

O wpływie modułu i modularności w stosowanych technologiach betonów elewacyjnych na kompozycję i estetyczny wyraz formy budynków we współczesnej architekturze

On the influence of module and modularity in applied facade concrete technologies on the composition and aesthetic expression of building forms in contemporary architecture

Streszczenie

Moduł i modularność są istotnymi aspektami determinującymi wyraz estetyczny formy architektonicznej budynku, które towarzyszą od początku działalności budowlanej człowieka. Wynikają zazwyczaj z potrzeby okiełznania fizycznej materii dzieła i optymalizacji procesu wznoszenia budowli. Racjonalizacja stosowanych technologii wynikająca z modułu i modularności elementów jest nieodzowną częścią wielu teorii architektury wpływając na kompozycję i estetykę dzieła. Rytmy, powtarzalność form, częstotliwość ich występowania mają kluczowe znaczenie w budowaniu estetycznego ładu, powodując poczucie harmonii w odbiorze dzieła. Zjawisko to staje się szczególnie istotne w kontekście stosowania technologii betonów elewacyjnych, gdzie odwzorowanie technik budowy w charakterze estetyki dzieła wydaje się kluczowym elementem zjawiska określanym terminem „szczerowości materiałowej”. W projektowaniu architektury betonowej istotna wydaje się być umiejętność wyrażenia metody wznoszenia budynku w wybranej materii w taki sposób, który komplementarnie łączy aspekty technologiczne z kompozycją formy dzieła. Stosowanie zasad modularności, niezależnie czy mamy do czynienia z prefabrykacją betonową czy szalowaniem elementów realizowanych monolitycznie, czyni z założonego modułu kluczowy element bazy dla etapu projektowego. Celem artykułu jest wskazanie na wybranych przykładach jak twórcy architektury wykorzystują moduł i modularność betonowych elementów w komponowaniu wyrazu estetycznego formy. Niejednokrotnie oryginalność zamysłu realizacyjnego staje się tu konsekwentną zasadą kształtowania wyrazistości idei architektonicznej budynku. Beton dzięki swej podatności na kształtowanie w formach i uniwersalności zastosowań znakomicie nadaje się do wdrażania reguł projektowania opartych na module, wykorzystywanych w komponowaniu bryły budynku. Analiza wybranych przykładów pozwala nakreślić systematykę technologii betonów w kontekście wykorzystania zasad modularności jako ważnego składnika kształtującego estetykę i kompozycję formy. W przypadku technologii monolitycznych moduł i modularność koncentruje się na aspekcie szalunku. W przypadku betonowych prefabrykatów na sposobie wbudowania ich w strukturę – to jest w wyniku montażu bądź murowania betonowych elementów. Istnieją też warianty mieszane pozwalające łączyć technologie monolityczne z prefabrykacją. Tekst jest próbą nakreślenia istoty powiązania zasad

projektowych opartych na module i modularności z technologią realizacji z wykorzystaniem betonów elewacyjnych.

Abstract

Module and modularity are essential aspects that determine the aesthetic expression of a building's architectural form, which have accompanied human construction activity from its very beginning. They typically arise from the need to master the physical matter of a work and optimize the construction process. The rationalization of applied technologies resulting from the module and modularity of elements is an indispensable part of many architectural theories, influencing the composition and aesthetics of a work. Rhythms, repetition of forms, and the frequency of their occurrence are of key importance in building aesthetic order, creating a sense of harmony in the perception of a work. This phenomenon becomes particularly significant in the context of applying facade concrete technologies, where the reflection of construction techniques in the aesthetic character of a work appears to be a crucial element of the phenomenon defined by the term "material honesty." In designing concrete architecture, the ability to express the method of building construction in the chosen material in a way that complementarily combines technological aspects with the composition of the work's form seems essential. The application of modularity principles, regardless of whether we are dealing with concrete prefabrication or formwork of elements executed monolithically, makes the assumed module a key element of the base for the design stage. The aim of this article is to indicate through selected examples how architects utilize the module and modularity of concrete elements in composing the aesthetic expression of form. Often, the originality of the implementation concept becomes a consistent principle for shaping the distinctiveness of a building's architectural idea. Concrete, thanks to its malleability in forms and universality of applications, is excellently suited for implementing design rules based on the module used in composing the building's mass. Analysis of selected examples allows for outlining a systematics of concrete technologies in the context of utilizing modularity principles as an important component shaping the aesthetics and composition of form. In the case of monolithic technologies, module and modularity focuses on the formwork aspect. In the case of concrete prefabricates, on the method of their integration into the structure – that is, as a result of assembly or masonry of concrete elements. There are also mixed variants that allow combining monolithic technologies with prefabrication. The text is an attempt to outline the essence of the connection between design principles based on module and modularity and implementation technology utilizing facade concretes.

1. Wprowadzenie

Modulus z języka łacińskiego oznacza miarę. Moduł jest uważany za jednostkę miary, która odpowiada wielkości określonego elementu odniesienia. Element ten z kolei pozwala na ustalenie proporcji innych części budynku składających się na całokształt jego formy. W architekturze greckich świątyń takim modulem był w porządku doryckim tryglif, a w porządku jońskim średnica lub promień kolumny. Witruwiusz w dziele *O architekturze ksiąg dziesięć* pisał: *Kompozycja świątyń polega na symetrii, której praw architekci ściśle przestrzegać powinni. Symetria rodzi się z proporcji zwanej po grecku αναλογία – analogia. Proporcją nazywamy zastosowanie ustalonego modułu w każdym dziele zarówno do członów budowli, jak i do jej całości, z czego wynika prawo symetrii. Żadna budowla nie może mieć właściwego układu bez symetrii i dobrych proporcji, które powinny być oparte ściśle na proporcjach ciała dobrze zbudowanego człowieka* [1]. Człowiek i jego proporcje stają się wyznacznikiem dla modułu i modularności w architekturze, który w dalszym etapie znajduje przełożenie na technologię. Dzisiejsi architekci kierują uwagę w stronę corbusierowskiego *modulora* – wyznacznika nowego modułu opartego także na proporcjach człowieka, bazującego na złotym podziale. Ostatecznie Le Corbusier stworzył matematyczne odzwierciedlenie miar, stanowiących podstawę dla powtarzalnych technik budowlanych, standaryzacji i prefabrykacji, idących w kierunku uprzemysłowienia budownictwa. Nie bez powodu jest on uznawany za jednego z dwudziestowiecznych ojców architektury betonowej, gdzie wykorzystywał parametry *modulora* w projektowaniu i komponowaniu budynków. Przykładem mogą być marsylska *Unité d'habitation* (Francja, 1952), czy berlińska jednostka mieszkaniowa (Niemcy, 1957).

Z kolei modularność polega na łączeniu elementów, często niezależnych i samodzielnie istniejących, w taki sposób, aby stworzyć pewną integralność formy, ujętą w proporcjonalne ramy kompozycji. Za modularnością stoi zazwyczaj jakiś system części składający się na pewną całość, dający się modyfikować tak, że obrana zasada modułu pozwala tworzyć różne formy i warianty, bazujące głównie na grupie podobnych elementów tego systemu. Modularność w architekturze wiąże się ściśle z projektowaniem według zasad kompozycyjnych narzuconych przez moduł. Często projektowanie polega na wymyśleniu samych reguł modularności, implikowanych na konkretny wyraz plastyczny form budynków tworzących estetyczną manierę, wpływającą na sposób powtarzania środków artystycznych czy rytmów, które są ściśle powiązane z technologią realizacji obiektów. Wykorzystując prefabrykację, multiplikację modułów, dających się konfigurować i zespałać na różne sposoby, twórca zyskuje możliwość komponowania bryły obiektu w oparciu o rygorystyczną siatkę modularną, ukierunkowaną na zasady wynikające wprost z pryncypiów ram przyjętej w projekcie geometrii. Modularność to jednocześnie ograniczenie jak i pewna swoboda, która pozwala w zakresie zadanego parametru (jednostki przestrzennej) na elastyczność tworzenia zróżnicowanych – wariantowych rozwiązań. W ten sposób można realizować kompozycyjne cele oparte na rytmiczności i powtarzalności struktur przestrzennych. Niewątpliwie rozwiązania modułu i modularności znalazły zastosowanie w rozwoju myśli o uprzemysłowionym budownictwie, zwłaszcza mieszkaniowym wielorodzinnym, którego podstawą i synonimem stała się prefabrykowana technologia wykorzystująca beton i żelbet. Walter Gropius, główny twórca Bauhausu, pisząc o przemyśle mieszkaniowym twierdził, że: *Mieszkania muszą być projektowane w taki sposób, by uzasadnione wymagania jednostki, wynikające z wielkości rodziny czy profesji głowy domu, mogły zostać spełnione w zadowalający i wygodny sposób. Organizacja musi być zatem nakierowana przede wszystkim na standaryzację i masową produkcję nie całych domów, lecz ich elementów, które posłużą do*

