

DR INŻ. ARCH. CEZARY WAWRZYNIAK

Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach, Wydział Architektury, Budownictwa i Sztuk Stosowanych, ul. Rolna 43, 40-555 Katowice; e-mail: cezary.wawrzyniak@wst.com.pl

PRZYKŁADY INSPIRACJI TOPOLOGIĄ W ARCHITEKTURZE

DOI: 10.54264/0003

STRESZCZENIE

Celem artykułu jest przybliżenie podstawowych zagadnień związanych z topologicznym podejściem do projektowania. Artykuł stanowi przegląd wybranych obiektów architektonicznych, które powstały z inspiracji matematyczną topologią. Tłem dla analizy jest krótki opis podstaw topologii oraz wpływ matematyki, komputera i kultury na inspiracje architektów.

Trudno jest, bez wyraźnej deklaracji twórcy, jednoznacznie określić czy forma budynku została zaprojektowana z myślą o topologii matematycznej. Coraz więcej architektów wykorzystuje zagadnienia topologii na etapie projektowania budynku. Duży wpływ na podejście do projektowania w ostatnich dziesięcioleciach miał rozwój cyfrowych narzędzi projektowych. Pozwalają one na swobodne i ciągle zniekształcanie formy projektowanego obiektu.

SŁOWA KLUCZOWE

Topologia, projektowanie architektoniczne, cyfrowe narzędzia projektowe

Wprowadzenie

Matematyka powiązana jest z architekturą bezpośrednio i jej oddziaływaniu na architektów nie można zaprzeczyć. Wydawać by się mogło, że wpływ ten dotyczy przede wszystkim technicznej strony zawodu, ale matematyka silnie oddziałuje również na stronę kreatywną projektowania. Wiele aspektów życia i środowiska można opisać za pomocą zależności lub reguł matematycznych. Matematyka stanowi rodzaj opisu świata, który wpływa na kulturę danego czasu. Widoczne jest to w historycznych budynkach często tworzonych przez architektów-matematyków jak np. G. Guarini. Dodatkowo, stale rozwijające się, zdolności obliczeniowe i inżynierskie przesunęły kolejne granice możliwości konstrukcyjnych. Duży wpływ w ostatnich dziesięcioleciach na matematyczne narzędzia architekta miał rozwój cyfrowych narzędzi projektowych, które pozwalają na wykorzystywanie matematyki w komputerowych algorytmach, modelach czy symulacjach. Upowszechnienie i łatwiejszy dostęp do urządzeń o dużych mocach obliczeniowych ułatwił wykorzystywanie w projektowaniu inspiracji zagadnieniami matematycznymi takimi jak fraktale, emergencja czy topologia¹.

Celem artykułu jest przybliżenie podstawowych zagadnień związanych z topologicznym podejściem do projektowania oraz zaprezentowanie przykładów będących efektem takiego podejścia. Realizacje ukazują w jaki sposób użycie topologii wpływa na ostateczny układ obiektu. Artykuł stanowi przegląd wybranych obiektów architektonicznych, które powstały z inspiracji matematyczną topologią.

¹ Świerżawski J.: Science-Inspired Architecture [w:] Mielnik A. (red.): Defining the Architectural Space – The Myths Of Architecture Vol. 3, pp. 179-186

TOPOLOGIA

Topologia jest nauką o niezmiennych się własnościach obiektów podlegających transformacjom ciągłym. Transformacje te, zwane również homeomorficznymi, nie mogą rozcinać czy też rozrywać figury lub obiektu. Mogą ulegać zmianie odległości pomiędzy poszczególnymi „punktami” obiektu lecz sposób ich połączenia i kolejność nie mogą się zmieniać. Topologia bywa nazywana również nauką o ciągłości, a wspomniana wyżej transformacja oznacza, że przekształcenie jednego obiektu w inny zachowuje jego topologiczne właściwości². Obiekt traktowany jest jakby był zrobiony z elastycznej masy.

