

Farma fotowoltaiczna w krajobrazie miasta. Przekrycie wielkoskalowego obiektu panelami fotowoltaicznymi na przykładzie projektu parkingu w Strefie Kultury w Katowicach



dr inż. arch.
ANDRZEJ DUDA, PROF. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0002-7179-5301

Poszukiwanie zasad integracji urządzeń dla pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych (OZE) z architekturą jest obecnie ważnym zadaniem dla architektów i inżynierów. Wdrażanie tych nowoczesnych technologii otwiera nowe możliwości zarówno na polu użytkowym, jak i estetycznym.

Wstęp

Rozwój architektury zawsze był związany z postępowaniem technicznym. Skokowe zmiany następowały wraz z pojawieniem się nowych wynalazków i technologii. Rewolucja funkcjonalistyczna z lat 20. XX wieku w przeważającej mierze zaistniała dzięki osiągnięciom zrealizowanym w obszarze architektury przemysłowej poprzednich dziesięcioleci. Idea domu-maszyny adaptującego nowoczesne wynalazki do budownictwa zyskała oficjalną nobilitację i wspięła się na poziom uniwersalny, globalny [1]. Obecnie proces ten

ponownie ulega przyspieszeniu w związku z dynamicznym rozwojem proekologicznych systemów dla budownictwa. Sposoby na znalezienie korzystnego bilansu energetycznego nowo powstających obiektów są w centrum tej technologicznej rewolucji.

Fotowoltaika zajmuje się konwersją energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną, czyli dotyczy niezwykle istotnych zagadnień: energetyki i ochrony środowiska. W warunkach ciągle zwiększającego się deficytu czystej energii technologia ta ma bardzo praktyczne znaczenie dla

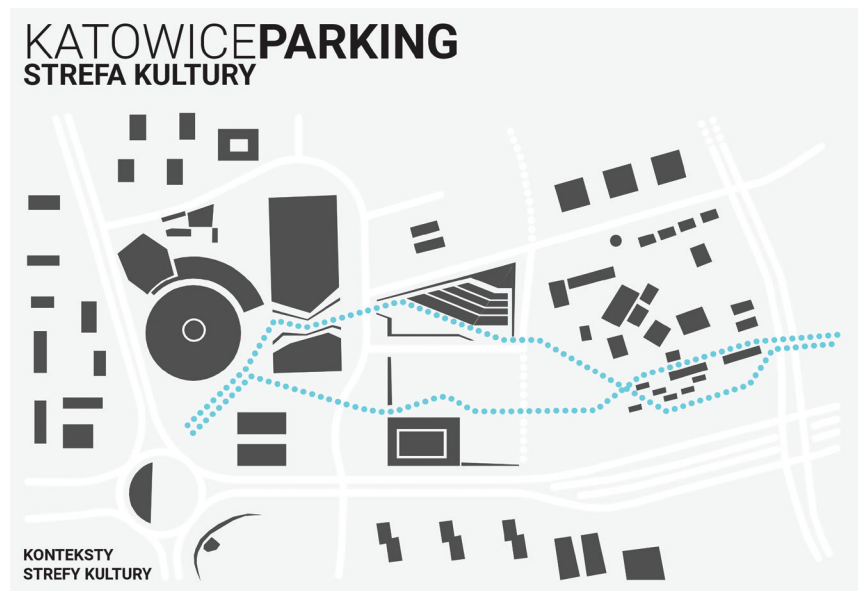
szerokiego spektrum użytkowników. Instalacje sieciowe (ang. *on-grid*) zintegrowane z krajową siecią energetyczną i instalacje wyspowe (ang. *off-grid*) pomagają w znaczący sposób zlagodzić ten deficyt [2].

