

Anna Stefańska  
Politechnika Warszawska

## PROJEKTOWANIE GENERATYWNE W ARCHITEKTURZE PAWILONÓW WYSTAWOWYCH

### Streszczenie

W XXI wieku interesujący kierunek rozwoju w architekturze to projektowanie generatywne i parametryczne. Dzięki możliwościom, jakie daje komputerowe wspomaganie projektowania, architekci coraz częściej sięgają po zaskakujące w swojej prostocie, lecz dotąd trudne pod względem obliczeniowym algorytmy matematyczne. Celem artykułu jest przedstawienie najnowszych trendów w poszukiwaniach inspiracji architektów w projektowaniu obiektów tymczasowych. Nierzadko tematyką przewodnią tych poszukiwań jest poszukiwanie inspiracji w przyrodzie. Analizując przykłady można dostrzec, że istotnym elementem w pracy architektów są niewielkie obiekty pawilonowe, które dają możliwość skupienia uwagi na konkretnych problemach oraz wprowadzaniu pewnych idei projektowych.

**Słowa kluczowe:** projektowanie generatywne, projektowanie interdyscyplinarne, obiekty tymczasowe, pawilony, morfogeneza.

### Wstęp

Wiek XXI jest okresem nieustannego rozwoju technologii, techniki, budownictwa i architektury. We współczesnym projektowaniu architektonicznym sam zmysł estetyczny oraz ogólna wiedza z zakresu teorii i praktyki są często niewystarczające. Architekci wciąż na nowo odkrywają interdyscyplinarne możliwości zaawansowanego projektowania. W związku z tym architektura zaczęła „zapożyczać” z innych dziedzin cyfrowe systemy generatywne. Zawód architekta po raz pierwszy nie sprowadza się tylko do kreowania funkcji i formy, ale także do głębszego zrozumienia różnorodnych procesów wpływających na powstawanie struktury obiektów budowlanych.

Pawilony, jako obiekty tymczasowe, są wdzięcznym tematem do tego typu rozważań, bardzo często nie tylko służą jako scena do czasowych wystaw, ale same są częścią scenografii. Co za tym idzie, są to jednak obiekty o bardzo krótkim życiu. „Stanowią fenomen współczesnej architektury, pozwalający traktować je jako swego rodzaju obiekty doświadczalne” (Kysiak 1998).

W coraz szybciej zmieniającym się środowisku architektonicznym, tempo zmian technologicznych, cyfrowych, inżynierskich oraz materiałowych wymaga testów na obiektach, których czas projektowania, jak i wznoszenia nie będzie za długi. Obiekty pawilonowe stanowią mały ułamek budowanych obiektów na świecie, a jednak stanowią ważny filar w projektowaniu architektonicznym, na równi z innymi obiektami inżynierskimi, takimi jak kładki, wieże obserwacyjne czy wiaty. Wiek XXI i najnowsze osiągnięcia techniki po-

zwalają niewielkim pawilonom stać się nie tylko elementem promocyjnym, ale również są swoistym architektonicznym gadżetem promującym konkretne wydarzenia czy umiejętności zastosowania nowatorskich metod komputerowego wspomaganie projektowania, co czyni je najbardziej interesującymi obiektami do analizy z wyżej wymienionych obiektów inżynierskich. Dzięki niewielkim rozmiarom i możliwościom szybkiej prefabrykacji stają się często poligonem doświadczalnym dla nowoczesnych technologii materiałowych, inżynierskich, projektowych. Niewielkich rozmiarów instalacje architektoniczne stanowią swego rodzaju rzeźby, stawiane początkowo jako obiekty tymczasowe, z czasem wtapiające się w tkankę otoczenia i stanowiące integralny element przestrzeni publicznej. Nierzadko taka architektura, dzięki akceptacji mieszkańców, staje się integralnym elementem przestrzeni publicznej na długie lata. Przykładem czasowych obiektów, które stają się rozpoznawalnym elementem przestrzeni są pawilony projektowane na uniwersytecie w Stuttgarcie. Studenci kolejnych roczników mają dostęp do laboratoriów, w których mogą z wykorzystaniem specjalistycznych programów generować optymalne rozwiązania.

