

Współczesna architektura drewniana w poszukiwaniu formy swobodnej

Michał Golański

*Katedra Architektury i Urbanistyki, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska,
Uniwersytet Zielonogórski, e-mail: m.golanski@aiu.uz.zgora.pl*

Streszczenie: Kształtowanie nowoczesnej architektury zgodnej z założeniami zrównoważonego rozwoju wymaga zintegrowanego i synergicznego projektowania zarówno w przypadku noworealizowanych budynków jak i w modernizacji istniejących. Obiekty budowlane powinny wykazywać się nie tylko estetyką, funkcjonalnością i trwałością, lecz również w sposób nieszkodliwy oddziaływać na środowisko, być ekonomicznymi w zużyciu materiałów i energii oraz uwzględniać wszelkie ryzyka z punktu widzenia życia i zdrowia ludzkiego. Drewno, które należy do najstarszych materiałów budowlanych używanych przez człowieka obecne jest w środowisku zabudowanym od początku historii architektury. Modernizm charakteryzował się stopniowym wypieraniem drewna przez inne materiały budowlane: ceramikę, beton i stal. Fizyczne właściwości, łatwość kształtowania i nieskomplikowany proces produkcji w połączeniu z wyjątkowym potencjałem ekologicznym drewna sprawiają, że po okresie względnego regresu konstrukcje drewniane znów stosowane są na dużą skalę. Kreowanie form złożonych w architekturze współczesnej oraz rozwój cyfrowych narzędzi projektowania sprzęgniętych z komputerową technologią obróbki drewna sprawiają, że projektanci uzyskali nowe możliwości kształtowania obiektów architektonicznych. Architektura krzywoliniowa o swobodnej geometrii (*free form design*) odrzuca kartezjańską geometrię i konwencjonalny język brył euklidesowych. Niniejszy artykuł analizuje obiekty architektoniczne charakteryzujące się formami krzywoliniowymi oraz zastosowaniem drewna jako budowlanego materiału konstrukcyjnego.

Słowa kluczowe: architektura non-standard, architektura drewniana, free-form design.

1. Wprowadzenie

Cyfrowa rewolucja technologiczna oddziaływująca na niemal każdą sferę życia w architekturze manifestowana jest pojawieniem się krzywoliniowych form swobodnych o wysokim stopniu złożoności. Przed nastaniem ery cyfrowej dominujące podejście projektowe skupione na geometrii przyczyniło się do prymatu formy nad materiałem. W minionej dekadzie nowatorskie teorie i metody projektowania cyfrowego wniosły nowe znaczenia dla pojęcia tektoniki. Cyfrowe technologie projektowania i wytwarzania zwróciły uwagę na pogłębiony w modernizmie rozdzwięk pomiędzy formą, konstrukcją i materiałem oraz narzuciły zupełnie nową interpretację materiału jako tworzywa użytego do kształtowania form przestrzennych i architektury. Ideową rewolucję profesor Krystyna Januszkiewicz określa następująco: „Wielość podejść i postaw twórczych sugeruje różnorakie intencje projektantów. A to co ich łączy, nie jest li tylko pragnieniem projektowania krzywoliniowych form, lecz chęcią wykorzystywania technologii cyfrowych do integracji zamysłu twórczego z jego realizacją w sposób, który jest bezprecedensowy od czasu średniowiecz-

nych mistrzów budowlanych. Architektury nie można już projektować jako formy dla funkcji, formy która na etapie projektu koncepcyjnego zajmuje się tylko „sama sobą”, a dopiero w dalszych fazach projektu rozwiązywane są jej aspekty inżynierskie. Projektowanie z użyciem narzędzi cyfrowych wymaga aby forma, konstrukcja i materiał były obecne w projekcie od najwcześniejszych jego etapów – wzajemnie na siebie wpływały i wzajemnie z siebie wynikały.”[1]

