



PIOTR WOLAŃSKI, KATARZYNA WOLAŃSKA
Stowarzyszenie DAFA

Fot. Optique International AG

Efekt synergii – połączenie dachu zielonego i ogniw fotowoltaicznych jako sposób na zwiększenie efektywności instalacji fotowoltaicznej

Korzyści ekologiczne wynikające ze stosowania dachów i tarasów zielonych są już powszechnie znane. Należą do nich: retencjonowanie wody opadowej, niwelowanie negatywnych skutków miejskiej wyspy ciepła, poprawa bioróżnorodności w miastach, ograniczenie energochłonności budynków (dachy zielone stanowią izolację termiczną budynków, co powoduje, że poprawiają ich efektywność energetyczną i zmniejszają zapotrzebowanie na ogrzewanie zimą i chłodzenie latem), oczyszczanie powietrza.

Dachy zielone są uznawane za rozwiązanie, które jest pomocne w procesach mitygacji i adaptacji do zmian klimatycznych w miastach. Powszechnie znane są również korzyści ze stosowania ogniw fotowoltaicznych, jako jednego

z odnawialnych źródeł energii. Energia słoneczna jest traktowana jako odnawialne źródło energii, w przeciwieństwie do paliw kopalnych, które skończą się za kilkadziesiąt lat. Jest to również czyste źródło energii, ponieważ produkcja energii dzięki wykorzystaniu paneli fotowoltaicznych pozwala

zredukować emisję dwutlenku węgla i zanieczyszczeń do atmosfery. Jest to więc zrównoważony sposób na pozyskiwanie energii, co oznacza możliwość zaspokojenia potrzeb współczesnych pokoleń bez negatywnego wpływu na zmiany klimatyczne.

W odpowiedzi na potrzebę prowadzenia intensywnych działań ochrony klimatu i adaptacji do zmian klimatycznych, które już zaszły w środowisku, zostały opracowane rozwiązania techniczne pozwalające na zastosowanie ogniw fotowoltaicznych na dachach zielonych. Stosując takie technologie, można uzyskać wymienione powyżej korzyści wynikające z zazieleniania dachów oraz stosowania paneli fotowoltaicznych (jako odnawialnego źródła energii), a dodatkowo zapewnić efekt synergii wynikający z ich połączenia.

Instalacje fotowoltaiczne w Wytycznych dla dachów zielonych. Wytycznych do projektowania, wykonywania i utrzymywania dachów zielonych

Na początku 2021 roku ukazało się drugie, zaktualizowane, polskojęzyczne wydanie *Wytycznych dla dachów zielonych. Wytycznych do projektowania, wykonywania i utrzymywania dachów zielonych*, opracowane na podstawie *Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltungen von Dachbegrünungen* – dokumentu wydanego w 2018 r. przez FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. – w skrócie FLL, Stowarzyszenie Badania, Rozwoju i Kształtowania Krajobrazu). Wytyczne wydało w Polsce Stowarzyszenie Wykonawców Dachów Płaskich i Fasad DAFA. Zaktualizowane wytyczne wychodzą naprzeciw wymaganiom związanym z potrzebą adaptacji do zmian klimatycznych, pojawieniu się nowych technologii i rozwiązań, np. właśnie w kontekście dachów biosolarnych. Instalacjom fotowoltaicznym na dachach zielonych poświęcono cały podrozdział 8.14. *Wytycznych dla dachów zielonych FLL/DAFA*.

W *Wytycznych dla dachów zielonych* znajdziemy potwierdzenie możliwości łączenia na dachach płaskich zazieleniania i instalacji fotowoltaicznych. Takie połączenie jest korzystne ze względu na efekt synergii przy wytwarzaniu prądu. Stosunkowo niska temperatura powierzchni zazielenionej (w porównaniu do temperatury panującej na dachach tradycyjnych) prowadzi do mniejszego nagrzewania modułów fotowoltaicznych, co poprawia sprawność takich modułów.

Dachy zielone nie nagrzewają się w takim stopniu jak tradycyjne. Badania prowadzone w Nowym Jorku (Rosenzweig i in., 2006) wykazały, że w upalne letnie popołudnie temperatura powierzchni dachu standardowego może być nawet o 40°C wyższa od temperatury powierzchni dachu zielonego. Śred-



Fot. Optigrün International AG

■ Fot. 1. Połączenie dachu zielonego z panelami fotowoltaicznymi podnosi efektywność instalacji solarnej

nio (pomiarzy prowadzone w lipcu 2003 r.) temperatura powierzchni dachu standardowego była wyższa o 19°C od temperatury powierzchni dachu zielonego w ciągu dnia i niższa o 8 stopni nocą.

