



DOI: 10.17512/bozpe.2019.2.11

Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym
Construction of optimized energy potential

ISSN 2299-8535 e-ISSN 2544-963X



Dach zielony jako przyjazne rozwiązanie dla środowiska i ludzi na terenach zurbanizowanych

Joanna A. Pawłowicz¹ (*orcid id: 0000-0002-1334-5361*)

¹ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie: Dachy stanowią nieodłączny element budynków, które natomiast kształtują przestrzeń i krajobraz miejski. Na terenach zurbanizowanych pod zabudowę przeznaczają się kilkaset metrów kwadratowych powierzchni dziennie. Wpływa to na zmniejszanie się terenów zielonych, co prowadzi do pogorszenia się jakości powietrza i mikroklimatu oraz do zmniejszenia bioróżnorodności. W celu utrzymania odpowiedniego arealu powierzchni biologicznie czynnych konieczne jest znalezienie nowych sposobów na wprowadzenie zieleni do miast. Zachowanie niezmienności ekologicznej i odzyskanie zabudowanej przestrzeni umożliwia tworzenie zielonych dachów oraz fasad na istniejących i nowo projektowanych budynkach. Takie postępowanie wpływa korzystnie nie tylko na oddziaływanie budynku na środowisko miejskie, ale również pozwala wykorzystać każdy skrawek powierzchni w sposób wielofunkcyjny. W obliczu wysokich cen nieruchomości gruntowych projektanci poszukują ekologicznych i ekonomicznych rozwiązań. Takie nowatorskie projektowanie pozwala na bezpośredni kontakt ze środowiskiem naturalnym społeczności miejskiej. Celem pracy jest przybliżenie problematyki projektowania dachów zielonych jako działania nowoczesnego i proekologicznego. W pracy zawarto przegląd literatury i zaprezentowano ciekawe pozycje dotyczące tego zagadnienia.

Słowa kluczowe: budownictwo zrównoważone, powierzchnia biologicznie czynna, zieleń miejska, dach zielony

Użytkowanie treści artykułu tylko w oparciu o licencję Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0

Proszę cytować ten artykuł w następujący sposób:

Pawłowicz J.A., Dach zielony jako przyjazne rozwiązanie dla środowiska i ludzi na terenach zurbanizowanych, BoZPE, Vol. 8, 2, 2019, 95-105, DOI: 10.17512/bozpe.2019.2.11

Wprowadzenie

Przestrzeń coraz bardziej jest zdominowana przez człowieka. Powstaje coraz więcej budynków, a zaczyna brakować miejsca na przyrodę i zielen. Tereny biologicznie czynne są ważnym elementem przyjaznego kształtowania krajobrazu miejskiego. Pośród betonowych i szklanych budynków czasami bardzo trudno znaleźć miejsce dla trawnika czy drzewa. Problematyce tej poświęca się coraz więcej uwagi. W mieście ważne jest, aby stworzyć korzystny mikroklimat do życia dla człowieka (Susca, 2019).

Podstawowym problemem są ogromne ilości zanieczyszczeń generowanych do atmosfery przez miasto (spaliny czy ogrzewanie domów zimą) negatywnie wpływających na zdrowie oraz samopoczucie mieszkańców. Każda powierzchnia zielona na dachach czy ogrodach wertykalnych absorbuje toksyny i pył, filtrując przy tym zanieczyszczone powietrze w procesie fotosyntezy. Następuje również pochłanianie przez rośliny energii z otoczenia oraz chłodzenie powietrza. Dzięki zazielenieniu dachów można uzyskać optymalną temperaturę powietrza zarówno na zewnątrz, jak i wewnątrz budynku (Dunett & Kingsbury, 2004; Kania et al., 2013; Schmidt, 2010; Sookhan et al., 2018). Powierzchnie pokryte betonem i tym podobnymi materiałami sprawiają, że ciepło kumuluje się i powoduje tzw. miejskie wyspy ciepła (Kania et al., 2013; Köhler & Kaiser, 2019; Pawłowicz, 2010; Velazquez, 2005). Miasto potrzebuje zieleni, aby powietrze mogło być przez nią nawilżane i dotleniane. Korony drzew i zieleńce mogą poza tym stanowić enklawę dla owadów i drobnych zwierząt, co również korzystnie wpłynie na samopoczucie człowieka (Baumann, 2006; Brenneisen, 2006; İnan, 2019; Kowalczyk, 2011; McDonough, 2005).

