

# MOTORY ROZWOJU

czyli największe osiągnięcia naukowe w budownictwie i architekturze

Powszechnie wiadomo, że siłą napędową wszelkich przemian cywilizacyjnych jest nauka. Jak wykorzystywana jest w budownictwie i architekturze? Z jakich dążeń oraz potrzeb się rodzi? Co oferuje wykonawstwu budowlanemu? Jakie przełomowe rozwiązania i dokonania inżynierskie są wynikiem badań naukowych? Które z nich odegrały największą rolę w rozwoju budownictwa, a w jakich dziedzinach wciąż są przedmiotem poszukiwań oraz wyzwań? Oddajemy głos uznanym w swoich dziedzinach nauki, cenionym autorytetom i zapraszamy do dyskusji również przedstawicieli branży.



## dr inż. arch. Konrad Styka, prof. ASP

Wydział Architektury Wnętrz  
Akademia Sztuk Pięknych w Warszawie

Oprócz technologii BIM bardzo ważna jest możliwość stosowania rzeczywistości wirtualnej (ang. *Virtual Reality* – VR) i rzeczywistości rozszerzonej (ang. *Augmented Reality* – AR) w projektowaniu wnętrz.

Postęp, jaki dokonał się w ostatnich latach w nauce i technice, przyniósł wiele wymiernych korzyści w architekturze wnętrz.

Daleko idące korzyści płyną z rozwoju nauki w zakresie chemii budowlanej. Znaczącym usprawnieniem remontów wnętrz jest stosowanie szybkosprawnych klejów i zapraw oraz szybkoschnących żywic, które umożliwiają skrócenie procesu wymiany elementów wykończeniowych – na przykład posadzek. Prawidłowo przygotowany remont można przeprowadzić w krótkim czasie, co ma współcześnie istotne znaczenie w przypadku wnętrz funkcjonujących w sposób ciągły lub w których przerwa w funkcjonowaniu przynosi znaczne utrudnienia albo straty finansowe. Niebagatelne jest też zredukowanie w nowoczesnych materiałach wykończeniowych i dekoracyjnych (farbach, lakierach) lotnych związków organicznych, a wręcz – coraz częściej – eliminacja wyrobów rozpuszczalnikowych na rzecz wodorozcieńczalnych. Skraca to, a niekiedy nawet eliminuje, konieczność sezonowania wnętrz po malowaniu.

Udoskonalenie technologii produkcji oświetlenia LED oraz wdrożenie możliwości zdalnego sterowania nim pozwoliło na miniaturyzację opraw oświetleniowych, a także uzyskanie we wnętrzach efektów oświetleniowych, których – ze względu na rozmiary i temperaturę pracy żarowych źródeł światła – nie można było uzyskać wcześniej. Strumień świetlny uzyskiwany z diod LED, w stosunku do ich rozmiarów, jest znaczny oraz umożliwia pozyskanie odpowiedniego natężenia oświetlenia z kilkumilimetrowych pasków. Ma to wyjątkowe znaczenie przy oświetleniu niewielkich elementów wyposażenia, na przykład gablot wystawienniczych.

Znaczące zyski osiągamy dzięki integracji instalacji w system BMS (ang. *Building Management System*) – to nie tylko oszczędności energii, ale też znacznie sprawniejsze zarządzanie wnętrzami, zwłaszcza budynków biurowych, monitorowanie zagrożeń lub awarii oraz większy komfort dla użytkowników wnętrz.

Ostatnie lata przyniosły też znaczące możliwości usprawnienia procesu projektowania, z których mogą korzystać architekci wnętrz. Oprócz technologii BIM, która była już wielokrotnie omawiana, bardzo ważna jest możliwość stosowania rzeczywistości wirtualnej (ang. *Virtual Reality* – VR) i rzeczywistości rozszerzonej (ang. *Augmented Reality* – AR) w projektowaniu wnętrz. W przeciwieństwie do projektowania budynków, gdzie wizualizacja z kilku ujęć perspektywicznych jest wystarczającym narzędziem do przedstawienia projektu inwestorom, w projektowaniu wnętrz i wystaw, szczególnie przy nietypowych, nowatorskich rozwiązaniach formalnych, tradycyjna komputerowa wizualizacja nie zawsze umożliwia przyszłemu użytkownikowi wyobrażenie sobie formy i nastroju wnętrz. Pierwsze z wymienionych narzędzi wytwarza całkowicie sztuczną rzeczywistość, wirtualny model wnętrza, w którym inwestor może swobodnie się „poruszać”, odbierając – w specjalnych goglach – wrażenia,

jakie odbiera zmysł wzroku (opcjonalnie – także słuchu). Towarzyszą temu odczucia bliskie doznawanym w rzeczywistych wnętrzach – każdy odbiorca, nawet nieobdarzony wyobraźnią przestrzenną, jest otoczony przez zaprojektowaną przestrzeń. Rzeczywistość rozszerzona umożliwi obserwację projektowanych elementów wyposażenia na tle obrazu rzeczywistego wnętrza, wyświetlanego na przykład na ekranie tabletu.