W ostatnich latach w polskich ośrodkach uniwersyteckich również zauważa się trend projektowania obiektów pawilonowych jako mniej lub bardziej skomplikowanych struktur przestrzennych. Przykładem takiego rozwiązania może być pawilon zrealizowany na Politechnice

### Ilustracja 1

**Bioniczne pawilony ICD/ITKE Uniwersytetu w Stuttgarcie z lat: 1. 2012-2013, 2. 2013-2014, 3. 2011-2012, 4. 2014-2015**



**Ilustracja 2**

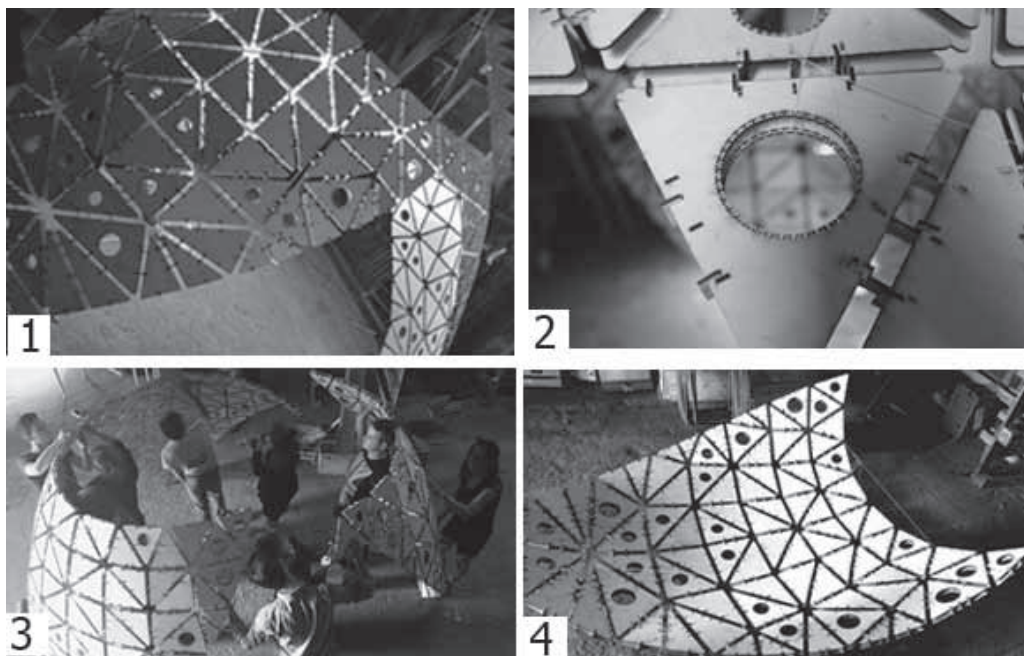
**Proces projektowania i efekt końcowy pawilony wykonywanego przez studentów architektury Politechniki Wrocławskiej w 2012 roku**



Źródło: www3.

**Ilustracja 3**

**Proces projektowania i składania elementów prefabrykowanych przez uczestników kursu Summer School 2016 w Gdyni**



Źródło: zdjęcia własne autora oraz uczestników kursu Summer school, sierpień 2016.

Wrocławskiej, w której studenci zapoznawani są z komputacyjnymi metodami projektowania: „Pawilon ma za zadanie zilustrować nowoczesne techniki projektowe takie jak dynamiczna relaksacja, optymalizacja topologiczna siatki połączeń, parametryczne struktury węzłów oraz cyfrową fabrykację przygotowaną na podstawie modelu 3D” (Jaworski 2012).

Kolejnym przykładem mogą być organizowane zajęcia letnie dla studentów architektury, na których uczą się podstaw projektowania parametrycznego i generatywnego, cyfrowego wspomagania wytwarzania, po czym mają możliwość zbudowania obiektów w skali rzeczywistej (pracownia: Architektura Parametryczna, założyciele: Adrian Krężlik, Kacper Radziszewski). Posługiwanie się generatywnymi narzędziami wprowadziło do sposobu projektowania wiele istotnych zmian, które w trakcie warsztatów były testowane. Model 3d projektu dostępny jest również *on-line* jako materiały powarsztatowe.

Są to wybrane przykłady wdrażania młodych architektów w projektowanie wspomagane komputerowo. Badania w kierunku zastosowania komputerowego wspomagania projektowania prowadzone są obecnie w większości ośrodków akademickich w Polsce.