W obliczu wzrastających cen gruntu projektanci zmuszeni są do ekonomicznego projektowania. Wykorzystują każdy kawałek powierzchni w sposób wielofunkcyjny oraz poszukują niestandardowych rozwiązań, aby mieszkańcy mieli kontakt z naturą (Hopkins & Goodwin, 2011; Szczepański, 2010). Coraz powszechniejsze staje się zazielenianie i tworzenie miejsc do rekreacji i wypoczynku na istniejących tarasach oraz dachach budynków mieszkalnych i garaży wielostanowiskowych. W wielu rozwiniętych państwach na świecie, takich jak: Niemcy, Szwajcaria, Wielka Brytania, USA, Kanada czy Japonia, zielone dachy są ważnym elementem planowania przestrzennego. Od lat w tych krajach dąży się do niwelowania za pomocą zielonych dachów i fasad negatywnych skutków działań antropogenicznych, wpływających na środowisko oraz człowieka. Dla przykładu: w Niemczech można zauważyć efekty dużego zainteresowania technologią zielonych dachów. Wiele ich powstało pod koniec XX wieku (Katz, 2003; Kolb & Schwarz, 1999; Piątek-Kożuchowska 2010) i istnieją do dzisiaj.

Wielu autorów na świecie podejmuje tematykę dachów zielonych w swoich publikacjach. W tabeli 1 przedstawiono wybrane publikacje od 2019 roku, które reprezentują różne dziedziny nauki, a dotyczą zieleni na dachach (tab. 1).

Tabela 1. Zestawienie wybranych pozycji literatury poruszającej problem dachów zielonych
(*opracowanie własne*)

Autor/autorzy	Tytuł	Poruszana problematyka
1	2	3
Cutter, S.	Adapting a green roof in Tucson, Arizona	zielone dachy w gorącym i suchym klimacie
Hewitt, C.N., Ashworth, K., & MacKenzie, A.R.	Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ)	poprawa jakości powietrza
Harada, Y., Whitlow, T.H., Russell-Anelli, J., Walter, M.T., Bassuk, N.L., & Rutzke, M.A.	The heavy metal budget of an urban rooftop farm	kumulowanie metali ciężkich na dachach zielonych
Cai, L., Feng, X.P., Yu, J.Y., Xiang, Q.C., & Chen, R.	Reduction in carbon dioxide emission and energy savings obtained by using a green roof	korzyści ekologiczne
Jie, F., & Zhang, G.	Application of BIM in urban rainwater operation and maintenance	BIM w zarządzaniu wodą opadową
Pradhan, S., Al-Ghamdi, S.G., & Mackey, H.R.	Greywater recycling in buildings using living walls and green roofs: A review of the applicability and challenges	recykling wody szarej w budynkach
Semeraro, T., Aretano, R., & Pomes, A.	Green roof technology as a sustainable strategy to improve water urban availability	redystrybucja świeżej wody
Ciriminna, R., Meneguzzo, F., Pecoraino, M., & Pagliaro, M.	Solar green roofs: A unified outlook 20 years on	dachy funkcjonalne z żywą roślinnością i modułami fotowoltaicznymi
Tran, S., Lundholm, J.T., Staniec, M., Robinson, C.E., Smart, C.C., Voogt, J.A., & O'Carroll, D.M.	Plant survival and growth on extensive green roofs: A distributed experiment in three climate regions	zasady pielęgnacji i wydajności roślin zależne od klimatu
Cruz de Carvalho, R., Varela, Z., do Paço, T.A., & Branquinho, C.	Selecting potential moss species for green roofs in the Mediterranean Basin	dobór odpowiedniej roślinności
Jusselme, M.D., Pruvost, C., Motard, E., Giusti-Miller, S., Frechault, S., Alphonse, V., & Mora, P.	Increasing the ability of a green roof to provide ecosystem services by adding organic matter and earthworms	dach zielony jako ekosystem
Paço, T.A., Cruz de Carvalho, R., Arsénio, P., & Martins, D.	Green roof design techniques to improve water use under Mediterranean conditions	nawadnianie dachów zielonych w suchym klimacie
Manning, K.M.	Understanding biodiversity services in urban and analogous natural systems: the case of green roofs	funkcjonowanie owadów na dachach zielonych
Fiori, M., Poli, T., Mainini, A.G., Cadena, J.D.B., Speroni, A., & Bocchiola, D.	Assessing water demand of green roofs under variants of Climate Change Scenarios	ekologiczne podłoża z odpadów przemysłowych