Mark i Jane Burry jako narodziny topologii opisują Zagadnienie Mostów Królewskich Leonharda Eulera, w którym rozważana była możliwość przejścia przez wszystkie 7 mostów Królewca tylko raz. Do rozważań nad problemem Euler korzystał z diagramu gdzie węzłami były masy lądu, a łączące je krzywe reprezentowały ścieżki. Układ taki można zapisać graficznie i często porównywany jest do rysowania koperty bez odrywania ołówka i powielania linii. Matematycznie układ pozostaje niezmienny nawet jeśli przy zachowaniu układu połączeń zmianie ulegną długości ścieżki i lokalizacje węzłów zachowując badane właściwości³.

Tego rodzaju graf może być zapisem zależności nie tylko przestrzennych. W architekturze określone zależności mogą posłużyć m.in. do generowania wielowariantowego transformowania form obiektu. Wykorzystanie topologii w architekturze na szerszą skalę stało się możliwe za sprawą komputeryzacji, animacji i NURBS, które umożliwiły obserwację zmian zachodzących w modelu w czasie rzeczywistym. Modelowanie oparte na topologii pozwala na zmianę geometrii prostego układu projektu i adaptowanie go do uwarunkowań (np. lokalnych) bez utraty integralności konceptu architektonicznego. Podejście polegające na przekształcaniu bezskalowych diagramów może służyć również do opisywania relacji pomiędzy elementami budowli i/lub aktywnością użytkowników. Grafy, a właściwie dualne (ich odwrotności) wykorzystywane są w projektowaniu systemowym np. do generowania funkcjonalnych układów pomieszczeń w budynku.

Wraz z postępującą cyfryzacją środowiska projektowego postępuje cyfryzacja i automatyzacja środowiska wykonawczego. Dzięki modelom 3D budowanym przez architektów możliwe jest wierne i w pełni powtarzalne „przeniesienie” projektowanej formy do rzeczywistości. Znaleźliśmy się w punkcie rozwoju pozwalającym na wierne modelowanie rzeczywistości w świecie cyfrowym (wierne w wystarczającym stopniu, ponieważ z definicji modelu wynika, że jest on zawsze uproszczonym odwzorowaniem rzeczywistości, uproszczenie stosuje ze względów ekonomicznych, technicznych lub zasadniczych i nie może ono wpływać na cel któremu model ma służyć) oraz na urzeczywistnianie budowanych cyfrowo modeli.

² Słyk J.: Źródła architektury informacyjnej, Warszawa, 2012, s.58-66

³ Burry J., Burry M.: The new Mathematics of Architecture, Londyn: Thames & Hudson LDT, 2012, t., pp. 156-161, 265.

Choć te metody pracy nie są nowe, to stale rośnie liczba projektantów sięgających po te narzędzia. Budowle których kształt wywodzi się z topologicznego przekształcania siatek prostych charakteryzują się ciągłością krzywoliniowych powierzchni. Takie nawiązanie kojarzy się z kształtami opisywanymi w topologii przy czym czasami nawiązanie jest bezpośrednie w nazwie obiektu lub w deklaracji architektów. Na inspiracje topologią wprost powołują się UN Studio w projektach Möbius House lub Arnhem Central⁴, inspiracje widoczne są też w projektach Zaha Hadid Architects czy u Franka Gehryego⁵. Należy zaznaczyć, że topologiczne ciągłe przekształcenia w architekturze nie są w pełni możliwe. Realizacja takiego projektu jest unieruchomionym efektem animowanego procesu. W związku z tym, często wątpliwe jest, czy gotowy już budynek ma z matematycznego punktu widzenia topologiczne cechy. Ważnym aspektem jest jednak inspirujący i stymulujący czynnik współczesnej matematyki i odwołania do jej zagadnień.

STUDIUM PRZYPADKU

Aby przybliżyć i scharakteryzować elementy związane z topologią w architekturze artykuł skupia się na studium przypadku przykładów. W artykule analizowane są 3 budynki użyteczności publicznej związanej z kulturą, w których w różny sposób widoczna jest inspiracja topologią. Obiekty powstały w latach 2000-2014 są to:

1. **Centrum Nauki Phaeno**, arch.: Zaha Hadid Architects, Wolfsburg, Niemcy 2000-2005
2. **Centre Pompidou w Metz**, arch.: Shigeru Ban Architects, Metz, Francja, 2003-2009
3. **Taichung Metropolitan Opera House**, arch.: Toyo Ito & Associates, Taichong, Tajwan, 2006-2014

