynku, dzięki czemu teoretycznie każda lokalizacja staje się możliwa.

Wszystkie te czynniki decydują o stałym wzroście zainteresowania fotowoltaiką, która przestała być dawno wyłączną domeną technologii kosmicznych. Postęp w tej dziedzinie przekłada się na wzrastającą liczbę zainstalowanych systemów naziemnych i coraz szerszy zakres ich zastosowań. Główną barierą ograniczającą stosowanie fotowoltaiki w architek-

⁶ J. Cremers, *Integration von Photovoltaik in Membrankonstruktionen*, „Detail Green“ 2009, nr 1, p. 61-63.

⁷ J. Godlewski, J. Kosk, M. Makowska, *Organiczne ogniwa fotowoltaiczne*, „Czysta Energia” 2008, nr 3.

turze jest wysoka cena tych urządzeń. Stan ów można zmienić na różne sposoby. Przede wszystkim prowadzone są na świecie prace badawcze nad zwiększeniem sprawności ogniw fotowoltaicznych i obniżeniem kosztów ich produkcji⁸. Docelowo ogniwa mają być tańsze i generować więcej prądu.

Drugim kierunkiem działań są zmiany legislacyjne, ułatwiające realizację projektów nastawionych na pozyskanie energii ze źródeł odnawialnych, a także stanowiące realne wsparcie dla tego typu inwestycji⁹. Jednym z narzędzi jest stosowanie stawek gwarantowanych (Feed-in Tariff). Na ile mogą być one skuteczne świadczy początkowa dynamika wzrostu zainstalowanej mocy w sektorze energetyki słonecznej w Niemczech i Czechach¹⁰. W ostatnich latach coraz lepsza pozycja Polski jest zasługą m.in. programów rządowych związanych z dofinansowaniem zakupu instalacji fotowoltaicznych (dotacje „Mój Prąd”, „Czyste Powietrze”, system aukcyjny). W maju 2023 roku moc zainstalowanych urządzeń osiągnęła blisko 14 GW, dzięki czemu w sektorze OZE fotowoltaika ma obecnie udział ca. 56% i zajmuje pierwsze miejsce¹¹. Korzystanie ze źródeł odnawialnych staje się powoli koniecznością. Ma to związek z kolejnymi dyrektywami unijnymi, które nakładają na deweloperów obowiązek zainwestowania w proekologiczne rozwiązania¹².

Trzecim kierunkiem działania, zmierzającego do zwiększenia opłacalności instalacji fotowoltaicznych, jest implementacja takich struktur w budynku, przez co moduły PV stają się jego integralną częścią. Skuteczność tego działania w dużym stopniu zależy od świadomości projektanta i jego umiejętności korzystania z narzędzi, jakie oferuje współczesne budownictwo energooszczędne. Poza powszechnie uznanymi, a wyszczególnionymi wcześniej, czynnikami, ekonomicznym uzasadnieniem takich inwestycji są potencjalne korzyści, które mogą być wyłącznie następstwem integracji modułów PV z budynkiem. Prowadzą one do obniżenia kosztów instalacji urządzeń fotowoltaicznych, a także do zwielokrotnienia ich znaczenia w kontekście funkcjonowania obiektu i jego estetyki. Samo dodanie struktur fotowoltaicznych do budynku nie wystarczy. Wykorzystując systemy BIPV, należy podjąć działania w celu podniesienia atrakcyjności ich użycia, a wprowadzone oszczędności, jakkolwiek rozłożone w czasie, będą zawsze wymierne.

Korzyści o charakterze ilościowym w fazie montażu

Integracja struktur fotowoltaicznych z budynkiem przynosi w fazie budowy konkretne korzyści:

⁸ Dotyczą one zmniejszenia zużycia drogiego materiału półprzewodnikowego, wykorzystania nowych materiałów przewodzących, w tym polimerów, jak również uproszczenia procesu produkcyjnego.