Fotowoltaika w krajobrazie zurbanizowanym

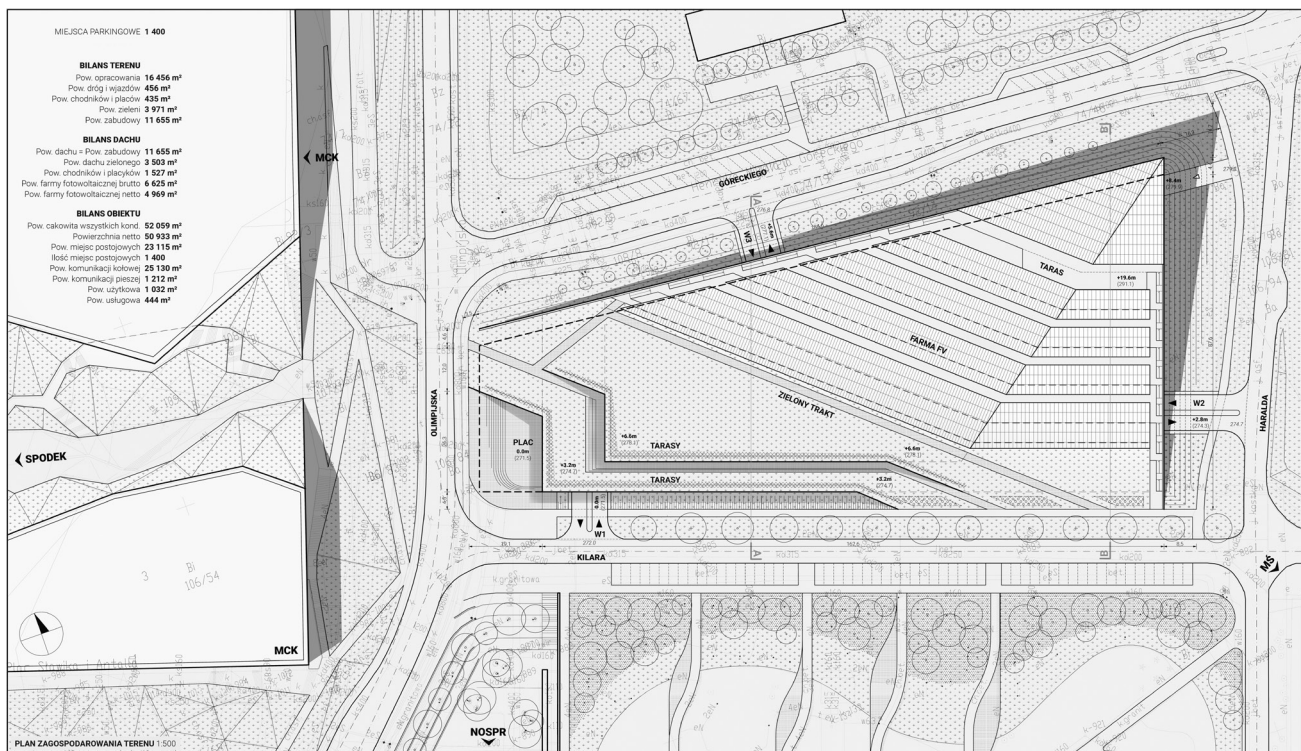
Szybko rozwijający się rynek farm fotowoltaicznych w Polsce wymaga poszukiwania nowych miejsc na ich lokalizację. Łączna moc elektrowni fotowoltaicznych w Polsce w 2021 roku wyniosła 7670 MW, co oznacza 193% wzrostu w stosunku do 2020 roku [3]. Przekrycie dużych obszarów gruntów panelami praktycznie wyklucza zacienioną ziemię z innych rodzajów jej użytkowania np. rolniczego, rekreacyjnego itp. Najlepszym rozwiązaniem wydaje się wykorzystanie na farmy obszarów już zurbanizowanych [4]. Tym samym instalowane tam urządzenia związane z technologiami OZE (Odnawialne Źródła Energii) stają się ważnym elementem składowym przestrzeni miasta.

Małe stacje pozyskiwania energii zasilające oświetlenie uliczne, panele na domach jednorodzinnych, zintegrowane szkło solarne na elewacjach budynków czy co najbardziej znaczące dla krajobrazu, wielkie płaszczyzny ogniw słonecznych, czyli farmy fotowoltaiczne, wpływają znacząco na estetykę całych dzielnic.

