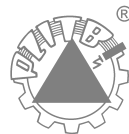


PRZEGŁĄD budowlany



92 lata

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO ZWIĄZKU INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW BUDOWNICTWA NR 7-8

LIPIEC-SIERPIEŃ 2021

NUMER POD PATRONATEM SEKCJI INŻYNIERII PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH KILIW PAN



PERI[®]

Deskowania
Rusztowania
Doradztwo techniczne
www.peri.com.pl | info@peri.com.pl



From the beginning of your projects



Nasza największa siła - doświadczony zespół ekspertów, do dyspozycji przez cały czas realizacji Twojego projektu.

Stawiamy na innowacyjne rozwiązania, które przynoszą realne korzyści naszym Klientom. Wszędzie tam, gdzie nas potrzebujesz.

Poznaj naszą ofertę na sprzedaż i wynajem: www.ulmaconstruction.pl

Tematyka czasopisma:

„Przegląd Budowlany” jest miesięcznikiem naukowo-technicznym o ponad 92-letniej historii. Zawiera opracowania i przeglądy nowych technologii, specjalistyczne artykuły z zakresu najnowszych rozwiązań i badań w budownictwie ogólnym, informacje o nowych produktach, materiałach budowlanych i nowoczesnych technologiach.

„Przegląd Budowlany” is a scientific and technical magazine with over 92 years of tradition, addressed to engineers active in the construction field. „Przegląd Budowlany” (Builders review) presents elaborates and reviews related to new technologies, specialist articles devoted to the most recent solutions and research results from the general construction field, as well as information on new products, construction materials and technologies. The magazine is published by Polish Association of Engineers and Construction Technologists.

Artykuły problemowe są recenzowane.

Za publikację w miesięczniku „Przegląd Budowlany” uzyskuje się 5 punktów.

„Przegląd Budowlany” jest rejestrowany w bazie danych o zawartości polskich czasopism technicznych BazTech, dostępnej bezpłatnie w Internecie pod adresem <http://baztech.icm.edu.pl>, Index Copernicus Journals Master List oraz POL-index.

Redakcja: ul. Świętokrzyska 14 A, 00-050 Warszawa
tel./faks: (22) 826-67-00

Internet: www.przegladbudowlany.pl

Wersja papierowa czasopisma jest wersją pierwotną
Redaktor Naczelna: mgr inż. Grażyna Furmańczyk-Ziemińska
biuro@przegladbudowlany.pl

Marketing i reklama: reklama@przegladbudowlany.pl

Korekta: mgr inż. Teresa Jędrzejewska

Wydawca: Zarząd Główny Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa, ul. Świętokrzyska 14 A, 00-050 Warszawa

Kolegium Redakcyjne:

prof. dr hab. inż. Marian Abramowicz
dr hab. Eur. Inż. Tomasz Z. Błaszczyński, prof. PP
dr inż. Robert Geryto
dr inż. Piotr Knyziak
dr inż. Paweł A. Król
dr hab. inż. Roman Marcinkowski, prof. PW
mgr inż. Jan Sieczkowski
dr inż. Anna Szymczak-Graczyk

Rada Programowa Czasopism i Wydawnictw PZITB w kadencji 2020-2024

Przewodnicząca: prof. dr hab. inż. Anna Halicka
Wiceprzewodniczący: prof. dr hab. inż. Jacek Hulimka
Sekretarz: dr hab. inż. Teresa Rucińska, prof. ZUT
prof. dr hab. inż. Jan Bień
prof. dr hab. inż. Wiesław Buczkowski
dr hab. inż. Lidia Buda-Ożóg, prof. PRz
dr hab. inż. Magdalena Dobiszewska, prof. UTP
dr hab. inż. Jacek Domski, prof. PK
prof. dr hab. inż. Barbara Goszczyńska
dr hab. inż. Marta Kadela, prof. ITB
mgr inż. Roman Lulis
dr hab. inż. Beata Nowogórska, prof. UZ
dr hab. inż. Jolanta Prusiel, prof. PB
prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina
prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz
dr hab. inż. Małgorzata Ulewicz, prof. PCz

Recenzenci zewnętrzni:

prof. dr-ing. Piotr Noakowski, Technische Universität Dortmund
prof. dr inż. Andrzej Nowak, dr h.c. Auburn University, Alabama
prof. dr hab. inż. Bogdan Nazarewicz, Politechnika Lwowska
dr hab. inż. Abdrahman Alsabry, prof. UZ
doc. dr inż. Wojciech Roszak, Lund University, Szwecja

Redaktor statystyczny:

mgr inż. Tadeusz Cichoński

Redaktor językowy:

mgr inż. Piotr Szymczak

Okładka: PERI Polska

Ogłoszenia krajowe i zagraniczne – zamówienia i przesyłki kierować na adres redakcji.

Cena 1 egz. 40,00 zł (plus 8% VAT)

Prenumerata i sprzedaż: tel./faks: (22) 826-67-00

DTP: mediaNOVA **Drukarnia:** Edit

Materiałów niezamówionych redakcja nie zwraca i zachowuje sobie prawo do skrótów, zmian tytułów i wprowadzania srodtułów. Nie ponosi też odpowiedzialności za treść reklam zamieszczonych na łamach czasopisma.

- 1 Spis treści
- 3 Od przewodniczącej PZITB Marii Kaszyńskiej
- 4 Streszczenia – Abstracts

RYNEK BUDOWLANY**NAGRODA**

- 8 „Przegląd Budowlany” – laureatem XXXIV edycji Konkursu NUMERUS PRIMUS INTER PARES

NOWOŚCI

- 10 PERI wprowadza do oferty usługę profesjonalnej naprawy deskowań

WYWIAD

- 12 Innowacjami zdobywamy świat – FAKRO kończy 30 lat

ARTYKUŁY SPONSOROWANE**RUSZTOWANIA**

- 14 Nowoczesne podejście do planowania i pracy w sektorze rusztowań przemysłowych – PERI Polska

DESKOWANIA

- 18 Doka na budowie Wschodniej Obwodnicy Wrocławia
- 20 LOGISTYKA 4.0 – nowa jakość współpracy – PALISANDER

NAWIERZCHNIE ASFALTOWE

- 22 Korzyści z zastosowania asfaltów modyfikowanych i wysokomodyfikowanych MODBIT HiMA na polskich drogach samorządowych – LOTOS Asfalt

BALUSTRADY OCHRONNE

- 24 SECUMAX – bezpieczeństwo na budowie – FORBUILD

AKTUALNOŚCI

- 25 Nowa jednostka na Politechnice Krakowskiej • Zarządzanie projektami budowlanymi – na Politechnice Gdańskiej

ARTYKUŁY PROBLEMOWE**KONSTRUKCJE – ELEMENTY – MATERIAŁY**

- 26 Przegląd przepisów odnoszących się do rusztowań – Dagmara Tyc
- 30 Dokumentacja rusztowań – Dagmara Tyc, Dariusz Gnot

SEKCJA INŻYNIERII PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH KILIW PAN**WPROWADZENIE**

- 32 Program pracy Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych KILIW PAN – Elżbieta Radziszewska-Zielina
- 37 Inżynieria przedsięwzięć budowlanych – nauka, kształcenie, współpraca – Anna Sobotka

HARMONOGRAMOWANIE

- 45 Harmonogramowanie powtarzalnych procesów budowlanych z zastosowaniem algorytmu rojowego – Michał Tomczak, Piotr Jaśkowski
- 50 Uwarunkowania środowiskowe inwestycji hydrotechnicznych i ich wpływ na harmonogram robót – Krystyna Araszkiewicz

■ NOWOCZESNE TECHNOLOGIE

- 54** Współczesna technologia betonu i kierunki jej rozwoju w aspektach technicznym, ekonomicznym i ekologicznym – Jacek Gołaszewski
- 61** Betonowe prefabrykaty zespolone – przykład zastosowania w kompleksie biurowym – Jacek Zygmunt
- 68** Współcześnie stosowane specjalne okładziny elewacyjne – Wojciech Drozd
- 73** Projektowanie i analiza stalowych jednowarstwowych przekryć walcowych – Robert Szmit

■ BEZPIECZEŃSTWO I OCHRONA ZDROWIA

- 77** Zagrożenia dla bezpieczeństwa pracy związane z automatyzacją i robotyzacją w budownictwie – Mariusz Szóstak, Bożena Hoła, Tomasz Nowobilski, Piotr Grzempowski, Paweł Bogusławski
- 82** Użytki stosowane przez pracowników budowlanych na stanowiskach pracy z wykorzystaniem rusztowań – Mariusz Szóstak, Marek Sawicki, Bożena Hoła, Tomasz Nowobilski
- 86** Prowadzenie badań dotyczących zachowań pracowników w warunkach budowy – Łukasz Rosicki

■ KOMUNIKACJA

- 90** Partnerstwo w realizacji przedsięwzięć budowlanych – Bartłomiej Szewczyk, Elżbieta Radziszewska-Zielina
- 98** Wybrane aspekty mentoringu odwróconego w budownictwie. Część I – Mariola Książek-Nowak, Paweł Nowak, Mateusz Frydrych

■ DIAGNOSTYKA OBIEKTÓW

- 104** Diagnostyka konstrukcji murowych w XVIII-wiecznej kamienicy w Kozuchowie – Beata Nowogońska
- 108** Wybrane problemy oceny stanu technicznego obiektów budowlanych w świetle obowiązującego prawa i stosowanej metodyki – Jacek Zabielski, Elżbieta Szafranko
- 113** Procedura doboru sposobu termorenowacji budynków zabytkowych w aspektach konserwatorskich, technicznych, środowiskowych i ekonomicznych – Magdalena Rogalska, Zdzisław Hejducki

■ RYZYKO

- 119** O neutralności ekologicznej przedsięwzięć inwestycyjno-budowlanych – Jadwiga Bizon-Górecka, Jarosław Górecki
- 124** Koncepcja analizy ryzyka podjęcia zamówienia na roboty budowlane z dynamicznym oddziaływaniem na warunki realizacji kontraktu – Roman Marcinkowski, Anna Krawczyńska-Piechna, Katarzyna Budek-Wiśniewska
- 129** Wspomaganie zarządzania kolejowymi przedsięwzięciami budowlanymi z wykorzystaniem metody RMRF – Jan Kowalski, Mieczysław Połoński, Marzena Lendo-Siwicka
- 132** Myślenie systemowe w proaktywnym podejściu do planowania przedsięwzięć budowlanych w warunkach ryzyka – Grzegorz Śladowski

■ KOSZTY

- 137** Model obliczania kosztu cyklu życia obiektu na przykładzie budynku mieszkalnego jednorodzinnego – Adam Kristowski, Beata Grzyl, Marcin Szczepański, Anna Jakubczyk-Gałczyńska,
- 142** Wpływ adaptacyjności i etapowania budowy budynków mieszkalnych jednorodzinnych na dostępność mieszkaniową w perspektywie krótko- i długofalowej – Roman Milwicz

■ TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE

- 146** Wykorzystanie technologii informatycznych do wspomagania działań inżynierskich – Janusz Szelka
- 150** Big Data i Data Mining w polskim budownictwie – Marcin Gajzler

FORUM

■ WSPOMNIENIA

- 154** Prof. dr inż. Jan Filipkowski (1929–2021)
- 156** Prof. dr hab. inż. Kazimierz Rykaluk (1941–2021)

Drogie Koleżanki i Koledzy,

Podwójny 7-8 numer „Przeglądu Budowlanego” powstał dzięki współpracy Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN z redakcją. Dziękuję bardzo przewodniczącej Sekcji prof. Elżbiecie Radziszewskiej-Zielinie za podjęcie naszej inicjatywy, aby wspierać krajowe czasopisma naukowo-techniczne z wieloletnią tradycją, takie jak „Przegląd Budowlany” i „Inżynieria i Budownictwo”, które nie znalazły się w wykazie ministerialnym. Mimo że pracownicy naukowo-dydaktyczni, w związku z ewaluacją prowadzonych na uczelni dyscyplin naukowych, zostali zobligowani do publikowania w czasopiśmie zagranicznych lub wysoko punktowanych czasopiśmie polskich w języku obcym, powstał ten specjalny numer czasopisma. Dziękuję Autorom, a Państwa gorąco zachęcam do zapoznania się z interesującymi artykułami prezentującymi problematykę badań naukowych, aktualnie prowadzonych w krajowych ośrodkach naukowych.

Po prawie półtorarocznym okresie izolacji i pracy zdalnej wraz z wakacjami rozpoczął się długo oczekiwany czas ograniczenia obostrzeń związanych z pandemią. Jak bardzo jesteśmy spragnieni normalnych kontaktów, spotkań, debat, dyskusji, niech świadczą wydarzenia dotyczące naszej branży, które odbyły się „na żywo” już w czerwcu.

Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem dziekana prof. Andrzeja Garbacza zorganizował 10 czerwca br. w Płocku planowany na 2020 rok Zjazd Dziekanów wydziałów kształcących na kierunku budownictwo. Tematem wiodącym Zjazdu była ocena możliwości powrotu do prowadzenia na wydziałach jednostopniowych studiów magisterskich.

16 czerwca br. odbył się w Warszawie w Centrum Nauki Mikołaja Kopernika „IX Kongres Infrastruktury Polskiej 2021”, którego głównym tematem była „Realizacja inwestycji infrastrukturalnych w dobie aktualnych regulacji”.

21 czerwca br. w NOT odbyła się XXVII edycja plebiscytu czytelników „Przeglądu Technicznego” – „Złoty Inżynier 2020”. Laureatem „Diamentowego Inżyniera 2020” został prof. dr hab. inż. Arkadiusz Mężyk – rektor Politechniki Śląskiej i przewodniczący KRASP. Gratulujemy!

22 czerwca br. odbyła się w Warszawie konferencja „Infrastruktura Polska i Budownictwo” organizowana przez Executive Club, w której w czterech panelach dyskutowano zagadnienia dotyczące: prawa zamówień publicznych, partnerstwa publiczno-prywatnego, inwestycji kolejowych oraz wpływu zmian klimatycznych na budownictwo. Podczas gali wręczono „Diamenty Infrastruktury i Budownictwa”. Wyróżnienie dla osobowości w branży budowlanej za całokształt działalności otrzymał z rąk wicepremiera Jarosława Gowina wieloletni prezes Budimexu Dariusz Blocher. Gratulujemy! Wszystkie te wydarzenia objęte były honorowym patronatem PZITB.

Gratulacje składam też Redaktor Naczelnej „Przeglądu Budowlanego” Grażynie Furmańczyk-Ziemińskiej, gdyż tytuł laureata w konkursie Numerus Primus Inter Pares w grupie czasopism popularyzujących naukę i technikę przyznano numerowi 3/2020 czasopisma „Przegląd Budowlany”.

Mamy czas wakacji, rozpoczęły się pierwsze „normalne” spotkania, wiele osób już wyjechało na urlop w kraju lub za granicę. Zaczynamy z optymizmem patrzeć w przyszłość, mimo zapowiadanej kolejnej, jesiennej fali pandemii.

I tego optymizmu, tej radości, życzę Państwu na nadchodzące wakacyjne miesiące.



Maria Kaszyńska
Maria Kaszyńska

Anna Sobotka; Inżynieria przedsięwzięć budowlanych – nauka, kształcenie, współpraca – str. 37
CONSTRUCTION PROJECT ENGINEERING – SCIENCE, EDUCATION, COOPERATION

Artykuł zawiera informacje na temat inżynierii przedsięwzięć budowlanych jako jednej ze specjalizacji dyscypliny naukowej inżynieria lądowa i transport oraz jako specjalności na kierunku kształcenia budownictwo. Przedstawia zwięzłą charakterystykę rozwoju tej wiedzy, naukowców tworzących jej podstawy teoretyczne oraz wieloletnią współpracę środowiska akademickiego wydziałów budownictwa w zakresie tej tematyki.

The article provides information on construction project engineering as one of the specialisations of the scientific discipline of civil and transport engineering and as a specialisation in the field of construction studies. It briefly describes the development of this knowledge, the scientists creating its theoretical foundations, and the long-standing cooperation of the academic community of construction faculties in this field.

Michał Tomczak, Piotr Jaśkowski; Harmonogramowanie powtarzalnych procesów budowlanych z zastosowaniem algorytmu rojowego – str. 45
SCHEDULING REPETITIVE CONSTRUCTION PROCESSES USING A SWARM ALGORITHM

W artykule zaproponowano metodę optymalizacji trójkryterialnej harmonogramów powtarzalnych procesów budowlanych. Ze względu na trudności w projektowaniu realizacji tego typu przedsięwzięć z wykorzystaniem klasycznych narzędzi i metod zaproponowano wykorzystanie algorytmów rojowych do znajdowania niezdominowanych rozwiązań problemu. Zaprezentowano także przykład zastosowania algorytmu optymalizacji rojem cząstek do opracowania harmonogramu realizacji powtarzalnych procesów budowlanych i doboru brygad roboczych w celu minimalizacji czasu realizacji przedsięwzięcia i poszczególnych obiektów lub działek roboczych oraz przestojów w pracy brygad.

This paper proposes a method for tri-criteria optimization of schedules of repetitive construction processes. Due to the difficulties in designing the implementation of such projects using classical tools and methods, the use of swarm algorithms for finding non-dominated solutions to the problem was proposed. An example of the application of the particle swarm optimization algorithm to the development of a schedule for the realization of repetitive construction processes and the selection of work crews in order to minimize the execution time of the project and individual objects or work units as well as downtime in the work crews is also presented.

Krystyna Araszkiewicz; Uwarunkowania środowiskowe inwestycji hydrotechnicznych i ich wpływ na harmonogram robót – str. 50
ENVIRONMENTAL CONDITIONS FOR HYDRO-TECHNICAL INVESTMENT PROJECTS AND THEIR IMPACT ON WORK SCHEDULING

Podjęty w artykule problem dotyczy wpływu specyficznych uwarunkowań realizacyjnych inwestycji hydrotechnicznych na planowanie robót. Celem artykułu jest omówienie czynników związanych z ochroną środowiska, mających kluczowe znaczenie w planowaniu i organizowaniu robót hydrotechnicznych na wodach śródlądowych. Wykorzystana została metoda studium przypadku wraz z analizą dokumentacji, posłużono się przykładem inwestycji polegającej na odbudowie zabudowy regulacyjnej rzeki Odry na odcinku od miejscowości Ścinawa do ujścia Nysy Łużyckiej, prowadzonej w ramach kompleksowego programu inwestycyjnego pod nazwą Projekt Ochrony Przeciwpowodziowej w Dorzeczu Odry i Wisły.

The problem addressed in the article concerns the influence of specific conditions of hydrotechnical investments on the planning of works. The aim of the paper is to discuss the environmental factors of key importance in planning and organising hydrotechnical works on inland waters. A case study method with analysis of documentation was used as an example of an investment project consisting in reconstruction of the Odra river regulation structure on the section from Ścinawa to the mouth of Nysa Łużycka river, carried out within a complex investment programme named Odra – Vistula Flood Management Programme.

Jacek Gołaszewski; Współczesna technologia betonu i kierunki jej rozwoju w aspektach technicznym, ekonomicznym i ekologicznym – str. 54
MODERN CONCRETE TECHNOLOGIES AND DIRECTIONS OF THEIR DEVELOPMENT WITHIN THE TECHNICAL, ECONOMIC AND ECOLOGICAL SCOPE

Rozwój technologii betonu przebiega w kierunku uzyskania betonu o dobrze zdefiniowanej użyteczności, o minimalnym wpływie na środowisko, betonu trwałego i wytrzymałego, łatwego i możliwie samoobsługowego w wykonaniu i użytkowaniu oraz o szczególnych, dodatkowych funkcjonalnościach. W artykule omówiono kierunki rozwoju współczesnej technologii betonu w aspektach technicznym, ekonomicznym i ekologicznym. Pokazano, że chociaż koszt nowoczesnego betonu jest coraz większy, jego stosowanie umożliwia projektowanie mniej kosztownych konstrukcji betonowych, obniżenie pracochłonności i energochłonności ich wykonania, a dzięki lepszej odporności na agresywne oddziaływanie środowiska – dłuższy okres użytkowania konstrukcji.

The development of concrete technology is going in the direction of obtaining concrete of well-defined usability, with minimum environmental impact, durable and strong, easy and possibly self-service in production and use, and with special additional functionalities. The paper discusses the directions of development of modern concrete technology in technical, economic and ecological aspects. It is shown that although the cost of modern concrete is increasing, its use allows for the design of less expensive concrete structures, reduction of labour and energy consumption during construction, and thanks to better resistance to aggressive environmental impact, longer service life of structures.

Jacek Zygmunt; Betonowe prefabrykaty zespolone – przykład zastosowania w kompleksie biurowym – str. 61
PRECAST CONCRETE COMPOSITE PRODUCTS – AN EXAMPLE OF APPLICATION IN AN OFFICE COMPLEX

Beton prefabrykowany w budynkach wciąż pozostaje ważny wobec technologii monolitycznej. Natomiast na przestrzeni lat zmieniły się rozwiązania techniczne poszczególnych rodzajów prefabrykatów. W artykule przedstawiono zastosowanie dwóch elementów konstrukcyjnych w technologii prefabrykacji zespolonej, na przykładzie zrealizowanego obiektu. Były to ściany zespolone oraz płyty stropowe do zespolonych systemów stropowych. Obiektem był kompleks siedmiu budynków biurowych, na wspólnie 3-kondygnacyjnej części podziemnej. Opisano zalety i wady zaobserwowane w roli wykonawcy podczas 2-letniej budowy.

Precast concrete in buildings is still important in relation to in-situ concrete technology. However, over the years, the technical solutions of individual types of prefabricated elements have changed. The article presents the use of two structural elements in the composite prefabrication technology, based on the example of a completed object. These were composite walls and floor plates for composite floor systems. The facility was a complex of seven office buildings on a common 3-story underground part. The advantages and disadvantages observed during the 2-year construction were described from the contractor's point of view.

Wojciech Drozd, Marcin Kowalik; Współcześnie stosowane specjalne okładziny elewacyjne – str. 68
CONTEMPORARY SPECIAL FACADE CLADDINGS

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z elewacjami budynków. Przy wyborze okładziny elewacyjnej należy wziąć pod uwagę wiele czynników, nie tylko cenę, ale także trwałość i inne parametry techniczne. W artykule przedstawiono charakterystykę i aspekty doboru oraz stosowane obecnie specjalne rozwiązania okładzin elewacyjnych.

The article presents with issues related to the facades of buildings. When choosing a facade cladding, many factors must be taken into account, not only the price, but also durability and other technical parameters. The article presents the characteristics and selection aspects as well as the currently used special solutions for facade cladding.

Robert Szmít; Projektowanie i analiza stalowych jednowarstwowych przekryć walcowych – str. 73
DESIGN AND ANALYSIS OF STEEL SINGLE-LAYER CYLINDRICAL VAULTS

W artykule przedstawiono podstawowe wytyczne kształtowania geometrii przestrzennych prętowych przekryć walcowych, wybrane systemowe węzły tych struktur oraz przeprowadzono analizę numeryczną osiemnastu wariantów przekryć jednowarstwowych wykonanych z rur okrągłych. Przekrycia jednowarstwowe cechuje stosunkowo duża lekkość i przejrzystość konstrukcji oraz możliwość zastosowania jednego typowego pręta i węzła lub najwyżej kilku, a to pozwala zminimalizować koszty wykonania. Jednak w porównaniu z dwuwarstwowymi mają mniejszą sztywność przestrzenną, przez co dają możliwość mniejszych rozpiętości pomiędzy podporami.

The article presents the basic guidelines for shaping the geometry of spatial bar cylindrical vaults, selected system nodes of these structures, and a numerical analysis of eighteen variants of single-layer roofs made of steel round pipes. Single-layer roofs are characterized by a relatively light and transparent structure and the possibility of using one typical bar and node or at most several, which allows to minimize the production costs. However, compared to the two-layer ones, they have lower spatial stiffness, which means that they allow for smaller spans between supports.

Mariusz Szóstak, Bożena Hoła, Tomasz Nowobilski, Piotr Grzempowski, Paweł Bogusławski; Zagrożenia dla bezpieczeństwa pracy związane z automatyzacją i robotyzacją w budownictwie – str. 77
WORK SAFETY HAZARDS RELATED TO AUTOMATION AND ROBOTIZATION IN CONSTRUCTION INDUSTRY

Ciągły rozwój technologiczny przyczynia się do znacznego rozpowszechnienia na budowach zautomatyzowanych i zrobotyzowanych urządzeń. Wprowadzanie różnych innowacyjnych rozwiązań jest połączone z ujawnianiem się nowych zagrożeń dla pracowników. Autorzy artykułu, na podstawie przeglądu polskiej literatury, obejmującego artykuły opublikowane w latach 2012–2021, zidentyfikowali 39 prac związanych z automatyzacją i robotyzacją w budownictwie. Przeprowadzone badania pozwoliły na zidentyfikowanie zagrożeń dla bezpieczeństwa pracy, jakie wynikają ze stosowania innowacyjnych rozwiązań w budownictwie.

Continuous technological development contributes to the widespread use of automated and robotic devices on construction sites. The introduction of various innovative solutions is combined with the disclosure of new hazards to employees. The authors of the article, based on a review of Polish literature including articles published in 2012–2021, identified 39 papers related to automation and robotization in construction industry. The conducted research allowed to identify hazards to work safety resulting from the use of innovative solutions in construction.

Mariusz Szóstak, Marek Sawicki, Bożena Hoła, Tomasz Nowobilski; Użytki stosowane przez pracowników budowlanych pracujących na stanowiskach pracy z wykorzystaniem rusztowań – str. 82

STIMULANTS USED BY CONSTRUCTION WORKERS AT WORKPLACES WITH SCAFFOLDING

Stosowanie używek na stanowiskach pracy przez pracowników ma istotny wpływ na bezpieczeństwo pracy. Ich nadużywanie uznawane jest za poważne zagrożenie dla życia, zdrowia i bezpieczeństwa. Celem badań było określenie parametrów ilościowych, dotyczących spożywania używek wśród pracowników budowlanych pracujących na stanowiskach pracy z wykorzystaniem rusztowań budowlanych. Dane do analizy pozyskano z trzech różnych źródeł: dane statystyczne, dokumentacja powypadkowa osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy na rusztowaniach oraz dane ankietowe pozyskane w ramach projektu badawczego.

The use of drugs at the workplace by employees has a significant impact on safety. Their abuse is considered a serious threat to life, health and safety. The aim of the research was to determine the quantitative parameters related to the consumption of drugs among construction workers at workplaces with the use of scaffolding. The data for the analysis was obtained from three different sources: statistical data, post-accident documentation of people injured in accidents at work on scaffolding and survey data obtained as part of the research project.

Łukasz Rosicki; Prowadzenie badań dotyczących zachowań pracowników w warunkach budowy – str. 86

CONDUCTING RESEARCH ON EMPLOYEE BEHAVIOURS UNDER CONSTRUCTION CONDITIONS

Artykuł skupia się na problematyce prowadzenia badań dotyczących zachowań robotników na placu budowy. Omówione zostały zarówno metody pośrednie czyli głównie badania sondażowe, jak i badania prowadzone bezpośrednio w miejscu wykonywania prac (in situ). Szczególną uwagę poświęcono omówieniu wad i zalet metod bezinwazyjnych pomiarów prowadzonych przy zastosowaniu czujników radiowych i analizie obrazu wideo. Przeanalizowano podstawowe wymagania stawiane technologiom śledzenia ruchu robotników w czasie rzeczywistym.

This article focuses on the issues of conducting research on the behavior of workers on construction sites. Both indirect methods, i.e. mainly survey research, and research conducted directly at the work site (in situ) were discussed. Particular attention was paid to discussing the advantages and disadvantages of non-invasive measurement methods using radio sensors and video image analysis. The basic requirements for real-time worker tracking technologies were analyzed.

Bartłomiej Szewczyk, Elżbieta Radziszewska-Zielina; Partnerstwo w realizacji przedsięwzięć budowlanych – str. 90

PARTNERING IN THE IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTION PROJECTS

W artykule przedstawiono partnerstwo jako jedną z form współpracy między uczestnikami przedsięwzięć budowlanych. Przywołano przy tym najpopularniejsze definicje i modele partnerstwa, korzyści i trudności związane z jego stosowaniem. Wskazano również krytyczne czynniki sukcesu partnerstwa oraz proces jego wdrażania. Na koniec omówiony został system pozwalający na sterowanie i ocenę relacji partnerskich w przedsięwzięciach budowlanych.

The article presents partnering as one of the forms of cooperation between participants of construction projects. The most popular definitions and models of partnering, as well as benefits and difficulties related to its application, were recalled. Critical success factors for partnering and the process of its implementation were also outlined. Finally, the system allowing for the control and evaluation of partnering relations in construction projects was described.

Mariola Książek-Nowak, Paweł Nowak, Mateusz Frydrych; Wybrane aspekty mentoringu odwróconego w budownictwie. Część I – str. 98

CHOSEN ISSUES RELATED TO REVERSE MENTORING IN CONSTRUCTION, PART I

Mentoring odwrócony stanowi jedno z systematycznie wykorzystywanych, niezmiennie uznawanych i cenionych narzędzi wspomagających różnego typu strategie aktywizacji i wykorzystania potencjału intelektualnego członków korporacji. W niniejszym artykule (część I) zaprezentowano główne odmiany mentoringu, w tym również mentoring odwrócony. W II części artykułu przedstawiono, związany z mentoringiem odwróconym projekt ERASMUS+ HeMan, pokazujący, w jakich obszarach funkcjonowania i działalności firmy budowlanej może zostać wykorzystany mentoring odwrócony.

Mentoring is one of the systematically used, invariably recognized and valued tools supporting various types of activation strategies and the use of intellectual potential of corporate members. This paper (part I) presents the main types of mentoring, including reverse mentoring. The second part of the article presents the ERASMUS + HeMan project related to reverse mentoring, showing in which areas of operation and activities of a construction company reverse mentoring can be used.

Beata Nowogońska; Diagnostyka konstrukcji murowych w XVIII-wiecznej kamienicy w Koźuchowie – str. 104

DIAGNOSTICS OF WALL STRUCTURES IN AN 18TH CENTURY TENEMENT HOUSE IN KOŻUCHÓW

W obrębie obwarowań fortyfikacyjnych w Koźuchowie zachował się zespół zabytkowych kamienic, usytuowanych w trzynastowiecznym układzie urbanistycznym. Obiekty te wymagają licznych zabiegów: remontów, restauracji elewacji, modernizacji, rozbudowy, nadbudowy. W artykule przedstawiono przykładową ocenę stanu technicznego XVIII-wiecznej kamienicy położonej w obrębie zespołu śródmiejskiego objętego planami rewitalizacji.

Inside the fortifications in Koźuchów there is a group of historic buildings situated in the 13th century urban layout. These buildings require a lot of attention: renovation, facade restoration, modernization, extension, superstructure. The article presents an exemplary assessment of the technical condition of an 18th century tenement house located within a downtown complex included in revitalization plans.

Zabielski Jacek, Szafranko Elżbieta; Wybrane problemy oceny stanu technicznego obiektów budowlanych w świetle obowiązującego prawa i stosowanej metodyki – str. 108

SELECTED ISSUES IN ASSESSING THE TECHNICAL STATE OF BUILDINGS CONSIDERING THE LAW IN FORCE AND APPLICABLE METHODOLOGY

Ocena stanu technicznego obiektów budowlanych jest podstawową czynnością niezbędną do planowania remontów i napraw, a w efekcie do utrzymania budynków i budowl w należy-tym stanie technicznym zapewniającym ich bezpieczeństwo. Oceny te prowadzone są zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz metodyką. Jednak zarówno metody oceny, jak i format protokołów mogą wzbudzać pewne wątpliwości. W artykule przedstawiono krótki przegląd obowiązujących przepisów oraz literatury, a całość uzupełnia krótka analiza przykładowej oceny obiektu o konstrukcji murowej.

Assessment of the technical condition of buildings is a basic activity necessary to plan repairs and, as a result, to maintain buildings and structures in a proper technical condition ensuring their safety. These assessments are carried out in accordance with applicable regulations and methodology. However, both the evaluation methods and the format of the protocols may raise some doubts. The article presents a short overview of the applicable regulations and literature, and the whole is complemented by a short analysis of an exemplary assessment of an object with a masonry structure.

Magdalena Rogalska, Zdzisław Hejducki; Procedura doboru sposobu termorenowacji budynków zabytkowych w aspektach konserwatorskich, technicznych, środowiskowych i ekonomicznych – str. 113

PROCEDURE FOR SELECTING A METHOD OF THERMAL RENOVATION OF HISTORIC BUILDINGS WITHIN THE SCOPE OF CONSERVATION, TECHNICAL, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ISSUES

W niniejszej pracy zaproponowano analizę doboru systemów termorenowacji budynków zabytkowych przy zastosowaniu algorytmu uwzględniającego zalecenia konserwatorskie, ochronę środowiska, prawidłowość techniczną i efektywność ekonomiczną. Rozwiązanie ma na celu umożliwienie doboru systemu termomodernizacji budynków zabytkowych, z uwzględnieniem następujących aspektów: ingerencji w substancję historyczną budynków, energię wcieloną w cykl życia obiektu zabytkowego, zanieczyszczenia środowiska, kosztów izolacji w cyklu życia budynku, czasu trwania obiektu, wykorzystania lokalnych materiałów i technologii, efektywności ekonomicznej i energetycznej rozwiązań.

This paper proposes an analysis of the selection of thermal rehabilitation systems for historic buildings using an algorithm that takes into account conservation recommendations, environmental protection, technical correctness and economic efficiency. The solution aims to enable the selection of the system for thermo renovation of historic buildings, taking into account the following aspects: interference in the historical substance of buildings, embodied energy in the life cycle of the historic building, environmental pollution, insulation costs in the life cycle of the building, duration of the building, use of local materials and technologies, economic and energy efficiency of the solutions.

Jadwiga Bizon-Górecka, Jarosław Górecki; O neutralności ekologicznej przedsięwzięć inwestycyjno-budowlanych – str. 119

ON THE ENVIRONMENTAL NEUTRALITY OF INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECTS

Artykuł odnosi się do aktualnych wyzwań inżynierii środowiska naturalnego, zmierzających do znaczącego ograniczenia skutków ryzyka ekologicznego, prowadzącego do neutralności ekologicznej w zakresie budowlanych przedsięwzięć inwestycyjnych. Podkreślono konieczność holistycznego ujmowania przedsięwzięć inwestycyjno-budowlanych, obejmującego cały cykl ich życia. Podano wyniki badania pojmowania i specyfikacji ryzyka ekologicznego przedsięwzięć budowlanych przez ich kadrę kierowniczą. Wyprecyzowano istotne czynniki neutralności ekologicznej przedsięwzięć budowlanych. Podano przykłady realizacji obiektów budowlanych na świecie, wpisujących się w inżynierię ekologiczną.

The article refers to the current challenges of environmental engineering, aimed at a significant reduction of the effects of ecological risk, leading to ecological neutrality in the field of construction investment projects. The need for a holistic approach to investment and construction projects, covering their entire life cycle, was emphasized. The results of the study on the understanding and specification of the ecological risk of construction projects by their management staff are given. Significant factors of ecological neutrality of construction projects were specified. Given are examples of construction projects in the world that fit in with ecological engineering.

Roman Marcinkowski, Anna Krawczyńska-Piechna, Katarzyna Budek-Wiśniewska; Koncepcja analizy ryzyka podjęcia zamówienia na roboty budowlane z dynamicznym oddziaływaniem na warunki realizacji kontraktu – str. 124

THE CONCEPT OF RISK ANALYSIS FOR TAKING AN ORDER FOR CONSTRUCTION WORKS INCLUDING DYNAMIC IMPACT ON THE TERMS OF CONTRACT PERFORMANCE

Przedmiotem publikacji jest problem wspomagania przedsiębiorców budowlanych w ocenie ryzyka podjęcia kontraktu budowlanego na wykonanie robót budowlanych. Autorzy przedstawili istotę pojęcia ryzyka, wyniki badania zagrożeń występujących w procesach inwestycyjno-budowlanych przedsięwzięć budownictwa drogowego oraz zaproponowali nowe dynamiczne podejście do oceny i ograniczania ryzyka. Podejście to będzie podstawą do opracowania systemu doradczego dla przedsiębiorstw rozważających podjęcie zamówienia na wykonanie robót budowlanych w aspekcie ryzyka podjęcia tego zamówienia – w pracy przedstawiono zarys takiego systemu.

The paper concerns the problem of supporting construction entrepreneurs in assessing the risk of taking up a construction contract for the execution of construction works. The authors described the clue of risk in road construction projects, presented the results of a study made on hazards occurring in road construction projects, and proposed a new dynamic approach to risk assessment and reduction. This approach will be the basis for the development of an advisory system for enterprises considering taking up a contract for construction works in terms of the risk of taking this contract - the paper presents an outline of such a system.

Jan Kowalski, Mieczysław Poloński, Marzena Lendo-Siwicka; Wspomaganie zarządzania kolejowymi przedsięwzięciami budowlanymi z wykorzystaniem metody RMRF – str. 129

SUPPORTING THE MANAGEMENT OF RAILWAY INVESTMENT PROJECTS WITH THE USE OF RMRF METHODS.

Mając na uwadze doświadczenia z realizacji inwestycji kolejowych w Polsce w poprzednich latach, można stwierdzić, iż ich przebieg jest obciążony wieloma specyficznymi czynnikami losowymi. Aby zminimalizować wystąpienie nieprzewidywanych, losowych, zagrożeń podczas przyszłych realizacji tych inwestycji, autorzy opracowali prostą w zastosowaniu metodę Railway Matrix of Risk Factors (RMRF) specjalnie dedykowaną do planowania inwestycji kolejowych. Prognozowanie realnych terminów oraz kosztów zakończenia inwestycji zostało oparte w niej na wiarygodnej bazie danych w zakresie konkretnych czynników ryzyka. Opracowanie metody było poprzedzone wieloma badaniami z udziałem licznych ekspertów nad identyfikacją oraz kwantyfikacją czynników ryzyka oraz weryfikacją w rzeczywistym procesie inwestycyjnym.

Considering the experiences from railway investment projects implementation in Poland in previous years, it can be concluded that they are burdened with numerous specific random factors. To minimise the occurrence of unforeseen, random risks during the future implementation of such investment projects, the authors have developed a simple Railway Matrix of Risk Factors (RMRF) specially dedicated for planning railway investment projects. Forecasting actual completion dates and costs for the investment project has been based on a reliable database for specific risk factors. The method's development has been preceded by numerous studies together with numerous experts in identification and quantification of risk factors and verification in an actual investment project process.

Grzegorz Śladowski; Myślenie systemowe w proaktywnym podejściu do planowania przedsięwzięć budowlanych w warunkach ryzyka – str. 132

SYSTEMS THINKING IN A PROACTIVE APPROACH TO PLANNING CONSTRUCTION PROJECTS UNDER RISK CONDITION

Przedsięwzięcia budowlane to złożone procesy realizowane w dynamicznych środowiskach. Uchwycenie i zrozumienie ich złożoności wymaga myślenia systemowego, według którego przedsięwzięcie interpretowane jest jako zbiór różnych elementów (zadania, ludzie, maszyny, materiały i wiedza) i relacji między nimi. Klasyczne podejście do analizy ryzyka w przedsięwzięciach budowlanych zaniedbuje ocenę złożoności tych systemów i znaczenia ich emergentnych właściwości, takich jak np. podatność na zagrożenia, zdolność do adaptacji czy w konsekwencji odporność systemowa. Stosowanie koncepcji proaktywnego podejścia w planowaniu przedsięwzięć budowlanych wymaga rozwijania metod ilościowych do modelowania takich systemów i analizy wyżej wymienionych właściwości, które są odpowiedzią systemu na ryzyko.

Construction projects are complex processes carried out in dynamic environments. Grasping and understanding their complexity requires the adoption of systems thinking, in which a project is interpreted as a set of various elements (tasks, people, machines, materials and knowledge) and relations between them. The classical approach to risk analysis in construction projects neglects the assessment of the complexity of these systems and the significance of their emergent properties such as vulnerability to threats, adaptability and, consequently, systemic resilience. Using proactive approaches in construction project planning requires the development of quantitative methods of modeling such systems and analysing their abovementioned properties, which are a given system's response to risk.

Adam Krístowski, Beata Grzył, Marcin Szczepański, Anna Jakubczyk-Galczyńska; Model obliczania kosztu cyklu życia obiektu na przykładzie budynku mieszkalnego jednorodzinne – str. 137

MODEL FOR CALCULATING THE LIFE CYCLE COST OF A STRUCTURE ON THE EXAMPLE OF A SINGLE-FAMILY RESIDENTIAL BUILDING

W artykule przedstawiono model obliczania kosztu cyklu życia budynku mieszkalnego jednorodzinne oraz wskazano możliwości ograniczenia wydatków związanych z jego użytkowaniem w okresie trzydziestu lat. Celem prezentowanej analizy rachunku kosztu cyklu życia jest porównanie i ocena kosztów nabycia i użytkowania domu realizowanego według alternatywnych technologii z uwzględnieniem przyjętych rozwiązań w zakresie pozyskania energii, wykorzystanych materiałów, systemów grzewczych i wentylacji. Otrzymane rezultaty wskazują na korzyści płynące z wykorzystania w praktyce algorytmu przedstawionego w artykule.

In the article has been presented a model for calculating the life cycle cost of a single-family residential building and has been indicated the possibilities of reducing expenses related to its use over a period of thirty years. The purpose of the presented analysis of the life cycle cost account is to compare and evaluate the costs of acquiring and operating a house constructed according to alternative technologies, taking into account the solutions adopted in the field of energy, materials, heating and ventilation systems. The obtained results indicate the benefits of using the algorithm presented in the article in practice.

Roman Milwicz; Wpływ adaptacyjności i etapowania budowy budynków mieszkalnych jednorodzinnych na dostępność mieszkaniową w perspektywie krótko- i długofalowej – str. 142

INFLUENCE OF ADAPTABILITY AND SCALABILITY OF SINGLE-FAMILY HOUSES ON HOUSING AFFORDABILITY AND FINANCIAL INDEPENDENCE IN SHORT TERM AND LIFE SPAN CONTEXT

Zmieniający się styl życia ma olbrzymi wpływ na sposób postrzegania domu. Coraz rzadziej żyjemy w domach wielopokoleniowych, co wpływa na ich wielkość. Równolegle zwiększa się zapotrzebowanie na kompaktowe budownictwo oferujące niższą cenę, a więc bardziej dostępne. Ponadto należy wspomnieć o zwiększonej mobilności społeczeństwa. Wymienione aspekty powodują zmianę paradygmatu domu, z czegoś permanentnego na tymczasowy produkt, który powinien być uniwersalny, adaptowalny i tym samym łatwy w obrocie. Dla młodego pokolenia ważniejsze od posiadania jest doświadczanie, co przekłada się na niechęć do dużych zobowiązań finansowych. Dlatego autor w artykule podejmuje się porównania ekonomiki czterech domów, z których trzy mają możliwość rozbudowy w dowolnym czasie.

The changing way of life leads to different perception of the house. People less often live in multi-generation houses and that influences the size of the building and parallelly leads to increasing need of smaller and more affordable houses. Moreover, there is rising influence of uncertainty in the professional aspects that forces higher mobility of society. This leads to change of house paradigm from permanent refuge to temporary thing. The "thing" cannot cost a lot and all the more cannot tie the possibility of the user. Younger generation switch form inhabitant to user of the house. The trend from "to have" strives to "to be" and "to experience" and in author's opinion the direction is inevitable. So, if the user prefers independence and possibility of increase the house in appropriate time, with small financial effort, the author compares 4 houses with different size and various scalability potential as an essential background in the discussion.

Janusz Szelka; Wykorzystanie technologii informatycznych do wspomagania działań inżynierskich – str. 146

THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES TO SUPPORT ENGINEERING ACTIVITIES

Złożoność, wieloetapowość oraz niejednorodność przedsięwzięć inżynierskich wiąże się z trudnościami w doborze narzędzi informatycznych, umożliwiających ich racjonalne wspomaganie. Brak zgodności informacyjnej i funkcjonalnej poszczególnych aplikacji, wykorzystywanych do wspomagania kolejnych etapów złożonego przedsięwzięcia sprawia, że spójna realizacja takiego procesu jest albo znacznie utrudniona, albo wręcz niemożliwa. Istotną zatem wydaje się próba dokonania oceny możliwości wykorzystania do tego celu zintegrowanych aplikacji o charakterze hybrydowym. Wykorzystywane są one z powodzeniem do wspomagania złożonych, niejednorodnych przedsięwzięć o charakterze biznesowym, a ich specyfika i znaczny zakres potencjalnych zastosowań umożliwia ich wykorzystanie również w zakresie problemów inżynierskich, oferując przy tym spójność informacyjną i funkcjonalną całego przedsięwzięcia.

Engineering tasks, such as the ones presented in the article related to civil engineering, examined in the informational and decision-making context, are frequently complex, multi-stage and heterogeneous in nature. This leads to difficulties when selecting IT tools that enable their support. No informational or functional conformity of particular applications used to support the subsequent stages of a complex task makes the coherent realisation of such a process considerably harder or even impossible. Support of numerous homogenous engineering tasks is provided with the use of technologies that have been adopted from other management areas, mainly dedicated to business operations. This is what one should also do with complex and heterogeneous engineering problems. It seems rational that integrated applications that allow one to both solve algorithmic problems and heuristic ones should be employed. Integrated hybrid systems ensure continuity of support for complex, multi-stage engineering problems, at the same time offering informational and functional coherence of the whole task.

Marcin Gajzler; Big Data i Data Mining w polskim budownictwie – str. 150

BIG DATA AND DATA MINING IN POLISH CONSTRUCTION

W artykule podjęto dyskusję nad występowaniem w polskim sektorze budownictwa bardzo dużych zasobów danych, określanych jako Big Data. W innych sektorach, np. finansowym czy usług, obserwuje się dostępność dużych baz danych i ich wykorzystanie w celu poprawy jakości usług, lepszego dostosowania się do wymagań klienta czy poprawy konkurencyjności na rynku. Sektor budowlany, a przede wszystkim jego produkt na tle innych dziedzin gospodarki cechuje specyfika. Czy jej występowanie powoduje brak zasobów Big Data? Artykuł wskazuje na występowanie zasobów Big Data w polskim budownictwie, możliwości i sposoby ich wykorzystania.

The article discusses the work in Polish for the construction of very large data resources, referred to as Big Data. In other sectors, e.g. financial or services, the availability of the database market and their use to improve the quality of services is observed, a test version for customer testing or improvement of market competitiveness. The construction sector, and above all its product, is specific compared to other sectors of the economy. Does its occurrence result in a lack of Big Data resources? An article on the occurrence of Big Data resources in Polish construction, possibilities and ways of using them.



DZIEŃ OTWARTY INŻYNIERA BUDOWNICTWA

**25.09
2021**

Budowa, eksploatacja, remont Twojego obiektu
– porozmawiaj z inżynierem budownictwa.
Spotkania w całej Polsce.

ORGANIZATOR



POLSKA
IZBA
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

PATRONAT HONOROWY



Ministerstwo Rozwoju,
Pracy i Technologii

PATRONAT MEDIALNY



Inżynier
budownictwa

PRZEGLĄD
budowlany

„Przegląd Budowlany” – laureatem XXXIV edycji Konkursu

NUMERUS PRIMUS INTER PARES

Celem zorganizowanego po raz 34. przez Towarzystwo Kultury i Historii Techniki Konkursu Numerus Primus inter Pares jest wyłonienie najlepszego w zakresie upowszechniania wiedzy i kultury technicznej – numeru czasopisma

technicznego oraz popularno-technicznego z poprzedniego roku kalendarzowego. Do udziału w tegorocznej edycji 7 wydawnictw zgłosiło w sumie 19 tytułów.

Jury Konkursu Numerus Primus działające pod przewodnictwem prof. dr hab. inż. Czesława Waszkiewicza wysoko oceniło poziom merytoryczny i graficzny oraz szatę edytorską wszystkich nadesłanych czasopism. Jury przyznało tytuły laureatów, czyli Numerus Primus inter Pares:

- w grupie czasopism popularyzujących naukę i technikę – numerowi

3/2020 czasopisma „Przegląd Budowlany”, wydawca: Zarząd Główny Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa (PZITB);

- w grupie czasopism specjalistycznych – numerowi 9/2020 czasopisma „Wiadomości Elektrotechniczne”, wydawca: SIGMA-NOT.



Jury przyznało także dwa wyróżnienia. Otrzymały je:

- „Wiadomości Naftowe i Górnicze”, nr 7/2020, Wydawca: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego i Gazowniczego (SITP NiG), a także
- za nowatorską formę wydawania w formule online – „Polish Technical Review”, nr 3/2020, wydawca: SIGMA-NOT.

Podsumowanie XXXIV edycji konkursu Numerus Primus inter Pares i wręczenie dyplomów odbędzie się powodu pandemii Covid-19 w terminie późniejszym.

Janusz M. Kowalski, Sekretarz TKiHT

ZAPROŚ EKSPERTA!



Darmowe szkolenia z zakresu projektowania i użytkowania obudów do wykopów

www.kopras.pl

szkolenie@kopras.pl

tel. 612-001-191



Puławska 186, Warszawa, Polska



Nowych Kosmonautów, Poznań, Polska



Węzeł Porosły koło Białogostoku



Budujemy na lata

www.unibep.pl



Centrum handlowe Nikolsky, Charków, Ukraina



Signaturhagen, Kongsberg, Norwegia

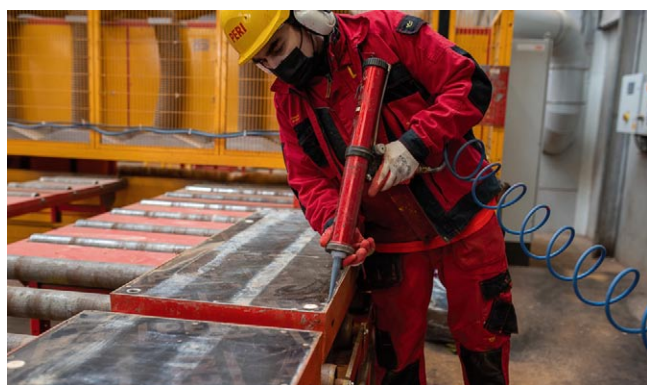


Wiadukt nad torami, Topór, Polska

PERI wprowadza do oferty usługę profesjonalnej naprawy deskowań

Serwis deskowań klientów to naturalne uzupełnienie dotychczasowej oferty PERI Polska. PERI posiada pięć wyposażonych w najnowocześniejszy sprzęt centrów logistycznych w kluczowych lokalizacjach w Polsce, umożliwiających świadczenie usługi naprawy deskowań na najwyższym poziomie.

Inwestycja w zakup deskowań z założenia musi się zwrócić. To spore obciążenie finansowe dla każdego wykonawcy czy wypożyczalni. Podczas eksploatacji elementy deskowań są narażone na duże obciążenia, zniszczenia i trudne warunki



atmosferyczne. A nie zawsze mamy wpływ na to, jak są one użytkowane czy magazynowane. Odpowiednie użycie narzędzi w trakcie montażu, demontażu oraz poprawne składowanie i transport na pewno przedłużą czas użytkowania deskowań.

Jednak nawet przy prawidłowym użytkowaniu regularna konserwacja jest absolutnie konieczna, aby móc uzyskać odpowiedni rezultat wykonywanych robót i przedłużyć przydatność deskowań do dalszej pracy, a co za tym idzie, oszczędzić czas i pieniądze.

– Nasz serwis dysponuje wiedzą, fachowcami i najnowocześniejszymi maszynami pozwalającymi na przywrócenie deskowań



PERI do odpowiedniego stanu. Do napraw stosowane będą wyłącznie oryginalne części. Są one dostosowane do rodzaju deskowań PERI i spełniają najwyższe standardy – wyjaśnia Daniel Charubin, dyrektor ds. logistyki PERI Polska.

PERI zna się na deskowaniach jak mało kto, używa nowoczesnych technologii oraz posiada wyszkolony personel. Serwis deskowań PERI pozwoli klientom znacznie dłużej świadczyć profesjonalne usługi sprzętem wysokiej jakości.

Po serwisie w PERI deskowania znacznie dłużej będą gotowe do pracy, a klienci PERI będą mogli świadczyć profesjonalne usługi sprzętem wysokiej jakości.



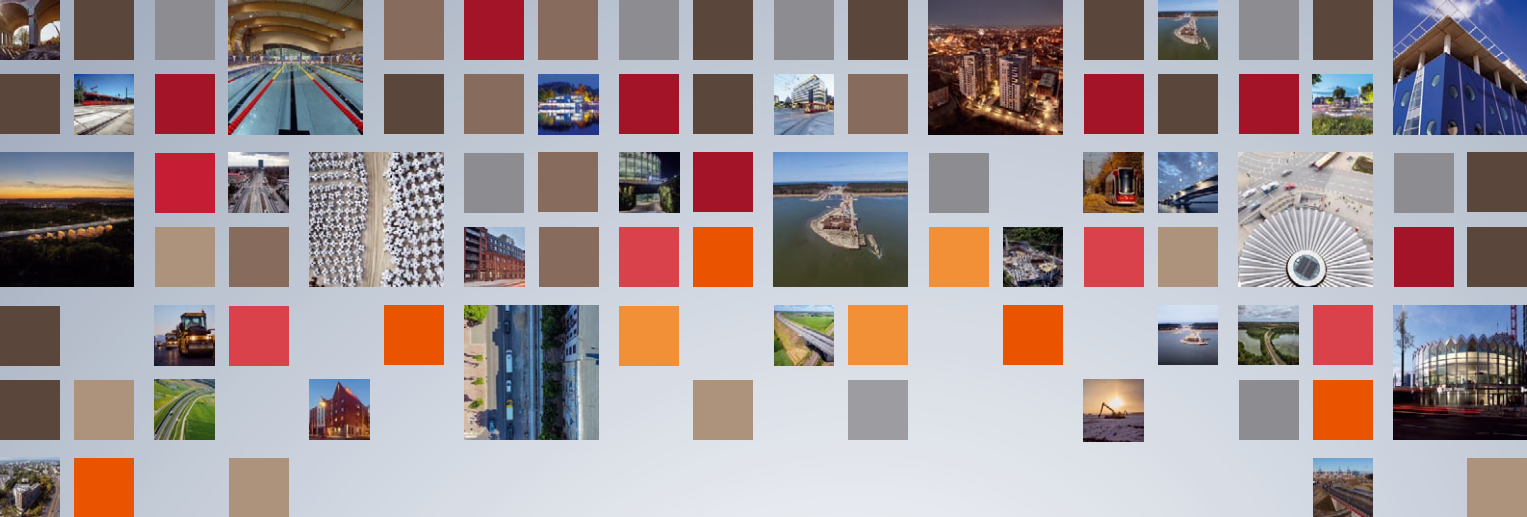
Oferta serwisu zawiera trzy warianty naprawy do wyboru:

- zakup poszycia i akcesoriów do samodzielnej wymiany,
- zakup poszycia i zlecenie jego wymiany,
- zlecenie remontu generalnego.

Jest możliwość zlecenia także transportu materiału, w ramach opcji door-to-door. Jak na profesjonalną usługę przystało, podczas naprawy klient na bieżąco jest informowany o jej statusie.

Usługę serwisową PERI można łatwo i szybko zamówić online: www.shop.peri.com.pl/serwis/

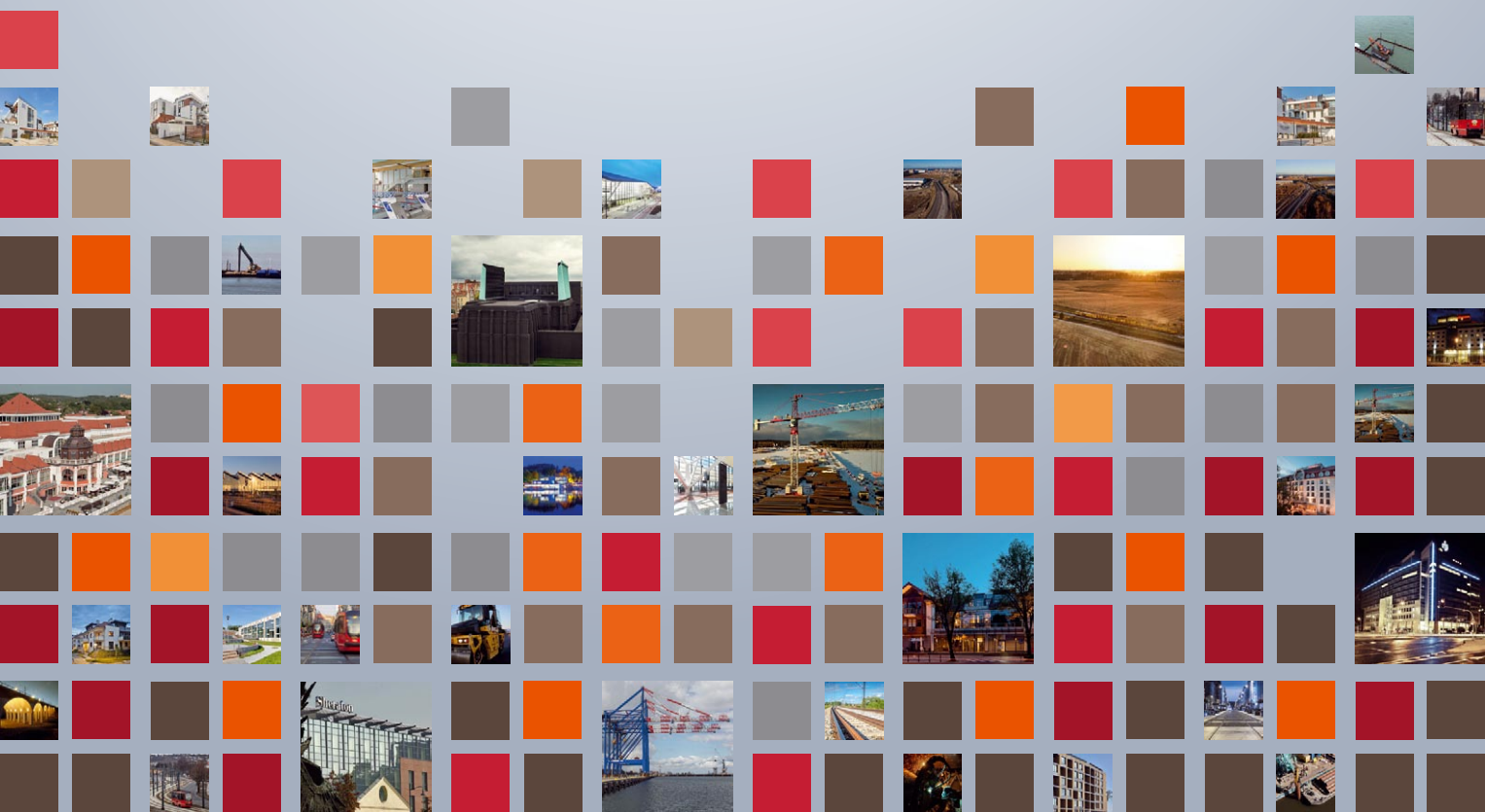
www.peri.com.pl



30^{lat} NDI

Budujemy
przyszłość

[f](#) [@](#) [in](#) [v](#) /Grupa NDI



Innowacjami zdobywamy świat – FAKRO kończy 30 lat

wywiad z Januszem Komurkiewiczem
Członkiem Zarządu ds. Marketingu FAKRO,
z okazji 30-lecia firmy.

FAKRO rozpoczęło swoją działalność w 1991 roku. Co sprawiło, że stało się najszybciej rozwijającą się w swojej branży firmą na świecie i polską, globalną marką? Jakie były kamienie milowe tego dynamicznego rozwoju?

Ojcem sukcesu marki FAKRO jest z pewnością sam Prezes Ryszard Florek, charyzmatyczny lider, który nie boi się podejmować ryzyka. To także zespół ludzi – nasz największy kapitał. Entuzjaści, ze swoimi nowatorskimi pomysłami, kwalifikacjami i zaangażowaniem. Przez pierwsze lata funkcjonowania firmy rozwijaliśmy produkt i naszą działalność na rynku rodzimym. W latach dziewięćdziesiątych okna dachowe w Polsce nie były powszechnie znane. Na początku skupiliśmy się więc na edukacji i promowaniu idei komfortowego życia na poddaszu z wykorzystaniem okien dachowych. Od razu postawiliśmy też na wysoką jakość produktu, innowacyjność i bycie z naszym produktem jak najbliżej Klienta. Służyło temu prezentowanie naszych produktów na targach, na stałych wystawach budownictwa oraz w składach materiałów budowlanych, z którymi szybko nawiązaliśmy współpracę. Działania te spowodowały, że okna FAKRO stały się rozpoznawalne w kraju i stopniowo wśród klientów zagranicznych. Pierwsze transporty okien dachowych pod marką FAKRO wyruszyły w 1994 roku do Holandii i na Słowację. Nasze okna bardzo szybko zdobyły przychylność odbiorców w Europie. Dzisiaj produkty FAKRO można znaleźć w ponad 50-ciu krajach na całym świecie.

Co Panu sprawiło największą satysfakcję w procesie budowania marki?

Kluczowymi odbiorcami w przypadku naszej branży są architekci, dekarze, dystrybutorzy oraz inwestorzy indywidualni. Organizowane przez FAKRO od wielu lat szkolenia dla naszych partnerów, zarówno w terenie jak i w centrali firmy, są doskonałą okazją do przedstawienia naszej firmy, wymiany doświadczeń, a przede wszystkim budowania przyjacielskich i trwałych relacji. Te relacje dają wszystkim pewność i stabilność rozwoju. Od początku działalności wspieramy także sportowców i wydarzenia sportowe. Sponsorowanie sportu sprzyja kojarzeniu marki FAKRO z wolą zwycięstwa,



uczciwą rywalizacją, dynamiką i zdrowiem. Wybieramy przy tym prestiżowe działania rangi międzynarodowej, które są odpowiednie do naszych międzynarodowych działań eksportowych. Jednym z przykładów takich działań jest sponsoring Polskiej Reprezentacji w Piłce Nożnej, który FAKRO realizuje nieprzerwanie od 2004 roku.

Na czym polega innowacyjność FAKRO i jaki udział w budowaniu tej innowacyjności ma własny ośrodek badawczo-rozwojowy firmy?

Innowacyjność i rozwój od początku wyznaczają ścieżkę FAKRO. To klucz do sukcesu na globalnym rynku. Rywalizacja w branży okien dachowych opiera się przede wszystkim na innowacyjnych rozwiązaniach. FAKRO jako jedna z pierwszych firm z branży budowlanej w Polsce utworzyła już w 1993 roku Dział Badań i Rozwoju. Dzisiaj na rzecz rozwoju produktów FAKRO pracuje ponad 100 konstruktorów, autorów ponad 180 zgłoszeń patentowych. Nieprzerwanie zwiększamy komfort mieszkania naszych klientów, co jest możliwe dzięki zwiększaniu jakości i funkcjonalności naszych produktów. Co roku wzbogacamy swoją ofertę, wdrażając nowe rozwiązania i technologie.

A propos innowacyjnych produktów – czy pamięta Pan kiedy w firmie powstało pierwsze nowatorskie rozwiązanie?

Innowacje i nowatorskie rozwiązania w dziedzinie produktów oraz maszyn i technologii produkcji towarzyszą nam już od samego początku działalności. Przełomowym jednak

momentem, pamiętam dobrze był 2004 rok. FAKRO wprowadziło wtedy na rynek wyjątkowy produkt, okno uchylno-obrotowe preSelect o rozdzielonych funkcjach otwierania, gwarantujących stabilność i bezpieczeństwo użytkowania. Do dziś jest to najbardziej innowacyjne uchylno-obrotowe okno dachowe na rynku.

W ciągu 30 lat stolarka otworowa, w tym okna dachowe – flagowy produkt FAKRO, przeszły wyraźną transformację. Jak zmieniał się w tym czasie rynek i sam produkt?

Od momentu powstania naszej firmy bardzo zmieniły się potrzeby i oczekiwania klientów oraz styl życia. Modne dzisiaj duże przeszklenia wpisują się w trend zrównoważonego, ekologicznego budownictwa. Oferowane przez nas produkty to połączenie nowoczesnego designu, rozwiązań gwarantujących dużą ilość dziennego światła z bezpieczeństwem łatwością obsługi. Nowoczesna architektura wymaga też łączenia wielu elementów stolarki w jeden spójny, kolorystycznie i technologicznie system. Poza nowoczesnym budownictwem pojawiła się potrzeba termomodernizacji budynków wykonanych w starych technologiach. To konieczne ze względów ekonomicznych, a także w celu zmniejszenia emisji CO₂ do atmosfery i zminimalizowania wszechobecnego smogu. W Polsce ponad 50% budynków zostało wybudowanych przed 1988 rokiem i większość z nich wymaga już remontu. Dla tego segmentu posiadamy już systemowe rozwiązania pozwalające wymienić stare okna na nowe. Nasze produkty ewoluowały wraz ze zmieniającymi się potrzebami klientów. Specjalistyczna wiedza i doświadczenia z różnych krajów oraz kontynentów pozwalają nam ciągle zaskakiwać klientów nowymi rozwiązaniami. Przykładem jest seria okien do dachów płaskich, które oprócz doświetlenia spełniają też dodatkowe funkcje. Można np. po nich chodzić gdy zamontowane są w płaskim dachu służącym jako taras lub mogą umożliwiać wyjście na dach. Mogą też służyć jako przeszklenie w „zielonym dachu”.

Jak FAKRO będzie celebrować jubileusz 30-letniej obecności na rynku?

Ciągle mamy sporo ograniczeń więc z pewnością nieco inaczej niż poprzednie jubileusze. Takie momenty są jednak zawsze warte zatrzymania. Dla nas to przede wszystkim okazja do podziękowania zespołowi FAKRO za pracę i zaangażowanie. Będziemy też komunikować naszym partnerom, że to dla FAKRO wyjątkowy rok. To także ich święto. Ich praca i pasja przyczyniły się do sukcesu i obecnej pozycji FAKRO na rynku krajowym i globalnym. 30 lat działalności to dla klientów informacja, że jesteśmy rzetelną firmą, której można zaufać. Jest więc co świętować!

Czy pojawią się z tej okazji nowości produktowe?

FAKRO co roku wprowadza na rynek nowości produktowe, w 2021 roku koncentrujemy się na idei smartHome. To koncepcja inteligentnego domu, w którym wszystkie elementy

stolarki budowlanej, czyli okna pionowe, dachowe, drzwi zewnętrzne i brama garażowa obsługiwane są w sposób zdalny, tworząc komfortowy dom. FAKRO smartHome działa w oparciu o technologię Z-Wave, kompletny, bezprzewodowy system komunikacji radiowej. Wszystkie produkty firmy FAKRO oferowane są w wersji elektrycznej już od kilku lat, zapewniając ciepły, energooszczędny i dynamicznie reagujący na potrzeby użytkownika i zmieniające się warunki atmosferyczne dom. Nowością przygotowaną na rok 2021 będą produkty autonomiczne. To produkty, które nie są podłączone do domowej sieci elektrycznej, ale zasilane są z akumulatorów, które na bieżąco ładowane są z paneli fotowoltaicznych. Możemy je również wpiąć do sieci domowej smartHome i obsługiwać za pomocą pilota lub smartfona.

Jaka kompleksowa oferta kryje się dzisiaj pod marką FAKRO?

Zaczynaliśmy od jednego typu okna produkowanego w dwóch rozmiarach. Dzisiaj oferujemy pełną gamę rozmiarową okien dachowych o różnych konstrukcjach i sposobach otwierania. Perłą w koronie stolarki FAKRO są obecnie ekskluzywne, drewniano – aluminiowe okna pionowe pod marką FAKRO INNOVIEW. To supernowoczesne, piękne i trwałe okna, które mogą być produkowane w wymiarze 12 m szerokości i 2,8 m wysokości tworząc szklaną ale otwieraną przesuwnie ścianę w nowoczesnych salonach. Szeroką ofertę okien FAKRO uzupełniają akcesoria do okien dachowych, markizy zewnętrzne do okien pionowych oraz bramy garażowe, drzwi wejściowe i schody strychowe. Produkty FAKRO kompleksowo odpowiadają na wszystkie potrzeby klientów w zakresie stolarki budowlanej.

Jakie są tegoroczne nowe wyzwania dla FAKRO?

Wyzwaniem dla nas wszystkich jest z pewnością pandemia, która zakończyła trwający przez ostatnie lata bardzo dobry okres stabilnego i bezpiecznego wzrostu segmentu stolarki budowlanej. Dla wielu firm tymczasowe ograniczenie działalności może mieć bardzo negatywne konsekwencje. Los okazał się łaskawy dla naszej branży. FAKRO ma stabilną pozycję na rynku światowym, udało nam się przetrwać tę burzę i dalej rozwijać, między innymi dzięki mobilizacji pracowników. Wierzę, że będzie tylko lepiej i z kryzysu wyjdziemy jeszcze silniejsi. Wyzwaniem dla FAKRO i całej branży są w tym roku także nowe przepisy o efektywności energetycznej dla nowo powstających budynków, które obowiązują od początku roku. W efekcie, łączne zużycie energii nowych budynków ma być o 20 proc. niższe niż teraz. To oznacza bardziej restrykcyjne wymagania dla ścian, dachów i okien. Jesteśmy przygotowani do zmian, mamy odpowiednią wiedzę oraz motywację, będziemy więc obserwować rynek i nadal tworzyć innowacyjne produkty podnoszące jakość życia w domach na całym świecie.

www.fakro.pl

Nowoczesne podejście do planowania i pracy w sektorze rusztowań przemysłowych



W branży przemysłowej bardziej niż gdziekolwiek indziej wymagania dotyczące zdefiniowania procesów i niezawodności operacyjnej są szczególnie rygorystyczne. Podczas realizacji fabryki witaminy A BASF w Ludwigshafen w Niemczech firma PERI dowiodła, że bezpieczeństwo i rentowność można z łatwością łączyć dzięki zastosowaniu najnowocześniejszych systemów rusztowań i technologii BIM.



Rys. 1. Najnowocześniejsze planowanie rusztowań z wykorzystaniem technologii BIM i innowacyjnych systemów PERI odegrały kluczową rolę w budowie nowego kompleksu witaminy A w BASF SE w Ludwigshafen w Niemczech

Innowacyjna koncepcja rusztowania wsparta przez technologię BIM, stosowana przy budowie najnowocześniejszej fabryki acetyleny w Ludwigshafen w 2018 roku, była pierwszym wspólnym projektem BASF SE i PERI. Nowy zakład zwiększył roczną zdolność produkcyjną BASF dla witaminy A o 1500 ton. Około 600 maszyn i urządzeń oraz 5000 punktów testowych jest zintegrowanych z systemem sterowania procesem.

By zrealizować projekt, trzeba było między innymi zbudować specjalne pomosty dostępne do rur o długości 250 m bieżących.

Międzybranżowa technologia BIM

Wspólny zespół projektowy kierowany przez kierownika projektu Tino Freund i kierownika projektu PERI Anitę Rösch zaplanował i koordynował szeroko zakrojone zadania związane z projektowaniem i montażem rusztowań przemysłowych. Podobnie jak w poprzednich projektach podstawą tego projektu była technologia BIM z międzybranżowym planowaniem w 3D, koordynacją i realizacją. Procesy zostały zaplanowane i zaprojektowane pod względem wymagań przestrzennych i harmonogramu. Wszystkie informacje były dostępne w wersji cyfrowej: wymagania, plany, rysunki, zestawienia elementów, obliczenia statyczne oraz modele 3D. Aktualny stan każdego elementu rusztowania można było wybrać i zmienić jego status na: wymagane, w planowaniu, zaprojektowane, w budowie, zakończone, usunięte, wyrejestrowane, zdemontowane. Gromadzenie tych danych nie tylko ułatwiało kontrolę projektu, ale także uprościło procesy rozliczeń i wyceny materiału. Dzięki tym cyfrowo przechowywanym informacjom kolejne projekty lub powtarzające się prace konserwacyjno-remontowe obiektu mogą być optymalizowane,



Rys. 2. W szczytowym momencie codziennie montowano do 1300 ton sprzętu PERI

Wszystkie fot. PERI Germany



Rys. 3. 30-metrowa wieża podporowa o dużej wytrzymałości i konstrukcja mostowa po północnej stronie budynku



Rys. 4. Można było połączyć PERI UP i VARIOKIT w niezwykle wszechstronny sposób do szerokiego zakresu zastosowań – na przykład do tworzenia konstrukcji mostowej z systemem napinania i rozpiętością 12,75 m na wysokości 33 m

a tym samym wpływać na redukcję kosztów utrzymania. Właściwa obsługa inżynierska podczas budowy decyduje o dostosowaniu się do aktualnych potrzeb dotyczących konkretnych rozwiązań rusztowań PERI. Na przykład zespół projektowy na miejscu w Ludwigshafen zarejestrował i zarządzał ponad 4000 jednostkami rusztowań przy użyciu oprogramowania Autodesk BIM 360 Field, w ciągu

18-miesięcznego okresu realizacji projektu. Większość z całkowitej liczby rusztowań – około 2000 ton – została zaplanowana w CAD i udostępniona w 3D. Umożliwiło to kolejnym użytkownikom sprawdzenie planów rusztowań pod kątem użyteczności, zmienności i elastyczności przed ich wzniesieniem, a także ich optymalizację. Zminimalizowane czasy dostaw oraz zoptymalizowane koszty rusztowań sprawiły, że wysokie standardy bezpieczeństwa mogły zostać wdrożone już na etapie planowania.



Rys. 5. Podstawowa siatka metrycznego zestawu rusztowań PERI UP zapewniła wysoki poziom geometrycznej i konstrukcyjnej możliwości dopasowania, a tym samym wysoki stopień bezpieczeństwa prac

Łączenie sił systemów

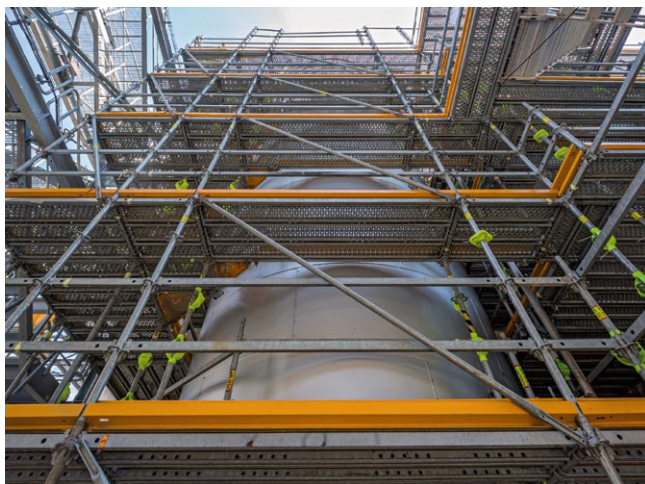
W szczytowym momencie budowy codziennie montowano lub demontowano około 1300 ton materiału PERI. Na miejscu zamontowane były: rusztowania fasadowe, podporowe, podwieszane, platformy robocze oraz schodnie. W szczególności połączenie zestawu rusztowań PERI UP i elementów systemu VARIOKIT zapewniło wymaganą geometrię i strukturę konstrukcji, a tym samym najwyższy stopień bezpieczeństwa pracy. Podstawowa siatka metryczna obu systemów PERI pozwoliła na elastyczną adaptację rozwiązania rusztowania przy użyciu różnych elementów systemu. Dodatkowo, przy bardzo restrykcyjnych warunkach przestrzennych, wykorzystano 30-metrowe wysokonóżne wieże podporowe, przenoszące obciążenie do 20kN/m^2 po północnej stronie budynku. Były one wykorzystywane do wprowadzania materiałów i wyposażenia do budynku, stanowiło to nie lada wyzwanie pod względem zastosowanej technologii rusztowania. Przede wszystkim konstrukcja mostowa z systemem napinającym i rozpiętością 12,75 m na wysokości 33 m była kolejnym mistrzowskim pokazem zespołu planowania i montażu. W oparciu o szynowy system wspinięcia RCS z zestawem inżynierskim VARIOKIT można było wstępnie zmontować konstrukcję mostową jako pojedynczą jednostkę na ziemi i podnieść ją na miejsce za pomocą żurawia samojedźnego.



Rys. 6. Większość z około 4000 elementów rusztowań została zaplanowana przy użyciu CAD i dostarczona jako modele 3D w ciągu 18-miesięcznego okresu realizacji projektu wymaganego do budowy złożonego zakładu BASF. W ten sposób możliwe było zminimalizowanie kosztów rusztowań i wdrożenie wysokich standardów bezpieczeństwa już na etapie planowania

Bezpiecznie przede wszystkim

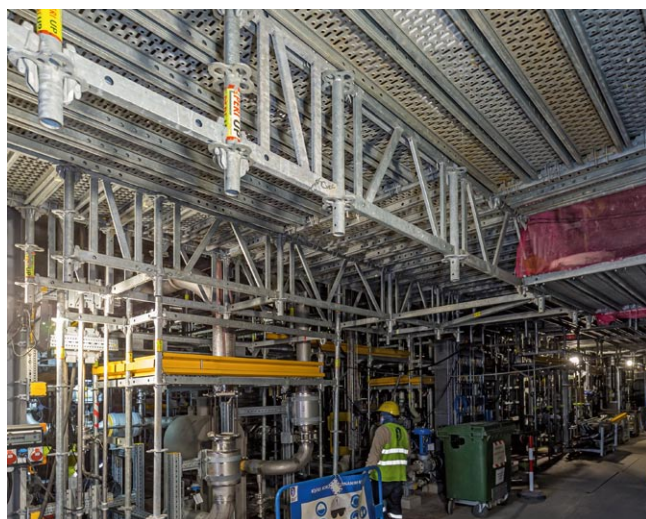
Wiele systemowych elementów rusztowań PERI jest zaprojektowanych tak, aby na pierwszym miejscu dbać o bezpieczne użytkowanie. Niemal nieprzerwana powierzchnia pomostów PERI UP dzięki geometrycznym opcjom dopasowania w siatce metrycznej 25 cm w połączeniu z bezpiecznymi narożami i przejściami stanowią płaszczyznę idealną do pracy na wysokości. Ze względu na systemową elastyczność w projektowaniu i jednolitą siatkę metryczną możliwa jest praca z wszystkimi elementami systemu bez utraty cennego czasu



Rys. 7. Dzięki geometrycznym opcjom dopasowania w siatce systemowej 25 cm możliwy był montaż platform roboczych praktycznie w całości wypełnionych podestami PERI UP, bez szczelin



Rys. 8. Rozwiązanie naroży i podestów bez szczelin i uskoków z wykorzystaniem elementów systemu PERI UP zapewniły bezpieczne użytkowanie rusztowania. Nasadki ochronne w kolorze sygnalizacyjnym dodatkowo wzmocniły bezpieczeństwo



Rys. 9. W przypadku gdy do przewieszenia użyto modułowego dźwigara systemowego ULS Flex, podesty można było zainstalować bezpośrednio na górnych pasach dźwigara kratowego, co oznacza, że kierunek podestów można zmienić w dowolnym momencie

na projektowanie elementów specjalnych i tworzenie dodatkowych rozwiązań podczas procesów planowania i montażu/demontażu. Wysokie standardy bezpieczeństwa podkreślone zostały ponadto w licznych detalach: otwierane do środka bramy bezpieczeństwa przy drabinach, czy osłonięcie rozet – węzłów rusztowania nakładkami ochronnymi w kolorze sygnalizacyjnym. Są to elementy dodatkowe inteligentnych systemów rusztowań PERI UP.

**Andrzej Cichy, dyrektor oddziału rusztowań
PERI Polska**



budimex

budimex

JESTEŚMY DUMNI, ŻE MOŻEMY ZMIENIAĆ DLA WAS ŚWIAT

**Największy
i stabilny
pracodawca
budowlany**



SYSTEM PREMIOWY

Doceniamy Twój wkład i zaangażowanie, dlatego też obejmujemy Cię atrakcyjnym systemem premiowym.



DODATKOWY DZIEŃ WOLNY

Wierzmy, że nie samą pracą żyje człowiek, dlatego w dniu swoich urodzin lub imienin będziesz mógł skorzystać z płatnego dnia wolnego.



UBEZPIECZENIE NA ŻYCIE

Zadbamy o bezpieczeństwo Twoje i Twoich najbliższych, dzięki dodatkowemu ubezpieczeniu na życie.



PRYWATNA OPIEKA MEDYCZNA

Zapewnimy Ci prywatną opiekę medyczną, dzięki której zadbasz o zdrowie swoje i swoich bliskich.

Sprawdź oferty pracy
w całej Polsce
i dołącz do jednego
z naszych kontraktów.



Sprawdź, kogo szukamy

Polecaj znajomych i zarabiaj

kariera.budimex.pl
rekrutacja@budimex.pl

www.polecambudimex.pl



Doka na budowie Wschodniej Obwodnicy Wrocławia

Wschodnia Obwodnica Wrocławia to inwestycja, na którą mieszkańcy regionu czekali od dawna, a już niedługo, bez wątpienia wyniesie układ komunikacyjny powiatu i województwa na zupełnie nowy, nieznany dotąd poziom. Dosłownie i w przenośni! Za wykonanie projektu wartego 164 700 000 zł odpowiadają Konsorcjum Kobylarnia S.A. i Mirbud S.A. Ważne pod względem strategicznym i komunikacyjnym przedsięwzięcie wymaga współpracy z podwykonawcami, w których słowniku, w kontekście jakości i funkcjonalności rozwiązań, nie występuje słowo „kompromis”. Jednym z kluczowych partnerów projektu została zatem Doka Polska.

O planach budowy obwodnicy mówiło się od dawna – trasa oczekiwana przez Dolnoślązaków jest bowiem niezwykle ważna dla Wrocławia i całej aglomeracji wrocławskiej. Dziś WOW to jedna z największych inwestycji drogowych realizowanych obecnie na Dolnym Śląsku, która zakłada wybudowanie 10-kilometrowego odcinka biegnącego pomiędzy drogą wojewódzką 455 a krajową 98 – po jednym pasie w obu kierunkach, oraz wzniesienie czterech wiaduktów, trzech mostów, skrzyżowań, rond i dróg dojazdowych.

UNIKIT – idealne wsparcie każdej budowy

Jednym z elementów projektu jest budowa obiektu MD-3. Jest to most o przekroju dwubelkowym, składający się z siedmiu przęseł o długości pomiędzy podporami do 44 m. I choć wymiary konstrukcji są całkiem imponujące, to nie jedyna kwestia, która podnosi poziom trudności – most znajduje się bowiem nad ciekami wodnymi oraz terenami zalewowymi. Aby zagwarantować maksimum bezpieczeństwa, wykonawca zdecydował się skorzystać z doświadczenia

firmy Doka Polska, powierzając jej zaprojektowanie podparcia konstrukcji żelbetowych.

– *Udział w tej inwestycji jest dla nas szczególnie z kilku powodów. Nobilitującym jest bowiem nie tylko fakt, że inwestor zaufał naszemu doświadczeniu, ale zdecydował się wybrać rozwiązania podparcia z wykorzystaniem nowości Doka – kratownic systemu UNIKIT* – mówi Dominik Mazur kierownik Zespołu Projektów Specjalnych Doka Polska. To system modułowy dedykowany projektom wagi ciężkiej, który gwarantuje: wielofunkcyjność i niezwykle łatwe dopasowanie do obrysu obiektu, podwyższoną nośność pozwalającą osiągnąć większe rozpiętości, łatwą do rozłożenia, stabilną i bezpieczną konstrukcję oraz krótszy czas pracy dźwigu dzięki opcji montażu wstępnego. Składa się tylko z trzech podstawowych komponentów: profili U, blach węzłowych i stężeń. – *Dzięki zastosowaniu kratownic o rozpiętości do 18 m, opartych na podporach tymczasowych oraz na fundamentach podpór docelowych obiektu, możliwe było ominięcie wszystkich przeszkód – w tym gruntów o małej nośności* – dodaje Dominik Mazur.



System UNIKIT okazał się również pomocny w zaprojektowaniu podpór pośrednich, czyli posadowionych na palach. Uniwersalność i wielozadaniowość tego rozwiązania umożliwiła niezwykle szybkie i proste dostosowanie wysokości podpór do zmiennej niwelety obiektu. Kratownice oraz podpory pośrednie UNIKIT zostały dostarczone na budowę jako zmontowane zestawy, a postęp prac umożliwia ich rotację co drugie betonowanie.

Podparcie kratownic przy podporach obiektu zostało wykonane za pomocą systemu wysokonośnego SL-1. Przekazanie siły ze świeżej mieszanki ustroju nośnego zostanie w ten sposób przeniesione na docelowe fundamenty, bez potrzeby kosztownej stabilizacji gruntu pod obiektem. Efektywnie i efektywnie zarazem!

Rozwiązanie z najwyższej półki!

– By sprostać wysokim wymaganiom konstrukcji, która miała zostać oparta o deskowanie kształtujące układ dwubelkowy, bez wahania postawiliśmy na System dźwigarowy TOP 50. Jego kształt i wielkość elementów, rozmieszczenie ściągów oraz rodzaj poszycia można dopasować do każdego, nawet najtrudniejszego projektu. Co więcej, Top 50 pozwala na dowolne prędkości betonowania, dzięki prostemu wymiarowaniu na każde parcie mieszanki betonowej – podkreśla Dominik Mazur.

Po zabetonowaniu oraz stężeniu kolejnej sekcji obiektu deskowanie płyty zostanie przesunięte na rolkach na następną

sekcję, tak aby jak najszybciej umożliwić prace zbrojarskie. Dzięki temu rozwiązaniu inwestor oszczędza czas oraz pieniądze, bez obawy o jakość i trwałość poszczególnych elementów konstrukcji.



Rozwiązania na miarę XXI wieku

Rozwiązania jutra? Doka ma je już dziś! Najciekawszym elementem koncepcyjnym była bowiem możliwość stworzenia projektu z użyciem DokaCAD 9 for Revit. Nowe możliwości projektowania pomogły przedstawić klientowi ważne aspekty kontraktu, a tym samym wyeliminować większość potencjalnych zagrożeń na najwcześniejszych etapach prac.

– Pierwsze betonowania już za nami. Kratownice UNIKIT pracują zgodnie z obliczeniami, potwierdzając możliwości firmy Doka również na obiektach infrastrukturalnych. Jednak największy sprawdzian możliwości systemu przeszliśmy podczas betonowania etapu nad rzeką. Kratownice UNIKIT bez trudu sprostały temu wyzwaniu i prezentują pełnię swoich technologicznych możliwości – gwarantuje kierownik Zespołu Projektów Specjalnych Doka Polska.

Indywidualne podejście, otwartość na niekonwencjonalne rozwiązania oraz wieloletnie doświadczenie pomagają zapisać nowe karty w historii polskiego budownictwa. Koniec inwestycji planowany jest na 2022 rok.



LOGISTYKA 4.0 – nowa jakość współpracy



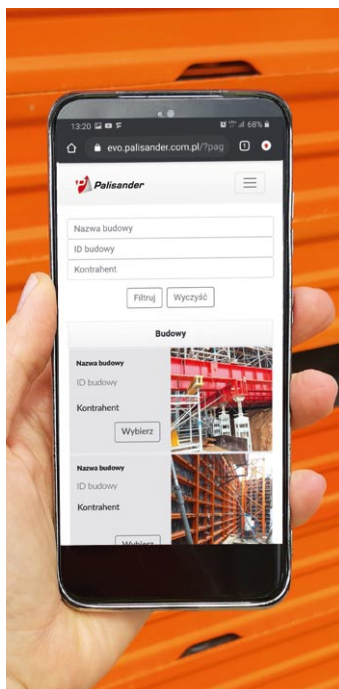
Palisander zawsze stawiał sobie za cel wysoką jakość usług i satysfakcję klienta ze współpracy. W tym celu, w 2011 roku w firmie wdrożony został unikalny system zarządzania jakością w najmie szalunków – QLOS, który wyznaczył nowe standardy w dziedzinie Logistyki, Obsługi i Szalunków. Na przestrzeni lat, QLOS jest stale rozwijany o kolejne usługi wspierające budowy w pracy z szalunkami.

INTERNETOWA REVOLUCJA



W odpowiedzi na zmieniające się standardy pracy i coraz intensywniejszą digitalizację Palisander stworzył platformę internetową **EVO**, która ułatwia pracę kierownictwu budów. Platforma **EVO** to odpowiedź na rosnącą potrzebę zdalnego dostępu do informacji o budowie. Dzięki **EVO** wszystkie dane potrzebne do kierowania budową znajdziesz wszędzie tam, gdzie będziesz tego potrzebował. Dzięki platformie internetowej **EVO**:

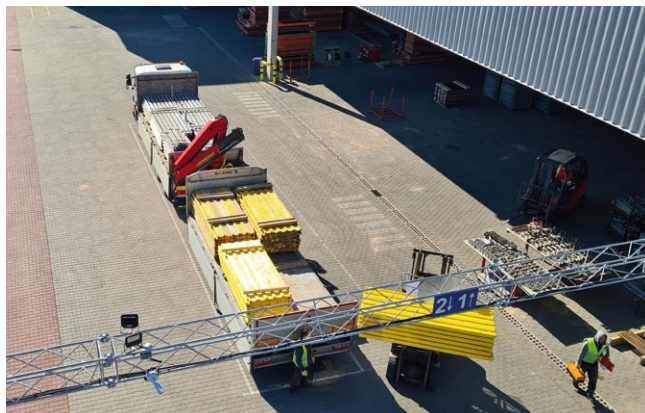
- zobaczysz online **skondensowane dane** z budowy;
- otrzymasz **zdalny dostęp** do wszystkich dokumentów dotyczących sprzętu, który znajduje się obecnie na budowie;
- uzyskasz dostęp do zestawienia kosztów, które pomoże zachować **kontrolę nad budżetem**, nawet pracując zdalnie;
- dzięki nagraniom ze specjalnego systemu rejestratorów – w każdej chwili będziesz mógł skontrolować załadunek, rozładunek oraz odbiór ilościowo-jakościowy sprzętu, który został dostarczony na budowę.



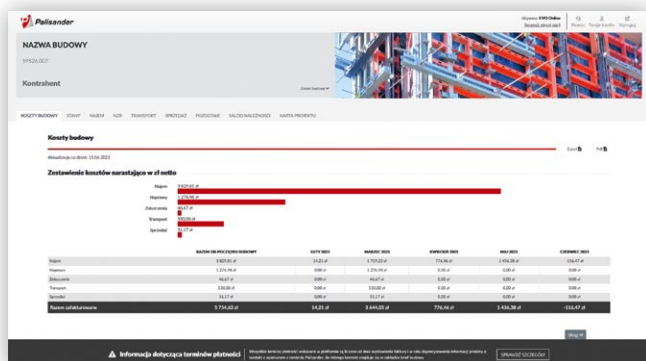
**E-MAGAZYN – BĄDŹ ONLINE
W NASZYM MAGAZYNIE**

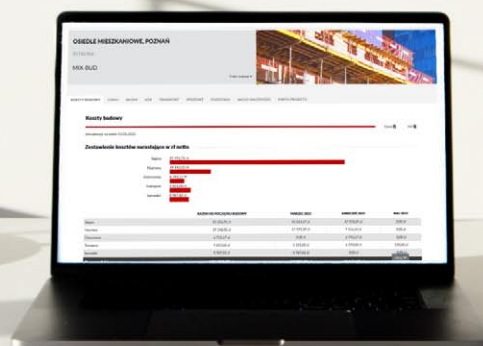


Dostrzegając na zmieniające się potrzeby rynku Palisander wprowadził innowacyjne w branży szalunkowej rozwiązanie – **E-MAGAZYN**. Nasza nowa usługa to możliwość wirtualnego uczestniczenia w całym procesie logistycznym, który rejestrowany jest przez umieszczone na specjalnej bramownicy kamery, dokumentujące szczegółowo wszystkie czynności naszych pracowników przy obsłudze towaru. Wysoka jakość dokumentacji pozwoli zweryfikować towar wydany na budowę, a dzięki możliwości wykonywania dużych przybliżeń będzie możliwe policzenie poszczególnych elementów.



Dzięki usłudze **E-MAGAZYN** klient będzie mógł zobaczyć online załadunek, rozładunek oraz odbiory ilościowo-jakościowe, odbywające się w naszym magazynie, a transparentność naszych działań zagwarantuje wysoką jakość współpracy.





Korzyści z zastosowania asfaltów modyfikowanych i wysokomodyfikowanych MODBIT HiMA na polskich drogach samorządowych

Wzrastające natężenie ruchu oraz rosnące wymogi środowiskowe i konieczność redukcji śladu węglowego powodują, że inwestorzy poszukują trwalszych rozwiązań, wydłużających żywotność drogi i ograniczających liczbę remontów. Z pomocą przychodzą im producenci nowoczesnych asfaltów modyfikowanych i wyskomodyfikowanych polimerami typu HIMA (*Highly Modified Asphalt*). Zastosowanie tych materiałów przynosi wiele korzyści i pozwala na uzyskanie bardzo trwałych nawierzchni o ponad 50-letniej trwałości.

W wielu krajach, również w Polsce, standardem jest projektowanie dróg na minimum 30 lat, natomiast coraz bardziej powszechne staje się wydłużanie trwałości projektowej powyżej 50 lat, z uwzględnieniem jedynie powierzchniowych napraw i zabiegów utrzymaniowych. Tego typu nawierzchnie określane są jako długowieczne. W celu zapewnienia drożności długowieczności dąży się do powszechnego stosowania asfaltów modyfikowanych i wyskomodyfikowanych polimerami, co skutkuje większą odpornością na koleinowanie, zmęczenie oraz ekstremalne temperatury. Zastosowanie tych materiałów w kilku warstwach nawierzchni umożliwia pocienienie konstrukcji o 10-20% lub znaczne wydłużenie jej żywotności przy zachowaniu standardowych grubości. Nowoczesne nawierzchnie długowieczne zazwyczaj stosowane są na drogach krajowych i autostradach, natomiast dzięki skierowaniu do samorządów programowi „15 inwestycji z okazji 15-lecia LOTOS Asphalt” polegającemu na bezpłatnej zamianie asfaltu średniomodyfikowanego na wyskomodyfikowany przybywa w Polsce długowiecznych dróg samorządowych. Przykładem nawierzchni długowiecznej zrealizowanej w ramach tego programu jest „Dobudowa drugiej jezdni obwodnicy Miasta Krosna [...]”. W warstwie ścieralnej, strategicznej dla Krosna drogi, mocno obciążonej ruchem, prowadzącej do przejścia granicznego, zastosowano asfalty wyskomodyfikowane MODBIT HiMA. Zapobiegliwy inwestor, wykorzystując potencjał zaawansowanych technologii asfaltowych średnio i wyskomodyfikowanych, podniósł efektywność



Zastosowanie asfaltu wyskomodyfikowanego MODBIT 45/80-80 do budowy długowiecznej nawierzchni na Obwodnicy Krosna.

ekonomiczną inwestycji oraz zredukował jej ślad węglowy, ograniczając liczbę zabiegów utrzymaniowych w cyklu życia nawierzchni. W tym celu zastosował w dolnych warstwach: podbudowy i wiążącej, asfalty średniomodyfikowane PMB 25/55-60, w specjalnych mieszankach o podwyższonym module sztywności, a w warstwie ścieralnej – asfalt wyskomodyfikowany MODBIT 45/80-80 HiMA. Taki układ warstw zapewni drodze nośność i odporność na deformacje dla ruchu bardzo ciężkiego, przy jednoczesnej ochronie drogi przed szkodliwym działaniem czynników klimatycznych: wody, mrozu i ekstremalnych temperatur.

Rekomendowane zastosowania asfaltów MODBIT HiMA

- Budowa i remonty dróg o dużym natężeniu ruchu.
- Warstwy ścieralne nawierzchni redukujących hałas.
- Nawierzchnie o dużym obciążeniu ruchem powolnym – skrzyżowania, zatoki autobusowe itp.
- Nawierzchnie o dużej trwałości: na obiektach inżynierskich, w tunelach, na lotniskach.
- Nawierzchnie długowieczne.

Korzyści z MODBIT i MODBIT HiMA kontra asfalt drogowy

- Wyższa trwałość konstrukcji przy tej samej grubości pakietu warstw asfaltowych.
- Optymalizacja grubości warstw asfaltowych przy zachowaniu tej samej trwałości.
- Możliwość redukcji kosztów budowy i utrzymania drogi nawet o 20%.
- Wydłużenie okresów międzyremontowych – zmniejszenie kosztów społecznych.



telka

rusztowania
szalunki
ogrodzenia

**Startujesz
z budową?**

**Doradzimy,
zaprojektujemy,
dowieziemy.**

wynajem szalunków

Wycena indywidualna
szalunki@telka.pl
+ 48 604 234 744

Jesteśmy już
20 lat na rynku!