Centrum Nauki Phaeno, arch.: Zaha Hadid Architects, Wolfsburg, Niemcy 2000-2005

Funkcja budynku	Centrum nauki, wystawiennicze
Architekt	Zaha Hadid Architects
Inżynieria	Adams Kara Taylor, London, UK Tokarz Freirichs Leipold, Hanover, Germany, Mayer Baehrle Freie Architekten BDA
Inwestor	City of Wolfsburg Ministry of Culture and Sport, Neuland Wohnbaugesellschaft MBH
Miejscowość, kraj	Wolfsburg, Niemcy
Projekt	2000
Realizacja	2005
Powierzchnia	12 000 m ² 15 000 m ² (parking podziemny)
Koszty realizacji	79 mln EUR
Konstrukcja	Żelbet, stal

⁴ van Berkel B., Bos C., UN Studio Designmodelle Architektur Urbanismus Infrastruktur, Zürich, 2006, p.

⁵ Słyk J.: Źródła architektury... op. cit.



Il. 1 Centrum Nauki Phaeno, arch.: Zaha Hadid Architects, Wolfsburg, Niemcy 2000-2005, fot. Spyrosdrakopoulos, CC BY-SA 4.0, www.commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39086382

Centrum Nauki Phaeno w Wolfsburgu ma za zadanie popularyzację nauki i przybliżenie świata technologii. Architektura budynku została zaprojektowana w pracowni Zahi Hadid, po wygranym w 2000 roku konkursie. Budynek ma u widza wywoływać emocje związane z niespodziankami i zaskakującymi relacjami, chciano stworzyć wrażenie odkrywania i zaciekawić odwiedzających. Budynek zlokalizowany jest niedaleko centrum miasta na działce, która znajduje się na zbiegu ważnych ulic przy fabryce samochodów Volkswagen. Forma Phaeno wpisana jest w trapezoid wynikający z kształtu działki.

Korpus budynku stoi na 10 żelbetowych podporach, które przenikają do wnętrza budynku. Na poziomie parteru, pomiędzy podporami znajduje się przestrzeń publiczna a wystawa mieści się wewnątrz korpusu na wyższej kondygnacji. Funkcjonalnie stożkowate podpory służą komunikacją pionową, sanitariaty, pomieszczenia techniczne, sklepy i wejścia. Konstrukcyjnie stanowią główną strukturę budynku. Podpory mają podobne ale zindywidualizowane kształty i rozmiary i łączą się płynnie ze stropem. O relacji pomiędzy architekturą a konstrukcją budynku Patrik Schumacher, współautor budynku, pisze: „istnieje zasadnicza symbioza w przestrzennej i konstrukcyjnej koncepcji budynku, wspólna artykulacja kasetonowej struktury betonowej podłogi i stalowej kratownicy niosącej sufit. W dużym stopniu wyraz architektoniczny jest zdominowany przez konstrukcję. Właściwie ta konstrukcja ustanawia architekturę, i dlatego wymóg ścisłej współpracy [pomiędzy branżami – przyp. aut.] był olbrzymi.”⁶

Patrik Schumacher opisuje Phaeno Science Center jako budynek, w którym klasyczne podsystemy konstrukcyjne takie jak belki, ściany, stropy zlewają się ze sobą w jeden ciągły system. W takim układzie podział na osobne podsystemy, które łączą się ze sobą w różnych węzłach jest zbędny. Metody numeryczne i techniki cyfrowe pozwoliły zaprojektować konstrukcję i formę budynku w taki sposób by stworzyć sieć zależności.

⁶ Schumacher P.: Engineering Elegance [w] Kara H.: Design Engineering AKT. London, 2008 [online] dostęp: listopad 2021 www.patrikschumacher.com/Texts/Engineering%20Elegance.html

Różne elementy współpracują ze sobą a nie są izolowane jako osobne podsystemy lub komponenty konstrukcyjne. P. Schumacher taką logikę projektowania obrazuje hasłem „od Typologii do Topologii”.⁷