Szczególne znaczenie dla bilansu energetycznego kraju mają duże instalacje sieciowe (ang. *on-grid*) [5]. Dotychczas stoso-



Rys. 1. Kontekst urbanistyczny parkingu; źródło: autor



Rys. 2 Rzut dachu parkingu; źródło: autor

wane powszechnie metody polegające na układaniu tysięcy paneli w rzędach wprost na dachach robią wrażenie rozwiązań przejściowych, prowizorycznych. Często są one wadliwe pod względem technicznym, ale przede wszystkim nie spełniają wymogów dobrej architektury. Wyzwaniem staje się harmonijne łączenie dwóch w jednym: panel fotowoltaiczny jako źródło energii odnawialnej i panel fotowoltaiczny jako część strukturalna przekrycia, czyli część integralna tektoniki budynku.

Pierwsze znaczące realizacje idące za tą myślą powstały w latach 90. XX wieku w Niemczech w ramach programu Iba Emscher Park. Wykorzystywano tam panele szklane z wtopionymi monokrystalicznymi ogniwami słonecznymi do przekrycia dachów wielofunkcyjnych hal. Panele miały różny stopień wypełnienia ogniwami, dzięki czemu można było regulować stopień doświetlenia poszczególnych fragmentów budowli. Wielkie obiekty sportowe szczególnie nadają się do instalowania farm fotowoltaicznych. Stadion Europa Park (SC Freiburg) we Freiburgu, oddany do użytku w 2021 roku, ma elektrownię składającą się z 6 tysięcy modułów ściśle zintegrowanych z dachem, dostarczającą 2,3 miliona kWh energii elektrycznej rocznie. Polską udaną realizacją jest stadion w Legionowie, gdzie zgrabnie połączono panele fotowoltaiczne z zadaszeniem trybuny [6]. Wiele ośrodków na świecie prowadzi badania w tym kierunku. Szczególnie interesujący jest eksperyment, który realizuje Austriacki Instytut Technologii wspólnie z niemieckimi Fraunhofer ISE i Forster Industrietechnik. Projek-

tanci chcą umieścić farmy fotowoltaiczne nad autostradami. Dach pełniłby podwójną funkcję: chronił drogę przed wpływami atmosferycznymi i produkował prąd. Powierzchnia takiej elektrowni, a tym samym jej moc, byłaby praktycznie nieograniczona [7].

Farma fotowoltaiczna na dachu wielopoziomowego parkingu w strefie kultury w Katowicach

Katowicka Strefa Kultury jest jedną z niewielu nowych przestrzeni tego rodzaju powstałych w ostatnich latach w Polsce i jest miejscem o dużym znaczeniu dla regionu i kraju. Dzielnica ta podlega ciągłym przemianom, w jej ramach jest planowana budowa nowych obiektów, także parkingu wielopoziomowego. Miasto Katowice, biorąc powyższe pod uwagę, rozumiejąc, że lokalizacja w ww. strefie wielopoziomowego parkingu jest jednocześnie koniecznością funkcjonalną, wielkim wyzwaniem twórczym i szansą na nową kreację architektoniczną, ogłosiło konkurs na jego projekt¹. Prezentowany projekt otrzymał drugą nagrodę w tym konkursie².

Koncepcja obiektu, kontekst przestrzenny

Parking o pojemności 1400 samochodów zaprojektowano w formie trójplaszczynowej piramidy o 7 poziomach z kulminacją w narożniku północno-wschodnim przy skrzyżowaniu ulic Góreckiego i Haralda. Obiekt ten wraz z istniejącymi budynkami Narodowej Orkiestry Symfonicznej Polskiego Radia i Międzynarodowym Centrum Kongresowym two-