Użyj kodu "RABAT Z PRZEGLĄDEM" i otrzymaj 5% rabatu.

*kod ważny do 31.10.2021r.

SECUMAX – bezpieczeństwo na budowie



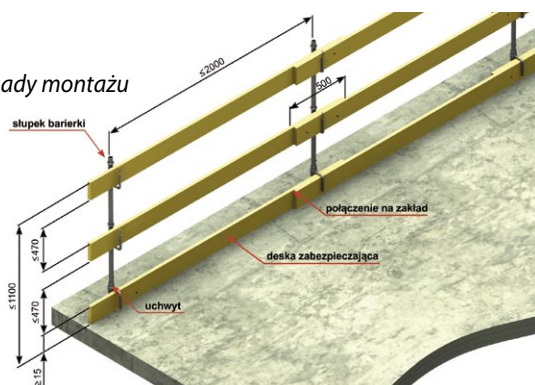
Ochrona ludzi przed upadkiem z wysokości to jedno z najważniejszych wyzwań z zakresu bezpieczeństwa na placu budowy. Interesujące rozwiązania w tym zakresie oferuje firma Forbuild, której jednym z flagowych produktów jest system balustrad ochronnych SECUMAX, przeznaczony do wykonywania tymczasowych zabezpieczeń bocznych na krawędziach budynków, zabezpieczeń ciągów komunikacyjnych, wykopów, wyznaczania stref niebezpiecznych itp.



Zabezpieczenie krawędzi budynków

Głównym elementem systemu SECUMAX jest słupek barierki. Słupek łączy się z konstrukcją nośną za pomocą uchwyty, którego rodzaj zależy od etapu budowy i sytuacji, w jakiej wykonywane są balustrady ochronne.

SECUMAX
ogólne zasady montażu



Montaż odpowiedniego uchwyty odbywa się w rozstawie do 2 m zgodnie z Dokumentacją Techniczno-Ruchową oraz z uwzględnieniem przepisów BHP.

Do budowy systemu barierek ochronnych używane są profile stalowe z atestowanej stali o grubości min. 3,2 mm (zgodnie z normą PN-EN 13374). Wszystkie elementy metalowe wchodzące w skład systemu pokryte są trwałą powłoką antykorozyjną, co pozwala na ich długoletnią eksploatację. Elementy drewniane poręczy oraz bortnica wykonywane są z tarcicy iglastej obrzynanej (klasy nie niższej niż C-18), o wymiarach poprzecznych 32x150 mm. Do właściwego przechowywania i wygodnego transportu Forbuild oferuje 2 rodzaje pojemników: kosz transportowy o uniwersalnym zastosowaniu oraz kosz na deski i siatki systemu SECUMAX.

Na życzenie zamawiającego na deskach lub siatkach zabezpieczających może być umieszczone logo jego firmy.

Bezpiecznie na torach

System SECUMAX Rail służy do wykonywania zabezpieczeń bocznych podczas remontu, modernizacji lub budowy linii kolejowych. Rozwiązanie firmy Forbuild przeznaczone jest do wygradzania strefy niebezpiecznej podczas prowadzenia robót na zamkniętym torze, gdy po sąsiadującym torze czynnym równocześnie może odbywać się ruch pojazdów kolejowych z prędkością ponad 100 km/h. SECUMAX Rail składa się z trzech podstawowych elementów: uchwyty do szyn kolejowych, słupka barierki oraz deski zabezpieczającej, których połączenie stanowi tymczasową balustradę ochronną.



System SECUMAX dostępny jest także w formie dzierżawy. Wynajęty sprzęt na kilkuset budowach całej Polski to dziś ponad 60 tys. mb zabezpieczeń krawędziowych wszelkiego rodzaju obiektów budowlanych.

Doradcy techniczni Forbuild pozostają do państwa dyspozycji na wszystkich etapach inwestycji, a szeroka gama możliwości i ciągły rozwój produktu pozwala dobrać optymalne technicznie i ekonomicznie rozwiązanie niemal w każdej sytuacji. Forbuild swoje systemy zabezpieczeń na krawędzi rozwija już od wielu lat. Wśród kilkuset firm stosujących dziś system SECUMAX znajdują się m.in. sygnatariusze „Porozumienia dla Bezpieczeństwa”, mającego na celu poprawę kultury bezpieczeństwa na polskich budowach. Zastosowanie systemu SECUMAX przynosi wymierne korzyści – dzięki produktom Forbuild buduje się bezpiecznie.

www.forbuild.eu

Nowa jednostka na Politechnice Krakowskiej



Centrum Doskonalenia Badań Naukowych (CDBN) Politechniki Krakowskiej zostało utworzone 28 października 2020 roku. CDBN jest pozawydziałową jednostką organizacyjną Politechniki Krakowskiej wspomagającą prace naukowe o charakterze interdyscyplinarnym oraz współpracę z otoczeniem społeczno-gospodarczym w ramach projektów interdyscyplinarnych. Na dyrektora CDBN powołany został dr hab. inż. Paweł Ocioń, prof. PK (Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki). Centrum posiada Radę Naukową, w skład której wchodzi przedstawiciele każdego z wydziałów Politechniki Krakowskiej.

W CDBN działają trzy zespoły interdyscyplinarne:

- Technologie i Materiały Proekologiczne, którym kierują prof. dr hab. inż. Jan Taler czł. kor. PAN (Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki) i dr hab. inż. Tomasz Węgiel prof. PK (Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej);
- Optymalizacja Systemów Inżynierskich, którym kierują prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina (Wydział Inżynierii Lądowej) wraz z prof. dr hab. inż. arch. Dominiką Kuśnierz-Krupą (Wydział Architektury) i dr inż. Agnieszką Jakóbką (Wydział Informatyki i Telekomunikacji);
- Nowoczesne Materiały, którym kierują prof. dr hab. inż. Błażej Skoczko, czł. kor. PAN (Wydział Mechaniczny) wraz z prof. dr hab. inż. Agnieszką Sobczak-Kupiec (Wydział Inżynierii Materiałowej) i dr hab. inż. Katarzyną Matras-Postołek, prof. PK (Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej).

W pracach zespołów interdyscyplinarnych uczestniczą przedstawiciele otoczenia społeczno-gospodarczego (przemysłu i jednostek miejskich).

Drugi z zespołów interdyscyplinarnych Optymalizacja Systemów Inżynierskich skoncentrowany jest na współpracy interdyscyplinarnej w zakresie zrównoważonego budownictwa, transportu, architektury, inżynierii środowiska i energetyki. Działa w nim 14 interdyscyplinarnych grup badawczych: inżynieria procesów w budownictwie zrównoważonym; wpływy środowiskowe na budowlę i ludzi oraz problemy decyzyjne rewitalizacji zabytków; optymalizacja komfortu użytkowania i mikroklimatu w budynkach; optymalizacja systemów transportowych; budownictwo hydrotechniczne i geomorfologia fluwialna; dynamiczne przewietrzanie i redukcja smogu obszarów zurbanizowanych; grupa hp adaptacyjnej MES i metodologii DPG; optymalizacja systemów prefabrykacji betonowej w budownictwie mieszkaniowym zrównoważonym; inteligentne systemy sterowania procesami w budynkach energooszczędnych i jakość środowiska wewnętrznego; energia w obiektach zabytkowych, współczesne proekologiczne obiekty inżynierii miasta; związek między stężeniem smogu na zewnątrz a zanieczyszczeniem smogiem wnętrza budynku; projektowanie, realizacja i modernizacja budynków użyteczności publicznej; rewitalizacja i ochrona zasobu dziedzictwa kulturowego Wiślicy.

Centrum organizuje szkolenia m.in. w zakresie przygotowania wniosków grantowych oraz publikacji interdyscyplinarnych. Jednym z zadań centrum jest również stymulowanie współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym.

Paweł Ocioń, Elżbieta Radziszewska-Zielina
Centrum Doskonalenia Badań Naukowych
Politechniki Krakowskiej

Zarządzanie projektami budowlanymi – na Politechnice Gdańskiej

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom inżynierów i menedżerów z branży budowlanej, w zakresie formy kształcenia ściśle ukierunkowanej na specjalistyczną wiedzę praktyczną przekazywaną przez doświadczonych ekspertów, z przyjemnością informujemy, iż obecnie Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej prowadzi nabór na trzecią edycję studiów podyplomowych „Zarządzanie projektami budowlanymi”. Jej rozpoczęcie planowane jest na październik 2021 r.

W czerwcu br. z powodzeniem zakończona została pierwsza edycja studiów. Od lutego 2021 r. realizowane są zajęcia w ramach drugiej edycji.

Ścisła współpraca środowiska naukowego WILiŚ i biznesowego m.in. w zakresie kształtowania programu studiów podyplomowych „Zarządzanie projektami budowlanymi”, doskonalonego również w oparciu o doświadczenia zdobyte

w trakcie zajęć pierwszej i drugiej edycji, pozwoliła na dostosowanie go do aktualnych potrzeb i oczekiwań Osób związanych z branżą budowlaną. To wspólne przedsięwzięcie w spójny sposób łączy naukę i praktykę, zapewniając Słuchaczom rozwój umiejętności i pasji w zakresie realizacji celów zawodowych. Ważnym elementem studiów jest przekazanie wiedzy o charakterze know-how, popartej ciekawymi case studies i doświadczeniami ekspertów. Oprócz zajęć realizowanych na Politechnice i w terenie, Słuchacze mają stały dostęp za pośrednictwem uczelnianej platformy eNauczanie, do aktualnych materiałów dydaktycznych przygotowanych przez Wykładowców.

Więcej informacji:
<https://wilis.pg.edu.pl/studenci/studia-podyplomowe>
<https://www.facebook.com/WydzialLiS>

Przegląd przepisów odnoszących się do rusztowań

Mgr Dagmara Tyc, PIGR



Funkcjonowanie rusztowań reguluje w Polsce szereg przepisów, odnoszących się do wszystkich etapów procesu pracy z rusztowaniami i do różnych aspektów związanych z tą pracą. Większość istniejących zapisów precyzyjnie określa kwestie, do których się odnoszą, inne, niestety, rodzą pole do interpretacji i wywołują wątpliwości. Abstrahując jednak od stopnia precyzji i jasności istniejących zapisów, zauważyć należy, że są one rozdrobnione i rozrzucone w różnych aktach prawnych, co stwarza szereg trudności, związanych z jednej strony, z koniecznością odnalezienia wszystkich niezbędnych zapisów, a z drugiej z koniecznością porównania i interpretacji zapisów z różnych aktów, odnoszących się jednak do tego samego zagadnienia. Dodatkowo sprawę komplikuje fakt, że montaż i eksploatacja rusztowań związana jest również z aspektami pobocznymi, np. z eksploatacją urządzeń transportu bliskiego czy też używaniem środków ochrony indywidualnej. Celem niniejszego artykułu jest przegląd najważniejszych przepisów regulujących funkcjonowanie rusztowań z uwzględnieniem podziału na aspekty, do których się odnoszą.

Od ogółu...

Analizując przepisy związane z pracą na rusztowaniach, powinniśmy zacząć od kwestii ogólnych, dotyczących pracy na wysokości. Najważniejszym w tym zakresie aktem, definiującym zarówno samą pracę na wysokości, jak i zasady bezpieczeństwa podczas jej wykonywania jest rozporządzenie w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [1] – odpowiednie zapisy zawarte są w rozdziale 6 określającym prace szczególnie niebezpieczne, w punktach: A Przepisy ogólne i E Prace na wysokości. Oprócz samej definicji pracy na wysokości znajdziemy tam ogólne wymagania, które należy spełnić, organizując prace m.in. na rusztowaniach, np. konieczność zapewnienia nadzoru nad przebiegiem prac, zapisy związane z koniecznością zapewnienia odpowiedniej wytrzymałości konstrukcji i informacji o wielkości dopuszczalnego obciążenia, powierzchni pomostów czy też odbioru technicznego rusztowania.

To rozporządzenie, poza oczywiście szeregiem innych ważnych dla pracodawców i pracowników przepisów o szerszym, niż dotyczący jedynie pracy na wysokości zastosowaniu, jest również istotne z uwagi na zapisy dotyczące środków

ochrony indywidualnej, które precyzuje załącznik numer 2, a w szczególności tabela 2, określająca rodzaje prac, przy których wymagane jest stosowanie środków ochrony indywidualnej, do jakich zaliczają się oczywiście również prace związane z montażem i demontażem rusztowań. Szczegółowy zakres zagadnień związanych z rusztowaniami, do których odnosi się to, jak również inne omawiane w tym artykule rozporządzenia regulujące funkcjonowanie rusztowań, podany jest w tabeli 1.

Innym rozporządzeniem, poruszającym ważne dla omawianej tematyki kwestie jest rozporządzenie zmieniające rozporządzenie w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy [2], które wprowadza m.in. wymagania dotyczące rusztowań wynikające z przepisów Unii Europejskiej. Tu również znajdziemy zapisy dotyczące m.in. nadzoru nad wykonywaniem prac, czy też wymogów, jakie spełniać powinny pomosty. Oprócz nich pojawiają się jednak również ważne zapisy o dokumentacji rusztowania czy też konieczności posiadania uprawnień do montażu, demontażu i przebudowy rusztowania. Co ciekawe, w obu wymienionych wyżej aktach znajduje się bardzo ważny zapis o pierwszeństwie stosowania środków ochrony zbiorowej nad środkami ochrony indywidualnej.

... do szczegółu

Najwięcej zapisów istotnych z punktu widzenia zarówno montażu i demontażu, jak i eksploatacji rusztowań, zawiera rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych [3]. Akt ten uznawany jest za najistotniejszy i najbardziej szczegółowy przepis dotyczący rusztowań, oprócz bowiem regulacji ogólnych kwestii, które poruszone są również w wyżej omówionych źródłach, szczegółowo precyzuje szereg spraw organizacyjnych i technicznych. W rozdziale 8 Rusztowania i ruchome pomosty robocze określone zostały konkretnie takie kwestie, jak m.in. zawartość protokołu odbioru technicznego rusztowania, odległości najbardziej oddalonego stanowiska pracy od pionu komunikacyjnego, udźwig urządzeń do transportu pionowego, czy też wymagania dotyczące rusztowań przejezdnych. Ważne z punktu widzenia funkcjonowania rusztowań zapisy

znajdują się również w innych częściach tego rozporządzenia, np. rozdziale 1., zawierającym definicje, rozdziale 3., odnoszącym się m.in. do balustrad i wygrodzenia strefy niebezpiecznej, czy też 9., w którym sprecyzowano zagadnienia związane ze stosowaniem środków ochrony indywidualnej przed upadkiem z wysokości.

Uprawnienia dla monterów rusztowań

Omówione wyżej przepisy ([2] i [3]) nakładają konieczność posiadania uprawnień do montażu i demontażu rusztowań, nie precyzując jednak szczegółów formalnych związanych z ich uzyskaniem. Kwestię tę reguluje natomiast kolejny, istotny dla branży rusztowaniowej akt prawny, a mianowicie rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych do robót ziemnych, budowlanych i drogowych [4]. Rozporządzenie to uszczegóławia kwestię szkolenia, które należy odbyć przed uzyskaniem uprawnień, egzaminu, do którego należy przystąpić i uzyskać pozytywny wynik, wzoru dokumentów potwierdzających posiadanie uprawnień oraz jednostki, która je wydaje, a którą jest Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego. Montaż i demontaż rusztowań budowlano-montażowych metalowych ujęte są w Załączniku 1 w Grupie III Maszyny różne i inne urządzenia techniczne.

Na marginesie warto jeszcze dodać, że kwestię uznawania kwalifikacji zawodowych w zawodzie montera rusztowań, nabytych w innych niż Rzeczpospolita Polska państwach członkowskich Unii Europejskiej regulują odrębne akty prawne, wymienione w tabeli 4.

Rusztowania w innych branżach

Dotychczas była mowa o ogólnych przepisach dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy lub przepisach związanych głównie z robotami budowlanymi. Rusztowania natomiast, jako konstrukcje tymczasowe, wykorzystywane są również w wielu innych branżach przemysłu, takich jak na przykład energetyka czy też górnictwo. Jednak jedynie branża stoczniowa posiada odrębne przepisy dotyczące funkcjonowania rusztowań, które ujęte są w rozporządzeniu w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy budowie i przebudowie oraz remoncie jednostek pływających [5]. Rozdział 5 Prace na wysokości zawiera zapisy dotyczące m.in. dokumentacji rusztowań, odbioru technicznego (warto podkreślić, że ten zapis znacząco różni się od zapisu dotyczącego robót budowlanych), warunków atmosferycznych, w jakich niedopuszczalny jest montaż i demontaż rusztowań, ale też kwestie stricte związane z branżą, jak np. odniesienie do rusztowań pływających.

Rusztowania są również wspomniane w szeregu rozporządzeń obejmujących różne inne zakresy branżowe, jak

np. dotyczące budowy i eksploatacji sieci gazowych, bhp w komunikacji miejskiej oraz autobusowej komunikacji międzymiastowej, czy też warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać przenośniki kabinowe i krzeselkowe, jednak z uwagi na lakoniczność tych zapisów oraz fakt, że w zasadzie nie regulują żadnych konkretnych kwestii, akty te zostały pominięte w niniejszym omówieniu.

Urządzenia transportu bliskiego, czyli jeszcze więcej przepisów

Odrębną grupą zagadnień związanych pośrednio z funkcjonowaniem rusztowań są kwestie stosowania urządzeń transportu bliskiego. Są one jednak istotne dla branży, ponieważ podczas montażu i demontażu oraz eksploatacji rusztowań wykorzystywane są często wciągarki i wciągarki oraz windy. W zależności od rodzaju eksploatowanego urządzenia niezbędne może być spełnienie szeregu wymogów, związanych np. z koniecznością posiadania formalnych uprawnień, np. do konserwacji sprzętu, dlatego istotnym jest, aby orientować się w odpowiednich zapisach prawnych, które te wymogi regulują. Niestety i w tym przypadku zapisy rozmieszczone są w różnych aktach prawnych, a zapoznanie się z wszystkimi przepisami wymaga czasu i zaangażowania. Warto przy tym zauważyć, że w ostatnich latach weszły w życie istotne zmiany i aktualizacje przepisów regulujących funkcjonowanie tych urządzeń. Zestawienie najważniejszych aktów dotyczących funkcjonowania urządzeń transportu bliskiego przedstawiamy w tabeli 2.

Inne przepisy pokrewne

Inne, nie mniej ważne przy pracach rusztowaniowych, lecz nie zawsze bezpośrednio odnoszące się do rusztowań przepisy znajdują się w aktach prawnych związanych przede wszystkim z prawem budowlanym. Ustawa Prawo budowlane [6] definiuje zawalenie się rusztowania jako katastrofę budowlaną. Określone przypadki prac na rusztowaniach (np. roboty, przy których wykonywaniu występuje ryzyko upadku z wysokości ponad 5,0 m oraz montaż, demontaż i konserwacja rusztowań przy budynkach wysokich i wysokościowych) wymagają przygotowania planu bioz (bezpieczeństwa i ochrony zdrowia) i uwzględnienia w nim prac, które stwarzają szczególnie wysokie ryzyko powstania zagrożenia bezpieczeństwa życia i zdrowia – tę kwestię z kolei reguluje rozporządzenie w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia [7]. A jeśli już mowa o budownictwie, to warto wiedzieć również, że osoby posiadające uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno-budowlanej mogą uzyskać specjalizację techniczno-budowlaną: rusztowania i deskowania wielofunkcyjne,

Tabela 1. Najważniejsze akty prawne odnoszące się do funkcjonowania rusztowań

	Nazwa aktu prawnego	Dziennik ustaw	Opis treści odnoszącej się do rusztowań
[1]	Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy	Tekst jednolity Dz.U. 2003 nr 169, poz. 1650 Zmiany: Dz.U. 2007 nr 49, poz. 330 Dz.U. 2008 nr 108, poz. 690 Dz. U. 2011 nr 173, poz. 1034	Rozdział 6 Prace szczególnie niebezpieczne Punkt A – Przepisy ogólne Punkt E – Prace na wysokości, w tym wytyczne dotyczące prac na rusztowaniach Załącznik nr 2 – szczegółowe zasady stosowania środków ochrony indywidualnej, w tym przez monterów rusztowań (tabela 2) Zagadnienia: nadzór, prace na wysokości, środki ochrony indywidualnej
[2]	Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 30 września 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy	Dz.U. 2003 nr 178, poz. 1745	Wprowadza wymagania dotyczące rusztowań wynikające z przepisów Unii Europejskiej Zagadnienia: dokumentacja rusztowań, stabilność konstrukcji, oznakowanie rusztowania, nadzór
[3]	Rozporządzenie Ministra infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych	Dz.U. 2003 nr 47, poz. 401	Rozdział 1 Definicje Rozdział 3 Zagospodarowanie terenu budowy Rozdział 8 Rusztowania i ruchome podesty robocze Rozdział 9 Roboty na wysokości Zagadnienia: dokumentacja rusztowań, wymagania podczas montażu i demontażu, odbiór i oznakowanie rusztowania, geometria rusztowania i wymagania konstrukcyjne, warunki użytkowania, rusztowania przejezdne
[4]	Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 20 września 2001 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych do robót ziemnych, budowlanych i drogowych	Tekst jednolity Dz.U. 2018, poz. 583 Zmiana: Dz.U. 2020, poz. 1461	Załącznik nr 1 Grupa III Maszyny różne i inne urządzenia techniczne Zagadnienia: uprawnienia dla monterów rusztowań
[5]	Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 maja 2001 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy budowie i przebudowie oraz remoncie jednostek pływających	Dz.U. 2001 nr 73, poz. 770 Zmiana: Dz.U. 2007 nr 150, poz. 1065	Rozdział 5 Praca na wysokości Zagadnienia: wymagania dotyczące rusztowań znajdujących się przy i na jednostkach pływających

co reguluje rozporządzenie w sprawie przygotowania zawodowego do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie [8]. Zestawienie tych przepisów przedstawiamy w tabeli 3.

Gdzie szukać aktów prawnych

Akty prawne publikowane są w Dzienniku Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej (Dz.U.) wydawanym przez Prezesa Rady Ministrów przy pomocy Rządowego Centrum Legislacji. Od 1 stycznia 2012 r. Dziennik Ustaw wydawany jest w formie elektronicznej, z zachowaniem kolejności pozycji w danym roku kalendarzowym i dostępny na stronie <https://dziennikustaw.gov.pl>. Wygodnym źródłem poszukiwania aktów prawnych jest Internetowy System Aktów Prawnych (ISAP), będący częścią Systemu Informacyjnego Sejmu i redagowany przez zespół specjalistów w Ośrodku Informatyki Kancelarii Sejmu. ISAP dostępny jest pod adresem: <http://isap.sejm.gov.pl/>. Zawiera opisy bibliograficzne i teksty aktów prawnych opublikowanych w wydawnictwach urzędowych: Dzienniku Ustaw i Monitorze Polskim. Wyszukiwanie

możliwe jest według następujących kryteriów: status aktu (akty obowiązujące lub wszystkie), adres publikacyjny, daty wydania i wejścia w życie, tytuł, nazwa własna i hasła.

To jeszcze nie wszystko

Jak widać więc, chcąc się dobrze orientować w obowiązujących przepisach związanych z funkcjonowaniem rusztowań lub kwestiami pokrewnymi, należy przeanalizować wiele aktów prawnych. Oprócz ich mnogości utrudnieniem jest też fakt, że pewne konkretne kwestie, np. związane z dokumentacją lub uprawnieniami, poruszone są zwykle w więcej niż jednym rozporządzeniu, przy czym czasami zapisy się powtarzają, a czasami uzupełniają wzajemnie, dlatego ważne jest, aby mieć świadomość zawartości poszczególnych rozporządzeń i korzystać z ich zapisów komplementarnie. Na zakończenie warto jeszcze dodać, że oprócz omówionych przepisów, regulujących kwestie organizacyjne oraz techniczne, w praktyce funkcjonują również liczne normy techniczne, które wprawdzie nie mają statusu obowiązujących aktów prawnych, ale szczegółowo uzupełniają, zwłaszcza

Tabela 2. Zestawienie najważniejszych przepisów dotyczących urządzeń transportu bliskiego

	Nazwa aktu prawnego	Dziennik ustaw	Opis treści
	Ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o dozorze technicznym	Tekst jedn. Dz.U. 2021, poz. 272	Określa zasady, zakres i formy wykonywania dozoru technicznego oraz jednostki właściwe do jego wykonywania.
	Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 grudnia 2012 r. w sprawie rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu	Dz.U. 2012, poz. 1468	Określa rodzaje urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu, do których należą m.in. maszyny służące do przemieszczania osób lub ładunków w ograniczonym zasięgu – np. wciągarki i wciągniki.
	Rozporządzenie Ministra Przedsiębiorczości i Technologii z dnia 30 października 2018 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji, napraw i modernizacji urządzeń transportu bliskiego	Dz. U. 2018, poz. 2176	Określa warunki techniczne w zakresie eksploatacji, napraw i modernizacji urządzeń transportu bliskiego, w tym m.in. wciągników i wciągarek. Określa także wymagania dotyczące dokumentacji, ogólnych warunków eksploatacji, modernizacji i napraw urządzeń transportu bliskiego oraz rodzaje i zakres badań technicznych. Załącznik nr 1 określa formy dozoru technicznego oraz terminy badań okresowych i doraźnych kontrolnych.
	Rozporządzenie Ministra Przedsiębiorczości i Technologii z dnia 21 maja 2019 r. w sprawie sposobu i trybu sprawdzania kwalifikacji wymaganych przy obsłudze i konserwacji urządzeń technicznych oraz sposobu i trybu przedłużania okresu ważności zaświadczeń kwalifikacyjnych	Dz.U. 2019, poz. 1008	Oprócz sposobu i trybu sprawdzania kwalifikacji wymaganych przy obsłudze i konserwacji urządzeń technicznych oraz sposobu i trybu przedłużania okresu ważności zaświadczeń kwalifikacyjnych określa rodzaje urządzeń technicznych, przy obsłudze i konserwacji których wymagane jest posiadanie kwalifikacji potwierdzonych zaświadczeniem kwalifikacyjnym oraz okresy ważności zaświadczeń kwalifikacyjnych. Rodzaje urządzeń wymienione są w zał. 3, w tabelach: 1 (obsługa) oraz 2 (konserwacja).

Tabela 3. Przepisy związane z prawem budowlanym

	Nazwa aktu prawnego	Dziennik ustaw	Opis treści
[6]	Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r.	Tekst jednolity Dz.U. 2020, poz. 1333 z późn. zm.	Katastrofa budowlana to m.in. niezamierzone, gwałtowne zniszczenie konstrukcyjnych elementów rusztowań (art. 73. 1.).
[7]	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 23 czerwca 2003 r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia	Dz.U. 2003 nr 120, poz. 1126	Obowiązek sporządzania planu bioz dotyczy m.in. robót, przy których wykonywaniu występuje ryzyko upadku z wysokości powyżej 5,0 m oraz dla montażu, demontażu i konserwacji rusztowań przy budynkach wysokich i wysokościowych (§6).
[8]	Rozporządzenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 29 kwietnia 2019 r. w sprawie przygotowania zawodowego do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie	Dz.U. 2019, poz. 831	Osoby posiadające uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno-budowlanej mogą zdobyć specjalizację techniczno-budowlaną: rusztowania i deskowania wielofunkcyjne (Załącznik nr 4).

Tabela 4. Przepisy regulujące kwestię uznawania kwalifikacji zdobytych w innych krajach europejskich

Nazwa aktu prawnego	Dziennik ustaw
Ustawa z dnia 22 grudnia 2015 r. o zasadach uznawania kwalifikacji zawodowych nabytych w państwach członkowskich Unii Europejskiej	Tekst jednolity Dz.U. 2020, poz. 220 Zmiana: Dz.U. 2021, poz. 78
Rozporządzenie Ministra Przedsiębiorczości i Technologii z dnia 27 sierpnia 2019 r. w sprawie upoważnienia Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego do uznawania kwalifikacji zawodowych	Dz.U. 2019, poz. 1720
Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 16 listopada 2016 r. w sprawie dokumentów w postępowaniu w sprawie uznania kwalifikacji zawodowych do wykonywania zawodu regulowanego albo podejmowania lub wykonywania działalności regulowanej w Rzeczypospolitej Polskiej	Dz.U. 2016, poz. 2006

wymagania techniczne stawiane rusztowaniom. A ponieważ nie wszystkie kwestie uregulowane są w rozporządzeniach i ustawach, osoby funkcjonujące zawodowo w branży rusztowań, powinny poruszać się płynnie również w zapisach normowych. Osoby głębiej zainteresowane kwestią

podstaw prawnych mogą zapoznać się również z właściwymi dyrektywami Unii Europejskiej, czy też konwencjami i zaleceniami Międzynarodowej Organizacji Pracy, jest to jednak już odrębny temat, wykraczający poza ramy niniejszego przeglądu.

Dokumentacja rusztowań

Mgr Dagmara Tyc, PIGR, mgr inż. Dariusz Gnot, telka SA

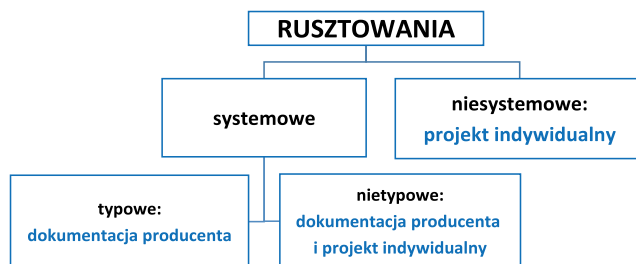
Dokumentacja rusztowań jest pierwszym i podstawowym elementem, od którego należy zaczynać zarówno montaż i demontaż, jak i użytkowanie rusztowań. Niestety, praktyka pokazuje, że wiedza o tym, że bez dokumentacji rusztowanie nie może zostać zmontowane oraz jakich informacji powinien poszukiwać w niej monter lub użytkownik rusztowania, wciąż jest w Polsce niewystarczająca, a dostęp do dokumentacji często jest w praktyce ograniczony. W niniejszym artykule zbierzemy najważniejsze informacje związane z tym tematem i omówimy zawartość dokumentacji zarówno z punktu widzenia montera, jak i użytkownika rusztowań.

Jaka dokumentacja

Zgodnie z przepisami [1] montaż rusztowań, ich eksploatacja i demontaż powinny być wykonywane zgodnie z instrukcją producenta albo projektem indywidualnym. Przepis ten definiuje więc dwa rodzaje dokumentów, ale nie precyzuje ich konkretnego zastosowania. Żeby odpowiedzieć na pytanie, kiedy możemy posłużyć się instrukcją producenta (nazywaną często w praktyce dokumentacją techniczno-ruchową albo instrukcją montażu), a kiedy niezbędne będzie przygotowanie projektu indywidualnego, musimy przede wszystkim wyjść od podziału na rodzaje rusztowań i sposób wykonania konstrukcji. Najogólniej mówiąc, rusztowania możemy podzielić na systemowe, czyli takie, których wymiary siatki konstrukcyjnej są narzucone przez wymiary prefabrykowanych elementów rusztowania oraz niesystemowe – gdzie elementy nie definiują nam jednoznacznie geometrii rusztowania. Do pierwszej grupy zaliczymy m.in. rusztowania ramowe lub modułowe, natomiast do drugiej należą np. rusztowania rurowo-złączkowe. W przypadku rusztowań niesystemowych w każdej sytuacji niezbędne jest sporządzenie dokumentacji projektowej. Jeśli chodzi o rusztowania systemowe, to sytuacja zależy od konstrukcji. Jeśli montujemy konstrukcję, której rozwiązanie określone jest przez producenta w dostarczonej przez niego dokumentacji, czyli tak zwaną konstrukcję typową, dokumentacja ta będzie wystarczająca.



W przypadku innych konstrukcji, tzw. nietypowych, które odbiegają od schematu podanego przez producenta, wymagane jest sporządzenie projektu.



Montaż rusztowań a dokumentacja

Każdy montaż rusztowań powinien być poprzedzony zapoznaniem się z dokumentacją dotyczącą konkretnego rodzaju rusztowania danego producenta. Przede wszystkim określa ona kolejność montażu poszczególnych elementów (zazwyczaj w formie graficznej), jednak nie ogranicza się tylko do tych informacji. Dla osób odpowiedzialnych za montaż bardzo ważna jest na przykład informacja o kotwieniu i stężeniu konstrukcji, którą podaje się w postaci tzw. siatek stężeń i zakotwień. Zgodnie z przepisami [1] liczbę i rozmieszczenie zakotwień rusztowania oraz wielkość siły kotwiącej należy określić w projekcie rusztowania lub dokumentacji producenta. Niedopuszczalne jest więc kotwienie rusztowania „na wycucie”. Również w przypadku rusztowań wolno stojących, takich jak np. rusztowania wieżowe, sposób zapewnienia stabilności rusztowania (balast, odciąż, podpory) powinien wynikać z dokumentacji. Oprócz kolejności montażu oraz zagadnień związanych z kotwieniem i stężeniem konstrukcji, w dokumentacji należy szukać również takich informacji, jak określenie dla rusztowań typowych maksymalnego dopuszczalnego wykręcenia podstawek śrubowych, obciążeń działających na elewację (konstrukcję budowli), do której rusztowanie jest zakotwione, czy też obciążeń przenoszonych przez podstawki na podłoże. W przypadku sytuacji niestandardowych, wynikających ze specyfiki obiektu lub prac, w projekcie mogą znaleźć się też dodatkowe informacje, związane np. z koniecznością

geodezyjnego wyznaczania punktów oparcia lub kotwienia, koordynacji określonych czynności podczas montażu, czy też etapów osłonięcia kolejnych części konstrukcji siatką, w sytuacji, gdy ze względów konstrukcyjnych osłonięcie całej konstrukcji równocześnie jest niemożliwe.

Użytkowanie rusztowania

Również eksploatacja gotowej już konstrukcji wiąże się z koniecznością zapoznania się z dokumentacją. Przede wszystkim przepisy [1] określają, że w instrukcji producenta lub projekcie indywidualnym powinien zostać zawarty zakres przeglądów rusztowania, których dokonywanie jest obowiązkowe (szczegółowe określenie jakie elementy rusztowań powinny podlegać kontroli).

Ponadto producenci zamieszczają w swoich instrukcjach również wytyczne bezpieczeństwa i higieny pracy oraz inne wymagania związane z eksploatacją rusztowań, na przykład informacje dotyczące obciążania konstrukcji, komunikacji na rusztowaniu, utrzymania porządku na nim i terenie do niego przyległym, czy też warunków atmosferycznych, przy których prace na rusztowaniach są niedozwolone.



Demontaż rusztowań i ich konserwacja

Przed przystąpieniem do demontażu rusztowań również należy zapoznać się z instrukcją lub projektem i sprawdzić, czy poza odpowiednią kolejnością demontażu elementów producent lub projektant nie zawarł w niej dodatkowych wskazówek, które mogą być ważne dla przebiegu prac rozbiórkowych.

Dokumentacja staje się ponadto istotna szczególnie po demontażu, podczas przeglądu elementów rusztowania. Zgodnie z normą [2] instrukcja powinna zawierać wskazanie, że wyraźnie uszkodzone części składowe nie mogą być stosowane oraz informacje dotyczące sposobu przechowywania, konserwacji oraz napraw, które producent uważa za wskazane. Informacje te zawarte są w kryteriach oceny elementów zużytych lub uszkodzonych, które szczegółowo określają jakie elementy i ich części powinny zostać sprawdzone oraz tok postępowania przy określonym zauważonym rodzaju uszkodzenia. Bez wiedzy wynikającej z opisu jakościowego i ilościowego dopuszczalnych wielkości uszkodzenia nie można podjąć właściwej decyzji w zakresie ewentualnej dalszej eksploatacji elementu.

Producenci zamieszczają ponadto dodatkowe przydatne wskazówki związane na przykład z transportem lub przechowywaniem rusztowań.

Dla projektantów

Przy okazji warto jeszcze wspomnieć, że dokumentacja producenta jest źródłem informacji nie tylko dla osób odpowiedzialnych za budowę i rozbiórkę oraz eksploatację rusztowań.

Jest ona również niezbędna dla osób wykonujących dokumentację indywidualną dla konstrukcji nietypowych, czyli projektantów rusztowań. Ważne będą dla nich informacje o przekrojach kształtowników zastosowanych w poszczególnych komponentach rusztowaniowych, potrzebnych do wyznaczenia charakterystyk geometrycznych przekrojów, dane materiałowe, czy też wartości nośności wybranych elementów, podanych w formie maksymalnych dopuszczalnych wartości sił lub momentów zginających.

Podsumowanie

Na zakończenie jeszcze raz należy podkreślić, że bez dostępu do dokumentacji rusztowań, niezależnie od tego, czy będzie to dokumentacja producenta, czy też projekt indywidualny, nie może być mowy o montażu, eksploatacji i demontażu rusztowań. Niedopuszczalne są więc sytuacje budowy rusztowań np. z rur i złązek „na wycucie”, kotwienia rusztowań bez sprawdzenia siatki kotwień i wymaganych sił zakotwień, czy też składania wieży rusztowań warszawskich z przypadko-

wych, dostępnych akurat pod ręką ramek, bez uwzględnienia wszystkich wymogów, które powinny wynikać z dokumentacji. Należy dodać, że obowiązkiem producenta jest udostępnienie klientowi takiej dokumentacji i dotyczy to zarówno rusztowań ramowych, modułowych lub przejezdnych, jak i cały czas popularnych na rynku rusztowań warszawskich, co w przypadku tych ostatnich nie zawsze ma miejsce. Każda taka sytuacja, gdy monter lub użytkownik nie ma możliwości dostępu do instrukcji wyrobu jest potencjalnie niebezpieczna i może doprowadzić do katastrofy budowlanej, jaką jest zawalenie się rusztowania.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. 2003 nr 47 poz. 401)
- [2] PN-EN 12810-1: Rusztowania elewacyjne z elementów prefabrykowanych. Część 1: Specyfikacje techniczne wyrobów
- [3] PN-EN 12811-1:2007: Tymczasowe konstrukcje stosowane na placu budowy – Część 1: Rusztowania – Warunki wykonania i ogólne zasady projektowania
- [4] PN-EN 1298:2001: Przejezdne pomosty robocze – Zasady i wytyczne opracowywania instrukcji obsługi.

Numer lipcowo-sierpniowy „Przeglądu Budowlanego” prezentuje artykuły przygotowane przez członków i sympatyków Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Autorom bardzo dziękujemy za przygotowanie artykułów. Dziękujemy szczególnie serdecznie za pozyskanie artykułów i ich ocenę prof. dr hab. inż. Elżbiecie Radziszewskiej-Zielinie – przewodniczącej Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych KILiW PAN oraz prof. dr. hab. inż. Kazimierzowi Furtakowi – przewodniczącemu Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN za wsparcie merytoryczne i życzliwość.

Redakcja

Program pracy Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych KILiW PAN

Prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina, przewodnicząca Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych, Politechnika Krakowska

Sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN powstała w 1952 roku. Nazwa Sekcji w kolejnych latach ewoluowała począwszy od Organizacji i Mechanizacji Robót/Budowy poprzez Organizację i Ekonomikę Budownictwa; Mechanizację, Organizację i Ekonomikę Budownictwa; Organizację i Zarządzanie w Budownictwie aż po aktualną nazwę Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych, ustaloną ostatecznie w 2007 roku (tab. 1). Pierwszym przewodniczącym Sekcji został w 1952 roku prof. Aleksander Dyżewski, a od 1975 roku przyznawana jest Nagroda PZITB imienia prof. Aleksandra Dyżewskiego za wybitne osiągnięcia naukowe i praktyczne z zakresu inżynierii przedsięwzięć inwestycyjnych i procesów budowlanych.

Ramowy program pracy Sekcji również ewoluował w kolejnych kadencjach, by przybrać postać zaprezentowaną poniżej. Program został uaktualniony i uzupełniony na podstawie programów z poprzednich kadencji [2]. Działalność Sekcji jest zgodna z celami i zadaniami Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, również założenia programowe Sekcji są zgodne z założeniami KILiW PAN [3].

Zakres tematyczny pracy Sekcji

Sekcja pracuje w obrębie dyscypliny naukowej Inżynieria lądowa i transport w zakresie:

- technologii budowania,

Tabela 1. Opracowanie własne na podstawie [1]

Lata kadencji	Nazwa Sekcji	Nazwisko przewodniczącego Sekcji
1952–1971	Sekcja Organizacji i Mechanizacji Robót Sekcja Organizacji i Mechanizacji Budowy (1957 r.) Sekcja Organizacji i Ekonomiki Budownictwa (1969 r.)	prof. dr hab. inż. Aleksander Dyżewski (zmarł pod koniec kadencji w 1970 r.) Politechnika Warszawska
1972–1974	Sekcja Mechanizacji, Organizacji i Ekonomiki Budownictwa	doc. dr inż. Andrzej Miączyński, Politechnika Warszawska
1975–1977	Sekcja Mechanizacji, Organizacji i Ekonomiki Budownictwa	prof. dr hab. inż. Andrzej Stefański, Politechnika Poznańska
1978–1986	Sekcja Mechanizacji, Organizacji i Ekonomiki Budownictwa	prof. dr hab. inż. Ryszard Ciołek, Politechnika Białostocka
1987–1989	Sekcja Mechanizacji, Organizacji i Ekonomiki Budownictwa	prof. dr hab. inż. Leon Rowiński, Politechnika Śląska
1990–1992	Sekcja Mechanizacji, Organizacji i Ekonomiki Budownictwa	prof. dr hab. inż. Kazimierz Cieszyński, Politechnika Warszawska
1993–1998	Sekcja Mechanizacji, Organizacji i Ekonomiki Budownictwa Sekcja Organizacji i Zarządzania w Budownictwie (1996 r.)	prof. dr hab. inż. Kazimierz Jaworski, Politechnika Warszawska
1999–2011	Sekcja Organizacji i Zarządzania w Budownictwie Sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych (2007 r.)	prof. dr hab. inż. Oleg Kapliński, Politechnika Poznańska
2012–2015	Sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych	prof. dr hab. inż. Tadeusz Kasprowicz, Wojskowa Akademia Techniczna
2016–2019	Sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych	prof. dr hab. inż. Anna Sobotka, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
2020–2023	Sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych	prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina Politechnika Krakowska

- zarządzania w budownictwie,
- ekonomiki budownictwa.

Cele i formy pracy Sekcji

- Zapewnienie merytorycznego wsparcia Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN w realizacji prac podejmowanych w projektach interdyscyplinarnych.
- Identyfikacja głównych problemów w praktyce budowlanej w zakresie przedsięwzięć budowlanych oraz określenie roli środowiska naukowego w ich rozwiązywaniu (aspekty naukowe i praktyczne).
- Tworzenie warunków współpracy naukowców i praktyków w ramach specjalności IPB, informacja i wymiana doświadczeń w zakresie metodyki i wyników badań oraz wdrożeń praktycznych.
- Rozszerzanie problematyki i metod badawczych, dostosowywanych do sytuacji rynkowej oraz współpracy międzynarodowej.
- Propagowanie nowych technik i metod badawczych w inżynierii przedsięwzięć budowlanych.
- Zwiększenie aktywności w publikowaniu w czasopismach wysokopunktowanych, w tym Archives of Civil Engineering (KILiW PAN), ale również w polskich czasopismach branżowych – „Przegląd budowlany” (numer tematyczny wydania w zakresie problematyki IPB).
- Wydanie kolejnej monografii IPB KILiW PAN (wyróżniające się doktoraty, habilitacje, profesury).
- Ocena uwarunkowań oraz możliwości i form wsparcia rozwoju kadry. Informacja o podejmowanych pracach naukowo-badawczych, w szczególności w zakresie prac promocyjnych (doktoraty, habilitacje); prezentacja prac.
- Udział członków Sekcji w organizacji wiodących konferencji oraz motywowanie członków do aktywnego uczestnictwa (cykliczna konferencja IPB, konferencja krynicka). Patronat nad innymi konferencjami naukowymi i naukowo-technicznymi.
- Współudział w kształtowaniu programów nauczania z zakresu inżynierii przedsięwzięć budowlanych i opracowywaniu nowatorskich materiałów dydaktycznych.
- Zebrania Sekcji 3–4 razy w roku, na których będą wygłaszane 1–2 referaty na temat aktualnych problemów naukowo-badawczych i technicznych (z praktyki budowlanej) z zakresu inżynierii przedsięwzięć budowlanych.
- Rozszerzenie współpracy międzynarodowej, wystąpienia gości z zagranicznych uczelni na zebraniach Sekcji.
- Organizowanie międzyuczelnianych zespołów do przygotowywania i realizacji projektów badawczych i dydaktycznych w zakresie specjalności IPB.
- Udział członków Sekcji w realizacji prac podejmowanych przez Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Współpraca z innymi sekcjami i komitetami.
- Prowadzenie strony internetowej zawierającej informacje o pracy Sekcji oraz inne.



Rys. 1. Zebranie Sekcji IPB 20 stycznia 2017 roku na Politechnice Gdańskiej (fot. organizatorów)



Rys. 2. Wizyty na budowach w ramach zebrania Sekcji IPB; fot. Sekcji IPB [2] <http://sipb.sggw.pl/galeria.html>

Rys. 2. Wizyty na budowach w ramach zebrań Sekcji IPB (cd.)

Planowane jest wydanie kolejnej, czwartej już monografii zawierającej wyniki prac naukowych z zakresu technologii i zarządzania w budownictwie, zredagowanej w ramach prac Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk. Podobnie jak trzy poprzednie monografie, następna będzie obejmowała zagadnienia naukowe oraz wyniki badań realizowanych w ramach prac doktorskich i habilitacyjnych. Zakres badawczy jest szeroki, zgodny z zakresem zainteresowań tej wielotematycznej specjalności budownictwa, jaką jest inżynieria przedsięwzięć budowlanych i obejmuje zagadnienia całego cyklu życia obiektu budowlanego [4]. Podobnie jak w poprzedniej kadencji, zebrania będą odbywały się 3–4 razy w roku (rys. 1). W ramach zebrań przewiduje się prezentację jednego lub dwóch referatów, naukowego oraz praktycznego, wygłaszanego przez zaproszoną osobę z przemysłu. Po zebraniach planowane są wizyty na wiodących budowach w Polsce. Zwyczaj ten został wprowadzony w poprzedniej kadencji i cieszył się dużym zainteresowaniem wśród członków i sympatyków Sekcji (rys. 2). W bieżącej kadencji planowane jest m.in. bliższe poznanie budowy Przekopu Mierzei Wiślanej dzięki uprzejmości członka Sekcji i KILiW – Ryszarda Trykosko, wiceprezesa NDI S.A. oraz realizacji drążenia tuneli w Łodzi dzięki uprzejmości członka grupy problemowej Sekcji – dr. hab. inż. Jacka Szera, prof. PŁ.

Sekcja tradycyjnie już, każdego roku, patronuje konferencjom IPB, organizowanym przez ośrodki, w których pracują

naukowcy i dydaktycy prowadzący zajęcia na specjalności związanej z technologią i organizacją budowy (rys. 3). Więcej informacji na temat historii naszej konferencji znajduje się w niniejszym wydaniu specjalnym, w artykule opracowanym przez prof. Annę Sobotkę.

Internetowa strona sekcji działa od 2012 roku, a została opracowana przez dr. hab. inż. Mieczysława Połońskiego, prof. SGGW. Znajdują się na niej m.in. informacje na temat składu, programu, historii sekcji, sprawozdania z zebrań, monografie sekcji, informacje o laureatach Nagrody PZITB im. prof. A. Dyżewskiego, konferencjach, publikacjach i wydarzeniach.

Logo Sekcji zostało opracowane przez prof. Tadeusza Kasprowicza na przełomie 2012 i 2013 roku.



Tematyka podejmowanych prac

- Technologia robót budowlanych. Nowoczesne materiały i technologie w budownictwie.
- Organizacja robót budowlanych. Harmonogramowanie i analizy sieciowe.
- Mechanizacja i automatyzacja robót budowlanych.
- Zarządzanie procesem inwestycyjno-budowlanym z uwzględnieniem ryzyka i niepewności danych.
- Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia w budownictwie.
- Organizacja i ekonomika procesu inwestycyjnego. Zarządzanie kosztami przedsięwzięcia budowlanego.
- Technologia BIM.
- Konceptcje, metody i modele zarządzania przedsiębiorstwem budowlanym. Analiza czynników otoczenia, rynku budowlanego, dobór strategii działania. Zarządzanie zasobami ludzkimi.
- Konceptcje, metody i modele zarządzania przedsięwzięciem budowlanym. Systemy realizacji przedsięwzięć budowlanych, zarządzanie łańcuchami dostaw, jakością oraz komunikacją.
- Eksploatacja (użytkowanie i utrzymanie) obiektów budowlanych. Modernizacje, remonty, rozbiórki obiektów budowlanych.
- Metody wspomagające podejmowanie decyzji w budownictwie. Metody optymalizacji, analiza wielokryterialna, systemy ekspertowe, analizy sieciowe i inne.
- Wdrażanie i rozwijanie nowoczesnych koncepcji społeczno-gospodarczych w realizacji przedsięwzięć budowlanych (ochrona środowiska, zrównoważony rozwój, cykl życia, gospodarka cyrkulacyjna etc.).

Współpraca naukowców i praktyków w Sekcji

Nauka stanowi siłę napędową rozwoju cywilizacji i ma kluczowe znaczenie dla naszej przyszłości.



Rys. 3. Konferencja Naukowa IPB 2018 r. pod patronatem Sekcji IPB, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie (fot. organizatorów)

Podstawowym celem nauki jest pełnienie funkcji poznawczej z wykorzystaniem metod badań naukowych, ale odgrywa również ważną rolę praktyczną – wyniki badań powinny być wykorzystane w praktyce. W ramach pracy sekcji zakłada się ścisłą współpracę naukowców i praktyków. Obie te grupy są reprezentowane w składzie sekcji.

Członkowie Sekcji

Członkowie Sekcji Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych w kadencji 2020–2023 będący członkami Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN [2, 3]:

- prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina, Politechnika Krakowska – przewodnicząca Sekcji IPB,
- prof. dr hab. inż. Anna Sobotka, AGH w Krakowie – wiceprzewodnicząca Sekcji IPB,
- prof. dr hab. inż. Oleg Kapliński, Politechnika Poznańska,
- mgr inż. Dariusz Blocher, członek rady nadzorczej Budimex S.A.,
- mgr inż. Ryszard Trykosko, wiceprezes NDI S.A.,
- mgr inż. Michał Wrzosek, prezes PERI Polska Sp. z o.o.

Członkowie Sekcji IPB spoza KILIW PAN:

- prof. dr hab. inż. Bożena Hoła, Politechnika Wrocławska,
- prof. dr hab. inż. Tadeusz Kasprowicz, WAT,
- prof. dr hab. inż. Zdzisław Hejducki, Politechnika Wrocławska,
- prof. dr hab. inż. Dariusz Skorupka, WSOWL we Wrocławiu.

Ponadto w Sekcji działa grupa problemowa licząca 20 osób, którą tworzą przedstawiciele środowiska naukowego inżynierii przedsięwzięć budowlanych z różnych ośrodków z całego kraju. W sumie członkowie Sekcji oraz grupy problemowej

Sekcji reprezentują 19 uczelni w kraju. W otwartych zebraniach Sekcji biorą także udział liczni jej sympatycy, w tym z zagranicy oraz zapraszani członkowie honorowi.

Chciałabym bardzo serdecznie podziękować wszystkim Członkom i Sympatykom Sekcji Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych, którzy entuzjastycznie przyjęli moje zaproszenie do przygotowania numeru specjalnego „PB” dotyczącego problematyki naszej Sekcji oraz poświęcili swój czas na przygotowanie artykułów. W szczególności chciałabym podziękować Pani Profesor Annie Sobotce za przygotowanie artykułu zawierającego charakterystykę rozwoju wiedzy w zakresie inżynierii przedsięwzięć budowlanych oraz prezentację naukowców tworzących jej podstawy teoretyczne. Wymagało to dużego zaangażowania, dotarcia do materiałów historycznych oraz przeprowadzenia licznych rozmów. Bardzo serdecznie dziękuję również Redakcji „PB” za możliwość wydania obszernego numeru specjalnego dotyczącego inżynierii przedsięwzięć budowlanych. Dla ułatwienia czytelnikom odbioru niniejszego numeru, artykuły zostały pogrupowane tematycznie w zakresie problemów harmonogramowania, nowoczesnych technologii, BHP, zarządzania zasobami ludzkimi, diagnostyki obiektów, ryzyka, kosztów oraz technologii informatycznych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej 1952–2002, monografia wydana z okazji jubileuszu pięćdziesięciolecia KILIW PAN, Polska Akademia Nauk, Warszawa, 2002
- [2] Strona Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych <http://sipb.sggw.pl/>
- [3] Strona Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN <http://www.kiliw.pan.pl/index.php?lang=pl>
- [4] Sobotka A., Radziszewska-Zielina E., (red.), Inżynieria przedsięwzięć budowlanych. Problemy, modele, metody, KILIW PAN, Warszawa-Kraków, 2018

Prof. dr hab. inż.
Elżbieta Ewa
Radziszewska-Zielina

Przewodnicząca Sekcji
Inżynierii Przedsięwzięć
Budowlanych
Komitetu Inżynierii
Lądowej i Wodnej
Polskiej Akademii Nauk
w kadencji 2020–2023



Prezentacja profilu działalności

Jest absolwentką II Liceum Ogólnokształcącego im. Króla Jana III Sobieskiego w Krakowie oraz dwóch uczelni: Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej (specjalność: konstrukcje budowlane i inżynierskie) i Wydziału Filozoficznego Uniwersytetu Jagiellońskiego (specjalność: socjologia gospodarki i badania rynku). Ukończyła również Studium Doktoranckie Wydziału Inżynierii Lądowej PK w zakresie organizacji i zarządzania w budownictwie.

Odbyła roczny staż zawodowy w Biurze Projektów i Modernizacji Zakładów Przemysłu Cementowego, Wapienniczego i Gipsowego BIPROCEMWAP SA w Krakowie na stanowisku asystenta. Była zatrudniona na stanowisku pracownika naukowo-badawczego w firmie budowlanej EXIMRENO Sp. z o.o. w celu realizacji projektu NCBR. Aktualnie pracuje w Katedrze Zarządzania w Budownictwie na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej.

W pracy naukowej podejmuje zagadnienia związane z technologią, organizacją oraz zarządzaniem przedsięwzięciem i przedsiębiorstwem budowlanym. Szczególnie bliskie są jej takie zagadnienia, jak: budownictwo zrównoważone, komfort użytkowania obiektów zabytkowych, partnerstwo i komunikacja w przedsięwzięciach budowlanych, badania i analizy rynku budowlanego. Prezentuje autorskie propozycje rozwiązań problemów decyzyjnych w budownictwie z zastosowaniem m.in. badań operacyjnych. Jej podejście i spojrzenie na problem naukowy, z racji wykształcenia, jest wieloaspektowe i interdyscyplinarne.

Opublikowała 165 prac, z czego prawie połowę stanowią publikacje indywidualne. Są wśród nich: 2 monografie samodzielne i 2 pod jej redakcją oraz 15 rozdziałów w monografiach. Wydała 2 podręczniki dla studentów. Opracowała 27 referatów na konferencje międzynarodowe. Była członkiem komitetów naukowych 22 konferencji międzynarodowych (organizowała i prowadziła sesje specjalne) i 10 krajowych. W dorobku ma też 6 prac nieopublikowanych, zastrzeżonych (badania dla przemysłu), wykonanych na zlecenie lub w ramach projektów. Jest członkiem rad redakcyjnych lub redaktorem gościnnym 9 czasopism

(4 w bazie Scopus/WoS). Wykonała kilkadziesiąt recenzji artykułów naukowych dla 25 redakcji czasopism, w tym dla 18 z bazy WoS.

Realizowała projekty różnej rangi, w tym krajowe (NCN, NCBR) i międzynarodowe (MNiSW, PR Horyzont 2020). Była m.in. kierownikiem dwuletniego projektu międzynarodowego MNiSW oraz dwóch międzynarodowych projektów dydaktycznych w ramach Programu Erasmus. Recenzuje wnioski o granty NCBR, NAWA, APVV, opracowuje rekomendacje dla stypendystów Polsko-Amerykańskiej Komisji Fulbrighta. Prowadziła wykłady na Wileńskim Uniwersytecie Technicznym im. Giedymina oraz politechnikach w Brnie i w Koszycach.

Wypromowała 327 dyplomantów i 2 doktorów (jeden doktorat wyróżniono), obecnie sprawuje opiekę nad trzema doktorantami. Była recenzentem 7 rozpraw doktorskich, redaktorem naukowym 2 monografii habilitacyjnych, 1 raz recenzentem wydawniczym oraz recenzentem w 2 przewodach habilitacyjnych.

W Politechnice Krakowskiej pełniła lub pełni różne funkcje: kierownika Zakładu Technologii i Organizacji Budownictwa, rzecznika dyscyplinarnego ds. studentów Politechniki Krakowskiej, członka Rady Wydziału i Rady Naukowej WIL PK, członka Wydziałowej Komisji ds. Przewodów Doktorskich w Zakresie Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych, członka Rady Centrum Doskonalenia Badań Naukowych PK (poza-wydziałowej jednostki organizacyjnej PK) oraz kierownika Zespołu Badawczego Optymalizacja Procesów Inżynierskich w ramach CDBN PK.

Jest członkiem Rady Naukowej Wydziału Budownictwa Politechniki w Koszycach na Słowacji oraz Międzynarodowej Grupy Badawczej EURO Working Group „Operation Research in Sustainable Development and Civil Engineering”. Jest również członkiem Komitetu Nauki PZITB.

W kadencji 2020–2023: została wybrana na członka Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz na przewodniczącą Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych KILiW PAN, członka Rady Programowej Czasopism i Wydawnictw PZITB oraz członka Zarządu Komisji Nauki Oddziału Małopolskiego PZITB. Ponadto została powołana przez ministra nauki i szkolnictwa wyższego na członka Polskiej Komisji Akredytacyjnej, a wcześniej pełniła funkcję eksperta PKA.

Za osiągnięcia naukowe otrzymała: Nagrodę Wydziału IV Nauk Technicznych PAN, Nagrodę Indywidualną Rektora PK I stopnia; Nagrodę Rektora PK dla najmłodszego wypromowanego doktora habilitowanego; Nagrodę Rektora PK dla wyróżniających się pracowników w ramach programu „Lider”. Została odznaczona Medalem im. prof. A. Dyżewskiego, Srebrnym Medalem Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki w Koszycach, Brązowym Medalem za Długoletnią Służbę.

Źródło: <https://cdbn.pk.edu.pl/index.php/2021/02/16/rada-naukowa/>

Inżynieria przedsięwzięć budowlanych – nauka, kształcenie, współpraca



Prof. dr hab. inż. Anna Sobotka, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

1. Wprowadzenie

Dzięki uprzejmości redakcji „Przeglądu Budowlanego” jeden z numerów został przeznaczony na publikacje z zakresu tematyki pod ogólną nazwą „inżynieria przedsięwzięć budowlanych” (IPB), autorów związanych z Sekcją IPB KILIW PAN.

Jest to okazja do potwierdzenia dużej aktywności naukowej i publikacyjnej, a także współpracy w działalności także dydaktycznej środowiska akademickiego specjalizującego się w szerokiej tematyce zagadnień dyscypliny inżynierii lądowej i transportu, zwanej dawniej TOB (technologia i organizacja budowy), a obecnie IPB (inżynieria przedsięwzięć budowlanych). Jest to także okazja do przypomnienia historii rozwoju tej wiedzy, specjalności kształcenia na kierunku budownictwo, osób prowadzących działalność naukowo-dydaktyczną w tym zakresie oraz współpracy i integracji środowiska akademickiego. Wszak konferencje cykliczne z zakresu organizacji, ekonomiki, mechanizacji i technologii robót budowlanych odbywają się cyklicznie od ponad 50 lat, są organizowane przez poszczególne ośrodki akademickie w Polsce.

2. Twórcy podstaw teoretycznych

Obszar dyscypliny naukowej „inżynieria lądowa i transport” zwany „inżynierią przedsięwzięć budowlanych”, rozwija się jako część tej dyscypliny, a także jako specjalność dydaktyczna kierunku kształcenia budownictwo w uczelniach wyższych. Coraz więcej studentów wybiera tę specjalność, mając na względzie także i wiedzę potrzebną do pełnienia kierowniczych funkcji w praktyce budowlanej, zatrudniając się w przedsiębiorstwach wykonujących obiekty budowlane. Rośnie potencjał naukowy nauczycieli akademickich specjalizujących się w tym obszarze budownictwa. Prowadzone są badania naukowe i, niestety w mniejszym stopniu, prace wdrożeniowe. Wyniki badań publikowane są w szczególności w czasopiśmie anglojęzycznych krajowych i zagranicznych, przybiera formę monografii, książek i podręczników (też w niewielkim stopniu – co wynika z prowadzonej polityki w szkolnictwie wyższym). W ostatnich latach wiele osób uzyskało doktoraty z zakresu inżynierii przedsięwzięć budowlanych, uzyskało stopnie doktora habilitowanego

(14 osób) i tytuły profesora nauk technicznych (4 osoby). Wyniki prowadzonych badań naukowych wnoszą istotny wkład w rozwój teoretyczny tej specjalizacji budownictwa. Podstawy teoretyczne tej nauki, jako pierwsi w drugiej połowie XX w., po II wojnie światowej, tworzyli profesorowie Aleksander Dyżewski, Jan Wątorski i Leon Rowiński – naukowcy z dużym doświadczeniem praktycznym.

Aleksander Dyżewski (1893–1970) (rys. 1), profesor Politechniki Warszawskiej, zapoczątkował rozwój specjalizacji oraz ukształtował w Polsce naukowe podstawy technologii i organizacji robót budowlanych. Zawarł je w swojej książce pt. *Technologia i organizacja budowy* – nakładem Wydawnictwa Arkady (np. 1971 r.). Profesor był wybitnym praktykiem i naukowcem. Jego imieniem nazwana jest nagroda – medal, przyznawana corocznie osobom za wybitne osiągnięcia naukowe i praktyczne w zakresie TOB/IPB.

Kariera naukowa Profesora rozpoczęła się w 1949 – uzyskał stopień doktora nauk technicznych na Wydziale Inżynierii Politechniki Warszawskiej, a rok później habilitował się. W 1950 r. został kontraktowym profesorem nadzwyczajnym w pierwszej w Polsce Katedrze Organizacji i Administracji Budowy (od 1952 r. Organizacji i Mechanizacji Budowy), a od 1952 r. był kierownikiem tej katedry. 30 czerwca 1954 roku uzyskał nominację na profesora nadzwyczajnego organizacji i administracji budowy, a 13 grudnia 1962 roku został profesorem zwyczajnym. Ponadto w latach

1951/52–1953/54 był dziekanem Wydziału Budownictwa Przemysłowego, a w latach 1954–1956 rektorem Politechniki Warszawskiej. 30 września 1963 roku przeszedł na emeryturę.

Był również członkiem założycielem Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa, a od 1952 roku członkiem Komitetu Inżynierii Lądowej Polskiej Akademii Nauk [1].

TECHNOLOGIA
I ORGANIZACJA
BUDOWY A. Dyżewski



Rys. 1. Profesor Aleksander Dyżewski

– wizerunek na medalu i obwoluta książki



Doktoranci:
Profesorowie
Zbigniew Błochowiak,
Bogdan Cyunel

Rys. 2. Spotkania z prof. Janem Wątorskim (źródło: materiały archiwalne prof. Andrzeja Więckowskiego)

Prof. Jan Wątorski urodził się we Lwowie 1915 r. (zm. 1976 r. w Krakowie) (rys. 2). W 1938 roku uzyskał dyplom inżyniera dróg i mostów w Politechnice Lwowskiej. Zanim prof. Jan Wątorski podjął pracę na Politechnice Krakowskiej, przez pewien czas zajmował odpowiedzialne stanowiska w przemyśle budowlanym. Zdobyte w tym okresie doświadczenie procentowało później zarówno w pracy badawczej i dydaktycznej, jak i podczas pełnienia funkcji kierowniczych na uczelni. W pierwszym roku akademickim 1946/47 był adiunktem w Katedrze Budowy Kolei, jeszcze na wydziałach politechnicznych Akademii Górniczej w Krakowie. Na PK od 1952 r. Jan Wątorski osiągał kolejne szczeble kariery naukowej, a w latach 1968–1972 pełnił funkcję rektora PK. Jest autorem wielu publikacji i podręczników. Na szczególne wyróżnienie zasługuje napisana przez niego książka „Organizacja i mechanizacja budowy” (Wydawnictwo PWN) w trzech częściach: „Mechanizacja i transport w budownictwie” (1955), „Dokumentacja i kosztorysy budowlane” (1956), „Organizacja budowy i jej zaplecza technicznego” (1960) [2].

Prof. Leon Rowiński (rys. 3) urodził się 28 lutego 1918 roku w Riazaniu (Rosja), gdzie przebywali ewakuowani z Suwalszczyzny jego rodzice. Pod koniec 1918 r. powracają do Polski. W roku 1936 Leon Rowiński kończy Gimnazjum Matematyczno-Przyrodnicze im. K. Brzostowskiego w Suwałkach i zda je maturę. W tym samym roku rodzina Rowińskich przenosi

się z Suwałk do Warszawy, a Leon Rowiński składa egzamin na Wydział Inżynierii Politechniki Warszawskiej. We wrześniu 1954 roku mgr inż. Leon Rowiński wygrywa konkurs ogłoszony przez Radę Wydziału Budownictwa Przemysłowego Politechniki Śląskiej na obsadę kierownika Katedry Organizacji i Mechanizacji Budowy i przenosi się do Gliwic.

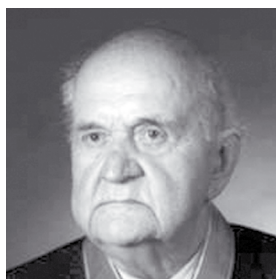
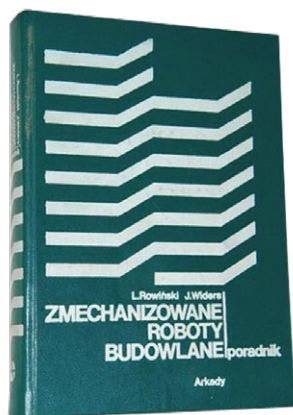
Uzyskuje stopień doktora nauk technicznych nadany przez Radę Wydziału 3 maja 1961 r., natomiast w grudniu 1962 r. Rada Państwa nadaje tytuł naukowy profesora nadzwyczajnego. Tytuł profesora zwyczajnego uzyskał w roku 1971. Nieprzerwanie przy tym kieruje katedrą i prowadzi prace badawcze m.in. nad deskowaniem – Ślizg-ROW. Był członkiem Komitetu Nauk Organizacji i Zarządzania PAN, członkiem Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, przez dwie kadencje przewodniczącym Sekcji Mechanizacji, Organizacji i Ekonomiki Budownictwa, członek Sekcji Organizacji i Zarządzania w Budownictwie drugiego z wymienionych komitetów. Przez dwie kadencje był przewodniczącym Towarzystwa Naukowego Inżynierii Procesów Budowlanych w Warszawie.

Wymienieni profesorowie, kierując pracą powierzonych im Katedr i zatrudnionych w nich nauczycieli akademickich tworzyli „szkoły naukowe” TOB. Wypromowali wielu naukowców, a ci z kolei następnych. Dla przykładu wymienię trzy takie linie:

- prof. Aleksander Dyżewski, doc. Andrzej Miączyński, prof. Anna Sobotka, dr hab. Piotr Jaśkowski, dr inż. Michał Tomczak;
- prof. Jan Wątorski, dr hab. Janusz Biernacki, dr dr hab. Agnieszka Leśniak i Wojciech Drozd – prowadzą łącznie czterech doktorantów;
- prof. Jan Mikoś (współpracował z prof. Rowińskim), prof. Janusz Szwabowski, prof. Jacek Gołaszewski, dr Dawid Ślusarczyk.

Wymienię też liczne grono naukowców, którzy już odeszli, a przyczynili się do rozwoju tej specjalizacji w budownictwie i specjalności dydaktycznej kierunku budownictwa w różnych uczelniach. Byli to:

- Politechnika Warszawska i instytuty naukowe – uczniowie i współpracownicy prof. Dyżewskiego: doc. Andrzej Miączyński, profesorowie: Jacek Kalabiński, Kazimierz Cieszyński, Władysław Lenkiewicz, Grzegorz Chrabczyński (prefabrykacja), Zbigniew Wasilewski (mechanizacja w budownictwie), Zygmunt Sadowski, Czesław Uhma (ekonomika budownictwa), Kazimierz Jaworski, Edward Świrkowski, Ryszard Ciołek, Witold Staniszkis;
- Politechnika Krakowska – profesorowie: Zbigniew Błochowiak i Bogdan Cyunel, docenci: Barbara Lossow-Samkowska i Ryszard Tota;
- Politechnika Śląska – prof. Jan Mikoś, dr Krzysztof Fligier i dr Andrzej Grabski;
- Politechnika Wrocławska – profesorowie: Jan Suwalski i Juliusz Mrozowicz, doc. Karol Tworowski, dr Zofia Zwierchowska;



Rys. 3. Prof. Leon Rowiński i jedna z jego licznych książek

- Politechnika Poznańska – profesorowie: Andrzej Stefański, Stanisław Piórecki;
- Uniwersytet Zielonogórski – prof. Tadeusz. Czachorowski;
- Politechnika Gdańska – prof. Zdzisław Kowalczyk;
- Politechnika Białostocka i AGH – prof. Zygmunt Orłowski;
- Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie – prof. Leszek T. Kałkowski (ekonomika budownictwa).

Nauka (pod aktualną oficjalną nazwą) – inżynieria przedsięwzięć budowlanych rozwija się także dzięki pracy powiększającego się grona nauczycieli akademickich w wielu ośrodkach akademickich specjalizujących się w tematyce IPB, a także emerytowanych profesorów: Kazimierza Czaplińskiego, Ewę Marcinkowską, Tadeusza Bilińskiego, Andrzeja Skarzyńskiego, Włodzimierza Martinka, Witolda Wenera, Janusza Biernackiego, Andrzeja Koseckiego, Andrzeja Więckowskiego, Mirosława Dytczaka.

Nazwa TOB lub IPB (z małymi różnicami) to nazwa specjalności kształcenia na kierunku Budownictwo uczelni technicznych. To także często nazwa jednostek organizacyjnych wydziałów, tj. katedr, zakładów lub zespołów obejmujących nauczycieli akademickich prowadzących w danej tematyce zajęcia dydaktyczne i badania naukowe.

Parę przykładów:

- Politechnika Lubelska – Katedra Inżynierii Procesów Budowlanych;
- Politechnika Wrocławska – Zakład Technologii i Zarządzania w Budownictwie;
- Politechnika Warszawska Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie;
- Politechnika Krakowska – Katedra Zarządzania w Budownictwie;
- Politechnika Poznańska – Zakład Technologii i Organizacji Budownictwa;
- Politechnika Śląska – Katedra Procesów budowlanych i Fizyki Budowli;
- SGGW – Katedra Hydrotechniki, Technologii i Organizacji Robót.

Z kolei nazwy specjalności na kierunku budownictwo, np.: AGH, PP – inżynieria przedsięwzięć budowlanych; PW – inżynieria produkcji budowlanej, PP – construction engineering and management, PK, PP, PŚw, UZ, ZUT Szczecin, PL – technologia i organizacja budownictwa; PŚI – inżynieria procesów budowlanych; PG – technologia i zarządzanie w budownictwie; PWroc – budowlano-technologiczna, PCz – technologia, organizacja i zarządzanie w budownictwie; PB – realizacja i użytkowanie obiektów budowlanych.

Problemy budownictwa z zakresu realizacji obiektów budowlanych znalazły swoje naukowe miejsce także w działalności KILiW PAN.

W strukturze nauk reprezentowanych w PAN i jego komitetach nazwa tej specjalizacji naukowej w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport jako nazwa jednej z 11 sekcji Komitetu

Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN się zmieniała, od Sekcja Organizacji i Mechanizacji Robót poprzez Organizację, Ekonomikę i Mechanizację do obecnej nazwy – Sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych.

Nie zawsze problematyka związana z tzw. wykonawstwem budowlanym, obejmującym przecież szeroki wachlarz problemów uznawane były za naukowe w środowisku akademickim. Dlatego też powstała organizacja pod nazwą Towarzystwo Naukowe Procesów Budowlanych, zarejestrowana jako naukowa, a założycielami jej byli profesorowie Kazimierz Cieszyński, Zbigniew Wasilewski i doc. Zygmunt Sadowski z Politechniki Warszawskiej. Towarzystwo reprezentowało przez kilka lat środowisko naukowe-dydaktyczne na zewnątrz, patronowało cyklicznym konferencjom TOB [3]. W tym okresie w zakresie podstaw teoretycznych specjalizacji rozszerzono jej obszar badań na wszystkie fazy procesu inwestycyjno-budowlanego, od pomysłu do eksploatacji.

3. Konferencje

Jedną z podstawowych platform do szerokiej wymiany doświadczeń z zakresu prowadzonych badań naukowych i działalności dydaktycznej są konferencje naukowe.

O potrzebie współdziałania katedr wyższych uczelni technicznych zajmujących się problematyką Technologii i organizacji budownictwa i ich współdziałania z jednostkami naukowymi zaplecza naukowego resortu budownictwa wiedzieli bardzo dobrze trzej pierwsi kierownicy Katedr Organizacji i Mechanizacji Budowy: prof. dr inż. Aleksander Dyżewski w PW, prof. dr inż. Leon Rowiński w PŚL i prof. mgr inż. Jan Wątorski w PK. Właśnie z inicjatywy tych trzech profesorów spotkali się pracownicy wskazanych katedr na zebraniu w Politechnice Śląskiej w roku 1964 [5]. Pięć lat później z okazji 15-lecia Katedry Krakowskiej odbyła się konferencja, zorganizowana przez zespół prof. J. Wątorskiego w Ośrodku Pracy Twórczej Politechniki Krakowskiej w Janowicach. Też w latach 60. ubiegłego wieku z inicjatywy ówczesnego dyrektora Instytutu Organizacji i Mechanizacji Budownictwa (IOMB) prof. dr inż. Edwarda Świrkowskiego oraz prof. Leona Rowińskiego powstała „nieformalna” organizacja, którą określono mianem Zespołu Jednostek Jednoimiennych z zakresu Technologii i Organizacji Budownictwa. Zespół ten organizował corocznie w różnych ośrodkach konferencje naukowe, a współdziałały wówczas poza katedrami i instytutami z wyższych uczelni technicznych i kilku ekonomicznych wskazany wyżej IOMB, później utworzono z niego Instytut Organizacji, Zarządzania i Ekonomiki Przemysłu Budowlanego ORGBUD oraz Instytut Mechanizacji Budownictwa [5].

Inne źródła podają, że już w roku 1963 z inicjatywy prof. A. Dyżewskiego pracownicy Katedry Organizacji, Mechanizacji i Ekonomiki Budowy PW zorganizowali w Gliwicach sesję Katedr Jednoimiennych z udziałem przedstawicieli

wszystkich tego typu katedr w Polsce. Spotkania te stały się tradycją do dzisiaj, chociaż pod innymi nazwami, służą wymianę doświadczeń dydaktycznych i informacji o pracach badawczych wykonywanych w różnych ośrodkach [3].

Obecnie patronem głównym konferencji IPB jest Sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych KILiW PAN. Sekcja patronuje także innym konferencjom z tego zakresu krajowych oraz sesjom poświęconym tej tematyce, konferencjom międzynarodowym lub warsztatom naukowym.

W konferencjach zwykle uczestniczą pracownicy naukowo-dydaktyczni wszystkich wydziałów, prowadzących specjalność TOB/IPB lub osoby prowadzące badania i dydaktykę z zakresu technologii i zarządzania. Uczestniczą w konferencjach

także, niestety w małym zakresie, osoby z praktyki – pracujące zawodowo w budownictwie. Coraz liczniej pojawiają się naukowcy z zagranicy, z uczelni, z którymi jest nawiązana od lat współpraca (Litwa, Łotwa, Czechy, Słowacja, Hiszpania, Niemcy). Coraz częściej razem z konferencją IPB odbywa się cykliczne Niemiecko-Litewsko-Polskie Kolokwium, które zainicjowali profesorowie: Oleg Kapliński, Edmundas Zavadskas i Friedel Peldschus.

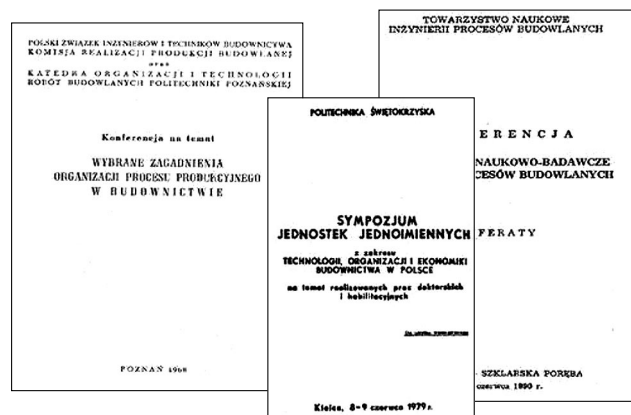
Konferencje organizowane są co roku w poszczególnych ośrodkach akademickich. W tym roku z powodu pandemii odbędzie się konferencja IPB w październiku, a nie jak zwykle w czerwcu, organizatorzy to pracownicy Wydziału Budownictwa i Nauk o Środowisku Politechniki Białostockiej. Należy też wspomnieć, że w 2020 roku pomimo pandemii także odbyła się nasza konferencja, on-line, a zorganizowali ją koledzy z PP pod przewodnictwem prof. Jerzego Paślawskiego.

Pierwsze strony komunikatów o konferencjach znajdują się na rysunku 4, a wykaz konferencji i ośrodków akademickich – organizatorów w tabeli 1.

Dwa lata temu członkowie Prezydium Sekcji IPB KILiW kadencji 2016–2019 ustalili, że organizowana konferencja w roku 2019 w SGGW w Warszawie (rys. 5), przez prof. Mieczysława Połosińskiego z zespołem, odbywa się po raz 50. Były lata, w których nie organizowano tej konferencji (np. 1981 r.).

Tabela 1. Wykaz konferencji TOB/IPB od 1987 roku

Rok	Organizatorzy/miejsce konferencji
1964 Konferencja Nr 1	Politechnika Śląska Gliwice
1987	ORGBUD, Warszawa
1988	Politechnika Śląska, Międzybrodzie
1989	Politechnika Lubelska, Kazimierz Dolny
1990	Politechnika Wrocławska, Szklarska Poręba
1991	WSI Zielona Góra
1992	Politechnika Warszawska
1993	Politechnika Krakowska, Janowice
1994	Politechnika Śląska, Rudy Raciborskie
1995	Politechnika Białostocka, Białowieża
1996	Politechnika Wrocławska, Polanica
1997	Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz
1998	Politechnika Lubelska, Kazimierz Dolny
1999	Politechnika Szczecińska, Międzyzdroje
2000	Politechnika Śląska, Kokotek
2001	PBP w Puławach, Puławy
2002	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
2003	Politechnika Lubelska, Kazimierz
2004	Politechnika Krakowska, Kraków
2005	Politechnika Gdańska, Gdańsk
2006	Politechnika Wrocławska, Karlów
2007	Politechnika Gdańska, Sopot
2008	Politechnika Wrocławska, Łądek Zdrój
2009	Politechnika Śląska, Wisła
2010	Politechnika Krakowska, Muszyna
2011	Politechnika Białostocka, Augustów
2012	Politechnika Poznańska, Łagów
2013	Politechnika Gdańska
2014	Akademia Górniczo-Hutnicza i Politechnika Krakowska
2015	Politechnika Warszawska
2016	Politechnika Wrocławska
2017	Politechnika Krakowska, Niepołomice
2018	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Jubileuszowa 50., 2019	SGGW w Warszawie
2020	Politechnika Poznańska, on-line
Planowana w 2021	Politechnika Białostocka



Rys. 4. Komunikaty o konferencji o tematyce TOB/IPB, od lewej – Poznań 1968, Kielce 1979, Szklarska Poręba 1990



Rys. 5. Konferencja Naukowa IPB w SGGW Warszawa 2019 r. (fotografia organizatorów)

Numer konferencji był konsultowany z wieloma osobami naszego środowiska, a przede wszystkim dr. inż. Andrzejem Mokroszem z Politechniki Śląskiej oraz zapisach w [5]. Dr Mokrosz opiekuje się „Izbą Pamięci” poświęconą działalności katedry związanej z nauką i dydaktyką z zakresu TOB. To od niego otrzymałam „najstarszy” komunikat o konferencji z 1968 roku.

4. Kompendium inżynierii przedsięwzięć budowlanych

W rozwoju podstaw teoretycznych TOB/IPB można wyróżnić 2 okresy (wynikające też z uwarunkowań społeczno-gospodarczych po II wojnie światowej w Polsce). Ich granica czasowa – to rok 1989, od którego rozpoczęła się zmiana systemu gospodarczego i politycznego w Polsce. Przyjmując nazwę dla I okresu – technologia i organizacja budowy (TOB), a dla drugiego – inżynierię przedsięwzięć budowlanych (IPB), TOB można zwięźle scharakteryzować poprzez wskazanie podstawowych zagadnień i metod badawczych.

„Technologia i organizacja budowy” – podstawowym przedmiotem badań była „budowa”, obejmująca fazę przygotowania inwestycji budowlanej do realizacji, w szczególności etap planowania realizacji robót i fazę wykonawstwa robót, w tym tematykę mechanizacji robót budowlanych. Rozwijana tematyka to: zasady pracy równomiernej – z racji rodzaju konstrukcji i technologii odbudowywanych obiektów budowlanych, następnie metoda potokowa organizacji robót, do dzisiaj w ośrodku wrocławskim; optymalizacja doboru zespołów maszyn w aspekcie minimalizacji czasu i kosztów; maksymalizacja wydajności, uwzględnianie losowości warunków pracy na budowie. Zwrócono uwagę na koszty

budowania (kalkulacja kosztów), w tym ZZKI – zbiorcze zestawienie kosztów inwestycji, (choć system gospodarczy temu nie sprzyjał), a także zagadnienia związane z programowaniem i planowaniem inwestycji budowlanych; ZTE – założenia techniczno- ekonomiczne. Badano wydajność pracy, normowanie i normy pracy, zużycia materiałów, opracowywano zasady BHP. Cykl inwestycyjno-budowlany – od pomysłu do oddania do eksploatacji. Wykorzystywane w badaniach naukowych metody matematyczne to: rachunek prawdopodobieństwa, statystyka, badania operacyjne (w tym teorie grafów, teorię masowej obsługi, programowanie matematyczne), symulacja komputerowa i inne.

Przyjęte, na przełomie XX i XXI w., na szeroki zakres problematyki realizacji inwestycji budowlanych, określenie „inżynieria przedsięwzięć budowlanych” – wykształciło się w wyniku wielu prac, przemyśleń i dyskusji na konferencjach naukowych i na łamach czasopism [3, 4]. Równolegle identyfikowano zakres problematyki tej wiedzy, uwzględniając ogólny rozwój nauk o zarządzaniu i nauk informatycznych.

Jak przedstawia prof. W. Martinek w [3] początkowo przyjęto pojęcie „inżynieria produkcji budowlanej jako systemu wiedzy niezbędnej do realizacji działań mających na celu przekształcenie aktualnie istniejącego wybranego fragmentu środowiska człowieka w stan zaproponowany przez inżynierię procesów projektowania budowlanego. Wykorzystywana w inżynierii produkcji budowlanej wiedza ma charakter interdyscyplinarny i dotyczy projektowania, przygotowania i sterowania przebiegiem: procesów produkcji materiałów budowlanych, procesów realizacji wszelkiego rodzaju obiektów budowlanych oraz ich utrzymania, zarządzania przedsiębiorstwami produkcyjnymi, budowlano montażowymi wraz z projektowaniem i eksploatacją zakładów

Tabela 2. Nauki wspomagające podejmowanie decyzji w realizacji przedsięwzięć budowlanych zarządzających inżynierów-menedżerów według [6]

Dziedziny i dyscypliny naukowe	Decyzje		
	Zakres	Przesłanki	Wynik
Nauki o zarządzaniu (marketing)	Jakie są potrzeby? Co budować?	Koniunktura polityczna i gospodarcza, potrzeby rynku, strategia inwestora.	Programy inwestycji i kryteria projektowania.
Nauki inżynieryjno-techniczne	W jaki sposób zrealizować przedsięwzięcie, jakimi technologiami, maszynami itd.	Efektywność różnych technologii, materiałów itd.	Metody i techniki realizacji.
Nauki o zarządzaniu i jakości	Jak zorganizować przedsięwzięcie, kto opracowuje projekt, kto realizuje, w jakim czasie?	Organizacja inwestowania, wybór systemu realizacji, kryteria wyboru wykonawców.	Projekt organizacji realizacji inwestycji, harmonogramy.
Ekonomia i finanse	Jakie będą potrzebne nakłady, jakie efekty i koszty eksploatacji?	Kosztorysy, okres zwrotu nakładów, wartość zaktualizowana netto, analiza rentowności.	Ocena efektywności inwestycji.
Prawo	Jakie podjąć działania formalne, na jakich podstawach prawnych?	Dostępność i przeznaczenie terenu, zakres dokumentacji, umowy, zobowiązania.	Czy inwestować, w co inwestować, gdzie, dla kogo, w jakiej skali?
O zarządzaniu i jakości, informatyka, inne nauki	Podejmowanie decyzji optymalnych		

Rys. 6. Gospodarka cyrkulacyjna w cyklu życia obiektu budowlanego [8]

zaplecza produkcyjnego i usługowego, a także całokształtu menedżerskiej działalności na rynku budowlano-inwestycyjnym.

Inżynierię produkcji budowlanej podzielono na trzy podsystemy:

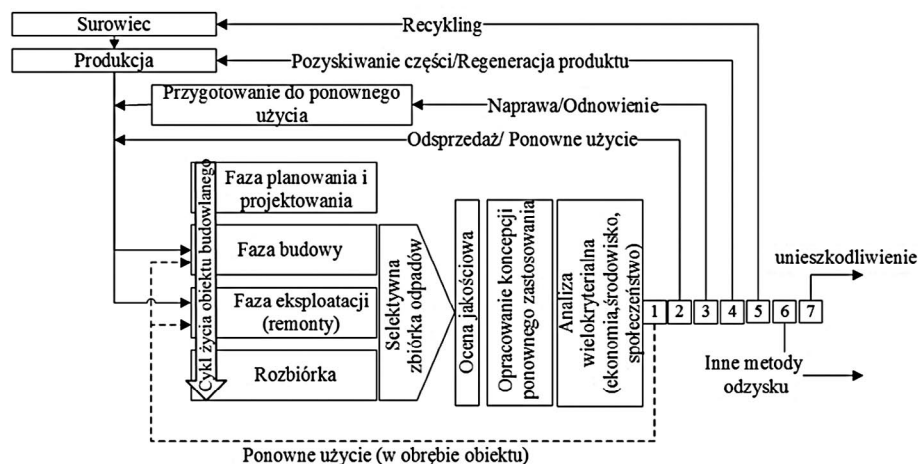
- inżynierię działalności produkcyjnej, zajmującą się całokształtem przebiegu procesów związanych produkcją materiałów i realizacją obiektów budowlanych,

- inżynierię procesów budowlanych i produkcyjnych, zajmującą się doбором, przekształcaniem lub projektowaniem nowych procesów wytwórczych w celu realizacji przedsięwziętych działań technicznych,

- inżynierię przetwarzania i stosowania materiałów budowlanych, zajmującą się przekształcaniem materii w celu uzyskania pożądanej struktury tworzyw budowlanych oraz doбором materiałów o jakości użytkowej odpowiadającej wymaganiom stawianym przez realizowany obiekt”.

Tak więc wiedza ta korzysta z osiągnięć wielu dyscyplin naukowych. Profesor W. Werner powiązał je z decyzjami, jakie podejmowane są w procesie inwestycyjno-budowlanym (tab. 2) [6].

Definicję pojęcia „inżynieria przedsięwzięć budowlanych” przedstawił prof. T. Kasprzowicz w [7] jako „specjalność w ramach inżynierii lądowej, która zajmuje się badaniem budowy, montażu, przebudowy, remontu i eksploatacji obiektów budowlanych w konkretnym miejscu, czasie, otoczeniu systemowym i środowisku naturalnym”. Dotyczy to gromadzenia i tworzenia specjalistycznej wiedzy, umiejętności i kompetencji, które są niezbędne do projektowania przedsięwzięć budowlanych oraz podejmowania decyzji określających sposób, czas, koszty, jakość, wymagania i miejsce realizacji przedsięwzięcia budowlanego. Z tego punktu widzenia, w ramach inżynierii przedsięwzięć budowlanych prowadzone są badania technologii i organizacji robót budowlanych, przygotowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych, struktury i funkcjonowania przedsiębiorstw budowlanych oraz procesu eksploatacji obiektów budowlanych. Podstawowym celem takiej analizy jest spełnienie wymagań

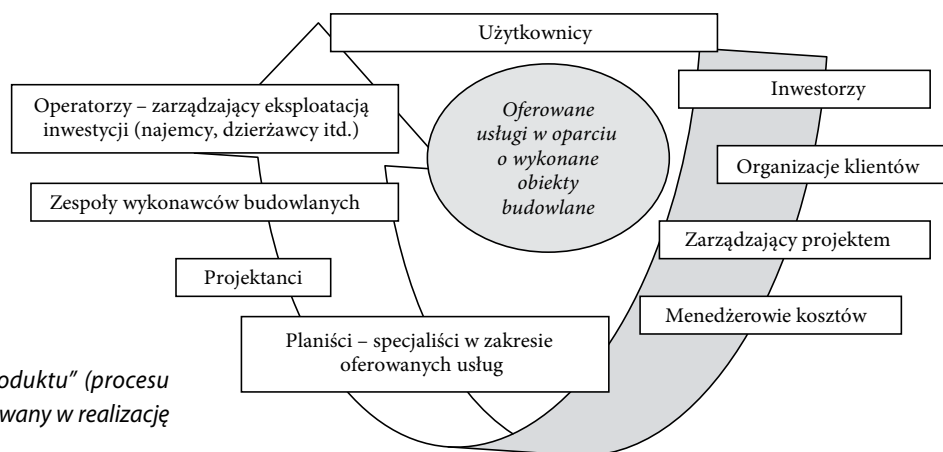


zrównoważonego budownictwa i wykonanie przedsięwzięć budowlanych na czas, w ramach budżetu i powyżej oczekiwań jakościowych zamawiającego.

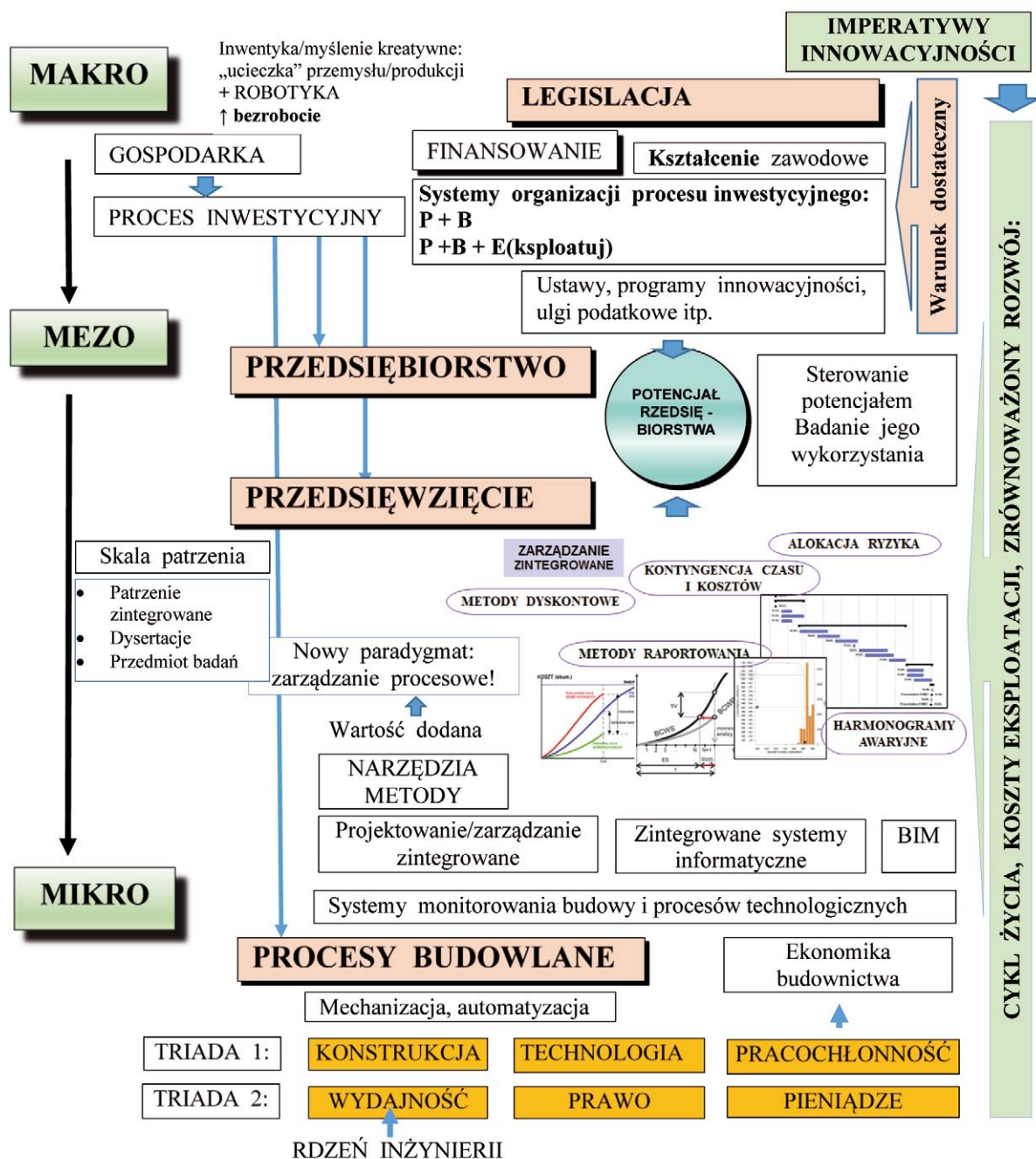
Wdrażana w życie koncepcja społeczno-gospodarcza zrównoważonego rozwoju i gospodarki cyrkulacyjnej spowodowała rozszerzenie zakresu problematyki, którą dotychczas obejmowała IPB o działania związane z zagospodarowaniem odpadów powstających zarówno w czasie produkcji budowlanej, jak i w okresie remontów i likwidacji obiektu. Wkraczają zagadnienia logistyki zwrotnej, odzysku materiałów lub zagospodarowanie odpadów w sensie procesów technologicznych recyklingu na placu budowy (rys. 6). Tematów jest tu zawartych wiele, chociażby zaprojektowanie organizacji i technologii budowy i robót budowlanych, aby zminimalizować ślad węglowy podczas obsługi logistycznej budowy, np. drogi, do której potrzebne jest dostarczenie środkami transportowymi ogromnych ilości kruszywa itp.

Zmienia się też filozofia/koncepcja realizacji procesu inwestycyjno-budowlanego. Nie budujemy obiektu budowlanego jako „produktu” do nabycia, lecz do zaspokojenia pewnych potrzeb przyszłych użytkowników lub świadczenia usług w oparciu o wykonane obiekty budowlane (rys. 7) [9].