Wytyczne dla dachów zielonych zwracają też uwagę, że przy planowaniu instalacji fotowoltaicznych należy uwzględnić, iż moduły nie mogą być zacieniane przez roślinność. Ograniczenia przy połączeniu instalacji solarnych i zazielenienia dachów mogą występować np. przez zacienienie zazielenienia przy ułożonych płasko i blisko obok siebie rzędach modułów solarnych. W tym zakresie należy zachować wystarczający odstęp dolnej krawędzi modułów od podłoża w zależności od wysokości roślinności. Odstęp minimalny przy zazielenieniu ekstensywnym o niskim wzroście powinien wynosić 20 cm i może być większy, w zależności od planowanej roślinności.

Jeśli chodzi o technikę montażu instalacji fotowoltaicznych na dachach, to mogą one być mocowane z naruszeniem warstw izolacji wodochronnych lub bez konieczności przechodzenia przez powłokę tej izolacji. W przypadku, kiedy moduły fotowoltaiczne montowane są bez ingerencji w powłokę dachową (np. nie są kotwione do konstrukcji stropu), to ciężar warstw dachu zielonego może pełnić rolę kotwiącą i stabilizującą dla instalacji fotowoltaicznej (balast). Należy przy tym przestrzegać wymogów statycznych w odniesieniu do obciążenia wiatrem, a także obciążenia konstrukcji budynku.

Instalacje fotowoltaiczne i dach zielony wymagają regularnej konserwacji i pielęgnacji, dlatego należy zastosować ścieżki serwisowe i elementy zabezpieczenia przed upadkiem z wysokości. Należy także zapewnić wystarczający odstęp od krawędzi dachu i odstęp rzędów modułów od siebie. Kable i inne elementy należące do instalacji solarnej należy montować tak, aby nie utrudniały one konserwacji i pielęgnacji (np. przycinania roślin) dachu zielonego.

Montaż instalacji solarnej na dachu zielonym powoduje zróżnicowanie naświetlenia roślin i wilgotności podłoża, co prowadzi do występowania różnorodnych warunków siedliskowych. Może to też przyczyniać się do zwiększenia bioróżnorodności na dachach, czyli zwiększenia różnorodności występujących tam gatunków flory i fauny.

Aby uzyskać odpowiednią ilość światła dla roślin, także światła rozproszonego, należy dopasować odstęp rzędów modułów między sobą, głębokość modułów lub transparentę rzędów modułów do roślinności. Zastosowanie paneli fotowoltaicznych na dachu zielonym prowadzi do zróżnicowania warunków wilgotnościowych, jakie mają rośliny. Instalacje fotowoltaiczne wytwarzają z jednej strony cień opadowy, a z drugiej strony na krawędzi dolnej modułów woda opadowa spływa, co powoduje, że rośliny znajdujące się pod spodem mają bardziej wilgotną lokalizację. Należy to wziąć pod uwagę, projektując dach i planując prace pielęgnacyjne.

Okiem praktyka

Jest kilka ważnych kwestii, na które warto zwracać uwagę, projektując dach, który będzie połączeniem dachu zielonego i paneli fotowoltaicznych. Kluczowa jest bliska współpraca pomiędzy inwestorem, architektem, dostawcą technologii dachów zielonych oraz dostawcą ogniw fotowoltaicznych – a także firmą wykonawczą. Od dostawcy technologii dachów biosolarnych możemy oczekiwać skonsultowania projektu, zwłaszcza układu rozmieszczenia na dachu zielonym ogniw fotowoltaicznych w takich odstępach, aby zapewnić roślinom odpowiednie warunki. Ważna jest także antykorzenność izolacji wodochronnej oraz obciążenie konstrukcyjne budynków. Optymalnie byłoby zorganizować prace na budowie w taki sposób, żeby instalacja ogniw fotowoltaicznych nastąpiła po ukorzenieniu się roślin na dachu zielonym. Zastosowanie ogniw fotowoltaicznych na dachu zielonym powinno się przełożyć na obniżenie kosztów konserwacji paneli fotowoltaicznych, ponieważ rośliny na dachu będą pochłaniać zanieczyszczenia znajdujące się w powietrzu, co oznacza mniejszą ilość pyłu i zanieczyszczeń osiadających na panelach fotowoltaicznych.