Te nowoczesne metody nie wykluczają tradycyjnych sposobów stosowanych przez architektów wewnątrz przy prezentacji projektu, takich jak makieta. To narzędzie zobrazowania przyszłej formy przestrzeni przeżywa ostatnio renesans dzięki rozwojowi metod i narzędzi modelowania. Mamy możliwość wycinania elementów makiet (laserowego lub CNC) bezpośrednio z plików projektów oraz, dzięki stosowaniu drukarek 3D, wykonywania obiektów wyposażenia w odpowiedniej skali.

Bardzo istotnym zagadnieniem w projektowaniu wewnątrz jest często konieczność dostosowania konstrukcji do nowych potrzeb i wiążące się z tym wzmocnienia istniejących elementów lub ustrojów. Z punktu widzenia architektury wewnątrz bardzo korzystne są możliwości stosowania w tym celu taśm z włókien węglowych, których gabaryty są znikome w porównaniu do tradycyjnie stosowanych metod wzmocnień z profili stalowych lub obetonowania. W istniejących wnętrzach nierzadko wielkości, takie jak wysokość pomieszczeń czy szerokość przejść, są na granicy wartości dopuszczalnych przez przepisy i każde zmniejszenie światła otworu powoduje ograniczenie funkcjonalności. Stosowanie wzmocnień w postaci przyklejanych taśm i mat kompozytowych redukuje do minimum te trudności w zachowaniu odpowiednich gabarytów.

## dr inż. Krzysztof Kaczorek

Wydział Inżynierii Łądowej

Politechnika Warszawska

Prezes Polskiego Towarzystwa Politechnicznego

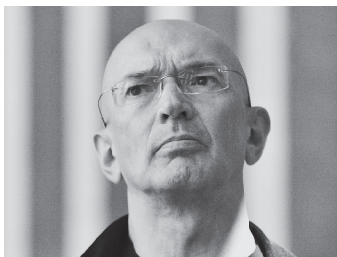
Innowacje w obszarze technologii i organizacji robót budowlanych dotychczas miały prowadzić do redukcji kosztów inwestycji, zwiększenia wydajności prowadzonych prac, podnoszenia parametrów technicznych otrzymywanych elementów budowlanych, poprawy poziomu bezpieczeństwa na budowie, wdrażania zaleceń związanych z poszanowaniem środowiska oraz uwzględniania zasad zrównoważonego rozwoju. Dzisiaj, w obliczu globalnej pandemii COVID-19, generalnego starzenia się społeczeństw oraz coraz częstszych braków siły roboczej, zwiększa się zapotrzebowanie na jeszcze jedną cechę – uniezależnienie od pracy człowieka. Wobec przytoczonych faktów oraz pod kątem tego, co nas czeka w przyszłości, za największe osiągnięcie uznaję rozwój autonomicznych maszyn budowlanych.

Aktualnie opracowane zostały już między innymi autonomiczne wozidła, wywrotki, koparki, spycharki czy ładowarki. Pytaniem nie jest, czy stosowanie przedmiotowych maszyn się upowszechni, ale – kiedy to nastąpi. Takie rozwiązanie nie tylko znacząco poprawia bezpieczeństwo poprzez zredukowanie interakcji człowieka z ciężkim sprzętem, ale również powoduje zauważalny wzrost wydajności prowadzonych prac. Niech za przykład posłuży firma Fortescue, która już w roku 2012, jako pierwsza na świecie, wdrożyła technologię autonomicznego transportu (ang. *Autonomous Haulage System* – AHS) firmy Caterpillar na skalę komercyjną. Autonomiczna flota wozideł, które transportują rudy żelaza, osiągnęła poprawę wydajności na poziomie 30% w stosunku do maszyn obsługiwanych w sposób tradycyjny. Co więcej, dzięki pakietowi szkoleń udało się przekwalifikować dotychczasową załogę i w rezultacie uniknąć redukcji zatrudnienia. Rozwój przedmiotowej technologii warto śledzić oraz już teraz tworzyć podwaliny do jej wdrożenia na terenie Polski, abyśmy w pewnym momencie nie zostali zaskoczeni lukami prawnymi czy brakiem wiedzy inżynierskiej, które uniemożliwiłyby szybkie rozpoczęcie korzystania z nowych rozwiązań.