W przedstawieniu szerokiego zasięgu wiedzy, jaką zawiera szybko rozwijająca się specjalizacja (nauki ILiT) inżynieria przedsięwzięć budowlanych (IPB), należy przytoczyć opinie



Rys. 7. Łańcuch dostaw „rozwoju produktu” (procesu inwestycyjno budowlanego) zaangażowany w realizację infrastruktury transportowej [9]



Rys. 8. Synteza trójpodziałów w inżynierii przedsięwzięć budowlanych; imperatywy innowacyjności [11]

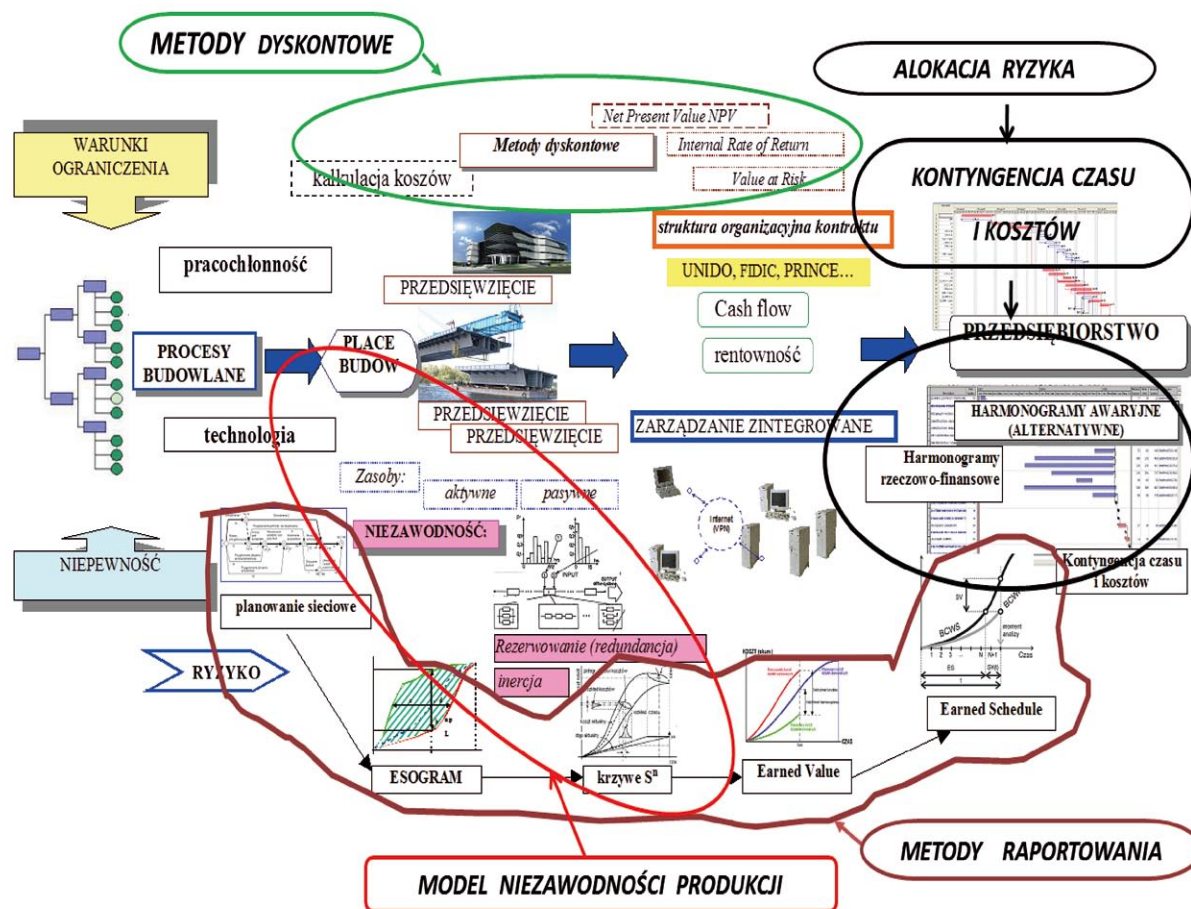
i prace prof. Olega Kaplińskiego [np. 10, 11, 12], których syntetyczne przedstawienie zawierają rysunki 8 i 9. Według O. Kaplińskiego problematyka IPB ma charakter wielowymiarowy, można ją rozpatrywać w ujęciu wertykalnym (rys. 7) i horyzontalnym (rys. 8). Wielowymiarowość w ujęciu wertykalnym można rozważać na trzech poziomach: makro (gospodarka), mezo (przedsiębiorstwo, przedsięwzięcie), mikro (procesy budowlane).

Stosowane metody badawcze i modele w opisywaniu, odwzorowywaniu rzeczywistości i rozwiązywaniu zagadnień IPB są bardzo różne. Wykonywane są badania terenowe, kwestionariuszowe, analityczne, komputerowe i inne, a stosowane

metody i modele: matematyczne, heurystyczne, symulacyjne, metody sztucznej inteligencji itd.

5. Podsumowanie

Przedstawione w tym artykule treści to wielki skrót i uproszczenie w przedstawieniu specjalizacji IPB. To tylko czubek „góry lodowej” na temat historii i dzisiejszej rzeczywistości dotyczącej inżynierii przedsięwzięć budowlanych, jej podstaw teoretycznych, prowadzonych badań, ludzi nauki zajmujących się działalnością naukową i dydaktyczną w tym zakresie.



Rys. 9. Rozszerzony zakres zarządzania przedsięwzięciem budowlanym (zamkniętym systemem technologiczno-organizacyjnym) [11]

Należy przy tym zauważyć, że nauka/wiedza IPB ma służyć praktyce, opracowane metody, systemy, zasady powinny być (i są) wdrażane, a rozwój nauki i techniki, nowe technologie dają szerokie możliwości.

Na koniec uwaga długoletniego nauczyciela akademickiego (autorki). Wiele zagadnień zostało już rozwiązanych dawno temu, są opublikowane w polskiej i zagranicznej literaturze. Dlatego też, gdy podejmuje się jakąś tematykę, niezbędna jest staranna analiza stanu wiedzy w przedmiocie badań. I jeszcze jedna uwaga: niezbędna jest duża wiedza o konstrukcji obiektu, technologiach, materiałach, w tym o „nowościach”, gdy przygotowuje się dane do podejmowania decyzji – wyboru rozwiązania i wdrożenia do praktyki, w myśl zasady „decyzja jest tak dobra jak informacja, na podstawie, której jest przygotowana” [13].

BIBLIOGRAFIA

- [1] https://pl.wikipedia.org/wiki/Aleksander_Dyzewski. Dostęp. 31.05.2021
- [2] Biernacki J., Jan Wątorski – inżynier, naukowiec, rektor, Nasza Politechnika 3(151) 2016, str. 16–18, ISSN 1428-295X, www.nasza.pk.edu.pk. Dostęp. 30.05.2021
- [3] Martinek W., Historia tematyki IPB na WIL PW, w ramach 100-lecia odnowienia tradycji uczelni, [w] Materiały Konferencji Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych 2015, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2015, ISBN 978-83-7814-455-7
- [4] Cieszyński K., Zarządzanie procesem budowlanym, Fundacja Edukacji Menedżerskiej Budowlanej, 2006
- [5] Rowiński L., Towarzystwo Naukowe Inżynierii Procesów Budowlanych i jego współpraca z Płockiem, Notatki Płockie, 38/4–157, 36–40 1993 r., <https://docplayer.pl/130392386-Towarzystwo-naukowe-inzynierii-procesow-budowlanych-i-jego-wspolpraca-z-plockiem.html>
- [6] Werner W.A., Proces inwestycyjny dla architektów, wydanie III, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2007
- [7] Kasprowicz T., Inżynieria przedsięwzięć budowlanych, [w] Inżynieria przedsięwzięć budowlanych, rekomendowane metody i techniki. Praca zbiorowa pod redakcją Tadeusza Kasprowicza, Warszawa, 2015
- [8] Sobotka A., Sagan J., Analysis of the factors stimulating and conditioning application of reverse logistics in construction, [w] Procedia Engineering; ISSN 1877-7058. – 2015 vol. 122, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581503091X/pdf>
- [9] Sobotka A. (red.), Zarządzanie łańcuchami dostaw w budownictwie: wybrane metody i modele w budownictwie drogowym, aut. A. Sobotka, P. Jaśkowski, A. Czarnigowska, D. Pawluś, D. Wałach, Kraków, Wydawnictwa AGH, 2014. ISBN: 978-83-7464-731-1
- [10] Kapliński O., Problematyka inżynierii przedsięwzięć budowlanych w świetle ankiety Sekcji KILIW PAN, Budownictwo i Inżynieria Środowiska 2/2011, 511–516 ISSN: 2081-79
- [11] Kapliński O., Specyfika przedsięwzięć budowlanych w kontekście innowacyjnych wyzwań, [w] Inżynieria przedsięwzięć budowlanych: problemy modele, metody, KILIW PAN, IPPT Warszawa 2018, red. A. Sobotka i E. Radziszewska-Zielina
- [12] Kapliński O., Problematyka inżynierii przedsięwzięć budowlanych na konferencjach krynickich 2017 i 2018, Przegląd Budowlany 9/2018, str. 12–15
- [13] Kotler P., Marketing. Analiza, planowanie, wdrażanie, kontrola, Wydawnictwo FELBERG SJA, Warszawa, 1999

Harmonogramowanie powtarzalnych procesów budowlanych z zastosowaniem algorytmu rojowego

Dr inż. Michał Tomczak, dr hab. inż. Piotr Jaśkowski, prof. uczelni,
Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska

1. Wprowadzenie

Realizacja przedsięwzięć budowlanych obejmuje często wykonanie wielu procesów powtarzalnych na obiektach danego zamierzenia budowlanego lub ich częściach, określanych mianem działek roboczych. Przedsięwzięcia tego typu w literaturze określa się jako powtarzalne [1–3]. Ze względu na specyfikę warunków realizacyjnych klasyczne metody planowania (metoda drogi krytycznej, metoda PD czy PERT) nie są przystosowane do wspomagania zarządzania tego typu przedsięwzięciami [4–6]. Stąd też opracowano liczne metody dedykowane projektowaniu realizacji powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych, jak np. LSM (ang. *Linear Scheduling Method*) [7], RSM (ang. *Repetitive Scheduling Method*) [8] czy metoda TACT i e-TACT [9], a w Polsce metody potokowe, umożliwiające minimalizację czasu ich realizacji z uwzględnieniem różnej kombinacji sprzężeń czasowych pomiędzy środkami realizacji, frontami robót oraz sprzężeń diagonalnych i odwrotnie diagonalnych. Jednym z bardziej popularnych podejść do wspomagania zarządzania powtarzalnymi przedsięwzięciami budowlanymi, w przypadku dążenia do optymalizacji ze względu na wiele kryteriów, jest modelowanie matematyczne preferencji kierownictwa budowy co do celów optymalizacji wraz z uwzględnieniem narzuconych ograniczeń realizacyjnych, a następnie rozwiązanie opracowanego modelu za pomocą metod (zwykle o dużej złożoności obliczeniowej) lub heurystycznych, czy metaheurystycznych – w przypadku złożonych problemów harmonogramowania występujących w praktyce. Algorytmy metaheurystyczne podają ogólny schemat rozwiązania problemu optymalizacyjnego, oparty na procesach zachodzących w naturze, np. przystosowanie w procesie ewolucji. Przykładem algorytmów metaheurystycznych, często wykorzystywanych do rozwiązywania problemów harmonogramowania zwłaszcza w przemyśle, są algorytmy rojowe, których próbę zastosowania do rozwiązania analizowanego problemu podjęto w artykule.

2. Przegląd literatury

2.1. Metaheurystyczne algorytmy rojowe

Optymalizacja harmonogramów powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych jest procesem trudnym i złożonym ze względu na następujące problemy [10–12]:

- liczba możliwych rozwiązań w przestrzeni poszukiwań jest tak duża, że uniemożliwia bądź pozbawia sensu zastosowania przeszukiwania wyczerpującego w celu znalezienia najlepszego rozwiązania,
- model problemu obejmuje zwykle wiele ograniczeń, co sprawia, że trudno jest wygenerować choćby jedno dopuszczalne rozwiązanie, a co dopiero znaleźć rozwiązanie optymalne,
- problem jest tak skomplikowany, że aby uzyskać rozwiązanie przy rozsądnym nakładzie czasu obliczeń, należy używać modeli problemu tak uproszczonych, że każde rozwiązanie jest praktycznie bezwartościowe,
- na wartość funkcji kryterialnej wpływa wiele zmiennych decyzyjnych, dlatego jest konieczny przegląd wielu rozwiązań dopuszczalnych dla różnej kombinacji ich wartości,
- osoba rozwiązująca problem nie posiada zwykle odpowiedniej wiedzy i umiejętności w zakresie rozwiązywania złożonych modeli matematycznych.

Ze względu na powyższe trudności w znajdowaniu rozwiązań problemu harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych ciągle poszukuje się coraz doskonalszych algorytmów pozwalających na znalezienie przybliżonego, ale jednak użytecznego rozwiązania. Jednym z najpopularniejszych podejść do znajdowania suboptymalnych rozwiązań rzeczywistych problemów jest wykorzystanie algorytmów metaheurystycznych. Wiele z nich zainspirowanych jest zjawiskami występującymi w naturze – obserwacja zachowań zachodzących w przyrodzie pozwala przenieść istniejące zjawiska na grunt procedur algorytmicznych [13].

Wśród licznych metod należących do tej grupy można wymienić:

- algorytmy ewolucyjne, w tym genetyczne, bazujące na mechanizmach ewolucji naturalnej,
- genetyczne algorytmy kwantowe wykorzystujące prawa fizyki kwantowej,
- sztuczne systemy immunologiczne oparte na procesach zachodzących w układzie odpornościowym,
- sztuczne sieci neuronowe, naśladujące procesy zachodzące w ludzkim mózgu,
- algorytmy symulowanego wyżarzania przypominające zjawisko wyżarzania znane z metalurgii,

- algorytmy stadne, nazywane także rojowymi, które czerpią z tzw. inteligencji roju społecznych organizmów żyjących w koloniach.

W ostatnich latach coraz większą popularność zdobywają algorytmy rojowe. Jednym z powodów takiego stanu rzeczy jest ich bardzo duża różnorodność i możliwość dopasowania do rozważanego problemu. Zbiorowości organizmów stanowią zdecentralizowany system złożony z autonomicznych jednostek, który można opisać przez pewne probabilistyczne zachowania – reakcje na bodźce. Podstawowe reguły ich postępowania są wynikiem lokalnych oddziaływań i gwarantują rozprzestrzenianie informacji wewnątrz kolonii oraz wpływają na postawy każdego osobnika. W zachowaniu stadnym koordynacja w grupie osobników odpowiada za organizację zadań wymaganych do rozwiązania określonego problemu, zaś właściwa komunikacja pozwala na dokonanie najlepszego wyboru przez wymianę informacji między osobnikami [13]. Typy organizmów oraz rodzaj zachowania stadnego, na którym wzorowana jest optymalizacja w dotychczas opracowanych algorytmach rojowych, zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Rodzaje organizmów stadnych, na zachowaniu których bazują algorytmy rojowe (źródło: własne, na podstawie [14])

Organizmy	Rodzaj zachowania stadnego
Mrówki (ang. <i>ants</i>)	Poszukiwanie pożywienia (ang. <i>foraging</i>)
Cząsteczki (ang. <i>particles</i>)	Skupianie się (ang. <i>aggregating</i>)
Pszczoły (ang. <i>bees</i>)	Poszukiwanie pożywienia (ang. <i>foraging</i>)
Masy (ang. <i>masses</i>)	Gromadzenie się (ang. <i>gathering</i>)
Wilki (ang. <i>wolves</i>)	Polowanie (ang. <i>preying</i>)
Nietoperze (ang. <i>bats</i>)	Echolokacja (ang. <i>echolocation</i>)
Bakterie (ang. <i>bacteria</i>)	Rozwój (ang. <i>growth</i>)
Ryby (ang. <i>fish</i>)	Skupianie się (ang. <i>aggregating</i>)
Ptaki (ang. <i>birds</i>)	Łączenie się w pary (ang. <i>mating</i>)
Delfiny (ang. <i>dolphins</i>)	Gromadzenie się (ang. <i>clustering</i>)
Małpy (ang. <i>monkeys</i>)	Wspinanie się (ang. <i>climbing</i>)
Muszki owocówki (ang. <i>fruit fly</i>)	Gromadzenie się (ang. <i>gathering</i>)
Robaczki świetojąskie (ang. <i>firefly</i>)	Gromadzenie się (ang. <i>gathering</i>)
Karaluchy (ang. <i>cockroaches</i>)	Poszukiwanie pożywienia (ang. <i>foraging</i>)
Kukułki (ang. <i>cuckoos</i>)	Podrzucanie potomstwa (ang. <i>brooding</i>)
Kryl (ang. <i>krill</i>)	Zaganianie (ang. <i>herding</i>)
Żaby (ang. <i>frogs</i>)	Skakanie (ang. <i>jumping</i>)

Ogólny schemat algorytmu rojowego można zapisać w następujący sposób [13]:

- kodowanie i inicjalizacja populacji początkowej rozwiązań i ocena ich jakości, do momentu, gdy zostaną spełnione kryteria zatrzymania się algorytmu, cykliczne powtarzanie następujących kroków:
 - identyfikacja sąsiedztwa bieżących osobników,
 - osobników reprezentujących najlepsze rozwiązania z sąsiedztwa,
 - akceptacja lub odrzucenie rozwiązań kandydujących,
 - utworzenie nowej populacji rozwiązań,
- odkodowanie najlepszych znalezionych rozwiązań.

2.2. Powtarzalne przedsięwzięcia budowlane

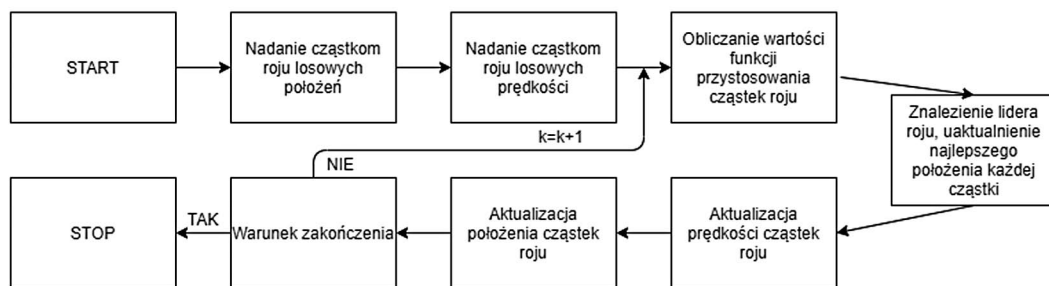
W niezwykle bogatej literaturze przedmiotu można odnaleźć różne narzędzia tworzone w celu optymalizacji harmonogramów budowlanych przedsięwzięć powtarzalnych. Do najczęściej używanych metod optymalizacji harmonogramów przedsięwzięć powtarzalnych należą metody dokładne rozwiązania modeli matematycznych w postaci programów liniowych [15–16] lub dynamicznych [17] oraz metody heurystyczne i metaheurystyki, m.in. algorytmy genetyczne [18–19] i inne bardziej zaawansowane [20–21]. Rozwijane są również podejścia wykorzystujące logikę rozmytą [22]. W części prac opracowano metody wyznaczania harmonogramów budowlanych w warunkach ryzyka z wykorzystaniem symulacji [23].

Niezależnie od sposobu rozwiązania lub modelowania problem harmonogramowania przedsięwzięć powtarzalnych był formułowany z uwzględnieniem następujących celów: minimalizacja całkowitego czasu realizacji przedsięwzięcia [24–25], zapewnienie dochowania terminu realizacji przedsięwzięcia [26], minimalizacja całkowitego kosztu realizacji przedsięwzięcia [27], poszukiwania kompromisu pomiędzy czasem i kosztem realizacji przedsięwzięcia [28], maksymalizacja efektywności pracy [29], odporności i niezawodności harmonogramu [30], zapewnienie ciągłości pracy zasobów (minimalizacja przestojów) [4, 16], minimalizacja kosztów przerw w pracy brygad [19] i kombinacja tych kryteriów [5, 31].

Przykładowo Sroka i inni [32] przedstawili model harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych w celu wspomagania wyboru odpowiedniego sposobu ich realizacji i maksymalizacji zysku generalnego wykonawcy z uwzględnieniem wysokości kosztów bezpośrednich i pośrednich oraz kar umownych i kosztów przerw w pracy brygad roboczych oraz kosztów obsługi kredytowej. Model został rozwiązany za pomocą algorytmu hybrydowego wykorzystującego algorytm symulowanego wyżarzania oraz algorytm genetyczny. Działanie proponowanego modelu zostało zaprezentowane na przykładzie obliczeniowym, a uzyskane w nim wyniki są w pełni satysfakcjonujące.

Z kolei Tran, Chou i Luong [33] opracowali stochastyczny model minimalizujący czas realizacji powtarzalnego

Rys. 1. Schemat blokowy algorytmu optymalizacji rojem cząstek (źródło: własne, na podstawie [35])



przedsięwzięcia budowlanego uwzględniający różnicowanie priorytetów istotności procesów. Do rozwiązania opracowanego modelu wykorzystano nowe rozmyte hybrydowe podejście ewolucyjne, zwane podejściem sztucznej kolonii pszczół. Wyniki eksperymentalne wskazują, że proponowana metoda zapewnia najkrótszy średni czas realizacji przedsięwzięcia oraz najmniejsze odchylenie standardowe w stosunku do rozwiązania optymalnego spośród algorytmów wzorcowych rozpatrywanych w pracy.

Ci sami autorzy opracowali metodę poszukiwania harmonogramów kompromisowych ze względu na czas i koszt realizacji. W pracy [21] rozwinęto adaptacyjny algorytm wielokryterialnego przeszukiwania algorytmów symbiotycznych. W celu walidacji metody harmonogramowania, jak również w celu zademonstrowania możliwości wykorzystania nowego algorytmu do generowania rozwiązań, analizowano dwa studia przypadków. Uzyskane wyniki wskazują, że zaproponowany algorytm jest bardziej efektywny w porównaniu z podstawowym algorytmem przeszukiwania organizmów symbiotycznych oraz innymi analizowanymi w tej pracy.

Model opracowany przez Wanga i innych [34] umożliwia poszukiwanie kompromisu pomiędzy czasem, kosztem i jakością realizacji powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych. Do znajdowania niezdominowanych rozwiązań opracowanego modelu zagadnienia autorzy wykorzystali algorytm NGSA (ang. *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm*). Niewątpliwą zaletą ich podejścia jest uwzględnienie w sposób kwantytatywny jakości realizowanych robót.

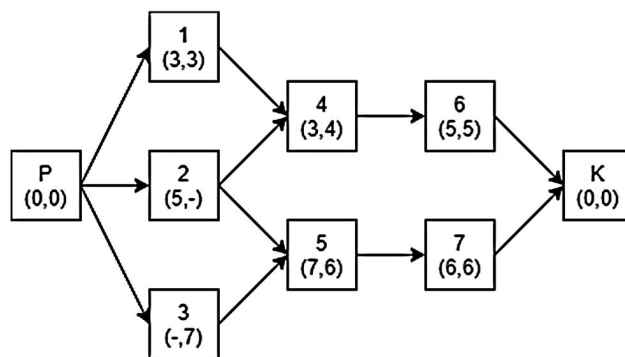
Algorytm genetyczny został również użyty przez Altuwaima i El-Rayesa [19] do jednoczesnego minimalizowania czasu realizacji powtarzalnego przedsięwzięcia budowlanego, czasu przerw w pracy brygad roboczych oraz kosztu tych przerw. Algorytm rozwiązania tego problemu obejmuje cztery moduły: optymalizacji, harmonogramowania początkowego, harmonogramowania pośredniego oraz wyznaczania kosztów przerw w pracy brygad.

3. Zastosowanie algorytmu rojowego do harmonogramowania powtarzalnych procesów budowlanych – przykład

Nowe metody harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych są w ostatnim dziesięcioleciu rozwijane

bardzo dynamicznie, bazując na coraz bardziej nowoczesnych i zaawansowanych technikach. Mimo to, bardzo trudno odszukać w literaturze przedmiotu przykłady zastosowań algorytmów rojowych do projektowania realizacji powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych. Algorytmy te są niezwykle elastycznym oraz skutecznym narzędziem do znajdowania suboptymalnych rozwiązań nawet bardzo złożonych obliczeniowo problemów. Stąd też w niniejszej publikacji wykorzystano jeden z algorytmów rojowych (algorytm optymalizacji rojem cząstek) do ustalenia harmonogramu przykładowego przedsięwzięcia budowlanego. Schemat blokowy tego algorytmu przedstawiono na rysunku 1.

Analizowane przedsięwzięcie składa się z siedmiu rzeczywistych procesów oraz dwóch fikcyjnych: początku oraz końca przedsięwzięcia. Obejmuje ono realizację trzech identycznych roboczych budynków, stanowiących odrębne działki robocze. Na każdej z nich wykonywane są te same procesy. Zależności kolejnościowe pomiędzy procesami w obrębie jednej działki roboczej zostały przedstawione na rysunku 2. Do dyspozycji są dwie brygady: brygada B1 oraz B2. Mogą być one przydzielone do wykonania różnych procesów. Czasy realizacji poszczególnych procesów zostały przedstawione na rysunku 2 (czas realizacji procesów na poszczególnych działkach roboczych jest jednakowy). Ze względu na wykorzystanie efektu uczenia się brygada przydzielona do realizacji danego procesu będzie wykonywała go na wszystkich działkach roboczych.



Rys. 2. Model sieciowy procesów realizowanych na jednej działce roboczej przykładowego przedsięwzięcia budowlanego (w nawiasie podane są czasy realizacji poszczególnych procesów przedsięwzięcia przez brygadę B1 oraz B2, wyrażone w dniach roboczych; źródło: własne)

Rys. 3. Belkowy harmonogram realizacji przedsięwzięcia (rozwiązanie dla równych wag kryteriów optymalizacji; źródło: własne)

W ramach przykładu harmonogram realizacji przedsięwzięcia jednocześnie optymalizowano względem trzech równoważnych kryteriów:

- minimalizacja czasu realizacji przedsięwzięcia,
- minimalizacja przestojów w pracy brygad roboczych,
- minimalizacja czasu realizacji obiektów budowlanych, pozostająca w relacji z redukcją przestojów w pracy na frontach robót.

Przykład rozwiązano za pomocą algorytmu optymalizacji rojem cząstek. Czas obliczeń wyniósł 46,53 sekund. Otrzymany harmonogram przedstawiono na rysunku 3 w postaci wykresu belkowego. Brygady

B1 i B2 pracują bez przerw, czas realizacji całego przedsięwzięcia wyniósł 57 dni roboczych, a realizacja każdego z obiektów budowlanych wyniosła średnio 46 dni roboczych.

Opracowany algorytm może być zastosowany również do harmonogramowania realizacji procesów powtarzalnych na działkach niejednorodnych, umożliwiając znalezienie optymalnej kolejności realizacji działek. Obszerne przykłady jego zastosowania zaprezentowano w pracy [36].

4. Podsumowanie

W artykule zaprezentowano metodę harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych z wykorzystaniem jednego z algorytmów rojowych – algorytmu optymalizacji rojem cząstek. Przedstawiona w artykule metoda pozwala otrzymać rozwiązania kompromisowe ze względu na trzy kryteria optymalizacji: minimalizacja czasu realizacji obiektów budowlanych (działek roboczych) i całego przedsięwzięcia oraz minimalizacji przerw w pracy brygad. Otrzymane wyniki wskazują, że wykorzystanie algorytmów rojowych do harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych generuje bardzo dobre rezultaty oraz może wspomagać menadżerów budowlanych w znajdowaniu rozwiązań tego złożonego problemu.

BIBLIOGRAFIA

[1] Tomczak M., Jaśkowski P., The method of scheduling construction projects increasing the use of resources of the general contractor, Juozapaitis A., Daniūnas A., Juknevičius L. (Eds.), Vilnius Gediminas Technical University, 2019

[2] Hegazy T., Abdel-Monem M., Saad D.A., Framework for enhanced progress tracking and control of linear projects. *Engineering, Construction and Architectural Management* 21(1), str. 94–110

[3] Zou X., Zhang L., A constraint programming approach for scheduling repetitive projects with atypical activities considering soft logic, *Automation in Construction* 109

[4] Tomczak M., Jaśkowski P., New approach to improve general contractor crew's work continuity in repetitive construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management* 146 (5), 04020043

[5] Tomczak M., Modeling of the harmonization method for executing a multi-unit construction project. *Open Engineering* 9 (1), str. 282–291

[6] Su Y., Lucko G., Linear scheduling with multiple crews based on line-of-balance and productivity scheduling method with singularity functions, *Automation in Construction* 70, str. 38–50

[7] Harmelink D. J., Rowings J. E., Linear scheduling model: Development of controlling activity path, *Journal of Construction Engineering and Management* 124(4), str. 263–268

[8] Harris R. B., Ioannou P. G., Scheduling projects with repeating activities. *Journal of Construction Engineering and Management* 124(4), str. 269–278

[9] Lee D., Kim D.-S., Kim G.-H., Kim S., Time reduction effect of the enhanced TACT method for high-rise residential buildings, *Journal of Civil Engineering and Management* 22(7), str. 944–953

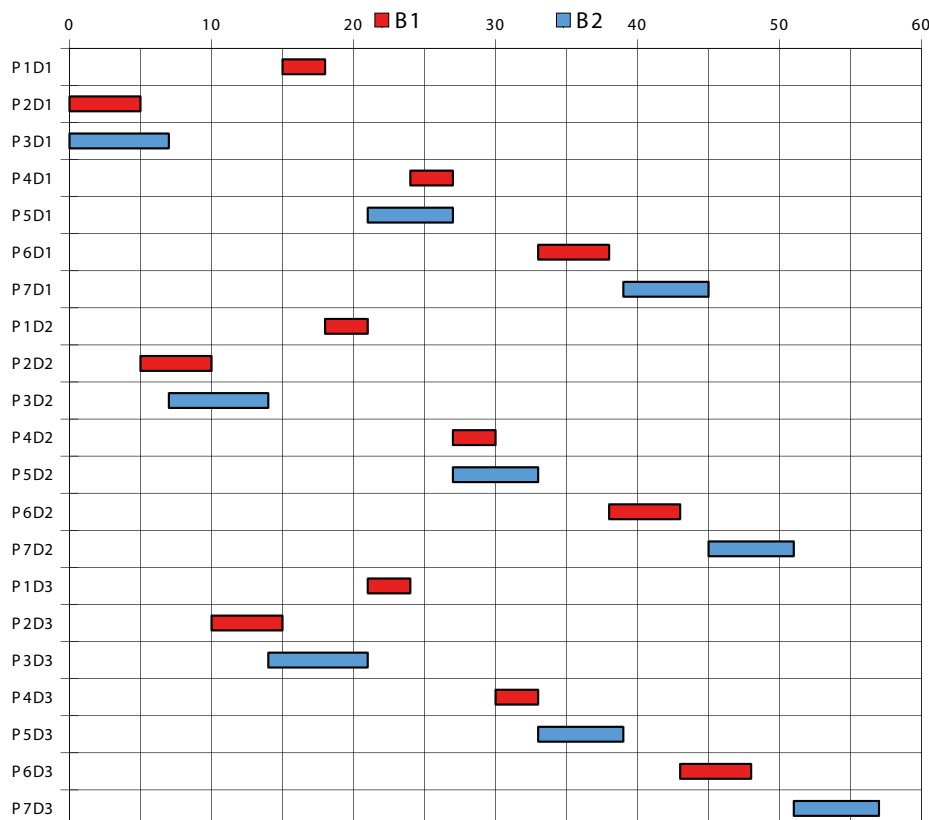
[10] Michalewicz Z., Fogel D. B., Jak to rozwiązać czyli nowoczesna heurystyka, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa

[11] Tran D. H., Optimizing time-cost in generalized construction projects using multiple-objective social group optimization and multi-criteria decision-making methods. *Engineering, Construction and Architectural Management*

[12] Bakry I., Moselhi O., Zayed T., Optimized acceleration of repetitive construction projects. *Automation in construction* 39, str. 145–151

[13] Kwiecień J., Algorytmy stadne w rozwiązywaniu wybranych zagadnień optymalizacji dyskretniej i kombinatorycznej, Wydawnictwa AGH, Kraków

[14] Zhang S., Lee C. K. M., Chan H. K., Choy K. L., Wu Z., Swarm intelligence applied in green Logistics: A literature review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 27



- [15] Ipsilandis P. G., Multiobjective linear programming model for scheduling linear repetitive projects, *Journal of Construction Engineering and Management* 133(6), str. 417–424
- [16] Jaśkowski P., Tomczak M., Problem minimalizacji przestojów w pracy brygad generalnego wykonawcy w harmonogramowaniu przedsięwzięć budowlanych, *Przegląd Naukowy, Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 26(2), str. 193–201
- [17] Bakry I., Moselhi O., Zayed T., Optimized scheduling and buffering of repetitive construction projects under uncertainty, *Engineering, Construction and Architectural Management* 23(6), 782–800
- [18] Huang Y., Zou X., Zhang L., Genetic algorithm-based method for the deadline problem in repetitive construction projects considering soft logic, *Journal of Management in Engineering* 32(4), 04016002
- [19] Altuwaim A., El-Rayes K., Optimizing the Scheduling of Repetitive Construction to Minimize Interruption Cost, *Journal of Construction Engineering and Management* 144(7), 04018051
- [20] Duffy G. A., Oberlender G. D., Seok Jeong D. H., Linear scheduling model with varying production rates, *Journal of Construction Engineering and Management* 137(8), str. 574–582
- [21] Tran D.-H., Chou J.-S., Luong D.-L., Multi-objective symbiotic organisms optimization for making time-cost tradeoffs in repetitive project scheduling problem, *Journal of Civil Engineering and Management* 25(4), str. 322–339
- [22] Maravas A., Pantouvakis J. P., Fuzzy repetitive scheduling method for projects with repeating activities, *Journal of Construction Engineering and Management* 137(7), str. 561–564
- [23] Yoon J., & Yu I., Estimating normal duration of renovation for multistorey apartment building considering extension-type renovation projects, *Journal of Civil Engineering and Management* 25(2), str. 156–167
- [24] Radziszewska-Zielina E. & Sroka B., Planning repetitive construction projects considering technological constraints, *Open Engineering* 8(1), str. 500–505
- [25] Jaśkowski P., Biruk S., Minimizing the Duration of Repetitive Construction Processes with Work Continuity Constraints, *Computation* 7(1), 14
- [26] Dolabi H.R.Z., Afshar A., Abbasnia R., CPM/LOB scheduling method for project deadline constraint satisfaction, *Automation in Construction* 48, str. 107–118
- [27] Podolski M., Sroka B., Cost optimization of multiunit construction projects using linear programming and metaheuristic-based simulated annealing algorithm, *Journal of Civil Engineering and Management* 25(8), str. 848–857
- [28] Zou X., Fang S. C., Huang Y. S., Zhang L. H., Mixed-integer linear programming approach for scheduling repetitive projects with time-cost trade-off consideration, *Journal of Computing in Civil Engineering* 31(3), 06016003
- [29] Lucko G., Alves T. D. C., Angelim V. L., Challenges and opportunities for productivity improvement studies in linear, repetitive, and location-based scheduling, *Construction Management and Economics* 32(6), str. 575–594
- [30] Moreno F., Orozco F., Rojas O., Senior B., Poshdar M., Forcael E., A Fixed Start Scheduling Approach for Repetitive Construction Projects, *KSCIE Journal of Civil Engineering* 24, str. 1671–1682
- [31] Lucko G., Araújo L.G., Cates G.R., Slip chart-inspired project schedule diagramming: origins, buffers, and extension to linear schedules, *Journal of Construction Engineering and Management* 142(5), 04015101
- [32] Sroka B., Roslon J., Podolski M., Bożejko W., Burduk A., Wodecki M.: Profit optimization for multi-mode repetitive construction project with cash flows using metaheuristics, *Archives of Civil and Mechanical Engineering* 21(2), str. 1–17
- [33] Tran D. H., Chou J. S., Luong D. L., Optimizing non-unit repetitive project resource and scheduling by evolutionary algorithms, *Operational Research*, 1–27
- [34] Wang T., Abdallah, M., Clevenger C., Monghasemi S., Time-cost-quality trade-off analysis for planning construction projects, *Engineering, Construction and Architectural Management* 28(1), str. 82–100
- [35] Szczepanik M., Algorytmy rojowe w optymalizacji układów mechanicznych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice
- [36] Tomczak M., Metoda wykonania procesów wieloobiektowego przedsięwzięcia budowlanego, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin



RENOWACJE

X KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA
POD PATRONATEM
MINISTRA INFRASTRUKTURY
KOMITETU NAUKI PZITB
PREZYDENTA MIASTA ZIELONA GÓRA
REKTORA UNIwersYTETU ZIELONOGÓRSKIEGO

RENOWACJA BUDYNKÓW I MODERNIZACJA OBSZARÓW ZABUDOWANYCH

15–17 września 2021 r.
Zielona Góra

TEMATYKA KONFERENCJI

Tematyka konferencji obejmuje następujące zagadnienia:

- rewitalizacja zasobów budowlanych;
- problemy remontowe budynków i budowli;
- adaptacja obiektów na cele użytkowe;
- renowacja budynków zabytkowych;
- modernizacja obszarów zabudowanych;
- problemy finansowania rewitalizacji;
- zagadnienia materiałowe, konstrukcyjne i wykonawcze w zakresie remontów i renowacji;
- renowacja w zrównoważonym rozwoju budownictwa;
- inne zagadnienia towarzyszące tematyce konferencji.

CEL KONFERENCJI

Celem konferencji jest prezentacja aktualnych wyników badań w zakresie renowacji budynków i modernizacji obszarów zabudowanych. Do udziału w konferencji zapraszamy pracowników naukowych, projektantów, wykonawców, producentów materiałów budowlanych oraz pracowników administracji rządowej i samorządowej.

KOMITET NAUKOWY

prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz
– przewodniczący

SEKRETARZ NAUKOWY

dr inż. Artur Juszczyk

KOMITET ORGANIZACYJNY

dr hab. inż. Beata Nowogórska, prof. UZ
– przewodnicząca

WARUNKI UCZESTNICTWA

Kartę zgłoszenia uczestnictwa oraz streszczenia referatów należy przesłać na adres Komitetu Organizacyjnego:

Uniwersytet Zielonogórski

Institut Budownictwa „Renowacje”
ul. prof. Z. Szafrana 1, 65–516 Zielona Góra
tel. 068 3282 416; 068 3282 290;
e-mail: renowacje@ib.uz.zgora.pl

Aktualne informacje znajdują się na stronie internetowej: www.renowacje.uz.zgora.pl

Uwarunkowania środowiskowe inwestycji hydrotechnicznych i ich wpływ na harmonogram robót

Dr inż. Krystyna Araszkiewicz, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

1. Wprowadzenie

Budownictwo hydrotechniczne nie jest dominującą branżą w strukturze polskiego budownictwa, jednak w związku z realizowanymi w ostatnich latach strategicznymi programami inwestycji publicznych w tym obszarze prognozuje się, że w nadchodzących latach, począwszy od roku 2021, projekty hydrotechniczne dotyczące modernizacji i budowy zbiorników retencyjnych czy związane z zabudową regulacyjną rzek mogą odgrywać coraz większe znaczenie w portfelach firm budowlanych.

Wynika to z przewidywanych zmian na rynku, związanych także z obserwowanym wpływem pandemii Covid-19 na kondycję krajowego budownictwa. Autorzy raportu Polskiego Związku Pracodawców Budownictwa sygnalizują wysokie prawdopodobieństwo utrzymania relatywnie wysokich nakładów z budżetu centralnego na inwestycje publiczne w segmencie drogowym, kolejowym, energetycznym i hydrotechnicznym, których celem będzie wypełnienie luki po spadku poziomu inwestycji w segmencie samorządowym i prywatnym [1]. Podjęcie problematyki planowania i organizacji procesu inwestycyjnego związanego z budownictwem hydrotechnicznym jest w tym kontekście nie tylko interesujące, ale też istotne z praktycznego punktu widzenia.

2. Inwestycje hydrotechniczne jako środek realizacji celów zintegrowanej gospodarki wodnej w Polsce

Zaniedbana infrastruktura hydrotechniczna to jeden z czynników, które od dziesięcioleci powodują zły stan gospodarki wodnej w Polsce. Gospodarowanie wodami w sposób kompleksowy wymaga tymczasem nakładów nie tylko na bieżące utrzymanie istniejącej infrastruktury wodnej, w tym stopni wodnych, śluz żeglugowych, kanałów, zapór, zbiorników wodnych, budowli regulacyjnych czy wałów przeciwpowodziowych, ale również środków finansowych umożliwiających modernizację tej infrastruktury czy też realizację nowych inwestycji [2].

W roku 2017 Polska przystąpiła do tzw. Porozumienia AGN – Porozumienia o śródlądowych drogach wodnych międzynarodowego znaczenia. Zobowiązuje ono sygnatariuszy do przywrócenia żeglowności dróg wodnych i zapewnienia co najmniej IV klasy żeglowności (najniższa klasa

międzynarodowa). Kierunki działań służących realizacji tego celu zostały zdefiniowane w rządowym dokumencie strategicznym „Założenia do planów rozwoju śródlądowych dróg wodnych w Polsce na lata 2016–2020 z perspektywą do roku 2030”. Natomiast priorytety w gospodarowaniu wodami w Polsce wynikają w pierwszej kolejności z Ramowej Dyrektywy Wodnej, wpływającej na kształt polskich ram prawnych związanych z podejściem do wody jako dziedzictwa narodowego, które państwo jest zobowiązane chronić i zachować dla przyszłych pokoleń. Właściwe wdrażanie zasad gospodarowania wodami wymaga zintegrowanego podejścia do zaopatrzenia w wodę mieszkańców i gospodarki, bezpieczeństwa wodnego rozumianego jako ochrona przed powodzią i suszą, gospodarczego korzystania z wód przez sektory rolnictwa, energetyki, żeglugi, turystyki, a jednocześnie ochrony zasobów wodnych i zapewnienia ich dobrego stanu.

Zasoby wodne w Polsce kształtują się na jednym z najniższych poziomów w Europie. Średnia suma opadów atmosferycznych wynosi ok. 630 mm, czyli 196 km³ rocznie, podczas gdy wieloletnia średnia wartość przepływów rzecznych na mieszkańca Polski według danych Eurostat2 wynosi 1594 m³/os./rok. Natomiast wykorzystanie wody w postaci poboru bezzwrotnego i zwrotnego w stosunku do zasobów kraju (średnich) jest podobne, jak w Niemczech czy też Francji. Cechą zasobów wodnych w Polsce jest duża zmienność czasowa i przestrzenna, stąd jednym z zalecanych sposobów racjonalnego gospodarowania zasobami wodnymi jest retencja, umożliwiająca gromadzenie wody w sytuacji jej nadmiaru i oddawanie użytkownikom i środowisku przyrodniczemu w okresach niedoboru. Polskie zbiorniki retencyjne mieszczą tylko około 6–6,5% rocznego odpływu rzecznych, wskazuje się więc na ogromne znaczenie w perspektywie długookresowej zachowywania, rekultywacji i odtwarzania mokradeł, oczek wodnych i stawów na terenach wiejskich oraz odbudowy i rozbudowy retencji korytovej i gruntowej na terenach zurbanizowanych, m.in. poprzez redukcję uszczelnienia powierzchni w miastach, tworzenie błękitno-zielonej infrastruktury i regenerację małych cieków wodnych oraz odprowadzanie spływów burzowych na obszary okresowo zalewane [3, 4].

3. Specyfika planowania robót hydrotechnicznych

W procesie planowania organizacji robót hydrotechnicznych konieczna jest świadomość specyfiki tej branży. Wykonawstwo

w przypadku robót hydrotechnicznych charakteryzuje wiele cech, które są właściwe tylko temu rodzajowi prac budowlanych. Podstawowe budowle wodne na wodach śródlądowych, a tym samym ich realizacja, przebudowa czy rozbudowa podlegają bezpośredniemu oddziaływaniu cieków wodnych, stąd kluczowy jest charakter tych cieków i ich warunki hydrologiczne. Przedsięwzięcia inwestycyjne muszą być zaplanowane z uwzględnieniem wyników szczegółowej analizy istniejących i prognozowanych zmian w środowisku, obejmującej badania terenowe, hydrauliczne badania na modelach fizycznych i modelowanie matematyczne. Analiza powinna objąć warunki hydrometeorologiczne, dynamikę ruchu wody i rumowiska oraz stan ekosystemu. W procesie planowania już na etapie koncepcji technicznej i projektowania ważne są prognozowane zmiany klimatu i ich wpływ na zmiany warunków hydrologiczno-meteorologicznych. Konieczne jest uwzględnienie ryzyka pojawienia się zjawisk ekstremalnych, takich jak np. powódzie i susza – te zjawiska decydują o parametrach technicznych budowli i jej prognozowanym oddziaływaniu na środowisko [5]. Jedną z cech, które odróżniają prace budowlane obiektów hydrotechnicznych od wszystkich pozostałych, jest przepuszczanie wody podczas procesu budowy. Jednocześnie następuje sprzężenie zwrotne, wszelkie prace budowlane dotyczące urządzeń wodnych wiążą się z ingerencją w środowisko wodne, a rezultaty inwestycji długoterminowo mogą wpływać także na stan wód gruntowych na terenach przyległych na przykład do brzegu rzeki, co powoduje bardzo skomplikowany charakter oddziaływań przyrodniczych. Woda jest miejscem występowania wielu różnych organizmów żywych i równocześnie umożliwia funkcjonowanie ekosystemów lądowych zależnych od niej, takich jak na przykład siedliska dolin rzecznych, których funkcjonowanie jest uzależnione od okresowych zalewów. To powoduje, że najpierw zaprojektowanie, a potem również organizacja robót musi uwzględniać zarówno metody ochrony wznoszonych lub przebudowywanych obiektów przed przepływem wód, jak i kwestie związane z ochroną środowiska [6]. Roboty prowadzone na rzece nie powinny powodować przeszkody w przepływie wód rzeki, pochodzie lodu i w żegludze. Koncepcja organizacji budowy musi uwzględniać reżim hydrologiczny cieku, wartości przepływów charakterystycznych, zmienność stanów wody, parametry doliny rzecznej, jej wielkość i kształt, warunki geologiczne koryta rzeki, podłoża i skarp [7]. Harmonogram analizowanych robót jest określany przede wszystkim poprzez charakterystykę wezbrań i niżówek, określoną przez czas i prawdopodobieństwo ich występowania, istotna jest także charakterystyka zjawisk lodowych. Są to kluczowe determinanty okresów wzmożonych prac budowlanych i okresów przerw technologicznych, kiedy w związku np. z pochodem lodu trzeba przerwać roboty, np. bagrowanie. Z punktu widzenia ekonomicznej racjonalności procesu budowlanego jednym z ważnych kryteriów oceny koncepcji organizacji robót jest zapewnienie ciągłości robót. W przypadku robót

hydrotechnicznych to z kolei jedno z największych wyzwań z uwagi na wskazane wcześniej specyficzne cechy i uwarunkowania realizacji tych robót.

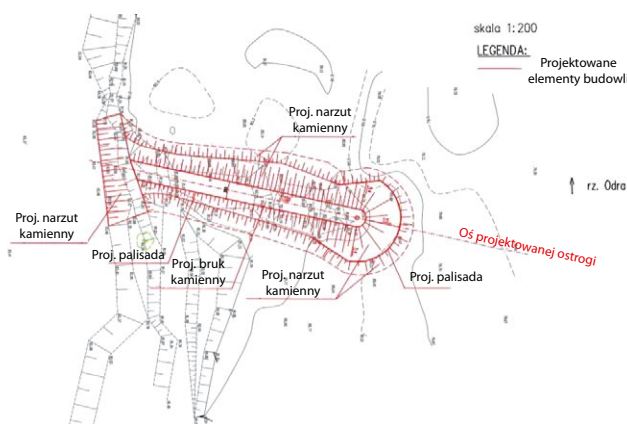
Na wysoki stopień skomplikowania działań planistycznych związanych z organizacją robót hydrotechnicznych wpływają również bardzo znacząco uwarunkowania dotyczące ochrony środowiska, określane w procesie oceny oddziaływania na środowisko. Wydawane w trybie administracyjnym decyzje określające środowiskowe uwarunkowania realizacji inwestycji określają między innymi ograniczenia dotyczące możliwości prowadzenia określonego rodzaju robót w danych miesiącach, adekwatnie do uwarunkowań biologicznych gatunków roślin i zwierząt podlegających ochronie. W decyzjach tych mogą być również określane działania kompensacyjne, które mają na celu przede wszystkim naprawienie szkód w środowisku, gdy nie jest możliwa ochrona poszczególnych elementów przyrody podczas realizacji inwestycji [6]. Przykładem bardzo szerokiego programu środków minimalizujących i kompensujących oddziaływania na biologiczne elementy stanu wód jest zestaw działań przewidzianych dla inwestycji dotyczącej przebudowy systemu regulacyjnego i urządzeń wodnych na Odrze granicznej [8, 9]. W przypadku analizowanego w ramach artykułu przedsięwzięcia inwestycyjnego, uwarunkowania środowiskowe, mające wpływ na sposób zaplanowania harmonogramu robót wynikają nie tylko z decyzji środowiskowej, ale także z Planu Zarządzania Środowiskiem. Jest to dokument, który obligatoryjnie powstaje w procesie planowania inwestycji objętych dofinansowaniem ze środków Banku Światowego – analizowana inwestycja jest jednym z przedsięwzięć tworzących kompleksowy Projekt Ochrony Przeciwpowodziowej w Dorzeczu Odry i Wisły, który jest programem rządowym objętym pożyczką udzieloną Polsce przez Bank Światowy.

3.1. Charakterystyka badanej inwestycji

Analizowane przedsięwzięcie dotyczy częściowej odbudowy urządzeń wodnych regulacyjnych na rz. Odra, w woj. lubuskim. System budowli regulacyjnych na Odrze swobodnie płynącej powstał w XIX w., a jego realizacja miała służyć zapewnieniu odpowiednich warunków żeglugowych na rzece. Z powodu braku środków na prace utrzymaniowo-rentowe stan istniejącej zabudowy poprzecznej w korycie rzeki uległ znaczącemu pogorszeniu, część ostróg została niemal całkowicie zniszczona, a średni stopień zniszczenia tych budowli szacuje się na około 35%. Łącznie odbudowie ma podlegać 341 ostróg, a zakres prac zależnie od obecnego stanu technicznego ma obejmować odbudowę samych głowic lub głowic z częścią lub całością korpusu ostrogi. Inwestycja obejmuje również likwidację 11 przemiałów z dna rzeki. Odcinki, na których wykonywana będzie odbudowa ostróg, nie tworzą zwartego pasma robót w korycie rzeki, poszczególne odcinki robót są oddalone od siebie w przedziale kilkudziesięciu do nieco ponad 1 km. Zaprojektowane rozwiązania architektoniczno-budowlane zakładają

odbudowę korpusów ostróg do uzyskania przez korony ostróg rzędnych poziomu średniej wody z wielolecia (SSW). Korpus ostrogi ma zostać odtworzony pod względem geometrii i następnie ubezpieczony przed rozmywaniem przez wody płynące poprzez zastosowanie bruku (ubezpieczenie korony) oraz narzutu kamiennego (ubezpieczenie skarp korpusu), które są układane na warstwie geowłókniny separacyjnej zabezpieczającej przed wynoszeniem cząstek gruntu przez wodę płynącą (rys. 1).

Zgodnie z założeniami projektowymi prace będą wykonywane zasadniczo w technologii „z wody”, bez zajęć terenów na skarpach brzegowych rzeki. Również transport materiałów ma się odbywać drogą wodną. Zaplanowano wykorzystanie kamienia i faszyny do odbudowy ostróg, materiały są pozyskiwane poza miejscem realizacji prac, natomiast możliwe jest wykorzystanie kamienia pozyskanego z odbudowywanych ostróg po stwierdzeniu przydatności materiału do wbudowania oraz po spełnieniu odpowiednich warunków związanych z ochroną środowiska.



Rys. 1. Plan sytuacyjny – przykładowy zakres odbudowy konstrukcji ostrogi [12]

3.2. Uwarunkowania wynikające z decyzji środowiskowej oraz Planu Zarządzania Środowiskiem ograniczające czas realizacji robót

Zgodnie z postanowieniami dokumentacji środowiskowej dla opisywanego przedsięwzięcia wykonawca ma za zadanie zapewnić harmonogram prowadzenia prac, dostosowujący terminy oraz lokalizację poszczególnych etapów robót budowlanych do wymagań decyzji środowiskowej i Planu Zarządzania Środowiskiem tak, aby organizacja robót ograniczała w możliwie największym stopniu negatywny wpływ tych robót na gatunki chronione występujące na obszarze realizacji inwestycji i w jej otoczeniu.

Dopuszczalny termin wycinki drzew i krzewów

Zgodnie z postanowieniami decyzji i PZŚ wycinka drzew i krzewów w zakresie niezbędnym do realizacji robót może być wykonywana poza okresem lęgowym ptaków, tj. w okresie od 16 października do końca lutego. W decyzji nie został zawarty zapis, umożliwiający przeprowadzenie wycinki

we wskazanym jako ograniczenie terminie, ale pod nadzorem ornitologa, co jest praktykowane i powoduje większą elastyczność harmonogramu robót.

Wyłączenie okresu tarła ryb z terminów wykonywania prac

Prace związane z usuwaniem nadmiaru osadów z dna koryta rzeki mogą być prowadzone poza okresem tarliskowym ryb występujących na terenach przeznaczonych do prac, tj. poza okresem od 1 marca do 31 sierpnia.

Ograniczenie terminów wykonywania prac ze względu na ochronę ptaków

W celu eliminacji zagrożenia, polegającego na zakłóceniu funkcjonowania chronionych gatunków ptaków, dla których ochrony wyznaczono obszar Natura 2000 OSO PLB080004 Dolina Środkowej Odry prace budowlane oraz hydrotechniczne można prowadzić poza okresem od 1 marca do 31 sierpnia.

Ochrona ichtiofauny przed podwyższonym stężeniem zawiesiny w wodach Odry

W celu ochrony ichtiofauny przed podwyższonym stężeniem zawiesiny w wodach Odry, prace należy realizować zgodnie z następującymi zasadami:

- w przypadku odnotowania stężeń zawiesiny wyższych niż 200 mg/l (w punktach monitoringowych zlokalizowanych ok. 500 m poniżej miejsc prowadzenia robót), intensywność prac musi zostać ograniczona, poprzez wprowadzenie 2-godzinnych przerw, co 2 godziny. W przypadku stwierdzenia stężeń >400 mg/l zawiesiny, prace muszą być niezwłocznie przerwane na okres co najmniej 24 godzin,
- wznowienie robót po każdej przerwie spowodowanej przekroczeniem stężeń musi być poprzedzone ponownym pomiarem stężenia zawiesiny w punkcie monitoringowym,
- wznowienie robót może odbyć się jedynie w warunkach stężenia zawiesiny poniżej 200 mg/l w punkcie monitoringowym.

Planując harmonogram robót, ich wykonawca musi uwzględnić powyższe uwarunkowania oraz jednocześnie warunki hydrologiczne rzeki, co może powodować bardzo duże ograniczenia w możliwości realizacji robót i znacząco komplikować planowanie harmonogramu. Hydrologię górnej i częściowo środkowej Odry kształtują opady oraz retencja zbiornikowa. Zasięg pięciu zbiorników retencyjnych zlokalizowanych w rejonie górnej Odry i wykorzystywanych do zasilania niszów na drodze wodnej sięga do przekroju Ścinawy w km 339,1 rzeki. Wielkość przepływu wody na pozostałym odcinku Odry swobodnie płynącej jest zmienna w czasie i zależy od wodności danego roku, jak również od określonego okresu w sezonie nawigacyjnym [10]. Poza niszówkami drugim potencjalnym utrudnieniem prowadzenia robót i transportu materiałów są podwyższone stany wody, co należy uwzględnić w ocenie ryzyka terminowego inwestycji planowanych na rzece i co w praktyce inwestycyjnej faktycznie uniemożliwiło

przewodzenie robót w ramach opisywanej inwestycji bezpośrednio w roku, kiedy roboty się rozpoczęły.

3.3. Konsultacje społeczne

13 maja 2021 r. weszła w życie ustawa o zmianie ustawy o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko oraz niektórych innych ustaw. Zgodnie z nowym art. 86g ust. 1, wprowadzonym ustawą nowelizującą, od decyzji o pozwoleniu na budowę, zezwolenia na realizację inwestycji drogowej oraz innych tego rodzaju decyzji zezwalających na inwestycję, wymienionych w ustawie, organizacjom ekologicznym oraz stronom postępowania o wydanie decyzji środowiskowej przysługuje prawo wniesienia odwołania oraz skargi. Głównym celem tej nowelizacji było dostosowanie polskiego prawa do przepisów dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/92/UE z dnia 13 grudnia 2011 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko. Wprowadzone przywołaną nowelizacją przepisy w sposób istotny zwiększyły zakres partycypacji społecznej w procesie inwestycyjnym. Z tego powodu bardzo ważne jest zaplanowanie i przeprowadzenie w rzetelny sposób konsultacji społecznych planowanej inwestycji.

W przypadku inwestycji hydrotechnicznych, które często budzą sprzeciw różnych grup społecznych, reprezentujących lokalną społeczność czy też organizacje pozarządowe, proces konsultacji społecznych powinien być prowadzony transparentnie i intensywnie od etapu koncepcji, poprzez cały okres prac przygotowawczych, związanych z pozyskiwaniem niezbędnych decyzji administracyjnych i prac projektowych. Obecny w ostatnich latach w Polsce i od dłuższego czasu na świecie trend cyfryzacji, również w budownictwie wiąże się z rozwojem technik i narzędzi ułatwiających komunikację w procesie konsultacji, głównie za pomocą wizualizacji 3D planowanych przedsięwzięć. Przykładami wykorzystania technik cyfrowych w procesie przygotowania inwestycji hydrotechnicznych są przedsięwzięcia Polskiego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie, RZGW w Rzeszowie, w ramach których wdrożono cyfrowe narzędzia wykorzystywane w metodzie zarządzania projektami BIM. Te przykładowe inwestycje dotyczą przebudowy Zbiornika Młynkówka oraz uszczelnienia i rozbudowy wału lewego rzeki San na terenie gminy Stalowa Wola i gminy Zaleszany. Wśród korzyści wprowadzenia modelowania parametrycznego w opracowywaniu rozwiązań projektowych wskazuje się usprawnienie procesu projektowania oraz udoskonalenie sposobu prezentacji inwestycji, między innymi na potrzeby konsultacji społecznych.

4. Podsumowanie

W artykule podjęto temat specyficznych cech procesu inwestycyjnego w budownictwie hydrotechnicznym i wpływ tej specyfiki na powstawanie ograniczeń w planowaniu robót

budowlanych, w znacznej większości wykonywanych bezpośrednio w korytach cieków wodnych. Koncepcja organizacji i prowadzenia budowy w taki sposób, aby istniała gwarancja odprowadzenia wód bez obawy uszkodzenia elementów już wzniesionych jest jednym z kluczowych wyników planowania. Niekiedy konieczne jest przerywanie części robót na dłuższy okres – na przykład kilku miesięcy, czasem roku lub paru lat – przy jednoczesnej konieczności zapewnienia dostatecznej monolityczności powiązań konstrukcyjnych wykonywanych przy wznowieniu prac. Ze względu na długotrwałość cykli roboczych powinny być z góry zaplanowane przerwy zimowe, ale ta zasada może być sprzeczna z terminami prowadzenia robót dopuszczalnymi w kontekście uwarunkowań środowiskowych.

Specyfika budownictwa hydrotechnicznego opisana w artykule jest powodem wysokich wymagań, które muszą spełnić w całym procesie inwestycyjnym przede wszystkim projektanci, geolodzy, geotechnicy oraz hydraulicy, uwzględniając konieczność interdyscyplinarnego podejścia oraz konieczność dopełnienia w procesie realizacji warunków realizacyjnych zdefiniowanych w decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, a w przypadku dofinansowania zewnętrznego określonych również w innych opracowaniach, takich jak na przykład Plan Zarządzania Środowiskiem.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Polski Związek Pracodawców Budownictwa: Sektor budownictwa w obliczu Covid-19, Warszawa, 2020
- [2] Majewski W., Co dalej z polską gospodarką wodną? Energetyka Wodna 3/2015, Warszawa, 2015
- [3] Kundzewicz Z. (red.), Zaleski J., Nachlik E., Januchta-Szostak A., Gospodarowanie wodą – wyzwania dla Polski, Nauka (1), Warszawa, 2021
- [4] Kledyński Z., O czym się mówi w gospodarce wodnej w Polsce? Budownictwo, Technologie, Architektura, Warszawa, 2020
- [5] Robakiewicz M., Badania wsparciem dla budownictwa wodnego, Magazyn Polskiej Akademii Nauk 2/62/2020
- [6] Czoch K., Kulesza K., Uwzględnianie aspektów ekologicznych w inwestycjach hydrotechnicznych, http://www.pogorzedynowskie.pl/data/referaty/VIIIIBS/ref_13_VIIIIBS.pdf
- [7] Bobiński E., Technologia i organizacja robót w budownictwie wodnym, Warszawa, 1977
- [8] Pchałek M., Prus P., Prace modernizacyjne na Odrze granicznej – Program środków minimalizujących i kompensujących oddziaływanie na biologiczne elementy stanu wód w rozumieniu Ramowej Dyrektywy Wodnej. Część I: Aspekty systemowo-prawne, Gospodarka Wodna 7/2019
- [9] Pchałek M., Prus P., Prace modernizacyjne na Odrze granicznej – Program środków minimalizujących i kompensujących oddziaływanie na biologiczne elementy stanu wód w rozumieniu Ramowej Dyrektywy Wodnej. Część II: Program środków minimalizujących i kompensujących oddziaływanie na elementy biologiczne stanu wód, Gospodarka Wodna 8/2019
- [10] Kreft A., Odra jako śródlądowa droga wodna łącząca porty morskie w Szczecinie i Świnoujściu z portami śródlądowymi, 6. Międzynarodowe Kolokwium Odry i Haweli, Świnoujście, 2012.
- [11] Bolt A., Jerzyło P., Wykorzystanie geosyntetyków w robotach modernizacyjnych i rewitalizacji infrastruktury dostępowej portów, 17.11.2015 Referat XIX Konferencja Naukowo-Techniczna Geotekstyli w Budownictwie i Ochronie Środowiska, Bielsko-Biała, 17-19.11.2015
- [12] Plan Zarządzania Środowiskiem. Kontrakt na roboty 1B.1/1 (a): Odbudowa zabudowy regulacyjnej rzeki Odra – przystosowanie do III klasy drogi wodnej, na odcinku od miejscowości Ścinawa do ujścia Nysy Łużyckiej – Etap II. Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej we Wrocławiu, Wrocław 2019

Współczesna technologia betonu i kierunki jej rozwoju w aspektach technicznym, ekonomicznym i ekologicznym

Prof. dr hab. inż. Jacek Gołaszewski, Katedra Inżynierii Procesów Budowlanych i Fizyki Budowli, Politechnika Śląska w Gliwicach

1. Wprowadzenie

Beton jest obecnie najważniejszym materiałem konstrukcyjnym w budownictwie. Jego właściwości można łatwo kształtować, dostosowując je do specyficznych wymagań architektonicznych i konstrukcyjnych oraz warunków wykonania i eksploatacji, a przy tym jest materiałem relatywnie tanim i przyjaznym dla środowiska. Beton jest przy tym jedynym materiałem konstrukcyjnym, który jest samodzielnie projektowany i wykonywany przez inżynierów budownictwa. Efektywne stosowanie betonu jest więc ściśle związane z jego technologią i jej rozwojem. W artykule, opracowanym w oparciu o szeroki przegląd literatury (wybrane pozycje [1–19] zestawiono w bibliografii), przedstawiono główne kierunki rozwoju technologii betonu, uwzględniając aspekty techniczne, ekonomiczne oraz, co obecnie szczególnie ważne, ekologiczne, przeanalizowano ich potencjał wdrożeniowy.

2. Technologia betonu i główne tendencje jej rozwoju

Technologia betonu zajmuje się problematyką kształtowania struktury i właściwości betonu odpowiednio do wymagań konstrukcyjnych i użytkowych, procesami produkcji betonu i wykonania z niego konstrukcji, elementów i wyrobów oraz ich eksploatacją w zakresie diagnostyki i ewentualnie napraw. Na pierwszy plan wsuwają się następujące zagadnienia:

- wpływ właściwości składników i składu betonu na jego właściwości,
- optymalne do stawianych wymagań projektowanie składu betonu,
- metody i środki techniczne produkcji i wykonania betonu przy wytwarzaniu konstrukcji, prefabrykatów i wyrobów z betonu oraz ich wpływ na właściwości betonu,
- pielęgnacja betonu w zależności od warunków jego dojrzewania i jej wpływ na właściwości betonu,
- utrzymanie właściwości betonu przez cały okres jego eksploatacji na wymaganym poziomie (diagnostyka i naprawy),

- wpływ na środowisko składników betonu, betonu i procesów jego wytwarzania.

Ważnym zadaniem związanym z technologią betonu jest opracowanie odpowiednich metod badania i kontrolowania właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu, zwłaszcza w aspekcie oceny jego trwałości. Postęp w technologii betonu pozwala na coraz lepsze wykorzystanie potencjału i możliwości materiałów wchodzących w skład betonu, skuteczne kształtowanie właściwości betonu w celu spełnienia stawianych mu coraz trudniejszych wymagań oraz wykonywanie betonów w trudnych warunkach technicznych. Stosowane są nowe materiały, betony i technologie.

Jak wiadomo, obecnie największy wpływ na politykę globalną ma idea zrównoważonego rozwoju, która zwłaszcza w krajach rozwiniętych determinuje kierunki rozwoju technicznego we wszystkich ważnych gałęziach gospodarki, w tym oczywiście również w budownictwie. Rozwój technologii betonu jest również stymulowany przede wszystkim przez uwarunkowania ekologiczne wynikające z konieczności spełnienia wymagań zrównoważonego budownictwa oraz uwarunkowania ekonomiczne, w dużej mierze również wynikające z wymagań ekologicznych. Dąży się ku temu, aby:

- beton charakteryzował się dobrze zdefiniowaną użytecznością, a więc składem i właściwościami optymalnie dobranymi ze względu na miejsce i warunki jego wykonania i zastosowania,
- konstrukcje z betonu charakteryzowały się odpowiednią do potrzeb trwałością,
- technologia wykonania betonu i stosowane środki techniczne umożliwiały jednocześnie minimalizację wpływu na środowisko, niską energochłonność, pracochłonność i poprawę warunków pracy, mieszanka betonowa charakteryzowała się odpowiednimi do warunków jej wykonania właściwościami, zwłaszcza urabialnością, dając możliwość prawidłowego i łatwego wykonania wszelkiego rodzaju konstrukcji i elementów betonowych, w różnych warunkach środowiskowych i zwłaszcza konstrukcji o skomplikowanych kształtach i gęstym zbrojeniu,
- koszt wykonania betonu i konstrukcji był możliwie niski.

Beton o dobrze zdefiniowanej użyteczności można uzyskać poprzez równoczesne działania obejmujące:

- dobór jakościowy składników (stosowanie cementów niskoemisyjnych, spoiw alternatywnych, materiałów z recyklingu, materiałów odpadowych, wykorzystanie materiałów dostępnych lokalnie),
- dobór składu (minimalizacja objętości zaczynu i ilości cementu, komponowanie kruszywa o szczelnym uziarnieniu i stosowanie lokalnie dostępnego kruszywa z recyklingu),
- dobór technologii wykonania konstrukcji (prefabrykacja – konstrukcja monolityczna, minimalizacja energochłonności i pracochłonności procesów, skrócenie czasu wykonania konstrukcji).

Trwałość konstrukcji z betonu uzyskuje się poprzez ich projektowanie z uwzględnieniem przewidywanego czasu użytkowania, optymalizację jakościową i ilościową składu betonu odpowiednio do warunków środowiska i agresywnych czynników w nim występujących. Wymagania dla trwałości betonu, a w konsekwencji dla jego składników i składu definiuje się na podstawie analizy warunków środowiskowych pracy konstrukcji w połączeniu z przewidywanym czasem jej użytkowania. W celu zapewnienia odpowiedniej trwałości betonu projektuje się betony specjalne, np. wysokowartościowe, wodoszczelne czy odporne na działanie siarczanów, o składzie jakościowo i ilościowo optymalizowanym pod kątem przewidywanego działania agresywnego środowiska. Betony takie stosuje się z myślą o bardzo długim użytkowaniu konstrukcji, co wiąże się z koniecznością stosowania dobrych jakościowo i drogich składników oraz dużej ilości cementu. Należy podkreślić, że o uzyskaniu trwałej konstrukcji w dużym stopniu decyduje technologia wykonania betonu, w tym zwłaszcza jej optymalizacja ze względu na warunki dojrzewania betonu.

Choć tradycyjna technologia procesów wykonania betonu może być uznana za obojętną dla środowiska, podejmowane są działania w celu dalszego zmniejszenia jej wpływu na środowisko. Obejmują one stosowanie niskoenergetycznych i niskoemisyjnych środków technicznych, stosowanie mieszanek betonowych o konsystencji możliwie płynnej (o konsystencji S4 i wyższej), rozwiązań technologicznych umożliwiających redukcję odpadu i recykling niezużytej mieszanki oraz stosowanie betonów o specjalnie kształtowanych właściwościach. Przykładami takich betonów mogą być: beton samozagęszczalny czy beton o wysokiej wytrzymałości wczesnej, dzięki którym można zmniejszyć zużycie energii (poprzez wyeliminowanie procesu zagęszczania mieszanki betonowej, ograniczenie procesu obróbki termicznej przy produkcji prefabrykatów) i poprawić warunki pracy (poprzez eliminację wibracji i hałasu).

Rzeczony rozwój technologii betonu przebiega więc przede wszystkim w kierunku uzyskania betonu o dobrze zdefiniowanej użyteczności, o minimalnym wpływie na środowisko, betonu trwałego i wytrzymałego, ale jednocześnie nie kruchego, łatwego i możliwie samoobsługowego w wykonaniu (betony

samozagęszczalne, samopielęgnujące) i użytkowaniu (betony samoczyszczące, samodiagnostujące, samoleczące) oraz o szczególnych, dodatkowych funkcjonalnościach (betony redukujące zanieczyszczenia, magazynujące ciepło).

3. Projektowanie betonu i konstrukcji z betonu

Uzyskanie betonu użytecznego wymaga zmiany obecnego podejścia do jego projektowania. Projektując beton użyteczny, należy kompleksowo uwzględniać wymagania użyteczności konstrukcji, prowadząc je w oparciu o podejście holistyczne, w którym wymagane właściwości betonu wynikają z warunków technicznych, ekonomicznych, ekologicznych i społecznych określonych na podstawie analizy całego cyklu życia konkretnej konstrukcji. Beton użyteczny musi więc spełnić warunki, które obecnie są brane pod uwagę przy jego projektowaniu, np. zdolność do recyklingu po zakończeniu użytkowania konstrukcji. Powinno to umożliwić uzyskanie oczekiwanych właściwości użytkowych betonu przy minimalizacji obciążenia środowiska, choć na pewno nie przy minimalizacji kosztów jego wykonania (przede wszystkim ze względu na koszt materiałów, o czym dalej). Podjęto już próby opracowania metod projektowania betonu kompleksowo uwzględniających wymagania technologiczne, wytrzymałości i trwałości, ekonomiczne (np. LCC) i ekologiczne (np. CF) wynikające z analizy cyklu życia (LCA) elementu lub konstrukcji. Barię do skutecznego stosowania tych metod jest jednak brak odpowiednio szczegółowych danych w zakresie oddziaływania na środowisko poszczególnych procesów pozyskania składników betonu, wykonania betonu i konstrukcji oraz eksploatacji betonu w konstrukcji. Problemem jest również projektowanie betonów o odporności dostosowanej do czasu użytkowania betonu w danym środowisku. Dążenie do stosowania materiałów lokalnych, w tym zwłaszcza odpadowych i z recyklingu, musi skutkować większą indywidualizacją składników i składów betonu oraz niepewnością co do jego właściwości, a zwłaszcza trwałości. Projektowanie użytecznego betonu wymaga więc gruntownej wiedzy o składnikach i efektach ich stosowania, pozwalającej w zależności od zmienności ich właściwości zastosować odpowiedni ich rodzaj, ilość i kombinację. Konieczne jest tutaj opracowanie szybkich, prostych i tanich metod badania i oceny właściwości składników i betonu, zwłaszcza trwałości betonu w warunkach możliwie adekwatnych do rzeczywistych warunków pracy konstrukcji (z uwzględnieniem obciążenia eksploatacyjnego).

Możliwość wykonania betonów o dużej wytrzymałości i odpornych na agresywne oddziaływanie środowiska, nawet w skomplikowanych warunkach technologicznych, pozwala na projektowanie konstrukcji o dużej ilości zbrojenia i skomplikowanych kształtach, a przy tym smuklejszych i lżejszych. Stosowanie takich betonów pozwala również na znaczące zmniejszenie zużycia betonu i stali zbrojeniowej w konstrukcji. Obok korzyści technicznych istotne są również nowe

możliwości w zakresie swobody architektonicznego kształtowania konstrukcji (beton architektoniczny) oraz o dodatkowych funkcjach użytkowych, takich jak magazynowanie energii (betony z materiałem zmiennofazowym akumulującym ciepło) czy usuwanie ze środowiska zanieczyszczeń (betony samoczyszczące). Ma to bardzo pozytywny, choć trudny do wyrażenia w wymiarze ekonomicznym wpływ na środowisko funkcjonowania człowieka.

Projektowanie betonu staje się bardziej skomplikowane, a więc droższe. Są to jednak wydatki jednorazowe, których wpływ na koszt betonu, a zwłaszcza koszt konstrukcji z betonu w kontekście skali jego produkcji i cyklu życia obiektu z niego wykonanego nie jest istotny.

4. Technologia i technika procesów wykonania betonu

Technologia produkcji, układania i zagęszczania mieszanki oraz pielęgnacji betonu nie zmienia się istotnie w czasie ostatnich lat, nie należy się również spodziewać istotnego rozwoju w tym zakresie. Poziom techniczny i możliwości wytwórni betonu (w zakresie układów sterujących, systemów dozowania, kontroli ilości dodawanej wody i ochrony środowiska) oraz sprzętu wykonawców betonu (dostosowanie do różnych rodzajów betonów, wydajność, trwałość i bezpieczeństwo użytkowania, zdalne sterowanie) jest całkowicie wystarczający do wykonywania pełnej gamy betonów, w tym betonów użytecznych i specjalnych, o zindywidualizowanym składzie, ze składników o zmiennych właściwościach oraz uzyskanie powtarzalnych właściwości betonu nawet w trudnych warunkach technologicznych. Beton użyteczny nie jest jednak betonem łatwym do prawidłowego wykonania. Problemem może w tym przypadku być nie poziom techniczny (choć może być konieczna rozbudowa węzłów betoniarskich ze względu na konieczność stosowania większej liczby różnych składników, w tym szczególnie materiałów odpadowych i z recyklingu oraz frakcjonowanych kruszyw), ale brak siły roboczej o odpowiednich kwalifikacjach. Z jednej strony jest to istotny czynnik ryzyka rozwoju technologii betonu, utrudniający wdrożenie nowych rozwiązań. Z drugiej strony jest to czynnik stymulujący dążenie do opracowania i wdrażania betonów autotechnologicznych, takich jak samozagęszczalne czy samopielęgnujące. W związku z brakiem kadr można się spodziewać większej automatyzacji i robotyzacji procesów wykonania betonu, głównie w prefabrykacji.

Obok stosowania betonów użytecznych, głównymi tendencjami rozwojowymi w prefabrykacji są: indywidualizacja projektowania i produkcji prefabrykatów, obniżenie ich ciężaru oraz zwiększenie jakości wykończenia. Dzięki temu wzmacnia się jej pozycja nie tylko w budownictwie przemysłowym oraz infrastruktury komunikacyjnej i energetycznej (gdzie już jest silna), ale otwiera się możliwość większego wykorzystania prefabrykacji w budownictwie mieszkaniowym (dzięki

indywidualizacji projektów, szybkiemu wykonaniu dobrej jakościowo konstrukcji oraz niższemu kosztowi). Prefabrykacja, dzięki sterowanym warunkom produkcji i możliwości ścisłej kontroli jakości, pozwala na lepsze wykorzystanie potencjału wynikającego z modyfikacji materiałowych betonu oraz stosowania betonów specjalnych. Na przykład, beton samozagęszczalny eliminuje konieczność zagęszczania wibracyjnego mieszanki, co pozwala na radykalną poprawę warunków pracy, beton wysokowartościowy dzięki dużej wytrzymałości wczesnej eliminuje konieczność termicznego przyspieszania dojrzewania, co pozwala obniżyć energochłonność produkcji bez zmniejszenia jej wydajności. Stosując betony o wytrzymałości 60–100 MPa, można zmniejszyć ciężar elementów i ilość zbrojenia konstrukcyjnego, co prowadzi do znacznych oszczędności materiałowych (również w wyniku zmniejszenia wymiarów innych elementów we wznoszonym obiekcie). Tylko prefabrykacja daje możliwość stosowania betonów ultrawysokowartościowych oraz z proszków reaktywnych (o wytrzymałości do 250 MPa). Wdrożenie technologii tych betonów jest jednak problematyczne, co wynika zarówno z wysokiego kosztu samego betonu (konieczność stosowania zbrojenia rozproszanego i dużej ilości cementu), jak i z wysokiego kosztu i energochłonności produkcji elementów (konieczna jest autoklawizacja), co generuje koszt elementów trudny do zaakceptowania przez potencjalnych inwestorów. Ważnym aspektem dla rozszerzenia stosowania prefabrykatów jest konieczność wdrożenia systemów ich łączenia pozwalających nie tylko na łatwy montaż, ale również na łatwy demontaż. Przy dużej trwałości prefabrykatów, zwykle znacznie większej niż czas użytkowania budynku czy budowli, da to możliwość wielokrotnego ich wykorzystania. Kwestią wymagającą rozwiązania jest również zaprojektowanie takich połączeń elementów, które będą przenosić większe obciążenia przy zmniejszonej powierzchni styku.

Technologią, która obecnie uważana jest powszechnie za technologię przyszłości, jest druk 3D. Technologia ta potencjalnie umożliwia za pomocą stosunkowo prostego urządzenia uzyskać element bądź wręcz całą konstrukcję o niemal dowolnym kształcie przy ograniczeniu liczby pracowników oraz znaczącej robotyzacji i automatyzacji procesu. Pod względem materiałowym druk 3D w budownictwie może być realizowany głównie poprzez beton lub materiały betonopodobne o specjalnych właściwościach, posiadające równocześnie zdolność do łatwego ułożenia i do bardzo szybkiego wiązania i przyrostu wytrzymałości. Technologia ta znajduje się obecnie w fazie eksperymentalnej, znane są dość liczne przykłady wykorzystania druku 3D betonu, głównie do wykonania elementów prefabrykowanych lub prostych obiektów. Doświadczenia te wykazały obok wyżej wymienionych korzyści szereg bardzo istotnych barier i problemów, związanych głównie z trudnością wykonania elementów bardziej skomplikowanych niż ściana bez otworów, elementów i konstrukcji zbrojonych, jakością wykończenia powierzchni

oraz zaprojektowaniem betonu do druku o odpowiednich właściwościach. Rozwój technologii druku 3D całych obiektów zdaje się obecnie znajdować w fazie zastoju, wciąż jednak prowadzone są intensywne prace badawczo-rozwojowe wskazujące na celowość jego stosowania w prefabrykacji oraz do wykonania niektórych elementów konstrukcji. Obiecującym kierunkiem jest wykorzystanie w druku 3D fibrobetonów, zwłaszcza w aspekcie ograniczenia stosowania zbrojenia tradycyjnego. Należy przy tym zaznaczyć, że technologia druku 3D nie jest tania. Przeprowadzone analizy wskazują, że koszt wykonania obiektów mieszkalnych w druku 3D nie odbiega lub nawet jest wyższy niż w przypadku technologii tradycyjnych. Wydaje się więc, że w najbliższych dekadach technologia druku 3D będzie stosowana głównie do wykonania nietypowych elementów prefabrykowanych o skomplikowanych kształtach, nie wpływając jednocześnie istotnie na zakres stosowania tradycyjnych technologii i technik betonu.

5. Modyfikacje materiałowe betonu

Modyfikacje materiałowe betonu stanowią najbardziej obiecujący kierunek rozwoju technologii betonu, umożliwiając poprawę właściwości betonu przy jednocześnie stosunkowo niewielkich kosztach i z korzyścią dla środowiska. Nie wymagają przy tym istotnej ingerencji w środki techniczne procesów produkcji i wykonania betonu. Modyfikacje materiałowe obejmują: modyfikowanie i doskonalenie dotychczas stosowanych materiałów (zwłaszcza cementów, dodatków do betonu i domieszek), rozwijanie technologii betonów specjalnych (np. samozagęszczalnych, wysokowartościowych, wodoszczelnych, fibrobetonów) oraz opracowywanie i weryfikowanie przydatności nowych materiałów, w tym materiałów odpadowych i z recyklingu.

Rozwój cementów jest ukierunkowany na zmniejszenie negatywnego wpływu ich produkcji na środowisko. Koncentruje się on na jak najszerzym stosowaniu nieklinkierowych dodatków do cementu (efektywne stosowanie w możliwie dużej ilości nieklinkierowych składników, takich jak żużel, kamień wapienny, popioły lotne, w tym wapienne i fluidalne oraz inne składniki w cementach CEM II–CEM VI) oraz na wdrażaniu nowych rodzajów cementów (np. cementy belitowe, cementy siarczanoglinowe CSA). Warto również zauważyć intensywne badania nad geopolimerami, których celem jest zastąpienie nimi cementu portlandzkiego, a w konsekwencji uzyskanie znacznie mniejszego obciążenia środowiska emisją CO₂. Dotychczas jednak geopolimery nie znalazły zastosowania na szeroką skalę w budownictwie. Barierą są wysokie koszty i trudności technologiczne związane ze stosowaniem aktywatorów, nierekompensowane znacząco lepszymi właściwościami geopolimerów w zakresie typowych zastosowań betonu. Duży koszt oraz ograniczone możliwości produkcji spoiw alternatywnych powoduje, że dominująca pozycja klasycznych cementów powszechnego użytku w technologii betonu nie ulegnie

zmianie. Czynnikiem istotnie wpływającym na koszt cementu będzie przy tym polityka klimatyczna i koszt emisji CO₂. Problemem staje się również dostępność dobrej jakości nieklinkierowych składników cementu. W obliczu mniejszej podaży i wzrostu kosztu najważniejszych dodatków do cementu – żużla wielkopiecowego S i popiołów lotnych krzemionkowych V – podejmowane są intensywne działania w kierunku wdrożenia alternatywnych składników nieklinkierowych o zbliżonych właściwościach, np. popiołów lotnych wapiennych W, prażonych glin kaolinitowych czy efektywniejsze wykorzystanie dostępnych dodatków nieaktywnych, np. kamienia wapiennego. Obiecującą koncepcją jest indywidualizacja produkcji cementów o składzie, uziarnieniu i właściwościach dopasowanych do wymagań technologicznych i trwałościowych określonej realizacji, w tym cementów z domieszkami, np. cementów napowietrzających beton. Takie cementy można optymalizować ze względu na specyficzne wymagania danej realizacji, uzyskując korzyści ekonomiczne i ekologiczne. Możliwości techniczne takiej produkcji cementów już istnieją, wymagana jest jednak rozbudowa możliwości technicznych składowania wielu składników cementu o różnych właściwościach.

Kluczowym dla rozwoju betonu i jego technologii jest postęp w zakresie domieszek do betonu. Istniejące domieszki są stale doskonalone, wprowadzane są nowe rodzaje o specyficznych efektach działania (np. domieszki tiksotropowe, przeciwskurczowe). Postęp w zakresie chemii polimerów oraz nanotechnologia pozwalają na kształtowanie budowy polimerów ze względu na pożądane efekty ich działania w betonie, dzięki czemu dostępne są domieszki o coraz większej efektywności i dopasowane do specyficznych potrzeb i wymagań. Wszystko to rozszerza możliwości technologiczne, ułatwiając prawidłowe wykonanie betonu w coraz trudniejszych warunkach oraz umożliwiając modyfikowanie i kształtowanie struktury betonu w kierunku uzyskania betonu użytecznego oraz betonu o specjalnych właściwościach. Co warto zauważyć, powszechne stosowanie domieszek sprawia, że ich koszt utrzymuje się na stosunkowo niskim poziomie i zwykle nie wpływa istotnie na koszt betonu.

Kierunkiem rozwoju technologii betonu o strategicznym znaczeniu jest stosowanie jako składników w betonie materiałów odpadowych pochodzących z różnych gałęzi przemysłu i gospodarki oraz materiałów z recyklingu. Jest to przy tym jedna z podstawowych koncepcji utylizacji odpadów, nieraz bardzo egzotycznych czy nawet kontrowersyjnych, w tym odpadów uznawanych za szkodliwe. Stosowanie materiałów odpadowych i z recyklingu, obok bezpośrednich korzyści środowiskowych związanych z ich utylizacją, daje możliwość zmniejszenia zużycia cementu i/lub naturalnego kruszywa. Szczególne znaczenie ma recykling materiałów z rozbieranych konstrukcji. Stosowanie kruszywa z recyklingu, w tym zwłaszcza z rozbiórki konstrukcji betonowych do produkcji pełnowartościowego betonu staje się koniecznością. Z jednej strony zauważalny jest bowiem deficyt kruszyw naturalnych,

w tym szczególnie piasku. Z drugiej strony jest to sposób na utylizację konstrukcji i wyeliminowanie konieczności składowania dużych ilości odpadu, pozwalający wykorzystać zasoby lokalne do produkcji betonu i zmniejszyć obciążenie środowiska transportem, zarówno odpadu, jak i kruszywa. Jak dotąd szersze zastosowanie praktyczne w technologii betonu znalazły tylko nieliczne materiały odpadowe i z recyklingu. Są to przede wszystkim znane i stosowane od lat wzmiankowane wcześniej popioły lotne ze spalania węgla kamiennego, żużel wielkopiecowy, pył krzemionkowy, które są stosowane jako składniki cementu lub dodatki do betonu typu II. Ich potencjał techniczny wciąż nie jest wyczerpany i mogą być wykorzystane efektywniej. W przypadku tych materiałów problemem jest jednak, ze względu na ograniczenie rozwoju energetyki opartej na spalaniu węgla oraz produkcji stali, malejąca ich dostępność i znacząco rosnący koszt, co istotnie wpływa na koszt cementu i betonu. Do betonu stosowane są również kruszywa z recyklingu, w tym zwłaszcza pochodzące z recyklingu betonu, jednak na dużo mniejszą, niż wynikałoby to z możliwości, skalę. Problemem są tutaj: wysoki koszt produkcji kruszywa z recyklingu, zwykle większy niż koszt kruszywa naturalnego, gorsza od kruszyw naturalnych i trudniejsza do kontroli jakość kruszywa z recyklingu, problemy technologiczne z wykonaniem betonu z kruszywem z recyklingu oraz gorsze właściwości betonu z kruszywem z recyklingu.

Działania w celu zwiększenia wykorzystania materiałów odpadowych i z recyklingu są obecnie intensyfikowane na różnych poziomach, należy się więc spodziewać rozszerzania zakresu ich stosowania i wprowadzania nowych ich rodzajów. W najbliższym czasie będzie to dotyczyć, obok kruszyw z recyklingu betonu takich materiałów, które są już pozytywnie i gruntownie zweryfikowane w zakresie możliwości stosowania do betonu, jednak z różnych względów uważane są za mniej przydatne i stosunkowo rzadko stosowane (np. dostępne w dużych ilościach popioły różnego pochodzenia, w tym popioły lotne wapienne, zużyte piaski formierskie, kruszywa z recyklingu ceramiki, metakaoliny, zeolity). Należy zaznaczyć, że o ile stosowanie materiałów odpadowych i z recyklingu do betonu jest kierunkiem słusznym i rozwojowym, o tyle jego wdrożenie na szeroką skalę nie będzie zadaniem łatwym. Praktyczna aplikacja jakiegokolwiek materiału w betonie nie jest możliwa bez zdobycia gruntownej wiedzy o jego właściwościach i wpływie na właściwości betonu. Z licznych badań efektów stosowania różnych materiałów odpadowych i z recyklingu wypływają wnioski, że charakteryzują się one dużą zmiennością właściwości, często są dostępne tylko lokalnie i w ograniczonej ilości, nie spełniają wielu wymagań stawianych obecnie składnikom betonu, nie wpływają pozytywnie na właściwości betonu, co więcej beton z nich wykonany z trudem osiąga akceptowalne właściwości. Tak więc potencjalne korzyści z ich stosowania do betonu związane są przede wszystkim z możliwością redukcji uciążliwych dla środowiska składowisk. Często możliwość

stosowania materiałów odpadowych i recyklingu do betonu wymaga ich wcześniejszego uzdatniania, co wiąże się z dodatkowymi, dużymi kosztami i trudnym do oceny obciążeniem środowiska. Reasumując, w efekcie stosowania tych materiałów nie należy więc oczekiwać redukcji kosztu betonu czy kosztu konstrukcji w cyklu jej życia. Trzeba tutaj podkreślić, że w zdecydowanej większości przypadków propozycjom stosowania różnych materiałów do betonu towarzyszy brak wnikliwej analizy środowiskowej, ekonomicznej i technicznej możliwości i celowości ich stosowania w betonie. Zauważalne jest też niedocenywanie aspektów technicznych i technologicznych stosowania tych materiałów.

Nanotechnologia i nanomateriały są najważniejszym trendami rozwoju początku XXI w., o trudnym do przecenienia (ale i oceny) potencjale technicznym i społecznym. Nie ominęły one również technologii betonu, nanotechnologia jest np. powszechnie stosowana w produkcji nowych rodzajów domieszek do betonu i doskonaleniu istniejących. Poza domieszkami, obecnie najczęściej stosowanymi nanomateriałami w betonie są nanocementy umożliwiające uzyskanie betonów samoczyszczących i redukcję NO_x (Tiocem) oraz nanokrzemionka umożliwiająca uzyskanie betonu o wyjątkowo szczelnej strukturze. W obu przypadkach zakres ich stosowania praktycznego jest jednak marginalny, głównie ze względu na bardzo wysoki koszt przy jednocześnie problematycznej użyteczności. Prowadzone są badania efektów stosowania w betonie różnych nanomateriałów, w tym grafenu i jego pochodnych, wskazujące, że dzięki nim można nadać betonowi nowe właściwości konstrukcyjne i architektoniczne, uzyskać możliwość monitoringu stanu betonu w konstrukcji oraz nadać mu zdolności do samonaprawy. Stosowanie nanomateriałów w betonie napotyka jednak szereg barier, z których najważniejsze są: ich bardzo wysokie koszty, negatywny wpływ na zdrowie i trudności z uzyskaniem mieszanki betonowej o akceptowalnej urabialności. W związku z tym wydaje się, że w dającej się przewidzieć przyszłości praktyczna aplikacja nanomateriałów bezpośrednio w betonie będzie bardzo ograniczona, choć nanotechnologia będzie stanowić ważny element modyfikacji składników betonu (nanocementy, domieszki i dodatki).

Obecne uregulowania normowe, poprzez koncepcję równoważnych właściwości użytkowych betonu i koncepcję kombinacji równoważnych właściwości, umożliwiają projektowanie i stosowanie betonów o składzie istotnie odbiegającym od wymagań co do rodzaju i ilości składników. Dotyczy to zwłaszcza wymogów minimalnej zawartości cementu, maksymalnego stosunku w/c oraz kombinacji cementu i dodatków mineralnych, które mogą być uwzględnione w tych wymaganiach. W takim przypadku konieczne jest zweryfikowanie, czy właściwości betonu, zwłaszcza te związane z odpornością na oddziaływanie środowiska, są równoważne z właściwościami betonu referencyjnego, o składzie zgodnym z wymaganiami dotyczącymi danej klasy ekspozycji. Umiejętne korzystanie z tych możliwości pozwala na uzyskanie korzyści

ekonomicznych i ekologicznych, a zwłaszcza stosowanie w praktyce betonów o specyficznym składzie i składnikach. Dotyczy to zwłaszcza betonów niskoemisyjnych (ang. *green concrete*) oraz betonów autotechnologicznych. Betony niskoemisyjne charakteryzują się przede wszystkim: przy mniejszej ilości spoiwa osiąganiem takiej samej wytrzymałości i trwałości jak beton konwencjonalny, intensywnym wykorzystaniem materiałów odpadowych i z odzysku oraz niskoenergetycznymi metodami wykonania. Takie betony choć potencjalnie atrakcyjne, wymagają jeszcze starannych i systematycznych badań, gdyż mała ilość spoiwa przy relatywnie dużym stosunku w/c może skutkować obniżoną trwałością. Rozwój betonów autotechnologicznych skupia się na kwestiach pielęgnacji, zwłaszcza zakresie zmniejszenia ryzyka powstawania uszkodzeń betonu w początkowym okresie dojrzewania betonu, w wyniku naprężeń termicznych i skurczowych. W tym celu wykorzystuje się różne rozwiązania materiałowe, stosując obok cementów o niskim cieple hydratacji domieszki przeciwskurczowe, materiały ekspansywne, gromadzące ciepło (materiały zmiennofazowe PCM) i materiały gromadzące wodę. Koszt takich betonów jest większy, jednak dzięki poprawie trwałości konstrukcji korzyści ekonomiczne w cyklu życia mogą być znaczące. W niektórych przypadkach można również ograniczyć czy wręcz wyeliminować zbrojenie przeciwskurczowe w konstrukcji, co bezpośrednio zmniejsza jej koszt.

6. Użytkowanie i rozbiórka konstrukcji

Zaletą dobrze zaprojektowanego i wykonanego betonu jest to, że konstrukcja z niego wykonana nie wymaga działań związanych z jej utrzymaniem i nie generuje dodatkowych kosztów podczas jej użytkowania. Należy jednak zauważyć, że długotrwałe użytkowanie konstrukcji wymaga monitorowania jej stanu, warunków, w których pracuje (zwłaszcza czy nie ulegają one zmianom) i szybkiego reagowania wtedy, gdy wystąpią problemy. W przypadku wystąpienia uszkodzeń naprawa konstrukcji betonowej jest bowiem problematyczna i generuje duże koszty. Obecnie prowadzi się działania w celu opracowania i wdrożenia systemów monitoringu stanu konstrukcji z betonu, postępu jego starzenia, rozwiązań umożliwiających diagnostykę betonu oraz bardziej efektywnych systemów naprawczych, przy czym szczególnym rozwiązaniem w tym zakresie jest technologia betonów samoleczących. Kompleksowe stosowanie wyżej wymienionych rozwiązań może pozwolić w dalszej przyszłości na uzyskanie bezobsługowej konstrukcji z betonu, choć wiąże się to bez wątpienia z większym kosztem jej wykonania. W zakresie monitorowania stanu konstrukcji i technologii betonów samoleczących prowadzone są badania oraz dostępne są pierwsze doświadczenia głównie w skali laboratoryjnej. Na tej podstawie trudno jednoznacznie ocenić perspektywy praktycznego stosowania takich rozwiązań, zwłaszcza w aspekcie ich skuteczności w dłuższym okresie eksploatacji konstrukcji. Bez wątpienia są to rozwiązania drogie,

których efektywne zastosowanie wiąże się z koniecznością dobrego zidentyfikowania potencjalnych zagrożeń dla konstrukcji. Głównym sposobem recyklingu konstrukcji z betonu będzie ich kruszenie i wykorzystywanie jako kruszywa do wykonania nowego betonu. Uwagę należy jednak zwrócić na możliwości, jakie otwiera prefabrykacja w postaci możliwości wielokrotnego wykorzystania całych elementów prefabrykowanych. Takie rozwiązanie wydaje się uzasadnione ekonomicznie i środowiskowo, wymaga jednak zaprojektowania odpowiednich połączeń. Warto tutaj zasygnalizować kwestię ponownego recyklingu betonu wykonanego z materiałów odpadowych i z recyklingu – na ile utylizacja materiałów odpadowych i z recyklingu w betonie stanowi jedynie przesunięcie problemu ich zagospodarowania na później? Czy powtórny recykling takiego betonu nie będzie jeszcze bardziej problematyczny?

7. Podsumowanie

Omówione w artykule kierunki rozwoju technologii betonu uwzględniające wymagania techniczne i ekologiczne niosą ze sobą znaczny potencjał wzrostu kosztu betonu i jego wykonania. Należy przy tym jednak zaznaczyć, że koszt betonu nie powinien być oceniany tylko przez pryzmat kosztów materiałów czy technologii, a na podstawie analizy kosztu całego cyklu życia (LCA) konstrukcji czy elementu z niego wykonanego. Stosowanie nowych technologii umożliwia projektowanie mniej materiałochłonnych, a tym samym mniej kosztownych konstrukcji betonowych, obniżenie pracochłonności i energochłonności ich wykonania, skrócenie czasu ich realizacji oraz dzięki lepszej odporności betonu na agresywne oddziaływanie środowiska dłuższy okres użytkowania konstrukcji bez konieczności wykonywania remontów. Bardzo istotny jest proekologiczny aspekt nowych technologii betonu, a zwłaszcza rozszerzenie możliwości wykorzystania w produkcji betonu różnych materiałów odpadowych i z recyklingu.