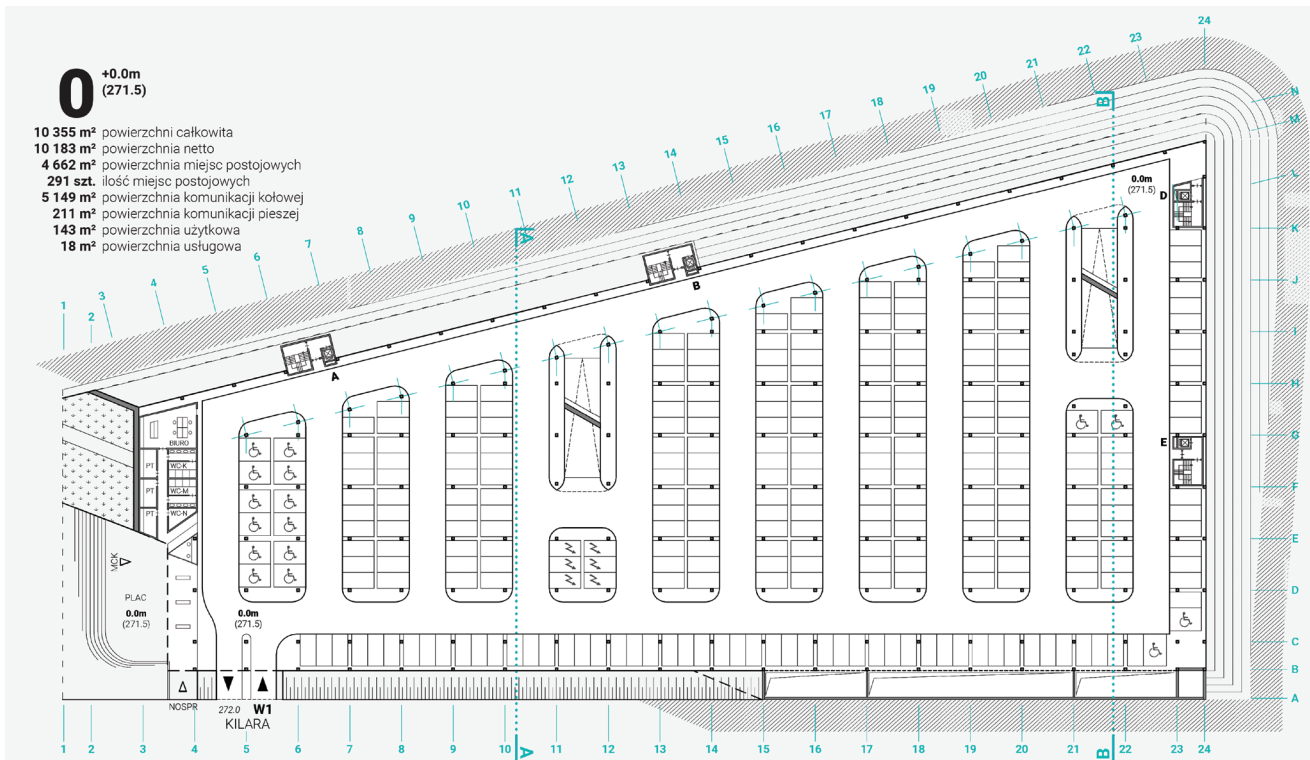
rzy urbanistycznie domknęłą triadę. Nachylona amfiteatralnie w kierunku południowym płaszczyzna dachu jest przestrzenią dostępną dla ludzi, która może być zarówno areną wydarzeń kulturalnych, jak i miejscem kontemplacji: walorów natury, współczesnej architektury, ekologicznych technologii oraz widoku na panoramę Katowic. Architektura obiektu prezentuje estetykę nowoczesnej infrastruktury technicznej i architektury przemysłowej.

Organizacja ruchu, miejsca parkingowe

Wjazdy i wyjazdy do parkingu zapewniono z 3 stron i z 3 poziomów: od ul. Kilara na poziomie 0, od ul. Haralda na poziomie +1 i od ul. Góreckiego na poziomie +2. Dla wjazdu i wyjazdu zarezerwowano odrębne całe moduły (szer. 8,1 m) w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa kolizji w tych newralgicznych miejscach. Wjazdy i wyjazdy trafiają na kondygnacje 0, +1, +2, które stanowią środek ciężkości pojemności parkingu, co licząc statystycznie dla całego parkingu, skróci drogę samochodu od wjazdu do miejsca postoju. Każda kondygnacja ma obwodową, rozprowadzającą pętlę ruchu jedno-

¹ Działając na zlecenie Miasta Katowice, katowicki TBS i katowicki oddział SARP w marcu 2020 roku ogłosiły konkurs na opracowanie koncepcji urbanistyczno-architektonicznej parkingu wielopoziomowego w Strefie Kultury w Katowicach. Do pierwszego etapu zgłosiło się siedemdziesiąt pracowni, pięć z nich zakwalifikowano do drugiego etapu. Wyniki konkursu ogłoszono 17 września 2020 roku.