1	2	3
Heikkinen, A., Nieminen, J., Kujala, J., Mäkelä, H., Jokinen, A., & Lehtonen, O.	Stakeholder engagement in the generation of urban ecosystem services	interdyscyplinarne podejście do ekosystemów miejskich (w tym dachów zielonych)
Suppakittpaisarn, P., Larsen, L., & Sullivan, W.C.	Preferences for green infrastructure and green storm water infrastructure in urban landscapes: Differences between designers and laypeople	spojrzenie na projektowanie dachów zielonych: projektanci kontra laicy
Phoomirat, R., Akkaphiphat, J., & Dumrongrojwathana, P.	Board game for collective learning on green roof ecosystem services	popularyzacja wiedzy na temat dachów zielonych
Everett, G., & Lamond, J.	Green roof perceptions: Newcastle, UK CBD owners/occupiers	odbiór społeczny dachów zielonych
Mesimäki, M., Hauru, K., & Lehvävirta, S.	Do small green roofs have the possibility to offer recreational and experiential benefits in a dense urban area? A case study in Helsinki, Finland	funkcje rekreacyjne dachów zielonych
Williams, K.J., Lee, K.E., Sargent, L., Johnson, K.A., Rayner, J., Farrell, C., & Williams, N.S.	Appraising the psychological benefits of green roofs for city residents and workers	korzyści psychologiczne
Mahdiyar, A., Tabatabaee, S., Durdyev, S., Ismail, S., Abdullah, A., & Rani, W.N.M.W.M.	A prototype decision support system for green roof type selection: A cybernetic fuzzy ANP method	wspomaganie podejmowania decyzji dotyczących wyboru typu zielonego dachu
Korol, E., & Shushunova, N.	Multi-criteria evaluation of the organizational and technological options for green roof systems installation	ocena wyboru technologii i organizacji budowy dachu
Shin, E., & Kim, H.	Benefit-cost analysis of green roof initiative projects: The case of Jung-gu, Seoul	koszty budowy zielonych dachów
Pushkar, S.	Modeling the substitution of natural materials with industrial byproducts in green roofs using life cycle assessments	wykorzystanie materiałów przemysłowych do budowy dachów zielonych
Cascone, S.	Green roof design: State of the art on technology and materials	materiały i technologie w budowie dachów zielonych
Allen, E., & Iano, J.	Fundamentals of building construction: materials and methods	materiały do konstruowania dachów zielonych
Xuan, Q., Li, G., Lu, Y., Zhao, B., Zhao, X., & Pei, G.	The design, construction and experimental characterization of a novel concentrating photovoltaic/daylighting window for green building roof	inne rozwiązania konstrukcyjne na dachach zielonych
Giannopoulou, M., Roukouni, A., & Lykostratis, K.	Exploring the benefits of urban green roofs: a GIS approach applied to a Greek city	zastosowanie GIS w badaniu dachów zielonych
Zhao, X., Zuo, J., Wu, G., & Huang, C.	A bibliometric review of green building research	badania literatury na temat zielonych dachów

1. Przegląd przepisów i wytycznych

Ustawa Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001, Nr 62, poz. 627) w art. 3, ust. 8 wprowadza pojęcie kompensacji przyrodniczej, która ma za zadanie m.in. tworzenie skupisk roślinnych oraz przeprowadzenie działań w kierunku przywrócenia równowagi przyrodniczej na danym obszarze. W Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2019, poz. 1065) w art. 3 ust. 22 mówi się o powierzchni terenu biologicznie czynnej, do której m.in. zalicza się 50% sumy nawierzchni tarasów i stropodachów o powierzchni nie mniejszej niż 10 m², urządzonych tak, aby zapewniona była naturalna vegetacja roślin i retencja wód opadowych. Z powyższego wynika, że zrealizowanie zielonego dachu stanowi kompensację przyrodniczą w rozumieniu formalnoprawnym. Również w Miejscowych Planach Zagospodarowania Przestrzennego (MPZP) często można znaleźć zapisy dotyczące powierzchni, jaka ma być przeznaczona na zielen. Dachy i fasady zielone mogą stanowić i często stanowią jedyną alternatywę na sprostanie tym wymaganiom.