Warunkiem rozwoju technologii betonu jest umiejętne przełożenie wiedzy na zastosowanie praktyczne. Wszystkie wyżej wymienione obszary technologii betonu są przedmiotem intensywnych poznawczych badań naukowych oraz badań stosowanych, wprost odnoszących się do zagadnień praktycznych lub których wyniki stosunkowo łatwo mogą być wdrożone do praktyki. Problemem wciąż pozostaje to, jak implementować wiedzę zdobytą w laboratorium w skali nanostruktury i mikrostruktury betonu do praktyki betonu wykonywanego w skali makro w wytwórni prefabrykatów lub na budowie. Należy podkreślić, że praktyczne stosowanie nowych materiałów lub technologii wymaga systematycznych, reprezentatywnych i dobrze udokumentowanych wyników, co w prowadzonych badaniach nie zawsze jest regułą. Wdrożeniu nowych technologii betonu musi towarzyszyć wzrost kwalifikacji projektantów i wykonawców. Konieczne jest wdrożenie skutecznego systemu kształcenia

technologicznego, ponieważ wykonywanie betonu o właściwościach kształtowanych w skali mikro, poddanego podczas dojrzewania oddziaływaniu bardzo złożonych układów różnorodnych obciążeń wymaga od inżynierów nie tylko doświadczenia, ale również zrozumienia zasad kształtowania właściwości betonu, a od wykonawców dużo większej świadomości technologicznej.

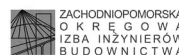
Wdrożenie praktyczne nawet dobrze udokumentowanych rozwiązań materiałowych i technologicznych często przebiega z oporami. Problem w mniejszym stopniu stanowi konserwatyzm projektantów konstrukcji oraz producentów i wykonawców betonu, bo w obszarze świadomości technologicznej odnotowano dużą poprawę. Barierę trudniejszą do pokonania stanowią dokumenty odniesienia, wytyczne i specyfikacje, których twórcy często zdają się nie dostrzegać postępu wiedzy w zakresie szeroko rozumianej technologii betonu.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Adamczewski G., Woyciechowski P., Prefabrykacja – jakość, trwałość, różnorodność, Stowarzyszenie Producentów Betonów Warszawa, październik 2014
- [2] Czarnecki L., Nanotechnologia w budownictwie, Przegląd Budowlany 1/2011
- [3] Dębska D., Szweda Z., Utrzymanie i monitoring konstrukcji żelbetonowych w aspekcie zagrożeń korozyjnych, XXXIII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji 2018, tom III, str. 535–589
- [4] Giergiczny Z., Fly ash and slag Cement and Concrete Research vol. 124/2019
- [5] Giergiczny Z., Cementy i dodatki w składzie betonu, XXXIII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji 2018, tom I, str. 305–346
- [6] Gołaszewski J., Domieski do betonu. Efekty działania, ocena i badania efektywności, stosowanie, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2017
- [7] Hager I., Golonka A., Putanowicz R., 3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction? Procedia Engineering, 2016
- [8] Horszczaruk E., Sikora P., Łukowski P., Zastosowanie nanomateriałów do wytwarzania betonu zdolnego do autodefektyzacji uszkodzeń: stan obecny i perspektywy. Application of nanomaterials in production of self-sensing concretes: contemporary developments and prospects, Archives of Civil Engineering tom LXII, 3/2016
- [9] Hsino M., Paślawski J., Materiały zmiennofazowe jako modyfikator betonu dojrzewającego w klimacie gorącym i suchym, Izolacje 2/2014
- [10] Jackiewicz-Rek W., Betony inne niż wszystkie, Przegląd budowlany 2/2020
- [11] Jaworski M., Zastosowanie materiałów zmiennofazowych (PCM) do zwiększenia bezwładności cieplnej budynków, www.izolacje.cpm.pl, 2009
- [12] Latawiec R., Woyciechowski P., Kowalski K. J., Sustainable concrete performance-CO₂-emission, Environments – MDPI, tom 5, 2/2018
- [13] Łukowski P., Modyfikacja materiałowa betonu, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków, 2016
- [14] Łukowski P., Adamczewski G., Samozaleczanie i samonaprawa betonu, Inżynieria i Budownictwo 8/2017
- [15] Łukowski P., Nowoczesne technologie zabezpieczeń strukturalnych i powierzchniowych betonu przed korozją, XXXIII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji 2018, tom II, str. 463–508
- [16] Runkiewicz L., Szulc J., Sieczkowski J., Ewolucja budownictwa prefabrykowanego w Polsce, Przegląd Budowlany 10/2020
- [17] Szwabowski J., Gołaszewski J., Technologia betonów samozagęszczalnych, Polski Cement, Kraków, 2010, str. 160
- [18] Trzaska M., Trzaska Z., Nanomateriały w budownictwie i architekturze, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2019
- [19] Zybura A., Śliwka A., Projektowanie konstrukcji żelbetonowych z uwzględnieniem trwałości. XXXIII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji 2018, tom III, str. 1–48



WIELKOPOLSKA
OKRĘGOWA
IZBA
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA



XVIII Konferencja Naukowo-Techniczna WAŁCZ 2021 REWITALIZACJA – Podtopienia

„Katastrofalne skutki związane z ulewnymi deszczami”

oraz

XXIII Warsztaty Nadzoru Inwestycyjnego
9-11.09.2021 Centralny Ośrodek Sportu w Wałczu

Zapraszamy do udziału w XVIII Konferencji Naukowo-Technicznej.

Zamierzeniem organizatorów jest, aby konferencja była okazją do wymiany poglądów i doświadczeń przedstawicieli różnych środowisk. Interdyscyplinarny charakter konferencji pozwoli na wypracowanie efektywnych metod działań wspierających procesy rewitalizacyjne. Konferencji towarzyszyć będzie prezentacja badań, praktyk, materiałów wspierających ten proces w wymiarze społecznym, przestrzennym, technicznym i gospodarczym.

Konferencja odbędzie w formie hybrydowej, czyli obecność osobista, jak i za pośrednictwem platformy internetowej.

Z powodu pandemii organizatorzy zastrzegają sobie możliwość zmian formy przeprowadzenia konferencji lub odwołanie jej, zapewniając zwrot dokonanych wpłat.

Kontakt do organizatorów: Konferencja Naukowo-Techniczna – CUTOB-PZITB w Poznaniu
a.piatkowski@cutobpoznan.pl <http://cutob-poznan.pl/tel.570.655.103>

Warsztaty Nadzoru Inwestycyjnego – zbiegniew.augustyniak@gmail.com, tel. 602 118 472

Betonowe prefabrykaty zespolone – przykład zastosowania w kompleksie biurowym

Dr inż. Jacek Zygmunt, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury,
Politechnika Rzeszowska

1. Wprowadzenie

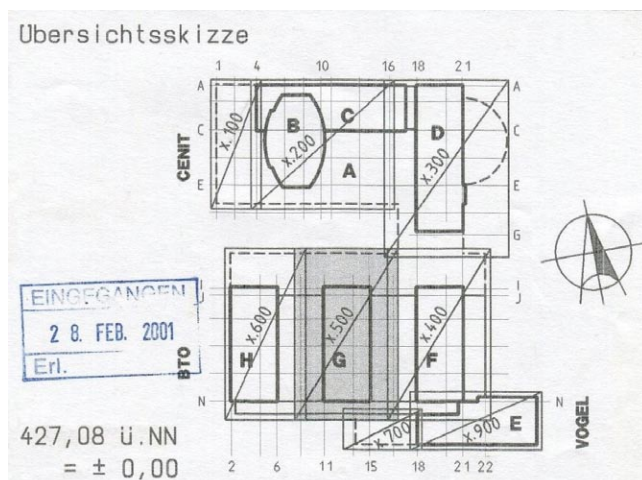
Prefabrykacja betonowa jest znana w polskim budownictwie kubaturowym od dziesięcioleci. Była stosowana w różnych rodzajach budynków oraz z różną intensywnością. Ogólnie ujmując, wpływała na to najpierw polityka gospodarcza kraju i wspieranie prefabrykacji, z czasem użytkowania, nabywanie wiedzy o jej trwałości oraz rozwój technologii monolitycznej, stanowiącej alternatywę. Obecnie natomiast ważne są efekty ekonomiczne i widać wzrost stosowania prefabrykacji w budynkach mieszkalnych i hotelach, ale już w zupełnie innej technologii i jakości. W artykule przedstawiono prefabrykację zastosowaną w obiekcie biurowym – elementy zespolone ściennie i stropowe oraz ofertę na polskim rynku w tym zakresie.

2. Opis zrealizowanego obiektu

Obiektem był kompleks biurowy w Stuttgarcie. Wybudowano go w latach 2000–2001. Autor pełnił tam funkcję majstra, potem kierownika robót. Było to 7 budynków, liczących 5–9 kondygnacji nadziemnych (rys. 1). Pod budynkami był wspólny podziemny parking – dwa poziomy pod całym kompleksem i trzeci pod połową wyższą (rys. 2). Fundament – płyty denne posadowione na dwóch poziomach. Ponadto, niższą połowę kompleksu łączyły kondygnacje nadziemne (3 kondygnacje między budynkami F i G, 2 między G i H) oraz 6-kondygnacyjny łącznik (budynki E–H). Budowa była duża, jak na obiekt biurowy. Lokalizacja w zabudowie miejskiej,



Rys. 1. Zespół obiektów biurowych – wizualizacja inwestora [1]



Rys. 2. Zespół obiektów biurowych – szkic orientacyjny oznaczeń [3]



Rys. 3. Zespół obiektów biurowych – widok obecny [4]

mieszanej mieszkalno-biurowo-handlowej. Według informacji inwestora – powierzchnia działki to 11 tys. m² (1,1 ha), powierzchnia użytkowa obiektów 36 000 m², liczba miejsc parkingowych w garażu podziemnym 327, liczba miejsc postojowych na poziomie gruntu 83. Biura przewidziano do wynajmu (za wyjątkiem 5% p.u.), miejsce pracy miało tam znaleźć ponad 800 osób [2]. Wielkość obiektów – przykładowo wymiar wyższej samodzielnej części budynku G to 13,2x32,4 m (428 m²) [3]. Autor realizował stan surowy (roboty szalunkowe, betoniarские i murarskie), pozostali wykonawcy – roboty ziemne, zbrojarskie, elewacyjne, instalacyjne i wykończeniowe. Niemniej główne roboty stanu surowego wymagały

bardzo dobrej współpracy z kierownictwem budowy i innymi wykonawcami, głównie robót zbrojarskich. Czas budowy „pod klucz” wyniósł 8 kwartałów, w tym stan surowy (szalowanie, zbrojenie, betonowanie, roboty murarskie) – 5 kwartałów. W okresie głównego natężenia robót betoniarskich (3 kwartały), prace te wykonywało 33 cieśli i 20 zbrojarzy. Budowę obsługiwały 4 żurawie wieżowe, a ich pracę koordynowano z powodu dużego obciążenia. Obecny wygląd obiektów pokazano na rysunku 3.

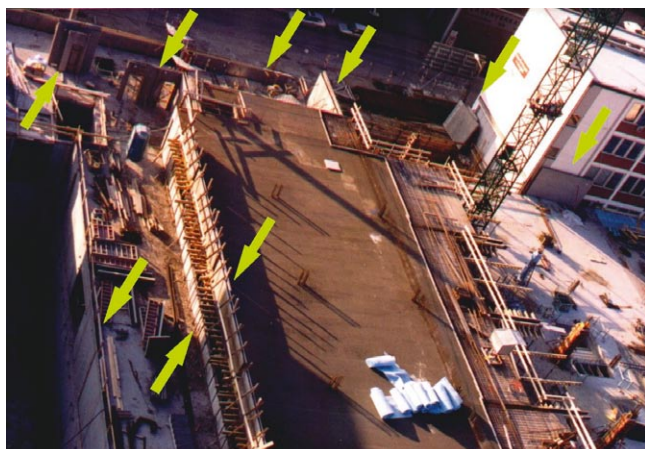
3. Zastosowane elementy prefabrykowane zespolone

3.1. Elementy ścienne

W obiektach kompleksu możliwie dużo ścian konstrukcyjnych zaprojektowano z elementów prefabrykowanych zespolonych. Kondygnacje podziemne – dominowała w nich technologia monolityczna i były to ściany zewnętrzne, szachty wentylacyjne zewnętrzne i wewnętrzne, klatki schodowe, szyby windowe, rampa wjazdowa dla samochodów. Ściany zewnętrzne i szachty zewnętrzne były z betonu wodoszczelnego (po stanie surowym poziom wody gruntowej przywrócono powyżej trzeciej kondygnacji podziemnej). Prefabrykowane były ściany pomieszczeń technicznych. Kondygnacje nadziemne – dominowały prefabrykaty i były to ściany zewnętrzne oraz ściany wewnętrzne tworzące pomieszczenia techniczne. Pod ciągami okiennymi stosowano elementy niższe. Ściany monolityczne – były to klatki schodowe, szyby windowe oraz rampa wjazdowa.

W obiektach wykonano również dużo ścian wypełniających. Była to technologia murowana (ściany wewnętrzne w kondygnacjach podziemnych – pomieszczenia magazynowe, techniczne) i prefabrykowana zespolona (wewnątrz – przegrody w pomieszczeniach technicznych w częściach podziemnych i nadziemnych budynków, na zewnątrz – przegrody w szachtach wentylacyjnych).

Zasada prefabrykacji ściennej zespolonej – elementy po ustawieniu dodatkowo się zbroi i wypełnia mieszanką betonową. Zbrojenie to łączy elementy ze sobą. Liczne elementy ścienne w przykładowym fragmencie budowy pokazano na rysunku 4. W części E widać zamontowane elementy pełne i z otworami drzwiowymi oraz elementy niższe w strefie okien (przez całą długość budynku). W części F widać długą ścianę w poziomie parteru. W poziomie I piętra oraz rozpoczynanego II piętra – długie ciągi elementów niższych, w strefie okien, wzdłuż całej długości budynku. Widać też elementy tymczasowo składowane (przy budynku istniejącym oraz w budynku E). Niektóre elementy były duże i ciężkie – oparty o budynek był jednym z większych 4,8x2,9x0,25m, co przy grubości ścianek 6 cm daje ciężar aż 3,9 tony. Do montażu takich elementów potrzebne są większe żurawie. Mogą one podać wspomniany element na odległość około 30 m. Na tej budowie nośność żurawi była wystarczająca, chociaż w wielu przypadkach montaż



Rys. 4. Prefabrykowane elementy ścienne zespolone w różnych fazach montażu (przykład w budynkach E i F) [5]

odbywał się na granicy ich możliwości. Dobór żurawi oraz optymalne ich rozmieszczenie stanowi ważną kwestię organizacyjną na etapie planowania budowy.

Budowa elementu to dwie betonowe warstwy boczne, ze szczeliną między nimi, połączone zbrojeniem przestrzennym. Grubość warstwy to około 6 cm, szerokość szczeliny zależy od grubości elementu. Stosowano elementy o grubości 25 cm i szczelinie 13 cm. Elementy niższe (ciągi podokienne) miały grubość 20 cm i szczelinę 8 cm. Powierzchnie zewnętrzne są gładkie i równe. Wewnątrz wbudowane są dwa haki dla żurawia. Element o grubości 25 cm pokazano na rysunku 5.

Na zdjęciu widać konieczność obniżenia elementów o kilka centymetrów (w tym przypadku biegnących pod podciągami). Wynikało to z błędnej ich wysokości i okazało się dosyć uciążliwą poprawką, szczególnie po częściowym zaszalowaniu podciagu. Można było wcześniej je obciąć, przy lepszym dostępie, ale przy dużym natężeniu robót czasem decyzje są spóźnione.

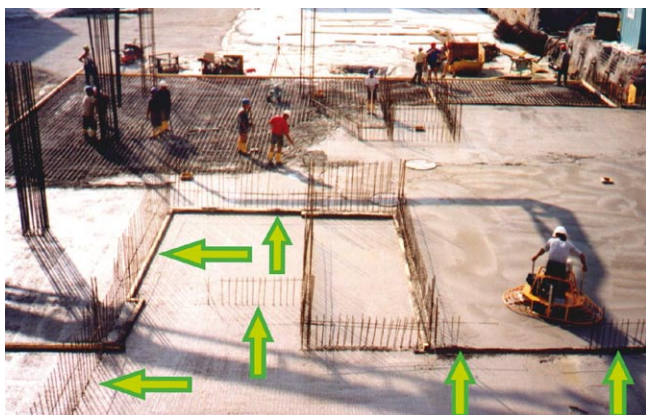
Każdy element ścienny postawiony w docelowym miejscu żuraw ubezpieczał aż do ustawienia spodu i zamocowania dwóch pojedynczych podpór. Po zwolnieniu żurawia element pionowo no podporami. Pionowanie powtarzano po zabetonowaniu. Podpory stosowano typowe od deskowań ściennych, ale ze stopkami na końcach. Stopki przykręcano wkrętami do betonu



Rys. 5. Prefabrykowany element ścienny po ustawieniu (przykład na granicy budynków D i F) [5]

od deskowań ściennych, do wywierconych otworów. W oczeniu autora, do czasu zabetonowania istnieje pewne ryzyko co do bezpieczeństwa. W warunkach budowy, szczególnie dużej z wysokimi żurawiami, jest zagrożenie uderzenia w element i przewrócenia go na strop bądź poza budynek. Na opisywanej budowie nie zdarzyło się to, ale ściany należy możliwie szybko betonować. Podpory można odkręcić po 2–3 dniach od betonowania (beton osiąga około 30% wytrzymałości). Przed ustawieniem elementu usuwano nadmierne nierówności stropu, aby nie podwyższać ustawienia elementu. Obecnie niektórzy producenci poprawili bezpieczeństwo oraz czas montażu, wbudowując metalowe gniazda na śruby do mocowania podpór. Niektórzy stosują rozwiązania pośrednie, w postaci gniazd drewnianych. Betonowano pojemnikiem z rękawem. Pompa nie była zasadna ze względu na mniejszą ilość mieszanki oraz wolniejsze podawanie niż w ścianach monolitycznych. Ponadto betonowano do poziomu około 0,7 m od góry, z uwagi na umieszczanie pionowego zbrojenia łączącego. Przykładowo, do zabetonowania ściany o długości 10 m i wysokości 2,9 m wystarczyło 2,7 m³ mieszanki betonowej. Ciekłość mieszanek była taka jak do pomp (dosyć wąska szczelina, obecność zbrojenia przestrzennego, lepsze wypełnienie szczelin na spodzie). Mieszanek zagęszczano buławami wgłębnymi. Elementy podokienne były węższe (szczelina 8 cm) – tu używano pojemnik mniejszy (0,5 m³) i węższe buławy. Do zabetonowania ściany o długości 10 m i wysokości 1,0 m wystarczyło niecałe 0,75 m³ mieszanki, ale to betonowanie przebiegało wolno.

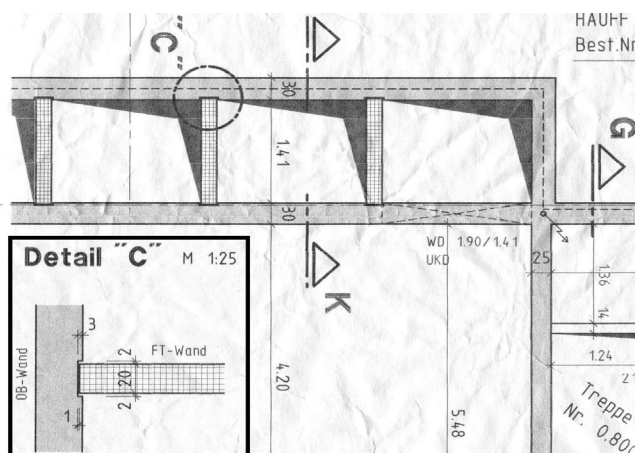
Przed zabetonowaniem dozbrajano styki z elementami sąsiednimi. Na dole – element ustawiano na pionowym zbrojeniu, jednorzędowym, o średnicy około 12 mm i wysokości do 1,0 m, wcześniej zabetonowanym przy wykonywaniu płyty dennej lub stropu (rys. 6). Styk z sąsiednim elementem prefabrykowanym – zbrojenie przestrzenne z dwóch siatek, pręty o średnicy około 6 mm, siatki o szerokości około 0,4 m, na całą wysokość elementu. Styk z sąsiednim elementem monolitycznym (ściana bądź słup) – zbrojenie odginane typu COMAX. Na górze – zbrojenie analogiczne jak na dole,



Rys. 6. Pojedyncze rzędy zbrojenia łączącego prefabrykaty ścienne z płytą denną (przykład w budynku F) [5]



Rys. 7. Betonowanie stropu z prefabrykowanym szalunkiem wieńca (przykład w ostatnim stropie łącznika budynków G i H, wieńiec po prawej stronie zdjęcia) [5]



Rys. 8. Prefabrykaty ścienne jako elementy wypełniające (przykład w jednym z szachtów wentylacyjnych) [3]

montowane i betonowane razem ze stropem. Beton monolityczny odpowiednio zabezpiecza to zbrojenie przed korozją. Ciekawym rozwiązaniem było to, że elementy ścian zewnętrznych stanowiły szalowanie krawędzi stropu (jeden z boków elementu był wyższy o grubość stropu). Bardzo usprawniało to roboty szalunkowe, a przy stosowanych stropach (opisanych dalej) nie utrudniało robót zbrojarskich. Betonowanie stropu z takim szalunkiem wieńca pokazano na rysunku 7. Elementy wypełniające – były zbudowane i montowane podobnie jak elementy nośne. Różnica polegała na uproszczeniu, że nie stosowano łączącego zbrojenia bocznego. Elementy wsuwano w pionowe bruzdy w ścianach monolitycznych. Wykonanie bruzd nie było pracochłonne, w ten sposób zrezygnowano z dosyć drogiego zbrojenia łączącego typu COMAX. Takie elementy w szachtach były montowane na wysokości nawet 3 kondygnacji. Przekładało się to na oszczędność zbrojenia, czasu robót oraz lepszą jakość powierzchni. Beton te pozostawały bez obróbki powierzchni i były widoczne z chodników dla pieszych. Przykład takich ścian pokazano na rysunku 8.

Montaż elementów odbywał się „z kół”, bądź z miejsc tymczasowego składowania. To zależało od dostępności żurawia

i gotowości miejsca montażu. Jeden transport zawierał 6–10 elementów, zależnie od ich wielkości. W celu sprawnego rozładunku, producent dostarczył na budowę stojaki do składowania elementów. W stojaku mieścił się cały transport. Była to dla budowy znacząca korzyść. Z uwagi na dostępność żurawia montaż był organizowany głównie po południu.

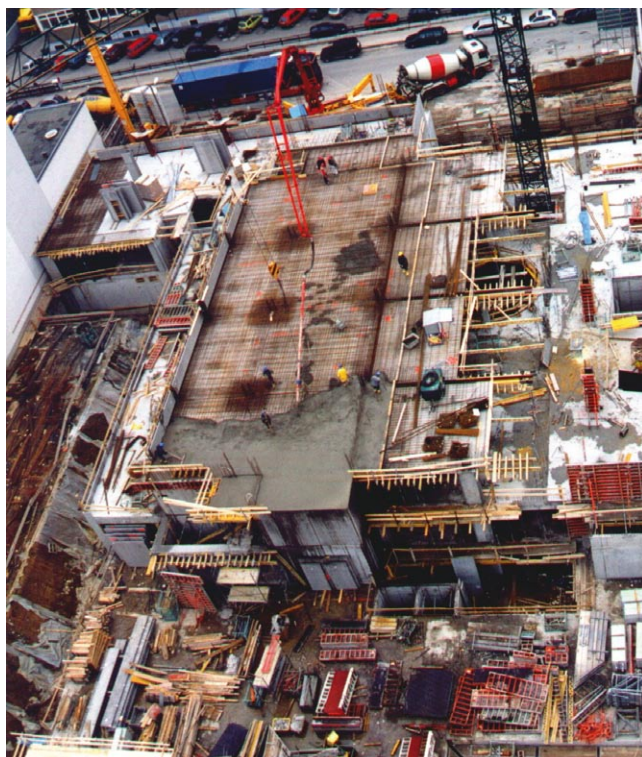
Porównując tempo montażu prefabrykatów do szalunków systemowych, można wykazać (obserwacje autora), że montaż prefabrykatu jest 2–3-krotnie dłuższy, niż pojedynczego dużego elementu szalunku przestawnego (z zamocowaniem podpór lub z montażem śrubunku). Wynika to z większego ciężaru, w efekcie dłuższego podnoszenia, przemieszczania i ustawiania przez żuraw, większej ostrożności z uwagi na BHP, wiercenia otworów montażowych w ścianie i przykręcenia do niej podpór. Z kolei w wersji tradycyjnej potrzeba również zamontować elementy o mniejszych wymiarach, nadstawki, zastawki na końcach odcinka roboczego, założyć dodatkowe usztywnienia. Można porównać czas wykonania na przykład prostego odcinka ściany bez otworów o długości 10 m i wysokości 2,7 m. W obydwu wersjach brygada może być 3-osobowa (przy prefabrykach jedna z osób tylko obsługuje zapinanie). Montaż jednego prefabrykatu wynosi 20 minut (tab. 1). Ponadto, zwykle był konieczny tymczasowy rozładunek – przestawienie elementu to około 5 min (w przypadku stojaka – 3 min, oparcie pod ukosem lub ustawienie pionowe z przywiązaniem – 5 min, rzadziej ustawienie w pionie i przykręcenie podpór – 10 min). Odcinek 10 m składa się z 4 elementów, montaż ze składowaniem tymczasowym to 100 min (4 elementy x (20+5) min). Z kolei wersja tradycyjna, gdzie każda strona to 4 elementy duże i 4 nadstawki, wymaga około 6 godzin (otworzenie z montażem podpór – 2,0 godz., zamknięcie ze śrubunkami – 2,0 godz., wykonanie i montaż zastawek czołowych i rektyfikacja – 2,0 godz.).

Obserwacje autora wskazują, że montaż prefabrykatów był znacznie szybszy niż szalunków. Ponadto, znacznie mniej było robót zbrojarskich i w efekcie trwały one krócej. Czas betonowania był podobny – w prefabrykach było mniej mieszanki, ale jej układanie i zagęszczanie było utrudnione. Łącznie oszczędzano czas i szybciej realizowano kolejne

Tabela 1. Czas montażu jednego elementu ściennego prefabrykowanego (obserwacje własne)

Czynność *	Czas *
1. Zapięcie i podniesienie elementu ze stojaka	2,0 min
2. Przeniesienie i postawienie w docelowym miejscu	2,0 min
3. Dokładne ustawienie spodu	3,0 min
4. Wywiercenie 4 otworów i przykręcenie podpór (użycie 2 wiertarek i 2 wkrętarek)	6,0 min
5. Odpięcie haków	2,0 min
6. Pionowanie za pomocą podpór i jednoczesny powrót żurawia po nowy element	5,0 min
Razem:	20,0 min

* bez składowania tymczasowego, zbrojenia oraz betonowania



Rys. 9. Ograniczone miejsce do składowania materiałów (przykład przy obiektach E i F) [5]

kondygnacje. Można oszacować zysk czasu np. dla jednej kondygnacji nadziemnej w budynku G. Z dokumentacji wynika, że długość ścian prefabrykowanych to około 70 mb. Zatem skrócenie czasu tylko dla robót szalunkowych to 30 godzin (260 min x 7 odcinków). Ponadto, połowa ścian prefabrykowanych miała różne otwory drzwiowe bądź okienne, czy wręcz długie ciągi elementów międzyokienne. W takich przypadkach korzyść czasowa z wersji prefabrykowanej była jeszcze większa.

Ważne było również to, że zmniejszono liczbę szalunków ściennych na budowie. Jest to bardzo przydatne przy ograniczonym placu budowy. Taki właśnie problem był w tym przypadku. Z każdej strony budowane obiekty były blisko granicy działki, co widać na rysunku 9.

Główne spostrzeżenia na temat zastosowanych elementów zawarto w tabeli 2. Z punktu widzenia wykonawcy robót można stwierdzić, że w sytuacji dużego obiektu biurowego i bardzo ograniczonego placu budowy zastosowana prefabrykacja ścienna była zasadna.

3.2. Elementy stropowe

W obiektach wszystkie stropy wykonano z prefabrykatów zespolonych, kondygnacje podziemne i nadziemne. Prefabrykat to płyta betonowa, grubości około 6 cm, podobna jak w ścianach. Stanowi dolną warstwę stropu z gładką powierzchnią spodu. Są w niej zabetonowane dolne pręty przestrzennego zbrojenia, które w transporcie i montażu ma funkcję usztywniającą, a po zabetonowaniu stropu dolne i górne pręty są częścią zbrojenia konstrukcyjnego. Przed

Tabela 2. Zalety i wady z zastosowania ścian prefabrykowanych zespolonych (obserwacje własne)

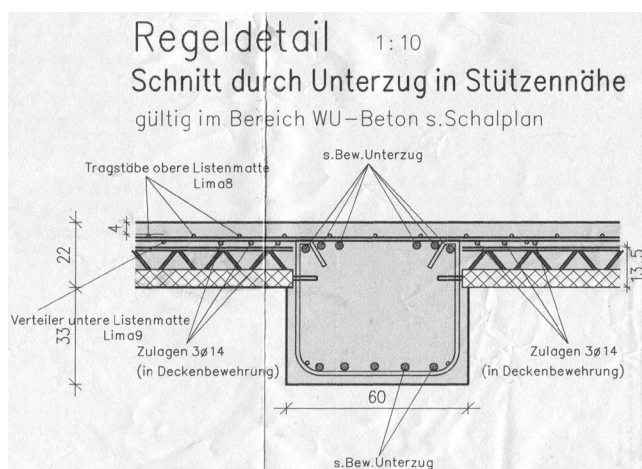
Zalety	Wady
– mniejsza liczba szalunków na budowie (bardzo przydatne przy małej ilości miejsca); – szybsze wykonywanie ścian (niewiele czynności w miejsce bardziej pracochłonnej technologii monolitycznej); – mniejsza liczba pracowników (do robót wystarczy jedna brygada 3-osobowa); – krótsze wykorzystanie żurawia (montaż prefabrykatów jest krótszy niż szalunków przestawnych); – żuraw można wykorzystać w odpowiednim czasie (montaż w godzinach popołudniowych); – korzyści przy szalowaniu stropu (różna wysokość boków prefabrykatu stanowi gotowy szalunek wieńca stropu); – lepsza jakość powierzchni dla robót wykończeniowych (brak defektów miejscowych, większa równość powierzchni).	– do montażu żuraw musi mieć odpowiedni udźwig (elementy ważyły nawet 3,9 t); – chwilowa ograniczona dostępność żurawia w czasie intensywnych innych robót (montaż elementu trwa do 20 min); – w przypadkach koniecznych składowanie tymczasowe (przeładunek zajmuje żuraw, czas, brygady, wymaga dodatkowego miejsca); – poprawki, gdy element ustawiono za wysoko, a strop powyżej jest prefabrykowany (podkucie stropu poniżej lub obniżenie górnej krawędzi elementu); – ryzyko pod względem bezpieczeństwa (do czasu zabetonowania ryzyko uderzenia w element lub podporę i przewrócenia go); – obróbka wykończeniowa styków (uzupełnienie zaprawą szczelin pionowych i poziomych).
Nie analizowano kosztu opisanej technologii, w tym cen i szczegółowych nakładów czasowych.	

zabetonowaniem strop jest dozbrajany, głównie w strefie zbrojenia górnego, ale również na betonie prefabrykatu. Elementy te nazywano „Filigranplatten”. Fragment pokazano na rysunku 5.

Przy transporcie i montażu haki zaczepia się za zbrojenie przestrzenne, w czterech punktach. Elementy dłuższe zapina się w miejscach odpowiednio oddalonych od końców, aby nie nastąpiło złamanie płyty. Największe płyty miały wymiary 7,7x2,4 m.

Przykłady stropów z prefabrykatów widać na zdjęciu z obiektami E i F, w niższej części kompleksu (rys. 9) oraz z obiektami B, C i D, w wyższej części kompleksu (rys. 10). Ciekawostką było to, że w budynku B kształt prefabrykatów dostosowano do krzywoliniowego brzegu stropów.

Płyty w miejscu docelowym układano na liniowych podparciach montażowych, prostopadłych do kierunku płyt, wcześniej zniwelowanych. Rozstaw ciągów nie przekraczał około 2 m. Były to typowe drewniane dźwigary szalunków stropowych, układane na stemplach stropowych. Stropy kondygnacji podziemnych opierały się na ścianach i podciągach. Podobnie w kondygnacjach nadziemnych, łączących

**Rys. 10.** Prefabrykowane stropy obiektów (przykład w budynkach B, C i D w wyższej części kompleksu) [5]**Rys. 11.** Przekrój stropu w miejscu oparcia na podciągu [3]

budynki F i G oraz G i H. Wzdłuż ścian również ustawiano ciąg montażowy, aby poziom płyt był precyzyjny. Stropy miały grubość 22 cm, w tym beton monolityczny 16 cm. Fragment dokumentacji ze stropem opartym na podciągu pokazano na rysunku 11. Natomiast w kondygnacjach nadziemnych stropy opierały się na ścianach i bezpośrednio na słupach (w kondygnacjach nadziemnych budynków nie projektowano podciągów). Stropy w tym przypadku miały grubość 28 cm, w tym beton monolityczny 22 cm.

Duża część zbrojenia była układana w strefie górnej stropu. W celu przyspieszenia robót większość tego zbrojenia miała formę sprefabrykowaną – siatki z jednokierunkowym zbrojeniem nośnym o średnicy 12 mm, połączonym zbrojeniem montażowym. Siatki były w dwóch wersjach – rozstaw zbrojenia głównego 100 oraz 150 mm. Miały różne wymiary – zgodne z dokumentacją, szerokość na ogół 3,0 m, długość w kierunku zbrojenia nośnego do 12,0 m. Siatki przyspieszyły roboty zbrojarskie. Jednak do ich układania używano żurawia i w sytuacji dużego obciążenia robotami blokowało to pracę innych brygad, głównie szalunkowych. Zbrojenie stropu w rejonie słupa, w wersji bez podciągu widać na rysunku 12. W takim



Rys. 12. Zbrojenie układane na prefabrykację stropu w rejonie słupa bez podciągów (przykład w budynku F) [5]

miejszu zbrojenie układano z prętów w strefie górnej i dolnej stropu. Dopiero w tle widać zbrojenie z siatek. W prefabrykacji było umieszczone dodatkowe zbrojenie na przebiegu w postaci

trzcieni. Na zdjęciu zarejestrowano też błąd – zbyt wysokie trzcienie, równe z wierzchem stropu. Projektant zdecydował w tej sytuacji o miejscowym pogrubieniu betonu. Strop dozbierano też w stykach płyt i w strefach wieńców (pręty proste). Największa płyta (7,7x2,4x0,06 m) ważyła 2,9 tony. Większe żurawie taki ciężar podają na odległość ponad 35 m i jest to dosyć daleko. Niemniej jednak, należy to zaplanować. Montaż odbywał się „z kół” lub z miejsca składowania tymczasowego, podobnie jak przy ścianach. Rozładunek na takie miejsce nie był długi, a układanie „na sztapel” nie wymagało dużo miejsca.

Na podstawie obserwacji autora można porównać zakres i pracochłonność robót w wersjach prefabrykowanej i monolitycznej. W przypadku stropu z podciągami szalowanie i zbrojenie podciągów w obydwu technologiach odbywa się tak samo. Różnice są przy stropie właściwym. Roboty szalunkowe są znacznie mniej pracochłonne przy prefabrykach, gdyż elementy te są szalunkiem dla „nadbetonu”. Natomiast wersja monolityczna wymaga ułożenia dodatkowych belek podporowych na ciągach głównych, a na nich płyt ze sklejki. Szalowanie wieńców też jest korzystniejsze w prefabrykacji (gotowy szalunek). Roboty zbrojarskie – przy prefabrykacji jest utrudnione układanie niektórego zbrojenia w dolnej strefie. Mimo to pracochłonność jest dużo większa w wersji monolitycznej – przesądza o tym niemal 2-krotnie więcej zbrojenia do ułożenia oraz to, że w prefabrykacji większość zbrojenia miała postać siatek. Zatem nakład pracy w robotach szalunkowych i zbrojarskich przemawia na korzyść prefabrykacji. Czas betonowania jest podobny.

Można porównać czas robót szalunkowych dla stropu w obu technologiach, np. dla kondygnacji nadziemnej w budynku G. Jest to strop bez podciągów 13,2x30,2 m. W wersji prefabrykowanej szalunek wieńca jest gotowy (w kondygnacji niżej są głównie prefabrykowane ściany i elementy nadokienne). W dokumentacji przewidziano 24 płyty. Z układu słupów i płyt wynika, że potrzeba 7 ciągów podpór, w kierunku wzdłuż obiektu. Brygada 3-osobowa potrzebuje na to około 8 godzin. Lepiej, gdy płyty

układa zespół 4 osób (jedna z nich obsługuje tylko zapinanie). Czas ułożenia jednej płyty to 9 minut (tab. 3). Załóżmy, że 50% to montaż „z kół” i 50% z tymczasowym składowaniem (dodatkowe przestawianie to 6 minut). Zatem ułożenie płyt ze składowaniem to około 5 godzin (24 elementy x (9+3) min). W wersji prefabrykowanej potrzeba szalować styki słup-strop i część styków ściana-strop (około 10%). Cztery osoby wykonują to przez 3 godziny. W wersji monolitycznej na ogół nie ma takiej potrzeby (grubość sklejki 2,0 cm zasłania większość ewentualnych szczelin). Roboty szalunkowe trwają łącznie 16 godzin (8+5+3 godziny). Z uwagi na dostępność żurawia płyty układano głównie po południu (podobnie jak przy ścianach).

Tabela 3. Czas ułożenia jednego elementu stropu prefabrykowanego (obserwacja własna)

Czynność *	Czas *
1. Zapięcie i uniesienie elementu nad „sztapel”	2,0 min
2. Przeniesienie i ułożenie w docelowym miejscu	3,0 min
3. Dokładne przesunięcie i dosunięcie	2,0 min
4. Odpięcie haków	1,0 min
5. Powrót żurawia po nowy element	1,0 min
Razem:	9,0 min

* bez składowania tymczasowego, zbrojenia oraz betonowania

W wersji szalunków ze sklejki potrzebny jest dodatkowy czas na drugą warstwę dźwigarów (8 godzin pracy brygady 3-osobowej) i na ułożenie sklejki (16 godzin pracy brygady 4-osobowej), w miejsce 5 godzin układania prefabrykatów. Szalowanie wieńców (zakładając ściany również monolityczne) – też 16 godzin pracy brygady 4-osobowej. Zatem szalowanie stropu tradycyjnie trwa około 35 godzin dłużej (8+16-5+16 godz.). Przy wielu takich stropach jest to dla budowy różnica znacząca. Ponadto, w przypadku prefabrykatów roboty zbrojarskie również trwają krócej.

Dzięki prefabrykacji ponownie zmniejszono liczbę elementów szalunkowych na budowie z problemem miejsca (rys. 9). Korzyścią była również lepsza jakość powierzchni dla robót



Rys. 13. Strop prefabrykowany w 6-kondygnacyjnym łączniku budynków E-H [5]

Tabela 4. Zalety i wady z zastosowania opisanych stropów prefabrykowanych (obserwacje własne)

Zalety	Wady
– znacznie szybsze wykonywanie stropów (mniej czynności szalunkowych i zbrojarskich); – mniejsza liczba elementów szalunkowych (ważne przy ograniczonym placu budowy); – mniejsza liczba pracowników (do ustawiania podpór liniowych i układania elementów wystarczy jedna brygada 3 lub 4-osobowa); – żuraw można wykorzystać w odpowiednim czasie (montaż przez brygadę 3 lub 4-osobową można zorganizować w godzinach popołudniowych).	– do montażu żuraw musi mieć odpowiedni udźwig (elementy ważyły do 2,9 t); – chwilowa ograniczona dostępność żurawia w czasie intensywnych innych robót (montaż elementu trwa do 10 min); – dłuższe wykorzystanie żurawia (montaż prefabrykatów jest dłuższy, niż podanie elementów szalunkowych stropu tradycyjnego); – w przypadkach koniecznych składowanie tymczasowe (zajmuje żuraw, czas, brygady, wymaga dodatkowego miejsca); – dodatkowe roboty (ponieważ płyta zachodzi na ściany – szalowanie styku przy zbyt niskiej ścianie, obniżenie zbyt wysokich ścian. Ponieważ płyta nie zachodzi na słup – szalowanie styku ze słupem w wersji bez podciąggu); – obróbka wykończeniowa styków (uzupełnienie zaprawą szczelin).
Nie analizowano kosztu opisanej technologii, w tym cen i szczegółowych nakładów czasowych.	

wykończeniowych, ale miało to znaczenie w kondygnacjach podziemnych oraz 6-kondygnacyjnym łączniku komunikacyjnym budynków E–H (rys. 13), gdzie nie stosowano sufitów podwieszanych. Łącznik ten to przykład stropu bez podciągów, bez ścian, na dosyć wąskich słupach, o lekkim i estetycznym wyglądzie. Widać tu również ukształtowane w prefabrykach gniazda na oprawy oświetleniowe, a przed zabetonowaniem ułożono węże na przewody elektryczne. Główne spostrzeżenia autora na temat zastosowanych elementów zawarto tabeli 4.

W obiekcie stosowano również inne elementy prefabrykowane zespolone (elementy ściennie nadokienne i międzyokienne, attyki na tarasach i na dachach), elementy prefabrykowane niezespolone (wszystkie biegi schodowe), zbrojenie prefabrykowane typu COMAX w różnych elementach (wersje z jednym i dwoma rzędami prętów, stosowane pojedynczo lub podwójnie, łączące elementy monolityczne, prefabrykowane i mieszane, montowane w różnym położeniu). Z uwagi na objętość tekstu, w artykule nie opisywano także sposobów rozprowadzenia instalacji.

4. Podsumowanie

Artykuł dotyczy betonowej prefabrykacji zespolonej. Opisano ściany i stropy wykonane w tej technologii w kompleksie biurowym. Celem było pokazanie przykładu z oceną własną w zakresie korzyści i utrudnień technologicznych, organizacyjnych i czasowych, ważnych dla wykonawcy oraz inwestora. Nie opracowywano szczegółowych nakładów czasowo-materiałowych oraz kosztów.

Pośród zalet i wad dominowały te pierwsze, a głównie dwie – zmniejszenie liczby szalunków na budowie oraz skrócenie czasu robót. Zastosowanie prefabrykacji w celu osiągnięcia pierwszej z tych korzyści zostało wręcz wymuszone w sytuacji przewidywanego ogromnego natężenia robót, jednocześnie na siedmiu obiektach ze wspólną częścią podziemną i bardzo ograniczonego placu budowy.

Po realizacji obiektu, w artykule [6] krótko opisano m.in. zastosowane elementy zespolone. Według obserwacji autora stanowiły nowość na polskim rynku. Obecnie, po niemal

dwóch dziesięcioleciach, zmieniło się to różnie dla poszczególnych elementów.

Ściany zespolone – autor nie zaobserwował ich na budowach w kraju. Dlatego w artykule zajęły więcej miejsca, a przykład dotyczył dużego obiektu. Oferta polskich producentów to niektóre duże zakłady. Zlokalizowano 10 takich miejsc, np. [7]. Tylko duże podmioty są w stanie zainwestować w kosztowną linię produkcyjną. Ponadto, niektóre fabryki produkcję ukierunkowały na inne rodzaje ścian, dostosowane do segmentu mieszkaniowego, jako odpowiedź na potrzeby inwestorów. Oferty łatwiej znaleźć na rynku niemieckim, np. [8]. Niemniej, zdaniem autora, to interesująca propozycja. Płyty stropów zespolonych – w pierwszych latach po 2001 r. autor nie stwierdził ich na budowach, potem pojawiały się sporadycznie, a obecnie są na różnych budowach. Są w ofercie wielu producentów, nie tylko największych. Informują o nich publikacje. Badania w monografii o rynku stropów w Polsce w latach 2015–2016 [9] pokazują, że powszechność wyboru tych elementów przez krajowych projektantów wynosi 15% oraz wskazuje się na bardzo dużą ich popularność na rynku niemieckim.

Od 2001 r. wprowadzono normy na te elementy (2005 i 2007 r.), ich aktualne wersje to [10, 11].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Wizualizacja inwestora LEG w miejscu budowy (archiwum własne autora)
- [2] Informacje inwestora LEG (opublikowane informacje prasowe, archiwum własne autora)
- [3] Projekt budowlany (dokumentacja robocza budowy, archiwum własne autora)
- [4] Widok rzeczywisty 3D z aplikacji GoogleEarth (obiekty: Industriestrasse 52-56, Breitwiesenstrasse 5-7, 70565 Stuttgart-Mohringen) (dostęp 27.04.2021)
- [5] Zdjęcia z budowy (archiwum własne autora)
- [6] Zygmunt J., Zastosowanie prefabrykacji na przykładach wybranych obiektów, Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej 36/2004
- [7] [https://www.leier.pl/\(strona internetowa producenta\)](https://www.leier.pl/(strona internetowa producenta)), dostęp: 25.05.2021
- [8] [http://www.eder.co.at/\(strona internetowa producenta\)](http://www.eder.co.at/(strona internetowa producenta)), dostęp: 25.05.2021
- [9] Kisiołek A., Rynek systemów stropowych w Polsce. Analiza wybranych rozwiązań na przestrzeni lat 2015-2016, Wydawnictwo WWSSE, Poznań-Środa Wlkp. 2017
- [10] PN-EN 14992+A1:2012E: Prefabrykaty z betonu – Elementy ścian
- [11] PN-EN 13747+A2:2011P: Prefabrykaty z betonu – Płyty stropowe do zespolonych systemów stropowych

Współcześnie stosowane specjalne okładziny elewacyjne

Dr hab. inż. Wojciech Drozd, prof. uczelni, mgr inż. Marcin Kowalik, Politechnika Krakowska

1. Wprowadzenie

Okładziny elewacyjne są wizytówką każdego budynku. Poświęca się im obecnie coraz więcej uwagi – tym bardziej, że ich walory estetyczne muszą iść w parze z użytkowymi. Minęły już czasy, gdy wykończenie ścian zewnętrznych okładało się na lata jako nieistotny etap prac budowlanych, a surowy wygląd domów nie przeszkadzał w ich zamieszkaniu. Dziś buduje się szybciej i do końca. Inwestorzy mają większe wymagania estetyczne, bo to właśnie pierwsze wrażenie jest najważniejsze. Na elewacjach skupia się wzrok gości i przechodniów. Wszystko ma znaczenie – użyte materiały, ich barwy i struktury oraz wielkość przeszkleń. Żaden szczegół nie pozostaje bez wpływu na końcowy efekt estetyczny. Poza walorami estetycznymi, które są subiektywnym kryterium, należy również wziąć pod uwagę szereg innych czynników. Ważne, aby elewacja domu była praktyczna, trwała, szybka w montażu i dobrze chroniła ściany i warstwę ocieplenia przed zniszczeniem. Dodatkowo musi współgrać z otoczeniem. Wszystko to sprawia, że dobór odpowiedniej fasady obiektu jest dużym wyzwaniem dla projektanta.

Ceny okładzin elewacyjnych są bardzo zróżnicowane. W zależności od użytych materiałów elewacja może kosztować tyle, ile wzniesienie ścian zewnętrznych, ale i za 30% tej kwoty można uzyskać dobre i efektowne ich wykończenie. Często zdarza się, że inwestorzy stojąc przed wyborem okładziny budynku, kierują się jedynie kwestiami finansowymi. Warto jednak pamiętać, że inwestując w trwałe materiały o dobrych parametrach można zmniejszyć późniejsze koszty utrzymania i eksploatacji budynku, a także uniknąć przedwczesnego remontu.

2. Charakterystyka elewacji

Prawo budowlane nie definiuje pojęcia elewacji. W związku z tym obowiązuje definicja zawarta w Słowniku Języka Polskiego, zgodnie z którą elewacja stanowi zewnętrzną powierzchnię ściany budynku, ze wszystkimi znajdującymi się na niej elementami (stolarką otworową, bramą garażową itp.). Wykańcza się je różnego rodzaju okładzinami, które stanowią integralną część bryły architektonicznej. Ich rola jest często niedoceniana, chociaż stanowią jeden z ważniejszych elementów budynku, oceniany przez najszerszy krąg

odbiorców – użytkowników samego obiektu, a także przypadkowych przechodniów.

W zależności od położenia, elewacje określa się:

- zgodnie z położeniem do np. ulicy: frontowa, tylna, boczna, ogrodowa (dla budynków z przylegającym ogrodem),
- zgodnie ze stronami świata – północna, południowa, wschodnia, zachodnia.

Elewacja frontowa budynku, położona od strony ulicy i mająca główne wejście, często najbardziej reprezentacyjna, nosi nazwę fasady [1]. Jest jednocześnie wizytówką obiektu, odzwierciedlając jego charakter. Liczba stosowanych obecnie materiałów daje projektantom niemal nieograniczone możliwości. Drewno, beton, ceramika, szkło, metal, czy też tworzywo sztuczne, umożliwiają tworzenie ciekawych form. Oczywiście obok samego wyglądu, niezwykle ważne są również aspekty techniczne i funkcje, jakie elewacja ma pełnić. Podstawową rolą fasady jest określenie wewnętrznej przestrzeni obiektu oraz jego ochrona przed zewnętrznymi czynnikami środowiskowymi, ale bardzo ważne jest także zapewnienie komfortu i bezpieczeństwa przyszłym użytkownikom oraz zagwarantowanie odpowiedniego poziomu izolacji akustycznej. Fasady mają również duży wpływ na bilans energetyczny budynku [2]. Producenci okładzin elewacyjnych starają się sprostać oczekiwaniom, jakie ich wyrobom oraz samym fasadom stawiają wszyscy uczestnicy inwestycyjnego procesu budowlanego. Oferują systemy elewacyjne zaprojektowane i przemyślane zarówno pod względem estetycznym, jak i funkcjonalno-użytkowym. Wybór systemów, materiałów oraz ich tekstur i kolorów jest ogromny.

3. Dobór elewacji

Elewację budynku można wykończyć różnymi materiałami, ale trzeba pamiętać, że powinny być one dobrane nie tylko do technologii, w jakiej wzniesiony jest dom, ale także do jego architektury i otoczenia. Odpowiednio dobrane i zastosowane materiały mogą znacząco poprawić proporcje i estetykę budynku. Często różnice techniczne i kosztowe między podobnymi systemami elewacyjnymi różnych producentów nie są zbyt duże, więc o wyborze konkretnego rozwiązania decydują najczęściej detale. Dla jednych inwestorów ważna będzie swoboda w projektowaniu kolorystyki elewacji (duża paleta barw), dla innych pomoc doradczą

producenta, a dla kolejnych certyfikaty i gwarancje, jakie daje producent bądź autoryzowany wykonawca.

W doborze odpowiedniego materiału okładziny elewacyjnej należy wziąć pod uwagę przede wszystkim styl i charakter budynku. Na elewacje klasycznego dworku odpowiednie będą stonowane barwy, bez odważnych akcentów kolorystycznych. Podobnie budynki bogato zdobione, z dużą liczbą detali, takich jak: wykusze, ryzality, lukarny itp., nie wymagają krzykliwych barw i dodatkowych dekoracji.

W doborze koloru elewacji nowoczesnej siedziby prestiżowej firmy lub ekskluzywnego hotelu jest więcej swobody. Awangardowe barwy i nowatorskie struktury materiałów pomogą nadać im indywidualny i niepowtarzalny charakter. Najciekawiej prezentują się tutaj nasycone i zdecydowane odcienie czerwieni i zieleni. Postawienie na taką kolorystykę, w zamierzony sposób wyróżni budynek i sprawi, że będzie widoczny z daleka. Również budynki o prostej bryle, pozbawione detalu, można ozdobić atrakcyjną okładziną elewacyjną, bogatą w teksturę i ciekawą barwę. Intensywny kolor sprawi, że budynek nabierze nowoczesnego wyglądu.

Najbardziej uniwersalną kolorystyką, dla elewacji domów jednorodzinnych, są kolory jasne i ciepłe – głównie żółcienie. Najbezpieczniejsze jest użycie ich delikatnych odcieni, takich jak waniliowe, piaskowe, czy kremowe. Są to barwy neutralne i słoneczne, ale stosunkowo mało nasycone – pasujące do większości kolorów pokryć dachowych, a także do innych materiałów wykończeniowych, takich jak drewno, kamień czy cegła. Dodatkowo żółty kolor sprawia wrażenie domu „ciepłego” i przyjaznego dla mieszkańca. Natomiast gdy kolor żółty jest zbyt intensywny, może odbijać za mocno światło słoneczne, przez co elewacja będzie zbyt agresywna i dom może wyróżniać się z otoczenia zbyt intensywnie.

Inną kolorystyką dominującą na całym świecie są wszelkie odcienie bieli. Elewacje w tym kolorze nadają budynkom spokojny, ponadczasowy charakter. W Polsce biały kolor był charakterystyczny dla ścian dworów i bielonych wapnem chałup, może być więc potraktowany jako element określonego stylu architektonicznego. Elewacja w bieli wygląda szlachetnie, ale też można za jej pomocą osiągnąć efekt czystości i świeżości. Najlepiej wybierać ciepłe odcienie złamane, np. o barwie jaśminu, śmietanki lub kości słoniowej. Ściany w takiej kolorystyce są doskonałym tłem dla stolarki okiennej czy drzwiowej. Im mniejsze różnice między kolorami na ścianach, tym dom wygląda bardziej naturalnie i „lżej”. Świetlista i stonowana szarość oraz rozświetlone beże doskonale wyglądają w towarzystwie białej stolarki oraz czerwieni dachu. Szarości łączą się harmonijnie z modnymi dzisiaj szarymi lub grafitowymi pokryciami. Światło naturalne dodaje tym barwom blasku, dlatego najlepiej stosować je, gdy dom stoi w nasłonecznionym miejscu.

Planując odpowiednią okładzinę elewacyjną, trzeba brać pod uwagę nie tylko właściwy budynek, ale także jego otoczenie. Dobrze skomponowana elewacja nie będzie się odróżniała na tle otaczających ją budynków i przyrody. Stare domy

nie wydają nam się piękne dlatego, że wybijają się z otoczenia, wręcz przeciwnie – dlatego, że do niego pasują. Stosując krzykliwy, agresywny kolor elewacji, różniący elewację od sąsiadów, sprawimy, że budynek zostanie zauważony, ale nie wzbudzi podziwu. Niektóre mocne kolory elewacji mają powiązania geograficzne. Budując dom poza miastem, warto pomyśleć o tradycji regionu. Jeśli na jakimś obszarze w budownictwie można rozpoznać charakterystyczne materiały, czy kolorystykę, dobrze jest do nich nawiązać.

Sąsiedztwo pól i lasów również ma wpływ na wybór elewacji domu – budynki osadzone w naturze powinny z nią współgrać. Dobrym rozwiązaniem jest wykorzystanie naturalnych materiałów – drewna i kamienia lub okładzin elewacyjnych, imitujących je. Należy wtedy stosować kolory natury – brązy, ciemne zielenie i beże.

Wybierając barwę tynku, farby lub okładziny elewacyjnej należy pamiętać o kolorze dachu. Gdy jego połacie są skośne, ich duża powierzchnia ma niebagatelny wpływ na wygląd domu. To kolory elewacji muszą być podporządkowane barwie dachu, gdyż pokrycia występują w mniejszej gamie kolorystycznej niż farby elewacyjne. Wśród kolorów materiałów pokryciowych dominują ceglane odcienie czerwieni i szarości. Na konkretny odcień wpływają też rodzaj materiału, jego plastyczny kształt i faktura. Czerwień dachówki ceramicznej będzie zupełnie inna niż czerwień dachówki bitumicznej, jeszcze inaczej będzie wyglądała czerwona blachodachówka.

Duży wpływ na odbiór odcienia dachu ma również światło układające się na materiałach o różnej fakturze. Błyszcząca w słońcu blachodachówka zawsze nabiera bardziej jaskrawego wyglądu niż matowa dachówka ceramiczna w zbliżonym odcieniu. Warto wziąć to pod uwagę, zwłaszcza gdy zamierzamy wybrać jaskrawy odcień materiału elewacyjnego. Zestawienie dwóch intensywnych kolorów może się gryźć i być męczące dla oczu.

Kolor materiałów może ulec zmianie w czasie. Tak dzieje się z wieloma pokryciami dachów, szczególnie usytuowanych w wilgotnym otoczeniu, które pokrywają się białozielonkawym nalotem. Może on nawet w krótkim czasie wywołać efekt postarzenia domu. Tak „spatynowane” pokrycie nie będzie dobrze wyglądało w zestawieniu z wyrazistą, jaskrawą ścianą. W takim otoczeniu lepiej od razu zaplanować tynk w pastelowych kremach lub złamanych kolorem odcieniach bieli [3].

Istotne jest również zharmonizowanie kolorystyki elewacji domu z barwą innych, widocznych z zewnątrz jego elementów, tj.: stolarką okienną i drzwiową, rynnami, cokołami, schodami, podestami, parapetami itp. Dobry efekt estetyczny można uzyskać zarówno, dobierając kolory wszystkich tych elementów i detali z tej samej palety barw, różnicując jedynie ich odcienie, jak i zestawiając je na zasadzie kontrastu. Stosowanie zestawień kontrastowych wymaga jednak wprawnego oka i znajomości zasad łączenia kolorów. Aby nie popełnić błędu, dobór kontrastowych barw lepiej powierzyć

architektowi. Jeżeli dobór materiałów i kolor elewacji są częścią projektu autorskiego, zmiany wymagają zgody projektanta. W wypadku projektów gotowych zakres zmian niewymagających zgody jest dołączony do opisu [4].

Za pomocą koloru elewacji można optycznie poprawiać niekorzystne proporcje budynku. Na przykład sylwetka niskiego i rozłożystego domu z pionowymi akcentami barwnymi na elewacji będzie wydawała się smuklejsza, a wysoki i wąski pomalowany w poziome pasy – niższy. Zarówno linie pionowe, jak i poziome trzeba jednak stosować ostrożnie, aby przesadnie nie „wyciągnąć” domu w górę lub nadmiernie go nie „poszerzyć”.

Elewacje małych domów bardzo często mają poziome podziały, tworzone przez cokół czy linię okien. Za pomocą wykończenia można sprawić, że będą wyraźniej zaznaczone. Linie okien narzucają kompozycję całej elewacji.

Architekci nie bez powodów często stosują wyróżnienie innym kolorem właśnie na linii okien. Takim wyróżnikiem mogą być też okiennice, które – kiedy są otwarte – poszerzają optycznie otwory okienne.

Warto też wziąć pod uwagę wielkość oraz wzajemne proporcje płaszczyzn ścian i dachu. Duże połacie ciemnego dachu zawsze przytłaczają i optycznie przyciągają dom ku ziemi. Jeśli ściany tworzą niewielkie płaszczyzny, warto je, jak najbardziej rozjaśnić, aby optycznie podwyższyć dom oraz powiększyć ich płaszczyznę [5].

4. Elewacje specjalne

We współczesnej architekturze zauważalny jest pościg za innowacjami. Do wysokobudżetowych projektów angażuje się światowej sławy architektów, którzy z każdej swej pracy starają się stworzyć coś unikalnego. Swoista rywalizacja i konkursy na najlepszy projekt są bodźcem do rzeczy naprawdę wyjątkowych. Z drugiej jednak strony ogromna liczba istniejących już, ciekawych brył ogranicza pole do popisu. W architekturze panuje nawarstwienie trendów i wykorzystanych inspiracji. Aby uzyskać coś niepowtarzalnego projektanci muszą wyjść poza powszechnie stosowane rozwiązania i zaprezentować pomysł dotychczas niespotykany. Poza skomplikowaną bryłą i nowatorskimi rozwiązaniami technicznym najlepszym środkiem do uzyskania tego rezultatu jest zastosowanie nietypowej elewacji, która dzięki swej oryginalnej formie przykuje uwagę każdego i zyska rozgłos na całym świecie. Efekt ten można uzyskać, pokrywając mur żywą roślinnością, podświetlając fasadę lub też wprawiając ją w ruch. Zarówno rozwiązania techniczne, jak i cena takich elewacji są sprawą bardzo indywidualną. Każde rozwiązanie dopasowane jest do jednego, szczególnego projektu, więc nie ma możliwości podania kosztu wykonania go, bazując na wycenach analogicznych projektów (jak w przypadku systemów modułowych, czy standardowych metod montażu). Występujące elementy produkowane są na specjalne zamówienie i nie występują w standardowej ofercie producentów.

4.1. Elewacje zielone

Projektowanie w zgodzie ze środowiskiem naturalnym nie jest trudne, jednak bardzo kosztowne. Do dyspozycji jest kilka rozwiązań wertykalnej uprawy roślin. Stosuje się nie tylko pnącza, ale także byliny, krzewy, a nawet małe drzewa tworzące ogrody na znacznych wysokościach. W Polsce idea zrównoważonego rozwoju w architekturze dopiero raczkuje, jednak na świecie projektowanie architektury ekologicznej jest bardzo modne. Dany trend może być tylko przelotną niszą, lub przeciwnie – okazać się istotną gałęzią architektury przyszłości.

Biorąc pod uwagę wady i zalety systemów zielonych ścian, warto przed realizacją zastanowić się nad ich lokalizacją oraz docelowym przeznaczeniem. Właściwy dobór gatunków roślin oraz wybór firmy z doświadczeniem gwarantuje nie tylko bezproblemowy montaż, ale także pozwala na cieszenie się pionowym ogrodem przez lata. Zieleń wprowadzona na elewacje poprawia w znacznym stopniu wizualne i estetyczne aspekty miejskiej zabudowy. Żywe fasady świetnie wpisują się architektonicznie w krajobraz i pozwalają odczuć harmonię oraz zapach natury. Rośliny pomagają również w zwiększeniu korzystnego bilansu tlenowego oraz w redukcji zanieczyszczeń powietrza oraz wody, a także tłumią hałas oraz wyłapują kurz.

Budynki pokryte zielenią są odpowiednio chronione przed warunkami atmosferycznymi (tj. wiatrem i wodami opadowymi), a ich temperatura jest regulowana przez cały rok (w lecie rośliny chronią przed przegrzaniem budynku, a w zimie przed nadmierną utratą ciepła). Nie można pominąć także zastosowań terapeutycznych. Zieleń łagodzi stres, pomaga zachować równowagę psychiczną i wspomaga identyfikację mieszkańców z otoczeniem [6].

Najbardziej powszechnym na rynku europejskim systemem żywych fasad jest system Florafelt (rys. 1, 2). Zielone ściany wykonane w tym systemie są trwałe i bezpieczne, panele pochodzą w 100% z materiałów pozyskanych z recyklingu. Tworzą one miękką tkaninę, która jest nietoksyczna, stabilna i praktycznie niezniszczalna. Nie zawierają związków drażniących ani rakotwórczych. Są hipoalergiczne, odporne na mole, pleśń i zapach. Ekologiczny materiał syntetyczny jest trwalszy od materiałów organicznych, które podlegają szybkiemu rozkładowi. Modułowe panele mogą być łączone ze sobą oraz zapewniają dużą elastyczność w montażu, pozwala to projektantowi na tworzenie ścian o różnych wymiarach i kształtach.



Rys. 1. System Florafelt – przekrój [8]



Rys. 2. Siedziba FNP, Warszawa [9]

Panele wykonane są z filcu. Mają nylonowe zawieszki do powieszeniu na haku. Mogą też być mocowane na stałe. Kieszenie przytwierdzone są do płyty z tworzywa sztucznego. W kieszeniach umieszcza się owinięte korzenie roślin. Wilgoć przenika przez filc, a nadmiar wody spływa do roślin położonych niżej. Roślinność fasady podlewać można ręcznie lub przez zamontowanie automatycznego systemu nawadniania [7].

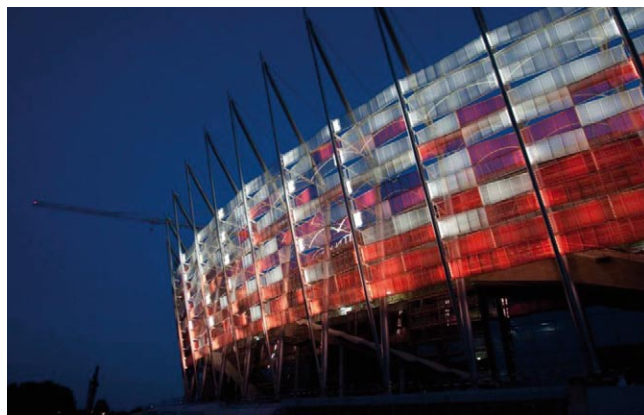
4.2. Elewacje multimedialne

Śmiało wizje architektoniczne urzeczywistniają się dzięki rozwijającej się technologii. Pierwsze próby przekształcenia elewacji budynku w multimedialny, interaktywny ekran podejmowane blisko 20 lat temu nie dawały pełnej satysfakcji, ale stanowiły inspirację do dalszych poszukiwań. Obecne możliwości technologiczne otwierają zupełnie nowe sposoby komunikacji i przekazu, umożliwiając połączenie przestrzeni cyfrowej z architekturą i urbanistyką. Medialne elewacje nadają budowlom zupełnie nowe znaczenie i zamieniają zwykłe, szare budynki w obiekty, które nocą nadają miastu koloru i życia (rys. 3.).

Fasady medialne mogą być oświetlane w sposób bezpośredni lub pośredni. Sposób bezpośredni polega na zamontowaniu systemów LED przed lub za fasadą, tak że źródło światła jest bezpośrednio widoczne. Oświetlenie pośrednie polega na tym, że światło pada na budynek i jest widoczne dla odbiorcy, lecz jego źródło jest ukryte. Dzięki najnowszym technologiom LED (ang. *Light-Emitting Diode*) możliwe jest tworzenie efektów świetlnych na fragmentach ścian bądź też na całej powierzchni fasady. Możliwe jest również tworzenie instalacji ukazujących ruchome obrazy. W takim wypadku budynek ożywa i aktywnie komunikuje się z odbiorcą.

Koszty serwisu i utrzymania instalacji mogą być wysokie, należy jednak pamiętać, że lampy LED-owe zużywają mniej energii niż inne źródła światła (np. świetlówek), a ich żywotność może dochodzić do 50 tysięcy godzin. Dodatkową zaletą jest proste elektroniczne sterowanie, możliwości modyfikowania kształtu, koloru i intensywności oraz ich niewielkie rozmiary, dzięki którym mogą tworzyć obrazy

w wysokiej rozdzielczości. Ponadto nastąpił zdecydowany postęp w jakości światła wytwarzanego przez LED-y. Przy założeniu, że jakość widzenia kolorów jest najwyższa przy świetle dziennym i żarówkach (100% w skali od 0 do 100%), najlepsze produkty potrafią uzyskać reprodukcję na poziomie do 90% – czyli generowane jest światło porównywalne do światła z najlepszej jakości świetlówek. Diody elektroluminescencyjne są też ekonomiczne, wytrzymałe oraz charakteryzują się wysoką skutecznością świetlną i bezpieczeństwem użytkowania (nie wytwarzają promieniowania nadfioletowego UV i podczerwonego IR).



Rys. 3. Stadion Narodowy, Warszawa [10]

Elewację stadionu (rys. 3) stanowią płyty wykonane z siatki perforowanej, rozmieszczone w kształcie „koszyka”. Iluminację zapewnia 1648 opraw, z których każda wyposażona jest w 36 modułów LED dużej mocy. Oprawy świecą w białych lub czerwonych kolorach i mogą być dowolnie ściemniane lub rozjaśniane. Fasada stadionu stanowi swoisty ekran multimedialny. Dzięki nowoczesnemu systemowi sterowania możliwe jest kreowanie dynamicznych scenariuszy świetlnych, napisów, znaków graficznych i innych efektów świetlnych.

Innym przykładem może być budynek Filharmonii Szczecińskiej (rys. 4), ozdobiony spektakularnym systemem oświetlenia, składającym się z ponad 25 tysięcy opraw LED. Umieszczono je równomiernie na elewacji budynku – między ścianami



Rys. 4. Filharmonia Szczecińska [11]

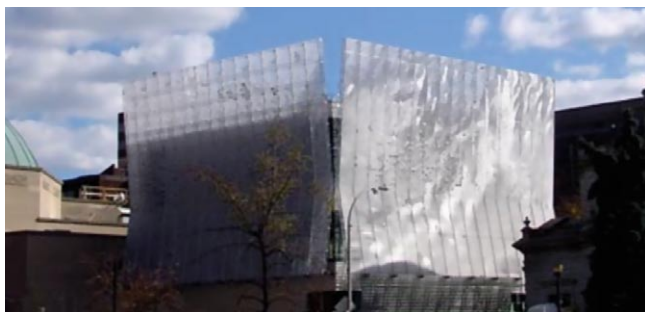
a szklaną fasadą. Każda z opraw może świecić w dowolnym kolorze, możliwe jest więc tworzenie iluminacji o zmiennej barwie. Ogólny zamysł opiera się na jednolitym i subtelnym oświetleniu całej powierzchni fasady w stylu lampionu chińskiego. Sterowanie oświetleniem umożliwia iluminację nawiązującą do faz światła dziennego, które zmienia swą barwę o różnych porach dnia.

4.3. Elewacje dynamiczne

Istnieje wiele sposobów na to, aby elewacje współczesnych budynków przestały być nudne i powtarzalne. Coraz częściej architektura staje się dynamiczna i próbuje dopasować się do warunków atmosferycznych. Wykorzystywanych jest wiele aspektów przyrody – woda, światło, dźwięk, czy wiatr. Dynamiczne fasady są bardzo trudne w projektowaniu i wymagają zatrudnienia współpracujących ze sobą architektów, producentów, fizyków i mechaników. Przykładem może być fasada Muzeum Dziecięcego w Pittsburghu, w USA (rys. 5), poruszająca się na wietrze.

Elewacja obiektu składa się z tysięcy plastikowych, półprzezroczystych, białych kwadratów, które poruszają się na wietrze. Uzyskana w ten sposób grafika ma sugerować, że budynek został spowity przez cyfrową chmurę. Cechy optyczne elewacji zmieniają się w zależności od pogody i pory dnia. Przegubowo montowane panele podtrzymywane są przez aluminiowe ramy przestrzenne.

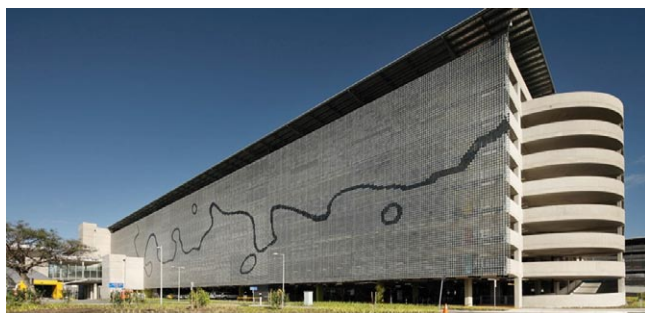
Innym przykładem może być Centrum Nauki w Winterthur, w Szwajcarii (rys. 6). Elewacja tego obiektu jest zrealizowana w postaci ekranu kinetycznego. Ekran ten obejmuje 6 kondygnacji i składa się z tysięcy aluminiowych paneli. Dynamiczna fasada stała się centralnym punktem dużego placu miejskiego przed muzeum.



Rys. 5. Muzeum Dziecięce w Pittsburghu, USA [12]



Rys. 6. Centrum Nauki w Winterthur, Szwajcaria [12]



Rys. 7. Parking terminalu krajowego w Brisbane, Australia [12]

Jeszcze innym przykładem elewacji dynamicznej jest parking terminalu krajowego w Brisbane, w Australii (rys. 7.). Elewacja tego obiektu wznosi się na wysokość 8 kondygnacji i zajmuje powierzchnię 5000 m². W całości składa się z 250 000 aluminiowych paneli, zawieszonych przegubowo. Panele kołysząc się na wietrze, odzwierciedlają podmuchy wiatru, jego siłę i kierunek. Powstały w ten sposób dynamiczny ekran, poruszany jest jedynie przez siłę wiatru i nie wymaga zużycia energii. Dla wnętrza parkingu fasada ma również ogromne znaczenie. Dzięki odpowiednio falującej instalacji, wewnątrz parkingu jest naturalnie doświetlane, wspomaganą jest też naturalna wentylacja garażu i nie jest wymagana specjalistyczna, mało ekologiczna wentylacja.

5. Podsumowanie

Nie można jednoznacznie wskazać uniwersalnego rozwiązania, które będzie odpowiednie na fasadę każdego budynku. Wybierając okładzinę elewacyjną, trzeba uwzględnić wiele czynników. Należy pod uwagę brać nie tylko cenę, trwałość i inne parametry techniczne. Równie istotny jest tutaj estetyczny wygląd i uzyskanie harmonii z całym otoczeniem budynku. Na chwilę obecną specjalne okładziny elewacyjne są wyjątkowe, ale stanowią bardzo drogą inwestycję i mimo niezaprzeczalnych zalet technicznych, pod względem ekonomicznym są daleko w tyle za innymi, tradycyjnymi, okładzinami zewnętrznymi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://pl.wikipedia.org/wiki/Elewacja>
- [2] Fasady 2014, Informator Budowlany Murator, wydanie specjalne
- [3] http://murator-dom.pl/budowa/elewacje/jak-dobrac-kolor-elewacji-zobacz-efektowne-elewacje-zdjecia-domow-jednorodzinnych,20_8560.html
- [4] <http://www.ekspertbudowlany.pl/arttykul/id2739,kolor-elewacji-jak-wybrac-odpowiedni?print=1>,
- [5] http://murator-dom.pl/budowa/elewacje/czy-kolor-elewacji-moze-poprawic-proporcje-domu-poradnik,20_7446.html,
- [6] Barnas K., Elewacje Zielone, Czasopismo techniczne, Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej
- [7] <http://ogrodwertykalny.pl/pane/>
- [8] <http://static1.squarespace.com/static/53efd029e4b0663768023a21/t/>
- [9] https://www.sempergreen.com/uploads/projecten/Groene_gevels/HQ_Foundation_for_Polish_Science_Warsaw_11.png
- [10] http://d.naszemiasto.pl/k/r/c7/0e/54c8d157b3384_o.jpg?20150101000000
- [11] <http://www.osram.pl/media/resource/lightbox/506696/szczecin-philharmonie-szczecin-polen.jpg>
- [12] <http://www.nedkahn.com/wind/>

Projektowanie i analiza stalowych jednowarstwowych przekryć walcowych

Dr inż. Robert Szmit, Wydział Geoinżynierii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

1. Wprowadzenie

Przestrzenne prętowe przekrycia strukturalne są obecnie popularnym sposobem zadaszania dużych powierzchni umożliwiającymi zastosowanie niewielkiej liczby podpór pośrednich. Konstrukcje te są generalnie postrzegane jako rozwiązania ekonomiczne przy budowie obiektów użyteczności publicznej i przemysłowych. Mogą być skonstruowane w wielu różnych konfiguracjach cechujących się różnym rozmieszczeniem prętów oraz różną wyniosłością. Konstrukcje przestrzenne dachu walcowego lub beczkowego pozwalają projektować konstrukcję z uwzględnieniem teorii łuków, a zastosowanie stali zapewnia wysoką wytrzymałość osiową i na zginanie, dzięki czemu możliwe są duże prześwity i małe wysokości struktury [3]. Podstawowe zalety zadaszeń ze sklepieniem walcowym to:

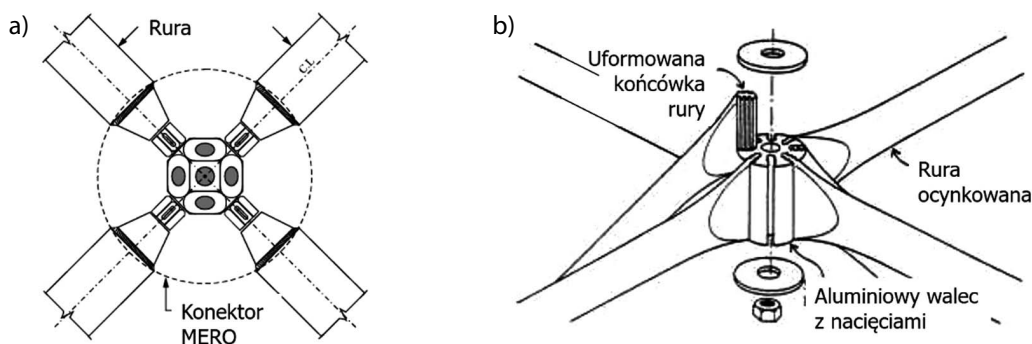
- szybkość i dokładność wykonania: projekt i montaż konstrukcji przestrzennej ze sklepieniem walcowym można wykonać z wysokim stopniem dokładności i w bardzo krótkim czasie dzięki zastosowaniu powtarzalnych elementów,
- niewielki ciężar: jedną z najważniejszych zalet konstrukcji przestrzennej jest jej lekkość ze względu na równomierny przestrzenny rozkład obciążeniem materiałem konstrukcyjnym i jednocześnie dużą nośność,
- efektywność kosztowa: jedną z największych zalet stosowania tego typu przekryć przestrzennych jest to, że są stosunkowo opłacalne,
- elastyczność konstrukcji: jest to jedna z najbardziej elastycznych i wytrzymałych konstrukcji wykorzystywanych do budowy budynków komercyjnych i nieruchomości mieszkalnych,
- ekologia: te przestrzenne konstrukcje w 100% mogą podlegać recyklingowi, stąd są przyjazne dla środowiska,

- uniwersalność struktury: rama przestrzenna ma wszechstronność kształtu i formy, może wykorzystywać standardowy moduł do generowania różnych płaskich siatek przestrzennych, kratowanej, zakrzywionych i innych dowolnych kształtów (np. kopuły).

Projektowanie przestrzennych konstrukcji prętowych jest znaczącym punktem w umiejętnościach projektanta-konstruktor. Jest to wieloetapowy proces, na który wpływ ma wiele czynników, takich jak zaprojektowanie geometrii konstrukcji, w tym przeanalizowanie różnych wariantów triangulacji siatki konstrukcji oraz ich wpływ na zapewnienie stateczności konstrukcji, sposoby łączenia prętów w węzłach, podparcia konstrukcji, wymiary i ekspozycja konstrukcji czy też sposób jej obciążenia. Modelowanie konstrukcji lekkich charakteryzuje się poszukiwaniem optymalnych rozwiązań i zapewnieniem wymaganej nośności i stabilności konstrukcji przy jednoczesnym ekonomicznym wykorzystaniu materiału.

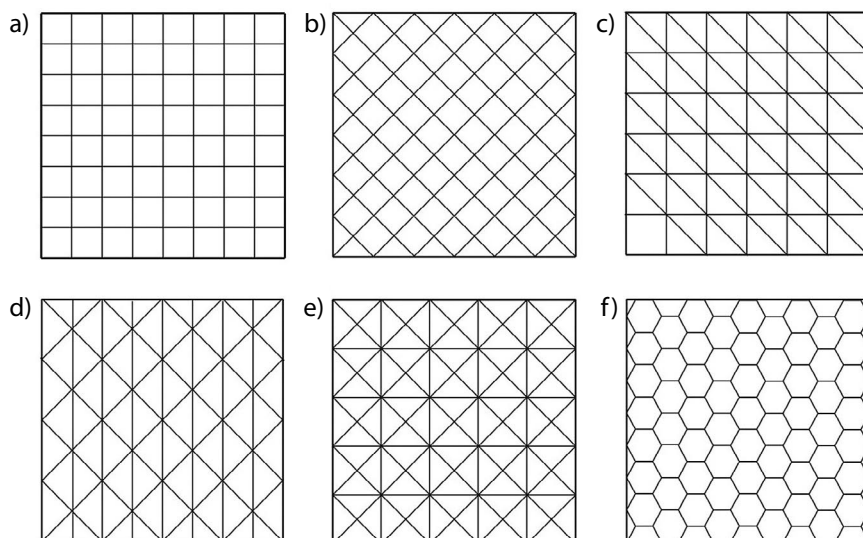
2. Kształtowanie geometrii

W odróżnieniu od struktur dwuwarstwowych, w których węzły modeluje się najczęściej jako przegubowe, w powłokach jednowarstwowych przyjmuje się węzły sztywne, które znacznie zwiększają sztywność i zapewniają konstrukcji stateczność globalną. Racjonalnym sposobem łączenia prętów jest przyjęcie węzłów z bogatej oferty istniejących opatentowanych rozwiązań systemowych oferowanych przez różnych producentów. Najbardziej rozpowszechnione systemy połączeń to np. Mero i Triodetic (rys. 1) czy też Unibat lub Unistrut, które przy odpowiednim doborze zapewniają wymaganą nośność, skrócenie czasu montażu oraz zmniejszenie kosztów inwestycji.



Rys. 1. Przykładowe węzły systemowe stosowane w prętowych strukturach przestrzennych: a) system Mero, b) system Triodetic

Rys. 2. Wybrane siatki prętów: a) ortogonalne (O), b) diagonalne (D), c-e) trójkątne (T) trój- i czterodrożne f) heksagonalne (H)



Nowoczesnymi systemowymi sposobami łączenia elementów konstrukcji strukturalnych są konstrukcje stalowe wykonane z rur wycinanych i obrabianych laserowo, które następnie są bezpośrednio łączone ze sobą za pomocą spawania.

Podstawą kształtowania konstrukcji przestrzennych jest sposób rozmieszczenia prętów w projektowanej strukturze i to m.in. on decyduje o nośności przekrycia oraz zastosowaniu rozwiązań systemowych węzłów przedstawionych wcześniej. Przekrycia strukturalne mogą być utworzone na płaskiej lub zakrzywionej powierzchni. Najprostszą i najczęściej projektowaną jest forma cylindryczna o stałej krzywiznie łuku jako struktura jednowarstwowa lub dwuwarstwowa. Podstawowe siatki prętów tworzące warstwy (pasy) struktury przedstawiono na rysunku 2.

Analizując sposób podparcia, który ma bardzo duży wpływ na pracę zadaszeń walcowych, możemy wyróżnić trzy główne oparcia konstrukcji na ścianach bądź fundamentach. Powłoka, której oparcie stanowią podpory zlokalizowane wzdłuż boków przekrycia rozpatruje się jako strukturę łukową (rys. 3a). Struktury takie charakteryzują się stosunkowo małą sztywnością [5]. Drugim typem rozmieszczenia podpór jest zlokalizowanie ich na krawędzi krzywej tworzącej łuk przekrycia walcowego (rys. 3b). Elementy konstrukcyjne rozpatruje się wtedy podobnie jak belki proste, a w porównaniu do poprzedniego schematu taki typ zakotwień stanowi stosunkowo sztywną strukturę. Kolejnym typem jest podparcie powłoki na wszystkich jej krawędziach (rys. 3c). W takiej strukturze można zastosować analogię jak dla płyty, zwłaszcza przy małych wyniosłościach przekrycia.

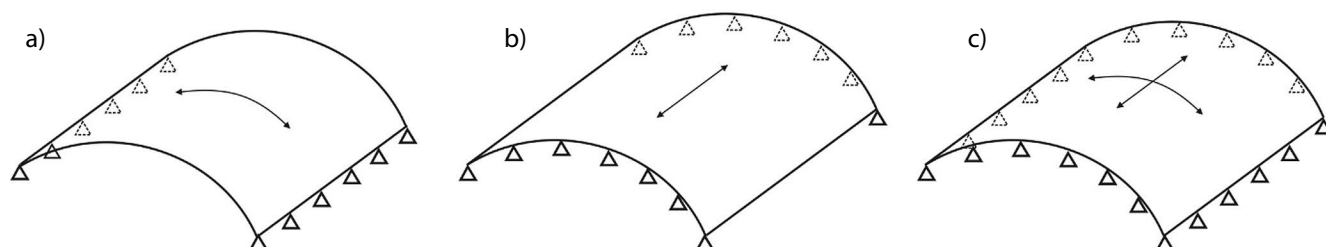
Projektując topologie prętowych struktur przestrzennych, wygodnie jest wykorzystywać narzędzie optymalizacyjne np. w postaci języka programowania Formian, który został

opracowany z myślą o generowaniu parametrycznych obiektów o skomplikowanej geometrii [4, 6]. Za jego pomocą można matematycznie zdefiniować kształt nawet bardzo złożonych form struktur przestrzennych, a następnie eksportować do programów inżynierskich, w których wykonywana będzie analiza statyczno-wytrzymałościowa. Można również korzystać z wyspecjalizowanych narzędzi modelowania parametrycznego, np. Autodesk Dynamo czy też Rhino/Grasshopper współpracujących z programami BIM.

3. Analiza numeryczna wybranych przekryć walcowych

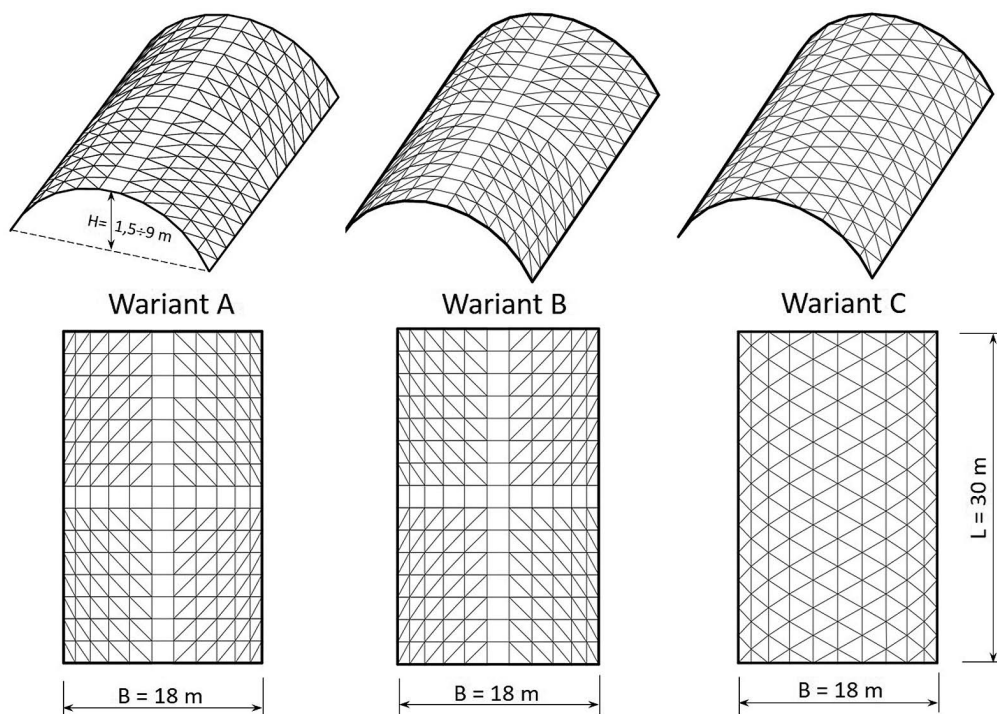
Przeprowadzono analizy numeryczne różnych wariantów struktur, których celem było przedstawienie wpływu kształtowania geometrii przekrycia na deformacje struktur i wyężenia tworzących prętów oraz ekonomiczność poszczególnych rozwiązań. Wykonując analizy porównawcze na etapie projektowania, a następnie wybierając rozwiązanie najbardziej optymalne, można w znacznym stopniu zmniejszyć zużycie materiałów przy jednoczesnym zoptymalizowaniu przekrojów prętów zastosowanych w konstrukcji.

Zamodelowano przekrycia walcowe jednowarstwowe w trzech wariantach podziału siatki prętów, ponadto dla każdego z wariantów rozpatrywano sześć różnych wyniosłości struktury



Rys. 3. Najczęściej stosowane podparcia konstrukcji: a) wzdłuż boków przekrycia, b) na krawędzi krzywej tworzącej łuk przekrycia, c) na wszystkich krawędziach

Rys. 4. Widoki aksonometryczne i widoki z góry trzech wariantów analizowanych struktur walcowych



(stosunek wysokości do jej rozpiętości), co w rezultacie dało aż osiemnaście przypadków analizowanych sklepień (rys. 4).

Dla każdego z trzech wariantów utworzono konstrukcję o następujących wymiarach: długość 30 m, rozpiętość 18 m, wysokości: 1,5; 3; 4,5; 6; 7,5 oraz 9 m. Jako materiał konstrukcyjny przyjęto stal gatunku S275 (granica plastyczności $f_y = 275$ MPa) oraz przekrój rur okrągłych RO 108x10 mm, który był jednakowy dla wszystkich wariantów przekryć. Analizowano też zachowanie tych wariantów dla zoptymalizowanych przekrojów prętów i dobierano je tak, żeby wyężenie w danym przecie zawierało się w granicach 0,90–95. Pręty połączone zostały w węzłach w sposób sztywny. Podpory przegubowe bez możliwości przesuwu przyjęto wzdłuż boków.

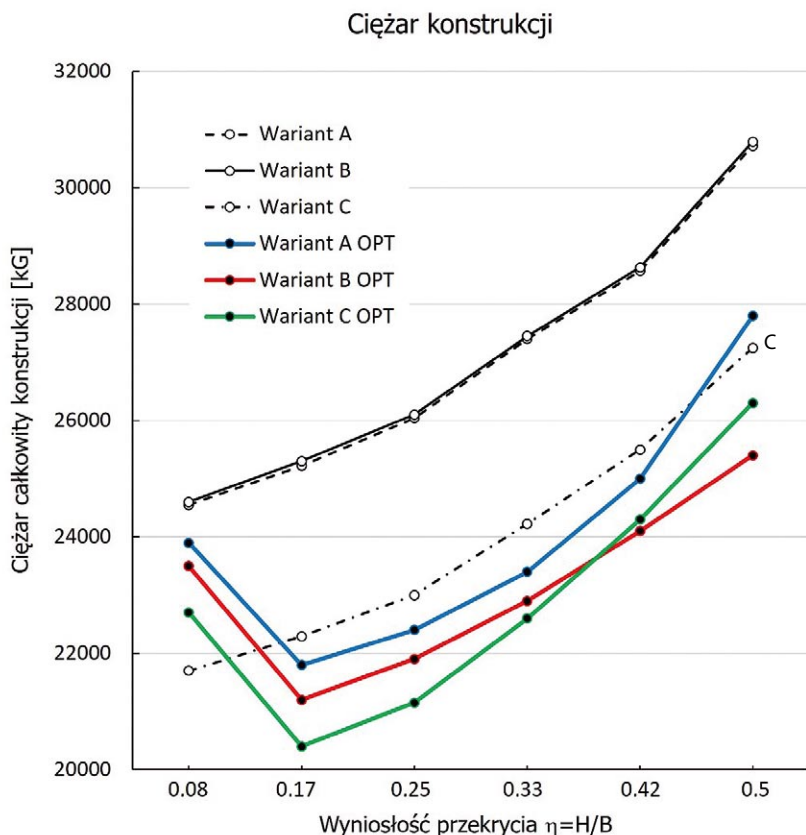
Siatki geometryczne wykonano za pomocą programu AutoCAD [9] oraz aplikacji Formian 2 [11], a analizę statyczno-wytrzymałościową przeprowadzono w programie Autodesk Robot Structural Analysis [10].

Konstrukcję przekrycia obciążano kombinacją obciążeń z ciężarem własnym, ciężarem warstw wykończeniowych, obciążeniem użytkowym oraz obciążeniami atmosferycznymi

– śniegiem i wiatrem zgodnie z normami [12, 13]. W niniejszym artykule, dla większej przejrzystości zobrazowania wpływu przyjętej geometrii na odpowiedź konstrukcji, zaprezentowano analizę wyników tylko dla kombinacji obciążeń pionowych. Wyniki analiz z uwzględnieniem oddziaływania wiatru zaprezentowane zostaną w kolejnych publikacjach.

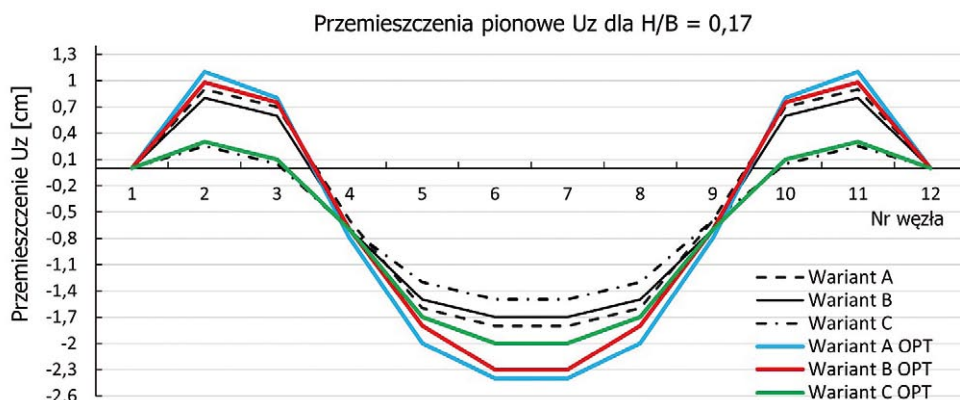
Przedstawione wyniki mają za zadanie określenie wpływu wybranego sposobu podziału siatki na wielkość porównywanych parametrów. Porównanie ciężarów całkowitych w zależności od przyjętych modeli konstruowanego przekrycia walcowego (wariant A, B, C) bez optymalizacji prętów oraz z optymalizacją pokazuje rysunek 5.

W wariantach, w których nie optymalizowano przekrojów poprzecznych prętów



Rys. 5. Porównanie ciężaru konstrukcji przed optymalizacją i po optymalizacji prętów dla różnych wartości wyniosłości H/B

Rys. 6. Porównanie przemieszczeń pionowych U_z węzłów w przekroju poprzecznym w połowie długości struktur wariantach A, B, C dla $H=3$ m, przed optymalizacją przekrojów prętów i po niej



ciężar konstrukcji sukcesywnie wzrasta wraz z rosnącymi długościami prętów i powierzchniami przekryć.

Najlżejsza jest trójdrożna diagonalna siatka w wariantach C, która jest lżejsza około 9% od wariantów A i B mających identyczne ciężary.

Inaczej sytuacja przedstawia się, kiedy optymalizowano pręty. Z analiz jasno wynika, że najbardziej ekonomiczna wyniosłość sklepienia w stosunku do ciężaru konstrukcji wynosi 0,17. Przy tej wartości H/B ponownie najlżejsze jest przekrycie w wariantach C, lżejsze o 3,7% od wariantu B oraz 6,4% od wariantu A. Ciekawym wnioskiem jest to, że dla wyniosłości 0,5 ciężary konstrukcji znacząco wzrosły w stosunku do ciężaru dla wyniosłości 0,17: w wariantach A o 28%, w wariantach B o 20%, a w wariantach C o 29%.

Porównanie przemieszczeń pionowych węzłów w linii przekroju poprzecznego w połowie rozpiętości dłuższego boku zaprezentowano na rysunku 6. Tu również zestawiono wyniki dla wszystkich wariantów konstrukcji przy wyniosłości wynoszącej 0,17, bez optymalizacji prętów oraz z ich optymalizacją.

Minimalne ugięcia dla wszystkich trzech przekryć uzyskano dla współczynnika wyniosłości wynoszącego 0,17, czyli identycznie, jak było to przy porównywaniu ciężarów przekryć. Wraz ze wzrostem tego współczynnika wzrastały również ugięcia, co wynika m.in. z rosnącego ciężaru konstrukcji. Najmniejsze wartości ugięcia otrzymano dla przekrycia w wariantach C (w wariantach A większe o 20%, w wariantach B większe o 15%).

4. Podsumowanie

Wraz z koniecznością przekrywania coraz większych powierzchni oraz związanymi z tym wysokimi kosztami budowy coraz większą rolę odgrywa optymalizacja konstrukcji prętowych pod kątem topologii struktury oraz stosowanych materiałów [2, 7].

Przekrycia strukturalne składające się z wielu prętów stalowych o nieznacznych długościach pozwalają na racjonalne przekazywanie obciążeń na podpory, a co za tym idzie równomierne wyłączenie elementów konstrukcji, które jest jednym z głównych czynników decydujących o ekonomiczności konstrukcji. O stopniu równomierności przekazywania obciążeń decyduje geometria całego przekrycia, poczynając

od kształtu przekrycia w planie, rozmieszczenia podpór, rodzaju podparcia, przez geometrię poszczególnych siatek tworzących, kończąc na wymiarach poszczególnych elementów powtarzalnego oczka siatki.

W jednowarstwowych przekryciach cylindrycznych sztywność połączenia prętów w węzłach ma bardzo duże znaczenie, w odróżnieniu od przekryć dwuwarstwowych [8]. Zastosowanie węzłów przegubowych znacznie obniżyłoby stabilność struktury i zwiększyłoby wrażliwość na ich przeskok [1].