2. Materiały w służbie architektury

Projektowanie architektoniczne od drugiej połowy XIX w. związane jest nierozłącznie z nowymi materiałami i technologiami. Charakter budynku, rozwiązania jego formy, funkcji, tektoniki i materiałów wyrażały stan świadomości epoki "nowoczesności" i jej możliwości wytwórczych. Rewolucje estetyczne i formalne w architekturze często zbiegały się z rozwojem nowych technik i materiałów. Korelacja ta jest historycznie oczywista. Lata 50-te, 60-te i 70-te XX wieku charakteryzował postęp techniczny w budownictwie żelbetonowym, a później również z tworzyw sztucznych i membran, który umożliwił projektantom odejście od sztywnej geometrii i pozwolił potraktować formy w swobodny sposób. Dla żelbetu charakterystyczne były cienkościenne monolityczne konstrukcje łupinowe o zakrzywionej w dwóch płaszczyznach powierzchni: monolityczne Felixa Candeli i prefabrykowane Piera Luigi Nerviego. Potencjał żelbetu dla kształtowania rzeźbiarskich form został następnie rozwinięty przez Eero Saarineną w projekcie terminalu TWA w Nowym Jorku oraz przez Jørna Utzona i Ove Arupa w projekcie opery w Sydney. Fascynację postępowo technologicznym, podbojem kosmosu manifestowały wykonane z tworzyw sztucznych utopijne „domy jutra” Mattiego Suuronena: Futuro i Venturo. Szczytowym osiągnięciem w projektowaniu konstrukcji ciągnowych, synonimu nowoczesności, celowości i logiki było natomiast zaprojektowane przez Freia Otto zadaszenie stadionu olimpijskiego w Monachium z 1972 roku. Wszystkie te przykłady były manifestacją potencjału technicznego oraz wyrazem ducha czasu swojej epoki. „W XXI w. zastygłe w ruchu kształty, płynne, miękkie linie i pofałdowane powierzchnie to język technologii cyfrowych, modelerów krzywych i powierzchni, język narzędzi projektowania opartych na matematycznym zapisie Non Uniform Rational B-Spline (NURBS). Technologie wspomagające projektowanie i wytwarzanie CAD/CAM nadają dziś kierunek rozwoju nie tylko architekturze, ale także wzornictwu. Proces twórczy wkroczył zatem w sfery, wydawać by się mogło, nieograniczonych możliwości powiązań wyobraźni, zmysłu twórczego z zapisem cyfrowym. Jedynym ograniczeniem pozostaje materiał.” [2]

3. Architektura o formach swobodnych

Jak manifestowana jest "wolność" w niestandardowych, nieregularnych, swobodnych formach? Jeśli porównamy występujące w naturze biomorficzne formy i struktury ze tworzącymi środowisko zabudowane budynkami oczywista różnica polega na tym, że dla przyrody obca jest geometria oparta o linię i kąt prosty. Proces budowania formy w przyrodzie oparty na zasadzie ewolucji jest zoptymalizowany pod kątem przystosowania do środowiska naturalnego. Dla kontrastu, forma i tektonika w architekturze jest przede wszystkim kształtowana przez możliwości wykonawcze i produkcyjne realizowane za pomocą dostępnych w danym czasie materiałów, narzędzi i technologii. Postęp technologiczny i industrializacja, które znacząco zwiększyły techniczne możliwości wykonawstwa

i produkcji, przez co pozwoliły na odejście od uporządkowanych kształtów i form podstawowych brył platońskich w architekturze. Jednocześnie odnoszenie się do budynków o złożonych geometrii, jako architektury o swobodnej formie „free form design” jest nieprecyzyjne, ponieważ termin ten upraszcza koncepcyjne i intelektualne wyrafinowanie nowoczesnych, wykorzystujących cyfrowe narzędzia projektowe technik i strategii generowania formy architektonicznej. Jak pisze Massimo Majowiecki [3]: „Współcześnie, zarówno architekci, jak i inżynierowie pochłonięci są nowym wyzwaniem: projektowaniem nazywanym „Free Form Design” (FFD) – nową modą podkreślającą przewagę efektu wizualnego nad statyczną racjonalnością, w której jedyną rolą konstrukcji jest wsparcie projektu architektonicznego. Jest to kierunek, którego doskonałą ilustracją i jednym z pierwszych przykładów jest Muzeum Guggenheima w Bilbao – stąd często zjawisko to określane jest jako ‘efekt Bilbao’”. Natomiast kuratorzy zorganizowanej na przełomie 2003 i 2004 roku w Centrum Pompidou w Paryżu wystawy prezentującej obiekty architektoniczne wyrażające nową wolność formalną użyli terminu "architektura niestandardowa"[4]. Niezależnie, czy kierunek ten nazwiemy "swobodnym" czy "nietypowym", wiele zrealizowanych niedawno projektów o skomplikowanej geometrii manifestuje odejście od tradycyjnych zasad formalnych w dziedzinie architektury, często wymagających również nowego podejścia do projektowania konstrukcyjno-inżynierskiego.