montażu różnych typów mieszkań, podobnie jak projekty nowoczesnych maszyn uwzględniają pewne części uregulowane międzynarodowymi normami, dzięki czemu mogą być używane zamiennie w rozmaitych urządzeniach [2]. Gropius widział potrzebę zmiany projektów konstrukcyjnych i nowej organizacji schematu ekonomiczno-organizacyjnego nowego XX-wiecznego budownictwa, gdzie istnieje możliwość równoczesnego istnienia różnych modeli przestrzennych domów i mieszkań bazujące na ujednoliceniu elementów, z których te modele mogłyby powstawać. Podstawą uprzemysłowienia budownictwa jest usystematyzowanie jego produkcji w oparciu o jasne kryteria modularności. Dzisiejsza – XXI-wieczna wizja *Nowego europejskiego Bauhausu*, interdyscyplinarnego projektu zainicjowanego przez Komisję Europejską w 2020 roku, została oparta o trzy wartości: *pięknie, zrównoważeniu i wspólnocie*. Podstawowym celem tego projektu jest wspieranie Europejskiego Zielonego Ładu, w tym przyspieszenie transformacji sektora budowlanego, polegającego na zmniejszeniu emisyjności i wprowadzeniu gospodarki cyrkularnej [3]. Obrany przez Unię Europejską kierunek bazujący na wysokiej jakości projektowaniu opartym na zrównoważonym rozwoju, prowadzi do wniosku, że praca na module i zasadach modularności wydaje się podsuwać ekonomicznie i ekologicznie zasadne rozwiązania dla powstawania nowego impulsu dla rozwoju myśli o nowoczesnej architekturze. Podstawą architektury na przestrzeni epok od zawsze była umiejętność przełożenia myśli o przestrzeni za pomocą dostępnych technik. Niejednokrotnie to dostępność technologiczna wykorzystywana była do poszukiwania nowych kierunków i nurtów w architekturze, a innym razem to myśl architektoniczna determinowała powstanie nowych technologii. Beton i żelbet mają na tej drodze niekwestionowane zasługi, zwłaszcza tam gdzie projektowanie łączyło odwzorowanie kompozycji dzieła w technologii jego powstania. Dziś istnieje potrzeba rewizji i udoskonalenia rozwiązań w których to technologie betonu (żelbetu) utrzymają wciąż swoją niekwestionowaną rolę w nowoczesnym budownictwie.

2. Moduł i modularność – odwzorowanie kompozycji w technologii

Podstawą realizacyjnego sukcesu twórców architektury betonowej jest umiejętność łączenia kompozycji formy architektonicznej dzieła z technologią wznoszenia obiektu według narzuconych reguł i reżimów technologicznych. Ci spośród architektów, którzy posiadli tę wiedzę popartą doświadczeniem, zyskali świadomość rozwiązywania kluczowych detali i węzłów konstrukcyjnych istotnych z perspektywy estetyki budynku. Za technologią, niezależnie czy to monolityczną czy prefabrykowaną, najczęściej kryje się jakiś moduł implikujący zasady kompozycyjne formy. Odzwierciedlenie tych reguł poprzez technologię w realnym obiekcie budzi poczucie spójności dzieła z materią w której je zrealizowano. Elastyczność technologii jest w pewien sposób zawsze ograniczona. Wtedy poszczególne części realizowane bywają indywidualnie, często w rzemieślniczy a nie uprzemysłowiony systemowo sposób. Nie jest to cecha wyłącznie betonu (żelbetu), ale i innych materiałów. W przypadku betonu elewacyjnego istotą estetyki jest *zasada szczerości materiałowej*, która jak to wyjaśnia Wojciech Niebrzydowski: *polega na ujawnianiu prawdziwego charakteru, natury danego tworzywa budowlanego. Mówi, że architekt powinien stosować materiał w taki sposób, aby ukazać jego najważniejsze cechy, aby wydobywać z budulca wyłącznie to, czym on w istocie jest. Z kolei obserwator nie powinien doświadczać innych odczuć niż te, które dany materiał niesie dzięki swoim zasadniczym własnościom* [4].

Wspomnieć tu należy o innej właściwości betonu, to jest o jego podatności do odwzorowywania innych faktur w swoim licu, przez co staje się idealnym tworzywem do wizualnej imitacji innych materiałów. Stoi to jednak w sprzeczności z zasadą szczerości materiałowej. Jest to realizowane przy jednoczesnym nie przeszkadzaniu rynkowym oczekiwaniom, w których

beton jest powszechnie stosowany jako materiał wykorzystywany do fałszowania innych faktur (jak drewno, kamień, cegła, itp.), które powstają zazwyczaj w wyniku odcisku mat strukturalnych. Powierzchnia betonu przyjmuje tu postać struktury przestrzennej powstałej z odcisku specjalnych matryc – czyli elastycznych wkładek z tworzyw sztucznych, mocowanych na konstrukcji szalunku, którym nadano określony wzór. Ta technologia pozwala na imitowanie zarówno faktur innych materiałów, jak też tworzyć niezależnie estetycznie, oparte o geometrycznie abstrakcyjne wzory i kompozycje struktury, odcisnięte w licu betonowego elementu. Zazwyczaj dostępne są zarówno gotowe wzorniki z katalogów producentów, jak i mogą być wymyślane indywidualnie pod kątem danej realizacji. W takim przypadku powtarzalność wzoru o zadanej modularności często jest elementem kluczowym w komponowaniu elewacji, a ograniczeniem staje się wielkość modułu, pozwalająca na wizualnie neutralny sposób łączenia matryc zapewniając tym samym wizualną ciągłość elementów. Poprawność odwzorowania kompozycji wzoru i jego powtarzalność w przyjętej technologii zależy wprost od zakładanego modułu i projektu opartego na zasadach modularności.

W procesie projektowym z wykorzystaniem technologii betonu elewacyjnego kluczowa jest świadomość po stronie projektanta o złożoności technologicznych aspektów składających się na całokształt procesów dążących do realizacji dzieła na poszczególnych fazach jego powstawania. Projektowanie jest kluczowym momentem, gdzie już przy sporządzaniu koncepcji architektonicznej powinno się wykorzystywać moduł celem optymalizacji dalszych etapów powstawania budynku. Należy tu zwrócić uwagę, że moduł jak i modularność nie mają ograniczać swobody twórczej w kształtowaniu idei architektonicznej budynku, lecz tworzyć zasady ułatwiające sposób przenoszenia myśli o przestrzeni na technologię realizacyjną obiektu. Dlatego odwzorowanie formy budynku w obranej technologii betonu (żelbetu) kieruje potrzebę stworzenia systemu kompozycyjnego, którego istotą jest obrany moduł nie tyle co powtarzalnych elementów budowlanych, co architektury budynku opartej na zasadach modularności.

3. Wpływ modułu i modularności wynikającej z technologii betonów elewacyjnych na kształtowanie wyrazu estetycznego i kompozycji budynków

Z lektury dzieła Le Corbusiera pod tytułem *W stronę architektury* dowiadujemy się o gruntownej zmianie w kompozycji formy budynku, jaka zaszła na przestrzeni XX wieku za sprawą żelbetu. Twierdził on, iż: *Budowle z żelbetu zrewolucjonizowały budowlaną estetykę. Zastępując dach tarasami, żelbet prowadzi do nowej, nieznanej dotąd estetyki płaszczyzn. Umożliwia występy i uskoki, które tworzą cienie i półcienie, i to nie w porządku pionowym, z góry na dół, lecz poziomym, od lewej do prawej. To kluczowa zmiana w estetyce płaszczyzny; jeszcze jej nie odczuliśmy; warto by pomyśleć o niej teraz, projektując rozbudowę miast* [5]. To co na początku lat 20-tych XX wieku przybierało na sile i było synonimem nowoczesności, dziś wydaje się oczywistością w kształtowaniu kompozycji architektonicznej czy to domu czy budynku użyteczności publicznej. Poziome linie otworów, podcięć, pasm okiennych zmieniły wyraz dotychczasowej estetyki budynków. Corbusier dostrzegał to rewolucyjne znaczenie stali i cementu dla nowej epoki w dziejach ludzkości, której emanacją miała być architektura wyjęta z klasyfikacji historycznych stylów - pisał, że: *Podczas gdy historia architektury ewoluowała powoli przez stulecia, dostosowując się do zmian w strukturze i ornamentach, żelazo i cement w ciągu pięćdziesięciu lat dały rezultaty świadczące o potęgze budownictwa oraz o przewrocie, jaki miał miejsce w języku architektonicznym. Jeśli porównamy to z przeszłością, okaże się, że*