² Autorami prezentowanej pracy – drugiej nagrody są architekci: Andrzej Duda (INARKO) i Paweł Barczyk (PBA) z Gliwic.



Ryc. 3 Rzut poziomu 0.00; źródło: autor

kierunkowego (jezdnia szerokości 5 m) połączoną z poprzecznymi dwukierunkowymi dojazdami do miejsc parkowania (jezdnie szerokości 5,7 m) i z rampami ruchu dwukierunkowego prowadzącymi na inne kondygnacje (szerokość jezdni 6,7 m, nachylenie rampy 15%). Kwadratowy moduł konstrukcyjny budynku 8,1 x 8,1 pozwala na wariantowe rozmieszczanie miejsc parkingowych w obu prostopadłych kierunkach i zapewnia wygodną wielkość stanowiska 2,5 x 5,0 m przy jednoczesnym zachowaniu odległości od słupa 0,1 m dla skrajnego miejsca³. Parking ma warunki do zamontowania nowoczesnych elektronicznych systemów zarządzania płatnościami przy użyciu aplikacji, np. czytni-

ków numerów tablic rejestracyjnych znacznie ułatwiających kontrolę i obsługę ruchu na parkingu. W parkingu znajduje się 10 kas automatycznych rozmieszczonych przy węzłach komunikacyjnych dla pieszych i sieć stacji do ładowania samochodów elektrycznych. Przy stanowiskach postojowych dla samochodów znajduje się okablowanie przystosowane dla montażu większej liczby stacji ładowania. W parkingu znajduje się 56 stanowisk dla osób z niepełnosprawnościami o wymiarach 3,6 x 5,0 m.

Parking otwarty

Projektowany obiekt jest parkingiem otwartym spełniającym następujące warunki: cał-

kowita powierzchnia otwarta ściany elewacji na każdym poziomie jest większa niż 35% całej jej powierzchni, odległość między przeciwległymi ścianami jest mniejsza niż 100 m, a na każdym poziomie istnieją dwie przeciwległe ściany z otworami. Poziomy zagłębione i częściowo zagłębione są przewietrzane przyległych fos o wymaganych w tym wypadku proporcjach: szerokość/głębokość fosy wynosi 1/1⁴.

³ Warunki Techniczne, par. 102–107, wersja znowelizowana z 1 stycznia 2018.

⁴ Warunki Techniczne, par. 108 p2, wentylacja w garażu otwartym, wersja z 17 lutego 2022.



Rys. 4. Widok w kierunku zachodnim; źródło: autor



Rys. 5. Przekrój poprzeczny z widokiem na wschód; źródło: autor

Dostępność i ewakuacja

Dojścia do parkingu znajdują się od ulic Kilara i Olimpijskiej z użyciem kaskadowych klatek schodowych usytuowanych wzdłuż trójkątnych skrajnych ścian piramidy parkingu i od strony ul. Góreckiego z użyciem klatek schodowych i dźwigów. Rozmieszczenie wyjść z budynku spełnia wymogi przepisów przeciwpożarowych i zapewnia prawidłową cyrkulację osób pod względem funkcjonalnym. Układ przestrzenny zapewni łatwość dostępu do wnętrza parkingu zarówno dla samochodów, jak i dla pieszych.

Dodatkowe funkcje komercyjne w budynku

Parking posiada dwie dodatkowe funkcje usługowe: na poziomie +1 znajduje się fragment rzutu kondygnacji wraz z otwartym zielonym przedpolem – tarasem przystosowanym do adaptacji na usługi typu restauracja, klub, sala spotkań itd. (wysokość kondygnacji w świetle tej części budynku wynosi 3 m). Na poziomie +7 na szczycie piramidy znajdują się punkt widokowy i kawiarnia dostępne

niezależnie z klatki schodowej oraz windy od ulic Haralda i Góreckiego. Ponadto miejsce to jest punktem docelowym po pokonaniu przez zwiedzającego kaskadowych schodów usytuowanych wzdłuż obu krawędzi budynku. Funkcje usługowe są wydzielone ze strefy parkowania i mają niezależne systemy wentylacji i klimatyzacji. Na umieszczenie dodatkowych funkcji usługowych w wybranych miejscach na poziomie +1 i na ich bezkolizyjną adaptację w stosunku do przestrzeni parkingu pozwalają także tarasy o szerokości około 12 metrów, usytuowane przed pomieszczeniami usług od strony południowej.