## Komputacyjne wspomaganie projektowania

Architektura od czasów starożytnych podporządkowana była regułom logiki i geometrii. Współczesne analityczne projektowanie nie polega już na ukierunkowanie się na konkretny porządek, jest to bardziej estetyczno-wizualny proces, w którym niejednokrotnie posługiwanie się komputerowym wspomaganie projektowania staje się jedynym sposobem na osiągnięcie celu.

Przełom w XXI wieku, w sposobie projektowania, wynika ze zmiany tradycyjnego sposobu projektowania na wspomaganie komputerowo. W ostatnich latach, przy projektowaniu obiektów wyróżniających się i zastosowaniu nowatorskich technologii oraz bardzo zróżnicowanych struktur, tradycyjne metody obliczeń i sposobu projektowania były niewystarczające. Projektowanie wsparte metodami komputacyjnymi, wspomaganymi technologiami komputerowymi otworzyło przed projektantami wachlarz dotąd trudnych do osiągnięcia możliwości projektowych. „Odwróciła się ustalona przez wieki sekwencja: zamiast rysować rzuty definiujące wyobrażoną bryłę, tworzymy obiekty trójwymiarowe, które możemy przedstawić w dowolnej płaskiej projekcji. Algorytmiczna rzeczywistość niechętnie sięga do instrumentów ścisłego, w sensie matematycznym definiowania. (...) Dzięki wynalazkowi Pierra Beziera i parametryzacji opisu złożonych kształtów, modelujemy w sposób bardziej naturalny. Nie szukamy uogólnionej definicji, lecz przekształcamy, aż do osiągnięcia stanu, który zadowala zmysły” (Słyk 2012) Dzięki zastosowaniu powyższych technik architektura zyskuje na spontaniczności, a architekt zdobywa narzędzia do łatwego formowania obiektów. Taki sposób upodabnia projektanta do malarza czy rzeźbiarza, ale jednak odznacza się zdolnością do zachowania powtarzalności, czy możliwości przeprowadzania symulacji konstrukcyjnych, materiałowych.

Programami, które najczęściej służą architektom do pomocy przy tego typu projektach są Grasshopper, Generative Components, City Engine, CATIA (pierwotnie była stosowana w projektach dla przemysłu lotniczego), Midas Gen czy Revit.

Generowane w fazie projektowania parametrycznego oraz generatywnego obiekty „dostosowywały” się do warunków środowiska i wymogów przestrzennych oraz użytkownika nadzwyczaj efektywnie. Projektowanie parametryczne to proces, efektem którego jest zazwyczaj pojedyncza iteracja informacji geometrycznych oraz zachodzi hierarchiczność elementów. Po wykonywaniu pojedynczej iteracji, otrzymuje się parametryczny model, topologicznie statyczny, projektant ma jedynie wpływ na zmianę jego geometrii, rozpoczynając od pojedynczych komend, takich jak skalowanie czy rozciąganie, a kończąc na manipulowaniu wybranymi parametrami wyjściowymi obiektu. Podczas gdy projektowanie generatywne to proces wielokrotnych iteracji, najczęściej następuje dodawanie/odejmowanie elementów lub dzielenie na mniejsze elementy. Zastosowanie znalazły tutaj diagramy Voronoi czy triangulacja Delaunay’a.

We współczesnych poszukiwaniach inspiracji architekci korzystający z możliwości, jakie daje projektowanie parametryczne i generatywne bardzo często sięgają po wzory i algorytmy matematyczne. Wykorzystując łatwość, z jaką proste programy komputerowe są w stanie analizować zaawansowane wzory matematyczne i wygenerować niezliczoną liczbę rozwiązań projektowych.

## **Przykłady zastosowania algorytmów matematycznych w projektowaniu architektonicznym**

Algorytmy najczęściej wykorzystywane w projektowaniu architektonicznym to wspomniane już diagramy Voronoi, triangulacje Delaunay’a, ale również automaty komórkowe, algorytmy genetyczne, fraktale. Wszystkie te algorytmy pochodzą z obserwacji natury, albo są z nią powiązane.