Wnętrze sprawia wrażenie złożonej, organicznej przestrzeni, której elementy są łączą się płynnie bez wyraźnych narożników. Zaha Hadid opisuje: „Phaeno jest naszą najambitniejszą i najpełniejszą manifestacją w poszukiwaniu złożonych, dynamicznych i płynnych przestrzeni. Odwiedzający staje naprzeciw złożoności i obcości, która jest sterowana przez specjalny system oparty o logikę kubatur.” Fasady budynku mają nieregularny, często prostokreślny charakter z wyraźnymi, wysuniętymi narożnikami. Nieregularne, zaokrąglone kielichy, zaokrąglone, trapezowe otwory okienne oraz krzywoliniowe duże otwory podkreślają różnorodny charakter bryły i struktury budynku.⁸

Centre Pompidou w Metz- Shigeru Ban Architects, Metz, Francja, 2003

Funkcja budynku	Muzeum, galeria sztuki
Architekt	Shigeru Ban Architects
Inżynieria	Ove Arup, Terrell, Paris
Inwestor	Centre Pompidou
Miejscowość, kraj	Metz, Francja
Projekt	2003
Realizacja	2009
Powierzchnia	11 330 m ²
Koszty realizacji	51 mln EUR
Obudowa	Membrana PTFE (z włókna szklanego i teflonu)

Tylko ok. 20% całej kolekcji Centre Pompidou w Paryżu jest udostępnione dla zwiedzających. Głównym zadaniem obiektu w Metz jest stworzenie miejsca gdzie część nieudostępionych dotychczas zbiorów mogłaby być wystawiona⁹. Budynek jest heksagonalną strukturą z trzema galeriami, w centrum znajduje się 77 m maszt. Nad budynkiem rozciąga się dwukrzywiznowy dach przypominający namiot. Jego konstrukcja składa się z „plecionego” drewna i przykrywa go translucyentna membrana z włókna szklanego i teflonu.¹⁰ Inspiracją dla samonośnej konstrukcji dachu¹¹ była tradycyjna chińska plecionka ze słomy. Dach ma powierzchnie 8000 m² a przekroje belek mają wymiary 14 x 44 cm. Ich łączna długość wynosi 18 000 mb, przy czym każda, ze względu na dwukrzywiznową geometrię musiała być wyprodukowana indywidualnie za pomocą maszyn sterowanych numerycznie. Fizyczny model dach przeszedł wiele testów i symulacji m.in. w tunelu aerodynamicznym. Dach powstał na podstawie cyfrowej referencyjnej geometrii powierzchni, na której „rozciągnięto” plecionkę. Zmiana w geometrii referencyjnej zniekształcała geometrie elementów plecionki.

⁷ „From Typology to Topology”, ibidem.

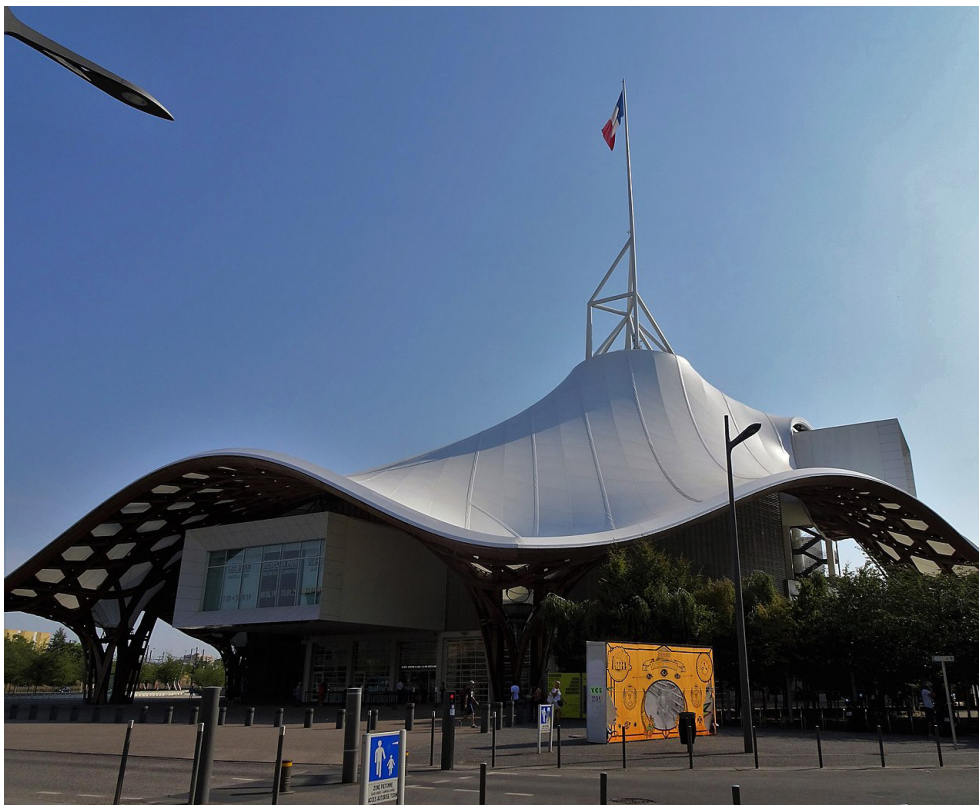
⁸ Jodidio P.: Hadid. Complete Works 1979-2013. Kolonia, 2013, s.188-201 oraz Herbote A. (red): phaeno – die experimentierlandschaft. Wolfsburg, 2005.