Farma fotowoltaiczna na dachu parkingu

Bardzo ważną funkcję z punktu widzenia praktycznego i formalnego pełni farma fotowoltaiczna, źródło energii odnawialnej, będąca jednocześnie przekryciem parkingu [8]. Górna, zwrócona na południe część piramidy (poziomy od +3 do +7) jest pokryta lekkim dachem zintegrowanym z systemem paneli fotowoltaicznych. Powierzchnia netto

paneli wynosi 4969 m². Szacuje się, że na wysokości geograficznej Katowic można uzyskać z 1 m² panelu fotowoltaicznego ok. 140 kWh rocznie [9], zatem przewidywany zysk energetyczny farmy sięga 700 000 kWh na rok. Dach ma system odprowadzania wody deszczowej gromadzonej w celu jej wykorzystania do pielęgnacji zieleni. Zbiornik znajduje się na poziomie -1 pod placem w narożniku ulic Kilara i Olimpijskiej.

Konstrukcja i materiały

Konstrukcja parkingu – monolityczna, słupowo-ryglowa z ukrytym rygłem w grubości stropu. Strop stanowi płyta monolityczna grubości 30 cm, wykonana z betonu B37. Pasma podporowe zostały zbrojone z zastosowaniem kotew dwugłówkowych. Żelbetowa konstrukcja parkingu jest oparta na kwadratowym module konstrukcyjnym 8,1 x 8,1 m [10], ze zmianami modułu w miejscach szczególnych, jak np. wsporniki. Stropy wsparte są na słupach o zmiennych wymiarach od 40 x 40 cm do 40 x 80 cm w zależności od kondygnacji.



Rys. 6. Widok części parkingu przekrytego panelami farmy fotowoltaicznej; źródło: autor



Rys. 7. Widok części parkingu pokrytego zielonym dachem; źródło: autor

Wysokość kondygnacji brutto wynosi 2,8 m (2,4 m w świetle). Spadki poprzeczne dla odprowadzenia wody zapewnia warstwa posadzkowa o gr. od 10 cm do 5 cm. Budynek posadowiony jest na żelbetowej płycie o gr. 55 cm. Sztywność przestrzenną zapewniają monolityczne pionowe komunikacyjne klatki schodowych i wind. Lekka konstrukcja dachu wsparta jest na systemie stalowych kratownic posytych blachą trapezową wysoko faldową tr. 160. Dach jest jednocześnie podkonstrukcją dla systemu paneli fotowoltaicznych. Ażurowe wypełnienie i zabezpieczenie otworów elewacji północnej i wschodniej stanowią systemy zgrzewanych siatek stalowych.

Wnioski

Prezentowany projekt jest głosem w dyskusji i próbą badawczą, która dałaby odpowiedź na trzy postulaty.

- Poszukiwanie nowoczesnych sposobów integracji urządzeń dla pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych (OZE) z architekturą jest obecnie ważnym zadaniem dla architektów i inżynierów. Rozwijanie związków między ekologią i architekturą rozszerza perspektywę cywilizacyjną mającą decydujący wpływ na jakość przestrzeni życia człowieka.
- Projekty nowych budynków są wyzwaniem dla zastosowania proekologicznych rozwiązań, a adaptacja urządzeń OZE jest szansą dla realizacji nowoczesnej czy wręcz awangardowej architektury. Zastosowanie modernistycznej zasady „budynku jako maszyny” może tu znaleźć istotne rozszerzenie. Skala i forma tych realizacji w połączeniu z dobrą polityką przestrzenną zapisaną w Miejskowym Planie Zagospodarowania Przestrzeni mogą stać się istotnym czynnikiem

wplywającym na rozwój nowoczesnego miasta.

