

dr inż. Barbara Ksit<sup>1\*)</sup>mgr inż. arch. Agata Pożegowiak<sup>2)</sup>

# Poliuretan jako materiał termoizolacyjny dachów kaskadowych

*Polyurethane as insulation material for cascade roofs*

DOI: 10.15199/33.2017.03.

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono koncepcje dachu kaskadowego – przybliżono aspekty historyczne oraz ideę zastosowania. Na przykładzie projektowym omówiono sposób zaadaptowania rozwiązania oraz wskazano przykładowe materiały do realizacji.

**Słowa kluczowe:** dach kaskadowy, dach zielony, transport wody opadowej, twarda płyta z pianki PIR.

**Abstract.** The article presents concepts cascade roof – brought closer to historical aspects and the idea of the application. On example of project discusses how to adapt solutions and identifies examples of materials for realization.

**Keywords:** cascade roof, green roof, rainwater's transport, hard slab of PIR.

Współcześnie coraz silniejszy nacisk kładzie się na udział zieleni w strukturze miejskiej, aby zrównoważyć intensywną zabudowę. Powstają więc parki miejskie oraz konieczny jest udział powierzchni biocynnej na działkach. Siędlisko człowieka, jakim jest miasto, powinno przenikać się z przyrodą i bardziej korzystać z jej możliwości – nie tylko w skali całego miasta, ale także indywidualnego obiektu budowlanego. Jako przykład przedstawiono w artykule rozwiązanie dachu zielonego wraz koncepcją kaskadowego systemu odwodnienia.

## Początki

Historia dachów kaskadowych sięga VII wieku p.n.e., kiedy powstał jeden z siedmiu cudów świata, a mianowicie Ogrody Semiramidy. Są one doskonałym przykładem, jak wykorzystywano wówczas wielopoziomowy układ do aranżacji zieleni. Takie rozwiązanie umożliwiło opracowanie systemu nawodnienia, który pozwala na optymalne wykorzystanie wody. Konstrukcja tarasów była tak opracowana, że umożliwiała zakorzenienie drzew. Wiszące ogrody są jednym z najmniej zbadanych cudów świata. Można jednak przypuszczać, że ukształtowane były z części wegetatywnej (nasyt ziemny ok. 2 m), części odsączającej i odprowadzającej (warstwa ołowiu, cegieł, smoły) oraz części nośnej (kamienne belki). Kaskadowy system utrzymywania wody wykorzystywany jest również w Chinach już od ok. 2500 lat. Pozwala on na zwiększenie powierzchni upraw i równomierne nawodnienie pól ryżowych. Układ tarasowy, wykorzystywany po dziś dzień, stanowi ekonomiczny system rozprówdzenia i zatrzymywania wody.

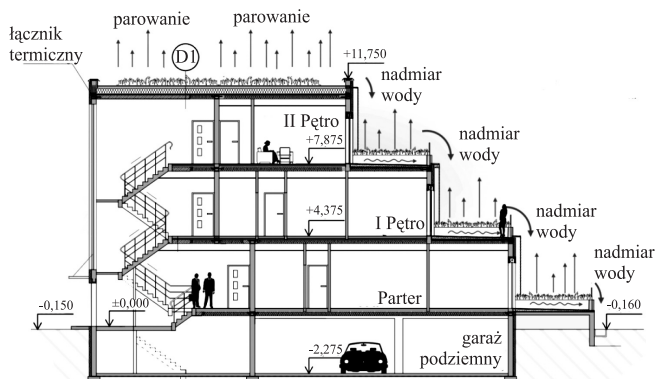
Dachy zielone, mimo że swoje początki mają w starożytnych rzymskich willach, zainteresowaniem cieszą się dopiero od XX wieku. Pierwszym budynkiem wysokim kojarzonym z dachem zielonym jest Rockefeller Center w Nowym Jorku, powstały w 1930 r. Obecnie technologia dachów zielonych jest coraz chętniej stosowana i rozwijana. Wśród da-

chów zielonych można rozróżnić dachy intensywne, ekstensywne oraz bagienne. [2]

## Przykładowy dach kaskadowy

Istota rozwiązania zostanie omówiona na przykładzie budynku wielorodzinnego z garażem podziemnym. Podstawowym elementem projektu jest dach zielony, którego zadaniem jest zebranie wody opadowej. W tym przypadku bardzo ważna jest bryła budynku ukształtowana w sposób tarasowy. Na rysunku 1 przedstawiono ideę funkcjonowania dachu kaskadowego: woda opadowa jest akumulowana na powierzchni dachu płaskiego, a jej nadmiar jest kolejno transportowany przez każdą kondygnację.

W projekcie uwzględniono oddzielny taras do każdego mieszkania (rysunek 2), który jest zarazem dachem niższej kondygnacji. Duże tarasy o powierzchni ok. 16 m<sup>2</sup> przyjmują dużą ilość wody, którą należy odprowadzić. Na obrzeżach każdego tarasu zaprojektowano „donice”, które w zasadzie pełnią funkcję rynien. Podobnie jak w przypadku dachu nad-



D1: mata retencyjna – 2 cm; substrat mineralny – 8 cm; geowłóknina filtracyjna – 0,3 cm; folia kubełkowa – 0,8 cm; folia PE x2; płyta PIR – 30 cm; folia PE; warstwa wyrównawcza (betonowa) – 2 cm; STROP SMART 20/60; płyta żelbetowa – 20 cm; sufit podwieszany – 30 cm; panele akustyczne na ruszcie stalowym – 2 cm

Rys. 1. Przekrój poprzeczny dachu kaskadowego [3]

Fig. 1. Cross-section of cascade roof

<sup>1)</sup> Politechnika Poznańska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

<sup>2)</sup> Wielkopolskie Przedsiębiorstwo Inżynierii Przemysłowej

<sup>\*)</sup> Adres do korespondencji: barbara.ksit@put.poznan.pl



**Rys. 2. Rzut mieszkania z tarasami [3]**  
Fig. 2. The apartment plan

miar opadu jest odprowadzany na niższą kondygnację oraz ostatecznie sprowadzany do płytkich zbiorników wodnych lub do kanalizacji deszczowej. Takie rozwiązanie ma za zadanie maksymalnie wydłużyć transport wody opadowej, aby umożliwić jej maksymalne wchłonięcie przez roślinność i odparowanie do atmosfery oraz minimalne obciążenie kanalizacji deszczowej.