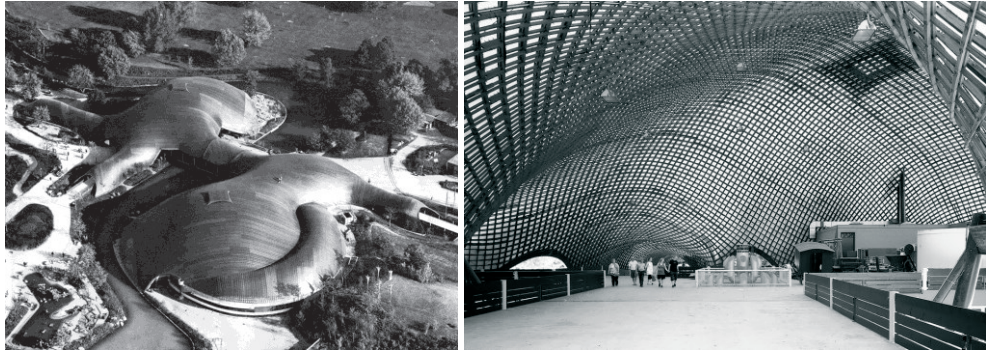
4. Niestandardowa architektura drewniana

Rosnąca liczba realizacji architektonicznych o niestandardowej formie wykorzystuje drewno jako materiał konstrukcyjny. Znakiem współczesności jest poczucie odpowiedzialności za kondycję środowiska naturalnego oraz czerpanie wzorców ze świata natury. W aspekcie projektowym przekłada się to na optymalizację formy architektonicznej pod kątem efektywności energetycznej, konstrukcyjnej i materiałowej. Dotychczasowy język formalny architektury oparty o geometrię euklidesową i bryły platońskie uzupełniony został o dwukrzywiżnowe powierzchnie i bryły złożone zdefiniowane za pomocą zaawansowanych opisów matematycznych. Swobodne formy stanowią jeden z głównych trendów w architekturze współczesnej. Obecnie obserwujemy wzrastającą liczbę przełomowych budynków powstałych w wyniku cyfrowej rewolucji, których architektura jest wyrażona w postaci krzywoliniowych form o wysokim stopniu złożoności [5]. Budynki te charakteryzuje język formalny, który różni się od dotychczasowego rozumienia tektoniki i materialności [6].

5. Powłoki siatkowe

Powłoka siatkowa jest strukturą, która swą wytrzymałość i sztywność zawdzięcza dwukrzywiżnowej powierzchni. Do jej zalet zaliczyć należy wysoką efektywność strukturalną i kubaturową, minimalne wykorzystanie materiałów, oraz krótki czas i niskie koszty budowy [7]. Pomimo tych zalet do tej pory zrealizowano niewiele budynków tego typu, głównie ze względu na brak niezbędnej znajomości rzeczy wśród projektantów i wykonawców. Pierwszą wielkoskalarną powłoką siatkową wykonaną z drewna była hala wielofunkcyjna Multihalle, a jej projektantami architekci Carlfried Mutschler, Joachim Langner i Frei Otto.

5.1. Hala wielofunkcyjna Multihalle w Mannheim



Fot. 1. Zdjęcie lotnicze oraz wnętrze Multihalle w Mannheim [8]