„style” już dla nas nie istnieją, że wypracowano jeden styl epoki; dokonała się rewolucja [6]. Ta droga ku nowoczesności realizowała się na fundamentach dwóch technologii stosowania żelbetu. Pierwsza to technologia monolityczna – realizowana *in situ*, bezpośrednio w miejscu powstania budowli, druga to technologia prefabrykowana bazująca na elementach mogących powstawać zarówno na miejscu budowy jak i w zakładach produkcyjnych, gdzie stopień prefabrykacji był zróżnicowany - od poszczególnych betonowych części, przez całe jednostki modułowe, aż po gotowe obiekty. Możliwe stały się także systemy mieszane – łączące prefabrykację z monolitycznością. Zarówno w pracach Waltra Gropiusa jak i Le Corbusiera seryjność budownictwa była podstawą kształtowania wyrazu nowych miast. Za tą seryjnością i powtarzalnością idzie nieodzownie potrzeba korzystania z modułu i tworzenia architektury według zasad modularności. W budownictwie uprzemysłowionym to właśnie wymyślenie systemu bazującego na modularności i koordynacji wymiarowej było kluczem powodzenia dla inwestycji planowanych z dużym rozmachem. Rytm, powtarzalność, budowa poczucia ładu i uporządkowania w oparciu o modularność to podstawowe elementy do komponowania architektury opartej na estetyce materialności betonu.

3.1. Moduł i modularność w monolitycznych technologiach betonów elewacyjnych

Le Corbusier pisał o domach seryjnych, *które będzie się stawiać, lejąc z góry ciekły beton, w jeden dzień, tak jakby napełniało się butelkę* [7]. Efekt monolityczności budzi w obserwatorze emocje związane z materialnością dzieła, która jednoznacznie definiuje przestrzeń i pustkę. Tu podstawową fakturą odsłoniętego betonu stał się odcisk szalunku niesystemowego z deski. Brutalistyczna struktura lica ściany posiada niedoskonałości odlewu, a nawet tworzy z nich w oczach twórców wartość plastyczną, która intensyfikuje się za sprawą światłocienia. Tego typu szalunki mają indywidualny charakter i dedykowane są zazwyczaj do wykonywania nietypowych, głównie niepowtarzalnych elementów żelbetowych o skomplikowanych kształtach. Cechuje je duże zużycie materiału i pracochłonność wykonania. Dla uzyskiwania efektu uporządkowania kompozycji wzorów, bazującego na rytmie, powtarzalności i modularności, sięgnięto po ujednolicenie gabarytu stosowanej deski szalunkowej czy tworzenia z nich całych sekcji szalunku. Przykładem takiego działania może być budynek krakowskiego kościoła św. Jadwigi (projekt: Romuald Leoegler, Jacek Czekaj, Polska, 1979-1988), gdzie poszczególne poziome sekcje betonowych pasów, noszą rysunek odcisku pionowych, niewielkich desek, który jest uwydatniany poprzez światło. W ten sposób pewne uporządkowanie deskowania, choć nadal znacząco rzemieślnicze w wykonawstwie, budowało podstawy modułu i modularności uprzemysłowionych systemów szalunkowych. Wszystko zmieniło się za sprawą deskowań systemowych, nazywanych też uniwersalnymi, które stosowano do realizacji powtarzalnych części budynków. Jak wyjaśnia to Zygmunt Orłowski: *Deskowania uniwersalne są to systemy deskowań inwentaryzowanych, wielokrotnego użycia, składające się z elementów tworzących typoszeręg wymiarowy, przewidzianych do formowania powierzchni płaskich i krzywoliniowych w różnych rodzajach budownictwa* [8].

Jedną z cech powierzchni monolitycznego betonu elewacyjnego jest widoczny podział uzyskiwany z szalunków systemowych (ramowych, dźwigarów). Determinuje go powtarzalność modułowa wynikająca z przyjętego systemu deskowania. Zostaje to odwzorowane w licu betonowego elementu przez odcisnięty rysunek styków poszycia i innych elementów konstrukcyjnych, takich jak otwory po ściągach, łączniki mocujące elementy poszycia, czy listwy w przerwach technologicznych. Rytmiczność i równomierne rozplanowanie wynika z gabarytów prefabrykowanych elementów systemu szalunkowego, czy

zaplanowania przebiegu procesu betonowania poszczególnych sekcji. Ma to w przypadku monolitycznie realizowanej architektury betonowej znaczący wpływ na poczucie harmonii w percepcji powierzchni betonu. Dlatego zastosowanie określonej modularności deskowania systemowego, określenie charakteru styków, rozmieszczenia otworów po ściągach i przerw technologicznych powinno być brane pod uwagę już na etapie projektowania estetyki elewacji w budynku, a nawet wcześniej na etapie koncepcji, tak aby wychwycić wizualnie problematyczne fragmenty odbiegające od zasady kompozycyjnej elewacji. Krzysztof Kuniczuk podkreśla, iż: *z praktyki wynika, że najbardziej właściwe jest planowanie wyglądu z uwzględnieniem możliwości technicznych producentów deskowań* [9]. W książce *Beton architektoniczny – wytyczne techniczne* pisze o potrzebie określenia przez architekta takich informacji w projekcie jak: kategoria betonu architektonicznego; dodatkowe wytyczne w przypadku istotnego wpływu na końcowy efekt wizualny (np. składu betonu, obróbki, pielęgnacji). Tu w odniesieniu do uzyskania odpowiedniej modularności rytmów i podziałów na elewacjach istotne jest podanie rodzaju deskowania z podaniem wielkości paneli, sposobu ich ułożenia celem nadania określonej wizualnie kompozycji, łącznie z takimi elementami jak rytm rozstawienia otworów po ściągach i sposób ich wykończenia, charakter połączeń płyt deskowania, rodzaj powłoki deskowania, itp. Ważnym elementem jest wyznaczenie miejsc przerw technologicznych i sposób ich wykonania, co też może być elementem modularności poszczególnych sekcji betonowania, które dalej znajdują przełożenie na konkretne linie na elewacjach budynku [10]. Wszystkie te elementy sztuki budowania z betonu monolitycznego mają kluczowy wpływ na poczucie jedności estetyki formy z technologicznymi prawidłami. Projektanci i architekci wykorzystują moduł i modularność technologii monolitycznych betonów, aby uzyskać poczucie harmonii, rytmów, powtórzeń, nadając formie ład i uporządkowanie wpisane w reżim technologii. Wypracowanie metody projektowej opartej o moduł i modularność pozwala na łączenie zasad budowania kompozycji architektonicznej budynku z technologicznymi możliwościami realizacyjnymi, dzięki czemu zachodzi efekt spójności formy z materiałem, tak istotny z punktu widzenia zasady szczerowości materiałowej. Wielu spośród architektów realizujących swoje idee w monolitycznej technologii betonów elewacyjnych sięga po modularność odcisku szalunku jako istotnego elementu wyrazu formy architektonicznej budynku.

Oprócz samego Le Corbusiera, jednym z twórców architektury stosującym beton (żelbet), który w nieco bardziej powściągliwy sposób niż czynili to brutalści był Louis I. Kahn. Architekt był jednym z prekursorów stosowania betonu o gładkich powierzchniach. Do najbardziej znanych jego dzieł można zaliczyć budynek *Jonas Salk Research Institute* w La Jolla (USA), zrealizowany z użyciem metalowych szalunków w latach 1959-65; dom akademicki *Bryn Mawr College Dormitory* w Pensylwanii (1960-1965, USA) gdzie użyto odcisku paneli sklejk mocowanych prętami. Do wybitnych dzieł Kahna zaliczyć należy także budynek Zgromadzenia Narodowego w Dhace (1962-1974, Bangladesz), gdzie moduł i modularność białych poziomych i pionowych linii z białego marmuru rozdzielają pola betonowych sekcji tworząc architekturę z corbusierskiej definicji, mówiącej, że: *Architektura jest mistrzowską, poprawną wspianą grą brył w świetle (...)* [11]. To co wyróżnia architekturę Louisa Kahna, jak to określił Charles Jencks, to: *Miłość do wyrażenia metody*, pisząc: *W jego architekturze charakterystyczne jest wyrażenie owej metody nie tylko poprzez ideę ukształtowania formy obiektu, ale także przez jej główny nośnik – materiał, dzięki któremu został pokazany technologiczny proces realizacji budynku. Jak stwierdził sam Kahn: „Jeśli nauczylibyśmy się rysować tak jak budujemy, od dołu do góry, zatrzymując ołówek, aby oznaczyć miejsca połączeń kolejnych faz wylewania konstrukcji, ornament wyrastałby z miłości do wyrażenia metody”* [12].