W przypadku przekryć o kształcie wycinka walca zastosowanie triangulacji we wszystkich polach pozwala na uzyskanie sztywniejszej konstrukcji oraz bardziej równomiernego rozkładu naprężeń w prętach. Dzięki temu istnieje możliwość większej unifikacji przekrojów prętów stosowanych w zadaniach lub bardziej ekonomicznego wykorzystania prętów w przypadku zastosowania jednego przekroju prętów w całej konstrukcji. Chcąc zoptymalizować konstrukcję, zaleca się przyjmować jednakowe przekroje prętów w określonych strefach (pasmach) przekrycia, ale tak żeby liczba różnych przekrojów nie przekraczała 4–6 typów.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Abedi K., Farmani Fard M., Samavati O., Stability Analysis of Lattice Single-Layer Barrel Vault Considering the Effects of Purlins, Proceedings of the IASS, Amsterdam, 2015
- [2] Chilton J., Space Grid Structures. Architectural Press, Oxford, 2000
- [3] Elsheikh A., Configurations of Single-Layer Barrel Vaults. Advances in Structural Engineering 4(2)2001
- [4] Grzywiński M., Modelowanie prętowych powłok walcowych z zastosowaniem algebry Formex, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej Budownictwo 22, Częstochowa, 2016
- [5] Makowski Z. S., Analysis, design and construction of braced barrel vaults, Elsevier Applied Science Publishers, London, New York, 1985
- [6] Nooshin H., Samavati O., Some Morphological Aspects of Configurations. IASS 2016 Tokyo Symposium: Spatial Structures in the 21st Century, Tokyo, 2016
- [7] Ramaswamy G. S., Eekhout M., Suresh G. R., Analysis, Design and Construction of Steel Space Frames, Thomas Telford Publishing, 2002
- [8] Szmít R., Sędrowska E., Analiza wybranych dwuwarstwowych stalowych przekryć walcowych, Materiały Budowlane 10/2017
- [9] Autodesk AutoCad 2021
- [10] Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020
- [11] Formian 2
- [12] PN-EN 1991-1-3. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje: Obciążenie śniegiem
- [13] PN-EN 1991-1-4. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje: Oddziaływanie wiatru

Zagrożenia dla bezpieczeństwa pracy związane z automatyzacją i robotyzacją w budownictwie

Dr inż. Mariusz Szóstak, prof. dr hab. inż. Bożena Hoła, mgr inż. Tomasz Nowobilski, dr inż. Piotr Grzempowski, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska, dr inż. Paweł Bogusławski, Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

1. Wprowadzenie

Ciągły postęp technologiczny prowadzi do coraz większego udziału zautomatyzowanych i zrobotyzowanych maszyn budowlanych na polskich budowach. Automatyzacja i robotyzacja procesów technologicznych ma na celu zmniejszenie lub wyeliminowanie udziału operatora w obsłudze urządzenia i zastąpienie go sterowaniem zdalnym – komputerowym, zwiększenie wydajności pracy oraz poprawę bezpieczeństwa pracy. Stworzenie bezpiecznych warunków pracy na placu budowy, powinno być nadrzędnym celem każdego pracodawcy.

Ze względów technicznych, ekonomicznych i behawioralnych nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie zagrożeń występujących w środowisku pracy. Można je jednak ograniczyć do pewnego minimum, dzięki wprowadzaniu nowych innowacyjnych rozwiązań technicznych i organizacyjnych do procesów pracy. W takich przypadkach, znane dotąd zagrożenia są eliminowane, jednak mogą się ujawnić nowe zagrożenia dotąd nie znane.

Celem badań prowadzonych przez autorów artykułu jest rozpoznanie najczęściej występujących w polskim budownictwie rozwiązań o charakterze innowacyjnym w zakresie automatyzacji i robotyzacji procesów budowlanych oraz zidentyfikowanie zagrożeń dla życia i zdrowia pracowników z nimi związanych. W związku z powyższym nawiązano kontakt z przedsiębiorstwami, które świadczą usługi budowlane wspomagane zastosowaniem rozwiązań zautomatyzowanych i zrobotyzowanych. Są to krajowe przedsiębiorstwa wykonujące roboty budowlane, produkujące roboty stosowane w budownictwie oraz świadczące usługi wypożyczania sprzętu. Dzięki temu zidentyfikowano najczęściej stosowane, w wykonawstwie robót budowlanych, zautomatyzowane i zrobotyzowane urządzenia i maszyny. Na podstawie przeglądu polskiej literatury przedmiotu oraz doświadczeń własnych zidentyfikowano możliwe zagrożenia dla życia i zdrowia pracowników związane ze stosowaniem tych maszyn i urządzeń.

W artykule zwrócono również uwagę na możliwość poprawy jakości szkoleń pracowników budowlanych w zakresie

bezpieczeństwa pracy, poprzez zastosowanie nowoczesnej technologii, takiej jak wirtualna rzeczywistość VR. Zastosowanie tej technologii z pewnością spowoduje zwiększenie umiejętności pracowników w zakresie wykonywanej pracy oraz zmniejszania ryzyka związanego z automatyzacją i robotyzacją.

2. Zautomatyzowane i zrobotyzowane maszyny budowlane stosowane w Polsce

Na podstawie informacji uzyskanych od przedsiębiorstw budowlanych, stosujących innowacyjne rozwiązania stwierdzono, że najczęściej wykorzystywanymi, w polskim budownictwie są: drony, roboty wyburzeniowe, maszyny do robót ziemnych wspomaganych systemami pozycjonowania satelitarne GNSS, deskowania samowznoszące, drukarki 3D oraz pojazdy trakcyjne.

2.1. Drony

Bezzałogowe statki powietrzne, tzw. drony, już od wielu lat z powodzeniem wykorzystywane są w budownictwie. W zależności od docelowego przeznaczenia stosuje się drony o różnej konstrukcji i wadze. Urządzenia te mogą być wyposażone m.in. w kamery o wysokiej rozdzielczości, kamery termowizyjne, skanery laserowe i urządzenia odbiorcze GNSS. Widok oprzyrządowania drona, tj. skanera LiDAR oraz kamer wysokiej rozdzielczości zamieszczono przykładowo na rysunku 1. Dzięki takiemu wyposażeniu drony mają zastosowanie w:

- kontroli obiektów budowlanych do których dostęp jest utrudniony, np. mostów, kominów, dachów [1, 2]. Zdjęcie wykonane za pomocą drona, na którym widoczne są uszkodzenie elementów konstrukcyjnych mostu zamieszczono na rysunku 2;
- ocenie stanu technicznego konstrukcji i ich elementów [3, 4]. Na obrazie transmitowanym przez kamery z drona można znaleźć pęknięcia i inne defekty zagrażające bezpieczeństwu konstrukcji;
- monitorowaniu postępów prac budowlanych. Nadzór z powietrza pozwala na większą kontrolę przebiegu prac



Rys. 1. Widok na spód drona – skaner laserowy LiDAR oraz kamery wysokiej rozdzielczości (źródło: [5])



Rys. 2. Widok z powietrza na elementy podparcia przęseł mostowych na podporach



Rys. 3. Ortofotomapa z widokiem na budynek C-13 Politechniki Wrocławskiej

na budowie dzięki możliwości wykonywania zdjęć i filmów z realizacji inwestycji [5–8];

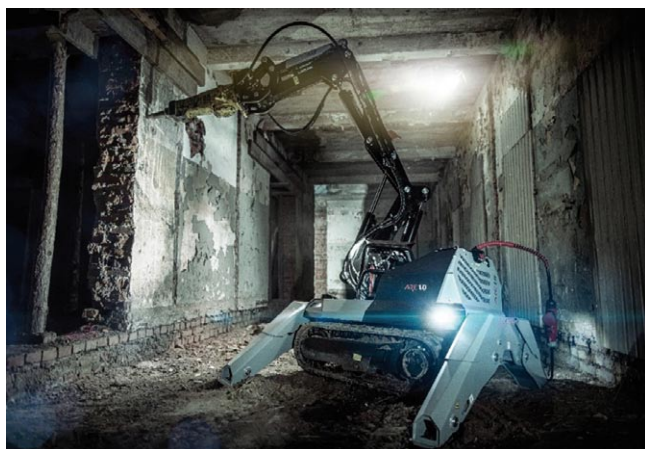
- termowizyjnych badaniach obiektów budowlanych [9]. Dzięki zastosowaniu kamer termowizyjnych jest możliwe dokonywanie pomiarów i identyfikowanie źródeł utraty ciepła w budynku;
- monitorowaniu i kontroli środowiska pracy, identyfikacji zagrożeń w realizacji obiektów [10–13]. Dzięki temu zmniejszane jest ryzyko wypadków, a tym samym zwiększone bezpieczeństwo pracy;
- pozyskiwaniu zobrażeń do wyznaczania geometrii 3D obiektów przestrzennych, określaniu wymiarów

przestrzennych (odległość, powierzchnia, objętość), tworzenia ortofotomapy, a także inwentaryzacji atrybutów obiektów [14]. Przykład ortofotomapy budynku C-13 Politechniki Wrocławskiej zamieszczono na rysunku 3.

Drony, w zależności od swojej konstrukcji i docelowego przeznaczenia w trakcie jednego lotu mogą pokonać nawet kilkanaście kilometrów. Zaletą dronów jest ich wysoka mobilność oraz możliwość szczegółowej inwentaryzacji dużego obszaru w krótkim czasie. Należy jednak pamiętać, że drony mogą być obsługiwane jedynie przez osoby posiadające odpowiednie uprawnienia.

2.2. Roboty do prac wyburzeniowych

Na polskim rynku budowlanym jest dostępnych kilka różnych robotów do prac wyburzeniowych. Na podstawie przeglądu stron internetowych oraz kontaktów z przedsiębiorstwami budowlanymi można wymienić następujące roboty do prac rozbiórkowych: Husqvarna, Brook, Avant i ARE. Główną zaletą tych maszyn jest zdalne sterowanie pracą maszyny oraz stosunkowo niewielki ciężar i gabaryty. Roboty zasilane są energią elektryczną – prądem trójfazowym, a w przypadku robota ARE zaprojektowano zasilanie hybrydowe, a mianowicie: za pośrednictwem kabla elektrycznego lub alternatywnie za pomocą baterii elektrycznej. Sterowanie pracą maszyny jest zdalne, za pośrednictwem pilota, konsoli lub zdalnego pulpitu co zapewnia większe bezpieczeństwo pracy operatora. Dzięki niewielkiej szerokości maszyna mieści się w standardowych otworach drzwiowych, co pozwala na jej pracę wewnątrz pomieszczeń. Niewielki ciężar maszyny umożliwia pracę na stropach o odpowiedniej wytrzymałości. Mała wysokość zapewnia dobrą widoczność w czasie wyburzania i skuteczną kontrolę pracy maszyny. Ze względu na możliwość zastosowania licznych osprzętów jak: młot hydrauliczny, szczypce, nożyce, łyżka, chwytak wyburzeniowy, maszyny te mają zastosowanie do wszystkich ciężkich i niebezpiecznych prac budowlanych. Przykładowo na zdjęciu pokazano pracę robota wyburzeniowego (rys. 4).



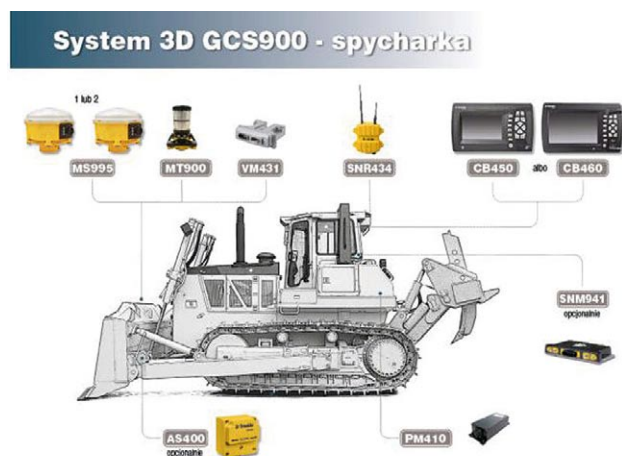
Rys. 4. Robot wyburzeniowy w trakcie prac rozbiórkowych (zdjęcie ze zbioru Advanced Robotics Engineering)

2.3. Systemy sterowania maszynami do robót ziemnych

Systemy sterowania maszynami do robót ziemnych stanowią istotny element usprawnienia prac ziemnych. Zadaniami realizowanymi przez systemy są:

- pozycjonowanie maszyn na placu budowy z użyciem systemów pozycjonowania satelitarnego GNSS lub zrobotyzowanego tachimetru,
- wyznaczanie wychyleń względnych maszyn oraz ich części roboczych,
- sterowanie hydrauliką maszyn w celu ustawiania wysokości i nachylenia części roboczych maszyn,
- komunikacja pomiędzy systemem sterowania maszyn i systemem zarządzania przedsiębiorstwem.

Systemy pozycjonowania mają za zadanie lokalizację maszyn w układzie współrzędnych oraz w kombinacji z czujnikami wychyleń wyznaczanie orientacji maszyn w przestrzeni 3D. W zależności od stopnia zaawansowania systemu możliwe jest dwustronne przekazywanie w czasie rzeczywistym danych o realizacji przedsięwzięcia między systemem sterowania i systemem zarządzania projektem. Pozwala to na śledzenie postępu prac i optymalizację robót ziemnych oraz redukcję kosztów. Przykład systemu sterowania maszynami oferowanymi na polskim rynku przedstawiono na rysunku 5. Systemy sterowania maszyn nie są obecnie w pełni autonomiczne i wymagają bezpośredniego lub zdalnego nadzoru operatora [15]. Prowadzone są prace badawcze nad systemami w pełni autonomicznymi [16] oraz identyfikowane są problemy, które wymagają rozwiązań w najbliższej przyszłości. Do kluczowych zadań należy zaliczyć: opracowanie autonomicznych algorytmów i ich adaptacja do zróżnicowanych maszyn i realizowanych zadań, opracowanie autonomicznej nawigacji i planowania ścieżek, opracowanie technologii komunikacji oraz koordynacji między maszynami, opracowanie technologii jednoczesnej lokalizacji i wizualizacji graficznej, a także identyfikacja i przeciwdziałanie sytuacjom niebezpiecznym.



Rys. 5. Przykład systemu sterowania maszynami do robót ziemnych (źródło: <https://www.sitech-poland.pl/products/system-3d-gcs900/>)

2.4. Inne przykłady zautomatyzowanych lub zrobotyzowanych maszyn budowlanych

Warto zauważyć, że w budownictwie kubaturowym stosuje się także inne formy automatyzacji, np.: stosowanie deskowań samowznoszących, które znacząco przyspieszają realizację robót budowlanych. Rozwiązania te są oparte na układzie hydraulicznym i pozwalają na budowę bardzo wysokich budynków o skomplikowanej bryle bez potrzeby użycia żurawi wieżowych. Wznoszenie struktury odbywa się kolejno poprzez wysunięcie w górę masztu (stosowane są rozwiązania wykorzystujące szynę wspinania), a następnie podniesienie przy jego wykorzystaniu kompletu deskowania na żadaną wysokość. Z uwagi na ich konstrukcję, platformę roboczą i hydrauliczny system wznoszenia traktuje się jako jeden element.

Innowacyjnym rozwiązaniem są również drukarki 3D wykorzystywane do wznoszenia budynków, jednak stanowią one rzadkość w polskim budownictwie. Technologia druku 3D może być również zastosowana na etapie wykonywania projektu architektonicznego do wykonywania modelu 3D obiektu (fizyczna wizualizacja obiektu) oraz na etapie realizacji (wydrukowany model 3D, fragment lub cały budynek w skali 1:1) [17]. Na podstawie przeprowadzonego rozeznania literaturowego stwierdzono, że dotychczas zostało wykonanych niewiele takich budynków (w skali 1:1) i technologia ta dopiero wchodzi na rynek budowlany.

W budownictwie kolejowym automatyzacja procesów konstrukcyjnych i pomiarowych realizowana jest przez zastosowanie pociągów roboczych, np. podbijarki automatyczne. Obecnie w Polsce wdrażany jest Krajowy Program Kolejowy realizujący strategię przyjętą przez Radę Ministrów, w którym zawarto ponad 230 kolejowych projektów inwestycyjnych, w trakcie których pociągi robocze znajdują zastosowanie przy budowie nowych i modernizacji istniejących linii kolejowych.

3. Zagrożenia związane ze stosowaniem wybranych maszyn i urządzeń budowlanych

Na podstawie analizy literatury przedmiotu, a także bezpośrednich informacji od producentów oraz użytkowników zautomatyzowanych i zrobotyzowanych maszyn budowlanych zidentyfikowano najczęściej występujące zagrożenia związane ze stosowaniem tych urządzeń. Wyniki analiz zebrano w tabeli 1.

4. Zastosowanie wirtualnej rzeczywistości do szkolenia pracowników budowlanych w zakresie bezpieczeństwa pracy

W ostatnich latach wirtualna rzeczywistość (*Virtual Reality* – VR) coraz częściej wykorzystywana jest w branży IT, medycynie i przemyśle [24]. Wirtualna rzeczywistość to świat stworzony przy użyciu technik komputerowych, który pozwala

Tabela 1. Zagrożenia związane z eksploatacją wybranych maszyn budowlanych

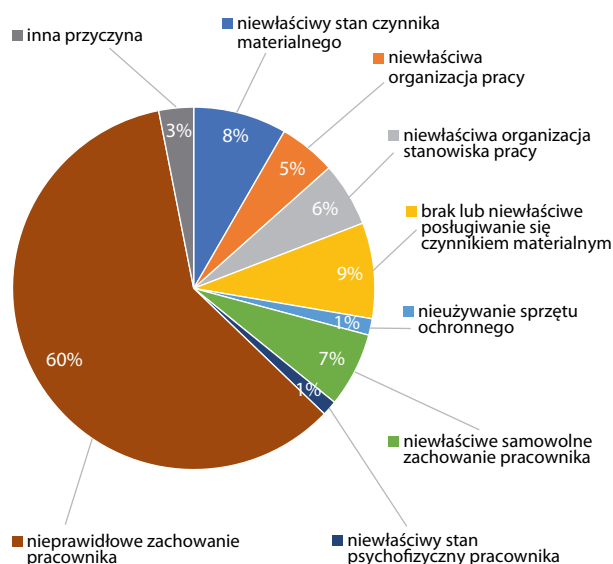
Nazwa urządzenia	Zagrożenia/Sytuacje niebezpieczne
Bezzałogowe statki powietrzne – drony	• awaria urządzenia powodująca niekontrolowany lot bądź upadek drona, a w konsekwencji uderzenie w pracownika i spowodowanie uszkodzenia ciała bądź zniszczenia drona; • możliwość utraty kontroli nad urządzeniem powodująca niekontrolowany lot bądź upadek drona, a w konsekwencji jego zniszczenie, uderzenie w pracownika i spowodowanie uszkodzeń jego ciała; • zagrożenia wynikające z warunków terenowych i pogodowych, np. słaba bądź ograniczona widoczność i uderzenie dronem w przeszkodę; • zagrożenie upadkiem drona z przyczyn technicznych, z powodu złego przygotowania do lotu; • uderzenia dronem w przeszkodę lub kolizja z innym poruszającym się obiektem w przestrzeni powietrznej i w konsekwencji zniszczenie urządzenia, uderzenie w osoby postronne i obrażenia ciała; • zagrożenia wynikające od osób trzecich; • zagrożenie pożarowe, awaria akumulatora, zniszczenie uszkodzenie drona; • porażenie prądem w wyniku awarii akumulatora w czasie przygotowania drona do lotu.
Roboty wyburzeniowe [18–21]	• zagrożenia mechaniczne spowodowane niekontrolowanymi ruchami ramienia robota, uderzenie w pracownika, przygniecenie do przeszkody; • uderzenie pracownika, znajdującego się w strefie pracy robota, przez poruszające się ramię robota; • przewrócenie się maszyny na skutek przemieszczania się po nierównym podłożu i przygniecenie pracownika; • zagrożenie zmiany toru przemieszczania się urządzenia w wyniku awarii systemu sterującego; • zagrożenie elektryczne, ryzyko porażenia prądem w wyniku awarii instalacji elektrycznej; • hałas i pył.
Autonomiczne i półautonomiczne maszyny do robót ziemnych [22, 23]	• zagrożenia związane z nieplanowanym wejściem/wtargnięciem osób postronnych i innych maszyn/urządzeń/przedmiotów w strefę pracy maszyn jak: potrącenie, najechanie, przejechanie; • zagrożenia związane z nieplanowanym pojawieniem się innych maszyn/urządzeń/przedmiotów w strefie pracy maszyny np. kolizja i obrażenia ciała doznane przez operatorów; • wystąpienie niezidentyfikowanych obiektów infrastruktury podziemnej, np. kable elektryczne, rurociągi wodne, gazowe, które mogą stworzyć bezpośrednie zagrożenie dla pracowników jak: porażenie prądem, poparzenie, utonięcie pracownika w wykopie, inne; • błędy w systemie sterowania, które mogą spowodować niekontrolowanych ruch maszyny i w konsekwencji najechanie na pracownika.
Deskowania samowznoszące	• upadek pracownika z wysokości; • upadek deskowania; • uderzenie spadającymi przedmiotami; • zagrożenie mogą wystąpić w trakcie montażu, demontażu, regulacji położenia i eksploatacji.
Drukarki 3D	• awaria systemu sterowania; • niekontrolowany ruch ramienia drukarki uderzenie w osoby obsługujące; • zachłapanie rozprowadzanym materiałem; • nieprawidłowe ułożenie podawanego materiału; • zawalenie się ścian obiektu.
Pociągi robocze	• uderzenie przez poruszający się pojazd trakcyjny, gdy pracownik znajdzie się w strefie niebezpiecznej; • uderzenie przez maszynę w ruchu w pracownikach lub przeszkodę; • porażenie prądem z napowietrznej linii trakcyjnej.

na symulację zjawisk zachodzących w świecie rzeczywistym. Współczesne systemy VR pozwalają wygenerować wirtualne środowisko bardzo dobrze imitujące różne warunki pracy, w tym również panujące na placu budowy. Dzięki takim symulacjom użytkownik może dokładnie zobaczyć, poczuć i „przeżyć” określone scenariusze i sytuacje, które mogą wystąpić w środowisku pracy. Wirtualna rzeczywistość oddziałuje równocześnie na kilka zmysłów człowieka. W zależności od zastosowanych rozwiązań są to: wzrok, słuch, zmysł równowagi, propriocepcja (tj. zmysł orientacji ułożenia części własnego ciała). Technika VR charakteryzuje się niemal całkowitym odizolowaniem zmysłów człowieka od wrażeń pochodzących z rzeczywistego świata. W zamian za to prezentowany jest mu obraz oraz dźwięk przygotowany przez komputer, będący odzwierciedleniem symulowanego środowiska. Zastosowanie wirtualnej rzeczywistości bardzo dobrze wspomaga szkolenia pracowników budowlanych w zakresie bezpieczeństwa na placu budowy.

Procentowy udział przyczyn wypadków przy pracy w budownictwie zidentyfikowanych w 2019 roku przedstawiono na rysunku 6.

5. Podsumowanie

Najczęściej występującą przyczyną wypadku przy pracy w budownictwie jest: nieprawidłowe zachowanie się pracownika stanowiące 60% wszystkich zidentyfikowanych przyczyn. Może ono wynikać z nieznajomości zagrożeń, przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, lekceważenia zagrożenia i brawury, braku doświadczenia i innych. Jedną z możliwości podnoszenia poziomu umiejętności pracowników, zwiększenia ich świadomości i postrzegania zagrożeń w środowisku pracy, jest prowadzenie szkoleń w warunkach jak najbardziej przypominających warunki rzeczywiste. Narzędziem pomocnym w tym zakresie jest wirtualna rzeczywistość. Dzięki wykorzystaniu wirtualnego środowiska



Rys. 6. Przyczyny wypadków w polskim przemyśle w 2019 roku [25]

pracownik może dokładnie zobaczyć, poczuć i przeżyć, jakie mogą być konsekwencje w przypadku nieprawidłowego zachowania się w środowisku pracy. Pozwala to nie tylko wyeliminować niepotrzebne ryzyko, ale też zmniejszyć wydatki i przyspieszyć proces szkoleniowy.

Obecnie na Politechnice Wrocławskiej, we współpracy z University of the West of England (Wielka Brytania), Asociacion Empresarial de Investigacion Centro Tecnológico del Marmol Y La Piedra (Hiszpania), Bildungszentren des Baugewerbes EV (Niemcy), jest realizowany międzynarodowy projekt badawczy, finansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach programu Erasmus+ „SafeCROBOT: Virtual reality immersive safety training environment for robotised and automated construction sites”, w ramach którego jest planowane opracowanie innowacyjnego, bezpiecznego środowiska szkoleniowego wykorzystującego wirtualną rzeczywistość i symulację 3D rzeczywistych scenariuszy. Interaktywne wirtualne środowisko będzie więc okazją do symulacji warunków pracy i identyfikacji zagrożeń związanych ze zautomatyzowanymi i zrobotyzowanymi pracami budowlanymi, a także pozwoli na zwiększenie kwalifikacji, umiejętności i świadomości przestrzegania zagrożeń przez pracowników budowlanych.

Praca jest wynikiem realizacji przez autorów projektu badawczego nr 2020-1-UK01-KA202-079176 „Virtual reality immersive safety training environment for robotised and automated construction sites” finansowanego przez europejski program Erasmus+ (<https://safecrobot.pwr.edu.pl>).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Nowobilski T., Bezzałogowe statki powietrzne w kontroli obiektów budowlanych, Builder, 2/2020, str. 18–20
- [2] Kaleta D., Macheta D., Reizer E., Rajcherm M., Możliwości stosowania dronów do inspekcji mostów, Archives of Institute of Civil Engineering 24/2017, str.141–149

- [3] Nowobilski T., Sawicki M., Szóstak M., Drony w ocenie stanu rusztowań, Builder 1/2020, str. 40–41
- [4] Nowobilski T., Sawicki M., Szóstak M., Analiza rusztowań budowlanych z wykorzystaniem nowych technologii rusztowania, Builder 7/2020, str. 32–33
- [5] Rybka I., Nowobilski T., Stolarz M., Nowoczesne technologie monitorowania robót ziemnych, Builder 5/2020, str. 44–47
- [6] Waniewska A., Identyfikacja możliwości wykorzystania bezzałogowych statków latających w procesie realizacji przedsięwzięć budowlanych, Scientific Journal of the Military University of Land Forces, 2020, 52, 3(197), str. 643–650
- [7] Skorupka D., Duchaczek D., Waniewska A., Kowacka, M., Optimization of the choice of unmanned aerial vehicles used to monitor the implementation of selected construction projects, AIP Conference Proceedings, 2017, 1863, 230013, str. 1–4
- [8] Mrówczyńska M., Grzelak B., Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w procesie inwestycyjnym, Cyfryzacja w budownictwie i architekturze, redakcja naukowa Wojciech Drozd, Piotr Kozioł, Krzysztof Zima. Warszawa, 2019
- [9] Noszczyk P., Nowak H., Zastosowanie dronów do termowizyjnych badań obiektów budowlanych, Materiały Budowlane 11/2017
- [10] Becmer D., Skorupka D., Duchaczek A., Trendy rozwojowe bezzałogowych systemów latających, Problemy Techniki Uzbrojenia, 2015, 136, 4, str. 19–40
- [11] Fellner A., Mańka A., Mańka I., Analiza zagrożeń wynikających z użytkowania bezzałogowych statków powietrznych (dronów), TTS Technika Transportu Szynowego, 2015, 22, 12, str. 489–491
- [12] Kardach M., Fuć P., Galant M., Maciejewska M., Ocena ryzyka zagrożeń w systemach użytkowania bezzałogowych statków powietrznych, Journal of KONBiN, 49/2019, str. 95–106
- [13] Kasperska R., Możliwości monitorowania bezpieczeństwa środowiska pracy za pomocą dronów, Polskie Towarzystwo Profesjologiczne, Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa i Nauk o Pracy, Uniwersytet Zielonogórski, Problemy Profesjologii 1/2019, str. 83–90
- [14] Mika W., Ferenc A., Czaja S., Modelowanie 3D obiektów budowlanych z wykorzystaniem drona, Przegląd Górniczy, 7/2019, str. 55–62
- [15] Szafranko E., Machine control systems for leveling areas for road investments, IOP Conference Series Materials Science and Engineering 2020, 709, 022077
- [16] Dadhich S., Bodin U., Andersson U., Key challenges in automation of earth-moving machines, Automation in Construction 68/2016, str. 212–222
- [17] Major M., Minda I., Zastosowanie technologii druku przestrzennego w budownictwie, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Budownictwo 22/2016, str. 238–247
- [18] Derlukiewicz D., Application of a Design and Construction Method Based on a Study of User Needs in the Prevention of Accidents Involving Operators of Demolition Robots, Applied Sciences 9/2019, str. 1500
- [19] Cieślak M., Derlukiewicz D., Determining the causes of the arm member fractures of the brokk 90 demolition machine with use of high speed camera and finite element method, 8th International Symposium on Mechanics and Structures, Augustów, 2015
- [20] Derlukiewicz D., Ptak M., Koziołek S., Proactive Failure prevention by Human-Machine Interface in Remote-Controlled demolition robots, Advances in Intelligent Systems and Computing, 2016, 445
- [21] Derlukiewicz D., Ptak M., Wilhelm J., Jakubowski K., The Numerical-Experimental Studies of Demolition Machine Operator Work, Proceedings of the 13th International Scientific Conference, 2016, str. 129–138
- [22] Budny E., Chłosta M., Kierunki rozwoju automatyzacji w budownictwie cz. I, Technologia i Automatyzacja Montażu 1/2016, str. 26–28
- [23] Budny E., Chłosta M., Kierunki rozwoju automatyzacji w budownictwie cz. I, Technologia i Automatyzacja Montażu, 4/2016, str. 24–29.
- [24] Klempous R., Kluwak K., Idzikowski R., Nowobilski T., Zamojski T.: Possibility analysis of danger factors visualization in the construction environment based on Virtual Reality Model. 8th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, CogInfoCom 2017: proceedings, September 11-14, 2017, Debrecen, Hungary. Danvers, MA: IEEE, cop. 2017, str. 363-367.
- [25] Główny Urząd Statystyczny.: Wypadki przy pracy w 2019 roku. Urząd Statystyczny w Gdańsku, Warszawa, Gdańsk 2020

Używki stosowane przez pracowników budowlanych na stanowiskach pracy z wykorzystaniem rusztowań

Dr inż. Mariusz Szóstak, dr inż. Marek Sawicki, prof. dr hab. inż. Bożena Hoła,
mgr inż. Tomasz Nowobilski, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska

1. Wprowadzenie

Jedną z przyczyn wypadków przy pracy, również w budownictwie, jest stosowanie różnych używek wpływających w znaczący sposób na organizm ludzki. Stosowane używki mogą powodować m.in. obniżenie zdolności psychomotorycznych pracownika, zakłócenie normalnego funkcjonowania organizmu i przyczyniać się do zaistnienia sytuacji potencjalnie wypadkowych i wypadków przy pracy. Do grupy najczęściej stosowanych używek możemy zaliczyć takie środki, jak: alkohol, papierosy, czy ostatnio popularne substancje psychoaktywne (tzw. dopalacze).

W wielu publikacjach opisano wyniki badań dotyczących stosowania używek przez pracowników, koncentrując się głównie na spożyciu alkoholu [1]. Analiza opublikowanych badań naukowych, a także studia literaturowe pokazują skalę problemu związanego ze spożyciem alkoholu. Pracownicy budowlani plasują się w czołówce branż, z najwyższym odsetkiem spożywających alkohol. Alkohol jest zaliczany jako trzeci z najczęściej występujących czynników ryzyka dla zdrowia ludzkiego, mający wpływ na blisko 60 różnych schorzeń [2, 3]. Na taki stan rzeczy ma wpływ wiele czynników, m.in. fakt, że zawód pracownika budowlanego, pracującego na budowie, to zawód typowo męski, wykonywany najczęściej w zespole pracującym na otwartej przestrzeni czy w obrębie realizowanej inwestycji, narażony na zmienne i niejednokrotnie niesprzyjające warunki pogodowe, wymagający znacznej siły i koncentracji. Dlatego pracownicy pracujący w takich warunkach dość często sięgają po używki, m.in. alkohol, papierosy, środki odurzające czy dopalacze, pozwalające w ich mniemaniu na odprężenie, odstressowanie i zapomnienie o bieżących problemach.

Dane statystyczne, zarówno publikowane przez Główny Urząd Statystyczny w Polsce (GUS) jak i dane Europejskiego Urzędu Statystycznego (Eurostat) jednoznacznie potwierdzają istotność (wagę) problemu spożycia alkoholu. Według dostępnych danych średni poziom spożycia alkoholu przez jedną osobę w ciągu roku wzrósł z około 6 litrów alkoholu (w 2002 roku) do około 10 litrów (w 2018 roku). Wzrost ilości spożywanego alkoholu spowodował obniżenie wskaźnika długości życia, a od 2013 roku zahamował dotychczasową tendencję do wydłużania się średniej

długości życia. Według danych w Polsce alkoholicy stanowią około 2% populacji, tj. 600–800 tysięcy osób, a nadużywający alkoholu około 12% populacji, co odpowiada grupie 3,6–4,8 mln osób [4]. Dane publikowane przez Europejski Urząd Statystyczny potwierdzają, że problem nadmiernego spożywania alkoholu dotyczy wszystkich państw europejskich. I tak na przykład najwyższą dzienną częstotliwość spożycia alkoholu odnotowano w Portugalii (38,6%), a tygodniową w Zjednoczonym Królestwie Wielkiej Brytanii (51,6%). Tylko 16,4% mężczyzn w 2014 roku deklaroowało, że „w ciągu ostatnich 12 miesięcy” nie spożywało alkoholu. Natomiast „codziennie” i „co tydzień” spożycie alkoholu deklaroowało aż 14,7% i 35,5% mężczyzn w 27 krajach Unii Europejskiej [5].

Drugą używką wpływającą na zdrowie pracownika i pośrednio na zaistnienie zdarzenia wypadkowego są wyroby tytoniowe, a w szczególności papierosy. Według szacunków Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) na całym świecie niezależnie od wykonywanego zawodu pali ponad 1,1 miliarda ludzi i z tego powodu co roku umiera ponad 8 milionów ludzi, przy czym około 1,2 miliona jest wynikiem biernego palenia (narażenia na bierne palenie) [6]. Tylko w Unii Europejskiej prawie 0,7 miliona zgonów wiąże się z paleniem papierosów [7]. W Polsce palenie tytoniu jest główną przyczyną śmierci i jest odpowiedzialne za około 70 tys. zgonów rocznie [8]. Palenie papierosów pozostaje znaczącym problemem wśród osób zatrudnionych na stanowiskach, które powszechnie nazywane są „fizycznymi”. W porównaniu z innymi sektorami gospodarki to pracownicy budowlani palą częściej i wypalają większą liczbę papierosów niż pozostałe grupy zawodowe [9].

Dym nikotynowy szkodzi prawie każdemu organowi człowieka. Nikotyna mimo, że ma działanie przeciwzapalne, to również może nasilać objawy zapalenia stawów i bóli mięśniowo-szkieletowych [10]. Według badań prowadzonych przez Meo i innych wynika, że palacze papierosów mają dużo wyższy odsetek dolegliwości mięśniowo-szkieletowych, m.in. ból szyi, barku, pleców, nóg, stóp, w porównaniu do osób niepalących [11]. Palenie papierosów ma również istotny wpływ na wydolność organizmu ludzkiego. Palenie papierosów powoduje pogorszenie czynności płuc i zdolności wysiłkowej palaczy [12], a także zwiększa częstość

akcji serca, co oznacza, że palacze mają zwykle wyższe tętno spoczynkowe niż osoby niepalące [13].

Celem badań przedstawionych w publikacji jest określenie parametrów ilościowych, dotyczących spożywania używek, takich jak alkohol i papierosy, wśród pracowników budowlanych pracujących na stanowiskach pracy z wykorzystaniem rusztowań budowlanych.

2. Metodyka badań

Dane do analiz pozyskano z kilku źródeł, a mianowicie: ze zbioru danych publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny w Polsce, ze zbiorów Okręgowych Inspektoratów Pracy w postaci archiwalnej dokumentacji powypadkowej z lat 2008–2017 oraz z danych ankietowych zebranych w ramach realizowanego projektu naukowo-badawczego „Model oceny ryzyka wystąpienia katastrof budowlanych, wypadków i zdarzeń niebezpiecznych na stanowiskach pracy z wykorzystaniem rusztowań budowlanych” (ORKWIZ) w latach 2016–2018. Pozyskane dane źródłowe dotyczące stosowania używek przez pracowników budowlanych, pracujących na stanowiskach pracy z udziałem rusztowań budowlanych, analizowano pod kątem ich dziennej ilości spożycia.

Pierwszym źródłem danych o wypadkach przy pracy były dane publikowane przez Główny Urząd Statystyczny w Polsce. Na podstawie publikowanych danych z lat 2004–2020 uzyskano informacje dotyczące poziomu spożycia badanych używek. Na tej podstawie oceniono ilościowo wielkość populacji spożywających i nadużywających poszczególne używki w poszczególnych krajach i w Polsce.

Drugim źródłem danych o wypadkach przy pracy była dokumentacja powypadkowa sporządzana przez inspektorów Państwowej Inspekcji Pracy w Polsce z lat 2004–2018. Z dostępnych protokołów wyodrębniono informacje dotyczące wypadków w budownictwie i związanych z pracą na rusztowaniach, których przyczyną mogły być stosowane używki. Protokoły powypadkowe zawierały m.in. takie informacje, jak: opis okoliczności zdarzenia, przyczyn i skutków wypadku, odniesienie do stanu zdrowia poszkodowanego po wypadku, a w przypadku podejrzenia spożycia alkoholu informacje na temat zawartości alkoholu we krwi. Korzystając z opracowanej bazy danych wypadków w budownictwie w Polsce, wybrano zdarzenia związane z pracą na rusztowaniach budowlanych, uzyskując grupę 219 osób poszkodowanych w wypadkach.

Trzecim źródłem danych były te uzyskane z ankiet przeprowadzonych wśród 573 pracowników pracujących na 120 rusztowaniach w Polsce, przebadanych w ramach projektu ORKWIZ, na których pracowało 1500 osób. Zebrane z ankiet informacje, takie jak: wiek, staż pracy, informacje dotyczące dziennego spożycia alkoholu, papierosów i innych używek, stan cywilny, miejsce zamieszkania, pozwoliły na opracowanie bazy danych dotyczącej osób

pracujących na rusztowaniach. Dane dotyczące spożycia alkoholu odnoszono do standardowej butelki piwa 0,5 l o zawartości alkoholu 4,5% – „1 duże piwo”, w ciągu dnia (co jest równoważne spożyciu 1 kieliszka wina 10% o pojemności 175 ml lub wódki 40% o pojemności 50 ml). W badaniach osoby palące zdefiniowano jako tych, którzy wypalili co najmniej 100 papierosów w ciągu swojego życia i którzy palą obecnie „codziennie” lub „4–5 razy w ciągu tygodnia”. Dane dotyczące palenia odnoszono do dziennej liczby wypalonych papierosów.

Podczas badań prowadzono również dokumentację fotograficzną placu budowy, na której zostały zachowane dowody mówiące o tym, że analizowane używki występowały na badanych budowach. I tak przykładowo na rysunku 1 przedstawiono dzikie składowisko odpadów z pozostawioną puszką po piwie, a na rysunku 2 składowisko elementów montażowych z również pozostawioną przez pracownika puszką po piwie. Pozostawione na placu budowy opakowania po papierosach, które z dużym prawdopodobieństwem zostały wypalone przez pracowników budowlanych pracujących na badanych budowach przedstawiono natomiast na rysunkach 3 i 4.



Rys. 1. Puszka po piwie na badanym placu budowy (archiwum autorów)



Rys. 2. Puszka po piwie na badanym placu budowy (archiwum autorów)



Rys. 3. Opakowanie po papierosach na badanym placu budowy (archiwum autorów)



Rys. 4. Opakowanie po papierosach na badanym placu budowy (archiwum autorów)

3. Wyniki badań

Zgromadzone protokoły kontroli dotyczące 219 osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy na stanowiskach pracy z wykorzystaniem rusztowań budowlanych, przeanalizowano pod kątem przyczyn wypadków. Interesującą dla autorów niniejszych badań była przyczyna ludzka: spożycie alkoholu, środków odurzających lub substancji psychotropowych. Przyczyna związana ze spożywaniem alkoholu wystąpiła u 38 osób poszkodowanych, co stanowi 17,4% wszystkich osób poszkodowanych w wypadkach na rusztowaniach. Oznacza to, że co szósty wypadek przy pracy spowodowany był m.in. nieprawidłowym stanem trzeźwości pracownika.

Szczegółowa analiza zawartości alkoholu we krwi poszkodowanego wykazała, że najniższa ilość alkoholu etylowego we krwi wynosiła 0,20‰ (stan po spożyciu, typowe objawy: rozproszona uwaga), natomiast najwyższa zidentyfikowana wartość wynosiła 4,16‰ (stan nietrzeźwości o typowych objawach, takich jak: zaburzenia równowagi, zaburzenia mowy, senność, obniżenie kontroli zachowania i poruszania się, upośledzenie koordynacji ruchowo-wzrokowej). Średnia zawartość alko-

holu we krwi u poszkodowanych wynosiła $1,20 \pm 1,10$ ‰. U czterech osób określono stan wskazujący na spożycie alkoholu, natomiast u pozostałych 18 osób stan nietrzeźwości.

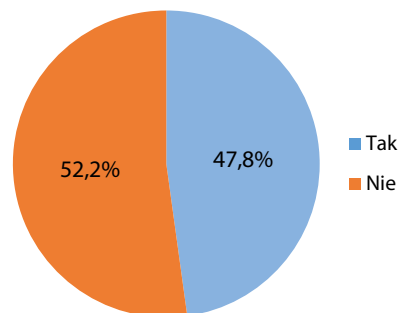
Spośród 1500 osób pracujących na badanych 120 placach budowy udział w badaniach wzięło 573 pracowników, co stanowi 38,3% osób zatrudnionych w badanych przedsiębiorstwach budowlanych. 274 osoby (tj. 47,8% ankietowanych pracowników) zadeklarowały, że w ciągu dnia spożywają alkohol, natomiast pozostałe 299 osób (52,2%) zadeklarowało, że nigdy nie spożywało alkoholu lub spożywało alkohol, ale nie w okresie ostatnich 12 miesięcy. Podczas badań żaden pracownik nie deklarował nadużywania alkoholu, choroby alkoholowej czy spożywania alkoholu w pracy (wyniki przedstawiono na rysunku 5).

Odpowiedzią na zadane w ankiecie pytanie była liczba spożywanych „standardowych” napojów alkoholowych, tj. piw o pojemności 500 ml 4,5% – „1 duże piwo”. Spośród udzielonych odpowiedzi największa liczba spożytych w ciągu dnia „dużych piw” (o pojemności 500 ml) wyniosła 10 i została zadeklarowana przez 9 osób. Najczęściej występującą odpowiedzią było 1 piwo, a informacja taka padła od 144 respondentów, tj. 25,1% wszystkich ankietowanych osób.

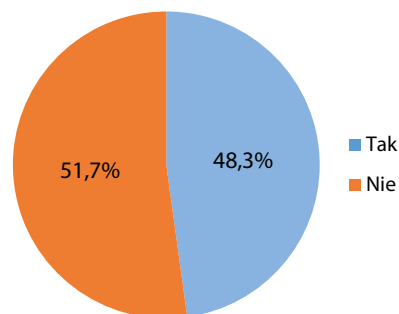
Dane dotyczące palenia papierosów wśród 573 pracowników budowlanych pracujących na badanych 120 rusztowaniach budowlanych przedstawiono na rysunku 6.

Badania wykazały, że 277 osób, tj. 48,3% ankietowanych pracowników, zadeklarowało, że w ciągu dnia pali papierosy, natomiast pozostałe 296 osób (51,7%) zadeklarowało, że są osobami niepalącymi. Ponadto szczegółowa analiza poszczególnych placów budów wykazała, że na każdej badanej budowie znajdowały się zarówno osoby palące, jak i niepalące, co oznacza, że ponad połowa badanych osób

Rys. 5. Spożywanie alkoholu przez pracowników budowlanych



Rys. 6. Palenie papierosów przez pracowników budowlanych



była narażona na bierne palenie. Spośród udzielonych odpowiedzi najczęściej występującą odpowiedzią u respondentów było 10 sztuk papierosów. Informacja taka padła od 108 respondentów, tj. 18,8% wszystkich ankietowanych osób. Wartość średnia dla badanej próby badawczej wyniosła 12 ± 8 papierosów dziennie.

Relacje między spożyciem alkoholu a paleniem wyrobów tytoniowych wśród respondentów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Liczba (a) i procent (b) osób spożywających alkohol i palących

a)		Alkohol	
		Tak	Nie
Papie- rosy	Tak	168	109
	Nie	106	190

b)		Alkohol	
		Tak	Nie
Papie- rosy	Tak	29,3%	19,0%
	Nie	18,5%	33,2%

Analiza wykazała, że:

- najliczniejszą grupę (190 osób) stanowili pracownicy deklarujący niespożywanie alkoholu i niepalący wyrobów tytoniowych. Są to najbardziej pożądanymi pracownicy budowlani przez pracodawców,
- drugą grupę (168 osób) stanowili pracownicy, którzy deklarują przyjmowanie obu używek, tj. spożywanie alkoholu oraz palenie papierosów. Z uwagi na niekorzystny wpływ obu substancji są to pracownicy najbardziej narażeni na możliwość zaistnienia wypadku przy pracy lub innych problemów związanych z bezpieczeństwem pracowników na stanowiskach pracy, a także problemów interpersonalnych między pracownikami,
- trzecią grupę (109 osób) stanowią osoby deklarujące tylko palenie papierosów,
- czwartą grupę stanowią (106 osób) osoby tylko spożywające alkohol.

4. Podsumowanie

Budownictwo jest uznawane za jedną z najbardziej niebezpiecznych branż. Świadczą o tym statystyki dotyczące wypadków przy pracy. Z tego względu, bardzo dużo wysiłku wkłada się w poprawę bezpieczeństwa i redukcję zagrożeń na stanowiskach pracy, m.in. poprzez analizę przyczyn wypadków i prowadzenie działań o charakterze prewencyjnym i profilaktycznym. Przyjmowane rozwiązania poprawiające bezpieczeństwo pracy dotyczą w głównej mierze czynników technicznych i organizacyjnych. Znacznie mniej uwagi poświęca się czynnikowi ludzkiemu, tj. pracownikom na stanowiskach pracy i ich stanom psychofizycznym, zwłaszcza po spożyciu alkoholu, środków odurzających lub substancji psychotropowych.

W badaniu zidentyfikowano główne problemy związane z nadużywaniem i spożywaniem używek (m.in. alkoholu i papierosów) w pracy wśród pracowników w budownictwie, ze szczególnym naciskiem na stanowiska pracy związane z pracą na rusztowaniach budowlanych.

Badanie potwierdziło, że spożywanie alkoholu i palenie papierosów wpływa negatywnie na organizm człowieka, zmniejsza zdolność do prawidłowego, bezpiecznego, tj. bezusterkowego i bezwypadkowego wykonywania zarówno standardowych, codziennych czynności (takich jak np. prowadzenie pojazdów, poruszanie się), jak i czynności zawodowych (np. praca w biurze, praca na budowie, praca na rusztowaniach) oraz może prowadzić do śmierci na stanowisku pracy.

Praca jest wynikiem realizacji przez autorów projektu badawczego nr 244388 „Model oceny ryzyka wystąpienia katastrof budowlanych, wypadków i zdarzeń niebezpiecznych na stanowiskach pracy z wykorzystaniem rusztowań budowlanych” finansowanego przez NCBiR w ramach Programu Badań Stosowanych na podstawie umowy nr PBS3/A2/19/2015.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sawicki M., Szóstak M., Impact of Alcohol on Occupational Health and Safety in the Construction Industry at Workplaces with Scaffolding. *Applied Sciences* 2020, 10, 6690
- [2] Yi W., Chan A., Health Profile of Construction Workers in Hong Kong, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2016, 12, 1232
- [3] du Plessis K., Corney T., Burnside L., Harmful drinking and experiences of alcohol-related violence in Australian male construction industry apprentices. *American Journal of Men's Health* 2013, 7, 5, str.423–426
- [4] Główny Urząd Statystyczny: Stan zdrowia ludności Polski w 2015 roku 2016. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/zdrowie/zdrowie/stan-zdrowia-ludnosci-polski-w-2014-r-6,6.html> (dostęp: 20.05.2021).
- [5] Statistical Office of the European Union. Eurostat <https://ec.europa.eu/eurostat/web/health/data/database> (dostęp: 20.05.2021).
- [6] World Health Organization. Tobacco; WHO: Geneva, Switzerland, 2019: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tobacco> (dostęp: 20.05.2021)
- [7] European Commission. Special Eurobarometer 458—Attitudes of Europeans towards Tobacco and Electronic Cigarettes. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2f01a3d1-0af2-11e8-966a-01aa75ed71a1/language-en> (dostęp: 20.05.2021)
- [8] Pinkas J., Kaleta D., Zliczyński W., Lusawa A., Wrześniewska-Wal I., Wierzbaw W., Gujski M., Jankowski M., The Prevalence of Tobacco and E-Cigarette Use in Poland: A 2019 Nationwide Cross-Sectional Survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019, 16, 23, 4820
- [9] Okechukwu C., Bacic J., Cheng K., Catalano R., Smoking among construction workers: The nonlinear influence of the economy, cigarette prices, and antismoking sentiment, *Social Science and Medicine* 2012, 75, 8, str. 1379–1386
- [10] Huntley S., Caban-Martinez A., Association Between Knee Symptoms and Current Tobacco Use in Construction Workers with Arthritis: Findings from the Protecting Every Construction Worker Knee (PECK) Pilot Study. *Annals of Epidemiology* 2015, 25, 9, str. 707–708
- [11] Meo S., Alsaaran Z., Alshehri M., Khashougji M., Almeterk A., Almutaiti S., Alsaed S., Work-related musculoskeletal symptoms among building construction workers in Riyadh, Saudi Arabia, *Pakistan Journal of Medical Sciences* 2013, 29, 6
- [12] Hawari F., Obeidat N., Ayub H., Ghonimat U., Eissenber T., Dawahrah S., Beano H.: The acute effects of waterpipe smoking on lung function and exercise capacity in a pilot study of healthy participants, *Inhalation Toxicology*. 2013, 25, 9, 492–7
- [13] Sumartiningih S., Lin H., Lin J.: Cigarette Smoking Blunts Exercise-Induced Heart Rate Response among Young Adult Male Smokers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019, 16, 6, 1032

Prowadzenie badań dotyczących zachowań pracowników w warunkach budowy

Mgr inż. Łukasz Rosicki, Politechnika Warszawska

1. Wprowadzenie

Prowadzenie badań dotyczących realizacji prac budowlanych jest zagadnieniem niezwykle problematycznym. W budownictwie badania dotyczące zachowań pracowników, zwłaszcza w czasie robót, ograniczone są w praktyce wyłącznie do metod opartych o ankietyzację. Surowe wymagania prawne [1], wynikające przede wszystkim z chęci zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa pracownikom znacząco ograniczają możliwości udziału naukowców bezpośrednio w procesie wznoszenia obiektów budowlanych. Prowadzi to do powstania dużej luki badawczej powodującej trudności w ilościowej i jakościowej ocenie robotników oraz ich pracy, szczególnie w szerszym kontekście branżowym.

2. Metody badawcze

Plac budowy można z pewnością uznać za nietypowe miejsce prowadzenia badań. Duża liczba zmiennych losowych i wysoka niepowtarzalność niektórych procesów prowadzi do sytuacji, w których prowadzenie jakichkolwiek miarodajnych pomiarów powoduje wiele problemów. Szczególnie trudne jest analizowanie zachowań pracowników, przede wszystkim ich efektywności oraz przestrzegania zasad bezpieczeństwa i higieny pracy.

Podstawowym podziałem metod badawczych jest wyróżnienie badań inwazyjnych i nieinwazyjnych. W przypadku pomiarów dotyczących zachowań grup osób najczęściej mamy do czynienia z badaniami nieinwazyjnymi. Naukowcy z założenia starają się w trakcie prowadzenia pomiarów i obserwacji minimalizować swój wpływ na badaną organizację. Jest to szczególnie ważne w przypadku pomiarów prowadzonych na placu budowy, gdzie podstawową koniecznością zawsze będzie zapewnienie bezpieczeństwa wszystkim uczestnikom poszczególnych robót. Badania dotyczące samego procesu wznoszenia obiektów budowlanych i związanym z tym zachowaniem robotników ze względu na charakter

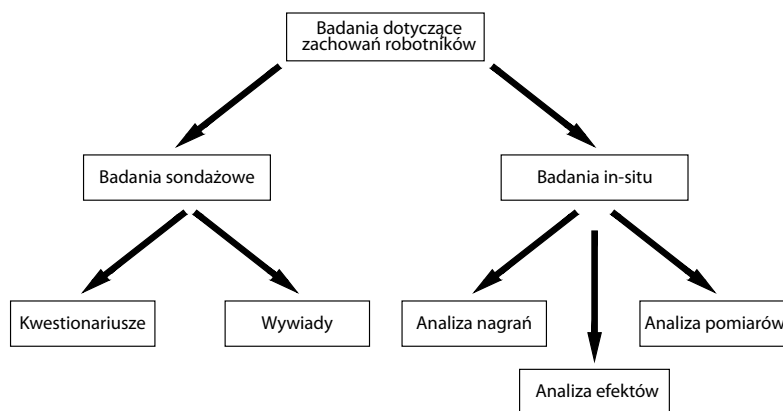
stawianych pytań badawczych, z reguły oparty na wydajności i efektywności pracy, mają częściej charakter ilościowy niż jakościowy.

3. Badania sondażowe

Badania sondażowe są jedną z najstarszych metod pozyskiwania informacji, szczególnie popularną w badaniach społecznych. Ze względu na swój nieinwazyjny charakter i całkowite odizolowanie badacza od samego procesu możliwe jest ich stosowanie nawet w sytuacjach, w których umieszczanie dodatkowej osoby bezpośrednio przy realizowanych pracach jest ekonomicznie skrajnie nieopłacalne lub po prostu niebezpieczne. Prowadzenie robót budowlanych wiąże się z wysokim poziomem ryzyka dla zdrowia i życia wszystkich uczestników poszczególnych procesów, nawet pomimo coraz optymistyczniejszych statystyk, dlatego ciągle dąży się do minimalizacji wielkości brygad roboczych. Jest to jeden z głównych powodów braku obecności badaczy bezpośrednio przy wykonywaniu robót i małej liczby badań prowadzonych in situ.

3.1. Ankiety i kwestionariusze

Tradycyjnie wyróżnia się dwie formy badań prowadzonych w sposób sondażowy, kwestionariusze (narzędzie dla metody badawczej) i ankiety (metody badawcze) (rys. 1). Pierwsze z nich są przekazywane badanej osobie do wypełnienia, drugie stanowią podstawę do przeprowadzenia wywiadu, co może umożliwiać pewną ingerencję badacza w treść zadawanych pytań (tzw. efekt ankietera) [2]. Należy podkreślić, że efekt ankietera nie zawsze wynika ze świadomej intencji,



Rys. 1. Podział metod badawczych możliwych do stosowania w przypadku oceny zachowań pracowników budowlanych

a może mieć charakter mimowolny, polegający na wysyłaniu sygnałów osobie przepytywanej i niejakiym wymuszaniu pewnych zachowań. Z tego względu przeprowadzanie ankiet, zwłaszcza w przypadku pozyskiwania dużej ilości informacji, poprzedzone jest badaniem walidacyjnym mającym na celu standaryzowanie odpowiedzi udzielanych poszczególnym ankierom.

Badania sondażowe stawiają przed badaczem szereg trudności, które można przyporządkować do jednej z czterech głównych kategorii, tj.:

- identyfikacja i wybór odpowiedniej próby,
- uzyskanie odpowiedzi od wskazanych osób,
- ocena, sprawdzenie i standaryzowanie pytań oraz wzorcowych odpowiedzi,
- oszacowanie wewnętrznej zgodności i dokładności badań.

Dobór próby jest jednym z najtrudniejszych zadań dotyczących projektowania badań opartych o ankiety czy kwestionariusze. Wyróżnia się dwa podstawowe typy doboru: losowy i oparty o wiedzę [3]. Oba podejścia mają szereg zalet. Całkowicie losowy dobór próby pozwala uniknąć jakiegokolwiek stronniczości i mocno ogranicza mimowolne oddziaływania prowadzącego badania na wyniki. Z kolei wybór oparty o posiadane informacje pozwala na minimalizację wpływu skrajnych, nietypowych czy wysoce niereprezentatywnych przypadków czy osób do badania. Szczególne znaczenie może mieć to w sytuacjach, gdzie pojedyncze wartości znacząco odbiegają od pozostałych. Bardzo dobrym, wyidealizowanym przykładem jest porównanie analizy wzrostu i majątku losowej próbki osób. W przypadku wzrostu pomiar przeprowadzony na losowej próbie dorosłych będzie mocno miarodajny, gdyż istnieją górne i dolne granice tego czynnika, a przypadki ekstremalne są na tyle rzadkie, że minimalnie wpływają na wartości średnich i odchyłeń standardowych. W przypadku porównywania majątków sytuacja jest zupełnie inna. Losowy dobór próby może znacząco zakłócić wynik, jeżeli pominięte zostaną osoby bardzo zamożne, których wpływ na średnią jest bardzo duży. Na przykład w Polsce w roku 2019 według badań [4] zanotowano 116 tys. milionerów dolarowych, co odpowiada zaledwie 0,3% populacji, z kolei posiadany przez nich majątek stanowi aż 56% sumy wszystkich majątków. W przypadku badań na ograniczonej próbie istnieje więc duże ryzyko uniknięcia takich osób i zarejestrowania kompletnie błędnego wyniku. Charakterystycznym problemem sondaży jest wysoki poziom niechęci do udziału w nich ze strony badanych. Tzw. *response-rate*, czyli stosunek osób udzielających odpowiedzi w stosunku do wszystkich upoważnionych, przez lata uznawany był za podstawowy wskaźnik wiarygodności badania i chociaż bardziej współczesne analizy [5] wskazują na jego malejące znaczenie, dalej wysoki *response-rate* uznawany jest za wskaźnik dobrej reprezentatywności badania. Typowym rozwiązaniem problemu niechęci podmiotów do uczestnictwa w badaniu są gratyfikacje, zarówno materialne, np. upominki czy wynagrodzenia

oraz niematerialne, jak np. dostarczenie odczucia wpływu, wyjątkowości czy zaspokojenia ciekawości.

3.2. Ograniczenia badań sondażowych

Wszelkie badania sondażowe nawet przy zachowaniu odpowiednich rygorów i zapewnianiu satysfakcjonującego naukowców poziomu ufności mają oczywiście ograniczenia. W przypadku tego typu zbierania informacji badacze muszą ograniczyć się do subiektywnych odczuć i jedynie łatwo mierzalnych procesów. Pracownicy są w stanie ocenić zakres i ilość robót, swoje zmęczenie czy nastrój. W tym przypadku brakuje jednak możliwości pozyskania danych do analizy procesów wymagających precyzyjnych pomiarów. Trudno jest oczekiwać od pracowników konkretnych informacji o np. pokonanym dystansie, czasie pozostawiania w bezruchu czy np. liczbie przeniesionych elementów. Tego typu dane pozyskać może w rzeczywistości tylko zewnętrzny obserwator.

4. Nieinwazyjne badania in-situ

Wychodząc niejako naprzeciw przedstawionym problemom w badaniach sondażowych, wielu badaczy stopniowo rezygnuje z badań opartych o zbieranie odpowiedzi od subiektywnych podmiotów. Nie zawsze jednak łatwo jest przeprowadzić własne obiektywne badania. Szczególnie trudne jest to w sytuacji eksperymentów prowadzonych w warunkach naturalnych. Prace prowadzone in-situ charakteryzują się dużą liczbą trudnych do przewidzenia zmiennych, które pozostają poza kontrolą badacza.

4.1. Dobór próby

Jednym z podstawowych problemów badań dotyczących zachowań pracowników prowadzonych in-situ jest zapewnienie odpowiednio dużej próby rezultatów. Jednocześnie w trakcie realizacji zachodzi wiele losowych procesów znacznie zaburzających zbierane wyniki. Podstawowym sposobem minimalizacji oddziaływania zmiennych losowych na obserwowany proces jest tzw. technika quasi-eksperymentów, czyli metoda ciągłej analizy zaobserwowanych zjawisk w sposób umożliwiający identyfikację i wyodrębnienie zdarzeń odpowiadających naszemu eksperymentowi kontrolnemu. Uzyskane w ten sposób wyniki mogą oczywiście dostarczyć wystarczającej ilości informacji, jeśli badacz jest gotowy poświęcić na samo badanie wystarczająco dużo czasu. Technika wyodrębniania zdarzeń skazuje więc naukowców na konieczność oczekiwania wystąpienia określonych zmiennych losowych. W tej sytuacji szczególnie duże znaczenie ma odpowiedni dobór bazy badawczej. W przypadku chęci zbadania rzadkiego zjawiska, np. wpływu ujawnienia niewybuchów i niewypałów na odchylenia harmonogramu, konieczne jest ciągle monitorowanie dużej liczby prowadzonych inwestycji, gdyż jest to zjawisko zdarzające się obecnie niezmiernie rzadko.

4.2. Badania oparte o analizę obrazu

Badania prowadzone w warunkach trwającego procesu budowlanego można podzielić na 3 podstawowe grupy (rys. 1). Analiza nagrań jest jednym z najdynamiczniej rozwijających się sposobów przeprowadzenia badań dotyczących organizacji procesu budowlanego. Istniejące technologie pozwalają już na precyzyjną analizę albo nagranych materiałów wideo, albo materiału przesyłanego w czasie rzeczywistym. Bardzo podobne rozwiązania są już wprowadzane w ramach procedur zapewniających bezpieczeństwo na budowie [6] w przypadku robót prowadzonych w pobliżu ciężkiego sprzętu mechanicznego. Maszyny wyposażone są w kamery, które analizując obraz są w stanie rozpoznać zarys ludzkiej sylwetki i analizując trajektorie ruchu są w stanie włączyć awaryjny hamulec, zapobiegając kolizji. Szersze stosowanie analizy obrazu niesie ze sobą oczywiście wiele kontrowersji, gdyż wiąże się z ciągłym zakłóceniem prywatności. Istnieją również pewne ograniczenia prawne co do jej stosowania, ale technicznie jest to oczywiście już możliwe i sama technologia jest mocno rozwijana i działa praktycznie bezbłędnie [7]. szczególności jednak zarówno pracodawca, jak i badacz zobowiązany jest do przestrzegania ustawy o ochronie danych osobowych. Należy mieć świadomość, że materiały wideo zawierające nagrania pracowników, klasyfikowane są jako informacje wrażliwe i ich wykorzystywanie, przetwarzanie i udostępnianie podlega licznym ograniczeniom. Warto również podkreślić, że analiza obrazu może być dokonywana ręcznie bez udziału skomplikowanego oprogramowania, jednak dynamiczny rozwój algorytmów analizujących ruch sprawia, że wydaje się to rozwiązaniem przestarzałym. Główną wadą prowadzenia badań w oparciu o materiały wizualne są jednak przede wszystkim koszty. Stworzenie odpowiednio rozbudowanej sieci monitoringu wymaga sporych inwestycji i częstych pracochłonnych modyfikacji likwidujących martwe strefy, które muszą uwzględniać ciągle zmieniającą się geometrię powstającego obiektu budowlanego, szczególnie w przypadku obiektów liniowych, takich jak drogi, które charakteryzują się ciągle przesuwającym frontem robót. Problemem może być także odpowiednie zabezpieczenie sprzętu monitorującego. Dynamiczny charakter wielu prac może prowadzić do uszkodzenia systemu monitorującego, a ciągły ruch ludzi, maszyn i materiałów może powodować liczne przesłaniania obrazu, uniemożliwiając jego wykorzystanie. Typową cechą wielu procesów jest także wydzielanie licznych zanieczyszczeń, które mogą prowadzić do zaburzeń rejestrowanego obrazu (np. w postaci pyłów czy płynów osadzających się na soczewkach kamer). Potencjalnym rozwiązaniem jest dublowanie rejestracji obrazu w kluczowych miejscach w postaci sprzężenia równoległego, ale wiąże się to z jeszcze większym wzrostem kosztów ze względu na zwiększenie wymaganego zapasu urządzeń. Co więcej, jeżeli konieczna jest precyzyjna ocena lokalizacji poszczególnych obiektów i osób, są wymagane zestawy przynajmniej dwóch kamer i zaawansowane oprogramowanie [8].

Oczywiście obserwacje nie muszą być prowadzone w sposób ciągły. We współczesnych przedsiębiorstwach dużą popularnością cieszą się tzw. badania migawkowe, polegające na wyrzutowej analizie obrazu i ekstrapolowaniu uzyskanych danych do analiz np. czasów przestoju [9]. Jest to szczególnie użyteczne narzędzie w celu detekcji i eliminowania „wąskich gardeł” procesu produkcyjnego.

4.3. Analiza efektów

W przypadku problemów badawczych sprowadzających się do oceny tempa lub jakości prowadzenia robót, często wystarczającym sposobem prowadzenia badań jest analiza efektów prac. Jest to szczególnie przydatna metoda w przypadku braku potrzeby analizy szczegółowych danych na temat zachodzących procesów. Taka metoda badawcza charakteryzuje się niskimi nakładami pracy badaczy i skutkuje całkowitym oddzieleniem przedmiotu badania od naukowca. Co więcej, analizowanie efektów pracy może przebiegać bez wiedzy robotników, a więc także możliwe jest całkowite uniknięcie efektu zmiany wzorców zachowań spowodowanych świadomością pozostawania pod obserwacją. Oczywiście największą wadą tego typu rozwiązań jest bezpowrotna utrata dużej ilości informacji i często niemożliwe do odtworzenia łańcuchy przyczynowo skutkowe. Brak możliwości uzyskania pełnej informacji o całym przeprowadzonym procesie produkcyjnym może tę metodę z wielu analiz całkowicie wykluczać. Bez wątpienia pozostaje to jednak jednym z najlepszych sposobów oceny wydajności i efektywności pracy.

4.4. Pomiary ciągłe

Dynamiczny rozwój technologii informatycznych umożliwia obecnie zdalną analizę wielu czynników, które dotychczas pozostawały niezwykle trudne do badania. W przypadku robót budowlanych analizy pracochłonności sprowadzały się dotychczas praktycznie wyłącznie do oceny efektów prac. Jest to o tyle problematyczne, że dzisiejsze roboty budowlane charakteryzują się wysokim stopniem skomplikowania i niepowtarzalności. Coraz częściej pojawiają się nietypowe, innowacyjne rozwiązania, które ze względu na swój wąski zakres zastosowań ciężko sklasyfikować. Co więcej, istnieje cały szereg czynników, których rejestrowanie w ramach prowadzonych robót budowlanych jest praktycznie niemożliwe. Bardzo ciężko jest oceniać przede wszystkim zachowania pracowników. Informacje o ich średniej prędkości, czasie pozostawania w bezruchu, czy ścieżkach poruszania się na budowie, chociaż kluczowe z punktu widzenia zapewnienia odpowiednich poziomów bezpieczeństwa, dotychczas podlegały tylko wyrzutowym obserwacjom. Rozwiązaniem tego problemu może być stosowanie technik zaczerpniętych z innych pokrewnych dziedzin.

Praca na budowie charakteryzuje się na przykład pewnym podobieństwem w swojej organizacyjnej strukturze do centrów logistycznych. W ramach placu budowy mamy do czynienia z podobnymi procesami jak w dużych przestrzeniach

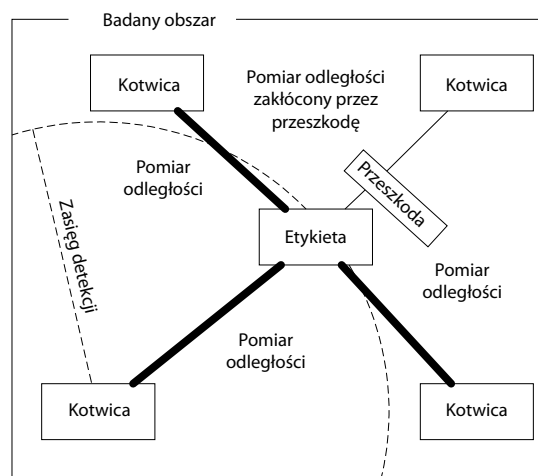
magazynowych. Materiały dostarczane z zewnątrz są składowane w wydzielonym miejscu, skąd po transporcie wewnętrznym trafiają na miejsce wbudowania, gdzie proces wykonywania elementu jest finalizowany. Właśnie to podobieństwo doprowadziło do adaptacji niektórych elementów technologii RTLS (*Real-Time Tracking Systems* – systemy lokalizacji czasu rzeczywistego) na potrzeby budownictwa. Koncept technologii powstał w latach 90. ubiegłego wieku, a pierwsze adaptacje na potrzeby niektórych armii oraz dużych ośrodków medycznych w Stanach Zjednoczonych pojawiły się na początku XXI w. Zestaw „kotwic” montowanych na ścianach (*anchor*) i „etykiety” (*tag*), najczęściej w postaci opasek lub przymocowanych do kasków nadajników, ma za zadanie w czasie rzeczywistym przekazywać zbiór informacji o obiekcie czy osobie. Najczęściej badane jest tylko położenie czujnika w przestrzeni, ale istnieją systemy mogące przesyłać dane o wielu cechach takich jak tętno, temperatura czy przyspieszenie. Zastosowanie tego typu rozwiązań w budownictwie może doprowadzić zarówno do uzyskania dotychczas nieposiadanych informacji o przebiegu procesu budowlanego, jak i znacznego zwiększenia bezpieczeństwa pracowników [10]. Obecne technologie RTLS najczęściej oparte są o technikę radiokomunikacji UWB (*Ultra WideBand*), czyli szybkim wysłaniu krótkich impulsów na niskich poziomach mocy w celu uniknięcia interferencji z innymi urządzeniami elektronicznymi. Najczęstszym sposobem lokalizacji jest triangulacja. Etykiety wysyłają w sposób ciągły sygnał radiowy z odczytem zegara, który po dotarciu do minimum 3 kotwic pozwala na określenie jej położenia w przestrzeni. Ze względu na zaburzenia fal wywołane koniecznością przejścia fali radiowej przez przeszkody, konieczne jest w warunkach prowadzenia analiz, rozmieszczenie kotwic tak, aby sygnał z każdego punktu badanego regionu docierał do minimum 3 kotwic bez przeszkód (rys. 2).

Podobnie jak w przypadku systemów analizy obrazu technologia wymaga więc sprzężenia równoległego, aby zapewnić ciągłość pracy. Przy maksymalnym zasięgu detekcji wynoszącym 80 m, kotwice należałoby więc rozmieszczać w siatce o wymiarach około 25x25 m. Konieczne niestety jest uwzględnianie trwałych przeszkód, takich jak na przykład ściany żelbetowe.

Opisywana technologia może mieć jednak zastosowania nie tylko badawcze. Systemy lokalizacji czasu rzeczywistego mogą służyć również jako podstawowe narzędzie zapobiegania wypadkom [11], informując pracowników o zbliżaniu się do niebezpiecznej strefy.

5. Podsumowanie

Nietypowe środowisko badawcze, takie jak budowa, zawsze jest przyczyną wielu problemów w czasie przeprowadzania eksperymentów i analiz. Duża niepowtarzalność realizowanych obiektów sprawia, że jakiegokolwiek pomiary prowadzone in-situ zazwyczaj są realizowane na dużą skalę. Tradycyjne



Rys. 2. Schemat działania systemu RTLS

metody badawcze oparte na badaniach sondażowych, pomimo często bardzo wysokiej pracochłonności, rzadko są w stanie zapewnić wszystkie poszukiwane informacje. Analizy realizowane bezpośrednio na placach budowy, czy za pomocą osobistych obserwacji, analizy obrazu, czy odczytów z różnego rodzaju czujników mają szansę stać się w przyszłości powszechną praktyką i umożliwić likwidację licznych luk badawczych dotyczących zachowań pracowników. Należy przy tym pamiętać, że te technologie mogą być wykorzystywane nie tylko w celach naukowych, ale również jako narzędzia optymalizujące proces budowlany i zwiększające poziom bezpieczeństwa pracowników.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. z 2003 r. Nr 47, poz. 401)
- [2] Lisowski K., Ankieter w terenie, problemy z jakością badań ilościowych. Problem rzetelności badań surveyowych 3/2017
- [3] Flyvbjerg B., Five misunderstandings about case-study research, *Qual. Inq.*, tom 12, 2/2006, str. 219–245, Doi: 10.1177/1077800405284363
- [4] Shorrocks A. et al., Global Wealth report 2019: The year in review, *Glob. wealth Rep.* 2019, by Suisse Group, Credit AG, 10/2019, str. 37–42
- [5] Baruch Y, Holtom B. C., Survey response rate levels and trends in organizational research, *Hum. Relations*, tom 61, 8/2008, str. 1139–1160, Doi:10.1177/0018726708094863
- [6] Son H., Kim C., Integrated worker detection and tracking for the safe operation of construction machinery, *Autom. Constr.*, tom 126, 8/2020, str. 103670, 2021, Doi: 10.1016/j.autcon.2021.103670
- [7] Angah O., Chen A. Y., Tracking multiple construction workers through deep learning and the gradient based method with re-matching based on multi-object tracking accuracy, *Autom. Constr.*, tom 119, 4/2019, str. 103308, 2020, Doi: 10.1016/j.autcon.2020.103308
- [8] Lee Y. J., Park M. W., 3D tracking of multiple onsite workers based on stereo vision, *Autom. Constr.*, tom 98, 8/2018, str. 146–159, 2019, Doi: 10.1016/j.autcon.2018.11.017
- [9] Nesterak J., Siudy J. M., Automatyzacja analizy migawkowej 12/2020
- [10] Hwang S., Seo J. O., Jebelli H., Lee S. H., Feasibility analysis of heart rate monitoring of construction workers using a photoplethysmography (PPG) sensor embedded in a wristband-type activity tracker, *Autom. Constr.*, tom 71, 2/2016, str. 372–381, Doi: 10.1016/j.autcon.2016.08.029
- [11] Lee K. P., Lee H. S., Park M., Kim H., Han S., A real-time location-based construction labor safety management system, *J. Civ. Eng. Manag.*, tom 20, 5/2014, str. 724–736, Doi: 10.3846/13923730.2013.802728

Partnerstwo w realizacji przedsięwzięć budowlanych

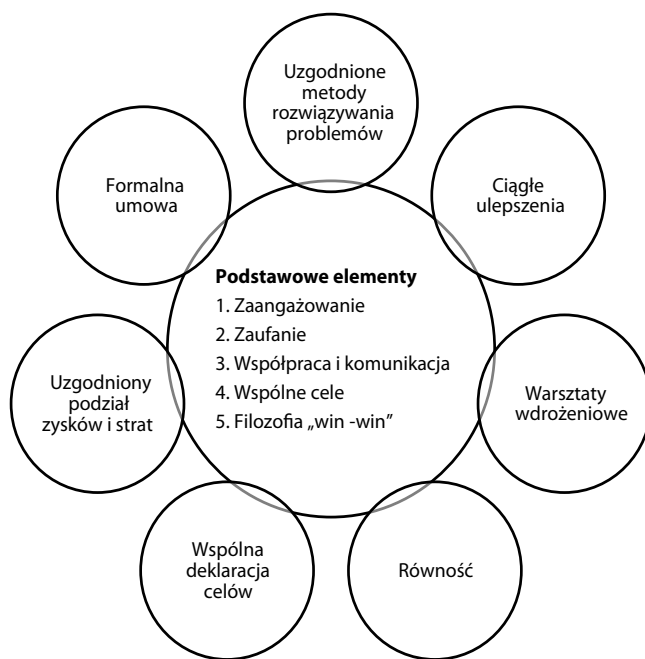
Dr inż. Bartłomiej Szewczyk, prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina,
Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska

1. Wprowadzenie

Charakterystycznym problemem sektora budowlanego na całym świecie jest występowanie antagonistycznych relacji pomiędzy poszczególnymi uczestnikami przedsięwzięć budowlanych. Objawiają się one przede wszystkim niskim poziomem współpracy, ograniczonym zaufaniem czy nieefektywną komunikacją [1, 2]. Zróżnicowana struktura organizacyjna uczestników przedsięwzięć budowlanych oraz powiązań pomiędzy nimi wymaga zatem efektywnego zarządzania relacjami [3]. Z tego też względu coraz większą popularność zyskują różne formy kontraktów relacyjnych (ang. *Relational Contracts/Contracting* (RC)). W niniejszym artykule przedstawiono istotę kontraktów relacyjnych w przedsięwzięciach budowlanych, ze szczególnym uwzględnieniem partnerstwa. Bazowano przy tym na doświadczeniach prezentowanych w literaturze polskiej i światowej.

2. Pojęcie i cel kontraktów relacyjnych w przedsięwzięciach budowlanych

Podstawowymi cechami kontraktów relacyjnych są: określenie wspólnych celów uczestników przedsięwzięcia, stosowanie podejścia „win-win” w rozwiązywaniu sporów (wszystkie strony czują się usatysfakcjonowane) i rozwijanie relacji opartych na współpracy [4, 5, 6, 7]. W publikacji [8] stosowanie kontraktów relacyjnych w budownictwie zdefiniowane zostało jako proces ustalenia i zarządzania relacjami pomiędzy stronami mający na celu usunięcie barier, zachęcenie do maksymalnego zaangażowania i umożliwienie wszystkim stronom osiągnięcie sukcesu. W książce [9] autorzy wyróżniają następujące główne formy, jakie przyjmują kontrakty relacyjne: partnerstwo w przedsięwzięciu, partnerstwo strategiczne, alians w przedsięwzięciu, alians strategiczny, partnerstwo publiczno-prywatne oraz joint venture. W artykule [7] autorzy zaznaczają, że forma kontraktu relacyjnego powinna zostać dostosowana do konkretnej sytuacji, tak by odpowiadała założonym celom. Z kolei w artykule [10] wskazuje się, że warunki tego rodzaju kontraktów powinny być elastyczne, jako że pierwotne założenia dotyczące realizacji przedsięwzięcia mogą ulec zmianom, np. ze względu na zmianę preferencji inwestora dotyczących rozwiązań projektowych i materiałowych, ekstremalne warunki pogodowe lub nieprzewidziane warunki gruntowe. Ci sami autorzy w artykułach [11, 12] ocenili również, że dzięki ciągłym



Rys. 1. Model kontraktów relacyjnych zawierający ich kluczowe elementy [14]

procesom dostosowawczym, kontrakty relacyjne pozwalają na utrzymanie dobrych relacji w długich i złożonych przedsięwzięciach. W artykule [13] wskazuje się na zastosowanie kontraktów relacyjnych w celu stworzenia środowiska do wzmocnienia zaufania, otwartej komunikacji i zaangażowania pracowników. W artykule [14] autorzy podjęli się zdefiniowania kontraktów relacyjnych poprzez wskazanie kluczowych elementów tych kontraktów. Wynikiem ich analiz jest model kontraktów relacyjnych przedstawiony na rysunku 1. W jego centrum znajduje się pięć podstawowych elementów, które zawsze występują: zaangażowanie, zaufanie, współpraca i komunikacja, wspólne cele oraz filozofia „win-win”. Dołączenie do nich wybranych elementów spoza centrum modelu określa różne formy kontraktów relacyjnych w przedsięwzięciach budowlanych.

3. Partnerstwo jako specyficzna forma współpracy w przedsięwzięciach budowlanych

3.1. Definicje i modele partnerstwa

W literaturze przedmiotu znaleźć można wiele definicji partnerstwa w odniesieniu do przedsięwzięć budowlanych.

Jedną z częściej cytowanych jest definicja podana w publikacji [15], zgodnie z którą partnerstwo określone jest jako „długotrwała współpraca dwóch lub więcej organizacji w celu osiągnięcia określonych celów biznesowych poprzez maksymalizację efektywności wykorzystania zasobów każdego partnera. Wymaga to zmiany tradycyjnych relacji oraz rozwoju wspólnej kultury organizacyjnej. Relacje opierają się na zaufaniu, poświęceniu się wspólnym celom i zrozumieniu indywidualnych oczekiwań i wartości”.

W zbliżony sposób partnerstwo zostało zdefiniowane w przewodniku do stosowania partnerstwa w budownictwie [16]. Autorzy wskazują, że partnerstwo może występować w pojedynczym przedsięwzięciu (ang. *Project Partnering*), lecz większe korzyści można osiągnąć, gdy opiera się na długofalowej, strategicznej współpracy w wielu przedsięwzięciach (ang. *Strategic Partnering*). Autorzy zwracają uwagę na trzy elementy kluczowe dla partnerstwa. Są to: wspólne cele uwzględniające interesy poszczególnych uczestników, wspólnie ustalony proces rozwiązywania problemów oraz ciągłe poszukiwanie ulepszeń.

W definicji przedstawionej w raporcie [17] autor zawarł informację na temat oceny postępów partnerstwa i podziału wypracowanych korzyści.

Na zróżnicowanie horyzontu czasowego partnerstwa zwraca uwagę autor raportu [18]. W opracowaniu wskazano także na takie istotne elementy, jak: dążenie do ciągłej poprawy, otwartość pomiędzy stronami, gotowość do przyjęcia nowych pomysłów i dostrzeganie wspólnych korzyści. Zaznaczono również, że dla skutecznego partnerstwa, ważne jest zaangażowanie kierownictwa oraz wola współpracy uczestników przedsięwzięcia.

W raporcie [19] autorzy wskazują na rozwój współpracy do tzw. partnerstwa drugiej generacji wyrażającego się we współpracy poszczególnych podmiotów w serii przedsięwzięć. Dalszy rozwój współpracy prowadzić może z kolei do tzw. partnerstwa trzeciej generacji, w którym przedsiębiorstwa budowlane podejmują inicjatywę stosowania partnerstwa obejmującego proces produkcji, wprowadzenie produktów na rynek i usługi towarzyszące. Inwestor jest w tym przypadku postrzegany jako klient, zaś poprawę efektywności dostrzega się w rozwijaniu prefabrykacji poszczególnych elementów i całych modułów obiektów budowlanych oraz w zarządzaniu łańcuchami dostaw.

Bogate studium poświęcone tematowi definicji partnerstwa w przedsięwzięciu przedstawiono w artykule [20]. Na podstawie wyników ankiety internetowej przeprowadzonej wśród cenionych i doświadczonych naukowców zajmujących się tematyką partnerstwa, sformułowano nową definicję. Obejmuje ona trzy podstawowe aspekty: uczestników, cele oraz umiejętności i techniki stosowane do realizacji celów. Opracowana definicja partnerstwa w przedsięwzięciu ma następującą postać: „Partnerstwo w przedsięwzięciu to strategia dotycząca relacji, w ramach której inwestor integruje wykonawców i innych głównych uczestników przedsięwzięcia.

Dzięki zaangażowaniu we wspólne cele przedsięwzięcia, wspólne rozwiązywanie problemów i wspólną strukturę zarządzania, partnerzy dążą do relacji opartych na współpracy, zaufania i lepszych wyników”.

W publikacji [21] autorzy zaznaczają, że kluczową różnicą pomiędzy partnerstwem a aliansem jest to, że partnerstwo nie jest, tak jak alians, wyrażone w postaci prawnie wiążącej umowy. Funkcjonuje natomiast obok standardowych umów, nie posiadając mocy prawnej. W przypadku partnerstwa występuje natomiast karta partnerstwa (ang. *Partnering Charter*), stanowiąca porozumienie podpisywane przez wszystkie zainteresowane strony, wyrażające chęć współpracy w przedsięwzięciu budowlanym. Partnerstwo zachęca do bliższych relacji i wspólnych celów, natomiast alians wymusza je [22].



Rys. 2. Model partnerstwa [23]

W artykule [23] autor zwraca z kolei uwagę na to, że partnerstwo występuje w wielu wariantach i określane jest w różny sposób. Wyróżnia on dwa konieczne, ale niewystarczające elementy partnerstwa: zaufanie i wzajemne zrozumienie, które zostały przedstawione w centrum opracowanego modelu (rys. 2). Przedstawiona koncepcja zakłada, że można mówić o partnerstwie, jeżeli oprócz tych dwóch elementów, występuje też część spośród elementów dodatkowych, spoza centrum modelu. Nie ma jednak określonych elementów dodatkowych lub ich zestawów, które muszą wystąpić. W ten sposób określone mogą być różne warianty partnerstwa. Model może być zatem postrzegany jako podstawa do opisanego całej „rodziny” wariantów partnerstwa. Jak zaznacza autor, zapewnia to nową metodę definiowania wieloaspektowej koncepcji partnerstwa w elastyczny i uporządkowany sposób.

Inny koncepcyjny model partnerstwa przedstawiono w artykule [24]. Zaprezentowano go na rysunku 3. Przedstawia on cztery kategorie kluczowych elementów partnerstwa oraz związki zachodzące pomiędzy nimi. Kategorie zaangażowania, procesów i narzędzi mają największy wpływ na ustanowienie i rozwój partnerstwa. Kultura organizacyjna zarówno generalnego wykonawcy, jak i dostawców także wpływa na rozwój partnerstwa, ale oddziaływanie może mieć również przeciwny kierunek. Efekty realizacji poszczególnych

Rys. 3. Konceptyjny model partnerstwa [24]

przedsięwzięć stanowią informację zwrotną dla procesu dalszego rozwijania partnerstwa. Zaangażowanie inwestora postrzegane jest z kolei jako istotny czynnik zewnętrzny.

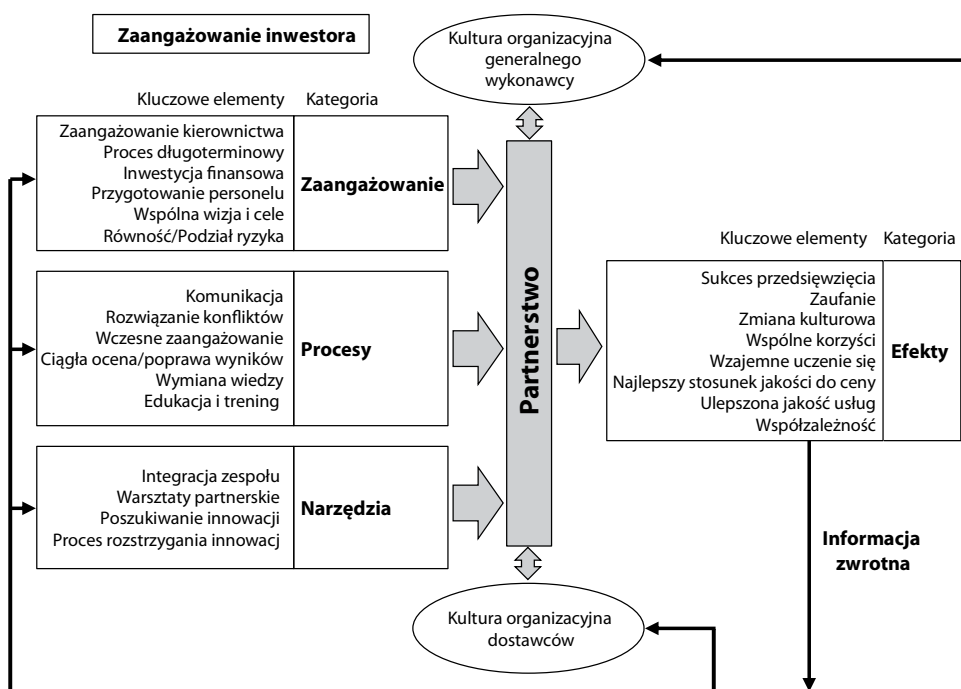
W artykule [25] autorzy również przedstawiają model partnerstwa. Został on zaprezentowany na rysunku 4. W pierwszej kolumnie ujęto panujące w przemyśle budowlanym warunki, będące geną partnerstwa. Druga kolumna przedstawia elementy partnerstwa ważne dla stworzenia uczestnikom przedsięwzięcia warunków sprzyjających partnerstwu.

Czynniki przedstawione w trzeciej kolumnie pozwalają przekształcić grupę osób zaangażowanych w przedsięwzięcie w efektywnie działający zespół. Ostatnia kolumna przedstawia korzyści i efekty stosowania partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych.

Można zauważyć, że partnerstwo jest definiowane na wiele różnych sposobów. Przyczynę tego dopatrywać można w tym, że partnerstwo przyjmuje wiele wariantów [23]. Należy jednak zwrócić uwagę, że w większości przytoczonych definicji można znaleźć odwołania do wspólnych celów, zaufania, rozwiązywania problemów, poszukiwania ulepszeń oraz poprawy efektywności działania.

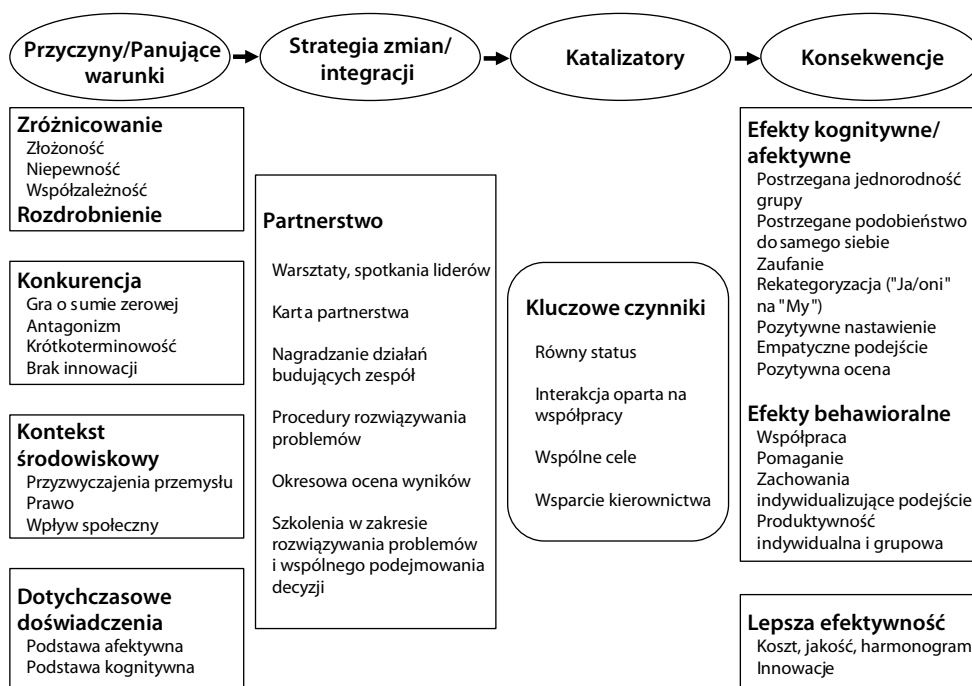
3.2. Korzyści i przeszkody związane ze stosowaniem partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych

W podjęciu decyzji o wdrażaniu partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych ważną rolę odgrywa kwestia korzyści, jakie to podejście niesie ze sobą. W artykule [26] autorzy na podstawie przeglądu literatury dokonali zestawienia najistotniejszych korzyści



zarówno w odniesieniu do wymiernych wyników przedsięwzięcia, jak również w odniesieniu do przebiegu współpracy. Wśród 13 zidentyfikowanych, znalazły się: zmniejszenie liczby sporów, lepsza kontrola kosztów, lepsza kontrola czasu trwania, wyższa jakość, efektywne rozwiązywanie problemów, bliższe relacje, lepsza komunikacja, ciągle doskonalenie, potencjał dla innowacji, niższe koszty administracyjne, wyższy poziom bezpieczeństwa, większa satysfakcja oraz wyższa kultura pracy.

Pośród krajowych publikacji, w artykule [27], przedstawiono zalety współpracy partnerskiej z podwykonawcami robót budowlanych z punktu widzenia generalnych wykonawców.

**Rys. 4. Model partnerstwa [25]**

Wśród najistotniejszych wymienia się: poprawę jakości robót, wzrost zadowolenia inwestora, wzrost zaufania oraz poprawę relacji pomiędzy stronami. Wyniki dalszych badań przedstawiających z kolei opinie podwykonawców robót budowlanych zawarto w artykule [28]. Wskazują one na takie istotne zalety jak: stabilność (płynność) w otrzymywaniu zleceń, redukcja kosztów, oszczędność czasu oraz podobnie jak w przypadku generalnych wykonawców, wzrost zadowolenia inwestora, wzrost zaufania, poprawa relacji pomiędzy stronami i poprawa jakości robót.

Autor pracy [29] przedstawia z kolei wykorzystanie relacji partnerskich z klientami jako strategii marketingowej przedsiębiorstw budowlanych stosowanej w celu poprawy konkurencyjności.

Poza licznymi korzyściami płynącymi ze stosowania partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych należy również być świadomym trudności mogących wystąpić podczas jego wdrażania. Przeglądu tego typu trudności i przeszkód dokonano w artykule [30] na podstawie analizy literatury przedmiotu. Wśród najistotniejszych wymieniono: niezrozumienie koncepcji partnerstwa, problemy z relacjami, bariery kulturowe, nierówne zaangażowanie, problemy z komunikacją, brak ciągłego doskonalenia, nieefektywne rozwiązywanie problemów, niewystarczające wysiłki, aby kontynuować partnerstwo, dyskredytujące relacje.

Krajowych publikacji w temacie przeszkód we wdrażaniu partnerstwa jest niewiele. W jednej z nich [27] wskazano, że najistotniejszymi wadami współpracy partnerskiej z podwykonawcami robót budowlanych z punktu widzenia generalnych wykonawców są: problemy z „mocą przerobową” podwykonawcy decydującego się (pomimo swoich ograniczeń) na realizację zlecenia z powodu poczucia zobowiązania oraz zbyt duża pewność podwykonawcy wpływająca z przekonania, że otrzyma zlecenie. Z kolei wyniki dalszych badań w tym zakresie, przedstawione w artykule [28] wskazują, iż najistotniejszą wadą z punktu widzenia podwykonawców robót budowlanych jest pewność wpływająca z przekonania o uzyskiwaniu zleceń mogąca prowadzić do zaprzestania dbałości o konkurencyjność i wizerunek przedsiębiorstwa.

W innych krajowych badaniach dotyczących barier partnerstwa w polskich przedsiębiorstwach budowlanych [31] najistotniejszymi barierami okazały się: brak zrozumienia partnerstwa, znalezienie przedsiębiorstw, które będą w stanie być partnerami, przestarzały sposób zarządzania, czas i wysiłki konieczny, by dostosować do siebie obie organizacje, strach przed zmianami, popularność dokonywania zamówień w oparciu o najniższą cenę oraz przekonanie, że nie można w biznesie zbudować relacji opartych na zaufaniu.

3.3. Krytyczne czynniki sukcesu partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych

Krytyczne czynniki sukcesu (ang. *Critical Success Factors* CSFs) definiuje się jako czynniki, których występowanie jest

konieczne dla maksymalizacji szans na osiągnięcie ustalonych celów przez głównych uczestników przedsięwzięcia [32]. Identyfikacja krytycznych czynników sukcesu umożliwia efektywne wykorzystanie ograniczonych zasobów oraz pomaga wstępnie określić elementy porozumienia partnerskiego [33]. Wiele publikacji [34, 35, 36, 37, 38] jest poświęconych tematyce krytycznych czynników sukcesu partnerstwa. W znacznej mierze czynniki te powiązane są z trudnościami wymienionymi w podrozdziale 3.2.

W artykule [35] autorzy wymieniają osiem krytycznych czynników sukcesu partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych: odpowiednie zasoby, wsparcie kierownictwa, wzajemne zaufanie, zaangażowanie długoterminowe, koordynacja, kreatywność, efektywna komunikacja i rozwiązywanie sporów. Autorzy artykułu [37], na podstawie badań przeprowadzonych w Hong Kongu, pośród już wymienionych krytycznych czynników sukcesu partnerstwa podkreślili dodatkowo regularne monitorowanie partnerstwa. Wspólna ocena partnerstwa jest jednym z kluczowych wyników warsztatów partnerstwa. Pozwala ona uzyskać informację zwrotną na temat realizacji przedsięwzięcia i podjąć ewentualne działania naprawcze.

3.4. Proces wdrażania partnerstwa

Partnerstwo może być stosowane, niezależnie od systemu realizacji przedsięwzięcia, ponieważ nie jest formą umowy. Jest ono poza umową w celu uzgodnienia celów oraz ułatwienia dobrej komunikacji, pracy zespołowej i wspólnego rozwiązywania problemów. Należy zauważyć, że partnerstwo może być stosowane w połączeniu z różnymi formami umów, gdyż karta partnerstwa sama w sobie nie jest prawnie wiążąca [39]. W książce [9] wskazuje się na ustrukturyzowane i nieustrukturyzowane podejście do wdrażania partnerstwa. Pierwsze z tych podejść przewiduje szereg warsztatów partnerstwa obejmujących: wstępne warsztaty, warsztaty okresowe i warsztaty końcowe. Drugie natomiast, niezakładające organizacji tego rodzaju warsztatów, może wręcz hamować ducha współpracy w przedsięwzięciu budowlanym. Przed zawarciem umowy o partnerstwie organizacja musi być przekonana co do powodów tej decyzji. Powinna również dokładnie przeanalizować, w jaki sposób partnerstwo odnosi się do jej strategii działania [35]. Ponadto organizacja musi zidentyfikować podmioty, z którymi chce podjąć współpracę partnerską, gdyż wejście w taki układ bez zrozumienia wzajemnych aspiracji i kultury pracy może mieć fatalne konsekwencje. W artykule [35] przedstawiono studium przypadku inicjowania partnerstwa strategicznego wraz z kilkoma ogólnymi wytycznymi przedstawionymi dalej.