Jak zakłada Prawo budowlane, budowa dachu zielonego jest równoznaczna z wykonaniem robót budowlanych. Stanowi to przeciwieństwo do organizowania zieleni poza obiektem budowlanym. Wynika to z tego, że zielony dach jest nierozłączną częścią budynku lub budowli, tak jak innego rodzaju dachy i stropodachy (Kania et al., 2013). Przepisy, które stosuje się w trakcie projektowania i wykonawstwa tego typu inwestycji, to głównie ustawy: Prawo budowlane, Prawo ochrony środowiska i przepisy wykonawcze (Rabiński, 2011a; Rabiński, 2011b).

Inwestor najczęściej stawia na proste i ekonomiczne rozwiązania, gwarantujące poza trwałością również przyjemne doznania estetyczne.

W Polsce brakuje norm, służących projektowaniu zielonych domów. Projektanci w kwestii konstrukcji i wykonawstwa dachów zielonych posilkują się np. normami niemieckimi, które określają, jak zaprojektować i prawidłowo utrzymywać zielony dach, np.:

- DIN 18531 (niem. Dachabdichtungen - Abdichtungen für nicht genutzte Dächer - Teil 1: Begriffe, Anforderungen, Planungsgrundsätze) - Hydroizolacja dachów - Część 1: Terminy i definicje, wymagania, zasady projektowania
- DIN 18195 (niem. Bauwerksabdichtungen Teil 1: Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten) - Hydroizolacja budynków - Część 1: Zasady, definicje, przypisanie typów hydroizolacyjnych
- DIN 18916 (niem. Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Pflanzen und Pflanzarbeiten) - Technologia vegetacji w architekturze krajobrazu: rośliny i ich pielęgnacja.

Dotyczą one takich aspektów projektowania, jak: planowanie hydroizolacji czy warstw drenujących. Zawierają również wytyczne Niemieckiego Towarzystwa Naukowo-Badawczego Krajobrazu i Rolnictwa (FLL) (Baryła, 2019; Köhler, 2012).

2. Zasady konstruowania dachu i doboru materiałów

Zielone dachy mogą być stosowane w nowo projektowanych budynkach, tworząc powierzchnie biologicznie czynną. W przypadku gdy budynek sytuowany jest w terenie mocno zabudowanym, działanie takie rozwiązuje problem zapewnienia wymaganej zieleni na powierzchni terenu. System dachów zielonych można również z powodzeniem zastosować na konstrukcjach stropów i dachów już istniejących budynków.

Dach zielony jest strukturą wielowarstwową. Złożoność tej konstrukcji uzależniona jest od przeznaczenia. Na dachach można spotkać rozwiązania od najprostszych lokalizowanych na budynkach prywatnych po bardzo zaawansowane, w przypadku gdy realizowane są dachy w formie ogrodu rekreacyjnego na budynku użyteczności publicznej. Podstawowe warstwy to (Błaszczczyński, 2014): warstwa roślinna, podłoże, warstwa filtrująca, warstwa drenażowa, warstwa separacyjno-ochronna (przeciwwkorzeniowa) i warstwa wodoszczelna. W przypadku stropodachu tradycyjnego pełnego instaluje się pod nią dodatkowo termoizolację i paroizolację. W stropodachu odwróconym termoizolacja znajduje się pomiędzy warstwą ochrono-przeciwwkorzeniową a pełniącą również rolę paroizolacji warstwą hydroizolacyjną.

Kluczowym warunkiem, jaki musi spełniać konstrukcja, w obu przypadkach, jest jej wystarczająca nośność. Poza tym musi ona być lekka i stabilna. Konieczne jest także zapewnienie dobrej izolacji termicznej i przeciwwilgociowej. Konstrukcja może być w różnych przypadkach grubsza lub cieńsza. Uzależnione jest to od typu użytkowego dachu zielonego. Poza tym może wystąpić zróżnicowany układ warstw czy dobór materiałów. Muszą się one charakteryzować podwyższonymi parametrami technicznymi w stosunku do materiałów zastosowanych w przypadku dachów odkrytych (Pinheiro et al., 2019; Sokołowska & Krajczyński, 2004).