Za największe osiągnięcie uznaję rozwój autonomicznych maszyn budowlanych.





Najistotniejsze są rozwiązania naukowo-techniczne pozwalające nam zaprojektować, a potem wybudować dom jak najbardziej przyjazny użytkownikom, który byłby zgodny z naszym modusem architektury autorskiej.

## dr hab. inż. arch. Bolesław Stelmach, prof. PŁ

Stelmach i Partnerzy Biuro Architektoniczne Sp. z o.o.

Architektura jest wyjątkową dziedziną nauki, bo łączy aspekty kulturowo-humanistyczne z technicznymi. Lech Niemojewski pisał, że architektura jest częścią kultury, ponieważ „zdobią ją inne nauki”. Dlatego też w Davos w styczniu 2018 roku Ministrowie Kultury Unii Europejskiej, w tym Polski, podpisali deklarację *Baukultur*, która mówi, jak ważny jest krajobraz naturalny i antropogeniczny, a więc także kultura budowania. Zadeklarowano konieczność wprowadzenia systemowych rozwiązań mogących zagwarantować podniesienie jakości przestrzeni, które przekształca człowieka. Właśnie wysoka jakość otaczających nas przestrzeni ma wpływ na nasze życie – od naturalnego środowiska poprzez miasta, w których żyje połowa Polaków, a kończąc na podwórku i mieszkaniu. Chodzi o jakości widziane w holistycznym wymiarze wielu dziedzin nauki oraz sztuki, z których czerpie architektura i od których, moim zdaniem, zależy jej wartość.

W mojej praktyce, jako budującego architekta – partnera w Biurze Architektonicznym Stelmach i Partnerzy, najistotniejsze są rozwiązania naukowo-techniczne, które pozwalają nam zaprojektować, a potem wybudować dom jak najbardziej przyjazny użytkownikom, który byłby zgodny z naszym modusem architektury autorskiej. W budynkach, które zaprojektowaliśmy – rozbudowie Sejmu RP czy Szucha Premium Offices, olbrzymie znaczenie miała najnowsza technologia konstrukcji sprężonych na budowie, pozwalająca na umieszczenie pod ulicą Wiejską olbrzymiej niewidocznej kubatury sal Komisji Sejmowych, a także technologia betonu architektonicznego, w tym prefabrykatów o teksturze naturalnego kamienia. Równie ważne są najnowsze rozwiązania chemii budowlanej, pozwalające na gwarantowane wykonane zielonych dachów czy zielonych ścian we wnętrzach – całych miniekosystemów, które są koniecznym elementem naszych domów. Trzeba również wymienić zaawansowane rozwiązania sterowane przez BMS – minimalizacja zapotrzebowania energii ogrzewania i oświetlenia, w tym odzyskiwania ciepła, sterowania oświetleniem, w tym np. jego zmienną temperaturą w zależności od pory dnia. Wszystkie te technologiczne rozwiązania dają szansę na budowanie przestrzeni pięknych oraz mądrych.



Żelbet jest wynalazkiem, który w przełomowy sposób wpłynął na rozwój budownictwa i kształtowanie nowych, dotąd niemożliwych form przestrzennych.

## dr inż. Piotr Pachowski

Wydział Architektury Politechniki Warszawskiej

Biuro Projektów KiP Sp. z o.o.

Początki żelbetu sięgają połowy XIX wieku: w 1848 r. Joseph Louis Lambot zbudował zaprezentowaną na Wystawie Światowej w Paryżu w 1855 r. barkę z betonu połączonego ze stalą.

Francuski ogrodnik, Joseph Monier, zastosował zbrojenie prętami stalowymi do wytwarzania donic betonowych. Wynalazek opatentował w 1867r., a 10 lat później uzyskał także patent na żelbetowe belki i kolumny.

Przyjmuje się, że podstawy naukowe żelbetu opracował francuski inżynier François Hennebique w 1892 r., natomiast betonu sprężonego Eugéné Freyssinet w 1920 r.