Stworzenie współczesnego dachu kaskadowego wymaga wielu nowoczesnych rozwiązań. Podstawowe problemy to: ciężar i grubość warstw dachu oraz sposób transportu wody z zachowaniem izolacyjności termicznej przegród i połączeń. W projekcie przyjęto strop prefabrykowany, dlatego górna powierzchnia dachu nie powinna być nadmiernie dociążona. Skorzystano z rozwiązania systemowego dachu zielonego. Górna warstwa systemu wykonana jest z maty pętłkowej z drobnym substratem. Umożliwia to odpowiedni rozwój oraz zakorzenienie roślinności, którą stanowią mchy, rozchodniki oraz zioła kwitnące. Dzięki takiemu rozwiązaniu warstwy nie są nadmiernie wysokie i tym samym zbyt ciężkie (tabela).

Po zapewnieniu odpowiedniej nośności stropodachu, jednym z ważniejszych wymagań w świetle Warunków Technicznych jest izolacja termiczna. W projekcie budynku przyjęto jako izolację twardą płytę z pianki PIR, która jest trudnopalna (...) i charakteryzuje się małą emisją dymu (...), współczynnikiem przewodzenia ciepła wynoszącym ok. 0,023 [W/mK] oraz stabilizacją wymiarów w temperaturze ...20C

## Wnioski

Zaletą wybranej termoizolacji jest niewielki współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$ , który kształtuje się na poziomie ok. 0,023 [W/mK]. Kolejną zaletą jest stosunkowo duża twardość materiału, która przy dobrym współczynniku izolacyj-

## Zestawienie obciążeń dachu zielonego

Summary of green roof load

Kolejność warstw + dach	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN/m <sup>2</sup> ]	Współczynnik obciążenia $\gamma_f$	Obciążenie obliczeniowe [kN/m <sup>2</sup> ]
<b>Obciążenia stałe</b>				
1	Rozwiązanie systemowe dachu zielonego: – mata retencyjna – substrat mineralny 8 cm – geowłóknina filtracyjna 0,3 cm – folia kubelkowa 0,8 cm całość 150 kg/m <sup>2</sup>	1,5	1,35	2,03
2	Folia PE stabilizowana 2 x 0,45 [kN/m <sup>3</sup> ] · 0,002 [m]	0,0018	1,35	0,00024
3	Płyta twarda PIR 30 cm – 30 kg/m <sup>3</sup>	0,09	1,35	0,12
4	Folia PE stabilizowana 2 x 0,45 [kN/m <sup>3</sup> ] · 0,002 [m]	0,0018	1,35	0,00024
5	Warstwa wyrównawcza grubości 2 cm, 21,0 [kN/m <sup>3</sup> ] · 0,02 [m]	0,42	1,35	0,57
6	Strop 20 cm	2,90	1,35	3,92
7	Panele akustyczne na ruszcie stalowym	0,0018	1,35	0,00024
Razem obciążenia stałe		<b>4,90</b>	<b>1,35</b>	<b>6,62</b>
<b>Obciążenia zmienne</b>				
8	Obciążenie użytkowe kat H 0,4 [kN/m <sup>2</sup> ]	0,40	1,5	0,60
9	Obciążenie technologiczne	0,65	1,5	0,975
Razem obciążenia zmienne		<b>1,05</b>	<b>1,5</b>	<b>1,58</b>
Razem		<b>5,95</b>	–	<b>8,20</b>

ności umożliwia wykonanie dachu zielonego. Ponadto wybrany materiał nie jest szkodliwy dla człowieka przy bezpośrednim kontakcie i jest łatwy w montażu. Duży wybór producentów oferujących pianki PIR ułatwia ich dostępność. Ważną zaletą **płyt warstwowych PIR** jest możliwość połączenia z warstwą hydroizolacyjną na całej powierzchni, co pozwala uniknąć problemów z odprowadzeniem wody i tworzenia się zastoin. Wymienione zalety zdecydowały o zastosowaniu twardych płyt z pianki PIR jako elementu dachu kaskadowego.

## Literatura

- [1] Gaczek M., Józef Jasiczak, M. Kuiński, Monika Siewczyńska. 2011. *Izolacyjność termiczna i nośność murowanych ścian zewnętrznych. Rozwiązania i przykłady obliczeń*. Wydawnictwo Politechnika Poznańska.  
[2] Majdecki Longin, Anna Majdecka-Strzeżek. 2008. *Historia ogrodów. T. 1, Od starożytności po barok*. Warszawa. Wydawnictwo Naukowe PWN.  
[3] Pożegowiak Agata, Barbara Ksit. 2016. *Praca inżynierska pt. „Projekt konstrukcji budynku wielokondygnacyjnego z analizą materiału*. Politechnika Poznańska Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska.

Przyjęto do druku: 08.01.2017 r.