⁹ W Polsce w 2015 roku weszła w życie ustawa o odnawialnych źródłach energii (Dz.U.2015, poz.478 i późniejsze zmiany), która określa zbiór mechanizmów i instrumentów finansowych, które wspierają rozwój OZE na etapie eksploatacyjnym.

¹⁰ W 2010 roku Czechy zajmowały trzecie miejsce w Europie pod względem wielkości mocy PV zainstalowanej (skumulowana moc wynosiła 1953 MW – dla porównania w Polsce 2 MW) [9].

¹¹ Obecny stan rozwoju fotowoltaiki w Polsce ujawnia obszerny raport Instytutu Energetyki Odnawialnej *Rynek fotowoltaiki w Polsce 2023* [10] [13]. Uaktualnione dane pochodzą z publikacji *Moc zainstalowana fotowoltaiki. Nowa instalacja ma przeciętnie 30 kW*, rynekelektryczny.pl [7].

¹² Przykładem jest dyrektywa 2010/31/EU w sprawie charakterystyki energetycznej budynków [14].

- Wbudowanie modułów PV uwalnia teren od wolnostojących struktur fotowoltaicznych, dzięki czemu można go w inny sposób zagospodarować;
- Koszty inwestycyjne mogą być w rozliczeniu pomniejszone o kwoty, jakie należy zapłacić za element obudowy – tradycyjne materiały zastąpione są zintegrowanymi komponentami PV, które przejmują ich funkcje. Cena wysokiej jakości modułów może być porównywalna (a nawet niższa) z ceną niektórych materiałów wykończeniowych (np. okładzin kamiennych, szkła);
- W przypadku podłączenia systemu BIPV do sieci (*grid-connected*) lub w budynkach, których użytkowanie pokrywa się w czasie z pozyskaniem energii, wyeliminowane są koszty instalacji akumulatorów oraz problemy z ich eksploatacją i ograniczoną trwałością;
- Integracja modułów PV z budynkiem pozwala uniknąć dodatkowych kosztów montażowych (elementy mocujące i robocizna), których należy się spodziewać w przypadku rozwiązań addytywnych;
- Prościej i taniej zaplanować poprawną i skuteczną integrację systemu PV w fazie projektowej niż przy okazji generalnego remontu.

Korzyści o charakterze ilościowym w trakcie eksploatacji

Immanentną cechą struktur fotowoltaicznych jest ich użyteczność. Zastosowanie ich w budynku ma zatem wymiar praktyczny i dostarcza w trakcie eksploatacji wielu korzyści:

- Dzięki obecności systemów BIPV obudowa nabiera dodatkowego znaczenia – oprócz funkcji ochronnej i izolującej pełni rolę wytwornika prądu. Ulega aktywizacji energetycznej¹³. Bifunkcjonalne stają się również osłony przeciwsłoneczne i balustrady;
- Energia produkowana na miejscu przez moduły PV jest wykorzystywana na bieżąco bez potrzeby jej magazynowania w czasie, kiedy obowiązuje droższa taryfa dzienna na energię elektryczną od dostawców zewnętrznych;
- Pozyskane w trakcie pracy ogniw ciepło może być wykorzystane do celów grzewczych m.in. przez wstępne podgrzanie powietrza nawiewanego do pomieszczeń;
- Poza sezonem grzewczym systemy BIPV w sposób pasywny chronią wnętrze budynku przed nadmierną insolacją. Pozwalają uzyskać efekt półprzezierności przeszklonych fasad, ograniczając przepuszczalność promieniowania słonecznego przez przegrodę i zmniejszając obciążenie cieplne wnętrza;
- W klimacie tropikalnym i subtropikalnym systemy BIPV aktywnie uczestniczą w strategii chłodzenia, na bieżąco zasilając urządzenia klimatyzacyjne, zwłaszcza w godzinach szczytu;

¹³ J. Figaszewski, *Aktywizacja energetyczna przegród w związku z użyciem nowych materiałów*, [w:] *Kierunki rozwoju budownictwa energooszczędnego i wykorzystania odnawialnych źródeł energii na terenie Dolnego Śląska*, (red.) A. Bać, J. Kasperski, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013.