Wraz ze wzrostem dostępności programów umożliwiających kreowanie form nieregularnych, wzrosło zainteresowanie formami bionicznymi. Obecnie prowadzone są liczne badania i próby odzwierciedlenia w architekturze nie tylko podobieństwa zewnętrznej formy, a więc kształtu organizmów przyrody żywej i nieożywionej, ale także próby odzwierciedlenia najbardziej złożonych struktur i procesów rozwojowych, które towarzyszą powstawaniu tych materiałów. Należy pamiętać o tym, że żywe struktury występujące w przyrodzie są złożonymi systemami, zdolnymi do kreowania skomplikowanych kształtów, działającymi na zewnętrzne bodźce środowiska, adaptujące się do zmieniających się warunków wewnętrznych. Inspiracja formami morfogenetycznymi nie sprowadza się jedynie do inspiracją kształtem, ale również wysoką wydajnością funkcjonalną, materiałową, czy energetyczną. Dopiero całością badań interdyscyplinarnych, a więc próbą poznania

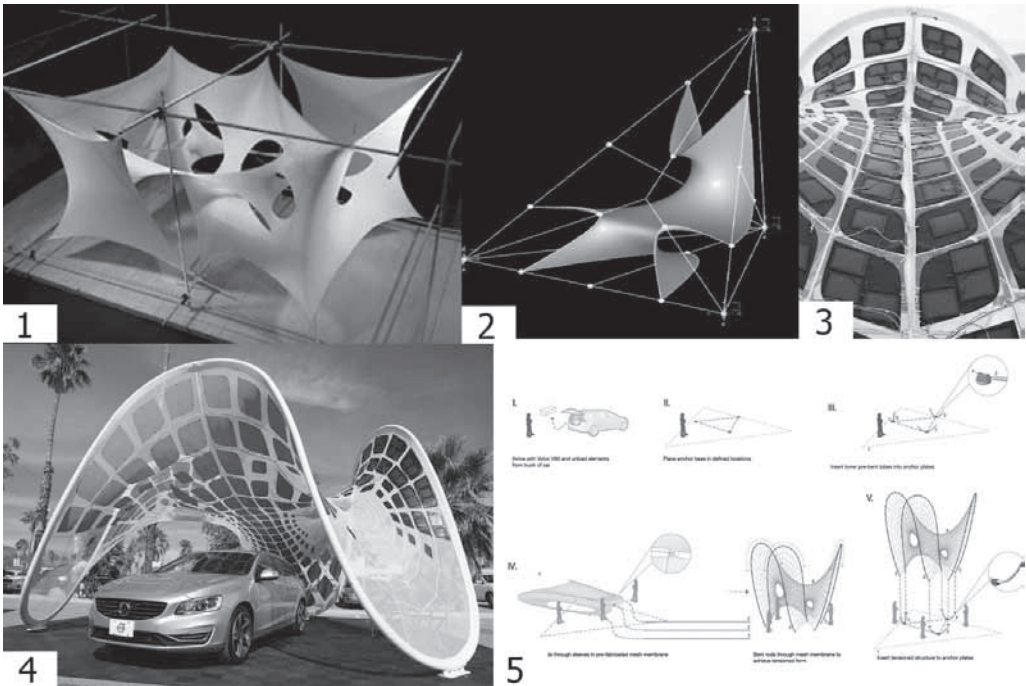
złożoności zachowań form bionicznych pozwala na przydatność morfogenezy w inżynierii. „W dobie dynamicznie rozwijających się technik cyfrowych, procesy biologiczne są wykorzystywane jako narzędzia do projektowania ekofektywnych form architektonicznych” (Gawell, Rokicki 2014).

Ważnym pojęciem w zagadnieniu morfogenezy jest „samoorganizacja”. Jest to biologiczny proces rozwoju systemu, bez udziału zewnętrznych źródeł. Za pomocą generatywnych narzędzi projektowania, połączonych z wielokrotną iteracją (zapętleniem) możliwe jest na przykład projektowanie fraktalne (krzywa Kocha czy paproć Barnsley’a), jak również drzewo pitagorejskie czy L-systemy.

Przykładem istniejących obiektów pawilonowych projektowanych zgodnie z trendem architektury biomimetycznej jest pawilon nonLin/Lin projektu Marca Fornesa. Jedyne taki

#### Ilustracja 4

1. Powierzchnia minimalna model rzeczywisty
2. Powierzchnia minimalna symulacja w programie Rhinoceros/Grasshopper
3. Detal paneli solarnych w pawilonie Volvo
4. Pawilon Volvo projekt Alvin Huang
5. Sposób montażu pawilonu



Źródło: 1: materiały własne; 2: (www5); 3, 4, 5: (www6).

egzemplarz znajduje się obecnie w FRAC Center w Orleanie we Francji. Pawilon ten nie tylko wizualnie naśladuje koralowce, ale również próbuje się do nich upodobnić na poziomie funkcjonowania. Forma tego pawilonu była generowana przy pomocy autorskich protokołów rachunkowych. Konstrukcję obiektu stanowi 6367 pasków drukowanych laserowo oraz 75 tys. nitów z białego aluminium.