Wybitni twórcy-wizjonerzy: „ojciec żelbetu” François Perret, Felix Candela, Eduardo Torroja, Pierluigi Nervi, Fazlur Khan, Peter Rice, Santiago Callatrava, Wacław Zalewski – swymi dziełami manifestują olbrzymie możliwości konstrukcji żelbetowych.

Między żelbetem schyłku XIX w. i żelbetem stosowanym obecnie jest cała epoka rewolucji technologicznej: nowych materiałów (np. nanobeton, betony wysokiej wytrzymałości, betony polimerowe, fibrobetony, stal konstrukcyjna wysokiej wytrzymałości, chemia budowlana), technologii, także inkorporowanych z przemysłu kosmicznego i wojskowego. Możliwości, jakie daje rozwój technik komputerowych, programowanie parametryczne, sztuczna inteligencja, pozwalają na szybkie rozwiązywanie wielokryterialnych problemów. W budownictwie wysokościowym stal jest zastępowana żelbetem i stalobetonem. Wiele współ-

czesnych osiągnięć naukowych związanych z technologią żelbetową nie umniejsza podstawy opracowanej przez Hennebique'a.

U podstawy wszystkich działań projektowych leży jednak przede wszystkim geniusz twórcy.

Wacław Zalewski zwracał uwagę na rolę intuicji inżynierskiej: „Gdyby dziś umożliwić np. budowniczym rzymskim realizację ich pomysłów przy użyciu współczesnych materiałów, ale z pominięciem jakiegokolwiek przygotowania teoretycznego, powstałyby dzieła wcale nie mniej efektywne i efektowne od tych realizowanych współcześnie”.

## **dr hab. inż. Jacek Szer**

Politechnika Łódzka

Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych

Przewodniczący Komitetu Budownictwa Krajowej Izby Gospodarczej

Przewodniczący Komitetu Technicznego ds. Budownictwa w Polskim Centrum Akredytacji

Budownictwo to jeden z głównych motorów napędowych gospodarki światowej. Jest to interdyscyplinarny obszar działalności człowieka, który powoduje konieczność zwrócenia uwagi na towarzyszące mu zagrożenia. Dlatego należy zachować maksymalnie największą staranność, aby zapewnić bezpieczeństwo obiektów budowlanych, z których korzystają ludzie. W ostatnich dwudziestu latach widoczny jest ogromny postęp zarówno w rozwoju nowych technologii, jak i wytwarzaniu nowoczesnych wyrobów budowlanych. Jednocześnie z rozwojem produkcji widoczne jest coraz większe zanieczyszczenie środowiska naturalnego. Dlatego jednym z ważniejszych zagadnień stawianych przed nauką jest budownictwo ze zrównoważonym wykorzystaniem zasobów naturalnych przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa użytkownika. Zadanie to zostało na trwałe wpisane do wymagań już w 2011 w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011. Problem ten jednak do dziś nie został w pełni rozwiązany. Brak zapisów w wielu obowiązujących normach i przepisach z dziedziny budownictwa. Zwiększenie bezpieczeństwa zapewniają nam coraz nowsze rozwiązania techniczne oraz organizacyjne, które mogą powodować minimalizowanie błędów ludzkich, ale nie usuną destrukcyjnych oddziaływań sił natury. Burze, tornada, huragany (cyklony, tajfuny) należą do najbardziej niszczycielskich naturalnych zagrożeń na Ziemi. Każdego roku zjawiska te powodują duże szkody i zniszczenia również w aspekcie społecznym. Wiele budynków jest uszkodzonych, ponieważ nie zostały zaprojektowane w taki sposób, aby były odporne na duże obciążenia wiatrem występujące w tych ekstremalnych okolicznościach. Można więc próbować w odniesieniu do sił natury opracowywać takie środki przeciwdziałania, które przynajmniej w pewnym zakresie pozwoliłyby zmniejszyć zniszczenia. Przy coraz szybszym wznoszeniu obiektów budowlanych bardzo ważna jest identyfikacja zagrożeń i wdrażanie procedur przeciwdziałania ich skutkom. Wskazanie czynników ryzyka dla działalności budowlanej wydaje się być niezbędne dla podejmowania działań zmierzających do minimalizacji zagrożeń. Najpoważniejszymi negatywnymi skutkami ryzyka, jakie mają miejsce w budownictwie, są katastrofy budowlane jako zniszczenie zagrożeń, których skutkiem jest co najmniej zniszczenie mienia, zaś w najgorszym przypadku utrata ludzkiego zdrowia, a nawet życia.