Niewątpliwym twórcą architektury, który potrafi wyrazić metodę w betonowej materii jest Japończyk Tadao Ando. Jego powściągliwa architektura utrzymana w konwencji japońskiego minimalizmu, przepełniona purystyczną estetyką betonowego odlewu, stała się dla wielu współczesnych twórców wzorem do naśladowania. Moduł odcisku sklejki zazwyczaj o wymiarach 180x90 cm z sześcioma otworami wskazującymi miejsca po ściągach, to ikoniczny wyznacznik powściągliwej estetyki Ando, który sam w sobie tworzy detal wynikający wprost z technologii szalowania betonowego elementu. Dariusz Kozłowski tak charakteryzuje betonową twórczość Ando i jej ścisły związek z technologią: *Rygor prostych, geometrycznych kompozycji jest budowany zmysłową jakością żelbetowych konstrukcji. Jak zawsze, beton Tadao Ando odlewany w gładkościennych formach nie kryje swojego technologicznego pochodzenia. Szalunki pozostawiają po sobie na żelbecie zapis pozwalający odkryć ich wielkość, kształt i ułożenie otworów po ściągach, łączących ściany deskowań. Ów relief odciska się na powierzchni betonu, gładkiej i delikatnej równocześnie, skłaniającej do zbliżenia ręki i dotknięcia, które nie rozczarowuje – beton ma naturę gładkiej i delikatnej tkaniny, której sprzeciwia się jednak chłód i twardość innego, kamiennego powinowactwa materiału. Ślady form, "ryty" na betonowych ścianach, ta jedyna "ozdoba" architektury, tworzy delikatny rysunek, precyzyjnie przemyślany i zaprojektowany, i nie mający nic wspólnego z architektoniczną nonszalancją przedstawiającą technologię budowania, ani też z rzemieślniczą szczerością odlewów ze śladami deskowań* [13]. Niewątpliwie architektura Ando, uznawanego za jednego z najbardziej ortodoksyjnych architektów realizujących swoje idee w większości z monolitycznego betonu. Modularność tej architektury jest w przeważającej części oparta na wymiarach tradycyjnych mat „tatami”, które mają standardowe wymiary 90×180 cm i jednocześnie służą jako jednostka miary powierzchni wewnątrz. Spośród bardzo licznych realizacji Ando, można wymienić zaledwie kilka, które obrazują jego powściągliwy i purystyczny styl: *Row House* (Sumiyoshi, Osaka, Japonia, 1976), *Koshino House* (Ashiya, Hyogo, Japonia, 1981 i rozbudowa 1984), *Nakayama House* (Nara, Japonia, 1985), *Church of the Light* (Ibaraki, Osaka, Japonia, 1989), *Vitra Seminar House* (Weil-am-Rhein, Niemcy, 1989), *Meditation Space*, Unesco (Paryż, Francja, 1995), czy *4x4 House* (Kobe, Hyogo, Japonia, 2003).

Wśród licznych współczesnych twórców realizujących projekty z użyciem monolitycznego betonu (żelbetu) są zarówno tacy, którzy korzystają z modularności gotowych systemów szalunkowych, jak i tacy, którzy poszukują indywidualnych rozwiązań. Każdy z nich stara się jednak uczynić z modułu i modularności geometryczną i kompozycyjną zasadę, którą da się przenieść dalej na technologię budowy.

3.2. Moduł i modularność w prefabrykowanych technologiach betonów elewacyjnych

Prefabrykacja to sposób budowania odmienny od tradycyjnych technik wznoszenia obiektów, który na przestrzeni wieków rozwijał się w różnym stopniu. To jednak od lat 30. XX wieku wielu architektów rozpoczęło zakrojone na szerszą skalę prace nad upowszechnianiem przemysłu masowego budownictwa, głównie domów jednorodzinnych, który pozwalał na montaż na placu budowy. Jak pisze Philip Wilkinson: *Termin budownictwo systemowe jest dzisiaj używany do określenia metody, gdzie albo całe budynki, albo ich wielkowymiarowe elementy są produkowane w fabrykach i w całości dostarczane na plac budowy. Budynki lub ich elementy są częściowo fabrycznie wykończone i wymagają jedynie podłączenia do mediów. Wiele domów mieszkalnych, fabryk i szkół zbudowano w ten sposób, szczególnie w latach 60. i 70. XX wieku, kiedy nastąpił szczyt popularności tego systemu* [14]. Współcześnie można zauważyć wznowiającą się popularność budownictwa systemowego, głównie modułowego,

także z wykorzystaniem betonowej prefabrykacji. Nie byłoby to możliwe bez dokonań twórców stylu międzynarodowego z Le Corbusierem i jego pięcioma punktami nowoczesnej architektury, które wdrożył przy realizacji *Willi Savoye* w pobliżu Paryża w 1928-1931 r. Podobny wpływ miała szkoła Bauhausu założona przez Waltera Gropiusa, która wykorzystywała możliwości masowo wykonywanych elementów konstrukcji czy wyposażenia budynków. Jej studenci uczyli się projektowania przedmiotów i części budynków do wykonywania masowego w fabrykach i zakładach produkcji, przez to rzeczy te mogły być produkowane w oderwaniu od lokalnego rzemiosła, materiałów czy technologii umiędzynarodowiając ich wartość użytkową, konstrukcyjną i estetyczną. Podstawą takiego projektowania stało się posługiwanie modułem i stworzenie podstaw planowania na bazie siatki, stanowiącej istotę do rozwoju modularności dla przyjętych rozwiązań. Wilkinson tak pisze o planowaniu na bazie siatki: *Architekci pracujący zgodnie z zasadą pięciu punktów rozstawiają pilotis w regularnych odstępach, tworząc w ten sposób siatkę strukturalną. Jest to jeden z przykładów projektowania na bazie siatki, systemu szeroko używanego przez dwudziestowiecznych architektów. Ten typ planowania może być narzędziem strukturalnym – sposobem umożliwiającym architektom użycie standardowych komponentów, takich jak panele ściennie tego samego rozmiaru – lub po prostu narzędziem dyscypliny motywującej do stworzenia uporządkowanego planu. Planowanie na bazie siatki było często używane przy budowie obiektów przemysłowych, tak więc betonowe szkielety i podobne elementy mogły być produkowane w standardowych rozmiarach, a budowa stawała się procesem montowania gotowych prefabrykatów [15].*

Stosowanie technologii prefabrykowanych z wykorzystaniem betonów elewacyjnych opiera się zazwyczaj na jakimś systemie modularności, niezależnie czy mamy do czynienia z powtarzalnym elementem czy wykorzystujemy jednostkę modułową w różnych wariantach projektowych. Prefabrykacja jest procesem wytwarzania elementów budowlanych najczęściej zakładzie produkcyjnym, rzadziej bezpośrednio na placu budowy, które następnie transportuje się i montuje w docelowym miejscu. Proces prefabrykacji nastawiony jest zazwyczaj na seryjną produkcję elementów takich jak ściany, stropy, belki, słupy, a nawet kompletne moduły budynków, które po złożeniu tworzą gotowy obiekt budowlany lub jego istotną część także tę istotną z punktu widzenia estetyki formy budynku jak np. sama elewacja. Podstawą tego działania jest kompozycja bryły budynku a następnie próba zamienienia jej na język składowych form-części – prefabrykatów. Stąd tak istotne jest planowanie na z góry założonym module, będącym częścią całego zintegrowanego systemu projektowania i wytwarzania elementów.

Prefabrykacja ze względu na swoją zdolność do budowania formy w oparciu o replikację elementów jest w ideowy sposób determinowana do tworzenia systemu przestrzennego opartego na zasadach modularności. W rozprawie doktorskiej pod tytułem *Wpływ prefabrykowanych, betonowych rozwiązań fasadowych na estetykę obiektów architektonicznych* Paweł Mika dokonuje klasyfikacji elewacyjnych prefabrykatów betonowych w oparciu o:

- cechy konstrukcyjne (prefabrykaty nienośne tj. okładzinowe, osłonowe; samonośne; nośne tj. elementy ściennie, ściany konstrukcyjne, szkielety fasadowe - egzoszkielety);
- wymiary (prefabrykaty drobnowymiarowe; średniowymiarowe; wielkowymiarowe);
- strukturę (prefabrykaty jednorodne lub warstwowe);
- geometrię (prefabrykaty płaskie lub przestrzenne) [16].