- Realizacja eksperymentu w dziedzinie architektury powinna mieć szczególne miejsce w przypadku inwestycji publicznych finansowanych z podatków obywateli. Takim miejscem jest Katowicka Strefa Kultury. Obszar ten zobowiązuje i wymaga realizacji „zasady dobrej kontynuacji”, a co za tym idzie, szczególnie uważnych działań inwestycyjnych zmierzających do umocnienia już zdobytego uznania jako przykład nowoczesnej architektury.

Bibliografia

- [1] Duda A. (2019) [praca doktorska], Architektura budynków biurowych ZUS i GOZG w Zabrzu w świetle teorii krytycznego regionalizmu. Promotor: Krzysztof Rostański, Politechnika Śląska.
- [2] Sibiński M., Znajdek K. (2021) Postępy w fotowoltaice. PWN.
- [3] Magazyn „Fotowoltaika”, raport, (1/2022).
- [4] Bajeroski, T., Bilozor, A., Senetra, A., Szczepańska, A. (2007). Ocena i wycena krajobrazu. Wybrane problemy rynkowej oceny i wyceny krajobrazu wiejskiego, miejskiego i stref przejściowych. Olsztyn: Educaterra.
- [5] Łatocki H.(2021) ABC systemów fotowoltaicznych sprzężonych z siecią energetyczną. Wyd. KaBe.
- [6] Globenergia. Energia z fotowoltaiki zasili kolejne stadiony piłkarskie. <https://globenergia.pl/kolejne-stadiony-pilkarskie-zasil-energia-z-fotowoltaiki/> [dostęp: 17.05.2022].
- [7] NOIZZ. Dach autostrady jako farma fotowoltaiczna, <https://noizz.pl/ekologia/farmy-fotowoltaiczne-jako-zadaszenie-autostrad-nowy-pomysl-na-zielona-energie/l21c3m2> [dostęp: 17.05.2022].
- [8] Klugman-Radziemska E., Lewandowski M.W., Proekologiczne odnawialne źródła energii. PWN, Warszawa 2017.
- [9] <https://ekobudowanie.pl/trendy/technologie/2611-ogniwa-fotowoltaiczne> [dostęp: 10.04.2022].
- [10] Michalak H., Garaże wielostanowiskowe. Arkady, Warszawa 2009.

DOI: 10.5604/01.3001.0015.8774

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Duda Andrzej, 2022. Farma fotowoltaiczna w krajobrazie miasta. Przekrycie wieloskalowego obiektu panelami fotowoltaicznymi na przykładzie projektu parkingu w Strefie Kultury w Katowicach, „Builder” 7 (300). DOI: 10.5604/01.3001.0015.8774

Streszczenie: Poszukiwanie zasad integracji urządzeń dla pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych (OZE) z architekturą jest obecnie ważnym zadaniem dla architektów oraz inżynierów. Wdrażanie tych nowoczesnych technologii otwiera nowe możliwości zarówno na polu użytkowym, jak i estetycznym. Ma to także duży wpływ na rozwój krajobrazu urbanistycznego miasta. Projekt farmy fotowoltaicznej będącej przekryciem wielopoziomowego parkingu jest przykładem takiej integracji. Jest jednocześnie poszukiwaniem kreacji architektonicznej adekwatnej do kontekstu kulturowego i przestrzennego Strefy Kultury w Katowicach.

Słowa kluczowe: krajobraz kulturowy, architektura, urbanistyka, farma fotowoltaiczna, panel fotowoltaiczny, struktura dachu

Abstract: PHOTOVOLTAIC FARM IN THE CITY LANDSCAPE. COVERING A LARGE-SCALE FACILITY WITH PHOTOVOLTAIC PANELS ON THE EXAMPLE OF A CAR PARK DESIGN IN THE CULTURE ZONE IN KATOWICE. The search for the principles of integrating devices for obtaining energy from renewable sources (RES) with architecture is now an important task for architects and engineers. The implementation of these modern technologies opens up new possibilities both in the field of utility and aesthetics. It also has a great influence on the shaping of the urban landscape of the city. The project of a photovoltaic farm, which is a cover for a multi-storey car park in the Culture Zone in Katowice, is a kind of such integration, it is also a search for an architectural creation adequate to the spatial context of the Zone.

Keywords: cultural landscape, architecture, urban planning, solar farm, solar panel, roof structure