Obiekt zbudowany został jako tymczasowa hala wielofunkcyjna z kawiarnią i restauracją na potrzeby niemieckiej Krajowej Wystawy Ogrodniczej BUGA (Bundesgartenschau), która odbyła się w 1975 roku w Mannheim. Organiczna forma obiektu składa się z płynnie połączonych kopuł i kolebek ułożonych na amorficznym planie. Obiekt o wymiarach 160 x 115 m i wysokości dochodzącej do 20 m i zadanej powierzchni 7400 m² może pomieścić jednocześnie 2500 osób. Konstrukcja nośna o rozpiętości dochodzącej aż do 85 m, wykonana jest z 4 warstw drewnianych listew o przekroju 5 x 5 cm na siatce 50 x 50 cm. Filigranowa konstrukcja swą sztywność zawdzięcza sztywnym połączeniom śrubowym, jak również stalowym linom biegnącymi po przekątnej pól siatki. Na swych krawędziach powłoka objęta jest wieńcem z drewna klejonego. Membrana PCV nakrywająca powierzchnię drewnianej powłoki siatkowej w trzydzieści procentach przepuszcza światło, dzięki czemu wnętrze wypełnia miękkie, naturalne oświetlenie. Obiekt nazywany „kamieniem milowym architektury” i „cudem z Mannheim” z racji swej konstrukcyjnej innowacyjności i znaczenia kulturowego w roku 1998 uzyskał status budynku zabytkowego. Konstrukcja obiektu jest wynikiem badań prowadzonych przez Freia Otto w Instytucie Lekkich Konstrukcji (Institut für Leichte Flächentragwerke) na Uniwersytecie w Stuttgarcie. W procesie projektowym wykorzystane zostały modele fizyczne z krzywych łańcuchowych pozwalające siłom grawitacji zdefiniować kształty, które następnie zostały przełożone na materialną formę przeciwstawiającą się jej prawom. Metoda ta wykorzystana przez Antonio Gaudiego w projekcie kaplicy Colònia Güell, polegała na stworzeniu odwróconego modelu przy użyciu obciążonych odważnikami sznurków. Zgodnie z prawem Hooke’a, model przyjmuje kształt krzywej łańcuchowej, który po odwróceniu oddawać będzie faktyczną statykę obiektu. Budowa hali wielofunkcyjnej Multihalle była eksperymentem, w którym po raz pierwszy zastosowano innowacyjny sposób realizacji obiektu wielkoskalarnego o dużych rozpiętościach. Ortogonalna siatka prętów została wpieryw ułożona na płaszczyźnie, po czym stopniowo unoszona za pomocą urządzeń dźwigowych osiągnęła optymalną konstrukcyjnie formę powłoki. Ostateczna forma siatki minimalizuje działanie momentów zginających, umożliwiając w ten sposób wykorzystanie wielu materiałów budowlanych, niemniej proces wznoszenia stawia szczególne wymagania dotyczące elastyczności wiązań w węzłach siatki. Połączenia w węzłach muszą umożliwić deformację siatki i obrót w płaszczyźnie, zaś po zakończeniu procesu wznoszenia powłoki same wiązania muszą przenieść bez możliwości odkształcenia obciążenia zginające i skręcające.

5.2. Downland Gridshell w Singleton

Powłoka siatkowa prętowa Downland Gridshell została zaprojektowana w latach 1996-2002 przez zespół kierowany przez architektów z biura Edward Cullinan Architects i inżynierów z Buro Happold. Budynek, który jest laureatem nagrody RIBA Architecture Award oraz wielu wyróżnień branżowych stanowi jeden z najbardziej innowacyjnych przykładów zrównoważonej architektury XXI wieku. Budynek jest częścią Weald and Downland Open Air Museum, zlokalizowanego w Singleton w West Sussex w Wielkiej Brytanii skansenu angielskiej architektury wernakularnej.



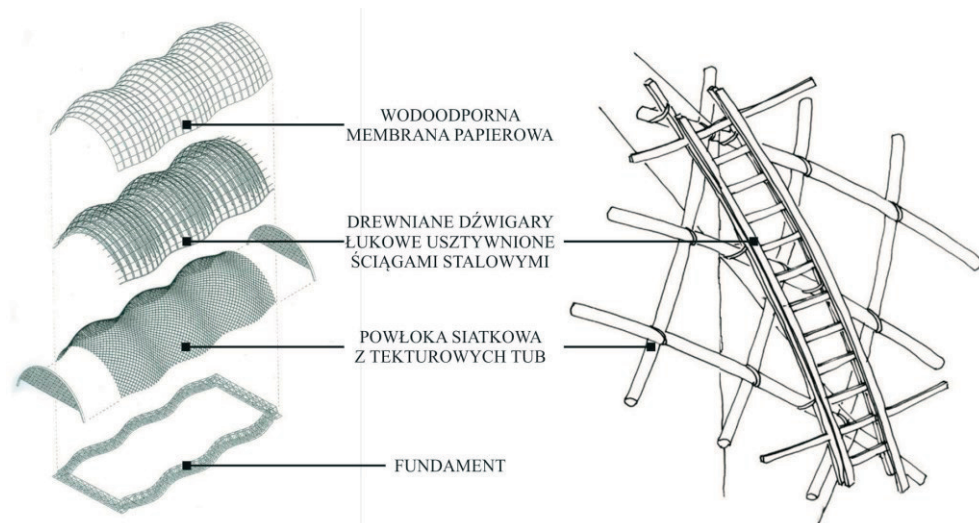
Fot. 2. Powłoka siatkowa w trakcie formowania oraz zrealizowany budynek Downland Gridshell [9]