Główną wadą dachów i fasad zielonych jest ich ciężar, dlatego aby odciążać konstrukcję nośną, dostępne na rynku są różne mieszanki substratów glebowych na założenie tzw. dachu ekstensywnego. Są to lekkie i łatwe w pielęgnacji konstrukcje nieprzeznaczone do stałego użytkowania. Ich założenie wiąże się z niewielkim kosztem budowy i pielęgnacji. Mają one wysoką wartość ekologiczną i niskie wymogi pielęgnacyjne. Na dachach ekstensywnych sadi się przede wszystkim rozchodniki, mszaki i trawy. Cechy te stały się zachętą do ich zakładania na terenach osiedlowych (Piątek-Kożuchowska, E. 2010; Smith et al., 2006; Villarreal & Bengtsson, 2005).

Innym typem jest dach intensywny. Jest to dach płaski i cięższy od poprzedniego - nazywany również ogrodem dachowym. Jego utrzymanie wymaga wiele czasu i pracy. Jego główną zaletą jest to, że może zostać tak zagospodarowany, aby pełnić różne funkcje użytkowe. Na dachach tego typu można posadzić wiele gatunków roślin, krzewów, a nawet niewielkie drzewa ze specjalnie przystosowanym systemem korzeniowym (Hami et al., 2019; Kolb & Schwarz, 1999; Xie et al., 2018). Przykładowa roślinność na dach intensywny to np.: kostrzewa owcza, goździk kartuzek, krwawnik pospolity, bukszpan wiecznie zielony, dereń jadalny, jałowiec pospolity czy wierzba uszata.

Wykonując projekt dachu zielonego, ważne jest jego: nachylenie, obciążenia, system odwodnienia. Konieczne jest również jego zabezpieczenie od siły ssącej wiatru.

Na etapie projektowania dachu zielonego trzeba przede wszystkim przeliczyć wszystkie obciążenia statyczne. Nośność istniejących konstrukcji jest często ograniczeniem dla wykonania zielonego dachu na starym budynku. W przypadku projektowania nowego budynku ciężar, jaki należy przyjąć w obliczeniach, powinien uwzględniać wagę dachu nasyconego wodą, łącznie z gęstością objętościową substratu. Obciążenie zielenią dachu powinno być rozpatrywane jako dodatkowe. Podczas projektowania konieczne jest ustalenie grubości i frakcji materiałów, dobranie odpowiedniej termoizolacji. Ważna jest również prawidłowo zaprojektowana instalacja pozwalająca na odprowadzenie i retencję wody. Poza tym na wielkość obciążenia mają wpływ takie elementy, jak: siła ssąca wiatru, obciążenia dodatkowe, uzależnione od wysokości okapu ponad poziomem terenu i dachu, obciążenie od śniegu oraz rodzaj dachu.

Dachy zielone w niektórych przypadkach projektuje się na konstrukcji drewnianej. Jednak najczęściej konstrukcję nośną stanowi strop żelbetowy lub podkład z blachy trapezowej. Nośność poszczególnych elementów konstrukcji podłoża powinno dobierać się ze względu na wartości obciążeń użytkowych, które mogą się zmieniać w zakresie od około 1,3 nawet do 12 kN/m². Ta ostatnia wartość dotyczy dachu o bardzo rozbudowanej funkcji i strukturze (Błaszczński, 2014).

Prawidłowo zaprojektowany dach zielony nie powinien oddziaływać negatywnie na pozostałe elementy budynku. Wypełnienie tych warunków zapewni bezpieczeństwo budowli, na której dach zlokalizowano.

Ważnym aspektem przy projektowaniu dachu zielonego jest kąt nachylenia połączenia dachowej. Obecnie na rynku są dostępne materiały i technologie, które pozwalają na realizację zielonego dachu przy spadku od 0° do 45°.

Dachy o zerowym kącie nachylenia połączenia można zazieleniać jedno- i wielowarstwowo. Stosując system jednowarstwowy, wysokość warstwy podłoża musi być tak dobrana, aby roślinność posiadała odpowiednią przestrzeń dla rozwoju korzeni i nie zawierała stojącej wody. Lepszym rozwiązaniem jest wykonanie dachu zielonego w systemie wielowarstwowym. W tym przypadku należy zadbać, aby warstwa odsączająca wystawała co najmniej 1 cm ponad przewidywane spiętrzenie wody. Równocześnie warstwa wegetacyjna nie może mieć kontaktu z wodą stojącą (Dunett & Kingsbury, 2004; Stifter, 1988).