⁹ www.archdaily.com/490141/centre-pompidou-metz-shigeru-ban-architects/ dostęp: listopad 2021

¹⁰ www.centrepompidou-metz.fr/en/unique-architecture dostęp: listopad 2021

¹¹ www.centrepompidou-metz.fr/en/roofing dostęp: listopad 2021

Za pomocą wcześniej przygotowanych narzędzi komputerowych, możliwe było zaprojektowanie systemu detali i produkcja prawie 1800 struganych, dwukrzywiznowych elementów drewnianych¹². Program funkcjonalny został umieszczony w galeriach - prostych bryłach, które są ustawione wewnątrz budynku jedna na drugiej. Galerie zaprojektowano jako trzy tuby do długości 90 m (modułem długości jest 15 m), z prostokątnym wnętrzem. Tuby są ułożone na sobie i zorganizowane wokół heksagonalnej, stalowej wieży. W wieży zlokalizowane są schody i windy. Przestrzeń pod galeriami oraz pod dachem nazwano Galerią Grand Nef. Tutaj znajduje się najwyższa przestrzeń o wysokości 18 m. Dzięki temu można wystawiać dzieła, które były za wysokie dla pomieszczeń w paryskim Centre Pompidou (5,5 m w świetle)¹³.



Il. 2 Centre Pompidou w Metz- Shigeru Ban Architects, Metz, Francja, 2003, Fot.: By Celeda, CC BY-SA 4.0, www.commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=89924464

Podobną ideę Shigeru Ban wykorzystał również w projekcie Haesley Nine Club Bridge Club House w Yeosu-gun, w Korei Południowej. Drewniana struktura holu głównego naśladuje tradycyjną plecionkę z desek bambusowych spotykanych w przedmiotach codziennego użytku jak kapelusze i kosze. Wzór splotu siatki został zrzutowany na powierzchnie referencyjną.¹⁴

¹² www.designtoproduction.ch/ dostęp: listopad 2021, Januszkiewicz K.: O projektowaniu Architektury w dobie narzędzi cyfrowych. Stan aktualny i perspektywy rozwoju. Wrocław, 2010, s. 68-72 oraz Keller A.: Świerkowa Plecionka „Krytyka Architektury” nr 2 /2011 s. 22-25

¹³ ibidem

¹⁴ Keller A.: Świerkowa... op. cit.

Taichung Metropolitan Opera House – Toyo Ito & Associates, Taizhong, Tajwan, 2006

Funkcja budynku	Opera
Architekt	Toyo Ito & Associates
Inżynieria	Advanced Geometry Unit Arup
Inwestor	Władze miasta Taichung
Miejscowość, kraj	Taizhong, Tajwan
Projekt	2006
Realizacja	2014
Powierzchnia	57 685 m ²
Pojemność	Duża sala: 2 014 osób Mała sala: 800 osób
Koszty realizacji	141 mln USD
Konstrukcja	Żelbet



Il. 3 Taichung Metropolitan Opera House – Toyo Ito & Associates, Taizhong, Tajwan, 2006. Fot.: By Fcuk1203, CC BY-SA 4.0, www.commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=34424515