Daje to obraz w jak wielu aspektach prefabrykacja może być rozpatrywana w oparciu o różne cechy, parametry czy przeznaczenie betonowych elementów, a co za tym idzie jak odmiennie należy rozróżniać pod kątem estetyki modularność konstrukcyjną z modularnością

kompozycyjną. Modularność w ujęciu inżynierskim np. osi konstrukcyjnych nie musi być tym samym co moduł architektoniczny służący tworzeniu zasady kompozycyjnej budującej wyraz i charakter formy budynku. W rozprawie Pawła Miki szczególnie istotny dla zagadnienia modułu i modularności jest rozdział: *Wpływ betonowych prefabrykatów elewacyjnych na architekturę obiektu i współczesne tendencje w kształtowaniu wyrazu estetycznego fasad przy ich zastosowaniu* [17]. Pojawia się tu zagadnienie rytmu jako podstawy kompozycji w architekturze oraz wynikająca z tego rytmu rozbudowana klasyfikacja fasad z prefabrykatów betonowych prowadząca do opisanie tendencji w kształtowaniu wyrazu architektonicznego. Miki wyróżnia tu trzy podstawowe grupy kompozycji, jakimi posługują się architekci w pracy nad specyfiką charakteru estetycznego obiektu. Określił je jako: *miarowe fasady z powtarzalnych elementów, niemirowe fasady z powtarzalnych elementów, niemirowe fasady z nietypowych elementów*, obrazując te zagadnienia tablicami [18]. Rytm w architekturze stał się także przedmiotem badań Grzegorza Twardowskiego, które opisał w rozprawie doktorskiej pod tytułem: *Rytm jako element kreacji formy architektonicznej. Klasyczne i współczesne piękno w architekturze*. Wymienia tu: *rytmy proste, miarowe; rytmy akcentowane, toniczne; rytmy zróżnicowane*, rozbudowując tę systematykę o dalsze podgrupy i przywołując także twórców wykorzystujących beton i żelbet do tworzenia rytmicznych kompozycji architektonicznych [19].

Historycznie jak i współcześnie rytm stanowił podstawowy element kompozycji formy architektonicznej. Uporządkowanie formy poprzez rytm wydaje się cechą architektury pochodzącej z różnych okresów i stylów, a także występuje niezależnie od stosowanych materiałów. Temu procesowi towarzyszy praca projektowa pozwalająca wymyślić pewien system modułarny, bądź wykorzystać czy też przetworzyć modularność zastosowaną w istniejących budynkach, celem osiągnięcia stosownego uporządkowania i ładu, składając się tym samym na zjawisko i poczucie piękna w architekturze. Prefabrykowane elementy z betonu czy żelbetu wydają się być predestynowane do tworzenia architektury opartej o modularność, bazując na rytmach i powtarzalności form. Betonowa prefabrykacja pomimo wielu współcześnie udanych realizacji, wciąż niesie za sobą krytyczny obraz blokowisk stawianych w systemach wielkopłytowych. Ta negatywna tendencja się zmienia. Współczesne budownictwo mieszkaniowe oparte na prefabrykacji posiada nowy wyraz, który w połączeniu z funkcjonalnością, szybkością realizacji budynku i zwiększeniem dostępności nie odbiega, a nawet w wielu aspektach przewyższa realizacje wykonywane w technologiach tradycyjnych czy monolitycznych. Podstawą jest wykorzystanie w odpowiedni sposób modułu i modularności, tak aby stworzyć atrakcyjną wizualnie kompozycję formy budynku.

Jeżeli rozważać betonowe prefabrykaty pod kątem realizacyjnym i technologicznym to można dokonać ogólnego podziału ze względu na sposób wbudowania ich w strukturę obiektu – to jest w wyniku montażu bądź murowania betonowych elementów. To również ma przełożenie na charakter architektury obiektu, kierując uwagę czy to na betonową osłonę – „kostium” dla konstrukcji, czy prefabrykaty pełnią jednocześnie funkcję konstrukcyjną i estetyczną.

Sięgając do konkretnych przykładów wykorzystania modułu i modularności w prefabrykowanej architekturze z betonowych elementów można wskazać dorobek kilku twórców obrazujący to zjawisko.

Frank Loyd Wright, jedna z ikon amerykańskiej i światowej architektury we wczesnych latach 20. XX wieku eksperymentował z technologią zastosowania betonowych bloczków z charakterystyczną ornamentyką. Stworzony przez Wrighta prekursorski system wznoszenia budynków z prefabrykowanych elementów nazwany *textile block system*, choć zastosowany zaledwie w kilku rezydencjach, był jedną z najbardziej wyrazistych i oryginalnych w swej idei architektonicznej technologii, opartej na zasadach standaryzacji i modularności. Do dziś dzieła

te stanowią scenografię dla futurystycznych produkcji filmowych i na stałe wpisały się do podręczników o architekturze. Specyfika przyjętej technologii wykonania bloków pozwoliła przy użyciu metalowych form na ich wielokrotne wykorzystanie podczas wykonywania powtarzalnych elementów, a stosowana ornamentyka o zróżnicowanym wzorze geometrycznym była tworzona indywidualnie dla każdego z budynków. System pozwalał uzyskać geometryczne, przestrzenne uformowane wzory na specjalnie wyprofilowanych blokach z betonu. Łączono je później na miejscu budowy zbrojeniem w postaci stalowych prętów, a następnie zalewano betonem. Zaowocowało to powstaniem kilku domów na terenie Kalifornii. Do najbardziej rozpoznawalnych realizacji wykorzystujących tę technologię należą cztery domy wzniesione w okolicach Los Angeles w USA. Są to: *Alice Millard House* (rezydencja żony George'a Madisona Millarda) wzniesiony w Pasadenie (1923), nazywany też *La Miniatura*; rezydencja Johna Storer'a powstała w 1923 r. (*Storer House*); *Freeman House* (1924) oraz rezydencja Charlesa Ennisa (1923-1924), która jest najbardziej okazałym ze wszystkich budynków mieszkalnych F. L. Wrighta zrealizowanych w systemie *textile block* zarówno pod kątem gabarytów jak i zdobnictwa elementów. E. R. Ford w tekście *The Pioneering Age of Concrete Blocks - Frank Lloyd Wright's Textile - Block Houses* tak opisał znaczenie tego systemu na tle rodzących się innych systemów prefabrykacji: *Zawsze trudno jest oddzielić pierwotne myślenie Wrighta od jego późniejszych wyjaśnień, ale w 1927 roku ogłosił, że system budowy z prefabrykowanych bloków jest właściwą odpowiedzią na „standaryzację” – w przeciwieństwie do wielko-członowych systemów Le Corbusier'a i Gropius'a. System Wrighta zakładał podniesienie poziomu lokalnego, nieprecyzyjnego budownictwa opartego o technologię z miejscowych materiałów - betonowych bloków – w celu utworzenia masowo wytwarzanego produktu o ogromnej wytrzymałości, ujednoliconego w jego częściach, precyzyjnego w swojej produkcji i wykonaniu, a wszystko to osiągnięte przy minimalnym nakładzie wykwalifikowanej pracy na miejscu* [20]. To co łączy te realizacje to charakterystyczna modułarna siatka tworząca pionowe i poziome linie styku bloków, niezależnie od stosowanej ornamentyki. Moduł prefabrykatu wytyczał granice kształtowania i kompozycji architektury ograniczonego siatką systemu i połączeń.