- Partnerstwo powinno być inicjowane przed podpisaniem umów i powinno obejmować wszystkich głównych interesariuszy. Należy zorganizować kilka wstępnych spotkań, w trakcie których można wymienić oczekiwania i cele dotyczące współpracy. Aby ograniczyć nieporozumienia

pomiędzy stronami, można zatrudnić zewnętrznego eksperta (facylitatora), który poprowadzi spotkania i ułatwi proces wdrażania partnerstwa. Określone cele mogą być specyficzne dla danego przedsięwzięcia lub istotne dla rozwoju organizacji.

- Strony działają jako zespół i dążą do realizacji wspólnie ustalonych celów, dlatego powinny dzielić się takimi zasobami jak wiedza, informacje i technologia. Aby zachować absolutne zaufanie, należy mieć na względzie nieujawnianie żadnych poufnych materiałów stronom nieupoważnionym oraz niewykorzystywanie takich materiałów w sposób konkurencyjny w stosunku do innych uczestników przedsięwzięcia. Zasoby, jakimi dysponują uczestnicy, powinny umożliwiać im osiągnięcie ustalonych celów.

- Powołany zespół partnerski powinien składać się z pracowników wyższego szczebla poszczególnych organizacji, a każda strona powinna przydzielić do zespołu co najmniej dwóch członków. Pierwszym, stałym członkiem zespołu, powinna być osoba z kierownictwa mająca wszechstronną wiedzę na temat interesów przedsięwzięcia. Drugim członkiem powinien być kierownik odpowiedzialny za dane przedsięwzięcie. Inne osoby włączane są na stałe lub w zależności od potrzeb. Członkowie zespołu powinni posiadać duże umiejętności przywódcze oraz zarządzania i rozwiązywania problemów, a także umiejętność budowania ducha zespołu w nieformalnej sieci komunikacyjnej.

- Należy organizować regularne spotkania zespołu partnerskiego w celu omówienia istotnych działań lub problemów, którym należy poświęcić uwagę. Takie spotkania powinny mieć na celu poprawę dotychczasowego sposobu działania. Zespół partnerski powinien szukać usprawnień procesów operacyjnych i procedur, wprowadzając nowe podejścia i metody. Technika benchmarkingu (porównywanie się z innymi podmiotami wyznaczającymi kierunki rozwoju branży oraz wykorzystania dobrych pomysłów tych podmiotów w celu doskonalenia się) jest wysoce zalecana do inicjowania najlepszych praktyk.

- Ocena skuteczności partnerstwa ma również kluczowe znaczenie. Należy w tym celu określić oceniane parametry (subiektywne i obiektywne) i sposób dokonywania oceny. Bieżące monitorowanie stanu partnerstwa pozwala zidentyfikować obszary współpracy, w których pojawiają się problemy. Zespół partnerski powinien z kolei poszukiwać możliwości rozwiązania tych problemów i poprawy sytuacji.

W raporcie [17] autor wskazuje, że partnerstwo wymaga zmiany kryteriów wyboru partnerów. Zamiast kryterium najniższej ceny partnerstwo zakłada selekcję z uwzględnieniem podejścia do pracy zespołowej, potencjału dla innowacji i oferowania efektywnych rozwiązań dotyczących przedsięwzięcia. Na dobór odpowiednich partnerów do współpracy wskazują także autorzy publikacji [16]. Organizacje wdrażające partnerstwo powinny mieć podobną kulturę pracy, być chętne do współpracy ze sobą i odznaczać się stabilnością finansową. Ponadto powinny posiadać dobrą kadrę

zarządzającą oraz potencjał do badań, rozwoju i innowacji. Ważne jest również elastyczne podejście do zmian zarówno kadry kierowniczej, jak i pracowników niższych szczebli.

W artykule [40] autorka przedstawia metodę wyboru przedsiębiorstwa budowlanego do współpracy na podstawie analizy relacji partnerskich badanych przedsiębiorstw z mikro-otoczeniem. Prezentowana metoda stanowi przykład analizy wielokryterialnej.

W publikacji [41] wskazuje się, że przy podejmowaniu decyzji o partnerstwie w danym przedsięwzięciu budowlanym należy wziąć pod uwagę takie czynniki jak: koszt, zysk, czas trwania, złożoność i renoma tego przedsięwzięcia. Autorzy przedstawiają również model oceny możliwości zastosowania partnerstwa w konkretnym przedsięwzięciu, który wspomagać ma proces oceny tego, jak wykorzystać partnerstwo w określonej sytuacji. Analizie podlegają przy tym czynniki związane z mechanizmami zarządzania, zaangażowanymi organizacjami oraz rozmiarami przedsięwzięcia.

Ogólny zarys procesu wdrażania partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych przedstawiono w publikacji [39] wydanej przez zarządcę sieci drogowej w jednym ze stanów w Australii. Zawiera on poniższe punkty, szerzej opisane w przywołanej publikacji.

- Wybór odpowiedniego przedsięwzięcia, aby zastosować partnerstwo.
- Uzyskanie zaangażowania kierownictwa.
- Uzyskanie niezbędnych zasobów do wdrożenia partnerstwa.
- Wybór liderów partnerstwa z każdej organizacji – jednego z kierownictwa organizacji, drugiego spośród osób bezpośrednio zaangażowanych w dane przedsięwzięcie.
- Wzmacnianie zaangażowania w partnerstwo uczestników przedsięwzięcia podczas spotkań, w korespondencji i komunikacji werbalnej.
- Zgoda i przekonanie do bycia partnerem.
- Zaangażowanie facylitatora wprowadzającego uczestników w podejście partnerskie.
- Przygotowanie do wstępnych warsztatów partnerstwa.
- Uzgodnienie procesu oceny partnerstwa.
- Akcentowanie sukcesów w rozwijaniu partnerstwa.
- Regularny kontakt z pozostałymi uczestnikami.

W publikacji [39] wskazuje się także działania sprzyjające partnerstwu, takie jak: wdrażanie nowych osób w partnerstwo, organizowanie kolejnych warsztatów partnerstwa według potrzeb oraz monitorowanie, czy partnerstwo jest stosowane z sukcesem. W tej samej publikacji zaprezentowano również typowy program partnerstwa przedstawiający:

- cele partnerstwa,
- zakres, uczestników i czas trwania warsztatów partnerstwa oraz
- zakres, uczestników i czas trwania spotkań poświęconych monitorowaniu, identyfikowaniu i rozwiązywaniu problemów związanych z relacjami w przedsięwzięciu budowlanym.

Wytyczne dotyczące organizacji wstępnych, okresowych i końcowych warsztatów partnerstwa zawarto także w artykule [42]. W przypadku tych ostatnich elementem charakterystycznym jest poszukiwanie możliwości dalszej współpracy w oparciu o partnerstwo. Autorzy rekomendują także wdrażanie partnerstwa w jak najwcześniejszym etapie, gdyż uczestnicy przedsięwzięcia potrzebują czasu na zmianę podejścia i wypracowanie relacji partnerskich. Wczesne wdrożenie partnerstwa pozwala maksymalizować korzyści z niego płynące. Z kolei w monografii [43] autorzy prezentują partnerstwo jako podejście wykorzystywane do zarządzania łańcuchami dostaw w budownictwie. Wymieniają również zarządzanie relacjami z dostawcami i odbiorcami/inwestorem wśród kluczowych procesów biznesowych w budownictwie. Przywołują złe doświadczenia podczas budowy autostrad w Polsce, które skłoniły uczestników procesu inwestycyjnego do korzystania z partnerstwa jako koncepcji zarządzania. W artykule [44] autorzy proponują wykorzystanie partnerstwa w celu integracji łańcucha dostaw kilku współzależnych przedsięwzięć wchodzących w skład większego programu budowy.

Pośród wielu publikacji poświęconych procesowi wdrażania partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych w ujęciu praktycznym, część z nich, m.in. [9, 35, 45, 46, 47] zawiera wytyczne dotyczące inicjowania i stosowania partnerstwa, skierowane do organizacji zainteresowanych tym podejściem. Publikacje wydawane przez jednostki publiczne i organizacje zrzeszające przedsiębiorstwa budowlane wskazują na wolę upowszechnienia partnerstwa w sektorze budowlanym, zarówno prywatnym, jak i publicznym. Znaczna część publikacji m.in. [12, 16, 17, 40, 48] porusza temat czynników i procesu wyboru partnerów. Inne prezentują studia przypadków [45, 49] i perspektywy rozwoju dla partnerstwa [44, 50, 51, 52]. Przywołane publikacje świadczą o dużym zainteresowaniu tematyką partnerstwa ze strony naukowców oraz praktyków.

4. Narzędzia wspomagające rozwijanie relacji partnerskich w przedsięwzięciach budowlanych

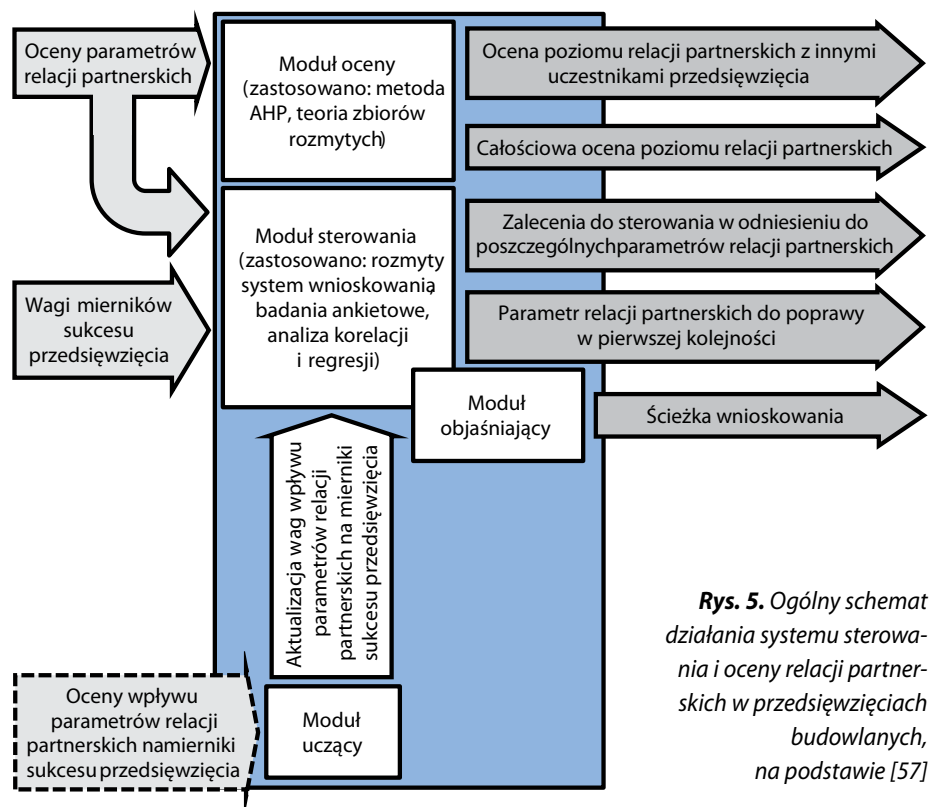
Aby utrzymywać partnerstwo w przedsięwzięciach budowlanych na wysokim poziomie, co pozwala osiągać wymienione wcześniej korzyści, konieczne jest bieżące monitorowanie jego stanu. Monitorowanie umożliwia szybkie

rozpoznanie pojawiających się problemów i ich rozwiązanie. W ostatnich latach powstało szereg prac dotyczących zagadnienia oceny partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych [49, 53, 54, 55, 56].

Zaprezentowany w [57] system sterowania i oceny relacji partnerskich w przedsięwzięciach budowlanych jest pierwszym narzędziem wspomagającym zarządzanie relacjami partnerskimi w przedsięwzięciach budowlanych uwzględniającym to, w jakim stopniu poprawa poziomu poszczególnych parametrów relacji partnerskich przekłada się na korzyści w odniesieniu do czasu, kosztu, jakości oraz bezpieczeństwa realizacji przedsięwzięcia. Ogólny schemat działania tego systemu został zaprezentowany na rysunku 5. Korzystanie z systemu wymaga od zarządzającego przedsięwzięciem podania poniższych informacji:

- ocen parametrów relacji partnerskich,
- wag mierników sukcesu przedsięwzięcia: czasu, kosztu, jakości i bezpieczeństwa jego realizacji,
- opcjonalnie ocen, jak poziom relacji partnerskich w odniesieniu do poszczególnych parametrów wpływał na mierniki sukcesu przedsięwzięcia.

Aby móc na bieżąco monitorować poziom relacji partnerskich w przedsięwzięciu, zalecane jest regularne organizowanie spotkań przeglądowych i warsztatów partnerstwa oraz ocenianie stanu relacji [16]. Korzystanie z prezentowanego systemu również wymagać będzie takiej regularności (np. ocena co miesiąc). Na podstawie ocen poszczególnych parametrów relacji partnerskich, moduł oceny systemu pozwala określić poziom relacji partnerskich zarządzającego



Rys. 5. Ogólny schemat działania systemu sterowania i oceny relacji partnerskich w przedsięwzięciach budowlanych, na podstawie [57]

przedsięwzięciem z pozostałymi uczestnikami przedsięwzięcia oraz całościową ocenę poziomu relacji partnerskich w tym przedsięwzięciu. Wykorzystana w tym celu została część algorytmu metody AHP (Analytic Hierarchy Process) oraz teoria zbiorów rozmytych. Poza tym, moduł sterowania systemem umożliwia uzyskanie, dla każdego parametru relacji partnerskich, zalecenia do sterowania spośród następujących możliwości: zachowaj, popraw, popraw natychmiast. Zalecenia uzupełniane są o przykładowe działania, jakie można podjąć, aby poszczególne parametry relacji partnerskich poprawić [58]. W module sterowania zastosowany został rozmyty model wnioskowania. Oprócz ocen parametrów relacji partnerskich, system wykorzystuje także podane przez operatora wagi mierników sukcesu przedsięwzięcia (czasu, kosztu, jakości i bezpieczeństwa jego realizacji) oraz określone na podstawie badań ankietowych, wagi wpływu parametrów relacji partnerskich na wymienione mierniki sukcesu przedsięwzięcia. Wpływ parametrów relacji partnerskich na mierniki sukcesu przedsięwzięcia został zbadany z zastosowaniem analizy korelacji i regresji. Moduł sterowania pozwala wskazać parametr relacji partnerskich, który należy poprawić jako pierwszy. Uzupełnieniem jest moduł objaśniający pozwalający na przedstawienie w sposób czytelny ścieżki wnioskowania prowadzącej do uzyskania danej konkluzji. Dodatkowo system został zaopatrzony w moduł uczący. Pozwala on na uzupełnianie zbioru danych zebranych podczas badań ankietowych o informacje z danego przedsięwzięcia. Zaktualizowane zostaną wtedy wartości wag wpływu parametrów relacji partnerskich na mierniki sukcesu przedsięwzięcia. Wymaga to wprowadzenia dodatkowo ocen wpływu poszczególnych parametrów relacji partnerskich na mierniki sukcesu przedsięwzięcia. Operator dokonuje wyboru, czy wprowadza te dodatkowe dane, czy korzysta z podstawowego zakresu danych, zebranych podczas badań ankietowych. W celu uwidocznienia efektów działania systemu i śledzenia zmian ocen poszczególnych parametrów oceny te mogą być prezentowane w sposób graficzny.

5. Podsumowanie

Częstym problemem podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych jest ograniczona współpraca uczestników przedsięwzięcia w dążeniu do wspólnych celów. Bardziej charakterystyczna dla budownictwa jest koncentracja poszczególnych uczestników przedsięwzięć na celach indywidualnych. Towarzyszy temu zwykle mały poziom wzajemnego zaufania, niedostateczny przepływ informacji oraz relacje opierające się na współzawodnictwie. Wielu naukowców oraz praktyków szansę na porażenie sobie z wymienionymi problemami upatruje w upowszechnieniu stosowania partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych. Podejście to zakłada zmianę tradycyjnych relacji na relacje opierające się na zaufaniu, poświęceniu się wspólnym celom i wzajemnym zrozumieniu. Istotną rolę

w partnerstwie odgrywa efektywna komunikacja oraz ustalony proces rozwiązywania problemów.

Przywołane w artykule publikacje pokazują, że stosowanie partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych niesie za sobą liczne korzyści zarówno w odniesieniu do wymiernych wyników przedsięwzięcia (m.in. czas trwania, koszt, jakość), jak również w odniesieniu do przebiegu współpracy (m.in. ograniczenie sporów, efektywne rozwiązywanie problemów, bliższe relacje pomiędzy uczestnikami przedsięwzięcia, lepsza komunikacja, wyższa kultura pracy). Zarówno krajowe, jak i zagraniczne opracowania wskazują na korzystny wpływ stosowania tego podejścia w przedsięwzięciach budowlanych. Publikacje identyfikujące trudności i przeszkody we wdrażaniu partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych pozwalają stwierdzić jednak, że wprowadzenie tego podejścia jest procesem złożonym i może zakończyć się niepowodzeniem. Partnerstwo wymaga gruntownego przygotowania ze strony uczestników przedsięwzięcia i analizy uwarunkowań panujących w danym przedsięwzięciu. Identyfikacja potencjalnych trudności, jakie można napotkać podczas wdrażania partnerstwa pozwala uczestnikom zapobiegać lub ograniczyć występowanie tych trudności.

Identyfikacja krytycznych czynników sukcesu partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych jest również istotną kwestią. Wśród nich trzeba wymienić przede wszystkim zaufanie oraz efektywną komunikację. Na rozwijanie m.in. tych aspektów współpracy należy zwrócić uwagę, aby partnerstwo dobrze funkcjonowało i mogło przynosić spodziewane efekty.

W artykule przedstawiono również praktyczne wskazówki związane z procesem wdrażania partnerstwa w przedsięwzięciach budowlanych. Przedstawiono również możliwości jednego z narzędzi pomagających oceniać, monitorować, analizować i sterować relacjami partnerskimi w przedsięwzięciach budowlanych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Moore C. C., Mosley D. C., Slagle M., Partnering: guidelines for win-win project management, *Project Management Journal*, tom 23, 1/1992, str. 18–21
- [2] Chan A. P. C., Chan D. W. M., Fan L. C. N., Lam P. T. I., Yeung J. F. Y., A comparative study of project partnering practices in Hong Kong, *Construction Industry Institute*, Hong Kong, 2004
- [3] Walker A., *Project management in construction*, Oxford: BSP Professional Books, 1989
- [4] Alsagoff S. A., McDermott P., Relational contracting: a prognosis for the UK construction industry, [w] *Proceedings of CIB W92, Procurement Systems – East Meets West*, Hong Kong, 1994
- [5] Jones D., Project alliances, [w] *Proceedings of Conference on 'Whose Risk? Managing Risk in Construction – Who Pays?*, Hong-Kong, 2000
- [6] Rowlinson S., Cheung F. Y. K., A review of the concepts and definitions of the various forms of relational contracting, [w] *Proceedings of the International Symposium of CIB W92 on Procurement Systems*, Chennai, 2004
- [7] Kumaraswamy M. M., Rahman M. M., Ling F. Y., Phng S. T., Reconstructing cultures for relational contracting, *Journal of Construction Engineering and Management*, tom 131, 10/2005, str. 1065–1075
- [8] Australian Constructors Association, *Relationship contracting: optimising project outcomes*, Australian Constructors Association, North Sydney, 1999
- [9] Chan A. P., Chan D. W., Yeung J. F., *Relational contracting for construction excellence: Principles, practices and case studies*, Routledge, 2015

- [10] Rahman M. M., Kumaraswamy M. M., Risk management trends in the construction industry: moving towards joint risk management, *Engineering, Construction and Architectural Management*, tom 9, 2/2002, str. 131–151
- [11] Rahman M. M., Kumaraswamy M. M., Potential for implementing relational contracting and joint risk management, *Journal of Management in Engineering*, tom 20, 4/2004, str. 178–189
- [12] Rahman M. M., Kumaraswamy M. M., Relational Selection for Collaborative Working Arrangements, *Journal of Construction Engineering and Management*, tom 131, 10/2005, str. 1087–1098
- [13] Sanders S. R., Moore M. M., Perceptions on partnering in the public sector, *Project Management Journal*, tom 22, 4/1992, str. 13–19
- [14] Yeung J. F. Y., Chan A. P. C., Chan D. W. M., Defining relational contracting from the Wittgenstein family-resemblance philosophy, *International journal of project management*, tom 30, 2/2012, str. 225–239
- [15] Construction Industry Institute, In search of partnering excellence, University of Texas, Austin, 1991
- [16] Bennett J., Jayes S., Trusting the Team: The Best Practice Guide to Partnering in Construction, Centre for Strategic Studies in Construction/Reading Construction Forum, Reading, 1995
- [17] Egan J., Rethinking Construction: Report of the Construction Task Force, HMSO, London, 1998
- [18] Latham M., Constructing the Team, HMSO, London, 1994
- [19] Bennett J. Jayes S., The seven pillars of partnering: a guide to second generation partnering, Reading Construction Forum, Reading, 1998
- [20] Børve S., Rolstadås A., Andersen B., Aarseth W., Defining project partnering, *International Journal of Managing Projects in Business*, tom 4, 10/2017, str. 666–699
- [21] Manley K., Hampson K., Relationship contracting on construction projects, Brisbane: Queensland University of Technology, 2000
- [22] Johnson T. R., Feng P., Sitzabee W., Jernigan M., Federal acquisition regulation applied to alliancing contract practices, *Journal of Construction Engineering and Management*, tom 139, 5/2013, str. 480–487
- [23] Nyström J., The definition of partnering as a Wittgenstein family-resemblance concept, *Construction Management and Economics*, tom 23, 5/2005, str. 473–481
- [24] Beach R., Webster M., Campbell K. M., An evaluation of partnership development in the construction industry, *International Journal of Project Management*, tom 23, 8/2005, str. 611–621
- [25] Anvuur A. M., Kumaraswamy M. M., Conceptual model of partnering and alliancing, *Journal of Construction Engineering and Management*, tom 133, 3/2007, str. 225–234
- [26] Chan A. P. C., Chan D. W. M., Ho K. S. K., An empirical study of the benefits of construction partnering in Hong Kong, *Construction Management and Economics*, tom 21, 5/2003, str. 523–533
- [27] Leśniak A., Współpraca partnerska z podwykonawcami w opiniach generalnych wykonawców, [w] *Problemy naukowo-badawcze budownictwa*, Białystok, 2008
- [28] Leśniak A., Współpraca partnerska z generalnymi wykonawcami w opiniach podwykonawców robót, *Przegląd Budowlany*, tom 81, 2/2010, str. 57–60
- [29] Signetzk J., Relacje partnerskie z klientami a konkurencyjność przedsiębiorstw budowlanych w Polsce, Poznań, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, 2011
- [30] Chan A. P. C., Chan D. W. M., Ho K. S. K., Partnering in construction: critical study of problems for implementation, *Journal of Management in Engineering*, tom 19, 3/2003, str. 126–135
- [31] Radziszewska-Zielina E., Badanie korzyści i barier w stosowaniu podejścia partnerskiego przez przedsiębiorstwa budowlane, *Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej. Studia i Materiały*, tom 91, 20/2008, str. 131–140
- [32] Smith A. J., Walker C. T., BOT: Critical factors for success, [w] *Proceedings of the International Conference Investment Strategies and the Management of Construction*, Brijuni, 1994
- [33] Cheng E. W. L., Li H., Development of a conceptual model of construction partnering, *Engineering, Construction and Architectural Management*, tom 8, 4/2001, str. 292–303
- [34] Black C., Akintoye A., Fitzgerald E., An analysis of success factors and benefits of partnering in construction, *International journal of project management*, tom 18, 6/2000, str. 423–434
- [35] Cheng E. W. L., Li H., Love P. E. D., Establishment of critical success factors for construction partnering, *Journal of management in engineering*, tom 16, 2/2000, str. 84–92
- [36] Cheng E. W. L., Li H., Construction partnering process and associated critical success factors: quantitative investigation, *Journal of management in engineering*, tom 18, 4/2002, str. 194–202
- [37] Chan A. P. C., Chan D. W. M., Chiang Y. H., Tang B. S., Chan E. H. W., Ho K. S. K., Exploring critical success factors for partnering in construction projects, *Journal of construction engineering and management*, tom 130, 2/2004, str. 188–198
- [38] Chen W. T., Chen T.-T., Lu C. S., Liu S.-S., Analyzing relationships among success variables of construction partnering using structural equation modeling: a case study of Taiwan's construction industry, *Journal of Civil Engineering and Management*, tom 18, 6/2012, str. 783–794
- [39] Department of Transport and Main Roads, Transport Infrastructure Project Delivery System Volume 1: Selection of Delivery Options, Department of Transport and Main Roads, Queensland, 2014
- [40] Radziszewska-Zielina E., Methods for selecting the best partner construction enterprise in terms of partnering relations, *Journal of Civil Engineering and Management*, tom 16, 4/2010, str. 510–520
- [41] Lu S., Yan H., A model for evaluating the applicability of partnering in construction, *International Journal of Project Management*, tom 25, 2/2007, str. 164–170
- [42] Chan A. P. C., Chan D. W. M., Fan L. C. N., Lam P. T. I., Yeung J. F. Y., Partnering for construction excellence – A reality or myth?, *Building and Environment*, tom 41, nr 12/2006, str. 1924–1933
- [43] Sobotka A., Jaśkowski P., Czarnigowska A., Pawluś B., Wałach D., Zarządzanie łańcuchami dostaw w budownictwie, Kraków, Wydawnictwo AGH, 2014
- [44] Gustavsson T. K., Bengtsson S. H., Eriksson P. E., A program perspective on partnering as supply chain integration, [w] *Proceedings of the 9th Nordic Conference on Construction Economics and Organization*, Lyngby, 2017
- [45] Australian Constructors Association, Relationship contracting: optimising project outcomes, Australian Constructors Association, North Sydney, 1999
- [46] OGC, Effective Partnering. An overview for customer and suppliers, Office of Government Commerce, London, 2003
- [47] Erhvervs- og Byggestyrelsens, Vejledning i partnering, Erhvervs-og Byggestyrelsens, København, 2006
- [48] Kadefors A., Björklingson E., Karlsson A., Procuring service innovations: Contractor selection for partnering projects, *International Journal of Project Management*, tom 25, 4/2007, str. 375–385
- [49] Bayliss R., Cheung S. O., Suen H. C. H., Wong S. P., Effective partnering tools in construction: a case study on MTRC TKE contract 604 in Hong Kong, *International Journal of Project Management*, tom 22, 3/2004, str. 253–263
- [50] Skeggs C., Project partnering in the international construction industry, *International Construction Law Review*, tom 20, 4/2003, str. 456–482
- [51] Asgari S., Afshar A., Madani K., Cooperative game theoretic framework for joint resource management in construction, *Journal of Construction Engineering and Management*, tom 140, 3/2013, str. 04013066
- [52] Lingegård S., Lindahl M., Partnering as a Stepping Stone in the Transition to PSS for the Construction Industry, *Procedia CIRP*, tom 30, 2015, str. 347–352
- [53] Cheung S. O., Suen H. C. H., Cheung K. K., An automated partnering monitoring system – Partnering Temperature Index, *Automation in Construction*, tom 12, 3/2003, str. 331–345
- [54] Yeung J. F. Y., Chan A. P. C., Chan D. W. M., A computerized model for measuring and benchmarking the partnering performance of construction projects, *Automation in Construction*, tom 18, 8/2009, str. 1099–1113
- [55] Chen T. T., Wu T. C., Construction project partnering using fuzzy based decision making methodology, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, tom 35, 3/2012, str. 269–284
- [56] Radziszewska-Zielina E., Fuzzy control of partnering relations of a construction enterprise, *Journal of Civil Engineering and Management*, tom 17, 1/2011, str. 5–15
- [57] Szewczyk B., Radziszewska-Zielina E., IT-based control and assessment of partnering relations in construction projects, *Automation in Construction*, tom 116, 2020, str. 103201
- [58] Radziszewska-Zielina E., Szewczyk B., Examples of actions that improve partnering cooperation among the participants of construction projects, [w] *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2017

Wybrane aspekty mentoringu odwróconego w budownictwie. Część I

Dr inż. Mariola Książek-Nowak, dr inż. Paweł Nowak, mgr inż. Mateusz Frydrych,
Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska

1. Wprowadzenie

Mentoring to „sztuka wspierania ludzi, którzy chcą przekształcać marzenia w cele i podejmować wysiłek ich realizacji” [7]. Historia relacji mistrz – uczeń jest tak stara, jak ludzkie cywilizacje. Słowo „mentor” oznacza „myśliciela” i związane jest z postacią Mentora występującego w mitologii greckiej. We współczesnych nowoczesnych firmach budowlanych, zarówno mentoring klasyczny, jak i odwrócony postrzegany jest jako skuteczne narzędzie wspomagające proces przekazywania wiedzy i doświadczenia. Obecnie, wskutek nieustannego rozwoju nowoczesnych technologii informatycznych, coraz częściej dla starszego pozycją i stażem podopiecznego rolę „wzorca”, przewodnika i osoby wspierającej odgrywa pracownik znacznie młodszy.

2. Odmiany mentoringu

Mentoring był praktykowany w hinduizmie, buddyzmie i islamie, w ramach tzw. tradycji guru – uczeń oraz w judaizmie czy w kościołach chrześcijańskich. Mentoring był też szeroko praktykowany w średniowieczu (np. poprzez system gildii rzemieślniczych, których działalność opierała się na tradycji rzemieślniczej). Relacja mistrz – uczeń, a następnie mistrz – czeladnik stanowiła jeden z podstawowych elementów kształcenia zawodowego. Zadaniem przyszłego czeladnika przed osiągnięciem tzw. zawodowej samodzielności i niezależności było wykonanie pod okiem mistrza tzw. majstersztyku, czyli dzieła mistrzowskiego. Czeladnik bronił swego dzieła przez radą cechową, która na tej podstawie nadawała młodemu adeptowi prawa cechowe do wykonywania określonego zawodu. Odtąd, jeśli pomyślnie zdał egzamin, mógł pracować na własne konto, zmierzać do mistrzostwa i założenia własnego zakładu. W Stanach Zjednoczonych pojęcie „mentora” zyskało popularność w drugiej połowie XX wieku. Wtedy też ówczesna literatura biznesowa przyjęła zasady i koncepcje mentoringu, promując je jako ścieżki do sukcesu dla wszystkich osób pragnących rozwijać swoją karierę. Obecnie inspirację dla mentoringu stanowi głównie psychologia humanistyczna, która postuluje, że dążenie do zmiany i poprawy jakości życia jest immanentną cechą ludzką. Mentoring kładzie nacisk na nieformalny aspekt relacji uczenia się oraz na mistrzowskie działanie. Mentor posiada wspólne

cechy z nauczycielem i coachem, jednocześnie różniąc się od nich. Nauczyciel instruuje, coach zapewnia konkretną informację zwrotną na poziomie zachowań po to, by wspomagać osobę w procesie uczenia się i rozwoju. Jako doradcy, mentorzy często pomagają innym ustanowić i wzmocnić kluczowe wartości i przekonania. Zadaniem współczesnego mentoringu jest m.in. wprowadzenie do organizacji nowego pracownika przez starszego, doświadczonego kolegę, a tym samym – wsparcie i zwiększenie efektywności jego pracy ukierunkowanej na strategię firmy.

Mentoring korporacyjny dotyczy najczęściej relacji służbowych w różnego typu organizacjach. Koncentruje się głównie na wsparciu rozwojowym oferowanym pracownikom na różnych etapach kariery zawodowej. Może on pełnić wiele funkcji, np. sponsoring, coaching, ochrona, zapewnienie podopiecznemu „widoczności” w firmie oraz przydzielanie będących wyzwaniem zadań, które stanowią tak zwane funkcje związane z karierą oraz funkcje psychospołeczne, które obejmują: przyjaźń, modelowanie roli, traktowanie jak córkę/syna, towarzysztwo, doradzanie i akceptację [7, 9]. We współczesnych korporacjach relacja mentoringu przyjmuje bardzo różnorodne formy. Najczęściej spotykaną formą jest tak zwany mentoring nieformalny. Odnosi się do relacji, które rozwijają się w sposób naturalny i samorzutny, pomiędzy mentorem a podopiecznym, zazwyczaj z inicjatywy protegowanego, który poszukuje wsparcia w rozwoju osobistym i zawodowym. Ten typ relacji może być zapoczątkowany zarówno przez mentora, jak i podopiecznego. Więż ta nie jest kierowana i kontrolowana przez korporację. Cechuje ją duża zażyłość, bliskość i zaufanie. Często opiera się ona na postrzeganym przez podopiecznego i mentora wzajemnym podobieństwie systemu wartości, postaw, zainteresowań, wzajemnym szacunku i interpersonalnym poczuciu komfortu [10]. Podopieczny uważa mentora za wzór do naśladowania, mentor zaś – w protegowanym widzi „młodsza wersję” samego siebie. Natomiast, w odróżnieniu od mentoringu nieformalnego, mentoring formalny dotyczy relacji inicjowanej przez np. pracodawcę. Zwykle jest inicjowany i kierowany przez organizację, często przyjmując postać formalnego programu. W tej formie mentoringu pary podopieczny – mentor zazwyczaj dobierane są przez organizację po wcześniejszym przeprowadzeniu oceny kompetencji protegowanego i mentora. Wtedy też pracownikowi bardziej doświadczonemu powierza się pod opiekę i do tzw.

przyuczenia pracownika początkującego, w celu osiągnięcia założeń firmy. Podopieczny zdobywa wiedzę od starszego pracownika. Najczęściej celem mentoringu formalnego jest rozwój kompetencji mentee i jest on powszechnie postrzegany jako jedna z technik szkolenia zawodowego, wspomagających proces wprowadzania pracowników do nowej pracy, ponieważ przyspiesza ich socjalizację i adaptację do warunków organizacyjnych. Mentor korporacyjny jest po prostu konsultantem, doradcą i przewodnikiem swojego podopiecznego na różnych etapach jego kariery organizacyjnej, od rozpoczęcia pracy, aż do stanowisk kierowniczych, a niejednokrotnie nawet – do emerytury. Relacje w mentoringu formalnym charakteryzuje znacznie mniejsza zażyłość i intensywność niż w mentoringu nieformalnym, ponieważ rozwijają się one w wolnym tempie, głównie ze względu na presję zadań zawodowych i czasu w firmie. Mentorzy korporacyjni zwykle koncentrują się jedynie na krótkoterminowych potrzebach rozwojowych swoich podopiecznych i rzadko kiedy po zakończeniu programu mentoringowego angażują się w ich dalsze kształcenie. Tego typu znajomość postrzegana jest przez obie strony jako czasowa, stanowiąca element obowiązków zawodowych, co utrudnia powstanie silniejszej więzi interpersonalnej. W opinii wielu badaczy brak możliwości wpływu mentora na dobór podopiecznego powoduje gorsze wzajemne „dopasowanie” się ucznia i mistrza, niż w przypadku mentoringu nieformalnego. W rezultacie – będąc mniej efektywnym – mentoring formalny może stać się przyczyną porażek wielu programów korporacyjnych [1, 2, 3].

Mentoring branżowy skupia się na tematyce konkretnej branży biznesowej lub zadaniach, wynikających ze specyfiki danej profesjonalnej dziedziny lub sytuacji zawodowej (np. mentoring dla nauczycieli, negocjatorów, handlowców czy lekarzy). Może być realizowany w ramach agencji rządowych bądź organizacji zawodowych tylko po to, aby dany kandydat został przygotowany do pracy na określonym stanowisku, po odbyciu dedykowanego mu programu szkoleń, których rezultat stanowi zdobycie oficjalnych pożądaných kwalifikacji.

Mentoring społeczny dotyczy niwelowania różnic w społeczeństwie poprzez edukację i zapobieganie zjawisku wykluczenia społecznego. Grupę docelową stanowią osoby z tzw. kręgów wykluczonych, np. więźniowie ośrodków karnych, mieszkańcy ubogich dzielnic, dzieci i młodzież z zakładów poprawczych. Mentor społeczny powinien być doświadczonym doradcą i przyjacielem dla ludzi, którzy znajdują się w trudnych sytuacjach życiowych, mają mniejsze od innych szanse na rozwój osobisty bądź są zagrożeni.

Mentoring edukacyjny określa zależność w środowisku edukacyjnym lub akademickim. Odnosi się zarówno do relacji profesor – student, jak i do działań obserwowanych wśród kadry, czyli: profesor – początkujący wykładowca. Mentoring kaskadowy występujący w kręgach naukowych oznacza, iż profesor pełni funkcję mentora w stosunku do młodszego naukowca, zaś ten odgrywa rolę mentora dla jeszcze młodszego i mniej doświadczonego pracownika.

Mentoring różnorodności polega na wprowadzeniu działań mentorskich, wspierających rozwój i zapewnianie równych szans wszystkim bez względu na pochodzenie, kolor skóry, wiek czy płeć. Jest to często wprowadzana metoda wspierająca rozwój kobiet i osób z mniejszości etnicznych ze względu na dużą elastyczność i możliwość dopasowania do indywidualnych celów i sytuacji osobisto-zawodowej [6].

Mentoring punktowy (mentoring błyskawiczny, flash mentoring, spot mentoring) – to rodzaj nowoczesnego, mniej formalnego, bardzo krótkiego, jednorazowego rodzaju mentoringu. Koncentruje się na efektywności czasowej i wygodzie dzielenia się wiedzą w ramach sieci osób, mniej zaś – na budowaniu relacji mentor – mentee (podopieczny). Stanowi niezwykle korzystne rozwiązanie dla organizacji, w tym korporacji budowlanych, ponieważ efektywne dzielenie się wiedzą skraca czas wyszukiwania potrzebnych informacji i zwiększa produktywność pracowników oraz zespołów [16]. Mentoring flash wiąże się z określonym, zawężonym zagadnieniem lub wyzwaniem. Osoba mentorowana posiada swojego stałego mentora, ale przez krótką chwilę korzysta z rad innej osoby posiadającej pożądane kwalifikacje. Pozwala jednostce znaleźć informacje potrzebne do wykonania określonego zadania. Wiele osób potrzebuje podjąć mniej lub więcej prób przy wyszukiwaniu informacji na interesujący ich temat [17]. Flash mentoring staje się coraz bardziej popularny, zwłaszcza wśród osób z tzw. „pokolenia Milenium” (urodzonych w latach 80. i 90. XX wieku), ponieważ zapewnia im on „niskociśnieniowe” środowisko mentorskie, umożliwiające osiągnięcie krótkoterminowego celu. Oczywiście podopieczny i mentor dysponują określoną miarą czasu na zapoznanie się z tematyką zainteresowania, lecz bez angażowania się w długoterminową relację związaną z tradycyjnym mentoringiem. Flash mentoring może być realizowany m.in. poprzez spotkanie na określony temat, rozmowę telefoniczną bądź też przy wykorzystaniu określonego oprogramowania (np. platforma Microsoft TEAMS w arkuszu kalkulacyjnym Excel) [18].

Przykładowo, w ramach określonej korporacji budowlanej – po wcześniejszym ustaleniu limitów czasowych oraz częstotliwości spotkań można utworzyć i udostępnić pracownikom tzw. profile mentorskie dla wybranych specjalistów, którzy posiadają zdolności przywódcze, odpowiednie doświadczenie i cenną wiedzę z różnych dziedzin branż (np. z zarządzania, projektowania konstrukcji, materiałów budowlanych, harmonogramowania, marketingu, zarządzania czy finansów). Wtedy też, w miarę potrzeb – różni pracownicy będą mogli wejść do danego programu, przejrzeć profile i wysłać wiadomość z prośbą o spotkanie on-line, osobiście lub przez telefon (np. godzinne) z konkretnym specjalistą (mentorem). Mentor oczywiście zawsze ma prawo wyboru – może w efekcie taką prośbę zaakceptować lub odrzucić.

Zadaniem mentoringu jest przekazanie podopiecznemu przez nauczyciela praktyka mentora nowych kompetencji, ich skuteczne wyćwiczenie do takiego poziomu, w którym

mentee stanie się samodzielny w swojej dziedzinie, a tym samym zdolny do osiągnięcia ponadprzeciętnych rezultatów. Podopieczny powinien rozwijać swoje już istniejące umiejętności, aby móc osiągać lepsze od standardowych wyniki. Wynikowość bowiem stanowi naturalną cechę mentoringu, w którym najważniejszy jest końcowy rezultat, jaki uzyska mentee.

3. Najważniejsze kompetencje mentoringowe w budownictwie

Jak właściwie powinno się zdefiniować znaczenie słowa „kompetencje”? Otóż kompetencje to zachowania, cechy osobowości, postawy i predyspozycje, które pozwalają efektywniej realizować zadania wyznaczone na danym stanowisku. Można sobie wyobrazić dwóch pracowników o takim samym stażu pracy, wykształceniu, wiedzy i kwalifikacjach. Posiadają oni bardzo podobny potencjał, a jednak jeden z nich jest znacznie lepszym pracownikiem. Co ich odróżnia? Kompetencje, czyli sposób, w jaki wykorzystują swoje umiejętności zawodowe. Przykładem kompetencji mogą być współpraca, inicjatywa, otwartość na zmiany. Pracownik potrafiący efektywnie współdziałać z innymi, wykazujący się samoradną inicjatywą, łatwo dostosowujący się do zmian, nowego sposobu organizacji pracy, nowych technologii jest dużo skuteczniejszy i wnosi większy wkład w rozwój firmy. Z punktu widzenia współcześnie funkcjonującej na rynku budowlanym organizacji [1], to właśnie kompetencje stanowią niezwykle ważny atut i potencjał każdego pracownika. W literaturze przedmiotu zaprezentowano wiele opracowanych struktur i cech charakterystycznych, określających kompetencje mentora.

Według [7, 8] do najważniejszych, kluczowych kompetencji mentora zalicza się: wiedzę zawodową i biznesową; dążenie do nieustającego, ustawicznego samokształcenia; rozumienie siebie (samoświadomość); rozumienie innych (świadomość behawioralna); zainteresowanie rozwojem innych; jasność celów i etyka zawodowa; konceptualizacja (tworzenie pojęć); komunikatywność; poczucie humoru i umiejętność wyczucia proporcji; budowanie relacji z uczącym się podopiecznym; kierowanie procesem mentoringowym; nieustające wspieranie i motywowanie uczącego się podopiecznego; monitorowanie postępów mentee i przekazywanie informacji zwrotnej; umiejętność podsumowywania procesu mentoringowego i własnego wkładu w jego przebieg.

Kompetencje psychologiczne – to bardzo ważny element mentoringu określający sam stosunek mentora do podopiecznego. Otwartość i umiejętność przedstawiania trudnych zagadnień (np. projektowanie skomplikowanych ustrojów budowlanych czy problematyka wyboru różnego typu rozwiązań w budownictwie) ze strony mentora oraz umiejętność słuchania, szybka i konsekwentna nauka ze strony mentee – to najistotniejszy aspekt psychologiczny w mentoringu.

Kompetencje psychologiczne określa się w mentoringu jako „miękkie”, w skład których zalicza się: konsekwencję, systematyczność i wytrwałość. Przyjmuje się, że kompetencje psychologiczne sprzyjają tworzeniu klimatu dla większej efektywności procesu mentoringowego i wymagają aktywnego współdziałania mentora i mentee. Rolą mentora jest mobilizowanie podopiecznego do ciągłego doskonalenia się, zdefiniowanie potrzebnych zasad postępowania i wzajemnej komunikacji, ustalenie grafiku spotkań (sesji) oraz dotrzymywanie terminów i umów, pomiędzy mentee a mentorem. Przedmiotem umów mogą być zarówno opanowanie materiału teoretycznego, wykonanie konkretnych ćwiczeń, jak i podsumowanie (ewaluacja) oraz ocena efektów cząstkowych sesji. Brak cykliczności i konsekwencji w prowadzeniu procesu edukacji mentee oraz brak podsumowań, informacji zwrotnej i wyciągania wniosków z kolejnych kroków w drodze do celu, stanowią jeden z czynników destabilizujących proces mentoringu. W drugim etapie – konieczne będzie wzmacnianie pozytywnej zmiany np. poprzez nagradzanie. Jedną z najskuteczniejszych form nagrody jest tzw. autonagroda, czyli wyznaczenie symbolicznego bonusu przez mentee dla samego siebie. Ważne jest, aby mentor był obecny w trakcie procesu nagradzania, który może polegać na przykład na udzieleniu podopiecznemu konstruktywnej informacji zwrotnej, na wspólnym świętowaniu (np. symboliczna uroczystość po zakończeniu jakiegoś etapu) bądź nagrodach materialnych, jeśli wynikają one ze specyfiki zasad stosowanych w danej organizacji. Najważniejsze wnioski i informacje zwrotne powinny być przez podopiecznego zapisane, zaś ich praktyczne zastosowanie – każdorazowo przez niego analizowane [1, 2, 3].

Kompetencje techniczne w mentoringu ściśle wynikają ze specyfiki branży budowlanej [11] i są niezbędne do wykonywania określonych zadań na zajmowanym przez mentee stanowisku. Kompetencje techniczne powinny być wspomagane przez mentora u podopiecznego m.in. przy wykorzystaniu takich technik, jak:

- obserwacja uczestnicząca mentora w przebiegu pracy mentee (lub w czasie działań merytorycznych, prowadzonych spotkań roboczych, zawierania umów i negocjacji z uczestnikami procesu inwestycyjnego),
- udzielanie informacji zwrotnej (zawsze po zakończeniu danego zadania, spotkania czy etapu procesu mentoringowego), wskazanie postępów w działaniu mentee, jak i błędów, niedociągnięć czy pomyłek,
- omawianie, analizowanie i zapisywanie wniosków z wykonanych przez podopiecznego zadań i ćwiczeń,
- wdrażanie nowych technik postępowania (np. wywieranie wpływu i umiejętność zarządzania zespołem) krok po kroku, od prostych zadań będących częścią bardziej złożonych procesów, do samodzielnego realizowania przez podopiecznego złożonych, wieloetapowych projektów,
- przekazywanie podopiecznemu konkretnej wiedzy, doświadczeń oraz porada adekwatnych dla określonych sytuacji

możliwych do wystąpienia w procesie zarządzania realizacją budowy i związanej z nią szczególnej specyfiki podejmowania decyzji,

- wskazywanie potencjalnych źródeł wiedzy, z których mentee może zaczerpnąć niezbędne wiadomości, informacje lub zasoby,
- zintensyfikowanie przez mentora systemu komunikacji wewnątrz i na zewnątrz organizacji, dzięki czemu podopieczny otrzymuje na czas niezbędne informacje, wiedzę i zasoby,
- ułatwianie komunikacji, wspieranie w trakcie trudnych spotkań i negocjacji roboczych, udostępnienie kontaktów oraz wskazywanie źródeł zasobów materialnych przez mentora (np. środki produkcji, sprzęt budowlany, materiały budowlane, usługi itp.), które są niezbędne lub pomocne podopiecznemu w jego działaniach zawodowych lub ćwiczeniach mentoringowych,
- sugerowanie konkretnych ćwiczeń mentoringowych, mających na celu zwiększenie kompetencji podopiecznego oraz ich ewaluacja,
- wdrażanie gotowych modeli i technik mentoringowych [1], [2], [3].

W opinii wielu autorów efektem profesjonalnego mentoringu jest oczekiwany rozwój kompetencji osób mentorowanych i ich pozytywny wpływ na kariery podopiecznych. Niestety, mentoring ma również pewne określone wady. Nieudany, nieprofesjonalny lub dysfunkcyjny proces mentoringowy nie tylko nie przyniesie korzyści, lecz wręcz zaszkodzi osobie mentorowanej, mentorowi oraz danej organizacji. O tego typu zagrożeniu wspomina się bardzo rzadko, ponieważ dominuje tendencja do prezentowania mentoringu w jak najbardziej pozytywnym świetle [7]. Zdarza się też, że niektórzy starsi stażem pracownicy z powodów psychologicznych nie nadają się do roli mentorów. Jednakże zostają nimi, ulegając presji otoczenia dla tzw. „własnego dobra”. Tacy „nieudolni” mentorzy z reguły próbują sterować swoimi podopiecznymi w taki sposób, aby zrealizować poprzez ich postępowanie swoje własne niespełnione ambicje, co z reguły nie jest dobre dla przydzielonej mu osoby mentorowanej. Oczywiście podopieczni często również ponoszą odpowiedzialność za nieudany mentoring. Dzieje się tak, jeżeli ich oczekiwania są nierealne, jeśli chcą, aby mentor brał odpowiedzialność za ich decyzje lub jeśli wykorzystują go do rozstrzygania na swoją korzyść konfliktów ze współpracownikami [15].

Cele każdego programu mentoringowego powinny być zawsze ściśle powiązane z potrzebami pracowników branży budowlanej, biorących udział w mentoringu i oczekiwaniami korporacji budowlanych, od nich bowiem będą zależeć kluczowe kompetencje mentorów i osób mentorowanych [12, 13]. Doświadczony mentor zaś, będący ekspertem w dziedzinie budownictwa, dzięki ugruntowanej wiedzy teoretycznej i praktycznej, powinien przygotować podopiecznego do pokonywania trudności, przed którymi stoi lub stanie oraz przestrzec go przed popełnieniem oczywistych błędów w sztuce budowlanej w przyszłości.

Przywództwo i kierowanie to przekazywanie wiedzy i doświadczeń podopiecznemu w kwestii przywództwa i zarządzania, stanowi ważny element procesu mentoringowego. Postępowanie mentora wobec podopiecznego ma zwykle charakter dyrektywny. Jeżeli „coś” w danej organizacji „działa” (czy w obszarze, którego mentoring dotyczy), a określone metody czy procedury po prostu dotychczas się sprawdzały, to zadaniem mentora jest przekazanie wiedzy na ich temat mentee, a następnie – skłonienie go do ich aktywnego przećwiczenia. Poprzez celowy i świadomy rodzaj komunikacji mentor nakierowuje podopiecznego na właściwe, skuteczne i wypróbowane rozwiązania, koryguje jego błędy i wskazuje prawidłowe postępowanie, a także pomaga w dokonaniu wyboru oraz wykorzystaniu odpowiednich zasobów. Z reguły mentor doświadczał już wcześniej tego, czego uczy mentee, czyli np.: „już tam był, już to robił”, osobiście wyciągał wnioski, zna dyscyplinę i jej specyfikę. Nakazowy (kategoryczny) rodzaj komunikacji w mentoringu dotyczy zarówno informacji zwrotnych, jak i wniosków wyciąganych z kolejnych etapów mentoringu. Mentor przedstawia pewien skuteczny model działania (lub taki, który wcześniej się sprawdził w podobnej sytuacji bądź w zbliżonym projekcie), wskazuje niezbędną do zgłębienia wiedzę (podbudowę teoretyczną) i określa pole do działania dla mentee. Na kolejnym etapie podsumowuje działanie, udziela konstruktywnej informacji zwrotnej (wsparcia), wskazuje błędy i konieczne korekty, ustala potrzebne zasoby, wyznacza kolejne etapy kontrolne, często uczestniczy też w podjętej przez mentee próbie (treningu). Następnie wytrenowane kompetencje przenoszone są na płaszczyznę realnego działania. Mentee w porozumieniu z mentorem podejmuje konkretne działanie w czasie rzeczywistym (np. prowadzi spotkanie biznesowe, ustala, przydziela i egzekwuje, zadania, prowadzi trudne rozmowy, negocjacje biznesowe itd.). Przebieg takich działań zostaje omówiony razem z mentorem, mentor udziela informacji zwrotnej, zostają wyciągnięte wnioski, a następnie zapisane i przełożone na konkretne wytyczne postępowania w przyszłości. Zdarza się, iż w początkowej fazie procesu mentoringowego mentor bywa w swoim postępowaniu bardziej kategoryczny, krok po kroku instruując podopiecznego, jak powinien prawidłowo wykonywać zadania. W kolejnych etapach – nadzoruje już tylko realizację określonych procedur (technik, ćwiczeń), aż do uzyskania przez mentee oczekiwanej perfekcji i poziomu efektywności, który został zaplanowany na początku programu mentoringowego, lub też z niego wynika jako element koniecznego profesjonalizmu [1, 2].

Inspirowanie – czyli inspiracja w mentoringu ma charakter sugestii. Z uwagi na swoją naturę ma bardziej charakter dyrektywny niż kreatywny. Opiera się na sprawdzonych i wypróbowanych sposobach, modelach i strategiach postępowania. Mentor powinien inspirować swojego ucznia. Im większą wykaże znajomość strategii sukcesu, których ma nauczyć swojego podopiecznego, tym bardziej stanie się inspirujący. Dlatego też podstawowym zadaniem mentora jest opanowanie niezbędnej wiedzy, kompetencji i umiejętności. Im lepiej mentor

jest przygotowany do procesu mentoringu i im bardziej usystematyzowaną ma wiedzę, którą chce przekazać mentee (dobre praktyki branży, procedury, metody, modele działania, strategie postępowania, własne spisane doświadczenia, techniki i ćwiczenia wspierające), tym lepiej rokuje co do efektów procesu mentoringu. Profesjonalny mentoring nie jest procesem typu „ad hoc”, swego rodzaju organizacyjną „partyzantką”, w ramach której starszy kolega „poklepuje po plecach młodszego” [4, 5], lecz usystematyzowaną, przemyślaną, konsekwentną metodyką inspirowania, poprzez konkretne zadania i ćwiczenia prowadzące do osiągnięcia samodzielnych kompetencji mentee. Inspirująca rola mentora polega również na mobilizującym charakterze komunikacji i relacji, w ramach której wspólnie z podopiecznym cyklicznie i konsekwentnie oceniane są postępy w drodze do określonego wyniku. Usystematyzowanie mentoringu w czasie i przestrzeni stanowi jeden z kluczowych elementów konsekwentnego inspirowania. Uruchamia bowiem proces edukacji, konieczny rytm do pokonywania kolejnych etapów, w których u mentee nabywa wiedzę, zwiększają się jego umiejętności, a kompetencje – stabilizują się na nowym, wyższym poziomie [1, 2, 3].

4. Mentoring odwrócony

Mentoring nie jedno ma imię. Osoby, które stają się mentorami, oprócz wiedzy, kompetencji i doświadczenia mają również dar inspirowania innych oraz umiejętność twórczego podejścia do znanych zagadnień. Bez nich świat przemysłu, nauki, kultury nie mógłby się rozwijać. Istotą mentoringu jest relacja mistrz – uczeń. Dawniej oczywistym był fakt, iż mentorem powinna być zawsze osoba bardziej doświadczona, starsza, mająca za sobą wiele lat kariery zawodowej itd. Natomiast podopiecznym – młody, na starcie życia zawodowego, niedoświadczony pracownik. Niestety, zmiany zachodzące we współczesnym świecie, zwłaszcza postęp i rozwój nowoczesnych technologii i inteligentnych systemów spowodował, że to właśnie osoby młode osiągają w wielu dziedzinach „mistrzostwo”, a wsparcia potrzebują pracownicy starsi, z wieloletnim doświadczeniem zawodowym. W odpowiedzi na zaistniały stan rzeczy, coraz więcej organizacji rozpoczęła wdrażanie programów, w których to właśnie „starzy” menedżerowie zostali mentee dla młodych pracowników. Młodszy mentor przekazuje starszemu podopiecznemu swoją energię, entuzjazm oraz nowoczesną wiedzę z zakresu nowych technologii i zasady odnoszące się m.in. do trendów społecznych, które często powstały poza organizacją. Dzięki temu zaobserwowano nowe zjawisko tzw. kumulacji nowych kompetencji wewnątrz firmy, które jest bardzo pomocne w okolicznościach szybko zmieniającego się otoczenia rynkowego. Oczywiście udział w takim programie mentoringowym niejednokrotnie wymaga od pracownika wyższego szczebla wyjścia ze swojej „strefy komfortu”, uświadomienia sobie zakresu swojej niewiedzy i/lub braków kompetencyjnych oraz rezygnacji z przekonania typu: „już wszystko wiem, już wszystko potrafię”, na rzecz

postawy: „jest jeszcze wiele obszarów, w których potrzebuję wsparcia”. Przyjęcie takiego sposobu myślenia jest tym trudniejsze, iż nauczycielem staje się młody człowiek, który niedawno rozpoczął pracę w organizacji, ogólnie jest mniej doświadczony, jednak posiada świeższą wiedzę lub potrafi wnieść nowe spojrzenie na daną sprawę [12, 13, 14, 15].

Odwrócony mentor to często innowator, który w przeciwieństwie do typowej postawy mentorskiej ma małe doświadczenie, lecz jest entuzjastą nowości. Osoba mniej doświadczona w danej branży, młodsza nawet od samego mentee lub zespołu, może posiadać świeższą wiedzę lub wносить nowe spojrzenie na rozważaną kwestię lub proces mentoringowy. Odwróconym mentorem może się stać np. informatyk – amator prezentujący doświadczonemu zespołowi nowe podejście do internetu (takim amatorem był twórca Facebooka Mark Zuckerberg) lub młody, tuż po studiach inżynier zapoznający starszych kolegów z najnowocześniejszymi rozwiązaniami technologicznymi. Mentorem innowatorem może też być np. kobieta w firmie motoryzacyjnej zdominowanej przez mężczyzn, która uwzględni w procesie projektowania nowych samochodów potrzeby kierowców kobiet. Innowatorami bez doświadczenia są często muzycy, artyści, twórcy, którzy nierzadko wywierają ogromny wpływ na całe pokolenia lub nawet na historię danej dziedziny artystycznej. Nierzadko startowali oni z pozycji amatorów, częstokroć do końca swej działalności nie zdobywali oficjalnych profesjonalnych szlifów zawodowych. Do mentorów odwróconych można zaliczyć m.in. takie postaci, jak: Vincent van Gogh, który nigdy nie skończył żadnej formalnej akademii sztuk pięknych, Elvis Presley, który do końca życia nie nauczył się czytania nut, Charles Chaplin – samouk w dziedzinie aktorstwa i reżyserii filmowej, Janis Joplin, która nie skończyła studiów technicznych ani nie otrzymała żadnego formalnego wykształcenia muzycznego, a została uznana za jedną ze stu wokalistek wszechczasów przez miesięcznik „Rolling Stone”, Thomas A. Edison – biedny samouk, który opatentował ponad 1000 wynalazków, założyciel prestiżowego czasopisma „Science” oraz twórca imperium projektowego i wielu innych. Zdaniem [12, 13, 14, 15] istnieje bardzo wiele korzyści wiążących się z wdrożeniem programu mentoringu odwróconego w organizacjach. Można je podzielić na trzy grupy, a więc: korzyści wspólne, korzyści dla doświadczonych pracowników (podopiecznych menedżerów) oraz korzyści dla młodych pracowników (mentorów). Zatem można wyróżnić poniższe korzyści.

- Wspólne – uzupełnienie luk kompetencyjnych poprzez wymianę wiedzy i doświadczeń przez pracowników należących do różnych pokoleń; zrozumienie i akceptacja różnic pomiędzy poszczególnymi generacjami pracowników oraz postrzeganie ich jako wartość wzbogacająca otoczenie środowiskowe organizacji; wsparcie w pełnieniu roli przywódcy, zarówno dla początkujących, jak i doświadczonych pracowników.
- Dla mentees (podopiecznych, starszych stażem pracowników) – poczucie bycia zainspirowanym przez młodego, posiadającego świeże spojrzenie i niekonwencjonalne podejście

mentora; lepsze zrozumienie wzajemnych zależności pomiędzy technologią przyszłości i zmianami pokoleniowymi; wzbogacenie wiedzy na temat błyskawicznie zmieniającego się otoczenia rynkowego i środowiskowego organizacji, zrozumienie potrzeb młodego pokolenia klientów, poznanie ich upodobań i aspiracji, co w rezultacie – może dać możliwość dokładniejszego dostosowania do tych oczekiwań oferty firmy.

- Dla mentorów (młodszych stażem pracowników) – zrozumienie specyfiki procesu podejmowania decyzji oraz istoty i roli przywódcy; możliwość kontaktu z osobą, która ułatwi dogłębne poznanie najlepszych praktyk biznesowych. Wyniki przeprowadzonych badań w tym zakresie wskazały, iż korzyści odnoszone przez starszego stażem mentee w relacji z młodszym od niego mentorem obejmują m.in. [4]:
- opanowanie nowych technik poszukiwania i znajdowania dostępu do informacji,
- opanowanie nowych systemów komunikacji wewnątrzorganizacyjnej i komunikacji z otoczeniem organizacji,
- umiejętność poszukiwania i zdobywania społecznej informacji zwrotnej (informacji na temat poziomu zrozumienia wytycznych i gotowości do zaangażowania we współpracę ze strony członków zespołu),
- poprawę efektywności pracy mentee i zespołu,
- wzrost satysfakcji osobistej i satysfakcji z pracy mentee oraz młodego mentora,
- wzrost poczucia mocy sprawczej u obu członków pary: mentee i mentora.

Oczywiście, u wielu przedstawicieli starszego pokolenia pracowników, idea mentoringu odwróconego wciąż wywołuje wewnętrzny sprzeciw i opór przed perspektywą stania się uczniem kogoś znacznie młodszego i mniej doświadczonego. Niektórzy z nich twierdzą wręcz, że tego typu podejście niszczy fundamenty mentoringu samego w sobie.

5. Podsumowanie

Mentor w mitologii greckiej był mądrym, zaufanym i wiernym doradcą herosa Odyseusza. Podczas, gdy Odyseusz odbywał swoją podróż, pod postacią Mentora, bogini Atena stała się strażnikiem i nauczycielem jego syna. Dlatego też przyjmuje się, iż ponadczasowe, nieprzemijalne i uniwersalne znaczenie bycia postrzeganym jako „mentor” pochodzi właśnie od tego, kto angażuje się w proces, zarówno doradzania i poradnictwa, jak i służenia jako przewodnik i nauczyciel.

W literaturze przedmiotu niejednokrotnie pojęcia mentoringu i coachingu często są ze sobą utożsamiane. Niestety, przytaczane przez różnych praktyków definicje coachingu i mentoringu bywają rozmyte, niejednoznaczne i mylące, ponieważ to, co jedni nazywają mentoringiem, inni uważają za coaching i odwrotnie. Istnieją jednak różnice pomiędzy tymi dwiema metodami i odnoszą się one głównie do kompetencji mentee, a także do tego, czego oczekuje. W coachingu to właśnie uczeń wyznacza cele, a mentor jedynie wspiera

go w ich wykonaniu. W mentoringu zaś – to nauczyciel jest tym, który określa cele do zrealizowania. Oba podejścia zakładają jednak jak największą korzyść dla podopiecznego, a metody przekazywania wiedzy są do siebie zbliżone.

Obecnie coraz więcej organizacji budowlanych dostrzega pozytywne znaczenie zarówno mentoringu klasycznego, jak i odwróconego. Jednak w branży budowlanej nie zawsze, nie wszędzie i nie w każdej sytuacji mentoring jest „impomującą”, „wirtuozowsko” czy „fenomenalnie” skuteczny. Zdarza się, że jest to metoda prób i błędów, a czasem – żmudne dochodzenie do coraz to wyższych kompetencji. Proces mentoringowy to również praca nad motywacją, która umożliwia osiągnięcie ponadprzeciętnych rezultatów. W opinii wielu autorów [12, 13, 14, 15] mentoring odwrócony, pomimo wielu zalet, nie powinien zastępować klasycznych relacji mistrz – uczeń, lecz może stanowić ich niezwykle cenne uzupełnienie oraz pouczające doświadczenie.

W II części artykułu (PB9/2021) przedstawiony zostanie projekt ERASMUS+ HeMan pokazujący, w jakich obszarach funkcjonowania i działalności firmy budowlanej może zostać wykorzystany mentoring odwrócony.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bennewicz M., Coaching i mentoring w praktyce, Podręcznik dla menedżerów, zawodowych coachów i pasjonatów, Wydawnictwo Burda Książki, 2011
- [2] Bennewicz M., Prelewicz A., Mentoring. Złote zasady, ONEPRESS, Wydawnictwo HELION, 2019
- [3] Bennewicz M., Prelewicz A., Mentoring. Zestaw narzędzi, ONEPRESS, Wydawnictwo HELION, 2019
- [4] Finkelstein L. M., Allen T. D., Rhoton L. A., An examination of the role of age in mentoring relationships. *Groups & Organizational Management*, tom 28, 2003
- [5] Fridgeirsson T. V., Klingenberg J., Kosy K., Książek M. V., Nowak P., Schmitz D., Diversity management in construction, Warszawa, 2017
- [6] Książek M. V., Nowak P., Diversity management aspects in construction, *Acta Scientiarum Polonorum. Seria: Architectura*, 2017
- [7] Łuźniak-Piecha M., Kaczowska-Serafińska M., Lenton A., Mentoring odwrócony – korzyści dla organizacji, *Edukacja Ekonomistów i Menedżerów*, tom 40, 2016
- [8] Nicał A. K., Roslon J., Nowak P., Książek-Nowak M. V., New trends in construction education and training, Gómez Chova L., López Martínez A., Candel Torres I. (red.), IATED Academy, Edulearn Proceedings, 2018
- [9] Nicał A. K., Książek M. V., Nowak P., Roslon J., Foremny A. O., Distance Learning within Management in Construction – Polish, Norwegian and Icelandic Experiences in Blended Learning, *Procedia Engineering*, 2017
- [10] Parsloe E., Wray M., Trener i mentor, udział coachingu i monitoringu w doskonaleniu procesu uczenia się, ABC Wolters Kluwer Business, Warszawa, 2011
- [11] Roslon J., Nowak P., Nicał A. K., Modern approach to education in construction industry, Gómez Chova L., López Martínez A., Candel Torres I. (red.), IATED Academy, Edulearn Proceedings, 2018
- [12] Sidor-Rządkowska M., Kształtowanie nowoczesnych systemów ocen pracowników, Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2001
- [13] Sidor-Rządkowska M., Mentoring wzajemny jako narzędzie wspierające zarządzanie różnorodnością pokoleniową w firmie Microsoft, Warszawa, 2018
- [14] Sidor-Rządkowska M., Zarządzanie różnorodnością pokoleniową we współczesnych organizacjach, *Studia i Prace WNEiZ US* nr 51, 2018
- [15] Sidor-Rządkowska M., Mentoring. Teoria, praktyka, studia przypadków, Wolters Kluwer Business, Warszawa, 2014
- [16] <https://www.insala.com/blog/what-is-flash-mentoring>
- [17] <https://bel.uq.edu.au/what-is-flash-mentoring>
- [18] <https://graduway.com/benefits-of-flash-mentoring/>

Diagnostyka konstrukcji murowych w XVIII-wiecznej kamienicy w Koźuchowie

Dr hab. inż. Beata Nowogońska, prof. uczelni, Instytut Budownictwa, Uniwersytet Zielonogórski

1. Wprowadzenie

Koźuchów należy do najstarszych miast Środkowego Nadodrza. Oprócz pierścienia murów obronnych, zamku, licznych baszt, bastei Stare Miasto posiada także wiele innych cennych pamiątek przeszłości. W obrębie obwarowań zachował się do dzisiaj również zespół zabytkowych kamienic, usytuowanych w trzynastowiecznym układzie urbanistycznym. Zespół zabytkowych kamienic liczy ponad 270 obiektów. Zachowane budynki pochodzą z okresu od XVI do początku XX wieku. Zlokalizowane na harmonijnym, średniowiecznym układzie działek i ulic, charakteryzują się tradycyjną formą i skalą. Znaczna grupa kamienic jest posadowiona na gotyckich fundamentach i utrzymana w dawnym gabarycie dwu- lub trzech kondygnacji. Na niektórych elewacjach zachowały się portale z okresu renesansu.

Większość budynków jest trzytraktowa, kamienice założone są na rzucie wydłużonego prostokąta. Na poziomie parteru przebiega przejście na podwórze. W drugim trakcie umieszczona jest klatka schodowa, w trakcie przednim lokal sklepowy lub usługowy, w tylnym duże pomieszczenie nazywane izbą tylną. Przekrycie stanowią sklepienia krzyżowe, kolebkowe lub strop drewniany.

Obiekty te wymagają licznych zabiegów: remontów, restauracji elewacji, modernizacji, rozbudowy, nadbudowy. Przykładem jest XVIII-wieczna kamienica zlokalizowana przy ul. 1 Maja 7. Ulica 1 Maja łączyła południowo-zachodni narożnik rynku z jedną z czterech bram do Starego Miasta – Bramą Żagańską.

2. Opis budynku

Kamienica przy ul. 1 Maja 7 składa się ze starszej, podpiwnicznej części A, oraz wzniesionej w drugiej fazie niepodpiwnicznej części B [1]. Pierwotnie budynek pełnił funkcję usługowo-mieszkalną, obecnie ze względu na zły stan techniczny, obiekt nie

jest użytkowany. Budynek założony jest na rzucie wydłużonego prostokąta, usytuowany w zabudowie zwartej. Obiekt wykonany jest w technologii tradycyjnej, układ konstrukcyjny poprzeczny. Budynek jest dwukondygnacyjny z poddaszem użytkowym, nakryty dachem dwuspadowym.

Fundamenty budynku (w części A) wykonano jako ławy o przekroju 40x60 cm z kamienia narzutowego na zaprawie wapiennej. Głębokość posadowienia ławy wynosi około 60 cm poniżej poziomu posadzki piwnic.

W fundamentach występuje zawilgocenie powierzchniowe od wód gruntowych, zaprawa jest częściowo wypłukana, wątek miejscami rozluźniony. Najgorszy stan techniczny prezentuje fundament pod ścianą południową (w części B). Podczas analizy rys i spękań ściany zewnętrznej ustalono, że przyczyną tych odkształceń jest osiadanie fundamentu w narożniku południowo-zachodnim, spowodowane zmianami gruntowo-wodnymi oraz zużyciem technicznym fundamentu (utrata wytrzymałości i sztywności ławy fundamentowej). Brak jest izolacji pionowej i poziomej.

Ściany piwnic wykonane są z kamienia narzutowego na zaprawie wapiennej, otwory okienne obramione cegłą, średnica kamienia wynosi 10–30 cm. Grubość ściany północnej (od strony ulicy) wynosi 110 cm. Ściana nie jest tynkowana.



Rys. 1. Koźuchów ul. 1 Maja 7, elewacja północna



Rys. 2. Elewacja południowa; liczne pęknięcia i ubytki w konstrukcji muru

Ściany parteru w części A (część starsza, podpiwniczona) wykonane są z cegły pełnej palonej klasy 7,5–10 o wymiarach 28x14x9 cm na zaprawie wapienno-glinianej (skład zaprawy W:G:P = 2:1:5), są obustronnie otynkowane. Ściany parteru w części B wykonane z cegły pełnej palonej klasy 7,5–10 o wymiarach 25x12x6 cm na zaprawie wapiennej (skład zaprawy W:P = 1:4). Ściany poddasza wykonane z cegły pełnej palonej klasy 10 o wymiarach 25x12x6 cm na zaprawie cementowo-wapiennej (C:W:P = 1:2:4).

Grubości ścian są zróżnicowane, ściana północna gr. 100 cm, południowa grubości 65 cm, wschodnia i zachodnia: 28 cm, zachodnia na parterze w górnej części poszerza się w formie wspornikowych arkad, dochodząc do 40 cm.

Ściana wschodnia w części A pierwotnie była murem oddzielającym dwie kamienice. Obecnie ściana ta została usunięta i zastąpiona podciągami opartym na filarach. W ten sposób powstało pomieszczenie handlowe zajmujące częściowo kamienicę nr 5 i częściowo kamienicę nr 7.

Na ścianie południowej widoczna jest ukośna strukturalna rysa, rozwarcie rysy dochodzi do 25 mm. Rysa przebiega w pobliżu południowo-zachodniego narożnika, biegnie od fundamentów do poziomu piętra. Pęknięcie występuje w grubości całej ściany, widoczne jest również wewnątrz budynku. Dodatkowo od strony wewnętrznej widoczna jest rysa pozioma między stropem nad parterem a ścianą południową. Pęknięcia pomiędzy stropem a ścianą świadczą o odchyleniu się tej ściany od pionu w kierunku na zewnątrz.

Na ścianie zachodniej piętra widoczna jest ukośna rysa przebiegająca od narożnika do środka pomieszczenia oraz pionowa w narożniku południowo-zachodnim. Między ścianą szczytową (północną) a podłużnymi (wschodnią i zachodnią)



Rys. 3. Fragment elewacji południowej; ukośna strukturalna rysa, rozluźniony wątek, ubytki w spoinie

występuje pionowa rysa świadcząca o odchyleniu od pionu ściany na zewnątrz. Rozwarcie rysy dochodzi do 5 mm, u góry zwiększa się.

W ścianach piwnic występują ubytki w spoinie. Mury są silnie zawilgocone. Od wewnątrz widoczne liczne wykwyty, mocne wysolenia i przebarwienia.

Ściana południowa parteru jest mocno zawilgocona, zawilgocenie dochodzi do wysokości 1,2–1,3 m, pozostałe ściany parteru – zawilgocone w stopniu średnim. Ściana wschodnia na piętrze jest bardzo mocno zawilgocona od góry z powodu nieuszczelnności kosza między okapami budynków nr 5 i 7.

Piwnice nakryte są ceglany sklepieniem kolebkowym, grubości 28 cm, wysokość kolebki $f = 250$ cm. Nad parterem występuje strop drewniany

z ślepym pułapem według rysunku 5, belki stropowe o przekroju 18x22 cm w rozstawie co 90–100 cm.

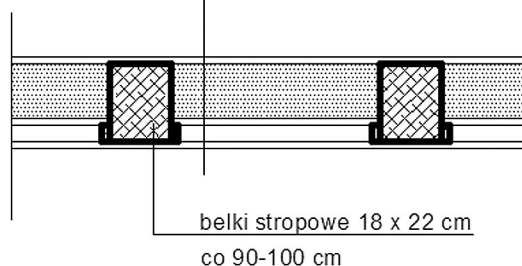
Strop nad piętrem jest drewniany, belki stropowe 16x22 cm w rozstawie co 120–150 cm. W stropie nad piętrem silnie zawilgocone są końcówki belek oparte na ścianie wschodniej. W środkowej części budynku w stropie nad parterem i piętrem belki skorodowane w wyniku nieuszczelnności instalacji kanalizacyjnej.

Uwzględniając zinventaryzowany stan uszkodzeń stwierdzono, że stan techniczny drewnianych belek stropowych oraz pozostałych elementów stropu uniemożliwia eksploatację obiektu w części B. Ze względu na zbyt duże ugięcia, znaczną korozję biologiczną belek stropowych (szczególnie w części środkowej w tzw. pomieszczeniach mokrych),

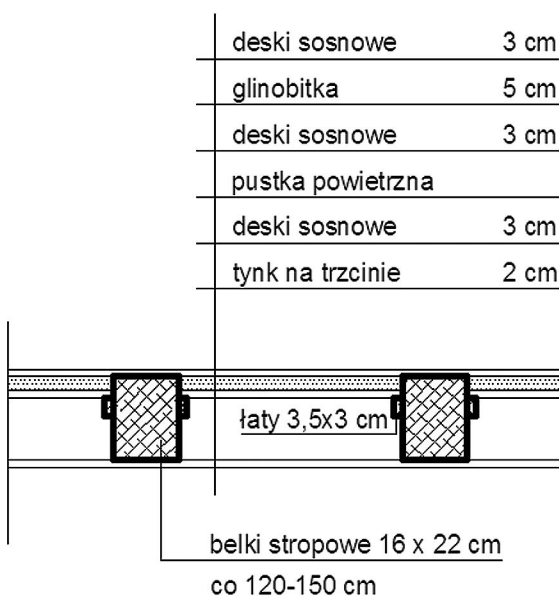


Rys. 4. Fragment ściany wschodniej na piętrze; silne zawilgocenie ściany i stropu z powodu nieuszczelnności kosza

deski sosnowe	3 cm
glinobitka	16 cm
deski sosnowe	3 cm
łaty/pustka powietrzna	3 cm
deski sosnowe	3 cm
tynek na trzcinie	2 cm



Rys. 5. Przekrój poprzeczny stropu nad parterem



Rys. 6. Przekrój poprzeczny stropu nad piętrem

duże zużycie wypełnienia postuluje się wymianę stropów w całym budynku.

Schody między piwnicą a parterem są ceglane, podwójne zabiegowe. Schody między parterem a piętrem oraz piętrem a poddaszem są drewniane policzkowe dwubiegowe, przekrój belki policzkowej 7x25 cm, deska stopnicy grubości 3 cm.

Dach jest o konstrukcji drewnianej, pokryty dachówką karpówką podwójnie w koronkę, izolacji termicznej brak. Więźba jętkowa z dwoma ściankami stolcowymi z drewna sosnowego. Przekroje konstrukcji elementów więźby dachowej są zróżnicowane, na przykład krokwie o przekrojach 12x15, 10x20, 14x16 cm, słupy – 16x22, 18x18, 18x20 cm, jętka 18x14 cm, płatew 16x14 cm, zastrzały 12x14 cm, murlata 20x12 cm. Konstrukcja więźby wykonana jest z elementów wtórnych, przez co przekroje elementów są osłabione. Miejscowo występują porażenia biologiczne (kołatek), ugięcia i silne zawilgocenia elementów.



Rys. 7. Zawilgocona ścianka kolankowa; końcówki krokwi skorodowane, brak przypustnic, ugięte łąty pod dachówką

Widoczne są też liczne ubytki w konstrukcji więźby. Część z nich spowodowana jest usunięciem niektórych elementów konstrukcyjnych w trakcie licznych modernizacji dachu, część uległa znacznej korozji biologicznej. W najgorszym stanie są końcówki belek wiązarowych, końcówki krokwi oraz murlaty. Duże odległości między krokwiami spowodowały ugięcia lub złamania łąt pod dachówkami. Ścianki kolankowe wysokości ok. 30 cm, mocno zawilgocone, murlaty skorodowane, miejscami murlaty nie występują, krokwie oparte są bezpośrednio na murze. Stan techniczny dachu nie zagraża bezpieczeństwu, niezbędna jest jednak szybka naprawa konstrukcji więźby oraz wymiana pokrycia dachowego, aby nie dopuścić do dalszej destrukcji budynku.

Nadproża okien piwnic wykonane są jako łuki ceglane odcinkowe połączone lunetami ze sklepieniem piwnicy. Nadproża otworów okiennych i drzwiowych na korytarzu na parterze z kształtowników stalowych I 140. Nadproża nad oknami wyższych kondygnacji odcinkowe o strzałce $f = 17$ cm, od zewnątrz z płaskim węgiem. Rysa występująca w ścianie północnej przebiega przez nadproża okien parteru i okien piętra. Okna są podwójne skrzynkowe, drewniane, w piwnicach stolarki brak. Drzwi są drewniane płycinowe, bramy wjazdowe drewniane, wtórne.

Opierzenia blacharskie wykonane są z blachy stalowej ocynkowanej. Skorodowany koszt, brak części rynien i rur spustowych powoduje przenikanie wody opadowej do wnętrza i niszczenie tynków zewnętrznych, zawilgocenie ścian.

Budynek nie jest ogrzewany. Ma pozostałości urządzeń i instalacji grzewczej w stopniu znikomym. Instalacja elektryczna jest zniszczona, osprzęt jest uszkodzony, punkty świetlne posiadają połączenia prowizoryczne i grożą porażeniem. W budynku są pozostałości instalacji wodociągowo-kanalizacyjnej w stopniu znikomym.

3. Analiza zmian geometrii konstrukcji murowych

Niepokojące odkształcenia budynku występują w jego południowej części. Strukturalne rysy, liczne spękania związane są z osiadaniem fundamentu w narożniku południowo-zachodnim. Narożnik ten nie jest objęty zabudową zwartą (według rysunku 8).

Wystąpiła utrata wytrzymałości i sztywności łąwy fundamentowej w tej części budynku, a skutkiem tego są zmiany geometrii narożnika południowo-zachodniego.

W trakcie wizji lokalnej zostały dokonane pomiary odchyień ścian szczytowych. Zmierzone odchylenia od pionu ścian do wysokości 5,0 m.

Największe wartości odchyień zanotowano w południowo-zachodnim narożniku ściany południowej wynoszące 52 mm, pozostałe wartości odchyień zawierają się w granicach 30–40 mm dla ściany południowej, 10–20 mm dla ściany północnej (rys. 9). Odchylenia skierowane są na zewnątrz budowli.



Rys. 8. Plan sytuacyjny

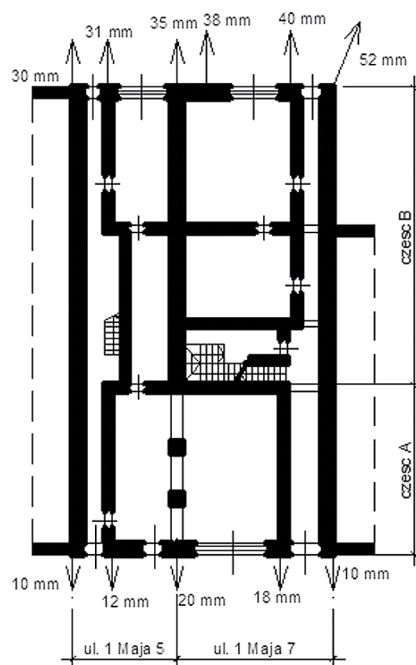
4. Postulaty i zalecenia

Stwierdzony stan techniczny ściany południowej, stropów w części środkowej i fundamentów pod ścianą południową jest niezadowalający, w przyszłości może doprowadzić do awarii budowlanej. Zaniechanie działalności naprawczej spowoduje kolejne niszczenie przez uszkodzenie następnych elementów i zagrożenie stateczności konstrukcji całego budynku.

Bezpieczne użytkowanie oraz wyeliminowanie przyczyn powstawania rys i pęknięć może zapewnić układ zabezpieczeń polegający na zatrzymaniu przemieszczania się fundamentów przez odsłonięcie, podbicie i wzmocnienie ławy fundamentowej pod ścianą południową oraz w narożniku południowo-zachodnim. Należy wykonać izolację pionową i poziomą.

Ścianę południową i północną należy połączyć kotwami ze ścianami podłużnymi, występujące w ścianach szczytowych oraz w ścianie zachodniej. Rysy o szerokości do 4 mm należy zszyć, większe przemurować. Wszystkie ściany należy osuszyć i usunąć zasolenia.

Zły stan techniczny drewnianych stropów nad parterem i piętrem, zwłaszcza w części środkowej budynku, może zagrażać bezpiecznej eksploatacji obiektu i wskazuje na konieczność wykonania remontu stropu. W części środkowej konieczna jest natychmiastowa wymiana, pozostałe stropy do wymiany przy planowanym remoncie budynku. Sklepienia nie wymagają wzmocnienia, należy je osuszyć. Dach nie zagraża bezpieczeństwu użytkowania, jednak elementy więźby dachowej nie spełniają wymogów stanów



Rys. 9. Wielkości odchyłeń od pionu ścian szczytowych

granicznych nośności, zaleca się wykonanie zabezpieczenia, wymiany i wzmocnienia elementów.

5. Podsumowanie

Władze miasta Koźuchowa zamierzają przywrócić dawną atrakcyjność starówki, planują w najbliższym czasie przeprowadzić proces rewitalizacji Starego Miasta. Kamienica usytuowana przy ulicy 1 Maja 7 jest jednym z wielu budynków objętych programem rewitalizacji. Remont kamienicy pozwoli nie tylko na uzyskanie atrakcyjnej oferty na rynku nieruchomości, ale jednocześnie poprawi estetykę miasta.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Karta Ewidencji Zabytków Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków w Zielonej Górze nr 49 – Kamienica ul. 1 Maja 7, Koźuchów
- [2] Eckert W, Kocharński P, Nowogórska B, Koźuchów – Old Town center revitalization program, study design, stage Design Studio PAF, Zielona Góra, 2014
- [3] Ksit B, Gaczek M., Analytical meanders of selected systems for thermo-renovation of historical buildings, E3S Web of Conferences, 49/2018, 00062
- [4] Nowogórska B, Diagnosis of the technical condition of historic tenement houses as the first stage of revitalisation of the city, Civil and Environmental Engineering Reports, tom 30, 4/2020, str. 90–101
- [5] Radziejowska A., Method for assessing maintenance and maintainability in residential buildings – one of the basic categories of the social aspect of sustainable construction. International Journal for Engineering Modelling; ISSN 1330-1365, tom 33, 3–4/2020, str. 97–106
- [6] Radziszewska-Zielina E., Kania E., Śladowski G., Problems of the Selection of Construction Technology for Structures of Urban Agglomerations, Archives of Civil Engineering, tom 64, 1/2018, str. 55–71
- [7] Terlikowski W., Evaluation of the revitalization capacity of the historic building as an example of interdisciplinary diagnostics, VII Conference SOLINA Sustainable Development: Architecture – Building Construction E3S Web of Conferences 49/2018, 00116

Wybrane problemy oceny stanu technicznego obiektów budowlanych w świetle obowiązującego prawa i stosowanej metodyki

Dr inż. Jacek Zabielski, dr hab. inż. Elżbieta Szafranko, Katedra Inżynierii Budowlanej, Wydział Geoinżynierii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

1. Wprowadzenie

Stan techniczny budynku ma bezpośredni wpływ na jego trwałość, stąd też dbałość o obiekt i okresowa ocena jego stanu są elementami niezbędnymi do zapewnienia prawidłowego użytkowania oraz bezpieczeństwa i komfortu osób w nim przebywających. Prowadzenie odpowiedniej gospodarki remontowej w stosunku do obiektów budowlanych pozwala zapobiec stopniowo postępującemu procesowi degradacji, czyli obniżaniu wartości użytkowej budynku. Proces ten jest niczym innym jak zużyciem technicznym, będącym wypadkową zużycia wszystkich jego elementów, zarówno konstrukcyjnych i wykończeniowych, jak również instalacji. Aby zapewnić właściwe utrzymanie obiektów budowlanych i dbałość o ich stan techniczny, prawodawca zawarł w ustawie Prawo budowlane zapisy dotyczące obowiązków spoczywających na właścicielach budynków w tym zakresie.

2. Utrzymanie obiektów budowlanych w świetle przepisów prawa

Obowiązki właściciela lub zarządcy budynku w zakresie prawidłowego użytkowania i utrzymania obiektów budowlanych reguluje Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz.U. z 2019 r., poz. 1186 z późn. zm.) oraz inne akty wykonawcze, między innymi Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 sierpnia 1999 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych oraz Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [11, 12, 13]. Jednym z ważniejszych zapisów Prawa budowlanego jest art. 5 ust. 2, który wskazuje, że obiekt musi być użytkowany zgodnie z przeznaczeniem, wymaganiami ochrony środowiska oraz utrzymywany w należyтым stanie technicznym i estetycznym, a właściciel bądź zarządca nie może dopuścić do nadmiernego pogorszenia właściwości użytkowych i sprawności technicznej obiektu. W kolejnych rozdziałach podano szczegółowe zapisy dotyczące utrzymania obiektów budowlanych i określono obowiązki właściciela bądź zarządcy, do których

należy między innymi przeprowadzanie okresowych kontroli technicznych obiektu, przechowywanie przez okres istnienia obiektu dokumentów i opracowań projektowych, a także dokumentów technicznych dotyczących robót budowlanych przeprowadzonych w budynku w trakcie jego użytkowania. Zaleca również prowadzenie dla budynku książki obiektu budowlanego, w której dokonuje się wpisów dotyczących przeprowadzonych kontroli stanu technicznego, badań, remontów, przebudów, jakie miały miejsce w okresie użytkowania budynku. Do książki obiektu budowlanego załączać należy protokoły z kontroli instalacji ogrzewania i klimatyzacji oraz ekspertyzy i oceny stanu technicznego budynku [4, 5, 6]. Przepisy określające częstotliwość i zakres przeprowadzania kontroli okresowych zawarte są w art. 62 i zgodnie z jego treścią wyróżniamy [1, 5, 8, 11, 12, 13]:

- a) kontrole przeprowadzane co najmniej raz w roku w zakresie sprawdzenia stanu technicznego elementów budynku i instalacji, które narażone są na niszczące działania czynników oddziaływujących na obiekt w trakcie jego użytkowania oraz szkodliwe wpływy atmosferyczne oraz urządzeń oraz instalacji odpowiadających za bezpieczeństwo, ochronę środowiska oraz instalacji gazowych i przewodów kominowych – spalinowych, dymowych i wentylacyjnych;
- b) kontrole przeprowadzane co najmniej raz na pięć lat w zakresie sprawdzenia stanu technicznego obiektu budowlanego, jego przydatności do użytkowania, estetyki oraz otoczenia oraz badania instalacji elektrycznej i piorunochronne, w szczególności sprawdzenie sprawności zabezpieczeń, połączeń, osprzętu, a także pomiarów oporności izolacji przewodów oraz uziemień instalacji i środków ochrony od porażeń;
- c) kontrole przeprowadzane co najmniej dwa razy w roku, w terminach do 31 maja oraz do 30 listopada w zakresie, o którym mowa w pkt. a, dotyczące budynków, których powierzchnia zabudowy przekracza 2000 m² oraz pozostałych obiektów budowlanych, których powierzchnia dachu przekracza 1000 m²;
- d) kontrole bezpiecznego użytkowania obiektu po wystąpieniu oddziaływań czynników zewnętrznych związanych z działaniem człowieka lub sił natury;

e) kontrole przeprowadzane na skutek zgłoszenia osób zamieszkujących lokal mieszkalny o przeprowadzeniu zmian w lokalu dokonanych bez uzasadnionych przyczyn technicznych i powodują naruszenie przepisów art. 5 ustawy dotyczących m.in. bezpieczeństwa konstrukcji, osób, mienia, bezpieczeństwa użytkowania i utrzymania dobrego stanu technicznego obiektu.

Art. 70 ust. 1 wskazuje, że w czasie lub bezpośrednio po przeprowadzonej kontroli okresowej, właściciel, zarządca lub użytkownik obiektu budowlanego jest zobowiązany usunąć wskazane w protokołach uszkodzenia, jak również uzupełnić braki, które mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia lub życia ludzi, środowiska lub bezpieczeństwa mienia, mogące spowodować wystąpienie katastrofy budowlanej, wybuchu lub pożaru, a także w wyniku niesprawności instalacji, wystąpienie zatrucia gazem bądź porażenia prądem elektrycznym.

Organ nadzoru budowlanego, w drodze decyzji, może nakazać usunięcie stwierdzonych nieprawidłowości ze wskazaniem terminu wykonania, w przypadku gdy: obiekt budowlany może powodować zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, bezpieczeństwa mienia lub stanowić zagrożenie dla środowiska; sposób użytkowania budynku zagraża życiu bądź zdrowiu ludzi, środowisku lub bezpieczeństwu mienia; stan techniczny obiektu jest nieodpowiedni; wygląd budynku wpływa negatywnie na ocenę otoczenia [1, 2, 3, 11].

3. Metodyka przeprowadzania oceny stanu technicznego obiektów budowlanych

Bezpieczeństwo oraz niezawodność konstrukcji to zgodnie z ustawą Prawo budowlane podstawowe wymagania w odniesieniu do obiektów budowlanych. Na ten stan rzeczy mają wpływ zjawiska, które powodują uszkodzenia obiektu, a także zużycie techniczne obiektu, którego skutkiem jest konieczność przeprowadzania konserwacji, remontów lub modernizacji. Dbałość o stan techniczny budynku związana jest między innymi z oceną stanu technicznego jego elementów oraz obowiązkiem dokonywania przeglądów okresowych. Takiej oceny może dokonać osoba posiadająca uprawnienia budowlane w danym zakresie albo odpowiednio kwalifikacje [4, 7, 9].

Analiza stanu technicznego obiektu wymaga przeprowadzenia szeregu czynności mających na celu ocenę bezpieczeństwa, nośności i niezawodności konstrukcji w aspekcie dalszego jej użytkowania oraz przyczyn powstania zarysowań, pęknięć, uszkodzeń oraz ich wpływ na bezpieczeństwo użytkowania i estetykę obiektu. Ocena stanu technicznego budynku jest wynikiem przeprowadzenia szczegółowej diagnostyki poszczególnych elementów obiektu, wśród których należy wymienić [5, 7, 9, 10]:

- elementy zewnętrzne, warunki posadowienia budynku;
- fundamenty oraz izolacje pionowe i poziome;
- ściany konstrukcyjne, stropy, słupy, podciągi, nadproża, filary;

- konstrukcję i pokrycie dachu;
- ściany zewnętrzne i elewację;
- stolarkę okienną i drzwiową;
- ściany wewnętrzne, podłogi, posadzki, elementy wykończeniowe;
- elementy klatek schodowych;
- instalację wodociągowo-kanalizacyjną;
- instalację gazową;
- instalację elektryczną, alarmową, odgromową;
- instalację ciepłej wody użytkowej i centralnego ogrzewania.

W celu przeprowadzenia szczegółowej analizy stanu technicznego poza przeprowadzeniem oględzin nieruchomości wraz z oceną stanu poszczególnych elementów należy wziąć pod uwagę również aktualny sposób użytkowania budynku, zapisy oraz zalecenia z protokołów pokontrolnych, książkę obiektu, dokumentację techniczną, przeprowadzone konserwacje i remonty oraz rodzaj i stan użytych materiałów budowlanych.

Przy sporządzaniu analizy stanu technicznego obiektu budowlanego niezbędne jest określenie stopnia zużycia poszczególnych elementów. W literaturze przedmiotu [5] znaleźć można tabele, które zawierają kryteria oceny stanu elementu wraz odpowiadającym im procentowym zużyciem. Przykładem takiego zestawienia jest tabela 1.

Przedstawione w tabeli 1 kryteria mogą zostać wykorzystane zarówno do oceny zużycia pojedynczych elementów, jak również budynku jako całości. W odniesieniu do poszczególnych elementów, takich jak fundamenty, ściany konstrukcyjne, stropy i ścianki działowe można użyć kryteriów pomocniczych ujętych w tabeli 2 szczegółowo opisującej rodzaj oraz zakres uszkodzeń dopuszczalny do przypisania w danym przedziale stopnia zużycia.

W literaturze [5] zaproponowano nieco inną klasyfikację stanu technicznego w odniesieniu do elementów, takich jak: dach, stolarka, podłogi, tynki. Należy zwrócić uwagę na to, że autor proponuje inne przedziały zużycia technicznego. W ocenie zużycia nie występuje stan awaryjny, który w przypadku fundamentów, ścian konstrukcyjnych, stropów i ścianek działowych występował przy zużyciu powyżej 50%. Najwyższym zużyciem nadawanym elementom dachu, stolarki, podłóg i tynków, charakteryzującymi się największymi uszkodzeniami, jest zużycie mieszczące się w przedziale 51–70%. Oceny stanu wraz z przyporządkowanym im opisem oznak zużycia zostały przedstawione w tabeli 3.

4. Przykładowe problemy związane z oceną stanu technicznego budynków mieszkalnych

Metodyka oceny stanu technicznego budynków opisana w literaturze i przytoczona m.in. w tabelach 1, 2, 3 opiera się na wizjach lokalnych, oględzinach, pomiarach bezpośrednich, a częścią opracowań powstałych w trakcie

Tabela 1. Klasyfikacja stanu technicznego elementów wraz z ogólnymi kryteriami oceny [5]

Lp.	Klasyfikacja stanu technicznego elementu	Zużycie elementu %	Kryteria oceny
1	Bardzo dobry	0–10	Element budynku (lub rodzaj konstrukcji, wykończenia, wyposażenia) nie wykazuje zużycia i uszkodzeń. Element jest dobrze utrzymany i na bieżąco konserwowany. Cechy i właściwości wbudowanych materiałów odpowiadają wymogom normy.
2	Dobry	11–25	Element budynku nie wykazuje większego zużycia i wymaga jedynie konserwacji. W elemencie mogą wystąpić nieznaczne uszkodzenia (szczególnie mechaniczne), które wynikają z użytkowania.
3	Średni	26–50	Element budynku utrzymany jest zadowalająco. Wymaga przeprowadzenia remontu bieżącego, polegającego na drobnych naprawach, konserwacji, impregnacji, uzupełnieniach itp.
4	Zadowalający	51–60	W elementach budynku występują średnie uszkodzenia i ubytki, które nie stanowią zagrożenia dla bezpieczeństwa zdrowia i życia użytkowników oraz mienia. Budynek wymaga częściowego remontu kapitalnego.
5	Zły	61–70	W elementach budynku występują znaczne uszkodzenia i/lub ubytki. Cechy i właściwości wbudowanych materiałów mają obniżoną klasę. Budynek wymaga kompleksowego remontu kapitalnego.
6	Awaryjny	powyżej 70	Budynek nadaje się do likwidacji.