W 2006 roku Toyo Ito rozpoczyna pracę nad projektem **Metropolitan Opera House** w Taichung. Jego projekt zakłada ciągłą powierzchnię będącą przestrzenną krzywoliniową formą zamkniętą w prostokątnym pudle. Przestrzenna, ciągła powierzchnia jest tak zaprojektowana by w jej zagięciach pomieściła różne funkcje. Zamiarem projektu było stworzenie przestrzeni bez orientacji. Ciągłość i płynność jest nie tylko estetycznym wymogiem architekta ale ma też znaczenie konstrukcyjne. Pomysł Ito zaczyna od przestrzennej i konstrukcyjnej idei ciągłej powierzchni lub powłoki składającej się z połączonych katenoid. Katenoida jest jedyną powierzchnią minimalną, która jest zarazem powierzchnią obrotową krzywej łańcuchowej. Jest więc konstrukcyjnie istotną powierzchnią. Ito nazywa tę otwartą strukturę „jaskinią dźwięku”¹⁵ ciągłą siecią połączonych przestrzeni, w których spotykać mają się artyści i widzowie. Komórkowa organizacja przestrzenna obiektu jest przekształcana by po-

¹⁵ „Sound cave”

mieścić założenia programowe opery, teatru i funkcji towarzyszących. W związku z tym nie zawsze posiada przekroje krzywej łańcuchowej. By przejąć wynikające z tego obciążenia konstrukcja składa się z dwóch warstw. Każda cementowa powłoka jest tej samej grubości ale różni się rozstaw pomiędzy warstwami¹⁶.

Projekt opery zawiera wyzwania związane ze złożoną geometrią i analizami konstrukcji. Aby zrealizować projekty zespół inżynierów z firmy Arup (Advanced Geometry Unit Arup – AGU) opracowała narzędzia cyfrowe generujących modele geometrii i konstrukcji. Prostopadłościennepudło definiuje granicę budynku. Krzywoliniowa ciągła powierzchnia mieści się we wnętrzu. Gładkość powierzchni jest wskazana nie tylko ze względów estetycznych ale jest też warunkiem konstrukcyjnym. Poprzez użycie algorytmu wygładzającego, powierzchnia jest kontrolowana poprzez szereg wielokątnych faset, będących geometrią początkową dla całego procesu. Każda faseta jest dzielona na nowy zestaw wierzchołków i uśredniona pomiędzy przyległymi sąsiadami. Zastosowane oprogramowanie do analizy konstrukcji wymaga krawędziowych krzywych płaszczyzn dwukrzywiznowych stąd siatka krzywych krawędziowych i ich narożnych wierzchołków jest wystarczająca do opisanie całej struktury. Informację dotyczące wzorców, warunków obciążeniowych oraz materiałów są zawarte w obrobionym modelu komputerowym. Pozwalał on na komunikację pomiędzy konstruktorem a architektem. Wypracowane narzędzia pozwalają wprowadzać korekty do konstrukcji przy każdej zmianie w projekcie. A każda propozycja optymalizacji konstrukcji może być w prosty sposób przeniesiona na projekt. W realizacji projektu zdecydowano się ręcznie nanosić beton na stalowe siatki, które z kolei znajdują się na kratownicach¹⁷.

PODSUMOWANIE

Jednoznaczne określenie czy forma budynku została zaprojektowana z myślą o topologii matematycznej jest trudne bez wyraźnej deklaracji twórcy. Widoczne jest jednak, że część architektów wykorzystuje zagadnienia opisywane w topologii na etapie projektowania. Związane jest to z wykorzystywaniem narzędzi cyfrowych, które pozwalają na swobodne i ciągłe zniekształcanie kształtu projektowanej geometrii. Nawet w przypadku, gdy twórcy nie deklarują inspiracji lub nawiązania do topologii widoczne są wspólne cechy formalne obiektów, które nasuwają skojarzenia z topologią. Występują ciągłe, duże krzywoliniowe powierzchnie a dużą rolę w estetycznym odbiorze obiektów odgrywa sprawienie wrażenia płynności i dynamiki obiektu.