Przykładowe realizacje

Na całym świecie istnieje wiele dachów biosolarnych, które łączą dachy zielone z produkcją energii słonecznej. Jako przykłady z Londynu można podać dach Olympic Park Media Center lub Standard Chartered Bank. W Szwajcarii istnieje np. dach biosolarny na Messe Hall w Bazylei. W Niemczech wiele dachów zielonych połączonych z panelami słonecznymi znajduje się we Fryburgu i w innych częściach kraju. Dachy biosolarne występują również w Holandii, Francji i Austrii.

W Polsce połączenie instalacji fotowoltaicznej z dachami zielonymi można spotkać np. na budynku, który powstał w 2020 r. przy obwodnicy Krakowa, w sąsiedztwie Bielańsko-Tynieckiego Parku Krajobrazowego. Jest to nowa siedziba austriackiej firmy Schachermayer. Hala magazynowa wraz z budynkiem biurowym posiadają 2600 m² powierzchni użytkowej.

Zwrot z inwestycji

Możliwość połączenia dachów zielonych i paneli fotowoltaicznych oraz efektywność takiego rozwiązania była przedmiotem badań na Uniwersytecie Illinois w Urbanie i Champaign w Stanach Zjednoczonych. Dokonano tam analizy zwrotu z inwestycji, biorąc pod uwagę trzy opcje: sam zielony dach, same panele fotowoltaiczne zamontowane na standardowym dachu oraz połączenie dachu zielonego z panelami fotowoltaicznymi. Wyniki tych badań prowadzonych w amerykańskich uwarunkowaniach prawnych i klimatycznych pozwoliły ustalić, że okres zwrotu dla samych paneli fotowoltaicznych wyniósł 13 lat. Natomiast pomimo początkowo większych kosztów związanych z instalacją, inwestycja polegająca na połączeniu dachu zielonego z panelami fotowoltaicznymi zwraca się w tym samym czasie 13 lat. Oczywiście badania te wykonano, biorąc pod uwagę amerykańskie uwarunkowania klimatyczne i realia cenowe, z czasu przed powstaniem raportu (końcowy raport został opracowany w 2017 roku) [1].

Analizując opłacalność finansową realizacji dachów zielonych w uwarunkowaniach polskich powinno się wziąć pod uwagę między innymi: oszczędności na ogrzewaniu zimą i klimatyzacji latem wynikające z tego, że dachy zielone stanowią izolację termiczną, ewentualne ulgi w opłatach za odprowadzanie wody deszczowej (niektóre miasta wprowadzają opłaty od wody deszczowej, w skali ogólnopolskiej zapowiada je także projekt *Ustawy o inwestycjach w zakresie przeciwdziałania skutkom suszy*) [2], dotacje związane z zielonymi dachami – np. ogólnopolski program „Moja Woda,” [3] oraz podniesienie wartości nieruchomości. Podobnie powinniśmy przeanalizować korzyści finansowe wynikające z zastosowania paneli fotowoltaicznych oraz efekt synergii, czyli fakt, że zastosowanie paneli na dachu zielonym zwiększa efektywność pracy samej instalacji solarnej.

Strategie unijne i krajowe oraz dokumenty miejskie stymulujące wzrost zapotrzebowania na zielone rozwiązania

Jest wiele czynników w skali europejskiej i krajowej, które spowodują wzrost zainteresowania dachami zielonymi i instalacjami fotowoltaicznymi w kontekście potrzeby ochrony klimatu i adaptacji do jego zmian.

Krajowy Plan Odbudowy

Polska będzie miała do dyspozycji 23,9 mld euro dotacji i 34,2 mld euro pożyczek z Funduszu Odbudowy. Podstawą do sięgnięcia po te fundusze jest Krajowy Plan Odbudowy – kompleksowy dokument, w którym określamy cele związane z odbudową i tworzeniem odporności społeczno-gospodarczej Polski. Pieniądze te będziemy inwestować w ramach 5 obszarów: nowoczesnej i odpornej gospodarki, zielonej energii, cyfryzacji, inteligentnego transportu oraz zdrowia. Nie mniej niż 37% środków z Krajowego Planu Odbudowy ma być przeznaczonych na cele związane z polityką energetyczno-klimatyczną, ochroną środowiska oraz adaptacją do zmian klimatycznych, a więc także na inwestycje w zieloną energię oraz zmniejszenie energochłonności.