Tabela 2. Klasyfikacja stanu technicznego elementów wraz z charakterystyką oznak zużycia dla fundamentów, ścian konstrukcyjnych, stropów, ścianek działowych [5]

Lp.	Klasyfikacja stanu technicznego elementu	Zużycie elementu %	Oznaki zużycia
1	Bardzo dobry	0–10	Mury i posadzki piwnic suche. Nie występują deformacje. Elementy nośne, takie jak słupy, nadproża, filary odpowiadają wymaganiom normowym. Dopuszczalne jest wystąpienie drobnych rys w tynkach.
2	Dobry	11–25	Stan elementów jest dobry. Mury i posadzki piwnic suche. Odchylenia murów od poziomu małe.
3	Zadowalający	26–40	Nieliczne szczeliny w sklepieniach lub stropach, głównie na wyższych piętrach budynku. Zawilgocenie nad poziomem terenu. Niewielkie uszkodzenia murów.
4	Zły	41–50	Mury i posadzki piwnic zawilgocone. Odchylenia od poziomu i pionu nieco większe. Pęknięcia sklepień i filarków dopuszczalne w ilości do 10% powierzchni elementów.
6	Awaryjny	powyżej 50	Mury silnie zawilgocone, występują powierzchniowe i wgłębne korozje. Znaczne odchylenia od pionu i poziomu. Duże zniszczenia murów w różnych miejscach. Liczne pęknięcia sklepień i filarów. Cechy i właściwości wbudowanych materiałów w stosunku do nowych wykazują duże zniszczenie.

tej działalności jest dokumentacja fotograficzna. Stosowanie opisowej skali oceny 4-, 5- czy 6-punktowej wydaje się niewystarczające. Autorzy wielu prac [1, 4, 8] wskazują na niedoskonałości tego systemu oceny, a w praktyce można znaleźć wiele protokołów kontroli stanu technicznego budynków budzących wiele wątpliwości.

Metody przeprowadzania oceny oparte na analizie wizualnej są często niemiernodajne. W połączeniu z proponowaną skalą oceny można znaleźć wiele przykładów, gdzie elementy budynków wyglądające podobnie, jeśli chodzi o stopień zużycia, są kwalifikowane do różnych grup klasyfikacji stanu technicznego. Stosowanie w ocenach określeń, takich jak „odchylenia od poziomu małe”, „odchylenia od poziomu i pionu nieco większe” lub „niewielkie uszkodzenia murów” są nieprecyzyjne i pozostawiają duże pole do interpretacji przez osoby oceniające. Jednym z przykładów ilustrujących tę sytuację jest ocena zużycia elementów

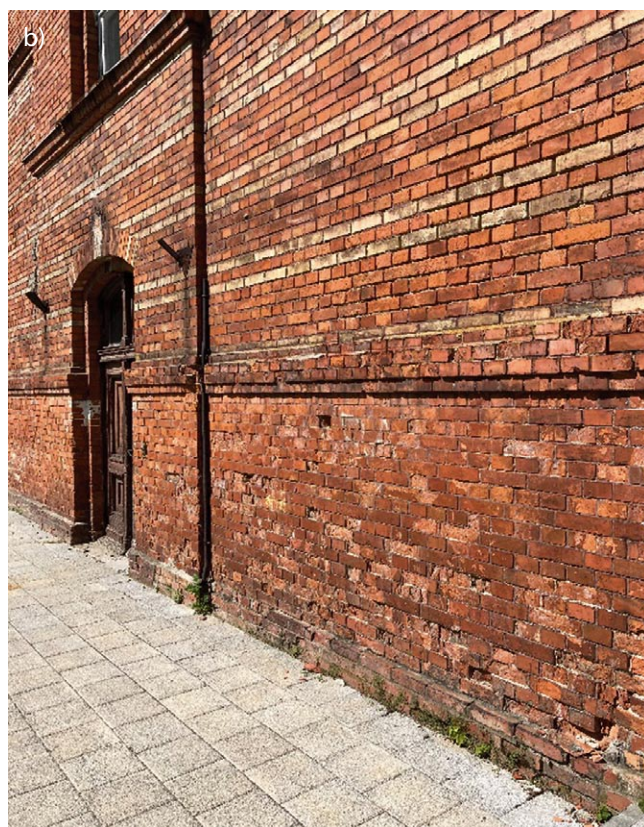
dwóch budynków. W przypadku oceny stanu ścian zewnętrznych o konstrukcji murowej pierwszego budynku mieszkalnego stan ściany zewnętrznej (rys. 1a) oceniono jako dobry, a w drugim przypadku (rys. 1b) jako zadowalający. Analiza szczegółowa protokołów wykazała, że różnica w ocenie zużycia wynosiła 6%. Stan dobry – zużycie na poziomie 22%, a zadowalający – zużycie elementu na poziomie 28%. Tego typu ocena może być dyskusyjna.

Można mieć wątpliwości, zarówno jeśli chodzi o klasyfikację uszkodzeń, jak i w stosunku do zalecanych robót naprawczych i stopnia ich pilności.

Protokoły z okresowej kontroli stanu technicznego również mogą być przyczyną niedomówień lub nieporozumień. Wypełniane zgodnie z obowiązującym wzorem (rys. 2) nie pozostawiają wiele miejsca na indywidualną ocenę w szczególnych przypadkach. Skutkuje to często błędnymi ocenami oraz bardzo ograniczonym opisem uszkodzeń.

Tabela 3. Klasyfikacja stanu technicznego elementów wraz z charakterystyką oznak zużycia dla elementów takich, jak: dach, stolarka, podłogi, tynki [5]

Lp.	Klasyfikacja stanu technicznego elementu	Zużycie elementu %	Oznaki zużycia
1	Bardzo dobry	0–15	Powierzchnia dachu równa, bez widocznych szczelin w pokryciu i bez śladów przecieków. Stolarka bez spękań w skrzydłach otworów, dopuszczalne drobne szczeliny w ościeżach. Podłogi gładkie, nierozeszchnięte, bez szczelin. Powierzchnie tynków równe, gładkie, dopuszczalne występowanie widocznych rys włoskowatych z ewentualnym łuszczeniem się farby.
2	Średni	16–30	Wygięcie dachu do 20% powierzchni, liczniejsze przecieki, konstrukcja dachu miejscami rozeschnięta, uszkodzenia rur spustowych. Stolarka częściowo rozeschnięta, spaczenia materiału, okucia zluźnione, ościeżnice zawilgocone, skrzydła ze szczelinami. Podłogi osiadające z występującymi przekrzywieniami, liczniejsze uszkodzenia posadzek klepkowych i innych (do 20%). Tynki zewnętrzne i wewnętrzne z widocznymi pęknięciami, wybrzuszeniami i miejscowo odpadające (do 15%).
3	Zadowalający	31–50	Dach z wygięciami w granicach 50% powierzchni – liczne przecieki, ślady porażenia grzybem, konstrukcja częściowo osłabiona. Stolarka z występującymi spaczeniami skrzydeł. Okucia zluźnione, ślady zagrzybienia, częściowe uszkodzenia okuć, spękania i zawilgocenia. Podłogi zmurszałe do 50% powierzchni, ewentualne gnicie i zagrzybienie drewna. Tynki zewnętrzne i wewnętrzne z pęknięciami na powierzchni, wybrzuszenia, miejscowe odpadanie (w granicach do 35%).
4	Zły	51–70	Dach ze zmurszeniem w granicach 60%, niebezpieczeństwo zawalenia się. Stolarka wykazuje znaczne zniszczenie materiału, zawilgocenie, zagrzybienie, nadaje się do wymiany. Podłogi z uszkodzeniami powyżej 50% powierzchni. Tynki odpadają dużymi płatami, na znacznych powierzchniach występują spękania. Tynki skruszałe na powierzchni ponad 35%.



Rys. 1. Fotografie ocenianych ścian zewnętrznych budynków: a) stan dobry, b) stan zadowalający

Ustalenia po sprawdzeniu stanu technicznego obiektu budowlanego				
L.p.	Element obiektu	Ocena stanu technicznego	Opis uszkodzeń	Stopień pilności *
1.	Konstrukcja dachu – drewniana	dobry	nie stwierdzono uszkodzeń	-
2.	Pokrycie dachowe – dachówka ceramiczna	dobry	nie stwierdzono uszkodzeń	-
4.	Elementy odwodnienia budynku: - obróbki blacharskie – ocynkowane - rynny – ocynkowane - rury spustowe – ocynkowane - podokienniki – blaszane	dobry	nie stwierdzono uszkodzeń	-

Rys. 2. Fragment protokołu z kontroli okresowej

Przegląd literatury oraz przykładowych protokołów pokazuje, że i w tym obszarze brakuje precyzyjnej i skutecznej metodyki zarówno dotyczącej oceny w ramach okresowej kontroli stanu technicznego obiektów, jak i w zakresie przygotowania zaleceń do przeprowadzenia napraw.

5. Podsumowanie

Analiza przepisów wykazuje, że prawodawca w trosce o dbałość o stan techniczny obiektów budowlanych zapisał w ustawach i rozporządzeniach szereg wymogów, a wśród nich obowiązek przeprowadzania kontroli stanu technicznego obiektów budowlanych. Przeglądy te prowadzone systematycznie mogą uchronić obiekty budowlane przed postępującą degradacją. Jednak dużo zależy od sumienności i kwalifikacji osoby przeprowadzającej przegląd, a ocena oparta w dużej mierze na odczuciach wizualnych może być bardzo powierzchowna. Niewłaściwe podejście do przeprowadzanej oceny stanu technicznego obiektu budowlanego może prowadzić do pogłębiania się nieusuwanym w kolejnych latach uszkodzeń, a w efekcie może grozić nawet awarią konstrukcji. Przeprowadzona w artykule krótka analiza wskazuje,

jak uznaniowo i nieprecyzyjnie może być przeprowadzona ocena elementów budynku wykonana w zgodzie z obowiązującą metodyką. W związku z tym wydaje się konieczne opracowanie nowego podejścia do tego zagadnienia. Analiza literatury wykazuje, duże zainteresowanie tą problematyką, a wielu autorów dostrzega ten problem.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bucioń R., Model decyzyjny wyboru wariantów remontu lub przebudowy budynków mieszkalnych. Politechnika Lubelska, 2017
- [2] Drozd W., Metody oceny stanu technicznego budynków w aspekcie ich praktycznego zastosowania, Przegląd Budowlany 4/2017, str. 43–47
- [3] Grochowska E., Analiza stanu technicznego wielorodzinnego budynku mieszkalnego z podaniem sposobu naprawy, Przegląd Budowlany 2/2014, str. 51–57
- [4] Knyziak P., Propozycja nowej metody określania zużycia technicznego budynków. Problemy naukowo-badawcze budownictwa 5/2008, str. 573–580
- [5] Michalik K., Zużycie techniczne budynków i budowli, Wydawnictwo Prawo i Budownictwo, Chrzanów, 2014
- [6] Nowogońska B., Metoda przewidywania stanu technicznego budynku mieszkalnego, Materiały Budowlane 8/2017, str. 118–119
- [7] Nowogońska B., Wpływ czynników determinujących starzenie na stan techniczny budynku nieremontowanego, Przegląd Budowlany 5/2020, str. 24–26
- [8] Orłowski Z., Wybrane aspekty właściwości użytkowych budynku w okresie jego eksploatacji, Przegląd Budowlany 10/2011, str. 36–43
- [9] Sekunda R., Wybrane problemy utrzymania należytego stanu technicznego wielorodzinnych budynków mieszkalnych, Przegląd Budowlany 1/2020, str. 32–37
- [10] Urbańska K., Urbański P., Wymagania dotyczące przeglądów stanu technicznego budynków – studium przypadku, Budownictwo i Architektura, 17(1)2018, str. 177–188
- [11] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane, z późn. zm.
- [12] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 sierpnia 1999 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych
- [13] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 listopada 2008 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

Konferencja Naukowo-Techniczna KS2021 KONSTRUKCJE SPRĘŻONE



Szanowni Państwo,

Dotychczasowe wydarzenia w ramach cyklu Konferencji Naukowo-Technicznych KONSTRUKCJE SPRĘŻONE, organizowane przez Politechnikę Krakowską, gromadziły co trzy lata wielu Uczestników i były płaszczyzną wielu ciekawych prezentacji i dyskusji. Podtrzymujemy niezmiennie plan organizacji dalszych takich spotkań, z których kolejne według trzyletniego harmonogramu miałyby się odbyć w roku 2021.

Biorąc jednak pod uwagę aktualne okoliczności związane z pandemią Covid-19 i ich wpływ na możliwość organizacji obrad konferencji, Organizatorzy cyklu KONSTRUKCJE SPRĘŻONE podjęli decyzję o przesunięciu wydarzenia wyjątkowo o okrągły rok. Liczymy, że jesienią 2021 roku będziemy mogli wszyscy powrócić do pracy normalnej we wszystkich jej wymiarach. Wówczas poinformujemy Państwa o szczegółach czwartej edycji Konferencji Naukowo-Technicznej KONSTRUKCJE SPRĘŻONE, której obrady są w tej sytuacji planowane na wiosnę 2022 roku. W tej chwili chcemy się podzielić jedną informacją o tym wydarzeniu: tematem wiodącym będą KONSTRUKCJE CIĘGNOWE.

Życzymy Państwu zdrowia i sił i liczymy na spotkanie w ramach kolejnych obrad naszej Konferencji!



Katedra Konstrukcji Żelbetowych i Sprężonych
Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska

dr inż. Piotr Gwoździewicz
Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego

dr hab. inż. Wit Derkowski, prof. PK
V-ce Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego

Procedura doboru sposobu termorenowacji budynków zabytkowych w aspektach konserwatorskich, technicznych, środowiskowych i ekonomicznych

Dr hab. inż. Magdalena Rogalska prof. uczelni, Politechnika Lubelska
Prof. dr hab. inż. Zdzisław Hejducki, Politechnika Wrocławska

1. Wprowadzenie

Dbałość o środowisko, w którym żyjemy, staje się coraz bardziej identyfikowalną koniecznością. Budownictwo jako jedna z największych gałęzi przemysłu generuje wysokie zużycie energii na wszystkich etapach produkcji i użytkowania budowli. Etap projektowania budynku, obejmujący dobór materiałów, z których wzniesiony będzie budynek, dobór sposobu ogrzewania, wentylacji decyduje o energochłonności obiektu. Energia w okresie użytkowania jest wielokrotnie wyższa niż energia niezbędna do produkcji materiałów budowlanych oraz wzniesienia budynku. Należy dążyć do takiego doboru materiałów budowlanych, aby koszty eksploatacji budowli były jak najniższe.

2. Założenia doboru systemów termorenowacji budynków zabytkowych

Minimalizacja kosztów eksploatacji budowli pozostaje często w sprzeczności z preferencjami inwestorów. Stare polskie przysłowie mówi „ludzi biednych nie stać na kupowanie rzeczy o złej jakości”. Różnice cen pomiędzy materiałami budowlanymi o bardzo długiej bezawaryjnej pracy, takimi jak: cegła ceramiczna, płyty granitowe, beton a materiałami o relatywnie krótkiej bezawaryjnej pracy, takich jak karton-gips, blachodachówka, wykładziny dywanowe powoduje, że inwestorzy decydują się na rozwiązania pozornie tańsze. Używanie materiałów budowlanych o krótkiej bezawaryjnej pracy powoduje, że koszt wzniesienia takiego budynku jest niski. Po pierwszym okresie bezawaryjnej pracy następuje konieczność usunięcia zdegradowanego materiału (rozbiórka, wywiezienie, utylizacja) i zastosowania nowego materiału (wydobycie surowców, produkcja materiałów, transport, wbudowanie, rozbiórka, wywiezienie, utylizacja).

W niniejszej pracy zaproponowano analizę doboru systemów termorenowacji budynków zabytkowych przy zastosowaniu algorytmu uwzględniającego zalecenia konserwatorskie, ochronę środowiska, prawidłowość techniczną i efektywność ekonomiczną.

Rozwiązanie ma na celu umożliwienie doboru systemu termomodernizacji budynków zabytkowych, z uwzględnieniem następujących założeń:

- minimalizację ingerencji w substancję historyczną budynków,
- minimalizację energii zawartej w systemie termomodernizacyjnym w cyklu życia obiektu zabytkowego,
- minimalizację zanieczyszczenia środowiska,
- minimalizację kosztów systemu termomodernizacji,
- minimalizację kosztów izolacji budynku (liczba wymian izolacji w cyklu życia budynku),
- maksymalizację ochrony i zachowania wartości historycznej budynku,
- maksymalizację czasu trwania obiektu,
- maksymalizację użyteczności systemu izolacji,
- maksymalizację wykorzystania lokalnych materiałów i technologii,
- maksymalizację efektywności ekonomicznej i energetycznej rozwiązań.

3. Stare zasoby mieszkaniowe w Polsce i ich rola

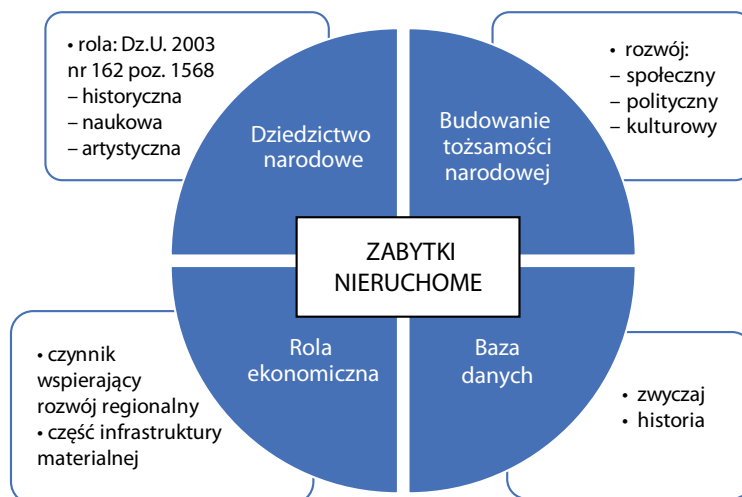
Zasoby mieszkaniowe w Polsce wybudowane przed 1944 rokiem stanowią w miastach około 20%, a na wsi około 26% ogółu mieszkań. Rozmieszczenie przestrzenne starych zasobów mieszkaniowych [5] w miastach jest bardzo zróżnicowane. W województwach: dolnośląskim, lubuskim, opolskim i zachodniopomorskim stanowią 45–51% ogółu mieszkań, natomiast w podlaskim i lubelskim około 15%. Mieszkania w budynkach wybudowanych przed 1944 rokiem według spisu z 2007 roku były wyposażone w 95% w wodociąg, w 88% w ustęp splukiwany, w 87% w łazienkę, w 78% w centralne ogrzewanie i w 55% w gaz sieciowy. W budynkach wielorodzinnych wzniesionych przed 1945 rokiem jest około 1300 tys. mieszkań, w których zamieszkuje około 3 mln osób. Wiele z tych budynków nie było remontowanych po 1945 roku, a ich stan techniczny jest często katastrofalny. Szczególnie dotyczy to budynków należących do gmin. Gminy od wielu lat prowadzą wyprzedaż swojego zasobu mieszkaniowego dotychczasowym lokatorom. Kupowane

Rys. 1. Rola zabytków nieruchomych

są mieszkania w budynkach o stosunkowo dobrym stanie technicznym. W ten sposób zasób mieszkaniowy gmin ulega znacznemu pogorszeniu, gdyż w około 60% składa się on ze starych zdekapitalizowanych budynków. Polityka niskich czynszów w tych budynkach generuje permanentny brak środków finansowych na remonty kapitalne. Odsetek budynków wzniesionych przed 1945 rokiem wymagających kapitalnego remontu szacowany jest średnio w Polsce na 17,8%, a budynki wymagające wyburzenia stanowią 6,5%. Działania zmierzające do zahamowania degradacji starej substancji budynków w Polsce są co najmniej tak ważne jak budowa nowych mieszkań.

Prawna definicja zabytku zawarta została w Ustawie z dnia 23 lipca 2003 roku o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami [9]. Zgodnie z tą definicją zabytkiem jest nieruchomość lub rzecz ruchoma, w całości lub w części, która jest dziełem człowieka lub związana jest z jego działalnością. Zabytek stanowi świadectwo przeszłości, a jego zachowanie jest społecznie uzasadnione z powodu jego wartości historycznej, artystycznej lub naukowej. W myśl ustawy istnieją trzy grupy zabytków: zabytki ruchome, nieruchome oraz archeologiczne. Zatem budynki mieszkalne są zabytkami nieruchomymi, elementem dziedzictwa kulturowego danego kraju. Rola zabytków nieruchomych nie ogranicza się jedynie do roli naukowej, historycznej i artystycznej, które to zostały zdefiniowane w ustawie o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami. Zabytki wpływają na rozwój społeczny, polityczny i kulturowy budując tożsamość narodową. Są ogromną bazą danych dotyczącą historii i panujących zwyczajów. Niebagatelną jest też rola ekonomiczna zabytków jako czynnika wspierającego rozwój regionalny (turystykę, naukę, miejsca pracy) oraz jako część infrastruktury regionalnej (rys. 1).

Jedną z form ochrony zabytków w Polsce jest wpisanie zabytku do rejestru zabytków, który na terenie danego województwa prowadzi wojewódzki konserwator zabytków. Decyzja o wpisie do rejestru zabytków wiąże się dla właściciela nieruchomości z licznymi zadaniami i obowiązkami związanymi z utrzymaniem zabytkowego obiektu i zachowaniem jego wartości. Zagospodarowanie takiej zabytkowej nieruchomości, prowadzenie remontów, przebudowy, adaptacji może



odbywać się jedynie w ograniczonym zakresie i pod ścisłym nadzorem służb konserwatorskich, które na takie prace muszą wydać odpowiednie pozwolenie. Ustawa o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami określa, kto może ubiegać się o udzielenie dotacji celowej z budżetu państwa na dofinansowanie prac konserwatorskich, restauratorskich lub robót budowlanych przy tym zabytku. Są to podmioty prawa polskiego – osoby fizyczne, jednostki samorządu terytorialnego lub inne jednostki organizacyjne, będące właścicielem bądź posiadaczem zabytku wpisanego do rejestru albo posiadające taki zabytek w trwałym zarządzie. Rodzaje dotacji możliwe do uzyskania na nakłady konieczne, planowane do poniesienia lub poniesione na przeprowadzenie prac konserwatorskich, restauratorskich lub roboty budowlane zestawiono na rysunku 2.

Rys. 2. Rodzaje dotacji możliwych do uzyskania na remonty budynków zabytkowych

Każdy budynek ma przydzieloną klasę, dzięki której można określić ograniczenia konserwatorskie:

- **klasa I** – obiekty zabytkowe, których fragmenty (np. ścian zewnętrznych) wymagają szczególnej ochrony np. ze względu na zachowane na nich oryginalne wyprawy czy detale architektoniczne. W takich budynkach możliwość przeprowadzenia termomodernizacji jest bardzo ograniczona;
 - **klasa II** – obejmuje obiekty zabytkowe, których fragmenty (np. ściany zewnętrzne) nie wymagają szczególnej ochrony, ponieważ nie zostały na nich zachowane oryginalne wyprawy lub detale architektoniczne. Właściciele takich budynków mogą w znacznie prostszy sposób przeprowadzić termomodernizację;
 - **klasa III** – domy o charakterze zabytkowym, które mają duże walory architektoniczne. Do tej klasy są też przydzielone budynki, które znajdują się na historycznym obszarze zabytkowym (np. domy na rynkach). Ich termomodernizacja jest dosyć łatwa;
 - **klasa IV** – budynki o charakterze niezabytkowym, które można modernizować w dowolny sposób, ale z zachowaniem zasad obowiązujących w prawie budowlanym.
- W odniesieniu do drugiej lub trzeciej klasy budynku, istnieje bardzo duże prawdopodobieństwo uzyskania zgody na termomodernizację ścian zewnętrznych. Należy wystąpić z wnioskiem do wojewódzkiego konserwatora zabytków, który w ciągu 30 dni wyda decyzję zezwalającą na wykonanie prac ociepleniowych lub zabraniającą prowadzenia jakichkolwiek działań (z wyjaśnieniem). W przypadku nieuzyskania zgody konserwatorskiej na ocieplenie budynku zabytkowego istnieje możliwość zastosowania ocieplenia wewnętrznego.

Obowiązujący współczynnik przenikania ciepła U w ciągu ostatnich lat zmieniał się sukcesywnie. Dla ścian zewnętrznych:

- 2014 rok: I etap współczynnik U zmniejszył się z wartości $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ do $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- 2017 roku: II etap zmian i obniżenie współczynnika U do $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- 2021 roku: III etap współczynnik U nie może przekroczyć $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Dla stolarki okiennej:

- zwykłe okna i drzwi balkonowe: z $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ na $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- okna połaciowe: z $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ na $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4. Metoda doboru izolacji termicznych w budynkach zabytkowych

Proponowana metoda doboru izolacji termicznych budynków zabytkowych została opracowana ze względu na istnienie dużej liczby zabytkowych budynków, które w związku z rosnącymi cenami energii wymagają termomodernizacji. W związku z ich wartością historyczną metoda termomodernizacji, oprócz wymagań technicznych, ekonomicznych i środowiskowych, musi uwzględniać wymagania konserwatorskie. Warunkiem utrzymania zabytkowego budynku jest dostosowanie go do nowoczesnych wymogów użytkowych i nadanie mu współczesnych standardów przy jednoczesnym poszanowaniu wartości historycznych. Wymagania ciepłe stawiane w polskim ustawodawstwie zmieniają się cyklicznie w kierunku zwiększania izolacyjności cieplnej. Termomodernizacja budynków może być przeprowadzona ze względu na poprawę komfortu cieplnego, oszczędności i ochronę



Rys. 3. Zabytkowe budynki w trakcie prac budowlanych w Lublinie fot. M. Rogalska

środowiska, a z drugiej strony, w celu spełnienia aktualnych wymogów prawnych. W odniesieniu do prac projektowych lub budowlanych wymagających pozwolenia na budowę należy dostosować istniejące obiekty do aktualnych wymagań polskiego prawa, w tym wymagań termicznych. Istnieją różne rozwiązania termomodernizacyjne, obejmujące szereg zagadnień, ale zawsze odnoszą się przynajmniej do poprawy izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych. W przypadku niskiej wartości estetycznej obiektów, w których podstawowym parametrem jest wygląd elewacji nie podlega, a nawet nie powinien być chroniony, należy sprawdzić i przetestować rozwiązania izolacyjne z zewnątrz. Istnieje jednak duża grupa budynków, zarówno zabytkowych, jak i nieobjętych ochroną konserwatorską, ale o znacznej wartości estetycznej lub historycznej, bogatych w detale architektoniczne, gdzie termomodernizacja ścian zewnętrznych mogłaby zniszczyć ich unikalny charakter. Liczba takich budynków jest stopniowo zwiększana poprzez wprowadzenie do planu zagospodarowania przestrzennego, informacji o potrzebie ochrony obiektów ważnych z architektonicznego i konserwatorskiego punktu widzenia. Są to nie tylko obiekty zabytkowe. Dodatkowo każdy obiekt architektoniczny jest chroniony prawami autorskimi. Nie jest więc łatwo podjąć decyzję, czy obiekt jest warty ochrony charakteru elewacji, czy też nie, przez kogoś innego niż twórca. W tym przypadku jedynym rozsądnym sposobem poprawienia parametrów cieplnych bariery jest zastosowanie izolacji wewnętrznej.

Istnieją też rozwiązania wykorzystujące częściowo izolacje termiczne zewnętrzne od strony budynku o mniejszej wartości historycznej i architektonicznej oraz izolacje wewnętrzne od strony frontowej (rys. 4, 5).

Metoda termorenowacji ścian od wewnątrz, w odróżnieniu od klasycznej zewnętrznej izolacji termicznej, wymaga znacznie dokładniejszej analizy i testowania, z uwzględnieniem dodatkowych elementów, takich jak wilgoć. Izolacja wewnętrzna jest stosunkowo nową metodą ocieplania ścian budynków, dlatego też wszystkie prace naukowe i analizy przypadków są potrzebne celem zapewnienia bezpieczeństwa użytkowego i ekonomicznego. Ze względu na wysoki koszt ociepleń wewnętrznych oraz zmniejszenie powierzchni użytkowej nie są one szeroko stosowane.

Proponujemy opisaną poniżej procedurę działania dotyczącą termorenowacji budynku zabytkowego z wykorzystaniem ocieplenia wewnętrznego ścian. Procedura podzielona jest na sześć etapów.

Etap 1

Określenie typu obiektu, pierwotnych i wtórnych materiałów użytych do budowy i przebudowy lub remontów, pierwotnego i wtórnego przeznaczenia obiektu, datowanie. Analiza pierwotnego projektu – jeśli istnieje. Wykonanie inwentaryzacji technicznej. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury [8] wymaga, aby część informacyjna programu funkcjonalno-użytkowego obejmowała inwentaryzację lub dokumentację

Rys. 4. Ocieplenie zewnętrzne na ścianie bocznej zabytkowej kamienicy w Kazimierzu Dolnym nad Wisłą (fot. M. Rogalska)



Rys. 5. Ocieplenie zewnętrzne budynku zabytkowego od strony oficyny (fot. M. Rogalska)

obiektów budowlanych zawsze, gdy podlegają one przebudowie, odbudowie, rozbudowie, nadbudowie, rozbiórkom lub remontom. Prawidłowo wykonana inwentaryzacja budowlana wykonywana jest w formie podpisanych i oprawionych rysunków technicznych oraz załącznika z projektami w wersji cyfrowej. Poza kompletem dokumentów konieczne jest też ich odpowiednie przedstawienie. Całość wymaga oprawy, podpisów wykonawcy oraz załącznika z projektami w wersji cyfrowej. Jeśli inwentaryzacja jest związana z remontem, to może ją zrobić na dodatkowe zlecenie tego samego biura projektów (architekt), któremu się zleca wykonanie projektu przebudowy domu. O wykonanie inwentaryzacji budynku można również poprosić doświadczonego inżyniera lub technika budowlanego mającego uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno-budowlanej.

Inwentaryzacja budowlana jest przedstawieniem rzeczywistego stanu istniejącego budynku. Inwentaryzację wykonuje się najczęściej przy okazji remontu domu, przebudowy czy nadbudowy obiektu. Inwentaryzację, tak jak projekt budowlany, wykonuje się w formie podpisanych i oprawionych rysunków technicznych. Opracowanie powinno zawierać:

- opis techniczny z uwzględnieniem lokalizacji, rodzaju i charakteru budynku, liczby kondygnacji, jego wysokości i powierzchni,
- opis materiałów budowlanych, z jakich wykonane zostały poszczególne elementy budynku,
- rzut działki w skali 1:500 z naniesionym budynkiem wraz ze schodami, tarasem, chodnikiem, śmietnikiem, studnią,

Rys. 6. Przykładowa karta obiektu
(wyk. M. Trochonowicz)

szambem, ogrodzeniem, podziemnymi i naziemnymi przyłączami i sąsiednią zabudową,

- zwymiarowane rzuty wszystkich kondygnacji zarówno naziemnych, jak i podziemnych, z zaznaczonymi instalacjami i urządzeniami sanitarnymi w skali 1:50 lub 1:100,
- rzut dachu w skali 1:50 lub 1:100 z nanieśionymi elementami więźby, przewodami kominowymi i wentylacyjnymi oraz sposobem odwodnienia,
- przekroje przez wszystkie kondygnacje z zaznaczonymi wysokościami charakterystycznych punktów (rzędnych posadzek, podestów klatek schodowych, tarasów, dachu i kominów, gzymsów, studzienek, murków i poziomu terenu),
- rysunki architektoniczno-budowlane elewacji z naniesionymi wszystkimi jej elementami,
- dokumentację fotograficzną w postaci zdjęć (w formie elektronicznej lub drukowanej) oraz rzutu z naniesionymi miejscami wykonania zdjęć,
- jeśli jest taka potrzeba, to inwentaryzacja budynku może być rozbudowana o dodatkowe elementy, jak na przykład zaznaczenie na rzutach zakończeń mediów (elektryka, woda i kanalizacja), trójwymiarowy model inwentaryzowanego budynku (format 2D, 3D, inny), badanie struktury ścian, stropów i innych elementów konstrukcyjnych, badania techniczne stanu elementów budynku. Nieprawidłowo wykonana inwentaryzacja skutkuje brakiem możliwości wykonania prawidłowego projektu, kosztorysu, harmonogramu. Jest przyczyną braku powodzenia przedsięwzięcia budowlanego w zakresie kosztu i czasu realizacji.

Etap 2

Etap drugi zawiera szereg analiz dotyczących ograniczeń prawnych i technicznych. Należy przeprowadzić analizę ustawodawstwa krajowego i przepisów Unii Europejskiej ze względu na częste nowelizacje. Przeanalizować dotychczasowe wytyczne konserwatorskie dotyczące obiektów poddawanych termomodernizacji. Zapoznać się z materiałami i technologiami termomodernizacyjnymi stosowanymi w obiektach zabytkowych z uwzględnieniem termo-modernizacji murów, wymianą drzwi i okien, ociepleniem stropów, dachów i strychów. Przeanalizować techniki i dostępność urządzeń i maszyn do przeprowadzenia termo renowacji.

Etap 3

Etap trzeci to badania techniczne in situ budynku oraz obliczenia i analizy dotyczące planowanego sposobu termorenowacji, wybranego w etapie drugim. Badania techniczne to:

Podstawowe wymiary	
Powierzchnia zabudowy	344,62 m ²
Kabatura	1490 m ²
Wysokość	12,43 m
Łoż kondygnacji naziemnych	2
Podziemie budyńka	Całocenne, jedna kondygnacja.
Przeznaczenie poddasza	Nieżyłowe.
Typ dachu	Czterospadowy.
Urząd konstrukcyjny	Mieszany.
Rozwiązania konstrukcyjne-materiałowe podziemnych elementów konstrukcji obiektu	Budynek wykonany w technologii tradycyjnej Pokrycie dachu: blacha stalowa ocynkowana Wieżba dachowa: drewniana, jednokłosa Ściany: murowane z cegły ceramicznej pełnej Stropy: drewniane, ceglane Klatka schodowa: głowna jednośladowa, tunelowa; boczna trójśladowa; schody kucienne kręcone. Wszystkie murowane z cegły ceramicznej pełnej.
Orientacja	Tak
Łoż otworów wejściowych do budyńka	3

Wejście główne od strony	Północnej
Łoż otworów okiennych	31
Przebudowy architektoniczno-budowlane obiektu	Zmiana układu przestrzennego. Zmniejszenie funkcji użytkowych pomieszczeń, dostawiono ścianki działowe.

1.2.2. Elementy architektoniczne	
Elementy i detale wystroju architektonicznego	
Tabela 2. Detale architektoniczne	
1. GYMS NADOKIENNY	11. GYMS NADOKIENNY
2. GYMS PO OKIENNY	12. OKIENNO
3. GYMS PARAFETONY	13. OKIENNO
4. FOLIA	14. FOLIA
5. PR. A. TER	15. PR. A. TER
6. WZKAZOWE OPASO OKIENNE	16. WZKAZOWE OPASO OKIENNE
7. GYMS MIĘDZYDACHOWY	17. GYMS MIĘDZYDACHOWY
8. PARAFET	18. PARAFET
9. KONCHOWA NISZA	19. KONCHOWA NISZA
10. GYMS OKOŁOŁOY	20. GYMS OKOŁOŁOY

- obrazowanie budynków z wykorzystaniem urządzeń termicznych – wykonanie i analiza obrazów termicznych,
- pomiary wilgotności i temperatury w pomieszczeniach z przegrodami wytypowanymi do termomodernizacji.

Obliczenia dotyczą:

- możliwości kondensacji pary wodnej na powierzchni ścian,
- obliczenia możliwości kondensacji między warstwową z uwzględnieniem warunków wewnętrznych i zewnętrznych,
- współczynnika przenikania ciepła U .

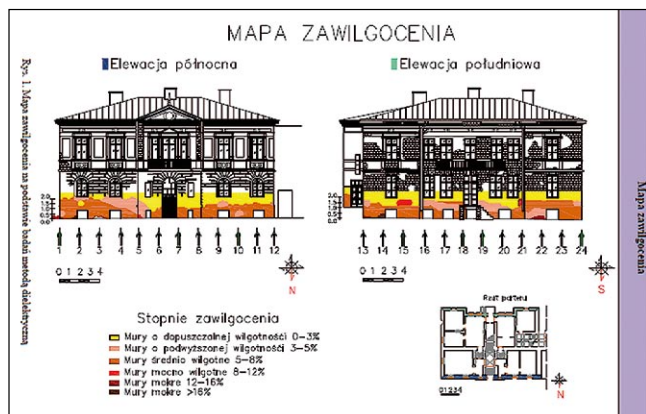
W etapie 3 należy przeprowadzić analizę wpływu termomodernizacji na rozwój korozji biologicznej oraz jej wpływ na inne elementy budynku.

Etap 4

Etap czwarty to analiza ekonomiczna, środowiskowa rozwiązań alternatywnych zakresu termorenowacji. Wybiera się elementy możliwe do termorenowacji: ostatnie piętro, okna, izolacja piwnicy, izolacja ścian zewnętrznych, okna i drzwi. Następnie oblicza się współczynniki przenikania ciepła dla budynku przed termomodernizacją i po niej przy założeniu wariantów ociepleń, przyjmując różne konfiguracje elementów możliwych do ocieplenia lub wymiany oraz koszt wykonania ocieplenia i możliwe obniżenie kosztów użytkowania obiektu. W etapie czwartym analizuje się cykl życia systemu termorenowacyjnego (koszt remontów i wymiany elementów systemu) oraz możliwości wykorzystania materiałów lokalnych. Analizować także należy dobór sposobów termomodernizacji, uwzględniając minimalizację energii wcielonej w aplikowany system.

Etap 5

Etap piąty procedury dotyczy oceny wybranego na podstawie obliczeń, analiz i badań sposobu termorenowacji budynku zabytkowego. Ocenie będą podlegać następujące elementy:



Rys. 7. Przykładowa mapa zawilgoceń obiektu (wyk. M. Trochowniczy)

- wpływ termomodernizacji na zachowanie wartości historycznej budynków,
- analiza efektywności ekonomicznej i energetycznej rozwiązań,
- analiza alternatywnych wyborów,
- analiza wpływu na środowisko naturalne.

Etap 6

Etap szósty to optymalny dobór rozwiązań spełniający w sposób najlepszy oczekiwania inwestora, warunki konserwatorskie, ochrony środowiska, prawidłowości technicznej i efektywności ekonomicznej.

5. Podsumowanie

Sposób doboru systemu termomodernizacyjnego dla budynków zabytkowych powinien uwzględniać potencjalne

działania w celu: ograniczenia ingerencji w historyczną formę budynku, utrzymania wymagań technicznych, maksymalizacji efektywności energetycznej i kosztowej. Dobór systemu termomodernizacyjnego należy wykonywać wielokryterialnie. W artykule przedstawiono propozycję przebiegu takiej właśnie procedury.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Charakterystyka energetyczna budynków wpisanych do rejestru zabytków, znajdujących się w obszarze wpisanym do rejestru zabytków lub budynków znajdujących się na obszarze objętym ochroną konserwatorską, www.budownictwo.abc.com.pl (sierpień 2016)
- [2] Drozdowicz M., Laska M., Termomodernizacja budynków zabytkowych, Administrator 7-8/2018
- [3] Kubiszewska K., Rola zabytków w gospodarce – wybrane zagadnienia, *Ekonomika dziedzictwa*
- [4] Majewski Z., Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych, materiały konferencyjne XI Konferencji Naukowo-Technicznej, Wrocław, 2004
- [5] PRM_2009-3_06_Kornilowicz-2.pdf
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75/2002, poz. 690, z późn. zm.)
- [7] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2012, poz. 462, z późn. zm.)
- [8] Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów (Dz.U. nr 223/2008, poz. 1459, z późn. zm.)
- [9] Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. nr 162/2003, poz. 1568, z późn. zm.)
- [10] Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków (Dz.U. 2014, poz. 1200)
- [11] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. nr 89/1994, poz. 414, z późn. zm.)
- [12] Wójcik R., Rewitalizacja i remonty budynków zabytkowych w aspekcie oszczędności energetycznej, Olsztyn, Wydział Nauk Technicznych UWM, www.cieplej.pl (kwiecień 2016)



52. KONFERENCJA NAUKOWA INŻYNIERIA PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH

oraz

THE INTERNATIONAL COLLOQUIUM MODERN TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION. CHALLENGES OF THE 21ST CENTURY



TEMATYKA KONFERENCJI

- Przygotowanie, programowanie i planowanie inwestycji budowlanych.
- Nowoczesne materiały i technologie w budownictwie.
- Planowanie i realizacja robót budowlanych, w tym automatyzacja i cyfryzacja.
- Problematyka eksploatacji obiektów budowlanych.
- Ekonomika w planowaniu, projektowaniu i realizacji inwestycji budowlanych.
- Wdrażanie i rozwijanie nowoczesnych koncepcji społeczno-gospodarczych w realizacji przedsięwzięć budowlanych.
- Modele i metody naukowe w badaniach problematyki inżynierii procesów budowlanych.
- Wspomaganie podejmowania decyzji w zarządzaniu przedsiębiorstwem i przedsięwzięciem budowlanym.



Jubileusz 70-lecia
WBiNŚ

Dane kontaktowe

Politechnika Białostocka
ul. Wiejska 45 E, 15-351 Białystok
tel. +48 698 895 515 • ipb2021@pb.edu.pl

18–20 października 2021 • Białystok – Białowieża

O neutralności ekologicznej przedsięwzięć inwestycyjno-budowlanych

Dr hab. inż. Jadwiga Bizon-Górecka, prof. uczelni, Bydgoska Szkoła Wyższa,
dr inż. Jarosław Górecki, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy

1. Wprowadzenie

Budowlane projekty inwestycyjne odnoszą się do inwestowania, wymagającego robót budowlano-montażowych, których produktem są obiekty budowlane, podlegające procesom eksploatacyjnym, a na końcu procesom likwidacyjnym. Z uwagi na specyfikę projekty te charakteryzują się dużą złożonością. Cechy specyficzne tych przedsięwzięć odnoszą się zarówno do produktów – obiektów budowlanych jako implantów środowiska naturalnego człowieka oraz do przebiegu procesu inwestycyjnego w całym cyklu życia przedsięwzięcia. Zadaniem interesariuszy przedsięwzięć budowlanych jest przygotowywanie i wdrażanie reakcji na ryzyko ekologiczne, prowadzących do neutralizowania jego skutków. Neutralność ekologiczna przedsięwzięcia budowlanego oznacza, że w toku jego przebiegu emitowanych jest tylko tyle emisji zanieczyszczeń środowiska naturalnego, ile jest ono w stanie pochłoniąć.

2. Przedsięwzięcie inwestycyjno-budowlane w ujęciu holistycznym

2.1. Przedsięwzięcia budowlane a środowisko naturalne

Przez pojęcie budowlanego procesu inwestycyjnego rozumie się całokształt działalności związanej z podjęciem decyzji, pracami poprzedzającymi rozpoczęcie robót budowlanych, realizacją, oddaniem obiektu do użytkowania oraz uruchomieniem i osiągnięciem założonej zdolności produkcyjnej, handlowej czy usługowej określonego przedsięwzięcia inwestycyjnego. Proces inwestycyjno-budowlany obejmuje również utrzymanie techniczne obiektu budowlanego aż do jego rozbiórki [2].

Specyfika produkcji budowlanej zasadza się na specyficznych cechach produktów – obiektów budowlanych (budynek, budowli), jak też charakterze procesów technologiczno-organizacyjnych, zmierzających do ich wytworzenia. Składają się na nią przede wszystkim [5]:

- trwałe związanie obiektów budowlanych z gruntem,
- znaczne rozmiary i duża masa obiektów budowlanych,
- długi cykl życia obiektów,
- indywidualny charakter technicznych rozwiązań obiektów budowlanych,

- zróżnicowanie standardów jakościowych obiektów budowlanych,
- indywidualne rozwiązania technologiczno-organizacyjne realizacji budowy,
- złożony charakter procesów realizacyjnych,
- długie cykle realizacji procesów budowlanych i wysokie koszty budowy,
- znaczna liczba procesów zanikających,
- duża liczba procesów specjalistycznych,
- znaczny wpływ obiektów budowlanych na środowisko naturalne,
- duża liczba zaangażowanych podmiotów,
- probabilistyczny charakter procesów budowlanych, implikujący zjawisko ryzyka.

Specyficzne cechy działalności budowlanej wywierają istotny wpływ na kształtowanie charakteru projektów inwestycyjno-budowlanych. Ich podejmowanie wiąże się z głęboką i długotrwałą ingerencją w środowisko naturalne, jest uciążliwe dla otoczenia, zarówno w fazie wznoszenia obiektów, jak też ich eksploatacji, a także likwidacji. Wymaga zużycia znacznych zasobów materialnych, a też zaangażowania szeregu specjalistów i instytucji podejmujących decyzje w kolejnych fazach życia wznoszonych obiektów. Znaczna część projektów inwestycyjno-budowlanych to duże projekty, realizowane często w międzynarodowej kooperacji. Specyfika takich projektów wynika w szczególności z charakteru produktów. Obiekty budowlane są najczęściej produktami o znacznym zakresie postawionych zadań, długim czasie realizacji i życia produktów, znacznym koszcie wytworzenia i użytkowania, a przede wszystkim charakteryzują się znacznym oddziaływaniem na środowisko – w zasadzie kształtują środowisko naturalne człowieka. Stąd duża liczba i różnorodność interesariuszy projektów inwestycyjno-budowlanych, zainteresowanych ze zróżnicowanym zaangażowaniem w poszczególne ich etapy – od tradycyjnych dla projektów: sponsorów (inwestorów) projektu i jego realizatorów (zespołu projektowego z menedżerem projektu) do społeczności lokalnej (w bezpośrednim sąsiedztwie realizowanego projektu), a także społeczeństw w szerszym pojęciu, narażonych na konsekwencje istnienia wznoszonych obiektów budowlanych. Interakcje projektów inwestycyjno-budowlanych z otoczeniem zależą

od rodzaju obiektu, jego wielkości, lokalizacji i szeregu innych uwarunkowań ogólnych i specyficznych dla tych przedsięwzięć.

Natura tego typu projektów spowodowała powstanie szeregu uregulowań formalnoprawnych, towarzyszących im przez cały czas życia.

Każda inwestycja bez względu na lokalizację ingeruje w środowisko przyrodnicze w mniejszym lub większym stopniu. Ingerencja ta może przejawiać się na etapie prowadzenia robót budowlanych, na etapie eksploatacji obiektu, jak też w momencie lokalizacji obiektu w pobliżu terenów chronionych, gdzie inwestycja oddziałuje na bliższe i dalsze otoczenie, emitując gazy, hałas, zrzut ścieków, przyczyniając się na danym terenie do obniżenia poziomu wód gruntowych [9].

Długie cykle życia projektów inwestycyjno-budowlanych, liczone od pomysłu, poprzez jego materializację, utrzymanie aż do etapu likwidacji wzniesionych obiektów, powodują konieczność wzięcia pod uwagę filozofii zrównoważonego rozwoju społeczno-ekonomicznego, zharmonizowanego z poszanowaniem środowiska. Przestrzeganie zasad zrównoważonego rozwoju w odniesieniu do budownictwa oznacza projektowanie rozwiązań obiektów budowlanych (budynków i budowli) oraz sposobów ich realizacji w sposób przyjazny człowiekowi i jego środowisku naturalnemu z uwzględnieniem rachunku ekonomicznego [5].

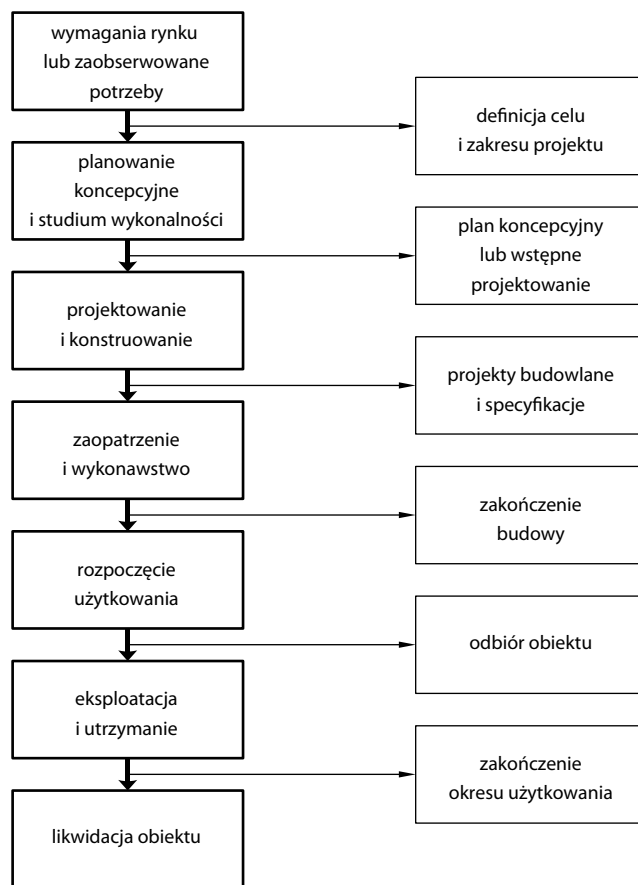
Analizując projekty inwestycyjno-budowlane z punktu ochrony środowiska, należy wziąć pod uwagę takie czynniki, jak:

- zużycie surowców nieodnawialnych oraz energia potrzebna do ich przetworzenia szczególnie w fazie wznoszenia obiektów budowlanych,
- ilość emisji szkodliwych substancji, zwłaszcza w fazie eksploatacji obiektów,
- możliwość recyklingu w fazie likwidacji obiektów.

Wobec powyższego niezbędne jest niwelowanie negatywnego wpływu obiektów budowlanych na środowisko przyrodnicze, poprzez wdrożenie przedsięwzięć budowlanych charakteryzujących się neutralnością ekologiczną.

2.2. Cykl życia przedsięwzięcia budowlanego a jego interesariusze

Cykl życia budowlanego przedsięwzięcia inwestycyjnego w perspektywie skoncentrowanej na obiekcie budowlanym, jako produkcie działalności budowlanej, ma szeroki zakres: od powstania zamysłu wzniesienia obiektu budowlanego, poprzez fazę programowania, planowania, organizowania wszystkich procesów budowlanych i ich realizację, aż do fazy eksploatacji oraz likwidacji obiektu. Obiekty budowlane są najczęściej produktami o znacznym zakresie postawionych zadań, długim czasie realizacji i życia produktów, znacznym koszcie wytworzenia i użytkowania. Zużywają znaczne ilości zasobów produkcyjnych, a przede wszystkim kształtują środowisko naturalne człowieka.



Rys. 1. Cykl życia przedsięwzięcia inwestycyjno-budowlanego (źródło: opracowano na podstawie [8])

Cykl życia budowlanego projektu inwestycyjnego ma szeroki zakres: od powstania zamysłu wzniesienia obiektu budowlanego, poprzez fazę programowania, planowania, organizowania wszystkich procesów budowlanych i ich realizację, aż do fazy eksploatacji oraz likwidacji obiektu. Ta perspektywa jest skoncentrowana na obiekcie budowlanym – jako produkcie działalności budowlanej. Trzeba jednak zauważyć, że problemy artykułowane w poszczególnych fazach cyklu życia takich obiektów odnoszą się też do pozostałych interesariuszy projektów. Jednak ich zaangażowanie jest w znacznej mierze zróżnicowane. Na przykład porównując akcentowanie poziomu istotności problemów, występujących w kolejnych fazach, przez inwestora i wykonawcę prac budowlanych uwiadamia się niemal równomierne traktowanie poszczególnych faz przez inwestora, a wyrażona przewaga zainteresowania wykonawcy fazą projektową i realizacyjną wraz z procesami logistycznymi.

Tak ujmowany cykl życia przedsięwzięcia budowlanego przedstawia rysunek 1.

Jako dwie podstawowe grupy interesariuszy oddziałujących na realizację projektu inwestycyjnego wyróżniamy:

- interesariuszy wewnętrznych – czyli osoby, podmioty czy instytucje bezpośrednio związane z projektem,
- interesariuszy zewnętrznych – zainteresowanych efektem projektu z uwagi na jego oddziaływanie na otoczenie.

3. Ryzyko ekologiczne w przedsięwzięciach inwestycyjno-budowlanych

3.1. Istota ryzyka ekologicznego

Ryzykiem ekologicznym jest prawdopodobieństwo nastąpienia zdarzenia, które spowoduje degradację środowiska naturalnego i związane z tym skutki. Sprawny proces zarządzania przeciw wystąpieniu zagrożenia ekologicznego polega na ochronie ludzi i zasobów przyrody przed zagrożeniami związanymi z zanieczyszczaniem wody, powietrza, gleby, a także innych komponentów środowiska, w którym została naruszona równowaga [7].

Ryzyko ekologiczne charakteryzuje się niepowtarzalnością, losowością, wieloprzyczynowością i różnorodnością bezpośrednich skutków.

Poprzez zarządzanie ryzykiem rozumie się wszelkie działania w kierunku identyfikacji, oceny i traktowania ryzyka, tj. jego redukcji, dywersyfikacji, czy też wykorzystania zjawiska ryzyka. Zarządzanie ryzykiem jest także badaniem wszelkich czynników ryzyka oraz podjęciem działań mających na celu minimalizację bądź całkowite wyeliminowanie niepożądanych skutków ryzyka. Dotyczy ona reagowania na czynniki, które mają wpływ na zagrożenia i ryzyka. Zarządzanie ryzykiem obejmuje takie działania, jak [4]:

- określenie problemu ryzyka dla danego projektu,
- wskazanie czynników zagrożeń,
- określenie poziomu i prawdopodobieństwa wystąpienia danego ryzyka,
- określenie związków pomiędzy poszczególnymi ryzykami i zagrożeniami,
- sformułowanie konkretnej reakcji na dane ryzyko.

Przedsięwzięcia inwestycyjno-budowlane stanowią zasadnicze źródło ryzyka ekologicznego, z uwagi na wieloaspektowe ich związki ze środowiskiem naturalnym. Definicję ryzyka ekologicznego można oprzeć na pojęciu szkody ekologicznej, przy czym „za szkodę ekologiczną uważa się negatywne skutki środowiskowe, spowodowane nadmiernym zanieczyszczeniem komponentów środowiska: powietrza, wody i gleby lub zmianami w ekosystemach, znajdujących się w zasięgu oddziaływania sprawcy” [1]. Prawdopodobieństwo wystąpienia szkody ekologicznej może być traktowane jako ryzyko ekologiczne.

3.2. Ryzyko ekologiczne w opinii interesariuszy przedsięwzięć budowlanych

Badania czynników ryzyka ekologicznego przeprowadzono metodą wywiadów bezpośrednich wśród interesariuszy przedsięwzięć inwestycyjno-budowlanych.

Próbę badawczą stanowiło 20 przedsięwzięć, w tym 9 obejmujących budowę (budownictwo drogowe) oraz 11 obejmujących obiekty budynkowe (budynki mieszkalne i użyteczności publicznej).

Badani wskazali, jako czynniki ryzyka ekologicznego, zagrożenia zaobserwowane w poszczególnych przedsięwzięciach.

W grupie przedsięwzięć drogowych wymieniali poniższe zagrożenia środowiskowe.

- W fazie wykonawczej – krótkoterminowe oddziaływanie na środowisko związane z budową drogi:

- zanieczyszczenie otoczenia drogi materiałami użytymi do ulepszenia podłoża, wykonania podbudowy i nawierzchni,
- uciążliwości akustyczne – hałas i drgania, związane z pracą maszyn budowlanych oraz zwiększonym ruchem pojazdów obsługujących plac budowy,
- zanieczyszczenia atmosfery pyłami i spalinami z silników maszyn, ciężkiego sprzętu i pojazdów transportowych obsługujących plac budowy,
- zanieczyszczenia odpadami powierzchni ziemi – nieodpowiednie gromadzenie odpadów, ścieków, wycieki ropy i olejów z maszyn,
- zmienność stosunków gruntowo-wodnych podłoża obiektu,
- rewizje projektowe powodujące zaburzenie ekologicznego planu działania,
- niezinwentaryzowane zasoby przyrodnicze,
- przerwanie ciągów komunikacyjnych dzikich zwierząt,
- naruszenie awifauny, siedlisk zwierząt.

- W fazie eksploatacyjnej – długoterminowe oddziaływanie na środowisko związane z eksploatacją drogi:

- drgania mechaniczne od kół ciężkich pojazdów w ruchu przenoszone przez podłoże gruntowe do otoczenia, zależne od rodzaju i jakości nawierzchni drogi,
- hałas powodowany ruchem pojazdów,
- wystąpienie awarii środków transportowych (wypadki cystern, eksplozje, pożar) powodujące zanieczyszczenia środowiska naturalnego,
- zanieczyszczenie powietrza – emisja do atmosfery spalin pochodzących z przejeżdżających samochodów. Jej natężenie zależy w głównej mierze od natężenia ruchu, struktury potoku ruchu, nachylenia niwelety drogi oraz zagospodarowania i ukształtowania terenu w rejonie inwestycji,
- zmiana zakresu spływu wód opadowych spowodowane zmianą rodzaju nawierzchni jezdni,
- zaburzenia drożności przepustów dla zwierząt.

W grupie przedsięwzięć budynkowych badani wymieniali poniższe zagrożenia środowiskowe.

- W fazie wykonawczej – krótkoterminowe oddziaływanie na środowisko związane ze wznoszeniem budynków:

- przyjęcie dla budynku rozwiązań technicznych, które mają destrukcyjny wpływ na środowisko naturalne wskutek nie-rozpoznania na etapie studium wykonalności wszystkich możliwych zagrożeń, wynikających m.in. ze zmian w ustawodawstwie ekologicznym,
- na etapie realizacji zakłada się powstawanie znacznych ilości drgań związanych z pracą sprzętów, maszyn i środków transportowych,
- nadmierny hałas na placu budowy,
- zanieczyszczenia powietrza pyłami i spalinami z silników maszyn, ciężkiego sprzętu i środków transportowych na placu budowy,

- zanieczyszczenia gleby odpadami stałymi, chemikaliami, ściekami ropopochodnymi i innymi,
- przerwanie ciągów komunikacyjnych dzikich zwierząt,
- nietrafność przewidywania warunków gruntowo-wodnych,
- naruszenie siedlisk przyrody ożywionej.
- W fazie eksploatacyjnej – długoterminowe oddziaływanie na środowisko związane z eksploatacją budynków:
 - niespełnienie kryteriów ekologicznych użytych materiałów,
 - niska efektywność energetyczna instalacji elektrycznych i ciepłych,
 - uszkodzenia urządzeń oczyszczających wodę, osadników, instalacji wod.-kan.,
 - zanieczyszczenie powietrza – emisja do atmosfery szkodliwych substancji gazowych i pyłowych, w tym spalin pochodzących z parkingów i garaży,
 - przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu dla pory nocnej i dziennej,
 - gospodarka odpadami,
 - zmiana poziomu wód gruntowych,
 - gniazdowanie ptactwa, utrudniające prace remontowe,
 - klęski o charakterze naturalnym, powodzie, huragany, trzęsienia ziemi,
 - katastrofy i wypadki związane z technologiami i wyrobami (uwalnianie się niebezpiecznych substancji chemicznych, wybuchy).

4. Perspektywy neutralności ekologicznej przedsięwzięć inwestycyjno-budowlanych

4.1. Czynniki neutralności ekologicznej

Neutralność ekologiczna przedsięwzięcia inwestycyjno-budowlanego ma charakter wieloskładnikowy. Jej czynniki grupują się wokół poszczególnych zasobów środowiska naturalnego i stanowią reakcje na skutki ryzyka ekologicznego z nimi związanego.

W budowlanych projektach inwestycyjnych rachunkowość energetyczna, jako rachunkowość zarządcza odnosząca się do perspektywy gospodarki energetycznej, będzie stanowiła system gromadzenia, agregowania, klasyfikacji, analizy oraz prezentowania informacji (finansowych i niefinansowych), wspomagający interesariuszy budowlanych projektów inwestycyjnych w podejmowaniu decyzji i kontroli ich realizacji. Wspomoże poszukiwania rozwiązań, motywujących do racjonalizowania gospodarowania energią. Jej wdrożenie wymaga prowadzenia audytów energetycznych w obrębie kolejnych faz życia projektu. Wyniki audytów mogą wspomagać podejmowanie decyzji w sprawie rozwiązań przyjmowanych w poszczególnych etapach budowlanych projektów inwestycyjnych. Wprowadzenie audytów energetycznych projektów inwestycyjno-budowlanych umożliwi wdrożenie rachunkowości energetycznej, służącej poszukiwaniu rozwiązań motywujących do racjonalizowania gospodarowania

energią. Znaczącą oszczędność energii w budowlanych projektach inwestycyjnych można uzyskać poprzez audytoring wydatków energetycznych w ujęciu holistycznym, obejmującym cały cykl życia projektu. Umożliwi to modelowanie zarządzania budowlanymi przedsięwzięciami inwestycyjnymi z kryterium energetycznym. Model systemu audytoringu energetycznego powinien być oparty o charakterystyki energetyczne projektu we wszystkich fazach cyklu życia budowlanego projektu inwestycyjnego. Takie podejście pozwoli na optymalizację rozwiązań projektowych obiektów budowlanych z kryterium energooszczędności i umożliwi wielokryterialną ocenę rozwiązań inwestycji budowlanych, nadającą stosowną rangę problemowi oszczędności energii. Niezbędne jest poszukiwanie determinant wzrostu efektywności energetycznej przebiegu przedsięwzięć budowlanych, w całym cyklu życia budowlanego projektu inwestycyjnego dowolnego typu (wnoszenie budynków i budowli). Realizacja budowlanych projektów inwestycyjnych winna być rozpatrywana z perspektywy ich efektywności energetycznej w ujęciu holistycznym [6].

Aktualnym trendem w przygotowywaniu budowlanych projektów inwestycyjnych jest uwzględnienie ekologiczności produktów branży budowlanej. Wyzwaniem na tym polu jest uwzględnienie zasad gospodarki cyrkulacyjnej (ang. *Circular Economy* – CE). CE zakłada minimalizację wpływu na środowisko produktów ludzkiej działalności poprzez zastosowanie rozwiązań technologicznych i materiałowych umożliwiających minimalizację zagrożeń środowiskowych. Z CE wiąże się pojęcie cradle-to-cradle jako sposób projektowania i wznoszenia obiektów budowlanych zgodnie z koncepcją zrównoważonego rozwoju tak, aby po zakończeniu ich użytkowania można było włączyć użyte materiały do ponownego obiegu.

Gospodarka cyrkulacyjna kreuje zasadę szeregu „R”, a mianowicie: Reduce (zmniejszenie), Repair (naprawa), Reuse (ponowne użycie), Recycle (odzyskiwanie), Renewability (odnawialność, np. energii) itp. [3].

4.2. Przykłady ekologicznych przedsięwzięć budowlanych w Polsce i na świecie

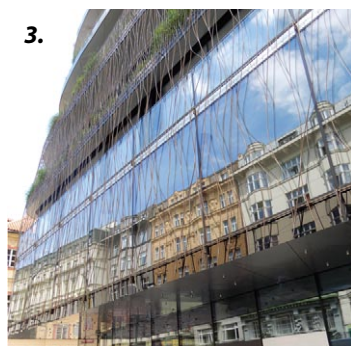
Podejmowanie działań podyktowanych myśleniem proekologicznym widoczne jest na całym świecie. Projektowane budynki zmierzają do neutralności ekologicznej poprzez zaprojektowanie ich z uwzględnieniem kryteriów maksymalizacji jakości ekologicznej. Jej czynniki to m.in.: balkony po wszystkich czterech stronach konstrukcji, maksymalna ilość dopływającego światła słonecznego i jego wykorzystanie, zamiana stalowych, oszklonych, betonowych budynków na „miejski las”, zieleń porastająca całą konstrukcję jest nie tylko dodatkiem estetycznym, ale i prozdrowotnym, a także zapewnienie maksymalnych możliwości reorganizacji przestrzeni wewnątrz budynku w zależności od zmiany planu przeznaczenia konstrukcji. Przykłady takich budynków zamieszczono na ilustracjach 2–5.

Rys. 2. *Eco Warsaw Tower (projekt)* (źródło: <https://www.bryla.pl/bryla/56,85301,23213387,eco-warsaw-tower-ekologiczny-budynek-na-powislu.html>)

Rys. 3. *Zielony budynek w Pradze (zrealizowany)* (źródło: fotografia własna)

Rys. 4. *Vertical Forest – leśne wieżowce w Mediolanie (zrealizowane)* (źródło: <https://www.elle.pl/decoration/artykul/vertical-forest-lesne-wiezowce-w-mediolanie>)

Rys. 5. *Wieżowiec W350 Project (Tokio) (projekt)* (źródło: <https://exumag.com/w350-project-tokio/>)



5. Podsumowanie

Polityka ekologiczna jest obecnie jednym z najszybciej rozwijających się obszarów współpracy krajów należących do Unii Europejskiej.

Kraje UE włączyły politykę ekologiczną do spisu swych stałych zadań i określiły cele działań w zakresie ochrony środowiska naturalnego. Wspólnotowa polityka ekologiczna początkowo była skierowana przeciw skutkom zanieczyszczenia środowiska. Z czasem zaczęła dotyczyć działań zapobiegawczych. Naczelnym celem ekologicznym UE jest zapewnienie – w długiej perspektywie czasowej – takiej ścieżki wzrostu gospodarczego i poprawy standardu życia, które nie doprowadzą do pogorszenia stanu środowiska naturalnego. W projektach inwestycyjno-budowlanych uczestniczy szereg interesariuszy, wchodzących w relacje z przedmiotem przedsięwzięcia, tj. obiektem budowlanym na różnych etapach jego cyklu życia.

Długie cykle życia projektów inwestycyjno-budowlanych, liczone od pomysłu, poprzez jego materializację, utrzymanie aż do etapu likwidacji wzniesionych obiektów, powodują konieczność wzięcia pod uwagę filozofii zrównoważonego rozwoju społeczno-ekonomicznego, zharmonizowanego z poszanowaniem środowiska. Przestrzeganie zasad zrównoważonego rozwoju w odniesieniu do budownictwa oznacza projektowanie rozwiązań obiektów budowlanych (budynków i budowli) oraz sposobów ich realizacji w sposób przyjazny człowiekowi i jego środowisku naturalnemu z uwzględnieniem rachunku ekonomicznego.

Niezbędne jest poszukiwanie determinant wzrostu efektywności energetycznej przebiegu przedsięwzięć budowlanych, w całym cyklu życia budowlanego projektu inwestycyjnego

dowolnego typu (wznoszenie budynków i budowli). Realizacja budowlanych projektów inwestycyjnych winna być rozpatrywana z perspektywy ich efektywności energetycznej w ujęciu holistycznym.

Obiekty budowlane powinny być realizowane z zastosowaniem takich rozwiązań technicznych, które w sposób energooszczędny pozwolą na jak najmniejsze zużycie zasobów naturalnych w fazie budowy i użytkowania, a w końcowym stadium pozwolą na łatwą utylizację obiektu.

Aktualność prezentowanej tematyki podkreślają dążenia szeregu organów samorządowych (m.in. w Warszawie) do opracowania „Standardów Budynku Zrównoważonego”, pomocnych w opracowaniu ekologicznych projektów.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Baranowska-Dutkiewicz B., Szkody ekologiczne, Wiadomości ubezpieczeniowe, 10–12/1993
- [2] Biliński T., Struktura i uwarunkowania współczesnego procesu inwestycyjno-budowlanego, Przegląd Budowlany 11/2010, str. 46–52
- [3] Bizon-Górecka J., Górecki J., Ecological quality of the construction investment project, CEPPIS, Bydgoszcz, 2019, str. 127–134
- [4] Bizon-Górecka J., Modelowanie struktury systemu zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie – ujęcie holistyczne, TNOiK, Bydgoszcz, 2007
- [5] Bizon-Górecka J., Determinanty sukcesu przedsiębiorstw budowlanych jako uczestników projektów realizowanych w międzynarodowej kooperacji, TNOiK, Bydgoszcz, 2011
- [6] Bizon-Górecka J., Górecki J., Czaplewska E., Ecological aspects of processes in the construction production, CEPPIS, Bydgoszcz, 2016, str. 108–117
- [7] Dołęga M., Biernat K., Procesy zarządzania ryzykiem ekologicznym, Studia Ecologiae et Bioethicae 7(2009)/1, str. 157–164, bazhum.muzhp.pl
- [8] Hendrickson Ch., Project Management for Construction. Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders, Pittsburgh, Department of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Mellon University, 2003
- [9] Półroński M. (red.) i inni, Proces inwestycyjny i eksploatacja obiektów budowlanych, SGGW, Warszawa, 2008

Koncepcja analizy ryzyka podjęcia zamówienia na roboty budowlane z dynamicznym oddziaływaniem na warunki realizacji kontraktu

Dr hab. inż. Roman Marcinkowski, prof. uczelni, dr. inż. Anna Krawczyńska-Piechna, mgr inż. Katarzyna Budek-Wisniewska, Wydział Budownictwa Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska

1. Wprowadzenie

Ryzyko w realizacji przedsięwzięć budowlanych jest charakterystyką immanentną. Pochodzi ono z nie do końca odkrytych warunków realizacji robót, zmian otoczenia (fizycznego i organizacyjnego), nierzetelności kontrahentów, zdarzeń losowych, pomyłek ludzi itd. Ogólnie mówimy, że ryzyko jest pochodną zagrożeń, te zaś mają swoje źródła. Niektórzy utożsamiają pojęcie ryzyka z pojęciem zagrożenia. Tak jednak nie jest. Ryzyko powinno mieć odniesienie do decyzji lub celu działalności. Jest ono bowiem charakterystyką decyzji i jako takie nie występuje jako zdarzenie w toku prowadzenia działalności. Ryzyko występuje, gdy dla wszystkich zidentyfikowanych poziomów rozpatrywanych kategorii można oszacować prawdopodobieństwo jego wystąpienia na podstawie danych historycznych lub symulacji [1]. Trzeba też zdawać sobie sprawę, że ryzyko ma „swojego właściciela”. Nie jest ryzykiem katastrofa budowlana, czy odkrycie szczątków archeologicznych w czasie wykonywania robót. Są to zdarzenia, które mają wpływ na realizację przedsięwzięcia budowlanego, jednak dopóki nie ustalimy ryzyka na przykład czasu potrzebnego na zrealizowanie przedsięwzięcia w konkretnej decyzji, nie mamy do czynienia z ryzykiem. Decyzje zaś skierowane są na cele i podmioty, które je realizują.

Powyższą wykładnię zastosujemy do przedsięwzięć budowlanych. Ryzyko charakteryzuje każde zadanie inżyniersko-budowlane – budowę, odtworzenie lub modernizację budynków, dróg, mostów i różnych obiektów inżynierskich. Świadomość taką musi więc posiadać każdy wykonawca inwestycji budowlanej. Jego podstawową rolą powinno być określenie, jakiego rodzaju ryzyko oddziaływać będzie na realizowany przez niego projekt budowlany. Przeprowadzić więc powinien stosowną identyfikację źródeł i momentu wystąpienia ryzyka [2]. W realizacji każdej budowy uczestniczą inwestor i kontrahenci. Oczywiście każdy z nich może i powinien analizować ryzyko w swoim działaniu. Należy opracować reakcję na ryzyko. Jest to proces, w którym następuje opracowanie możliwych rozwiązań oraz działań, które mają na celu maksymalizację szans i minimalizację zagrożeń projektu [3]. Należy

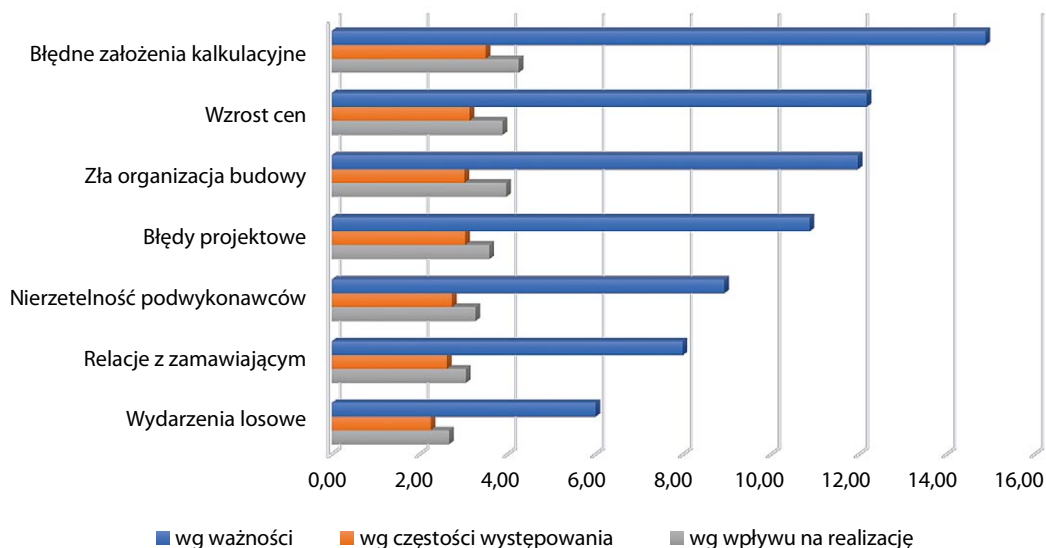
nie tylko analizować, ale też podejmować inicjatywy w celu ograniczenia ryzyka. Ograniczanie to odbywa się poprzez przekazywanie odpowiedzialności za zakłócenia innym podmiotom lub podejmowanie dodatkowych zabiegów w działaniu. Inwestor najczęściej będzie zabiegał o przeniesienie ryzyka innym uczestnikom procesu inwestycyjno-budowlanego. Kontrahenci skazani są natomiast na przyjęcie ryzyka lub podjęcie środków zapobiegających powstawaniu zagrożeń albo też dalsze przekazanie odpowiedzialności za zakłócenia innym współpracującym podmiotom.

Podjęcie decyzji przez wykonawcę robót budowlanych co do udziału w postępowaniu o zamówienie na wykonanie określonego zakresu robót jest zawsze związane z wieloma zagrożeniami. W chwili podejmowania decyzji nie dysponujemy nigdy kompletnym zbiorem informacji, jedynie wspieramy się danymi, które otrzymaliśmy z analizy historycznej. Wynika z tego konieczność prognozowania skutków oraz przyszłych rezultatów obecnych decyzji [4]. Znajomość zagrożeń i możliwości przeciwdziałania tym zagrożeniom są istotne w każdym kontrakcie. Pomimo starannych przygotowań nie jesteśmy w stanie uniknąć wystąpienia ryzyka. Kluczową jest wtedy możliwość zminimalizowania skutków zaistnienia niekorzystnych zdarzeń [5]. Dla wykonawców budowlanych jest to istotne na etapie podejmowania decyzji udziału w postępowaniu o udzielenie zamówienia i zawierania kontraktu. To zagadnienie jest przedmiotem niniejszej pracy. Ogólnie chodzi o podejście do problemu oceny zagrożeń w realizacji zamówienia, ryzyka podjęcia się jego realizacji i możliwości oddziaływania na warunki kontraktowe w celu sprowadzenia ryzyka do akceptowanego poziomu. Istotnymi nowymi elementami podejścia do takiego zakresu problemowego są: sposób analizy zagrożeń i oceny ryzyka kontraktu oraz podejście do ustalania możliwości jego ograniczania.

2. Zagrożenia w realizacji zamówienia na wykonanie robót budowlanych

Najistotniejszymi elementami w analizie ryzyka realizacji przedsięwzięć są zagrożenia. Zagrożenia trzeba umieć

Rys. 1. Przyczyny powstawania strat w realizacji przedsięwzięć w branży drogowej – według rangi ważności, ze wskazaniem wpływu na realizację i częstość występowania (źródło: opracowanie własne)



identyfikować, oceniać ich źródła, oddziaływanie na cele przedsięwzięcia, określać możliwości im zapobiegania. Okazuje się, że w realizacji określonej działalności budowlanej zagrożenia można identyfikować na podstawie zrealizowanych już kontraktów budowlanych. Mają one aspekt powtarzalności zarówno w zakresie charakteru, jak i częstości występowania w danym rodzaju działalności budowlanej. Można więc z dużą dozą prawdopodobieństwa wykorzystać wiedzę ze zrealizowanych kontraktów do oceny oferowanych na rynku budowlanym zamówień na roboty budowlane. W celu identyfikacji zagrożeń w realizacji przedsięwzięć przeprowadzono badania ankietowe. Celem ich było ustalenie najważniejszych i najczęstszych przyczyn strat w realizacji przedsięwzięć budowlanych w branży drogowej. Badania przeprowadzono w 2020 roku z użyciem kwestionariusza internetowego, na grupie facebookowej „Sensowna Praca dla Inżynierów Budownictwa”; uzyskano 60 odpowiedzi.

Pierwsza część ankiety ukierunkowana była na wskazanie najważniejszej przyczyny powstawania strat w realizacji kontraktów. Ankietowani otrzymali listę 7 możliwych przyczyn powstawania strat, które oceniali pod względem wpływu na realizację kontraktu oraz częstości występowania. Przyczyny te, jako czynniki badanego zjawiska, zostały określone na podstawie doświadczenia zawodowego autorki badań i specjalistów pracujących w branży drogowej. Były to: wydarzenia losowe (np. złe warunki atmosferyczne), zła organizacja budowy, wzrost cen materiałów i robocizny, błędy projektowe, błędne założenia kalkulacyjne, nierzetelność podwykonawców, relacje z zamawiającym (tzn. jak przebiegała wcześniejsza współpraca).

Ocena odbywała się w dwóch krokach. W pierwszym etapie respondenci oceniali wpływ danego czynnika na realizację kontraktu, a następnie częstość jego występowania w trakcie realizacji kontraktu. Swoją opinię wyrażali liczbowo, stosując pięciostopniową skalę: 1 – nie wpływa (nigdy), 2 – mały wpływ (sporadycznie), 3 – średni wpływ (często), 4 – duży wpływ (bardzo często), 5 – bardzo duży wpływ (ciągle).

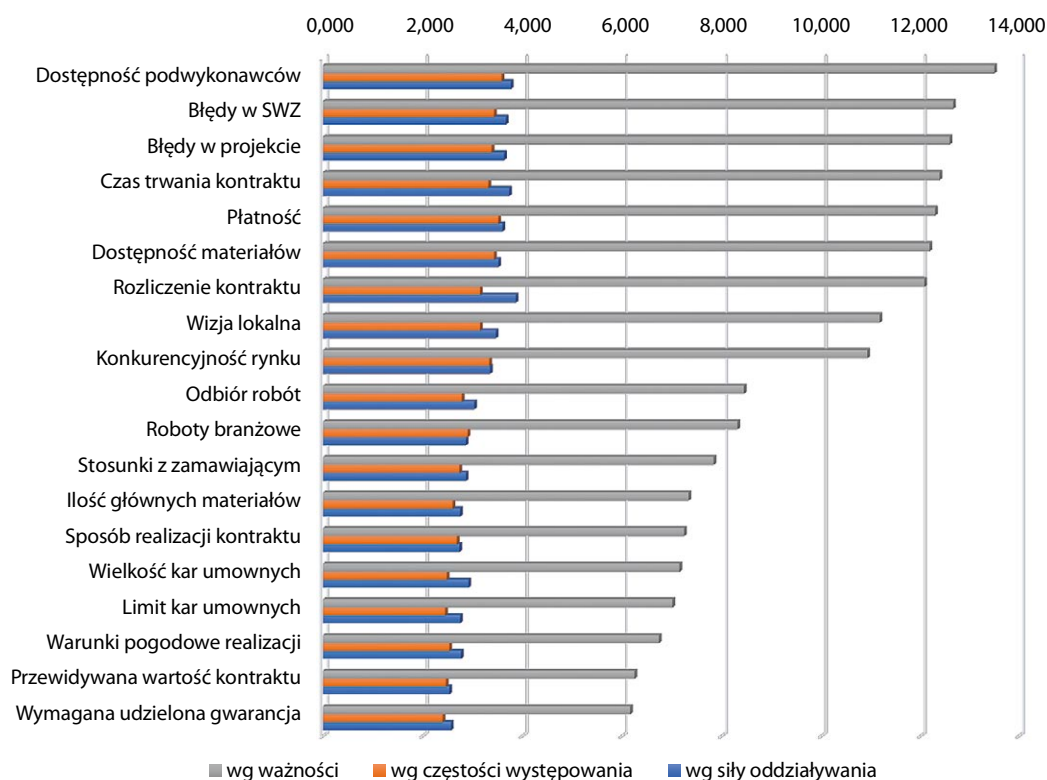
Analiza uzyskanych wyników, przy wykorzystaniu metodyki E. Roszkowskiej [6], pozwoliła określić rangę przyczyn powstawania strat ze względu na wpływ czynników na realizację kontraktu oraz częstość występowania. Określono również ważność danego czynnika (W) jako iloczyn średniej siły oddziaływania (SO) i średniej częstości występowania (C) danego czynnika [7]. Wyniki zostały zestawione na rysunku 1, według kryterium ważności.

Z rysunku 1 wynika, że według ankietowanych najważniejszą, a zarazem najczęstszą występującą i mającą największy wpływ na realizację kontraktu przyczyną są błędne założenia kalkulacyjne kosztów realizacji przedsięwzięć budowlanych. Jednocześnie warto zauważyć, że w opinii wykonawców wzrost cen ma większą ważność niż zła organizacja budowy. Istotny wzrost cen materiałów budowlanych i usług wykonawczych negatywnie wpływa na rentowność i płynność przedsiębiorstw budowlanych, bez względu na ich wielkość.

Druga część ankiety wskazała, jakie czynniki, możliwe do zidentyfikowania na etapie przygotowywania oferty (mogące być źródłem powstawania strat w realizacji przedsięwzięć budowlanych w branży drogowej) są najważniejsze. Badanym zaproponowano do oceny listę 19 czynników (źródeł zagrożeń). Ocena ta, podobnie jak w pierwszej części ankiety, odbywała się dwuetapowo. Dla poszczególnych czynników obliczono oceny średnie, które zostały zestawione na rysunku 2 i uszeregowane według kryterium ważności.

Z rysunku 2 wynika, że w opinii wykonawców budowlanych, można wyróżnić 9 najważniejszych źródeł zagrożeń możliwych do identyfikacji na etapie przetargu. Są to: dostępność podwykonawców, błędy w SWZ (specyfikacji warunków zamówienia) – w części dotyczącej opisu przedmiotu zamówienia, błędy w projekcie, czas trwania kontraktu, płatność (tylko końcowa lub możliwość odbiorów częściowych), wizja lokalna (czy się odbyła), konkurencyjność rynku. Po 9 pierwszych czynnikach następuje skokowy spadek ważności. Można więc uznać, że inne zagrożenia mają małą

Rys. 2. Źródła zagrożeń w realizacji przedsięwzięć w branży drogowej – według rangi ważności, ze wskazaniem ich wpływu na realizację i częstość występowania oraz siłę oddziaływania (źródło: opracowanie własne)



wagę i mogą nie być brane pod uwagę w ocenach ryzyka podjęcia kontraktów w branży drogowej.

Badania ankietowe wykazały również, że doświadczenia zawodowe osób ankietowanych znacznie się różnią. Zagrożenia dla realizacji kontraktu zależą od rodzaju robót, zakresu przedsięwzięcia i warunków określonych przez zamawiającego dla oferentów. Najważniejszą przyczyną strat podczas realizacji kontraktów w branży drogowej okazały się bowiem błędne założenia kalkulacyjne.

3. Ocena ryzyka

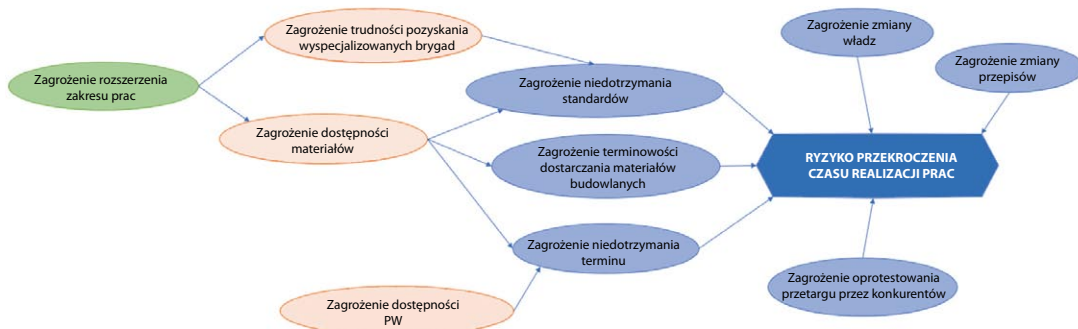
W literaturze i praktyce występują różne metody i techniki analizy ryzyka – jakościowe, ilościowe, w tym także statystyczne, jak i informatyczne, wspomagające wykorzystanie metod ilościowych i jakościowych [8]. Niezależnie od zastosowanej metody zadaniem analityka jest przede wszystkim ocena prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia i ustalenie wielkości (siły) oddziaływania jego wystąpienia. Siłę oddziaływania należy rozumieć jako siłę wpływu zagrożenia

na cel – podobnie będzie traktowana siła oddziaływania w proponowanym modelu.

W pracy przedstawia się koncepcję modelu i algorytmu klasyfikowania końcowego efektu wpływu zagrożeń zidentyfikowanych w kontrakcie na określone ryzyko. Przykładowymi mogą być: ryzyko przekroczenia kosztów lub czasu realizacji kontraktu o określoną wartość, a także ryzyko niedotrzymania pożądanej jakości robót, skutkujące widmem przeprowadzenia napraw gwarancyjnych w określonej kwocie. Te trzy ryzyka – kosztowe, harmonogramowe i jakościowe były przedmiotem różnych opracowań [9, 10, 12]. W proponowanym przez autorów modelu problemu przyjęto jednak, w odróżnieniu od większości modeli literaturowych, że na etapie planowania kontraktu (jak i jego realizacji) potencjalne zagrożenia mogą występować niezależnie (samodzielnie), jak również mogą być częściowo zależne od siebie, tj. jedno zagrożenie może być źródłem wystąpienia kolejnego. Dobrze obrazuje to tzw. mapa zagrożeń (rys. 3).

Budowanie dynamicznych map do analizy ryzyka w procesie budowlanym było już opisywane w literaturze [11, 12],

Rys. 3. Mapa zagrożeń wpływających na ryzyko przekroczenia czasu realizacji prac



gdzie autorzy zaprezentowali model relacji między zagrożeniami, pojawiającymi się w trakcie realizacji procesu budowlanego, wskazując przy tym zagrożenia, które wzajemnie się wzmacniają i osłabiają. W proponowanym w niniejszym artykule modelu, model analizy ryzyka przyjmuje postać grafu – sieci, której wierzchołkami są zagrożenia, a łukami – oddziaływania między nimi. Relacja pomiędzy dwoma wierzchołkami sieci (zagrożeniami) i oraz j nazywana będzie siłą oddziaływania zagrożenia i na zagrożenie j , i oznaczać się ją będzie jako IF_{ij} . W modelu tym analizowane są wyłącznie relacje „wzmacniające” zagrożenia względem siebie (por. rys. 3).

W teorii zarządzania ryzykiem, dla prawdopodobieństwa i skutku (siły) oddziaływania zagrożenia przyjmowana jest zazwyczaj dyskretna skala ocen, np. 1–3, 1–5, 1–10. Podobnie w rozpatrywanym modelu, siła oddziaływania przyjmuje wartości w skali 1–3 i docelowo będzie przypisywana przez menadżera kontraktu zgodnie z opracowywaną przez autorów metodyką wartościowania.

• Każdy z wierzchołków i sieci charakteryzuje się prawdopodobieństwem wystąpienia zagrożenia TL_i , które ma dwie składowe:

- prawdopodobieństwo własne wystąpienia TLO_i ,
- „wzmocnienie” wskutek wystąpienia zagrożeń poprzedzających rozpatrywane zagrożenie TLP_i .

Obie składowe wartościuje się osobno w skali 1–3 i sumuje, co oznacza, że całkowite prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia może przyjmować wartość 1–6:

$$TL_i = TLO_i + TLP_i \quad (1)$$

Prawdopodobieństwo własne wystąpienia zagrożenia (TLO_i) określa menadżer kontraktu – ekspert, którego zadaniem jest rozpoznanie warunków realizacji danego kontraktu, np. sytuacji na rynku pracy, dostępności materiałów, podwykonawców, uwarunkowań formalnoprawnych kontraktu itp. Metodyka wartościowania tego prawdopodobieństwa będzie stanowić przedmiot dalszych badań. Z kolei „wzmocnienie” prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia i stanowi pochodną sił oddziaływania IF_{pi} i prawdopodobieństw wystąpienia zagrożeń poprzedzających TL_p rozpatrywane zagrożenie, zgodnie ze wzorem:

$$TLP_i = \begin{cases} 0, & \text{jeżeli } \{P_i\} = \emptyset \\ 1, & \text{jeżeli } \frac{\sum_{p \in \{P_i\}} TL_p \cdot IF_{pi}}{3 \cdot 6 \cdot \text{card } \{P_i\}} < \frac{1}{3} \\ 2, & \text{jeżeli } \frac{1}{3} \leq \frac{\sum_{p \in \{P_i\}} TL_p \cdot IF_{pi}}{3 \cdot 6 \cdot \text{card } \{P_i\}} < \frac{2}{3} \\ 3, & \text{jeżeli } \frac{\sum_{p \in \{P_i\}} TL_p \cdot IF_{pi}}{3 \cdot 6 \cdot \text{card } \{P_i\}} \geq \frac{2}{3} \end{cases} \quad (2)$$

gdzie $\{P_i\}$ to zbiór zagrożeń bezpośrednio poprzedzających rozpatrywane zagrożenie i .

Analiza zagrożeń za pomocą mapy ryzyka stanowi szkielet systemu doradczego, mającego na celu wspomóc menadżera kontraktu w określeniu, jak duże (w skali 3-stopniowej) jest prawdopodobieństwo, że dane ryzyko wystąpi podczas potencjalnej realizacji analizowanego kontraktu. Ostateczny poziom tego ryzyka określa zależność:

$$R = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } \frac{\sum_{p \in \{P_r\}} TL_p \cdot IF_{pr}}{3 \cdot 6 \cdot \text{card } \{P_r\}} < \frac{1}{3} \\ 2, & \text{jeżeli } \frac{1}{3} \leq \frac{\sum_{p \in \{P_r\}} TL_p \cdot IF_{pr}}{3 \cdot 6 \cdot \text{card } \{P_r\}} < \frac{2}{3} \\ 3, & \text{jeżeli } \frac{\sum_{p \in \{P_r\}} TL_p \cdot IF_{pr}}{3 \cdot 6 \cdot \text{card } \{P_r\}} \geq \frac{2}{3} \end{cases} \quad (3)$$

gdzie: $\{P_r\}$ – to zbiór zagrożeń bezpośrednio oddziałujących na rozpatrywane ryzyko.

4. Koncepcja metody ograniczania ryzyka

Celem określenia możliwości ograniczania ryzyka w potencjalnym ofertowaniu do zamówienia na roboty budowlane można określić sposoby ograniczania zagrożeń i rodzajów ryzyka w procesie realizacji kontraktu budowlanego. Zagrożenia to zidentyfikowane możliwe zdarzenia w przygotowaniu, realizacji i rozliczaniu kontraktu – w sytuacji wyboru złożonej oferty przez zamawiającego.

Na zbiorze elementów zagrożeń (zbiór T) powinny być określone programy ograniczenia zagrożeń. Przyjmijmy, że tworzą one zbiór $R = \{r_j; j = 1, 2, \dots, m\}$ (reduction). Programy dotyczą konkretnych działań, które można podjąć w celu wyeliminowania określonych zagrożeń. Każdy z programów ustala zbiór zagrożeń, które zostaną ograniczone w wyniku jego przeprowadzenia. Każdy program ma określony koszt realizacji $C = \{c_j; j = 1, 2, \dots, m\}$ (cost). Istotą problemu jest wyznaczenie optymalnych zbiorów programów ograniczenia zagrożeń w zdefiniowanych przekrojach zbioru T .

Model problemu jest następujący. Dla każdego zbioru $T_o \subset T$, stanowiącego przekrój zbioru T , należy określić zbiory programów $R_w \subset R$ wystarczające do pokrycia swoim oddziaływaniem zbioru T_o i ustalić taki zbiór programów, który spełnia kryterium minimalizacji sumy kosztów programów R_w , określone w sposób następujący:

$$\begin{aligned} R_{opt} &= R^*: C(R^*) = \min_{R_w \subset \varphi} C(R_w), \\ \varphi &= \{R_w; R_w \subset R, w = 1, 2, \dots, z\}, \\ z &= \sum_{k=1}^r \frac{r!}{(r-k)!}; r = |R| \end{aligned} \quad (4)$$

gdzie: R_w – zbiór kombinacji programów wystarczających do pokrycia swoim oddziaływaniem zbioru T_o ; $C(R_w)$ – koszt programów R_w .

Metoda rozwiązania tego problemu wykorzystuje algorytm wyznaczania minimalnych pokryw w grafie skierowanym utworzonym z zagrożeń i programów ich ograniczania. Stosując ten algorytm, wyznacza się kombinacje programów ograniczania zagrożeń, wystarczające do wyeliminowania zbioru T_o . Algorytm wyznaczania minimalnych pokryw w grafie wymaga stosowania algebry Boole'a, co jest dosyć uciążliwe bez odpowiedniego oprogramowania. Opracowany przez autorów program komputerowy przekształcający wyrażenie alternatywno-koniunkcyjne do postaci nieredukowalnej sumy Boolowskiej (*mfa*) znakomicie usprawnia tego typu analizy.

Przykład

Dla określonego zbioru zagrożeń $T_o = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_8\}$, określono 6 programów ich ograniczania. Macierz identyfikująca możliwości ograniczenia zagrożeń w poszczególnych programach jest przedstawiona w tabeli 1.

Tabela 1. Model programów ograniczania zagrożeń w badanym kontrakcie (przykład)

Programy ograniczania zagrożeń i ich koszty		Zagrożenia i binarna macierz oddziaływania programów na zagrożenia							
R	C	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8
r_1	c_1	1	0	1	1	0	0	0	1
r_2	c_2	0	1	0	1	0	1	0	0
r_3	c_3	1	1	1	0	0	0	0	1
r_4	c_4	1	1	1	1	0	0	1	0
r_5	c_5	0	0	0	0	1	1	1	1
r_6	c_6	0	0	1	0	0	1	0	0

Stosując algorytm wyznaczania minimalnych pokryw w grafie, wyznaczamy kombinacje programów ograniczania zagrożeń, wystarczające do ograniczenia wszystkich zagrożeń (elementów badanego zbioru T_o). Są to w przykładzie kombinacje: r_4 i r_5 lub r_1 i r_2 i r_5 lub r_1 i r_3 i r_5 lub r_2 i r_3 i r_5 . Ostateczny wybór programów do zastosowania w danym zamówieniu następuje po przeanalizowaniu kosztów kombinacji programów.

5. Podsumowanie

Nie wszystkie przedsiębiorstwa posiadają strategię lub modele decyzyjne, ułatwiające eliminację nieoczekiwanych działań wpływających na powstawanie ryzyka. W efekcie większość przedsiębiorstw działa w sytuacji kryzysowej. Z tego powodu ważne jest stworzenie narzędzia

decyzyjnego dla przedsiębiorstw działających w określonej branży budownictwa, które już na etapie przygotowywania oferty w postępowaniu o udzielenie zamówienia da odpowiedź potencjalnemu wykonawcy, czy dane przedsięwzięcie będzie dla niego ryzykowne, jak dużym ryzykiem będzie obciążona realizacja danego kontraktu, a także odpowiedź, jakim rodzajem zagrożenia obciążone jest przedsięwzięcie. Bowiern tylko pomyślny przebieg przedsięwzięcia gwarantuje wykonawcom zadań budowlanych zwrot z zyskiem poniesionych kosztów zaangażowania zasobów.