Mario Botta, szwajcarski architekt z Ticino, wielokrotnie sięgał, głównie w latach 70. i 80. XX wieku po inny rodzaj prefabrykowanego elementu. Był nim betonowy bloczek, który stosował przy wielu realizacjach domów z tamtego okresu twórczości. Charles Jencks zwraca uwagę na pieczołowitość i spójność w sposobie użycia przez Bottę betonowych bloków już na etapie projektowania budynku: *Równie istotny jest porządek geometryczny nie tylko planu, lecz także elementów konstrukcyjnych, zazwyczaj betonowych bloków. Botta nadaje im niemal świętą jakość, jak gdyby były z marmuru, a nie przemysłowego materiału. Poza tym rysuje, czyli kontroluje, ustawienie każdego z nich. W ten sposób przyjmują one dekoracyjną, hierarchiczną rolę, przypominającą trochę używanie murarki przez cystersów* [21]. Botta wykorzystuje modularność betonowego boczka na różne sposoby. Przede wszystkim ważny staje się układ kompozycyjny elementów w płaszczyźnie zbudowanych z nich ścian stosując różne wątki naprzemiennego wiązania betonowych elementów, traktując je jak ustandaryzowany gabarytowo blok kamienny. Architekt często wprowadza trójwymiarowy układ elementów w strukturze murów czyniąc z niego przestrzenny ornament i detal tworzący lapidarne gzymsy, fryzy, czy rustyki. Innym rodzajem zabawy z modularnością wymurowanych sekcji z boczka jest wprowadzenie zróżnicowania kolorystycznego, głównie w formie poziomych, naprzemiennych pasów. Spośród wielu szwajcarskich realizacji Botty wykorzystujących na w różny sposób moduł betonowego boczka można wymienić: dom o formie „odwróconej wieży” z charakterystycznym stalowym mostem w San Riva Vitale (1973); Prostopadłościenny dom w Ligornetto (1976) z charakterystycznymi dwubarwnymi pasami na elewacji; dom w Massagno

(1981), z charakterystyczną fasadą z dwubarwnych bloczków i z formą okręgu; dom w Viganello (1981) z przestrzennie uformowanymi fragmentami powstałymi z obrócenia modułu bloczków, czy przestrzenną wklęsłą fasadą dom w Morbio Superiore (1983). Na uwagę zasługują także cylindryczne formy domów: *Casa Rotonda* w Stabio (1982) jak i dom w Losone (1989), gdzie w różnorodny sposób architekt wykorzystał moduł na walcu, zarówno w tworzeniu ściany jak i uzupełnienia jej detalami powstałymi z geometrii bloczka. Nie tylko Mario Botta sięga po modularność betonowych bloczków czy pustaków. Taka estetyka betonu towarzyszy wielu realizacjom innych twórców. Wystarczy tu tylko wspomnieć o budynku *Cube House* projektu Simona Ungersa (Ithaca, USA, 2000) czy polską realizację z ostatniego okresu tj. dom w Będzinie pracowni jojko+nawrocki (Polska, 2017).

Prefabrykacja betonowa znacznie częściej jest kojarzona z wielorodzinnym budownictwem wykonywanym w technologii wielkiej płyty, która od lat 60. do 90. XX wieku dominowała w Polsce. Choć ideowo miało zaspokoić rosnące potrzeby mieszkaniowe, to do dziś tego typu budownictwo nie cieszy się uznaniem, głównie ze względu na jakość wykonawstwa i monotoność estetyczną. Niektóre z realizacji zyskiwały jednak ikoniczny charakter jak np. wrocławski zespół mieszkalno-handlowy projektu Jadwigi Grabowskiej-Hawrylak (Polska, 1968-1978). Ze światowych ikonicznych przykładów prefabrykowanych budynków wielorodzinnych można wskazać założenie przestrzenne *Habitat 67* z Montrealu (Kanada, 1967) autorstwa Moshe Saffiego, o skomplikowanej formie nakładających się brył, które wykonane było z konstrukcyjnych prefabrykatów przestrzennych. Założenie to zyskało już swoje należne miejsce w podręcznikach do historii współczesnej architektury. Inną ikoniczną strukturą był bez wątpienia *Nakagin Capsule Tower*, budynek mieszkalno-biurowy, zaprojektowany przez Kisho Kurokawę w Shimbashi w Tokio (Japonia, 1972). Jako przykład architektury metabolicznej jest uznawany za pierwszy budynek zaprojektowany z wymiennymi modułami. Na jego formę składały się żelbetonowy szkielet wypełniony sto czterdziestoma modułami / kapsułami o konstrukcji stalowej. Moduł był ustandaryzowany i miał jednakowe wymiary 2,5x4 m. Każda z kapsuł miała samodzielną funkcję dedykowaną jednej osobie. Charakterystycznym elementem każdego modułu było okrągłe okno. Co istotne moduły, choć zrealizowane ze stali były wykonywane i wyposażone przed zamocowaniem ich do żelbetowego rdzenia. Ich niezależność powodowała, że mogły być wymienialne. *Nakagin Capsule Tower* był ikonicznym przykładem zastosowania modułu i modularności w kształtowaniu nowatorskiego charakteru architektury i eksperymentalnej formy z wykorzystaniem betonowego rdzenia, który pomimo śmiałej koncepcji nie przetrwał próby czasu i został rozebrany w 2022 roku.

Współcześnie budownictwo i prefabrykacja betonowa realizuje zupełnie nieporównywalną jakość wykonawstwa do tej z okresu lat 60. do 90. XX wieku. Świadczą o tym zarówno zagraniczne realizacje jak również te powstałe w Polsce. Może nim być warszawski budynek *Sprzeczną 4*, autorstwa BBGK Architekci (Jan Belina-Brzozowski, Konrad Grabowiecki, Wojciech Kotecki, Polska, 2004).

Prefabrykacja betonowa dobrze się sprawdza także w historycznych centrach miejskich, gdzie istnieje potrzeba odwzorowania bogatego detalu, jak ma to miejsce w przypadku paryskiego budynku *Fouquet's Barrière Hotel* (Maison Edouard François, Paryż, Francja, 2006). Tu modularność sprzyja ornamentalnej powtarzalności. Za inną, oryginalną i monumentalną strukturą wykorzystującą prefabrykowaną modularność i bogaty detal nawiązujący do klasycznych form jest także znacznie wcześniejszy budynek, to jest powstały w 1982 roku budynek mieszkalny *Les Espaces d'Abraxas* projektu Ricarda Bofilla, *Teller de Arquitectura* zlokalizowany w Marne La Vallée we Francji. Postmodernistyczne założenie czerpie i nawiązuje wprost do porządków i dorobku starożytnej architektury greckiej i rzymskiej, której

modularność i osiowość były podstawą kompozycji architektonicznej. Do realizacji bogatych w detal elewacji wykorzystano prefabrykowane okładziny z betonu. Dariusz Kozłowski tak pisze o „prefabrykowanym klasycyzmie” Bofila: *W Marne La Vallée pod Paryżem architekturę mieszkaniową zbudowano (1978-1982) z elementów prefabrykowanych, tzw. wielkich płyt, które znamy aż nadto dobrze z najbliższej położonych osiedli. Z pewną różnicą – Bofill wyprodukował elementy żelbetowe jako części historycznych porządków, gzymsów, nadproży, kanelurowanych kolumn i cokołów; jego żelbet jest biały lub szary – jak cement – bywa także barwiony, ale zawsze pozostaje gładki, nie dotknięty ludzką ręką, precyzyjnie odbijający kształt stalowej formy, co nie przeszkadza mu marzyć, że jest kamieniem [22].*

Prefabrykacja betonowa jest stosowana powszechnie nie tylko w architekturze mieszkaniowej. Ma ona zastosowanie w wielu obiektach użyteczności publicznej, jak też typowo przemysłowo-magazynowych czy inżynierskich. To za sprawą modułu i modularności projektowanych elementów architekci są w stanie optymalizować prace budowlane, jak i dbać o budżet inwestycji przy jednoczesnym uzyskaniu zadawalających efektów estetycznych.

Richard Meier zaprojektował z użyciem samonośnych prefabrykatów elewacyjnych, wykorzystujących biały, samooczyszczający się beton, bryłę obiektu sakralnego *Jubille Church* (Rzym, Włochy, 2003) z charakterystycznymi formami łukowatych żagli, podzielonych na nietypowe sekcje modularne.