Pomimo postępu technicznego w budownictwie należy mieć świadomość, że niestety nie da się całkowicie uniknąć katastrof budowlanych. Dlatego najważniejszym elementem w tym obszarze jest wyciąganie wniosków – uczenie się na przykładach awarii i katastrof, które w przyszłości pozwolą na zmniejszenie skutków ich wystąpienia.



Jednym z ważniejszych zagadnień stawianych przed nauką jest budownictwo ze zrównoważonym wykorzystaniem zasobów naturalnych przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa użytkownika.







Największym obecnie wyzwaniem dla budownictwa jest cyfryzacja procesów budowlanych. Stanowi ona pierwszy oraz konieczny krok w kierunku automatyzacji i robotyzacji robót oraz poprawy zarządzania obiektami budowlanymi w całym cyklu życia.

## dr hab. inż. Marek Salamak, prof. PŚI

Politechnika Śląska

Przewodniczący Oddziału Górnośląskiego Związku Mostowców RP

Budownictwo jest jedną z największych gałęzi gospodarki, a potrzeby ludzkości w tym zakresie raczej nie będą maleć, jak to obserwujemy w wielu innych, czasem chimerycznych dziedzinach. Niestety nie idzie to w parze z tak dużym postępem, jaki towarzyszy branży IT czy przemysłowi maszynowemu. Trudniej nam wskazać jakieś szczególnie przełomowe rozwiązania, które mogłyby odpowiadać temu, co tak szybko dzieje się na naszych oczach. Jak bardzo i często zmieniają się nasze urządzenia, samochody, komputery, telefony oraz cały sposób przetwarzania informacji. Wniosek z tego? Czas na budownictwo!

Pomimo tego można wymienić wiele ważnych dla naszej branży osiągnięć naukowych czy inżynierskich. Z pewnością są to nowe, zmodyfikowane lub zaadaptowane materiały budowlane, jak kompozyty polimerowe, nowe rodzaje betonów, lepsze produkty izolacyjne oraz trwalsze i bardziej estetyczne elementy wykończeniowe. To też nowe technologie wznoszenia budowli, zautomatyzowane roboty ziemne oraz drogowe, śmiałe i przełamujące kolejne bariery mosty czy tunele. Ale w kontekście tego, co się dzieje w innych sektorach gospodarki, a zwłaszcza strategii rozwoju nazywanej Przemysł 4.0, największym obecnie wyzwaniem dla budownictwa jest cyfryzacja procesów budowlanych. Stanowi ona pierwszy oraz konieczny krok w kierunku automatyzacji i robotyzacji robót oraz poprawy zarządzania obiektami budowlanymi w całym cyklu życia.

Z tego powodu uważam, że jednym z naszych większych osiągnięć jest rozpoczęcie upowszechniania wiedzy wśród architektów i inżynierów budowlanych, a także zamawiających oraz administracji, na temat cyfrowych rozwiązań i metod zarządzania, które przenikają obecnie do budownictwa z obszarów, gdzie już dobrze się sprawdziły. To, co obecnie dzieje się wokół metodyki BIM, może być niezrozumiałe dla zwolenników wielowiekowych tradycji w budownictwie. Często nawet jest przez nich bagatelizowane i traktowane tylko jako jedno z wielu nowych narzędzi wspomagających projektowanie.

Hasło *Budownictwo 4.0* wkrótce stanie się pewnym drogowskazem kierunku przemian naszej branży. Jej standaryzacji, poprawy efektywności oraz budowania świadomości i zdobywania nowych kompetencji. Zakończyły się prace nad pierwszym tak kompleksowym polskim dokumentem, jakim jest BIM Standard PL. Najwięksi krajowi zamawiający (GDDKiA, PKP PLK) realizują pierwsze, pilotażowe projekty BIM w infrastrukturze. Poprawia się edukacja wśród inżynierów w tym zakresie. Coraz więcej wydziałów architektury i budownictwa wprowadza podstawy BIM do swoich programów studiów. Uruchamiane są studia podyplomowe oraz kursy BIM. Powstają poświęcone temu blogi, a nawet kanały informacyjne wideo, jak infraSTUDIO. To wszystko otwiera ośrodki akademickie i naukowe na zupełnie nowe obszary działania, co w mostowym zespole na Politechnice Śląskiej od kilku lat realizujemy.