Wielofunkcyjna hala Downland Gridshell osadzona jest na wzniesieniu na terenie Parku Narodowego South Downs. Z racji swej delikatnej zakrzywionej formy, drewnianej konstrukcji oraz takiegoż wykończenia obiekt doskonale wpisuje się w kontekst swej lokalizacji. Dwukondygnacyjny budynek mieści w sobie wielofunkcyjną halę warsztatową, magazyn eksponatów oraz pomieszczenia ekspozycyjne. W zlokalizowanej na wyższym poziomie otwartej hali znajduje się warsztat konserwatorski dla zabytkowych budynków szachulcowych. Okazjonalnie jest również przestrzenią spotkań, działań edukacyjnych i imprez okolicznościowych. Zagłębiona w ziemi dolna kondygnacja mieści klimatyzowane magazyny muzealne, jak również służy do ekspozycji dwustu zabytkowych angielskich krzeseł. Zakończona wiosną 2002 roku budowa warsztatu muzealnego Downland Gridshell jest ciekawym studium przypadku skorupy siatkowej, jak i przykładem udanej współpracy wielodyscyplinarnego zespołu złożonego ze specjalistów architektów, konstruktorów i wykonawców. Troska o środowisko miała decydujące znaczenie w projektowaniu Downland Gridshell. Drewno było naturalnym wyborem dla budynku służącemu konserwacji zabytkowych budynków szachulcowych. Wbudowana emisja CO₂ jest na poziomie 3 procent dla równoważnej konstrukcji stalowej lub żelbetonowej. Materiały i siła robocza były pozyskiwane lokalnie. Chociaż dębowe listwy, z które posłużyły do stworzenia siatki konstrukcyjnej były sprowadzone z Normandii, większość drewnianej okładziny z drewna żywotnika olbrzymiego pochodziła z lasów miejscowych. Konstrukcję obiektu tworzy diagonalna siatka składająca się z dwóch warstw podwójnych listew dębowych biegnących w każdym kierunku. Takie rozwiązanie zapewnia wymaganą elastyczność połączeń przy jednoczesnej wytrzymałości przekroju na ściskanie, rozciąganie i zginanie. Piąta warstwa listew usztywnia przekątniowo każdy z czworokątów utworzonych z prętów siatki. Drewniane listwy w węzłach siatki są połączone opatentowanym systemem stalowych łączników.

Podobnie jak w przypadku Multihalle w Mannheim w trakcie budowy zastosowano innowacyjny proces realizacji powłoki. Diagonalna siatka z listew drewnianych została początkowo ułożona na płasko na rusztowaniu wsporczym, po czym jej zewnętrzne krawędzie były następnie stopniowo obniżane. Kiedy siatka wyginana do pożądanego kształtu utworzyła pełną powłokę, jej krawędzie zostały zamocowane do brzegów drewnianej platformy ponad kondygnacją -1.