Prefabrykacja ze względu na zachowanie modularności i powtarzalności dobrze sprawdza się w budynkach biurowych, czego dowodem mogą być realizacje: londyński biurowiec *One Coleman Street*, autorstwa Swanke Hayden Connell, Dawid Walker (Wielka Brytania, 2007); biurowiec *Zana House* pracowni Stelmach i Partnerzy Biuro Architektoniczne Sp. z o.o. (Lublin, Polska, 2008); czy zespół budynków publicznych o funkcji biurowej znany pod nazwą *City of Justice* pracowni David Chipperfield Architects + b720 Arquitectos z Barcelony (Hiszpania, 2004-2009), które wykonano z elementów konstrukcyjnych – ściennych. Interesującym przykładem może być budynek biurowy *Diagonal 197* autorstwa tego samego zespołu Davida Chipperfielda w Barcelonie z 2008 roku, gdzie zastosowano okładziny z barwionych elementów fasadowych zbrojonych włóknami szklanymi (GFRC). Tu zróżnicowana modularność płyt elewacyjnych posłużyła do uzyskania pozornie swobodnej kompozycji, ukierunkowanej na atrakcyjność pochodzącą z przypadkowości i złożoności rozplanowania składowych elementów fasady. Przestrzenna okładzina nienośna z betonu posłużyła także do stworzenia elewacji biurowca i centrum logistycznego w miejscowości Nola we Włoszech (Modostudio, 2011). Racjonalność prefabrykowanej elewacji z płyt betonowych możemy dostrzec z kolei w warszawskiej siedzibie *Reprografu* (Polska, 2003) – biurowcu firmy poligraficznej, której projekt powstał w Autorskiej Pracowni Architektury Kuryłowicz & Associates. Regularnie rozmieszczone na siatce modułu płyty nie kryją elementów mocowania prefabrykatów trzema kotwami. Prefabrykowane fasady z betonu mogą też zawierać reliefy, elementy modularnych i prefabrykowanych ażurów czy innych zdobieć. W budynku biurowym *Silver Park Quay* z pracowni René van Zuuk Architekten (Lelystad, Holandia, 2006) wykorzystano okładzinę ażurową o abstrakcyjnym i zgeometryzowanym rysunku gałęzi, który tworzy kompozycyjną zasadę fasady. Podobny efekt gałęzi znajdziemy w domu jednorodzinnym *Project X* tej samej pracowni (Almere, Holandia, 2009), gdzie stanowią relief odlany w prefabrykowanej okładzinie z betonu.

Prefabrykacja i jej modularność kompozycyjna wykorzystywana jest też w budynkach uniwersyteckich. Przykładem może być laboratorium uniwersyteckie *Atlas Building* powstałe w Wageningen w Holandii w 2006 r. (Rafael Viñoly Architects), gdzie zastosowano prefabrykowaną strukturę szkieletu fasadowego z betonu samozagęszczalnego, przesłaniającego szklaną elewację. Innym Przykładem może być budynek kampusu

uniwersyteckiego *ROC Mondriaan Laak II*, zaprojektowany przez LIGA Architekten en Bouwadviseurs w Hadze (Holandia, 2010), gdzie charakterystyczny moduł kraty elewacyjnej (z różnobarwnymi otworami) wykonano z białego betonu jako elementy ścienne nośne konstrukcji. Pracownia Foster + Partners w Zjednoczonych Emiratach Arabskich zaprojektowała z kolei *Masdar Institute* (Masdar, 2010) z barwionych prefabrykatów osłonowych, zbrojonych włóknem szklanym. Oprócz budynków uniwersyteckich prefabrykacja sprawdza się także przy projektowaniu szkół. Interesującym przykładem jest *Flor del Campo* wzniesiona w Kolumbii (architekci: Giancarlo Mazzanti, Filipe Mesa, Catagena, 2009), gdzie zastosowano osłony ażur zacięte z linii przypominający na myśl gęstą kompozycję gałęzi ujętą w modularne sekcje.

Prefabrykacja znalazła także swoje zastosowanie w budynkach ambasad. Wystarczy wspomnieć tu budynek ambasady Meksyku w Berlinie (architekci: Teodoro González de León, Francisco Serrano, Niemcy, 2000) z samonośnych prefabrykatów o młotkowanej fakturze czy znajdujący się w Polsce budynek ambasady Niemiec w Warszawie (Holger Kleine, Polska, 2008), o nieregularnej modularności zielonej elewacji z reliefem liści bluszczu.

Przytoczone przykłady wykorzystania przez architektów modularności prefabrykatów pozwalają stwierdzić, że dzięki podatności do kształtowania elewacji jak i struktury konstrukcyjnej budynków beton jest materiałem dającym wszechstronne możliwości plastyczne do kształtowania estetycznego wyrazu architektury. Niezależnie od obranej konwencji plastycznej, architekt odnajduje w tym materiale swobodę twórczą, opartą zarówno na rygorze modularności, jak i pozwala uzyskać efekt zamierzonej nieregularności fasady. Możliwe są zarówno płaszczyzny gładkie, bogato fakturowane, posiadające przestrzenne reliefy, jak i pozwalają tworzyć ażury osłaniające główną elewację. Szczególne z punktu widzenia kompozycji elementów są styki, węzły i miejsca połączeń prefabrykowanych elementów, które rzutują znacząco na wyraz estetyczny budynków, często dominując jego obraz, zwłaszcza przy dużych i modularnie powtarzalnych gładkich elementach czy sekcjach. Technologie prefabrykowane pozwalają zdecydowanie na większą swobodę, dokładność i uniwersalność zastosowań estetycznych w stosunku do technologii monolitycznych *in situ*, wykonywanych na placu budowy, dzięki przeniesieniu procesu odlewania elementów do zakładów produkcyjnych.

3.3. Moduł i modularność betonów elewacyjnych w technologiach mieszanych (monolityczno-prefabrykowanych)

O technologiach mieszanych mówimy w przypadku realizacji obiektów w oparciu o dwie, omówione wcześniej technologie wykorzystujące beton (żelbet), tj. monolityczną i prefabrykowaną, z czego zazwyczaj jedna z nich jest bardziej eksponowana i estetycznie dominująca. Z taką sytuacją mamy do czynienia na przykład, gdy konstrukcja budynku jest wykonywana w technologii monolitycznej, natomiast okładzina elewacyjna, głównie ze względu na potrzebę wprowadzenia pośredniej warstwy izolacji termicznej, jest wykonana jako prefabrykowana i kotwiona lub w montowana za pomocą systemów pośrednich czy rusztów do warstwy nośnej. Tu modularność prefabrykatów, ich kształt i gabaryty, oraz styki poszczególnych elementów odgrywają kluczową rolę kompozycyjną w kształtowaniu estetyki budynku. Spośród licznych przykładów obrazujących taki sposób mieszania technologii jest budynek biurowy centrum autobusowego *RATP* w Thiais (Francja, 2007), zaprojektowane przez Pracownię ECDM (Emmanuel Combarel, Dominique Marrec), gdzie prefabrykowane płyty elewacyjne zbrojone włóknami z charakterystycznymi elementami „punktowej” struktury zostały systemowo zakotwione do monolitycznej ściany nośnej. Na uwagę zasługują tu sprefabrykowane elementy wyoblen nie tylko w strefie narożników, ale i attyki oraz fragmentu

styku z terenem. Warstwa elewacyjna może być także wykonywana w technologii murowanej z pokazaniem modularności betonowych bloczków, która jest samonośna lub kotwiona do monolitycznej warstwy nośnej z żelbetu. Dość rzadkim przypadkiem bywa wykonanie warstwy elewacyjnej jako monolitycznej natomiast konstrukcja jest wykonywana w technologii murowanej z bloczków betonowych. W takim przypadku ciężar kompozycyjny przesuwa się na odcisk i podział modularności płyt systemów szalunkowych, którego rysunek odwzorowywany jest na powierzchni betonowego lica elementu.

Interesującym przypadkiem technologii mieszanych może być także technologia wykorzystująca pustaki szalunkowe, które następnie zbroi się między warstwami, i dalej zalewa betonem. Uzyskuje się wtedy efekt zbliżony do ściany wykonywanej w tradycyjny murowany sposób z wykorzystaniem betonowych elementów, jednakże bez widocznej grubości spoiny murarskiej. Przykładem takiego wykorzystania technologii mieszanej może być budynek domu jednorodzinnego pod nazwą *Silent House* pracowni Takao Shiotsuka Atelier (Saki City, Japonia, 2008).

Za technologie mieszane należy uznać różne warianty łączące monolityczność i prefabrykację betonu (żelbetu), a wynikająca z nich modularność i przyjęty moduł powinien odzwierciedlać zasadę estetyczną realizacji budynku i wynikający z tej zasady detal. Technologie mieszane pozwalają na znalezienie proporcji między ograniczeniami konstrukcyjnymi, zazwyczaj monolitycznymi nadwieszeniami, wspornikami czy podcięciami, odnoszącymi się do elementów nośnych ścian i stropów, a potrzebą uzyskania konkretnej estetyki elewacji, uzyskanej zazwyczaj poprzez prefabrykację betonowego „kostiumu-stroju”, którym przyodziewa się konstrukcję. Wpływa to też na ekonomiczny aspekt przyjmowanych rozwiązań.