- Zespole nie daje możliwość lepszego zabezpieczenia paneli PV przed uszkodzeniem i kradzieżą;
- Systemy BIPV pozwalają w użyteczny sposób zagospodarować dużą powierzchnię fasad, zwłaszcza w budynkach wysokich. Jeszcze większych korzyści można oczekiwać w przypadku wykorzystania powierzchni dachów – z możliwością wpływu na formę obiektu lub bez znaczących zmian w jego estetyce.

Korzyści o charakterze jakościowym

Osobną grupę stanowią wartości, odnoszące się do cech jakościowych, jakie wnoszą zintegrowane z budynkiem struktury fotowoltaiczne. Można je ująć w kilku punktach:

- Systemy BIPV są integralną częścią projektu – zyskuje na tym estetyka obiektu, a architektura całościowo staje się bardziej spójna;
- W obszarze nowszych generacji ogniw cienkowarstwowych z uwagi na ich elastyczność jakakolwiek geometria przekryć i fasad nie jest przeszkodą w integracji struktur fotowoltaicznych z budynkiem, teoretycznie każdą powierzchnię można pokryć ogniwami PV;
- Z uwagi na swoistą estetykę i duże zróżnicowanie formalne, fakturowe i kolorystyczne, moduły PV znacznie poszerzają asortyment rozwiązań materiałowych;
- Systemy BIPV są czynnikiem wzbogacającym treść obudowy w warstwie kompozycyjnej, odpowiednio wkomponowane mogą być atrakcyjnym elementem budynku;
- Nowe technologie dają nowe możliwości, co pobudza architektów do kreatywnego myślenia i eksperymentowania;
- Moduły PV w obudowie pełnią funkcję informacyjną: służą artykulacji treści energetycznych oraz eksponują zaawansowanie technologiczne budynku;
- Instalacja ogniw fotowoltaicznych na fasadzie budynku, będącego siedzibą przedsiębiorstwa, może być wykorzystywana w celach marketingowych – służy to podkreślenia prestiżu firmy, daje gwarancje jakości dla wytwarzanego produktu lub oferowanych usług;
- Systemy BIPV są dla inwestorów wizualnym sposobem wyrażania swojego proekologicznego zaangażowania; akcentując bezpieczne dla środowiska rozwiązania, przyczyniają się do większego zainteresowania fotowoltaiką i uzyskują coraz większą akceptację na rynku;
- Moduły PV starszej generacji pozwalają zapewnić intymność wewnętrznym przestrzeniom, ograniczając przezierność fasad;
- Zastosowanie ogniw fotowoltaicznych pozwala uzyskać wyższą punktację w procesach certyfikacji, które służą udokumentowaniu ekologiczności budynku. W poszczególnych systemach oceny wielokryterialnej (np. LEED, BREEAM, DGNB) znaczący udział ma-

ją kryteria dotyczące wydajności energetycznej. Dużą liczbę punktów można otrzymać za korzystanie na miejscu z odnawialnych źródeł energii¹⁴.

Podsumowanie

Systemy BIPV służą podniesieniu wartości rynkowej budynku i obniżeniu kosztów jego eksploatacji. Dzięki różnorodności rozwiązań i możliwości elastycznego doboru parametrów stosownie do potrzeb, pozwalają one szybciej osiągnąć zamierzone efekty. Niestety, w stosunku do systemów wolnostojących i addytywnych są znacznie rzadziej stosowane. Przyczyny tego stanu mogą być różne. W gospodarstwach indywidualnych zwykle dotyczą modernizacji instalacji, wiążą się z obawami przed wzrostem kosztów takich działań lub wynikają z przywiązania do tradycji budowlanych. W warunkach wysokiej dynamiki rozwoju fotowoltaiki w kraju, spowodowanej zmianami legislacyjnymi, rzetelna kalkulacja wszystkich czynników może jednak zachęcić przyszłych inwestorów do sięgnięcia po systemy zintegrowane z budynkiem, co stwarza realne szanse większego ich upowszechnienia na polskim rynku. Zyskuje przez to nie tylko użytkownik, ale również środowisko i architektura.