Optymalny i rekomendowany spadek dachu to 1 do 3° (dla użytkowania ekstensywnego i intensywnego). Takie warunki nie grożą spiętrzeniem wody. Zaprojektowanie warstwy drenażowej o zwiększonej grubości w celu odprowadzania wody jest obowiązkowe, jeżeli zieleni uprawy ekstensywnej jest projektowana na dachu o pochyleniu mniejszym niż 2%. Dach intensywny z nawodnieniem zastoinowym wykonuje się bez jakiegokolwiek nachylenia. Dozwolone jest zazielenianie dachów o większym nachyleniu, ale wyłącznie roślinami niskimi. Kąt nachylenia połączenia może wynosić nawet 30°, jednak pod warunkiem zabezpieczenia dachu przed możliwym osuwaniem się warstw.

Projektując dachy zielone o nachyleniu powyżej 5°, nie ma obowiązku stosowania mat drenażowych ani drenaży sypkich. Przy spadkach powyżej 15° stosuje się specjalne systemy zabezpieczające przed osuwaniem, takie jak np.: siatka progów rozłożona po obu stronach kalenicy, nośniki przeciwslizgowe przymocowane w strefie rynny dachowej, siatki ze stalowych lin lub materiały izolacyjne z ukształtowanymi progami.

Następnym problemem jest odwodnienie dachu zielonego. Woda jest konieczna do wegetacji roślin, jednak jej nadmiar może im zaszkodzić. Dlatego bardzo ważne jest prawidłowe zaplanowanie systemu odprowadzania wody, składającego się z: wypustów zewnętrznych i wewnętrznych, rzygaczy, rynien dachowych oraz niezbędnej instalacji przelewów awaryjnych. Prawidłowy spływ wody z całej powierzchni zielonego dachu powinna zapewnić reprofilacja podłoża (nadanie spadku 2% w kierunku wypustów). Istotnym elementem w realizacji dowolnej konstrukcji dachu zielonego są wpusty dachowe służące do odprowadzenia nadmiaru wody. Zależnie od rodzaju struktury zielonego dachu do odprowadzenia nadmiaru wody stosuje się: metodę grawitacyjną, metodę podciśnieniową lub przepusty w attyce (Köhler, 2010; Oberndorfer et al., 2007).

Nie bez znaczenia jest możliwość, jaką dają dachy zielone w kierunku zmniejszenia ilości wody opadowej odprowadzanej do kanalizacji. Zależnie od rodzaju konstrukcji zielonego dachu oraz materiałów możliwa jest średnia retencja w granicach 50-60% w ciągu roku (Kolb & Schwarz, 1999; Szajda-Birnfeld et al., 2012). Możliwe jest również magazynowanie wody przez dach, co zależy od jego konstrukcji (Katz, 2003; Palla & Gnecco, 2018).

Podsumowanie i wnioski

Od wielu lat głównym celem współczesnych urbanistów, architektów i projektantów jest zapewnienie komfortu życia w mieście. Wiąże się to z poszukiwaniem nowych rozwiązań i alternatyw we współczesnym budownictwie.

Dachy zielone zaprojektowane na terenach miejskich pozwalają na: odzyskanie terenów zielonych na zabudowanej przestrzeni, poprawę estetyki i krajobrazu miejskiego, poprawę jakości powietrza, retencjonowanie wody opadowej i odciążenie systemów kanalizacji miejskiej, redukcję efektu miejskiej wyspy ciepła i potrzeb energetycznych budynku, poprawę izolacyjności akustycznej budynku, uzyskanie dodatkowych terenów dla funkcji rekreacyjnej i bioróżnorodności w mieście, a przede wszystkim poprawę komfortu życia mieszkańców.

Aby dachy zielone dobrze spełniały swoje funkcje, konieczne jest, aby konstrukcja dachu i instalacje na nim były bezpieczne w użytkowaniu. Ważne jest, aby można było przeprowadzać bez przeszkód zabiegi pielęgnacyjne i konserwatorskie. Dbanie o należyty stan techniczny i estetyczny dachu są konieczne, aby dach mógł spełniać swoje zadanie.

Należy brać pod uwagę fakt, że wykonanie zielonego dachu nie zawsze jest możliwe, szczególnie na istniejących obiektach. W takim przypadku można rozważyć zaplanowanie takiego dachu na innym pobliskim obiekcie lub wykonanie

zielonych ścian. Mogą one stanowić odrębne wolno stojące obiekty lub być zaprojektowane na istniejących fasadach.