5.3. Japoński pawilon na wystawie światowej EXPO w Hanowerze

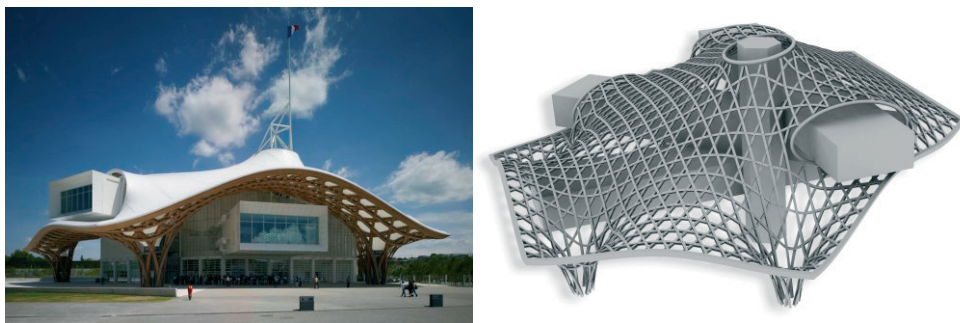
Zaprojektowany przez Shigeru Bana w latach 1997-99 pawilon japoński na wystawie EXPO 2000 w Hanowerze miał powierzchnię 3 600 m² i rozpiętość konstrukcji dochodzącą do 35 m. Wystawa światowa zorganizowana pod hasłem "Człowiek-Przyroda-Technika" miała pokazać możliwości osiągnięcia równowagi między rozwojem techniki, życiem człowieka i naturą. Założeniem koncepcji pawilonu japońskiego było stworzenie budynku z materiałów mogących po rozbiórce zostać poddanych recyklingowi lub ponownemu zastosowaniu. W oryginalnej koncepcji Shigeru Bana konstrukcję nośną dwukrzywiznowej kolebki tworzyła siatka z tekturowych tub połączonych taśmą poliestrową. Wizję architekta skomplikowała konieczność uzyskania niezbędnych pozwoleń w organach niemieckiej administracji architektoniczno-budowlanej. W projekcie budowlano-wykonawczym opracowanym we współpracy z Freiem Otto, Stefanem Polonyi oraz inżynierami z Buro Happold zaprojektowano dodatkową konstrukcję drewnianych dźwigarów łukowych usztywnionych stalowymi ściągamami. Analogicznie do obiektów omawianych wcześniej budowa pawilonu rozpoczęła się od ułożenia na płasko na tymczasowym rusztowaniu siatki tekturowych tub. Następnie siatka była wyginana i uformowana do ostatecznej postaci. Proces ten zajął trzy tygodnie. Kolejnym krokiem był montaż drewnianych dźwigarów łukowych i połączenie ich powłoką. Ostatnim etapem budowy było nakrycie struktury półprzezroczystą wodoodporną papierową membraną.



Fot. 3. Schemat strukturalny pawilonu japońskiego na wystawie światowej EXPO w Hanowerze [10]

5.4. Centrum Pompidou Metz - Shigeru Ban

Wybudowane w 2010 roku "Centre Pompidou-Metz" to jedna z największych francuskich inwestycji kulturalnych ostatnich lat. Muzeum miało za zadanie pomieścić dużą część dzieł pochodzących ze zbiorów swojego słynnego paryskiego pierwowzoru. Budowa Centrum była elementem szerokiego planu rewitalizacji 50-hektarowego obszaru do tej pory zajmowanego przez pochodzącą z czasów II wojny światowej kolejową stację przeładunkową, wesołe miasteczko oraz gallo-rzymski amfiteatr dla 25 000 osób. Tak rozległe przekształcenie urbanistyczno-architektoniczne w mieście liczącym sobie prawie trzy tysiące lat stanowiło ogromne wyzwanie. Założeniem ideowym zaprojektowanego budynku było przekazanie poczucia pomyślności, otwartości i wielokulturowości, która miałyby bezpośredni sensoryczny związek z jego otoczeniem [9]. Muzeum ma łączną powierzchnię 10 700 m² z czego prawie połowa jest przeznaczona na cele wystawiennicze.



Fot. 4. Centrum Pompidou w Metz oraz model drewnianej konstrukcji dachu obiektu [11]

Budynek Centrum Pompidou-Metz zaprojektowany jest w formie modułowej struktury owiniętej dookoła centralnej iglicy wysokości 77 metrów. Wysokość ta jest symboliczna i stanowi nawiązanie do otwarcia Centrum Pompidou w Paryżu w 1977 roku. Ponad główną halą muzeum, gdzie znajduje się wyjątkowa w skali Europy 18-metrowej wysokości ściana ekspozycyjna, zawieszono są trzy 80-metrowej długości prostopadłościennie rury mieszczące mniejsze galerie. Każdy z prostopadłościannów zorientowany jest w inną stronę. Widok z górnej galerii skierowany jest na symbol miasta - katedrę, zaś ze środkowej w kierunku zabytkowej stacji kolejowej. Ponadto Centrum Pompidou-Metz dysponuje również salą teatralną z 196 miejscami siedzącymi oraz audytorium dla pokazów filmowych i konferencji ze 144 miejscami siedzącymi. Księgarnia, kawiarnia oraz restauracja z dwoma obszernymi tarasami oraz centrum zasobów dokumentalnych są dostępne z przestronnego naturalnie wentylowanego foyer, które otwiera się na plac wejściowy i otaczającą obiekt zielenią. Charakterystycznym dla budynku elementem strukturalnym jest zadaszenie w postaci zapleczonego krzywoliniowego rusztu powłokowego, którego rozpiętość dochodzi do 54 m. Dwukrzywiznowa powłoka unosząca się ponad oddzielnymi, wykonanymi w konstrukcji żelbetowej częściami budynku, łączy je w spójną całość. Dach zawieszony jest również nad strefą wejściową muzeum dzięki czemu wyodrębnia przestrzeń pomiędzy wnętrzem a zewnątrz budynku, umożliwiając stopniowe wnikanie odwiedzających w przestrzeń muzeum. Inspiracją dla innowacyjnej, wykonanej z drewna klejonego zapleczonej struktury był tradycyjny azjatycki kapelusz ze słomy.