4. Podsumowanie

Architekci mający do dyspozycji tak uniwersalne tworzywo jakim jest beton i żelbet, które daje się kształtować i projektować zarówno pod kątem konstrukcyjnym jak i estetycznym, zyskali materię zdolną do prawdziwej rewolucji w architekturze, zmieniającej jakość zbudowanego środowiska życia człowieka. O tej cywilizacyjnej roli betonu i żelbetu świadczy niespotykany dotąd w historii ludzkości rozwój, którego dowody widoczne są na przestrzeni XX i pierwszego ćwierćwiecza XXI wieku. Jedną z kluczowych metod projektowego okiełznania tej materii stało się wykorzystanie modułu i systemu modularności, które to miały kluczowy wpływ na rozwój stosowanych technologii betonów elewacyjnych, a co za tym podąża na kompozycję i estetyczny wyraz formy budynków we współczesnej architekturze. Zazwyczaj to wartości kompozycyjne kształtowania elewacji i ich modularność determinowały technologiczne i konstrukcyjne wyzwania dla procesu realizacji konkretnych idei, które rodziły się w procesie projektowania.

Analiza wybranych przykładów pozwoliła nakreślić systematykę głównych technologii betonów w kontekście wykorzystania zasad modularności jako ważnego składnika kształtującego estetykę i kompozycję formy. Technologie betonów elewacyjnych możemy ogólnie podzielić na monolityczne, prefabrykowane oraz mieszane, które w różnych konfiguracjach i stopniu mogą łączyć monolityczność z prefabrykacją. Dobór odpowiedniej technologii determinuje nie tylko proces projektowy, ale i ma wpływ na percepcję wymyślonej formy obiektu. Technologie monolityczne ukierunkowują estetyczny obraz formy na materialność bryły o jednorodnie i homogenicznie spójnym wyrazie plastycznym, który dzięki procesowi odlewania upodobnia ją do rzeźby. Technologie prefabrykowane z kolei nadają

estetyczny efekt budynkowi postrzegany jako rzecz stworzoną z elementów, rozumianą jako układ wzniesiony z części, przypominający rodzaj formy instalacji, niezależnie czy mamy na myśli budynki murowane z betonowych bloczków, czy te powstałe w wyniku montażu prefabrykowanych elementów. Jest to fundamentalna różnica w postrzeganiu estetyki budynku wynikająca wprost z technologii. Odbiór między jednorodnością monolitu a strukturą złożoną z form-części jest podświadomie oczywista i wyczuwalna przez odbiorcę pozostającego w interakcji z obiektem wzniesionym z betonu.

Niezależnie od zastosowanych technologii betonów elewacyjnych, kluczowym elementem estetyki i kompozycji budynku staje się aspekt przyjętego modułu i wynikająca z niego modularność. Pozwala on odzwierciedlić w formie obiektu prawdę o procesie i zasadzie realizacji budynku.

Modularność technologii monolitycznych koncentruje się przede wszystkim na szalunku i jego gabarytach, którego ostateczny obraz znajdzie swoje odzwierciedlenie w betonowym licu jako odcisk elementów systemu deskowania, jego geometrii i faktur pochodzących z płyt poszycia. Może on dawać przypadkowe efekty jak np. brutalistyczny, indywidualny szalunek z desek, albo dokładnie zaprojektowany, o gładkiej powierzchni, z wykorzystaniem bardzo restrykcyjnej zasady systemu szalunku jak w przypadku deskowań ramowych. Znacznie większą swobodą projektowania rysunku odcisku elementów szalunku niż deskowania ramowe, dają twórcy deskowania dźwigarowe, dzięki którym może dostosować technologię i przyjętą kompozycję modularności do procesu wznoszenia budynku.

Projektowanie na module pozwala racjonalnie przenieść zarówno całą bryłę, jak i samą elewację do uprzedysponowanego procesu prefabrykacji. Wybór technologii prefabrykowanej powinien być konsekwencją decyzji kompozycyjnych stojących za estetyką obiektu, a zastosowana modularność powinna być tak użyta, aby wyraz plastyczny stanowił odzwierciedlenie w technologii, a nie technologia tworzyła nadrzędną wartość wizualną dla obiektu. Uniwersalność betonowej materii zapewnia realizację tych postulatów estetycznych dzięki możliwości projektowania nie tylko cech samego materiału pod kątem wizualnym i konstrukcyjnym, ale i pozwala na stosowanie rozwiązań opartych o moduł i modularność, łącząc technologię realizacji z kompozycją i budową formy architektonicznej budynku. Świadomie faworyzując projektowanie ograniczone zasadami modularności, możemy projektować i realizować budynki oparte na ładzie, porządku, podlegające czytelnej zasadzie kompozycyjnej, którą to następnie można przenieść w procesie wznoszenia obiektu na realnie istniejące elementy współtworzące strukturę dzieła architektury. Rozwiązania prefabrykowane wykorzystujące beton elewacyjny dają uniwersalność, dzięki której twórca-architekt zyskuje swobodę wyrazu i może wykazać się kreatywnością oraz przekazać indywidualny sposób patrzenia na formę w przestrzeni, składając się tym samym na dorobek cywilizacyjny materialnej kultury ludzkości. W książce *Odczuwanie architektury* Steen Eiler Rasmussen przytacza radę jaką dawał studentom duński architekt P. V. Jensen-Klint w 1919 r.: *Jeśli kiedykolwiek przyjdzie wam zbudować dom z granitu, pamiętajcie, że to cenny kamień, a jeśli żelazobeton stanie się materiałem budowlanym, nie spocznijcie, póki nie znajdziecie dla niego stylu. Styl bowiem tworzą: materiały, przedmiot, czas i człowiek* [23].

Literatura

- [1] Witruwiusz, *O architekturze ksiąg dziesięć*, Pruszyński i S-ka, Warszawa 2004, s. 71-72.
- [2] W. Gropius, *Pełnia architektury*, Karakter, Kraków 2014, s. 197.
- [3] <https://www.gov.pl/web/kultura/nowy-europejski-bauhaus> (data dostępu: 14.07.2025).

- [4] W. Niebrzydowski, *Nieszczera szczerłość materiału*, [w:] D. Kozłowski (red serii), Czasopismo Techniczne – Architektura Z. 9-A/2006 rok – numer specjalny, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2006, s. 317.
- [5] Le Corbusier, *W stronę architektury*, Fundacja Centrum Architektury, Warszawa 2012, s. 111.
- [6] *Ibidem*, s. 291.
- [7] *Ibidem*, s. 257.
- [8] Z. Orłowski, *Podstawy technologii betonowego budownictwa monolitycznego*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010, s. 20.
- [9] K. Kuniczuk, *Beton architektoniczny – wytyczne techniczne*, wydanie drugie rozszerzone, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2025, s. 95.
- [10] *Ibidem*, s. 74.
- [11] Ch. Jencks, *Le Corbusier – tragizm współczesnej architektury*, Wydawnictwa Artystyczne i Filmowe, Warszawa 1982, s. 15-16.
- [12] Ch. Jencks, *Ruch nowoczesny w architekturze*, Wydawnictwa Artystyczne i Filmowe, Warszawa 1987, s. 256.
- [13] D. Kozłowski, *O naturze betonu – czyli idee, metafory i abstrakcje*, [w:] D. Kozłowski (red.), *Architektura Betonowa 2001*, Polski Cement, Kraków 2001, s. 10.
- [14] P. Wilkinson, *50 teorii architektury, które powinieneś znać*, PWN, Warszawa 2011, s. 83.
- [15] *Ibidem*, s. 135.
- [16] P. Mika, *Wpływ prefabrykowanych, betonowych rozwiązań fasadowych na estetykę obiektów architektonicznych*, rozprawa doktorska, promotor: prof. dr hab. inż. arch. W. Celadyn, Politechnika Krakowska, Kraków 2016, s. 83–105.
- [17] *Ibidem*, s. 107–127.
- [18] *Ibidem*, s. 118–126.
- [19] G. Twardowski, *Rytm jako element kreacji formy architektonicznej. Klasyczne i współczesne piękno w architekturze*, rozprawa doktorska, promotor: prof. dr hab. inż. arch. T. Kozłowski, Politechnika Krakowska, Kraków 2023.
- [20] E.R. Ford, *The Pioneering Age of Concrete Blocks - Frank Lloyd Wright's Textile – Block Houses*; [w:] Detail, Serie 2003/4 - Bauen mit Beton, s. 314.
- [21] Ch. Jencks, *Architektura postmodernistyczna*, Arkady, Warszawa 1987, s. 151.
- [22] D. Kozłowski, *O naturze betonu – czyli idee, metafory i abstrakcje*, [w:] D. Kozłowski (red.), *Architektura...*, op. cit., s. 7-8.
- [23] S. E. Rasmussen, *Odczuwanie architektury*, Wydawnictwo Murator, Warszawa 1999, s. 169.