Prowadzi to do zmniejszenia udziału terenów biologicznie czynnych, pogorszenia jakości powietrza i mikroklimatu oraz do zmniejszenia bioróżnorodności. W celu utrzymania niezmienności ekologicznej na terenach zurbanizowanych konieczne jest znalezienie nowych sposobów na wprowadzenie zieleni do miast. W Polsce ważnym elementem służącym kształtowaniu polityki ekologicznej jest prawo lokalne. Miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego (MPZP) narzucają inwestorowi zazielenianie średnio 15-30%, w skrajnych przypadkach nawet do 50% powierzchni przewidzianej pod zabudowę. Nałożony wymóg prawny przywracania przestrzeni biologicznie czynnej w ośrodkach miejskich oraz wzrost cen gruntów budowlanych wpływają niepodważalnie na coraz większą popularność zielonych dachów i fasad. Budowa takiego terenu zielonego może również wpłynąć na atrakcyjność oferty deweloperskiej i większe zainteresowanie lokalami znajdującymi się w budynku z zielonym dachem.

Bibliografia

- Allen, E. & Iano, J. (2019) *Fundamentals of Building Construction: Materials and Methods*. John Wiley & Sons.
- Baryła, A.M. (2019) *Role of drainage layer on green roofs in limiting the runoff of rainwater from urbanized areas*. Journal of Water and Land Development, 41(1), 12-18.
- Baumann, N. (2006) *Ground-nesting birds on green roofs in Switzerland: Preliminary observations*, Urban Habitats, 4, 37-50.
- Błaszczczyński, T. (2014) *Dachy podstawy projektowania i wykonawstwa*. Wrocław, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne.
- Brenneisen, S. (2006) *Space for urban wildlife: Designing green roofs as habitats in Switzerland*, Urban Habitats 4, 27-36.
- Cai, L., Feng, X.P., Yu, J.Y., Xiang, Q.C. & Chen, R. (2019) *Reduction in carbon dioxide emission and energy savings obtained by using a green roof*. Aerosol and Air Quality Research, 19, 2432-2445.
- Cascone, S. (2019) *Green roof design: State of the art on technology and materials*. Sustainability, 11(11), 3020.
- Ciriminna, R., Meneguzzo, F., Pecoraino, M. & Pagliaro, M. (2019) *Solar green roofs: A unified outlook 20 years on*. Energy Technology, 7(6), 1900128.
- Cruz de Carvalho, R., Varela, Z., do Paço, T.A. & Branquinho, C. (2019) *Selecting potential moss species for green roofs in the Mediterranean Basin*. Urban Science, 3(2), 57.
- Cutter, S. (2019) *Adapting a green roof in Tucson, Arizona* (Doctoral dissertation, The University of Arizona).
- Dunett, N. & Kingsbury, N. (2004) *Planting Green Roofs and Living Walls*. Portland, Timber Press.
- Everett, G. & Lamond, J. (2019) *Green roof perceptions: Newcastle, UK CBD owners/occupiers*. Journal of Corporate Real Estate.
- Fiori, M., Poli, T., Mainini, A.G., Cadena, J.D.B., Speroni, A. & Bocchiola, D. (2020) *Assessing Water Demand of Green Roofs Under Variants of Climate Change Scenarios*. In: Regeneration of the Built Environment from a Circular Economy Perspective (pp. 375-380). Springer, Cham.
- Hami, A., Abdi, B., Zarehaghi, D. & Maulan, S.B. (2019) *Assessing the thermal comfort effects of green spaces: A systematic review of methods, parameters, and plants' attributes*. Sustainable Cities and Society, 101634.