Projekt muzeum wykonano w oparciu o dedykowane cyfrowe narzędzia projektowe oraz strategie poszukiwania i modelowania formy architektonicznej. Każdy element kon-

strukcji został poddany zindywidualizowanej obróbce CNC. Umożliwiło to późniejsze ukształtowanie niejednorodnej dwukrzywiznowej powierzchni, jak i wykonanie precyzyjnych nawiertów na potrzeby końcowego montażu. Prefabrykacja drewnianej konstrukcji zajęła 9, zaś montaż 4 miesiące. Siatkę konstrukcyjną tworzą pręty zbudowane z sześciu warstw profili z drewna klejonego o przekroju 14 x 44 cm w rozstawie 290 cm. Tworzą one zaplecioną siatkę składającą się łącznie z 1800 segmentów o całkowitej długości 18 000 m. Drewniana konstrukcja składa się w 95 procentach z listew świerkowych oraz w 5 z bukowych i modrzewiowych.

6. Porównanie rozwiązań strukturalno-materiałowych obiektów

Do budowy konstrukcji każdego z omówionych budynków użyto drewna, co wykazało w Tab. 1. Każdy z materiałów ma swą odrębną charakterystykę, która musiała zostać uwzględniona w projektowaniu i na budowie [12]. Zasady kształtowania formy pozostały jednak takie same, a wyciągnięte wnioski i doświadczenia prowadzące do bardziej efektywnego procesu projektowania i realizacji zostały wdrożone w kolejnych obiektach.

Tabela 1. Porównanie materiałowe obiektów

L.p.	Nazwa i lokalizacja obiektu (rok budowy)	Rozpiętość konstrukcji przekrycia	Liczba warstw	Wymiar profilu konstrukcji	Gatunek drewna w konstrukcji	Dodatkowa konstrukcja
1.	Hala wielofunkcyjna Multihalle w Mannheim (1976 r.)	60 m x 60 m (pawilon główny)	4	50 x 50 mm na siatce 50 x 50 cm	choina zachodnia	podwójne ściągi stalowe 6 mm co 6 węzeł
2.	Pawilon japoński na EXPO w Hanowerze (2000 r.)	72 m x 35 m	2	Tekturowe tuby Ø120 mm na siatce 100 x 100 cm	brak (tekturowe tuby)	łukowe dźwigary z drewna
3.	Hala wielofunkcyjna Downland Gridshell (2002 r.)	48 m x 15 m	4	50 x 35 mm na siatce 100 x 100 cm	dąb	płatwie drewniane
4.	Centrum Pompidou w Metz (2010 r.)	20–45 m (wspornik 22 m)	6	140 x 440 mm w rozstawie 290 cm	świerk (95%) modrzew i buk (5%)	brak

7. Podsumowanie

Brak odpowiednich materiałów do realizacji form swobodnych spowodował, że znane od dawna materiały zaczęły być wykorzystywane w nowy sposób. Konwencjonalne materiały wymagają dziś ponownego technologicznego rozpoznania pod względem poszukiwania formy i efektywności przenoszenia obciążeń. Chodzi o dyferencjacje struktury materiałowej w odpowiedzi na złożoną geometrię formy [13]. Architekci żądają materiałów, które będą wyjątkowo lekkie, cienkie i wytrzymałe. Paradoksalnie drewno obecne w architekturze od zawsze jest obecnie postrzegane jako nowoczesny materiał o wysokiej wydajności. Materiał ten jest coraz częściej wykorzystywany w projektach niestandardowych obiektów architektonicznych o swobodnej formie za sprawą badań nad materiałami kompozytowymi o wysokiej wytrzymałości i nowymi sposobami projektowania i formowania konstrukcji drewnianej wykorzystujących narzędzia komputerowo sterowanej numerycznej produkcji (CNC)