Opisane projekty wymagają dużego wkładu intelektualnego zarówno na etapie koncepcji architektonicznej jak i na dalszych etapach pracy. Często wymagana jest znajomość zaawansowanych narzędzi cyfrowych oraz tworzenie nowych odpowiadających specyfice projektu. Komputeryzacja zdaje się być niezbędna w realizacji tego typu projektów gdyż umożliwia ciągłą i bliską współpracę wielu osób z różnych branż jednocześnie. Moc obliczeniowa dodatkowo pozwala na generowanie, symulowanie oraz animacje dzięki czemu łatwiej dobrać odpowiednie rozwiązanie projektowe. Wyzwaniem takich obiektów jest też etap realizacji i użytkowania budynku. Wymagane jest odpowiednie know-how, które umożliwia realizowanie złożonych procesów budowlanych.

¹⁶ Burry J., Burry M.: *The New Mathematics...* op. cit. s. 205-206

¹⁷ Sakamoto T. i Ferre A. (red): *From Control to Design Parametric/Algorithmic Architecture*. Barcelona 2008 s. 54-59

Obiekty, których twórcy zainspirowani są topologią stanowią wyzwanie projektowe i realizacyjne, równocześnie ukazują jak współcześnie matematyka inspiruje architektów, przenika do współczesnej kultury danego miejsca. Tak jak w historii, tak współcześnie powstają złożone budynki zainspirowane matematyką.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Burry J., Burry M.: *The new Mathematics of Architecture*, Londyn: Thames & Hudson LDT, 2012, t., pp. 156–161, 265.
- [2] Helenowska-Peschke M.: O topologii w projektowaniu architektury. „Archivolta” 3/2012 s. 56–62
- [3] Herbote A. (red): *phæno – die experimentierlandschaft*. Wolfsburg, 2005.
- [4] www.archdaily.com/490141/centre-pompidou-metz-shigeru-ban-architects/ dostęp: listopad 2021
- [5] www.centrepompidou-metz.fr/en/roofing dostęp: listopad 2021
- [6] www.centrepompidou-metz.fr/en/unique-architecture dostęp: listopad 2021
- [7] www.designtoproduction.ch/ dostęp: listopad 2021
- [8] Januskiewicz K.: *O projektowaniu Architektury w dobie narzędzi cyfrowych. Stan aktualny i perspektywy rozwoju*. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2010,
- [9] Jencks Ch.: *The Iconic Building*. Nowy Jork: Rizzoli, 2005
- [10] Jodidio P.: *Hadid. Complete Works 1979-2013*. Kolonia: Taschen, 2013
- [11] Keller A.: Świerkowa Plecionka „Krytyka Architektury” nr 2 /2011 s. 22-25
- [12] Sakamoto T. i Ferre A. (red): *From Control to Design Parametric/Algorithmic Architecture*. Barcelona 2008
- [12] Schumacher P.: *Engineering Elegance* [w] Kara H.: *Design Engineering AKT*. London, 2008
[online] dostęp: listopad 2021 www.patrikschumacher.com/Texts/Engineering%20Elegance.html
- [14] Słyk J.: Źródła architektury informacyjnej, Warszawa, 2012, s.58-66
- [15] Świerzawski J.: *Science-Inspired Architecture* [w] Mielnik A. (red.): *Defining the Architectural Space – The Myths Of Architecture Vol. 3*, pp. 179-186
- [16] van Berkel B., Bos C., UN Studio *Designmodelle Architektur Urbanismus Infrastruktur*, Zürich, 2006

TOPOLOGY-INSPIRED ARCHITECTURE – EXAMPLES

ABSTRACT

The aim of the article is to present the basic issues related to the topological approach to design. The article is a review of selected architectural objects inspired by mathematical topology. The background for the analysis is a brief description of the basics of topology and the influence of mathematics, computer and culture on the inspiration of architects. It is difficult, without the explicit declaration of the creator, to unequivocally determine whether the form of a building was designed with the mathematical topology in mind. More and more architects use topology issues at the building design stage. The development of digital design tools has had a large impact on the approach to design in recent decades. They allow for free and continuous deformation of the form of the designed object.

KEYWORDS

Topology, architectural design, digital design tools



Artykuł udostępniony na licencjach Creative Commons/ Article distributed under the terms of Creative Commons licenses: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0). License available: www.creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/