- Harada, Y., Whitlow, T.H., Russell-Anelli, J., Walter, M.T., Bassuk, N.L. & Rutzke, M.A. (2019) *The heavy metal budget of an urban rooftop farm*. Science of the Total Environment, 660, 115-125.
- Heikkinen, A., Nieminen, J., Kujala, J., Mäkelä, H., Jokinen, A. & Lehtonen, O. (2019) *Stakeholder Engagement in the Generation of Urban Ecosystem Services*. Leading Change in a Complex World: Transdisciplinary Perspectives.
- Hewitt, C.N., Ashworth, K. & MacKenzie, A.R. (2020) *Using green infrastructure to improve urban air quality (GIAQ)*. Ambio, 49(1), 62-73.
- Hopkins, G. & Goodwin, Ch., (2011) *Living Architecture. Green Roof and Walls*. Collingwood Australia, Csiro Publishing.
- İnan, H. (2019) *Green Roofs and Urban Life Sustainability*. In: Recycling and Reuse Approaches for Better Sustainability. Springer, Cham, (pp. 151-161).
- Jie, F. & Zhang, G. (2019) *Application of BIM in Urban Rainwater Operation and Maintenance*.
- Jusselme, M.D., Pruvost, C., Motard, E., Giusti-Miller, S., Frechault, S., Alphonse, V. & Mora, P. (2019) *Increasing the ability of a green roof to provide ecosystem services by adding organic matter and earthworms*. Applied Soil Ecology, 143, 61-69.
- Kania, A., Mioduszewska, M., Płonka, M., Rabiński, A.J., Skarżyński, D., Walter, E. & Weber-Siwicka M. (2013) *Zasady projektowania i wykonywania zielonych dachów i żyjących ścian. Poradnik dla gmin*. Kraków, Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”.
- Katz, G. (2003) *Costs and financial benefits of green buildings*. Report to California’s Sustainable Building Task Force, Sacramento.
- Kolb, W. & Schwarz T. (1999) *Dachbergrünung intensiv und extensiv*. Stuttgart.
- Köhler, M. (2010) *Zielone dachy i ściany zagospodarowanie wód opadowych w mieście*. Dachy Zielone, 3, 52-55.
- Köhler, M. (2012) *Handbuch Bauwerksbegrünung*, Köln, Rudolf Müller.
- Köhler, M. & Kaiser, D. (2019) *Evidence of the Climate Mitigation Effect of Green Roofs*. A 20-Year Weather Study on an Extensive Green Roof (EGR) in Northeast Germany. Buildings, 9(7), 157.
- Korol, E. & Shushunova, N. (2019, February). *Multi-Criteria Evaluation of the Organizational and Technological Options for Green Roof Systems Installation*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 471, No. 8, p. 082011). IOP Publishing.
- Kowalczyk, A. (2011) *Zielone dachy szansą na zrównoważony rozwój terenów zurbanizowanych*. Uniwersytet Warszawski, Zrównoważony Rozwój - Zastosowania nr 2, 66-81.
- Mahdiyari, A., Tabatabaee, S., Durdyev, S., Ismail, S., Abdullah, A. & Rani, W.N.M.W.M. (2019) *A prototype decision support system for green roof type selection: A cybernetic fuzzy ANP method*. Sustainable Cities and Society, 48, 101532.
- Manning, K.M. (2019) *Understanding biodiversity services in urban and analogous natural systems: the case of green roofs*.
- Mesimäki, M., Hauru, K. & Lehvävirta, S. (2019) *Do small green roofs have the possibility to offer recreational and experiential benefits in a dense urban area? A case study in Helsinki, Finland*. Urban Forestry & Urban Greening, 40, 114-124.
- McDonough, W. (2005) *Green Roofs: Ecological Design and Construction*. Atglen PA, A Schiffer Design Book.
- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R.R., Doshi, H., Dunnett, N. & Rowe, B. (2007) *Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services*. BioScience, 57(10), 823-833.
- Paço, T.A., Cruz de Carvalho, R., Arsénio, P. & Martins, D. (2019) *Green roof design techniques to improve water use under Mediterranean conditions*. Urban Science, 3(1), 14.
- Palla, A. & Gnecco, I. (2018) *Green Roofs to Improve Water Management*. In Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability, Butterworth-Heinemann, 203-213.

Green roofs as a friendly solution for the environment and people in urban areas

Abstract: Roofs are an integral part of buildings that shape the urban landscape. So much so that every day several hundred square meters are allocated for construction. This impacts already shrinking green areas, which could further lead to a deterioration of air quality, micro-climate, and overall biodiversity. In order to maintain a sustainable area of biologically active surfaces, it is essential to find new ways of introducing greenery into cities. One way is through preserving ecological immutability and reclaiming the built-in rooftop spaces that allow the creation of green roofs and façades on existing and newly designed buildings. Not only does it affect the building's environmental impact, but it also allows the use of such surface area in a multifunctional way. Designers faced with high prices of the land property market are seeking ecological and economical solutions. This innovative way allows direct contact with the natural environment within the urban community. The aim of the work is to present the problems related to roof tiles as a modern and ecological means. The paper contains a review of the literature and presents in a tabular format interesting items related to this issue.

Keywords: sustainable construction, biologically active area, urban green, green roofs