Dachy zielone jako teren biologicznie czynny

Zgodnie z aktualnymi przepisami [4] przez teren biologicznie czynny należy rozumieć teren o nawierzchni urządzonej w sposób zapewniający naturalną vegetację roślin i retencję wód opadowych, a także 50% powierzchni tarasów i stropodachów z taką nawierzchnią oraz innych powierzchni zapewniających naturalną vegetację roślin, o powierzchni nie mniejszej niż 10 m² oraz wodę powierzchniową na tym terenie.

Miejskie plany adaptacji do zmian klimatu

W Polsce coraz więcej miast ma już opracowane swoje plany adaptacji do zmian klimatu, w których dachy zielone są wymieniane jako rozwiązania w zakresie zielonej infrastruktury.

Strategia na rzecz fali renowacji w celu poprawy charakterystyki energetycznej budynków

14 października 2020 r. Komisja Europejska przyjęła *Strategię na rzecz fali renowacji w celu poprawy charakterystyki energetycznej budynków*. Budynki odpowiadają za około 40% zużycia energii w UE i 36% emisji gazów cieplarnianych. Jedynie 1% budynków poddaje się co roku renowacji pod kątem efektywności energetycznej, więc skuteczne działania w tym zakresie mają podstawowe znaczenie dla tego, aby Europa stała się neutralna klimatycznie. Wdrożenie strategii *Fala renowacji* ma doprowadzić do zwiększenia wskaźników renowacji budynków co najmniej dwukrotnie w ciągu najbliższych dziesięciu lat. Rozwiązania oparte na przyrodzie (w tym dachy zielone) są wyróżnione wśród głównych obszarów interwencji w zakresie tej strategii.

Unijna strategia na rzecz bioróżnorodności

W 2020 roku została również przyjęta *Unijna strategia na rzecz bioróżnorodności 2030*. Przywra-

canie przyrody do naszego życia, w której znalazło się odniesienie do rozwoju zielonej infrastruktury, takiej jak dachy zielone w miastach. A dachy zielone są tam traktowane na równi z lasami, parkami i farmami miejskimi.

Dachy zielone jako rozwiązania wielofunkcyjne w nowej strategii UE na rzecz adaptacji do zmian klimatycznych

24 lutego 2021 r. Komisja Europejska przyjęła nową strategię UE w zakresie przystosowania się do zmian klimatycznych [5]. Zielone dachy zajmują ważne miejsce w tej strategii, jako element błękitno-zielonej infrastruktury, która wspomaga przystosowanie zasobów budowlanych do procesów adaptacyjnych. □

Piśmiennictwo

1. Kara Kessling, Abby Cohen, Jadon Jasso: *Feasibility of Combining Solar Panels and Green Roofs on the Activities and Recreation Center*, 2017.
2. *Ustawa o inwestycjach w zakresie przeciwdziałania skutkom suszy*, projekt z dnia 12.08.2020 r., legislacja.gov.pl/projekt/12337151/katalog/12709767#12709767, dostęp: 21.03.2021 r.
3. „Moja Woda” 2.0 – weź 5000 zł i oszczędzaj wodę, <http://www.nfosigw.gov.pl/o-nfosigw/aktualnosci/art,1737,moja-woda-2-0-wez-5000-zl-i-oszczedzaj-wode.html>, dostęp: 21.03.2021 r.
4. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 roku, zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. poz. 2285)*.
5. *Building a Climate-Resilient Future – A new EU Strategy on Adaptation to Climate Change*, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_663, dostęp: 21.03.2021 r.

Piotr Wolański od 14 lat zajmuje się dachami zielonymi, konsultuje projekty, realizuje inwestycje, współpracuje ze środowiskiem naukowym przy projektach innowacyjnych dla branży. Jest współzatożycielem Grupy Merytorycznej Dachy Zielone w ramach Stowarzyszenia DAFA, a także jednym z inicjatorów wydania w Polsce „Wytycznych dla dachów zielonych” FLL. Aktywnie uczestniczył w pracach Zespołu Redakcyjnego DAFA, opracowującego dwa polskie wydania wytycznych.

Katarzyna Wolańska – publicystka specjalizująca się w tematyce zielonej infrastruktury i wykorzystywania dachów zielonych w procesach adaptacji do zmian klimatycznych. Koordynator Grupy Merytorycznej Dachy Zielone w Stowarzyszeniu Wykonawców Dachów Płaskich i Fasad DAFA. Aktywnie uczestniczyła w pracach Zespołu Redakcyjnego DAFA, opracowującego dwa polskie wydania „Wytycznych dla dachów zielonych” FLL.