Bibliografia

1. Awards 2017, <https://plgbc.org.pl/projekty/plgbc-green-building-awards/awards-2017/> [dostęp: 7.09.2023].
2. Cremers J., *Integration von Photovoltaik in Membrankonstruktionen*, „Detail Green“ 2009, nr 1.
3. Drost P., *Projekt galerii sztuki cyfrowej – Simulacrum*, praca dyplomowa inżynierska wykonana pod kierunkiem J. Figaszewskiego, PWSZ w Raciborzu, Racibórz 2021.
4. Eiffert P., Kiss G., *Building Integrated Photovoltaic Designs for Commercial and Institutional Structures*, <https://www.nrel.gov/docs/fy00osti/25272.pdf> [dostęp: 7.09.2023].
5. Figaszewski J., *Aktywizacja energetyczna przegród w związku z użyciem nowych materiałów*, [w:] *Kierunki rozwoju budownictwa energooszczędnego i wykorzystania odnawialnych źródeł energii na terenie Dolnego Śląska*, (red.) A. Bać, J. Kasperski, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013.
6. Godlewski J., Kosk J., Makowska M., *Organiczne ogniwa fotowoltaiczne*, „Czysta Energia” 2008, nr 3.
7. *Moc zainstalowana fotowoltaiki. Nowa instalacja ma przeciętnie 30 kW*, <https://www.rynek-elektryczny.pl/moc-zainstalowana-fotowoltaiki-w-polsce/#:~:text=Na%20koniec%20maja%202023%20r.%20moc%20zainstalowana%20fotowoltaiki,2%20niezale%20C5%BCne%20elektrownie%20pv%20%E2%80%93%202013%202026%20C012%20MWzainstalowana%20fotowoltaiki%20w%20Polsce> | Rynek Elektryczny [dostęp: 7.09.2023].
8. Pietruszko S., *Fotowoltaika zintegrowana z budownictwem*, Materiał z konferencji: VI Forum Operatorów Systemów i Odbiorców Energii i Paliw „Bezpieczeństwo energetyczne a nowe kierunki wytwarzania i wykorzystania energii w Warszawie”, Warszawa 2009.
9. Pietruszko S., *Fotowoltaika w krajach nowo przyjętych do Unii Europejskiej*, „Czysta Energia” 2011, nr 5.

¹⁴ W systemie LEED maksymalną liczbę punktów – 7 w grupie kryterialnej „Energia i atmosfera” budynek otrzymuje, gdy 13% zużywanej energii pochodzi ze źródeł własnych [14].

10. EC BREC Instytut Energetyki Odnawialnej, *Raport „Rynek fotowoltaiki w Polsce 2023”*, <https://ieo.pl/pl/raporty> [dostęp: 7.09.2023].
11. Stawikowska E., *W Gdańsku powstał biurowiec, który sam produkuje energię*, <https://trojmiasto.wyborcza.pl/trojmiasto/7,35612,19428025,w-gdansku-powstal-biurowiec-ktory-sam-produkuje-energie.html> [dostęp: 7.09.2023].
12. Webb M., *La Seine Musicale. Sinuous rigueur in concert. Paris*, [w:] The Plan no. 103 (December'17-January'18).
13. Witkowska A., *Fotowoltaika w Polsce. Rozwój fotowoltaiki w Polsce i prognozy*, <https://www.energetyka.plus/fotowoltaika-w-polsce-rozwoj-fotowoltaiki-w-polsce-i-prognozy/> [dostęp: 7.09.2023].
14. *Zielone budynki w Polsce, e-biurowce*, Kraków 2011.

Dane kontaktowe

Jarosław Figaszewski, jaroslaw.figaszewski@akademiarac.edu.pl