Kolejnym przykładem zastosowania projektowania parametrycznego oraz wzorów algorytmicznych jest solarny pawilon Volvo, który ma służyć jako system do ładowania samochodów elektrycznych. Struktura zaprojektowanego pawilonu opiera się na propozycji pawilonu, w którym działają jedynie siły rozciągające, a zastosowana membrana, na której zamocowane są panele słoneczne, jest wykorzystaniem matematycznej minimalnej powierzchni. Dodatkowym atutem tego projektu jest możliwość łatwego montażu i demontażu pawilonu, dzięki czemu przy złożeniu mieści się w bagażniku samochodu, a zastosowanie lekkich materiałów ułatwia jego obsługę i ustawienie.

## Podsumowanie

Małe obiekty pawilonowe oraz pawilony wystawowe, jako niewielki ułamek projektowanych obiektów budowlanych, stanowią jednak ważny poligon dla rozwoju myśli architektonicznej w przełomie XX i XXI wieku. Dzięki niewielkim rozmiarom pawilonów stają się interesującym obiektem testów i prób multidyscyplinarnych w projektowaniu „łącząc” nie tylko architekturę z inżynierią i matematyką, ale również chemią czy bioniką. Przy wykorzystywaniu możliwości, jakie daje komputacyjne wspomaganie projektowania, podejmowane są próby odwzorowywania naturalnych praw działających w przyrodzie, przez tworzone algorytmy matematyczne.

## Bibliografia

- Burry J., Burry M.(2010), *The New Mathematics of Architecture*, Thames&Hudson, London.
- Rokicki W., Gawell E. (2014), *Morfogeneza w procesie kształtowania współczesnych form architektonicznych*, materiały pokonferencyjne VI Konferencji Naukowo-Technicznej ARCHBUD 2013 pt. *Problemy współczesnej architektury i budownictwa*”.
- Kysiak M. (1998), *Architektura pawilonów wystawowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Słyk J. (2012), *Źródła architektury informacyjnej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- (www1) <https://sketchfab.com/models/5fbc2e07a781495fa1a8a7221ca3718c> [dostęp: 15.07.2017]
- (www2) <http://icd.uni-stuttgart.de/> [dostęp:15.07.2017]
- (www3) <http://www.projektowanieparametryczne.pl/?p=1836&lang=pl> [dostęp:15.07.2017]
- (www4) <https://www.dezeen.com/2013/11/14/volvo-pure-tension-pavilion-charges-an-electric-car-by-synthesis-design-architecture/> [dostęp: 15.07.2017]

(www5) <http://www.food4rhino.com/app/minimal-surface-creator> [dostęp: 15.07.2017].

(www6) <https://www.dezeen.com/2013/11/14/volvo-pure-tension-pavilion-charges-an-electric-car-by-synthesis-design-architecture/> [dostęp: 15.07.2017].

## Generativ Designing in Architekture of Small Pavilions

### Summary

Nowadays we have a period of time when most powerful direction in contemporary architecture is generative and parametric designing. Thank to possibilities which give computer-aided desing, architects can reach more often for suprisingly simple free shaped structures which have not been possible jet. Since XXI century mathematic alghoritms have tent to be more architect friendly and can be used to design more biomimic forms. The aim of this article is to present leading-egde trends in finding inspirations in designing temporary buildings. The most common matter of searching is looking for the inspiration in living organisms. All pavilions which were analized had one thing in common, they were small. Thanks to their small sizes pavilions give opportunity to focus on particular designing problems in terms of specific mathematical solutions, while still being buildable architectural objects.

**Key words:** generativedesigning, ultidisciplinary designing, temporary buildnings, pavilions, morfogenesis.

Artykuł nadesłany do redakcji w październiku 2017 roku

© All rights reserved

Afiliacja:

mgr inż. arch. Anna Stefańska

Politechnika Warszawska

Wydział Architektury

ul. Koszykowa 55

00-659 Warszawa

e-mail: [anna.klara.stefanska@gmail.com](mailto:anna.klara.stefanska@gmail.com)