[14]. Drewno posiada wiele zalet w stosunku do innych zaawansowanych technologicznie materiałów budowlanych. Jest surowcem powszechnym, łatwo dostępnym i w przeciwieństwie do wielu innych materiałów budowlanych całkowicie odnawialnym, co ma dodatkowe znaczenie dla ochrony środowiska naturalnego [15]. Nowe narzędzia i strategie projektowania parametrycznego oraz metody cyfrowej fabrykacji zmieniają sposób w jaki wykorzystujemy drewno w projektowaniu architektonicznym.

Literatura

1. Januszkievicz K. *Strukturalna „skóra” form swobodnych, Semi-monocoque i monocoque*. Archivolta 4(60) (2013) 42-47.
2. Słuchocka K. *Forma, materiał, ruch - forma w ruchu*. Archivolta 1(61) (2014) 67-69.
3. Majowiecki M. *Osobiste doświadczenia z architekturą strukturalną: od poszukiwania formy do projektowania „free form”*. ARCHITECTUS 4(40) (2014) 79-92.
4. *Architectures non standard*. 10 grudnia 2003 – 1 marca 2004, Centrum Pompidou Paryż.
5. Cokcan B., Braumann J., Brell-Cokcan S. *Performative wood*. Fusion – Data Integration at its best Vol. 2, Proc. 32nd International Conference on Education and research in Computer aided Architectural Design in Europe, Newcastle upon Tyne, UK, 2014
6. Leach N., Turnbull D., Williams C., *Digital Tectonics*, Wiley 2004.
7. Adriaenssens S., Block P., Veenendaal D., Williams C. *Shell structures for architecture form finding and optimization*. Routledge, 2014.
8. <https://www.mannheim.de/node/58132/>
9. <http://www.wealddown.co.uk/buildings/downland-gridshell/>
10. http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000_japan-pavilion-hannover-expo/
11. http://www.shigerubanarchitects.com/works/2010_centre-pompidou-metz/index.html
12. Dickson M., Harris R., Kelly O. *The use of timber gridshells for long span structures*. Proc. 8th International Conference on Timber Engineering, Lahti, 2004.
13. Kolarevic B., Malkawi A. M. (red.), *Performative architecture: beyond instrumentality*. Spon Press, New York and London, 2005.
14. Lennartz M. W., Jacob-Freitag S., *New architecture in wood*. Birkhäuser, 2015.
15. Dickson M., Parker D., *Sustainable timber design*. Routledge, 2014.
16. Ferré A., Meredith M., Sakamoto T. *From control to design parametric/algorithmic architecture*. Actar-D 2008.

Contemporary wooden architecture in search of free form

Michał Golański

*Department of Architecture and Urban Planning, Faculty Of Civil Engineering,
Architecture and Environmental Engineering, University of Zielona Góra,
e-mail: m.golanski@aiu.uz.zgora.pl*

Abstract: Creation of modern architecture in accordance with the precepts of sustainable development requires an integrated and synergistic design for both new-built and refurbished buildings. The buildings should demonstrate not only the aesthetics, functionality and durability but also have harmless impact on the environment, be effective in material and energy consumption and take into account any risk factors from the point of view of human life and health. Wood, one of the oldest construction materials used by man is

present in the built environment from the beginning of the history of architecture. Modernism was characterized by the gradual displacement of wood by other building materials: ceramics, concrete and steel. Physical properties, ease of shaping and effortless process of production, combined with the exceptional ecological potential of wood make wooden structures are widespread again after a period of relative contraction. Creating complex forms in the contemporary architecture and the development of digital design tools coupled with computer technology and CNC woodworking give designers new possibilities for shaping architectural forms. Curvilinear architecture (free form design) rejects Cartesian geometry and conventional language of Euclidean shapes. This article analyzes architectural structures characterized by curvilinear forms and the use of wood as a building material of construction.

Keywords: non-standard architecture, wooden architecture, free-form design.