W ramach prac nad przedstawioną koncepcją zostanie opracowany system doradczy dla przedsiębiorstw branży drogowej (każda działalność w budownictwie cechuje się różnymi zagrożeniami), wspomagający przedsiębiorców w analizie ryzyka realizacji kontraktu. W przygotowaniu tego narzędzia zostaną wykorzystane wiedza i dane uzyskane od ekspertów, z analizy zrealizowanych kontraktów, własnego doświadczenia zawodowego autorów oraz dyskusji ze specjalistami pracującymi w branży drogowej. Aby poznać odpowiedź, czy dane przedsięwzięcie jest ryzykowne, jak duże jest ryzyko powstania strat oraz jakie zagrożenia mogą wystąpić w trakcie realizacji przedsięwzięcia i co można przedsięwziąć w celu zmniejszenia ryzyka, potrzebne są bardzo różne, wieloaspektowe informacje.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Marcinek K., Ryzyko projektów inwestycyjnych, Prace Naukowe, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice, 2001, str. 219
- [2] Kasprowicz T., Ryzyko i niepewność zadań inżynierijno-budowlanych o strukturze deterministycznej, XLIII Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Politechnika Poznańska, Poznań – Krynica, 1997
- [3] Trzeciak M., Spalek S., Zarządzanie ryzykiem w ramach metodyk tradycyjnych oraz zwinnych w zarządzaniu projektami, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Organizacja i Zarządzanie z. 93, nr kol. 1957, 2016
- [4] Moore P. G., Ryzyko w podejmowaniu decyzji, PWE, Warszawa 1975, str. 15
- [5] Stępień P., Zarządzanie ryzykiem projektów, Zarządzanie i Rozwój 9/2001
- [6] Roszkowska E., Rank Ordering Criteria Weighting Methods – a Comparative Overview, Optimum. Studia ekonomiczne 5(65)2013, str. 14–33
- [7] Jaśkowski P., Biruk S., Analiza czynników ryzyka czasu realizacji przedsięwzięć budowlanych, Czasopismo Techniczne, R. 107, z. 1-B/2010, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2010, str. 157–166
- [8] Szczepankiewicz E. I., Wykorzystanie punktowej metody oszacowania ryzyka operacyjnego w instytucjach finansowych, Studia Ekonomiczne, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach 298/2016, str. 100–114
- [9] Rybka I., Bondar-Nowakowska E., Zastosowanie macierzy reagowania na ryzyko w projektach systemów kanalizacyjnych, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 13/2010, str. 145–155
- [10] Połoniński M., Pruszyński K., Problematyka ryzyka w projektowaniu realizacji robót budowlanych (cz. 1), Przegląd Budowlany 11/2006, str. 46–50
- [11] Wan J., Liu Y., A System Dynamics Model for Risk Analysis during Project Construction Process, Open Journal of Social Sciences 2/2014, str. 451–454
- [12] Wang J., Yuan H., System Dynamics Approach for Investigating the Risk Effects on Schedule Delay in Infrastructure Projects, Journal of Management in Engineering 33(1)2017

Wspomaganie zarządzania kolejowymi przedsięwzięciami budowlanymi z wykorzystaniem metody RMRF

Mgr inż. Jan Kowalski, dr hab. inż. Mieczysław Połoński, dr inż. Marzena Lendo-Siwicka,
Instytut Inżynierii Lądowej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, SGGW w Warszawie

1. Wprowadzenie

W niedalekiej przyszłości fundusze unijne przeznaczone na poprawę infrastruktury krajów członkowskich przestaną być kierowane do Polski, a zostaną skierowane do innych krajów np. bałkańskich. Polska, z roli obecnego adresata pomocy Unii Europejskiej, stanie się współfinansującym projekty w tamtych krajach. Jednocześnie możliwości finansowania inwestycji w kraju ze strony PKP PLK S.A., jako jedyne go znaczącego inwestora, mogą zostać mocno ograniczone. Już dzisiaj należy tworzyć wartość dodaną polskich firm, aby były one w stanie nie tylko przetrwać na krajowym rynku inwestycyjnym, ale aktywnie uczestniczyć w realizacji inwestycji, również kolejowych, w innych częściach Europy czy świata. Nie można dopuścić do sytuacji, w której międzynarodowe firmy budowlane zakończą działalność w Polsce, przeniosą się w inne miejsca, a krajowe firmy wykonawcze nie posiadając odpowiedniego potencjału technologicznego, finansowego czy logistycznego zostaną sprowadzone wyłącznie do roli ich podwykonawców czy dostawców, bez możliwości ubiegania się o własne, duże kontrakty infrastrukturalne. Dlatego, chcąc budować infrastrukturę kolejową użytkowaną w perspektywie najbliższych kilkudziesięciu lat, trzeba umieć planować ich realizację z uwzględnieniem zagrożeń, jakie podczas realizacji tych inwestycji mogą wystąpić i odpowiednio się przygotować do przeciwdziałania w razie ich wystąpienia [13]. Warto również podkreślić, że planowanie i realizacja obiektów kolejowych ma swoją specyfikę, która przynajmniej częściowo nie dotyczy tylko robót realizowanych w warunkach polskich, ale występuje również w innych krajach [1, 2, 3, 4, 6, 10, 11, 15, 16].

W obecnych czasach, kiedy terminy realizacji przedsięwzięć budowlanych są bardzo napięte, trudno sobie wyobrazić planowanie przedsięwzięć bez pomocy specjalnie dedykowanych w tym zakresie programów komputerowych. Jako podstawowe narzędzia z dziedziny wspomaganie i zarządzania można wskazać m.in. programy: Microsoft Project 2019, Product Based Planner 2.2 firmy P2Ware, SmartWorks Project Planner 4.7 firmy Accord Software & Systems oraz

darmowe: GanttProject 2.0 (rozwijane na zasadzie licencji GPL) i Open Workbench 1.1.4 GA [5].

Każde oprogramowanie ma swoje zalety oraz wady. Co istotne, program, który wydaje się najlepszym narzędziem do danego typu przedsięwzięć, może się okazać niedostateczny dla innych typów inwestycji lub nie być akceptowany przez inwestora. Można zatem powiedzieć, że wybór najlepszego narzędzia dla danego użytkownika jest zależny od takich czynników, jak typ przedsięwzięć, koszty programu, a także subiektywnych upodobań użytkownika. Okazuje się, że bardzo często użytkownicy danego typu oprogramowania przy wyborze programu kierują się w równym stopniu funkcjonalnością programu, jak i budową interfejsu użytkownika, od którego zależy m.in. łatwość obsługi tego oprogramowania czy dostępność odpowiednich funkcji [5].

Niemniej jednak wybór dowolnego programu nie daje dotychczas użytkownikowi możliwości wykorzystania właściwych baz danych w zakresie rzeczywistych czynników ryzyka, jakie występują podczas ich realizacji.

W związku z tym, że cały czas poszukuje się w miarę prostej, możliwej do aplikacji w praktyce budowlanej metody zarządzania ryzykiem wykonawczym, autorzy prezentują w pracy kompleksową, autorską metodę pozwalającą wiarygodnie planować inwestycje kolejowe z uwzględnieniem specyfiki tych robót występujących na terenie Polski. Uwzględnia ona wpływ potencjalnych, zidentyfikowanych i sklasyfikowanych wcześniej zagrożeń [8, 9, 12, 13].

2. Metoda oceny ryzyka

Metoda RMRF (Railway Matrix of Risk Factors) jest autorską oryginalną metodą szczegółowo opisaną w źródle [7].

Podstawowym założeniem było opracowanie metody możliwie skutecznej, a jednocześnie w miarę prostej, której implementacja w trakcie realizacji dużych przedsięwzięć kolejowych nie będzie wymagała gromadzenia zbyt licznych danych i zaawansowanych obliczeń. Przy użyciu zaproponowanej metody wpływ zidentyfikowanych czynników ryzyka na realizację przedsięwzięcia kolejowego może być oceniany

zarówno z punktu widzenia inwestorów, jak i wykonawców robót. Ocena ryzyka dotyczy formuł realizacji kontraktu Projektuj lub Buduj oraz Projektuj i Buduj. Generalne założenie metody polega na korelacji zidentyfikowanych wcześniej przez autorów w skali kraju zagrożeń występujących podczas realizacji inwestycji kolejowych ze specyfiką i warunkami wykonania nowo planowanych inwestycji. Autorzy mają świadomość wprowadzonych w proponowanej metodzie uproszczeń, ponieważ metoda z założenia jest kompromisem pomiędzy kompleksową, metodologiczną analizą danych a praktyczną (w miarę prostą i logiczną) możliwością implementacji metody w trakcie trwania przedsięwzięcia budowlanego. Proponowana metoda jest również w pewnym sensie metodą modułową, ponieważ została zaprojektowana w taki sposób, aby w przyszłości, gdy zmieni się układ czynników ryzyka, była możliwa ich ponowna ocena (ilościowa i jakościowa), a wypracowany podstawowy schemat metody pozostał bez zmian (rys. 1). Warto podkreślić, że już w obecnej wersji metody można uwzględnić dodatkowe czynniki ryzyka niewystępujące w podstawowej bazie danych, a wynikające ze specyfiki planowania konkretnej inwestycji kolejowej.

Model ideowy metody (rys. 1) przedstawia kolejne kroki obliczeniowe przypisane do dwóch głównych bloków. Pierwszy z nich to blok stały (analiza ilościowa), niepodlegający zmianom w trakcie jej wdrażania. Zawarte są w nim najważniejsze, zidentyfikowane na podstawie prowadzonych przez autorów badań czynniki ryzyka oraz ich wstępna ocena ilościowa. Drugi blok jest zmienny (analiza jakościowa) i przyjmowane w nim oceny zagrożeń w znacznym stopniu zależą od decyzji menedżera tworzącego harmonogram konkretnego przedsięwzięcia budowlanego. W proponowanej metodzie głównymi przesłankami do jakościowej oceny parametrów w tym bloku jest szczegółowa analiza dokumentacji kontraktowej, rozpoznanie warunków, w jakich będzie realizowana planowana inwestycja, i realistyczna ocena potencjalnych czynników ryzyka, wykonywana przez zespół realizacyjny [7].

Ostatecznie użytkownik dokonuje kompleksowej oceny wpływu każdego czynnika ryzyka zidentyfikowanego przez autora metody na kontrakt i ich korelacji z poszczególnymi zadaniami zawartymi w strukturze WBS harmonogramu. Menedżer zakłada również, czy konkretne, zidentyfikowane zagrożenie będzie wpływać bezpośrednio na czas i/lub koszt rzeczywistych zadań harmonogramu, a poprzez zadania sumaryczne struktury WBS na cały harmonogram.

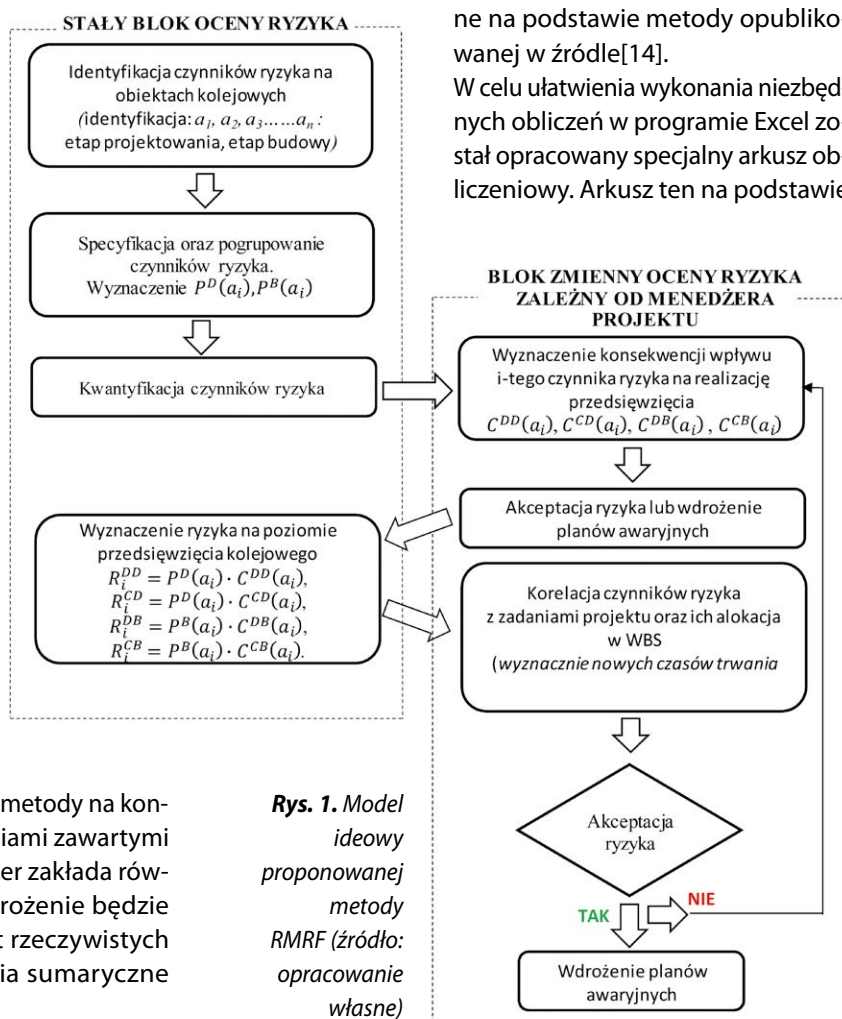
Taki sposób identyfikacji wpływu poszczególnych czynników ryzyka na kolejne zadania wymaga pewnego nakładu pracy zespołu planującego roboty, jednak jest konieczny, jeżeli próbuje się uwzględnić realne ryzyko realizacji planowanej inwestycji.

Metoda według propozycji autorów przez szczegółową korelację poszczególnych czynników ryzyka z właściwymi podzadaniami struktury WBS pozwoli określić możliwie najbardziej prawdopodobne terminy zakończenia i/lub koszty poszczególnych etapów robót i całego przedsięwzięcia budowlanego. Ostatnim krokiem w proponowanej metodzie jest transformacja przeprowadzonej kwantyfikacji ryzyka do programu wspomagającego proces harmonogramowania. Dane w zakresie nowych czasów trwania dla poszczególnych zadań w strukturze WBS, które zostały zdefiniowane w arkuszu kalkulacyjnym Excel, należy następnie przenieść do programu wspomagającego proces harmonogramowania (MS Project).

Metoda nie ingeruje w strategię wdrażania planów awaryjnych. Opracowanie takich planów i ich wdrażanie autorzy pozostawiają w gestii personelu wykonawcy, inżyniera kontraktu czy inwestora.

Połączenie alokacji czynników ryzyka ze strukturą WBS harmonogramu zostało opracowane na podstawie metody opublikowanej w źródle [14].

W celu ułatwienia wykonania niezbędnych obliczeń w programie Excel został opracowany specjalny arkusz obliczeniowy. Arkusz ten na podstawie



Rys. 1. Model ideowy proponowanej metody RMRF (źródło: opracowanie własne)

danych zdefiniowanych przez użytkownika oblicza procentowy indeks wagowej oceny poszczególnych czynników ryzyka. Szczegółowy opis arkusza obliczeniowego zostanie podany w późniejszych publikacjach.

3. Podsumowanie

Każde przedsięwzięcie budowlane jest inne od poprzednich, a zagrożenia, jakie mogą wystąpić podczas ich realizacji, są trudne do przewidzenia. Dlatego ciągle poszukuje się nowych metod oceny i kwantyfikacji ryzyka. Dotyczy to również inwestycji kolejowych, które zazwyczaj realizowane są w bardzo trudnych warunkach, przy występowaniu licznych ograniczeń technicznych, technologicznych i organizacyjnych. Obecnie stosowane programy komputerowe, wspomagające analizę ryzyka, są złożone, drogie i wymagają podania danych, które często są trudno dostępne lub mało wiarygodne.

Wiele obecnie praktykowanych metod opiera się na analizach wyłącznie finansowych, zapominając o ryzyku technicznym. Należy jednak pamiętać, że biorąc pod uwagę różną specyfikę inwestycji, nie ma jednej właściwej metody oceny ryzyka w trakcie ich planowania i realizacji. Zaletą proponowanej metody jest wiarygodna baza danych w zakresie zidentyfikowanych zagrożeń. Baza ta może być jednak w przyszłości rozbudowywana i dzięki temu można modyfikować część ilościową RMRF, bez konieczności modyfikacji samej metody.

Proponowana metoda nie obejmuje strategii zmniejszenia ryzyka. Autorzy pozostawiają te kwestie menedżerom projektów. Autorzy nie nakładają żadnych ograniczeń w zakresie wdrażania strategii zmniejszania ryzyka w danym przedsięwzięciu, a jedynie wskazują, że użytkownik metody może dokonywać akceptacji pewnych czynników ryzyka lub powrócić do ich oceny.

Warto zauważyć, że zaproponowana metoda oceny ryzyka na przebieg inwestycji może być również użyta w odniesieniu do innych typów obiektów, np. hydrotechnicznych czy drogowych. Warunkiem jej zastosowania jest opracowanie właściwej do specyfiki tych obiektów bazy ryzyka oraz jej wstępne skwantyfikowanie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Abisuga A. O., Olatunji A. A., Amusu O., Salvador K., Construction Delay in Nigeria: Perception of Indigenous and Multinational Construction Firms, *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences* 5(3)2014, str. 371–378
- [2] Chan D., Kumaraswamy M., A Comparative Study of Causes of Time Overruns in Hong Kong Construction Projects, *International Journal of Project Management* 15/1997, str. 55–63
- [3] Faridi, Arshi, Sameh El-Sayegh. Significant Factors Causing Delay in the UAE Construction Industry, *Construction Management and Economics* 24(11)2006, str. 116–117
- [4] Frimpong, Yaw, Oluwoye J., Crawford L., Causes of Delay and Cost Overruns in Construction of Groundwater Projects in a Developing Countries; Ghana as a Case Study, *International Journal of Project Management* 21/2003, str. 321–326
- [5] Handzel Z., Narzędzia do projektowania i analizowania przedsięwzięć, 2007, str. 95–108 [w:] Komputer – człowiek – prawo: księga pamiątkowa Wydziału Zarządzania i Komunikacji Społecznej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Kraków: Wydział Zarządzania i Komunikacji Społecznej: Instytut Spraw Publicznych
- [6] Kaliba, Chabota, Mundia Muya, Kanyuka Mumba, Cost Escalation and Schedule Delays in Road Construction Projects in Zambia, *International Journal of Project Management* 27/2009, str. 522–531
- [7] Kowalski J., Harmonogramowanie inwestycji kolejowych w Polsce z uwzględnieniem ryzyka w trakcie ich realizacji (Rozprawa doktorska), Warsaw University of Life Sciences, 2021
- [8] Kowalski J., Połowski M., Identification of Risk Investment Using the Risk Matrix on Railway Facilities, *Open Engineering* 8(1)2018, str. 506–512
- [9] Kowalski J., Połowski M., Identyfikacja ryzyka wynikającego z wpływu interesariuszy na realizację inwestycji kolejowych w Polsce, *ACTA SCIENTIARUM POLONORUM – Architectura Budownictwo* 16(4)2017, str. 83–92
- [10] Mezher, Toufic, Tawil Wissam, Causes of Delays in the Construction Industry in Lebanon, *Engineering, Construction and Architectural Management* 5/1998, str. 252–260
- [11] Ogunlana S., Promkuntong K., Jearkijrm V., Construction Delays in a Fast-Growing Economy: Comparing Thailand with Other Economies, *International Journal of Project Management* 14(1)1996, str. 35–45
- [12] Połowski M., Kowalski J., Problemy na etapie uzgadniania dokumentacji projektowej inwestycji kolejowych realizowanych z zastosowaniem warunków kontraktowych FIDIC, *Materiały Budowlane*, 6/2016, str. 162–163
- [13] Połowski M., Kowalski J., The Identification of Hazards Concerning the Character of Construction Works on Railway Sites in Poland., *Technical Transactions Civil Engineering* 5/2017, str. 47–56
- [14] Skorupka D., Metoda identyfikacji i oceny ryzyka realizacji przedsięwzięć budowlanych (Rozprawa habilitacyjna), edited by Z. Kowalczyk and R. Marcinkowski, Warszawa, Wojskowa Akademia Techniczna, 2007
- [15] Sweis, Ghaleb, Rateb Swies, Ayman Abu Hammad, Al Shboul, Delays in Construction Project: Case of Jordan, *International Journal of Project Management* 28/2008, str. 665–674
- [16] Wang L., Yaqi L., Wang E., Research on Risk Management of Railway Engineering Construction, 2011, str. 174–180 [w:] International Conference on Risk and Engineering Management

**Serdecznie zapraszamy autorów
do publikowania
w „Przeglądzie Budowlanym”**

Za publikację w miesięczniku „Przegląd Budowlany” uzyskuje się 5 punktów

Myślenie systemowe w proaktywnym podejściu do planowania przedsięwzięć budowlanych w warunkach ryzyka

Dr inż. Grzegorz Śladowski, Politechnika Krakowska

1. Wprowadzenie

Mimo świadomości planistów o braku możliwości pozyskania dokładnych informacji o podstawowych parametrach (czasów i kosztów realizacji zadań) planowanego przedsięwzięcia, a także warunkach jego przyszłej realizacji w tradycyjnym podejściu do planowania przedsięwzięć budowlanych nadal dominuje podejście reaktywne i zdeintegrowane [1]. Wykorzystywane do modelowania przedsięwzięć tzw. sieci zadaniowe oraz podstawowe metody ich analizy, takie jak CPM, PERT, GERT itd. nie są wystarczające do efektywnego planowania i oceny wydajności złożonych przedsięwzięć. Podejścia te nie odzwierciedlają w pełni charakteru takich systemów i zachodzących w nich współzależności zarówno technicznych [2], jak i tych społecznych, wynikających z interakcji pomiędzy uczestnikami przedsięwzięć w ramach wymiany potrzebnych informacji [3]. Pełne modelowanie struktury złożonych systemów, analiza ich dynamicznych zachowań i w konsekwencji identyfikacja ich emergentnych właściwości są więc kluczowe w proaktywnym podejściu do planowania przedsięwzięć budowlanych w warunkach ryzyka.

2. Ryzyko w planowaniu przedsięwzięć budowlanych

Trudności w osiągnięciu planowanego budżetu i terminu realizacji przedsięwzięcia często są związane z wysokim poziomem ryzyka, które towarzyszy takim realizacjom. Ryzyko wywodzi się z języka staro włoskiego (*risicare*) i oznacza „odważyć się”, co raczej należy kojarzyć je z podejmowaniem decyzji, a nie z nieuchronnym przeznaczeniem [4]. W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele definicji ryzyka, lecz z większości z nich wynika, że w odróżnieniu od niepewności sensu stricto można go zmierzyć. Planowanie przedsięwzięć budowlanych w warunkach ryzyka uwzględnia trzy zasadnicze etapy: identyfikację czynników ryzyka, jego ocenę oraz reakcję na nie [5]. Identyfikacja czynników ryzyka może być dokonywana z poziomu makro- i mikrootoczenia oraz samego przedsięwzięcia [6], a czynniki te mogą przyjmować charakter prawny, ekono-

miczny, techniczny czy też organizacyjny [7]. Ważną cechą ryzyka jest jego podmiotowość, co oznacza, że identyfikacja konkretnych czynników ryzyka jest zależna od interesariuszy (inwestora projektanta, wykonawcy itd.) [8]. Zasadniczo ocena wpływu ryzyka na przedsięwzięcie opiera się o tzw. miarę ryzyka, która zgodnie z poniższą formułą łączy prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia z jego skutkami, jakie ono powoduje [9].

$$R = f(P, W) \quad (1)$$

gdzie:

P – prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia, W – wpływ zdarzenia na przedsięwzięcie.

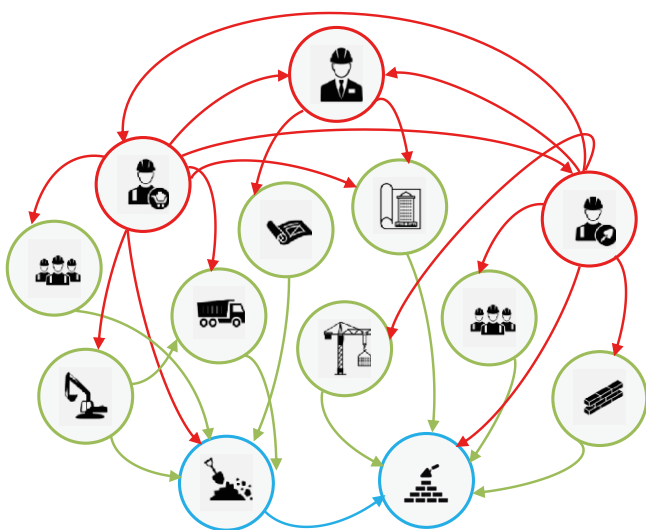
Reakcja na ryzyko nie powinna wiązać się z akceptacją negatywnych jego skutków, a raczej skupiać się na sposobach jego unikania, redukcji czy też przeniesieniu na inne podmioty [5, 6].

W literaturze przedmiotu zwraca się jednak uwagę, że w klasycznym podejściu do analizy jakościowej i ilościowej ryzyka nie uwzględnia się złożoności badanego przedsięwzięcia oraz jego emergentnych właściwości, które są rodzajem odpowiedzi systemu na wpływ ryzyka [2, 10].

3. Przedsięwzięcie budowlane to system złożony

Przedsięwzięcie budowlane to złożony, otwarty system organizacyjny o tymczasowym charakterze [2]. Zgodnie z ogólną teorią systemów [11, 12] przedsięwzięcie budowlane należy rozumieć jako zbiór powiązanych elementów (zadania, ludzie, maszyny, materiały i wiedza) zorientowanych na osiągnięcie konkretnego celu (rys. 1).

W ujęciu systemowym całość przedsięwzięcia jest czymś więcej niż tylko sumą jego elementów, a zrozumienie zachowania złożonego systemu wyłącznie w oparciu o badania jego zdekomponowanych pojedynczych elementów nie jest możliwe. Zmiany w strukturze powiązań systemu z reguły przekładają się na zmianę jego zachowania, a występujące tzw. sprzężenia zwrotne powodują, że skutek danego zachowania jest jednocześnie jego przyczyną [13]. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na fakt, że działanie wielu



Rys. 1. Schemat ideowy złożonego systemu, jakim jest przedsięwzięcie budowlane (źródło: opracowanie własne)

systemów w tym przedsięwzięć budowlanych opiera się na przepływie informacji, która spaja system [12]. Złożoność przedsięwzięcia budowlanego jako systemu to złożoność zawartych w nim szczegółów (ang. *detail complexity*), która wynika z jego struktury i nie jest zależna od czasu oraz złożoność dynamiczna (ang. *dynamic complexity*), będąca efektem zachowań operacyjnych systemu ewoluujących w czasie. Złożoność systemu powoduje, że zmiana w jednym miejscu w systemie (spowodowana np. czynnikami ryzyka) może poprzez jej propagację prowadzić do powstania dodatkowych nieprzewidzianych zakłóceń w innej jego części. Ważnymi cechami złożonych systemów są ich emergentne właściwości, które są efektem współzależnych i dynamicznych relacji pomiędzy elementami zawierającymi się w tych systemach [10]. W literaturze przedmiotu zidentyfikowano wiele emergentnych właściwości systemu [14], jednak te najbardziej istotne z perspektywy oceny ryzyka przedsięwzięć budowlanych to: podatność, zdolność adaptacyjna i w konsekwencji odporność systemu [10].

4. Odporność systemowa

Zhang [15] zwrócił uwagę na konieczność oceny podatności systemu (ang. *project vulnerability*) jako ważnej jego cechy w analizie ryzyka. Podatność systemu charakteryzuje jego zdolność do reakcji na czynniki ryzyka. Im niższa podatność, tym lepiej system radzi sobie z ryzykiem. Podatność systemu zależy od jego elementów (np. zadań do wykonania, dostępnych zasobów itp.) i relacji między nimi (np. przydział zasobów do zadań, komunikacja między uczestnikami przedsięwzięcia itp.), których charakter może wpływać na rodzaj i wielkość potencjalnych zakłóceń spowodowanych czynnikami ryzyka. Podatność to cecha wewnętrzna złożonych systemów i ma znaczenie dopiero w sytuacji zagrożenia [15]. Zmniejszenie

wpływu ryzyka na przedsięwzięcie nie zmieni podatności tego przedsięwzięcia [16]. Przykładowo, ubezpieczenie placu budowy od ryzyka kradzieży materiałów i maszyn budowlanych nie zmniejszy podatności tego przedsięwzięcia na kradzież tych zasobów, ale odpowiednie zabezpieczenia placu budowy m.in. poprzez odpowiednie delegowanie pracowników ochrony, zamykanie magazynów itp. już tak [17]. Ważny jest też fakt, że długotrwały charakter podatności systemu na czynniki ryzyka przyczynia się do zwiększenia prawdopodobieństwa wystąpienia zakłóceń w systemie [15].

Jeżeli zakłócenia już wystąpią, kolejną emergentną cechą przedsięwzięcia będzie istotna, którą jest zdolność adaptacyjna (ang. *adaptive capacity*) do zmieniających się warunków jego realizacji. Cecha ta określa zazwyczaj czas, jaki musi upłynąć lub koszty, jakie trzeba ponieść, aby system powrócił do pierwotnego stanu równowagi albo przeszedł do nowego stanu, jeśli poprzedni stan nie będzie już możliwy do osiągnięcia. Przykładowo, awaria systemu elektroenergetycznego kluczowego dla przedsięwzięcia tunelowania spowoduje przerwanie realizacji prac na czas jego naprawy, względnie sprowadzenia nowego. Zdolność adaptacyjna tego przedsięwzięcia będzie większa, jeśli wykonawca będzie dysponował na placu budowy drugim zapasowym systemem elektroenergetycznym, którego uruchomienie w takiej sytuacji będzie natychmiastowe [10]. Zdolność adaptacyjna przedsięwzięcia może być zmienna w czasie np. z powodu zmniejszenia lub zwiększenia jego zakresu czy też sposobu realizacji prac [18]. Jak pokazują wyniki badań [14], w zwiększaniu zdolności adaptacyjnej przedsięwzięć budowlanych kluczowe są między innymi: umiejętność szybkiego podejmowania decyzji, zdolność do wypracowania alternatywnych rozwiązań projektowych czy też stosowanych technologii realizacji, elastyczne podejście do organizacji pracy, jak również skłonność do współpracy, w tym sprawna komunikacja. Podatność i zdolność adaptacyjna złożonego systemu prowadzą do jego odporności (ang. *resilience*) na wpływ czynników ryzyka. W literaturze można znaleźć wiele definicji odporności różnych złożonych systemów w tym przedsięwzięć budowlanych [19]. Z definicji tych wynika, że odporność systemowa przedsięwzięć budowlanych jest emergentną ich cechą i wynika ze współzależnych relacji elementów w systemie oraz ich dynamicznych zachowań.

Wyniki z przeprowadzonych badań studiów przypadku przedsięwzięć budowlanych [10] pozwoliły na pozytywne zweryfikowanie następujących hipotez:

- podatność systemów jest dodatnio skorelowana z ich złożonością i wystawieniem na czynniki zakłócające;
- zmiana poziomu podatności i zdolności adaptacyjnej systemów zmienia poziom ich odporności;
- odporność systemów jest ujemnie skorelowana z ich podatnością, zaś dodatnio ze zdolnością adaptacyjną.

5. Ocena odporności systemowej

W literaturze przedmiotu większość badań nad identyfikacją odporności systemowej planowanych przedsięwzięć budowlanych ma charakter jakościowy. Obecnie rozwijane ilościowe podejście [10, 19] wykorzystuje do modelowania i analizy złożonych systemów teorię heterogenicznych sieci zależności. Zgodnie z koncepcją metasieci [20–22] struktura modelu systemu zawiera różne rodzaje węzłów symbolizujące elementy systemu, takie jak np. zasoby ludzkie, informacje, maszyny, materiały i zadania oraz wiele typów połączeń między tymi elementami.

Analiza podatności systemu polega na symulowanej materializacji czynników ryzyka, które odpowiednio zmieniają strukturę jego modelu, powodując utratę wybranych węzłów i połączeń, co potencjalnie przekłada się na zakłócenia w systemie. Ocena zdolności adaptacyjnej systemu do radzenia sobie z zakłóceniami związana jest z analizą upływu czasu [10] lub z poniesieniem ewentualnych kosztów [19] związanych z powrotem systemu do stanu równowagi. W pracach [10, 19] zaproponowano, aby miara odporności systemowej była wyrażana wartością odchylenia od czasu i kosztów realizacji planowanego przedsięwzięcia oszacowanych bez uwzględnienia wpływu ryzyka (rys. 2).

6. Podejście proaktywne

Nadal często stosowane w praktyce mało efektywne reaktywne planowanie przedsięwzięć budowlanych powinno być zamienione na podejście proaktywne zgodnie z zasadą „lepiej zapobiegać niż leczyć”. Należy bowiem pamiętać, że w złożonych systemach zakłócenia (spowodowane np. wpływem ryzyka) z powodu opóźnień przekazów informacji zwrotnych w momencie ich ujawnienia mogą już być zbyt trudne do rozwiązania [12], co w tym przypadku

dyskwalifikuje skuteczność idei reaktywnego podejścia. W literaturze przedmiotu można znaleźć nieliczne przykłady dotyczące proaktywnego podejścia do planowania przedsięwzięć budowlanych. W pracach tych zwrócono uwagę na pojęcie tzw. harmonogramowania predyktywnego (ang. *predictive scheduling*), w ramach którego dąży się do uodpornienia harmonogramu na potencjalne zakłócenia (spowodowane wpływem ryzyka) w odniesieniu do terminów rozpoczęcia poszczególnych zadań lub terminu zakończenia całego przedsięwzięcia. Zaproponowano więc wiele różnych koncepcji alokacji ryzyka poprzez np. korekty rozkładów prawdopodobieństwa czasów i kosztów realizacji zadań, wykorzystanie metod szeregowania tych zadań lub umieszczenie buforów w harmonogramie [23–25].

Niezależnie od powyższych koncepcji rozwijane jest proaktywne podejście do zwiększania odporności systemowej przedsięwzięć budowlanych na wpływ czynników ryzyka [10, 19]. Bazując na tzw. myśleniu systemowym, autorzy prac [10, 19, 26] poddali analizie różne złożone systemy i potwierdzili skuteczność podstawowych strategii zwiększania odporności systemowej przedsięwzięć budowlanych. Zatem podstawowe strategie zwiększania odporności systemowej przedsięwzięć budowlanych, których reprezentację strukturalną zawiera tabela 1, są następujące:

- **decentralizacja w realizacji procesów** wiąże się dążeniem do różnorodności i zmniejszania współzależności w systemie, co czyni go bardziej odpornym na wpływ ryzyka, np. zadania w miarę możliwości powinny być realizowane przez różnych wykonawców;

- **redundancja systemowa** wiąże się z nadmiarowością w systemie i jej zastosowanie powoduje, że np. prawdopodobieństwo awarii równocześnie dwóch (tego samego typu) maszyn budowlanych użytych do realizacji zadania jest o wiele niższe niż w przypadku awarii jednej takiej

Rys. 2. Schemat ideowy podejścia ilościowego do badania odporności złożonego systemu (np. planowanego przedsięwzięcia budowlanego); źródło: opracowanie własne na podstawie [10, 19]

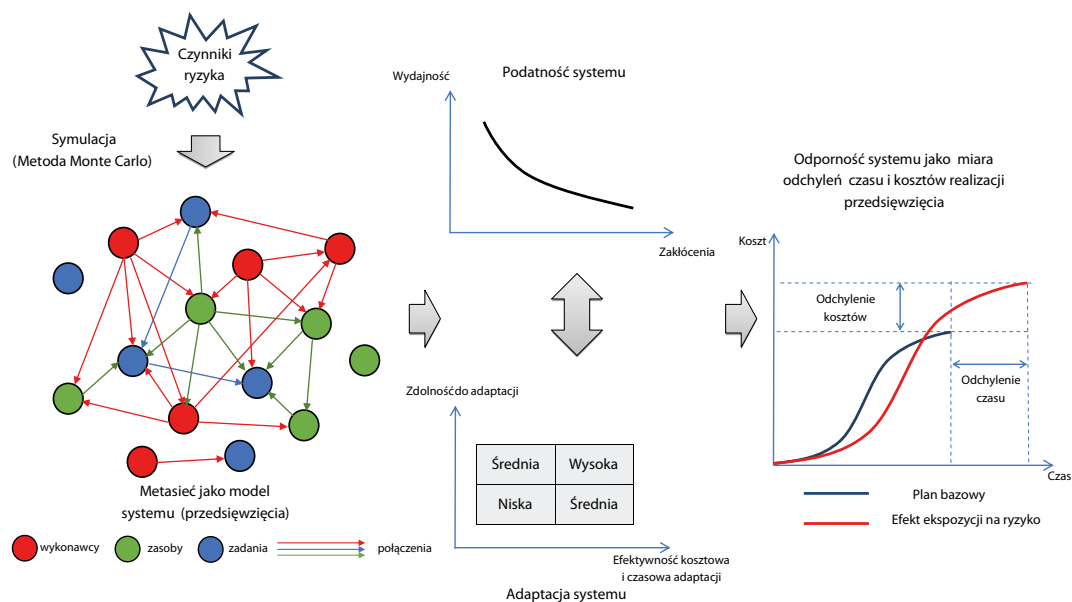


Tabela 1. Reprezentacja strukturalna podstawowych strategii zwiększania odporności systemowej (źródło: opracowanie własne)

Nazwa strategii zwiększania odporności systemowej	Wyjściowy model systemu	Model systemu z uwzględnieniem strategii zwiększania odporności systemowej
Decentralizacja w realizacji procesów		
Redundancja systemowa		
Rozwiązania zamienne w zakresie zasobów		
Rozwiązania zamienne w zakresie zadań		
Współpraca		
Oznaczenie symboli wykonawcy zasoby zadania elementy alternatywne połączenia połączenia alternatywne		

maszyny. Redundancja choć czasem jest dość kosztowna w uzasadnionych przypadkach może przynieść wymierne korzyści;

- **rozwiązania zamienne w zakresie zasobów** polegają na wprowadzeniu alternatywnych mniej podatnych na wpływ czynników ryzyka rozwiązań zamiennych, np. rozważenie zatrudnienia pracowników budowlanych o różnym stopniu kwalifikacji;
- **rozwiązania zamienne w zakresie zadań** polegają na wprowadzeniu alternatywnych mniej podatnych na wpływ czynników ryzyka rozwiązań zamiennych, np. w ramach

realizacji prac związanych z podbijaniem fundamentów można je wykonać metodą tradycyjną (podkop pod fundament i wykonanie podbicia) lub z wykorzystaniem mikropali w formie iniekcji;

- **współpraca** może polegać na stworzeniu warunków dla tzw. relacji partnerskich pomiędzy uczestnikami przedsięwzięcia budowlanego. Przykładowo: w sytuacji utraty jakiegoś zasobu przez danego uczestnika oznacza, że może on liczyć na wsparcie ze strony innych uczestników w ramach udostępnienia sobie wzajemnie wiedzy lub innych zasobów potrzebnych do realizacji zadania.

Wykorzystane (na etapie planowania) schematy strukturalne podstawowych strategii zwiększania odporności systemowej przedsięwzięć budowlanych (poprzez odpowiednie wprowadzanie ich do struktury metasieciowego modelu rozważanego systemu) powinny być poddane procesowi optymalizacji [19]. W konsekwencji zostaną wybrane takie strategie, których wykorzystanie (w sposób co najmniej suboptymalny) zwiększy odporność planowanego przedsięwzięcia budowlanego.

7. Podsumowanie

Przedsięwzięcie budowlane to złożony system, który zawiera wiele elementów, takich jak np. zadania, ludzie, maszyny, materiały i wiedzę, pomiędzy którymi zachodzą różne relacje.

W myśleniu systemowym analiza wpływu niekorzystnych zdarzeń losowych na czas realizacji i koszt planowanego przedsięwzięcia powinna uwzględniać identyfikację podstawowych emergentnych właściwości tego złożonego systemu, jakimi są podatność na czynniki ryzyka, a także zdolność adaptacyjna, które w konsekwencji przełożą się na jego odporność systemową. Taka analiza jest punktem wyjścia do rozważenia wprowadzenia zmian w systemie, aby był on mniej podatny na zagrożenia i jeszcze lepiej przystosowany do zmian wywołanych czynnikami ryzyka. Zgodnie z określeniem: „Nie stawiaj wszystkiego na jedną kartę” oznacza, że zróżnicowany system mający wiele odpowiednich połączeń i redundancji okazuje się być stabilniejszy i mniej podatny na zakłócenia niż system o jednolitym charakterze [12].

Idea proaktywnego podejścia w planowaniu przedsięwzięć budowlanych (zgodnie z myśleniem systemowym) może się sprowadzać do zastosowania różnych podstawowych strategii zwiększania odporności systemowej na czynniki ryzyka.

Istotnym zagadnieniem, nad którym warto pracować w przyszłości, jest problem szacowania precyzyjnych i rzetelnych danych wejściowych do modelu systemu związanych z: faktem zależności pomiędzy niektórymi czynnikami ryzyka, prawdopodobieństwem ich materializacji, a także zmienności czasu i kosztów realizacji planowanych zadań jako odpowiedzi na skutki wpływu ryzyka.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Trocki M., Wyrozębski P., Planowanie przebiegu projektów, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa, 2015
- [2] Zhu J., Mostafavi A., Ahmad I., System-of-systems modeling of performance in complex construction projects: A multi-method simulation paradigm, *Computing in Civil and Building Engineering* 2014, str. 1877–1884
- [3] Pryke S., Badi S., Almadhoob H., Soundararaj B., Addyman S., Self-organizing networks in complex infrastructure projects, *Project management journal*, 49(2)2018, str. 18–41
- [4] Bernstein P. L., Przeciw Bogom. Niezwykłe dzieje ryzyka, WIG-Press, Warszawa, 1997
- [5] Dziadosz A., Przegląd wybranych metod wspomagających analizę ryzyka przedsięwzięć budowlanych, *Przegląd Budowlany* 7–8/2010, str. 76–80
- [6] Skorupka D., Metoda identyfikacji i oceny ryzyka realizacji przedsięwzięć budowlanych, Wojskowa Akademia Techniczna, 2007
- [7] Jaśkowski P., Biruk S., Analiza czynników ryzyka czasu realizacji przedsięwzięć budowlanych, *Czasopismo Techniczne Budownictwo*, 107(1-B), 2010, str. 157–166
- [8] Bizon-Górecka J., Górecki J., Ryzyko przedsięwzięć budowlanych w perspektywie podmiotowej, *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 28(2)2019, str. 244–256
- [9] Tomczak M., Bucoń R., Propozycja metodyki oceny ryzyka czasu i kosztu realizacji przedsięwzięć budowlanych, *Autobusy* 6/2016, str. 1782–1788
- [10] Zhu J., A System-of-Systems Framework for Assessment of Resilience in Complex Construction Projects, Doctoral dissertation, Florida International University, Miami, Florida, 2016
- [11] Von Bertalanffy L., General system theory, a new approach to unity of science. Towards a physical theory of organic teleology, feedback and dynamics, *Human biology* 4/1951, str. 346–361
- [12] Meadows D. H., Myślenie systemowe. Wprowadzenie, Helion, 2020
- [13] Zukowski P., Podstawy budowy modelu dynamiki systemu zarządzania oraz jego symulacja w organizacji gospodarczej (na podstawie metodologii dynamiki systemów JW Forrester), *Przedsiębiorczość-Edukacja*, 8/2012, str. 331–347
- [14] Zhu J., Mostafavi A., Discovering complexity and emergent properties in project systems: A new approach to understanding project performance. *International journal of project management*, 35(1)2017, str. 1–12
- [15] Zhang H., A., Redefinition of the project risk process: Using vulnerability to open up the event-consequence link, *International Journal of Project Management* 25(7)2007, str. 694–701
- [16] Agarwal J., Blockley D. I., Structural integrity: hazard, vulnerability and risk, *International Journal of Materials and Structural Integrity* 1(1–3) 2007, str. 117–127
- [17] Dikmen I., Birgonul M. T., Fidan, G., Assessment of project vulnerability as a part of risk management in construction, In *Proceedings of Joint 2008 CIB W065/W055 Symposium* 2008, str. 15–17
- [18] Rahi K., Project resilience: a conceptual framework, *International Journal of Information Systems and Project Management* 7(1)2019, str. 69–83
- [19] Śladowski G., Metasieci w proaktywnym podejściu do planowania rewolucyjnej zabudowy obiektów budowlanych, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2020
- [20] Krackhardt D., Carley K. M., PCANS model of structure in organizations, Pittsburgh, Pa, USA: Carnegie Mellon University, Institute for Complex Engineered Systems, Pittsburgh 1998, str. 113–119
- [21] Śladowski G., Use of Meta-Networks to Evaluate Key Agents, Knowledge and Resources in the Planning of Construction Projects, *Archives of Civil Engineering* 64(3)2018, str. 111–129
- [22] Śladowski G., Using meta-networks to analyse the impact of adverse random events on the time and cost of completing construction work, *Engineering and Environmental Sciences* 28(2)2019, str. 192–202
- [23] Jaśkowski P., Methodology for enhancing reliability of predictive project schedules in construction, *Eksploracja i Niezawodność* 17(3)2015, str. 470–479
- [24] Krzemiński M., Construction scheduling and stability of the resulting schedules, *Archives of Civil Engineering*, 62(2)2016, str. 89–100
- [25] Skorupka D., Metoda identyfikacji i oceny ryzyka realizacji przedsięwzięć budowlanych, Wojskowa Akademia Techniczna, 2007
- [26] Schroeder K., Hatton M., Rethinking risk in development projects: from management to resilience, *Development in Practice* 22(3)2012, str. 409–416

ORGANIZATOR



GŁÓWNY PARTNER BRANŻOWY



PARTNER GŁÓWNY



PARTNER SESJI TEMATYCZNEJ



Najważniejsze spotkanie branży budowlanej!

VI FORUM

[B]udownictwo w Polsce 2022

7 października 2021, Warszawa

www.forum-budownictwo.com

Model obliczania kosztu cyklu życia obiektu na przykładzie budynku mieszkalnego jednorodzinnego

Dr inż. Adam Kristowski, prof. uczelni, dr inż. Beata Grzyl, prof. uczelni,
dr inż. Marcin Szczepański, dr inż. Anna Jakubczyk-Gańczyńska,
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

1. Wprowadzenie

Termin kosztu cyklu życia pojawił się na początku dwudziestego wieku [1]. Fundamentalne znaczenie przy ustalaniu przebiegu cyklu życia budynku stanowi wiedza i doświadczenie w zakresie identyfikacji jego stanu technicznego [2]. Bogusz i Polakowski w [3] wyodrębniają następujące główne fazy rozwojowe cyklu życia budynku: koncepcji i definiowania, projektowania i rozwoju, produkcji, instalacji, użytkowania i obsługi oraz likwidacji. Rachunek kosztów z uwzględnieniem składowych odniesionych do poszczególnych faz różni się. Szczegółowe ich omówienie znajduje się m.in. w [4], gdzie zdefiniowano koszty cyklu życia, które dzielą się na koszty planowania, projektowania, nabycia, utrzymania, eksploatacji, konserwacji oraz likwidacji.

2. Koszt cyklu życia

W Polsce metodologię określania kosztów cyklu życia budynków określa Rozporządzenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 11 lipca 2018 r. [5], które rekomenduje stosowanie kalkulacji sporządzanej metodą prostą, przy uwzględnieniu kosztów nabycia, użytkowania oraz utrzymania, pomijając koszty likwidacji budynku. Mając na uwadze przepisy ogólnoustatutowe [6, 7]) to równie istotne informacje można także znaleźć w normie ISO 15686-5:2008, która dodatkowo uwzględnia tzw. *nonconstructions costs* (koszty niekonstrukcyjne).

Jak zauważyli Grzyl i inni w [8] w praktyce, w większości przypadków decyzje o zakupie istniejącego czy realizacji nowego budynku podejmowane są z pominięciem długookresowych kosztów jego użytkowania (m.in. kosztów mediów) oraz utrzymania (obejmujących koszty bieżących konserwacji, napraw, remontów), które z praktycznego punktu widzenia są szczególnie istotne.

Przedmiotem badań jest analiza kosztów nabycia i długookresowych kosztów użytkowania w aspekcie wybranej technologii wykonania domu jednorodzinnego. Celem badań jest wskazanie możliwości ograniczenia kosztów związanych z użytkowaniem obiektu w założonym okresie eksploatacji 30 lat. Analizie poddaje się dwa alternatywne warianty – wykonanie domu jednorodzinnego o powierzchni 120 m² w technologii energooszczędnej i tradycyjnej.

Ocena dokonywana jest zgodnie z algorytmem proponowanym w artykule.

Analizując wady i zalety możliwych do wykorzystania w praktyce rozwiązań technologicznych i materiałowych wykonania zasadniczych elementów konstrukcji budynku i instalacji, należy uwzględnić okres ich trwałości, ale również względy ekonomiczne. Istotne jest porównanie kosztów ponoszonych na etapie realizacji obiektu z kosztami generowanymi w okresie jego utrzymania i użytkowania.

Szacowanie kosztu cyklu życia (Life Cycle Costs) stanowi proces analizy ekonomicznej mającej na celu ocenę łącznego kosztu nabycia, posiadania i likwidacji produktu (konstrukcji, obiektu). Analiza ta dostarcza danych istotnych w procesie projektowania, rozwoju, użytkowania i likwidacji produktu. Szacowanie kosztów cyklu życia znajduje także duże zastosowanie przy ocenie kosztów związanych z określonymi działaniami np. rezultatów różnych sposobów eksploatacji obiektu [9–15]. Koszt cyklu życia obiektu budowlanego zależy przede wszystkim od zastosowanej technologii i materiałów, ale również jakości wykonania i montażu konstrukcji oraz urządzeń stanowiących wyposażenie obiektu, zakres i częstotliwość prowadzenia prac związanych z ich utrzymaniem i konserwacją. Szacowanie kosztu cyklu życia można również skutecznie zastosować do porównania i oceny kosztów utrzymania i użytkowania obiektu dla alternatywnych wariantów technologicznych, materiałowych, wyposażenia w instalacje itp.

3. Sposoby analizy LCC

Wybór odpowiedniej metody prowadzenia rachunku LCC jest uwarunkowany rodzajem, zakresem oraz stopniem złożoności danej inwestycji. Zależnie od potrzeby analizę rachunku cyklu życia można przeprowadzić dwiema metodami [5].

3.1. Metoda prosta

Metoda prosta jest wykorzystywana do dokonywania nieskomplikowanych porównań, pozwalających na wybór optymalnego rozwiązania z pominięciem procesu dyskontowania. Odzwierciedla całkowite zestawienie kosztów ponoszonych we wszystkich fazach cyklu życia budynku (koszty budowy, napraw, remontów, utrzymania, rozbiórki i utylizacji) według wzoru 1.

$$LCC = K_n + K_p + K_l \quad (1)$$

gdzie (wszystkie składniki podano w jednostkach pieniężnych):

LCC – koszt cyklu życia budynku,

K_n – koszty nabycia,

K_p – koszty posiadania (np. koszty mediów),

K_l – koszty likwidacji.

Według Dziadosz [2] kalkulacja kosztów cyklu życia dodatkowo uwzględnia pomniejszenie kosztów o tzw. wartość rezydualną (m.in. sprzedaż działki) – według wzoru 2:

$$LCC = K_n + K_p + K_l - W_r \quad (2)$$

gdzie (wszystkie składniki podane w jednostkach pieniężnych):

LCC – koszt cyklu życia budynku,

K_n – koszty nabycia,

K_p – koszty posiadania (np. koszty mediów),

K_l – koszty likwidacji,

W_r – wartość rezydualna (pozostałościowa).

Zasadniczą wadą metody prostej jest brak uwzględnienia w obliczeniach dyskontowania oraz zmian cen energii na przestrzeni lat. W efekcie wyliczona wartość może błędnie sugerować opłacalność danego wariantu inwestycyjnego.

3.2. Metoda złożona

Metoda złożona służy do analizy zdyskontowanych przepływów pieniężnych obejmujących wpływy i wydatki, począwszy od zakupu działki budowlanej do wycofania obiektu z użytkowania. Metoda ta integruje różne elementy kosztów ponoszonych w całym cyklu życia (w tym m.in. zużycia mediów, koszty utrzymania, użytkowania, przeglądów, napraw, wymian, remontów oraz montażu i demontażu instalacji). Metodę złożoną można wykorzystać w obliczeniach:

- uwzględniając w niej zmienność cen wraz z upływającym czasem, według wzoru 3:

$$LCC = K_n + \sum_{n=1}^T \frac{K_p}{(1+i)^n} \quad (3)$$

gdzie:

LCC – koszt cyklu życia budynku [jednostki pieniężne],

K_n – koszty nabycia [jednostki pieniężne],

K_p – koszty posiadania (np. koszty mediów) [jednostki pieniężne],

i – stopa dyskonta [%],

n – liczba lat eksploatacji obiektu [lata],

T – długość rozpatrywanego okresu [lata].

- zakładając, że ceny są stałe w całym cyklu życia obiektu, według wzoru 4:

$$LCC = K_n + \frac{K_p}{CRF} \quad (4)$$

gdzie:

LCC – koszt cyklu życia budynku [jednostki pieniężne],

K_n – koszty nabycia [jednostki pieniężne],

K_p – koszty posiadania (np. koszty mediów) [jednostki pieniężne],

CRF – współczynnik odzysku kapitału.

Współczynnik odzysku kapitału CRF , obliczany w następujący sposób:

$$CRF = \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \quad (5)$$

gdzie:

CRF – współczynnik odzysku kapitału,

i – stopa dyskonta [%],

n – okres eksploatacji obiektu [lata].

4. Model obliczania kosztu cyklu życia budynku mieszkalnego jednorodzinnego

W artykule prezentuje się analizę rachunku kosztów cyklu życia budowy domu jednorodzinnego zgodnie ze standardem warunków technicznych aktualnych w 2021 r. [16, 17]. Zakres badań obejmuje koszty generowane w kolejnych fazach cyklu życia obiektu, tj. nakład początkowy związany z realizacją inwestycji oraz długoterminowe wydatki ponoszone na użytkowanie budynku w przyjętym okresie. Analizie poddaje się dwa alternatywne warianty – wykonanie domu jednorodzinnego o powierzchni 120 m² w technologii energooszczędnej i tradycyjnej. Ocena dokonywana jest zgodnie z proponowanym modelem (rys. 1). Dane wejściowe wykorzystane w analizie pochodzą od inwestora oraz

DANE WEJŚCIOWE

- Typ obiektu: dom jednorodzinny o powierzchni użytkowej 120 m² parterowy niepodpiwniczony z poddaszem użytkowym
- Lokalizacja: województwo pomorskie
- Przeznaczenie: dla rodziny czteroosobowej
- Przyjęty do obliczeń okres użytkowania: 30 lat
- Analizowane warianty: technologia energooszczędna, tradycyjna
- Metoda kalkulacji LCC: złożona z uwzględnieniem dyskontowania

WARIANTY

Wariant 1: technologia energooszczędna

- Materiały budowlane (m.in. ocieplenie przegród, stolarka okienna i drzwiowa, pokrycie dachu) o podwyższonych parametrach termizolacyjnych
- System grzewczy: powietrzna pompa ciepła i ogrzewanie podłogowe
- Źródło energii: energia elektryczna oraz panele fotowoltaiczne
- Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z rekuperatorem

Wariant 2: technologia tradycyjna

- Materiały budowlane o standardowych parametrach, ocieplenie mniejszej grubości w stosunku do wariantu energooszczędnego
- System grzewczy: kocioł kondensacyjny, ogrzewanie grzejnikowe
- Źródło energii: energia elektryczna oraz gaz ziemny
- Wentylacja grawitacyjna

KOSZTY NABYCIA

- Koszt nabycia obejmuje koszt wykonania robót stanu surowego zamkniętego wraz z instalacją elektryczną, centralnego ogrzewania, wentylacją i urządzeniami
- Koszt nabycia ustalony na podstawie kosztorysu inwestorskiego

KOSZTY UŻYTKOWANIA (30 LAT)

- Koszty eksploatacyjne: ogrzewanie, prąd zimna woda, ścieki i odpady komunalne, serwisy i przeglądy urządzeń

ANALIZA

- Zestawienie LCC obu wariantów
- Analiza porównawcza

Rys. 1. Koncepcja modelu wyznaczenia LCC budynku, opracowanie własne

właścicieli porównywalnych obiektów o takim samym przeznaczeniu, powierzchni użytkowej, konstrukcji, technologii wykonania i lokalizacji.

4.1. Założenia przyjęte do analizy

Na potrzeby przeprowadzenia analizy LCC przyjęto niżej podane założenia.

- Rozważa się dwie technologie wykonania domu jednorodzinnego o konstrukcji murowanej i powierzchni użytkowej 120,00 m²: energooszczędną, tradycyjną.
- Analiza kosztów jest sporządzona z perspektywy inwestora (przyszłego właściciela obiektu) w celu dokonania wyboru optymalnego wariantu z uwzględnieniem 30-letniego okresu użytkowania budynku.
- Analiza LCC obejmuje oszacowanie i porównanie kosztów nabycia – nakładów początkowych związanych z realizacją obiektu z kosztami generowanymi w toku użytkowania domu w założonym okresie.
- W rachunku LCC w obu wariantach pomija się koszty związane z utrzymaniem obiektu, wynikające z przyjętej strategii utrzymaniowej (remonty, wymiany, naprawy itp.) oraz koszty rozbiórki (likwidacji budynku).

Szacowany koszt cyklu życia obiektu obejmuje: koszt realizacji stanu surowego zamkniętego, wykonanie instalacji elektrycznej, wodno-kanalizacyjnej, centralnego ogrzewania i wentylacji w budynku (w tym m.in. montaż niezbędnych urządzeń).

- Koszty użytkowania obejmują: zużycie energii na potrzeby ogrzewania domu oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej, zużycie zimnej wody, odprowadzenie ścieków komunalnych, wywóz nieczystości oraz wydatki związane z serwisowaniem i przeglądami urządzeń instalacyjnych.
- Roczne zapotrzebowanie budynku na energię obliczono na podstawie informacji uzyskanych od właścicieli porównywalnych obiektów.
- Koszt nabycia obiektu (nakład początkowy) ustalono na podstawie kalkulacji kosztorysowej sporządzonej metodą szczegółową na podstawie informacji cenowych systemu Sekocenbud, kalkulacji indywidualnych, informacji pozyskanych od właścicieli analogicznych obiektów i z rynku. Uwzględniono średnie stawki, ceny i wskaźniki dla regionu pomorskiego.
- Zastosowano złożoną metodę kalkulacji kosztów cyklu życia, uwzględniając dyskontowanie (przyjęto współczynnik dyskontowy 1,75%).

4.2. Koncepcja algorytmu rachunku LCC budynku

Rachunek LCC jest prowadzony dla dwóch wariantów. Jego celem jest porównanie i ocena kosztów nabycia i użytkowania obiektu realizowanego według dwóch alternatywnych technologii z uwzględnieniem przyjętych rozwiązań w zakresie m.in. wykorzystanych materiałów, pozyskania energii, zastosowanych systemów grzewczych i wentylacji w okresie 30 lat (tabela 1 i 2).

Tabela 1. Rachunek LCC dla domu wykonanego w technologii energooszczędnej, opracowanie własne

Koszt nabycia		
	Zakres robót	Koszt netto [PLN]
Stan surowy otwarty	Roboty ziemne	4391,86
	Fundamenty	35231,71
	Izolacje	17304,31
	Ściany murowane	36554,06
	Konstrukcja żelbetowa	46965,60
	Konstrukcja dachu	25002,32
	Pokrycie dachu	33743,81
Stan surowy zamknięty	Okna i drzwi	38381,28
	Okna połaciowe	28310,51
	Ścianki działowe	13818,13
	Posadzki	32450,18
	Ściany i sufity	23591,43
	Elewacja	44798,87
Instalacje	System fotowoltaiczny	26863,28
	Powietrzna pompa ciepła	39336,40
	Wentylacja mechaniczna z rekuperatorem	15867,40
	Ogrzewanie podłogowe	18928,81
Łączny koszt nabycia		481 540,00
Koszt użytkowania w okresie 30 lat		
	Koszty zużycia energii elektrycznej	43519,08
	Koszty zużycia zimnej wody i odprowadzenia ścieków	43092,68
	Opłaty za wywóz śmieci	61248,94
	Koszty serwisów i przeglądów	19128,80
Łączny koszt użytkowania		166 989,50
Koszt cyklu życia		648 529,50

Pierwszym etapem obliczeń jest oszacowanie kosztów jednorazowych związanych z nabyciem domu. Na podstawie dokumentacji projektowej udostępnionej przez inwestora sporządzono przedmiar robót oraz kosztorys inwestorski. Przedmiot kalkulacji obejmuje stan surowy zamknięty wraz z instalacją elektryczną, wodno-kanalizacyjną, centralnego ogrzewania i wentylacji.

Kolejnym etapem obliczeń jest rachunek kosztów użytkowania obiektu dla założonego okresu 30 lat. Uwzględniono następujące wydatki:

- koszty zużycia paliwa, ponoszone na ogrzewanie budynku oraz przygotowanie ciepłej wody użytkowej,
- opłaty za zużycie prądu,
- koszty zużycia zimnej wody oraz odprowadzenia ścieków komunalnych,
- opłaty za wywóz śmieci,
- koszty serwisów oraz przeglądów urządzeń instalacji.

Tabela 2. Rachunek LCC dla domu wykonanego w technologii tradycyjnej, opracowanie własne

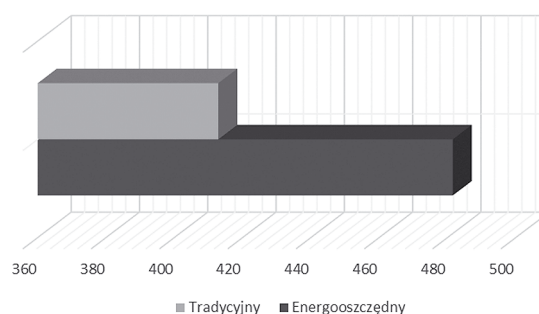
Koszt nabycia		
Zakres robót		Koszt netto [PLN]
Stan surowy otwarty	Roboty ziemne	4 391,86
	Fundamenty	35 231,71
	Izolacje	14 167,98
	Ściany murowane	49 529,18
	Konstrukcja żelbetowa	46 965,60
	Konstrukcja dachu	25 002,30
	Pokrycie dachu	39 652,54
Stan surowy zamknięty	Okna i drzwi	22 698,37
	Okna połaciowe	17 551,30
	Ścianki działowe	13 818,13
	Posadzki	29 033,77
	Ściany i sufit	23 182,36
	Elewacja	44 577,66
Instalacje	Gazowy kocioł kondensacyjny	30 293,42
	Ogrzewanie grzejnikowe	16 776,80
Łączny koszt nabycia		412 872,98
Koszt użytkowania w okresie 30 lat		
Koszy ogrzewania c.o. i c.w.u. (gaz ziemny)		89775,16
Koszy zużycia energii elektrycznej		56003,68
Koszy zużycia zimnej wody i odprowadzenia ścieków		35910,57
Opłaty za wywóz śmieci		59374,12
Koszy serwisów i przeglądów		3874,50
Łączny koszt użytkowania		293 925,64
Koszt cyklu życia		706 798,62

Zakłada się, iż koszty przedstawione w punkcie c) i d) w obu analizowanych wariantach będą takie same, gdyż ich wysokość zależy od liczby przyszłych mieszkańców. W kalkulacji przyjęto średnie stawki i ceny dla województwa pomorskiego. Zasadnicze różnice występują w odniesieniu do kosztów uwzględnionych w punkcie a), b) i e) ze względu na zastosowanie różnych systemów ogrzewania. W przypadku domu w technologii energooszczędnej koszty te będą pomniejszone o koszty energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalację fotowoltaiczną. W obu wariantach różne też będą koszty związane z serwisowaniem urządzeń.

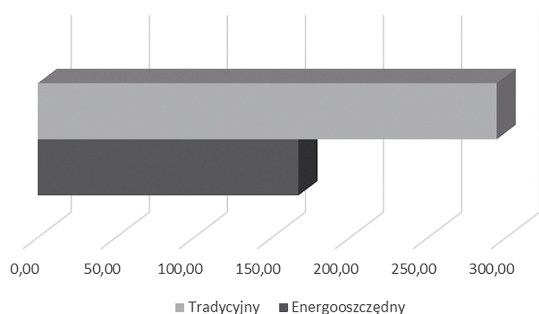
Graficzne zestawienie kosztów nabycia i użytkowania przedmiotowego obiektu w okresie 30 lat zaprezentowano na rysunkach 2 i 3. Łączne wartości LCC dla dwóch wariantów technologicznych przedstawiono na rysunku 4.

W świetle przedstawionych analiz można stwierdzić, iż uwzględniając wyłącznie koszt nabycia – droższym wariantem jest wykonanie obiektu w technologii energooszczędnej.

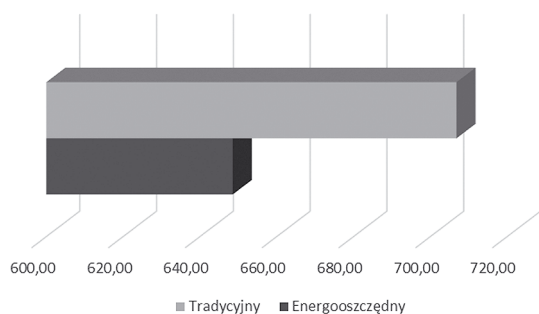
Koszty nabycia (*1000 zł)

**Rys. 2.** Koszty nabycia domu realizowanego w technologii energooszczędnej i tradycyjnej, opracowanie własne

Koszty użytkowania przez 30 lat (*1000 zł)

**Rys. 3.** Koszty użytkowania domu realizowanego w technologii energooszczędnej i tradycyjnej, opracowanie własne

Koszty cyklu życia (*1000 zł)

**Rys. 4.** Zestawienie kosztów cyklu życia obiektu realizowanego w dwóch technologiach, opracowanie własne

Koszt nabycia domu dla wariantu energooszczędnego stanowi 74% łącznych kosztów jego cyklu życia. Koszt nabycia domu dla wariantu tradycyjnego stanowi 58% kosztu jego cyklu życia.

Istotne różnice można zauważyć również w odniesieniu do kosztów związanych z użytkowaniem obiektu w dłuższej perspektywie. Biorąc pod uwagę zdyskontowane koszty użytkowania budynku w założonym okresie 30 lat, droższym aż o 9% rozwiązaniem jest wykonanie obiektu w technologii

tradycyjnej. Zatem uwzględniając dłuższą perspektywę czasową i łączny koszt cyklu życia obiektu (tj. koszt nabycia oraz 30-letni okres użytkowania) dla dwóch analizowanych wariantów, można stwierdzić, iż tańszym rozwiązaniem jest wykonanie domu w technologii energooszczędnej. W dłuższej perspektywie generuje ono niższe wydatki ponoszone przez właściciela obiektu.

5. Podsumowanie

W artykule wskazano możliwość wykorzystania w procesie wyboru technologii wykonania domu jednorodzinnego podejścia opartego na szacowaniu kosztów cyklu życia. Umożliwia ono m.in. wskazanie inwestorowi wariantu pozwalającego na zredukowanie kosztów użytkowania obiektu w dłuższej perspektywie przy jednoczesnym ograniczeniu negatywnego wpływu produkcji budowlanej na środowisko (mniejsza energochłonność). Przedstawiona analiza potwierdza zasadność stosowania w praktyce analizy LCC i długookresowe korzyści właściciela obiektu, wynikające z zastosowania technologii energooszczędnej.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Joachimiak-Lechman K., Środowiskowa Ocena Cyklu życia (LCA) i rachunek kosztów cyklu życia (LCC). Aspekty porównawcze, Ekonomia i Środowisko, 2014
- [2] Dziadosz A., Model oszacowania łącznych kosztów cyklu życia obiektu, Inżynieria przedsiębiorstwa budowlanych. Rekomendowane metody i techniki, KILW PAN, Warszawa, str. 245–270, 2015
- [3] Bogusz A., Polakowski Ł., Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii, Rachunek Kosztów cyklu życia – LCC, Zielone Zamówienia Publiczne II Podręcznik, Urząd Zamówień Publicznych, Warszawa, str. 7–19, 2012
- [4] Sarja A., Lifetime engineering of buildings and civil infrastructures. European guide for life time design and management of civil infrastructures and buildings. Project cluster lifetime. Technical Research Centre of Finland, VYY. VTT Building and Transport, 2005
- [5] Rozporządzenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 11 lipca 2018 r. w sprawie metody kalkulacji kosztów cyklu życia budynków oraz przedstawiania informacji o tych kosztach (Dz.U. 2018, poz. 1357)
- [6] ISO 15686-5:2008 Buildings and constructed assets – Service-life planning – Part 5: Life-cycle costing
- [7] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/844 z dnia 30 maja 2018 r.
- [8] Grzyl B., Apollo M., Miszewska-Urbańska E., Kristowski A., Zarządzanie eksploatacją obiektu w ujęciu kosztów cyklu życia, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Gdańsk, 2017
- [9] Kembłowski M. W., Grzyl B., Siemaszko A., Game Theory Analysis of Bidding for a Construction Contract, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, tom 245, No. 6, IOP Publishing, 2017
- [10] Plebankiewicz E., Zima K., Wieczorek D., Review of methods of determining the life cycle cost of buildings. Creativa Construction Conference, 2015
- [11] Dziaduch I., Modele szacowania kosztu cyklu życia: przegląd literatury, Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Zakład Logistyki i Systemów Transportowych, 2010
- [12] Węglarz A., Pierzchański M., Koc D., Koszty w cyklu życia budynku, Materiały 2 Konferencji Naukowo-Technicznej, Cieczocinek, str. 43–64, 2016
- [13] Horvath A., Construction Materials and the Environment, Annual Review of Environment and Resources, str. 181–204, 2004
- [14] Pierzchański M., Architektoniczna optymalizacja budynków mieszkalnych jednorodzinnych w zakresie oddziaływania na środowisko naturalne przy wykorzystaniu oceny cyklu życia (LCA), 2018
- [15] Grzyl B., Kristowski A., Jamroz K., Gobis A., Methods of estimating the cost of traffic safety equipment's life cycle. In MATEC Web of Conferences (Vol. 122, p. 02003). EDP Sciences, 2017
- [16] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690)
- [17] Rozporządzenie Ministra Rozwoju, Pracy i Technologii z dnia 21 grudnia 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2020, poz. 2351)
- [18] Ośrodek Wdrożeń Ekonomiczno-Organizacyjnych Budownictwa, IMB Informacja o cenach materiałów budowlanych, IRS Informacja o stawkach robocizny kosztorysowej oraz cenach pracy sprzętu budowlanego, Informacja o cenach materiałów instalacyjnych IMI, Informacja o cenach materiałów elektrycznych IME, I kwartał 2021
- [19] Rusiniak A., praca dyplomowa magisterska pt. Koncepcja algorytmu obliczeń kosztów cyklu życia budynku mieszkalnego wykonanego w technologii energooszczędnej i tradycyjnej, WILiŚ, PG 2020
- [20] PN-EN 63300-3-3: Zarządzanie niezawodnością część 3-3: Przewodnik zastosowań. Szacowanie kosztu cyklu życia, 2006

XXV Jubileuszowa Ogólnopolska Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna



BIELSKO-BIAŁA

EKOLOGIA a BUDOWNICTWO 2021

Bielsko-Biała 14–16 października 2021 r., Hotel Dębowiec ul. Armii Krajowej 220



ZAKRES TEMATYCZNY:

- Problemy ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju.
- Rola administracji państwowej i samorządowej oraz uczestników procesu budowlanego w ochronie i kształtowaniu środowiska.
- Proekologiczne materiały i wyroby budowlane – materiały odnawialne.
- Recykling i wykorzystanie odpadów w budownictwie.
- Skutki techniczne, ekonomiczne i społeczne skażenia obiektów budowlanych i sposoby ich neutralizacji.
- Ekologia terenów zurbanizowanych.
- Kształcenie ekologiczne w budownictwie.
- Rewitalizacja obiektów, terenów przemysłowych i innych.
- Problemy korozji, w tym biologicznej, w budownictwie.
- Problemy projektowania i utrzymywania obiektów budowlanych w strategii zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska.
- Problemy pozyskiwania i użytkowania energii w budownictwie.
- Skutki techniczne działalności budowlanej na istniejące obiekty budowlane.
- Komfort użytkowania budynków, komfort termiczny, jakość powietrza wewnętrznego, komfort wizualny.
- Zrównoważone wykorzystanie zasobów mineralnych, złóż energetycznych, w tym odnawialnych.

RADA NAUKOWO-TECHNICZNA KONFERENCJI:

Przewodniczący prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz
Zastępca Przewodniczącego dr hab. eur. inż., prof. PP Tomasz Błaszczynski
Sekretarz dr inż. Michał Piasecki
www.pzitz.bielsko.pl

KOMITET ORGANIZACYJNY:

Przewodniczący mgr inż. Janusz Kozłowski
PZITB Oddział w Bielsku-Białej
ul. 3 Maja 10/14, 43-300 Bielsko-Biała, Tel./fax 33 822 02 94
e-mail: biuro@pzitz.bielsko.pl

Wpływ adaptacyjności i etapowania budowy budynków mieszkalnych jednorodzinnych na dostępność mieszkaniową w perspektywie krótko- i długofalowej

Mgr inż. Roman Milwicz, Politechnika Poznańska

1. Wprowadzenie

XXI wiek można scharakteryzować narastającym tempem zmian. Zasada ta dotyczy również budownictwa mieszkaniowego jednorodzinne. Zmiana paradygmatu domu jest już bardzo widoczna. Dom ma służyć jego użytkownikom tu i teraz oraz powinien umożliwiać jego dostosowanie do różnych potrzeb zmieniających się w czasie. Odchodzimy zatem od domów wielopokoleniowych służących przez wiele lat, bez zmiany układu funkcjonalnego czy gabarytów. W wyniku zmiany stylu życia pojawiło się zapotrzebowanie na budownictwo adaptacyjne. Autor rozumie adaptacyjność jako zapewnienie jak najszerszego spektrum możliwości wprowadzania zmian, przy oferowaniu efektywności ekonomicznej inwestycji w możliwie najszybszy i nieinwazyjny sposób. Autor w niniejszym opracowaniu dokonał zestawienia i porównania 3 rozwiązań elastycznego podejścia do projektowania z klasycznym rozwiązaniem. Powodowane było to ciekawością i poszukiwaniem odpowiedzi na pytanie: jaką decyzję powinien podjąć inwestor budujący swój pierwszy dom, jeżeli nie zna swoich planów na przyszłość, a aktualne potrzeby zaspokoi dom ze strefą dzienną i dwiema sypialniami? Chciałby jednak pozostać w jednym miejscu zamieszkania, które wybrał i nie zmieniać lokalizacji. Kluczowymi elementami poza możliwością elastycznej rozbudowy są kwestie ekonomiczne, sprowadzające się do niskiego wkładu własnego oraz niedużego obciążenia kredytem hipotecznym. Do tego celu autor opracował typoszeręg kompaktowych domów umożliwiających sprawną rozbudowę w dowolnym terminie. Jest to odpowiedź na potrzeby konsumentów wyznających ideę *slow life*, wpisującą się w zrównoważony rozwój. Dom powinien spełniać oczekiwania użytkowników, być ekologiczny oraz ekonomiczny. Więcej informacji na ten temat można znaleźć na www.m-a.pl oraz www.myhome.eco.

2. Elastyczność w budownictwie

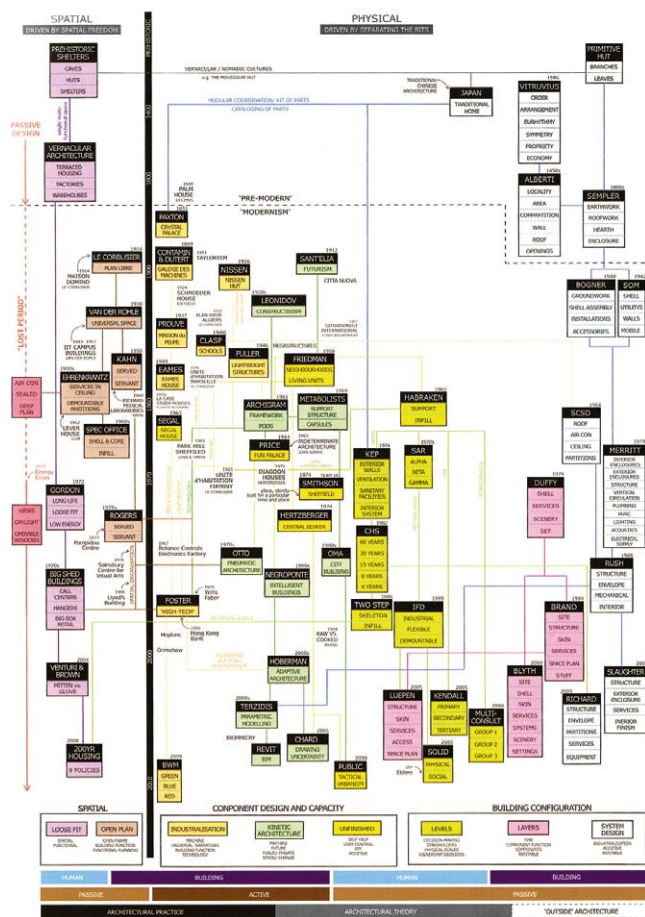
Podejście elastyczne, któremu autor poświęcił odrębny artykuł [2] obecne jest od wielu lat. Mniej świadomie ludzkość stosowała ją już w czasach prehistorycznych, natomiast

pierwsze symptomy nowoczesnego podejścia do zagadnienia sygnalizował już Le Corbusier [3]. Jednym z najbardziej obszernych opracowań dotyczących tematyki elastyczności w budownictwie jest koncepcja [1] autorstwa R. Schmidta III, S. Austina (rys. 1) analizująca bardzo dogłębnie zagadnienie i formy adaptacyjności, sygnalizując, iż zagadnienie odnosi się do bardzo szerokiej tematyki. W kontekście mieszkaniowym należałoby wspomnieć o opracowaniu [4] poruszającym ocenę elastyczności (*flexibility*) w budownictwie mieszkaniowym wielorodzinnym oraz opracowania [5, 6, 7] opisujące tematykę adaptacyjności mieszkań przez analizę zmian wprowadzanych przez ich użytkowników. Pozycje literaturowe pokazują dużą dynamikę zmiany potrzeb użytkowników w czasie w budownictwie mieszkaniowym. Zagadnienie elastyczności i mieszkania leży na styku wielu dziedzin, o czym może świadczyć doktorat z filozofii A. Braide'a [8]. Zdaniem autora warto również zestawzić tę tematykę z zapobieganiem kryzysowi mieszkaniowemu, poruszanemu przez autorów w różnych krajach, m.in. USA, Holandii, Finlandii oraz Egipcie [9, 10, 11].

3. Analiza przypadku

3.1. Przedmiot analizy

W celu zbadania wpływu etapowania budowy na dostępność mieszkaniową porównano cztery różne domy. Przez dostępność mieszkaniową należy rozumieć łatwość nabycia nieruchomości w kontekście ekonomicznym. Jeden dom odpowiadał założeniom „klasycznego” budownictwa bez etapowania, natomiast trzy z nich charakteryzowały się cechami elastyczności, tj. zaprojektowane w sposób umożliwiający nieinwazyjną i przemyślaną rozbudowę w przyszłości. Metraż (powierzchnia całkowita) przedstawiono na rysunku 2. Inwestor nie mając sprecyzowanych planów może zbudować mniejszy dom, ponosząc niskie koszty i rozbudować go dopiero wtedy, gdy pojawi się taka potrzeba. Warto dodać, że w przypadku, gdy taka potrzeba się nie pojawi, inwestor nie poniesie wysokich kosztów inwestycyjnych, przez co zaoszczędził znaczne środki finansowe. W celu dokonania analizy autor stworzył narzędzie doradcze w arkuszu kalkulacyjnym, umożliwiające porównania kosztów wzniesienia



Rys. 1. Zestawienie drzewa rozwoju podejścia elastycznego w projektowaniu [1]

domu do stanu „pod klucz”, uwzględniając szeroki wachlarz warunków brzegowych, takich jak:

- koszt terenu,
- wkład własny inwestora,
- wielkość domu,
- okres i oprocentowanie kredytu hipotecznego,
- standard wykończenia,
- standard umeblowania,
- różnorodność scenariuszy dla okresu i liczby dokonywania rozbudów.

W analizowanym przypadku autor wybrał cztery propozycje domów o różnych kubaturach i opcjach rozbudowy, by jak najpełniej przeanalizować istotne z jego punktu widzenia czynniki kształtujące koszty wzniesienia budynku, tj. wpływ metrażu na jednostkowy koszt budowy 1m^2 , wpływ wykończenia wnętrza – stan pod klucz, jak również wpływ kosztów kredytu hipotecznego na wartość ceny końcowej.

W prezentowanej analizie przyjęto następujące warunki brzegowe:

- przypadek osadzony w polskich realiach,
- koszt budowy na podstawie kosztorysu (KNR),
- pominięto koszt nabycia terenu,
- wysokość oprocentowania kredytu hipotecznego na poziomie 3,7%,

- wkład własny inwestora 100 000 zł (minimum 20% inwestycji),
 - kwota kredytu w każdym przypadku zwiększona o 20 000 zł na nieprzewidziane wydatki,
 - kwota kredytu i wysokość odsetek (tab. 1),
 - koszty przygotowawcze (projekt budowlany, opracowanie map, badania geotechniczne itp.) ujednolicone dla każdego przypadku to 10 000 zł,
 - standard wykończenia domu jednakowy dla wszystkich domów (okładziny, oświetlenie, biały montaż itp. Umeblowanie IKEA dla wszystkich domów (tab. 2.),
 - koszty rozbudowy – standard pod klucz,
 - projekty są autorstwa pracowni Milwicz Architektki.
- Opis poszczególnych domów przedstawiono poniżej.

D61 (właściwie D46 +2m)

Dom z poddaszem użytkowym o powierzchni podstawowej 61m^2 , z możliwością rozbudowy o dwa moduły (z obu stron budynku, każdy po 28m^2 powierzchni użytkowej). W wariantie podstawowym wyposażony w dwie sypialnie oraz część dzienną. W analizie porównawczej wznoszona jest w całości „jednostka bazowa – moduł bazowy” i dokładane w razie potrzeb kolejne rozbudowy.

D81

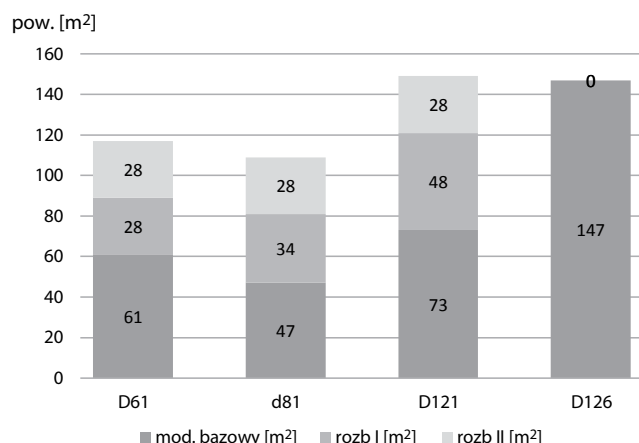
Dom z poddaszem użytkowym o powierzchni 81m^2 . Parter wyposażony w dwie sypialnie, strefę dzienną i sanitarną, umożliwiającą pełnoprawne funkcjonowanie bez konieczności wykańczania poddasza. Na poddasze użytkowe składają się trzy sypialnie oraz łazienka. Dom ma możliwość łatwego dostawienia/dobudowania modułu z jednej strony. W analizie rozbudowę podzielono na trzy etapy. I etap to budowa domu bez wykańczania poddasza, II etap to prace wykończeniowe poddasza, natomiast III etap to dobudowanie jednego modułu rozbudowy.

D121 (108/121)

Dom z poddaszem użytkowym o powierzchni 121m^2 . Podobnie jak w D81, parter może służyć jako pełnoprawny dom. Poddasze ma możliwość zaaranżowania w trzech wersjach. W analizie wybrano wersję z dwiema sypialniami i łazienką. Dom można powiększyć w dowolnej chwili o moduły po obu stronach, przy czym w analizowanym przypadku zastosowano jedną rozbudowę. Postępowano podobnie jak w D81 trójetaowo, by dodatkowo porównać wpływ wielkości powierzchni użytkowej na finalne koszty w obu rozwiązaniach.

D126

Dom z poddaszem użytkowym o powierzchni 126m^2 + garaż 21m^2 , bez możliwości rozbudowy. Przyjęto taki metraż, ponieważ jest to wielkość domu należąca do najczęściej wybieranych w polskich realiach ostatnich lat. Dom ma funkcjonalny parter z gabinetem/pokojem seniora oraz trzy sypialnie na poddaszu.



Rys. 2. Zestawienie metraży domów; skróty odnoszą się do metrażu podstawowego poszczególnych budynków

3.2. Wyniki

Porównano koszty budowy poszczególnych budynków. W pierwszym etapie porównano i zestawiono koszty domów o metrażu podstawowym, tzn. przed poddaniem ich rozbudowom (tab. 1., rys. 3–5). W przypadku nieznaney przyszłości uzasadniony jest wybór kompaktowego domu. Warto zauważyć, iż bardzo mały dom charakteryzuje się wysoką ceną jednostkową w stanie wykończonym. Spowodowane jest to wysokimi kosztami wykończenia, a dokładniej kosztem wykończenia łazienki oraz kuchni. Należy zaznaczyć, iż realizacja wspomnianych pomieszczeń stanowi wysoki udział w kosztach wykończeniowych. Jest on stały niezależnie od wielkości domu. Stąd wniosek, że korzystniejszym od D61, z praktycznego punktu widzenia, jest dom D81, ponieważ dodatkowy nakład finansowy ok. 50 000 zł oferuje nam 20 m² dodatkowej powierzchni użytkowej. Warty

uwagi jest również fakt udziału kosztów kredytowych. Budowa większego domu wiąże się z dużymi kosztami dodatkowymi związanymi z finansowaniem przedsięwzięcia sięgającymi 50% wartości wydatków inwestycyjnych. Mając na uwadze powyższy charakter rozkładu kosztów poniesionych na budowę 1 m² domu, autor dokonał analizy rozkładu kosztów w przypadku implementacji etapowania budowy, z uwzględnieniem możliwości adaptacji do zmiennych potrzeb dla poszczególnych projektów (rys. 6). przypadku niesprecyzowanych planów (tab. 2) wybór mniejszego domu zapewnia komfort finansowy, a jednostkowy koszt budowy pod klucz, z uwzględnieniem kosztów kredytowych, jest mniejszy (D81, D121) bądź równy (D61) z wydatkami na dom wznoszony klasycznie (D126). Jeżeli natomiast uwzględnimy założenie etapowania budowy, każde z rozwiązań elastycznych okazuje się być korzystniejsze od rozwiązania klasycznego (tab. 3).

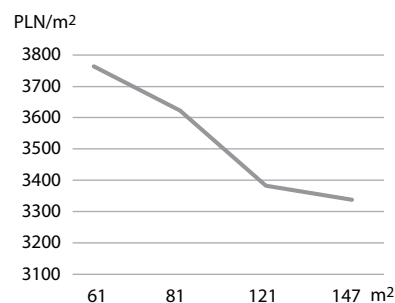
4. Podsumowanie

Budownictwo kompaktowe, pozwalające na dokonanie rozbudowy w dowolnym czasie w przyszłości, zwiększa dostępność mieszkaniową oraz zachęca prywatnych inwestorów do lokowania kapitału w nieruchomości takie jak dom. Zwiększenie dostępności mieszkaniowej wyraża się w kilku aspektach:

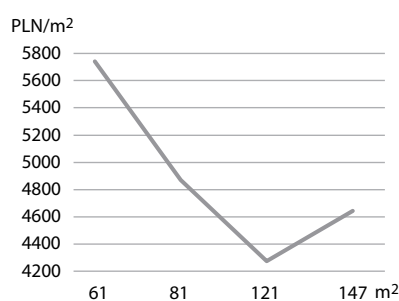
- niewielki dom nie wymaga dużych nakładów początkowych, a co za tym idzie dużego wkładu własnego;
- niski koszt początkowy daje możliwość zarówno obniżenia raty kredytowej, jak i czasu karencji kredytu hipotecznego, a więc obniża koszty poniesione na ten cel;
- dom można rozbudować na wiele sposobów, co zmniejsza jego redundancję i zwiększa atrakcyjność;

Tabela 1. Koszty budowy domów przed rozbudową

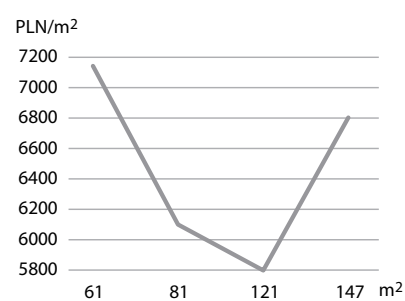
Nazwa domu	Metraż podstawowy [m ²]	Koszt budowy stanu deweloperskiego [zł/m ²]	Koszt stanu wykończonego bez uwzględnienia kredytu zł/m ²	Koszt stanu wykończonego z uwzględnieniem kosztów kredytu zł/m ²	Stosunek wysokości odsetek do kosztów budowy
D61	61	3764	5741	7143	24%
D81	81	3623	4870	6098	25%
D121	121	3383	4274	5798	36%
D126	147	3338	4642	6802	47%



Rys. 3. Koszt budowy m² domu do stanu deweloperskiego



Rys. 4. Koszt budowy m² domu do stanu pod klucz



Rys. 5. Koszt budowy m² domu do stanu pod klucz z uwzględnieniem kosztów kredytu

Tabela 2. Porównanie cen podstawowych modułów domów

Nazwa	Powierzchnia [%]	Koszt wzgl. D126 bez uwzględnienia kredytu	Koszt z uwzględnieniem kredytu	Rata miesięczna [zł]	Okres kredytowania [lata]
D61	41%	51%	44%	1918	15
D81	55%	58%	49%	2232	15
D121	82%	76%	70%	2495	20
D126	100%	100%	100%	2936	25

Tabela 3. Porównanie kosztów dla poszczególnych rozwiązań w stosunku do wariantu podstawowego D126 (147 m²) – 100%

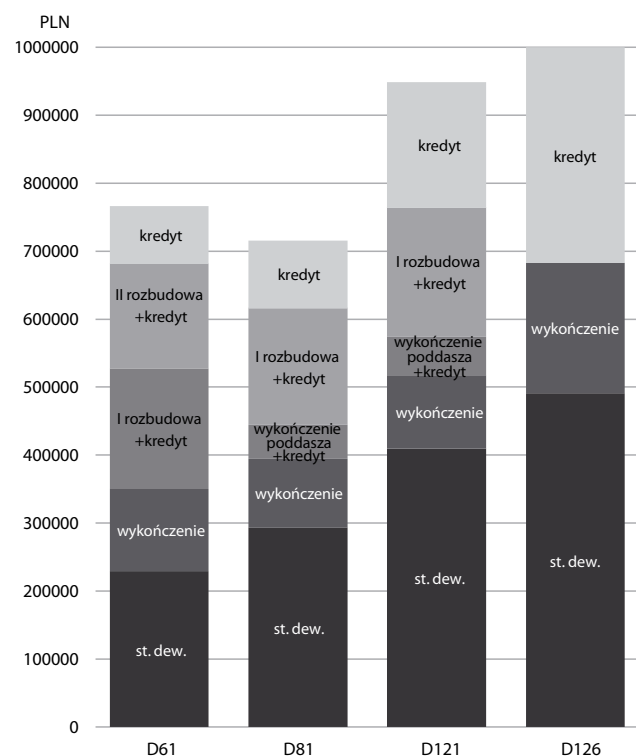
Moduł bazowy [m ²]	Rozbudowa I [m ²]	Rozbudowa II [m ²]	Koszt [zł]	Koszt [%]	Powierzchnia [%]	Koszt z uwzględnieniem kredytu	
61	28	28	681 049	100%	80%	766 535	77%
47	34	28	616 056	90%	74%	715 538	72%
73	48	28	764 272	112%	101%	948 655	95%
147	0	0	682 339	100%	100%	999 922	100%

- rozbudowa nie wymaga rozległych prac i nie ingeruje w bryłę budynku, co zachęca do takiej formy dostosowywania budynku.

Wspomniane czynniki rzutują na aspekty socjologiczne, powodując trafniejszą inwestycję w kwestii metrażu i funkcjonalności oraz zmniejszenie presji ekonomicznej.

Autor dodatkowo przeanalizował całkowite koszty związane z budowaniem domu pod klucz, uwzględniając wszystkie związane ze wzniesieniem domu jednorodzinnego. Podyktowane było to chęcią odpowiedzi na całkowity koszt budowy domu, która to informacja jest trudno dostępna dla polskiego konsumenta, a w odczuciu autora brak

świadomości kosztów może prowadzić do nietrafionych decyzji i w konsekwencji problemów finansowych prywatnych inwestorów. Z dokonanej analizy wynika, że koszty budowy małego domu są jednostkowo wyższe, jednak po uwzględnieniu kosztów kredytowych etapowanie wpływa na obniżenie tych kosztów w stosunku do klasycznej budowy, co dodatkowo przemawia za tym rozwiązaniem. Jeżeli inwestor nie sprecyzował przyszłych planów oraz nie wie, jaki dom będzie potrzebował niezależnie od finalnej wielkości, uzasadnionym rozwiązaniem jest podejście etapowe. Stosując podejście elastyczne, inwestor znacznie niweluje ryzyko związane z kosztami. Każdy z przeanalizowanych przypadków jest korzystniejszy finansowo od rozwiązania klasycznego.

**Rys. 6.** Zestawienie kosztów dla poszczególnych domów

BIBLIOGRAFIA

- [1] Schmidt III R., Austin S., *Adaptable Architecture, Theory and practice*, Routledge Taylor & Francis Group, NY, 2016
- [2] Milwicz R., Paślawski J., *Adaptability in buildings – housing context – literature review*, MATEC Web of Conferences 222, 2018
- [3] Le Corbusier, *Vers une architecture*, 1923
- [4] Živković M., Jovanović G., *A method for evaluating the degree of housing unit flexibility in multi-family housing*, FACTA UNIVERSITATIS, Architecture and Civil Engineering tom 10, 1/2012
- [5] Femenias P., Geromel F., *Adaptable housing? A quantitative study of contemporary apartment layouts that have been rearranged by end-users*, Journal of Housing and the Built Environment 2020
- [6] Eriksson B., *Residential design affecting dimensions of equity*, In Proceedings of the international sustainable housing conference, 2016
- [7] Braide A., *Dwelling in time. Studies on life course spatial adaptability*, Department of Architecture and Civil Engineering, ACE Chalmers University of Technology, 2019
- [8] Ritter De Paris S., Lopes C. N. L., *Housing flexibility problem: Review of recent limitations and solutions*, Frontiers of Architectural Research, 2017
- [9] Elkady A. A., Fikry M. A., Elsayad Z. T., *Developing an optimized strategy achieving design flexibility in small-area units: Case study of Egyptian economic housing*, Alexandria Engineering Journal, 2018
- [10] Wijburg G., *Geoforum, The governance of affordable housing in post-crisis Amsterdam and Miami*, 2021
- [11] Huuhka S., Saarimaa S., *Adaptability of mass housing: size modification of flats as a response to segregation*, 2018

Wykorzystanie technologii informatycznych do wspomagania działań inżynierskich

Dr hab. inż. Janusz Szelka, prof. uczelni, Uniwersytet Zielonogórski

1. Wprowadzenie

Budowa większości obiektów inżynierskich, jak również odbudowa obiektów zniszczonych, czy uszkodzonych stanowi bardzo trudne przedsięwzięcie, zarówno z punktu widzenia technicznego, jak i organizacyjnego. Ponadto dodatkowym utrudnieniem są często ograniczenia czasowe nałożone na realizację procesów decyzyjnych. Taka sytuacja wymusza konieczność ciągłych udoskonaleń w zakresie planowania, projektowania oraz organizacji budowy (odbudowy) obiektów inżynierskich. Skuteczność działań w tych obszarach uwarunkowana jest zarówno wiedzą i doświadczeniem decydentów czy wykonawców, jak i możliwościami ich systemowego wspomagania.

Złożoność przedsięwzięć inżynierskich w zakresie analiz, projektowania czy organizacji sprawia, że kwestii ich racjonalności nie sposób rozpatrywać w oderwaniu od metod, technik i narzędzi wspomagających te przedsięwzięcia. Jednak znaczna różnorodność problemów inżynierskich z jednej strony, a z drugiej – rozbudowana oferta technologii, które można wykorzystywać do ich wspomagania powodują, że właściwy dobór rozwiązań informatycznych staje się dla inżyniera-decydenta niełatwym, wieloaspektowym problemem. Decydent powinien zatem mieć świadomość, że choć potencjalnie może wykorzystać jedno z kilku dostępnych rozwiązań

informatycznych do wspomagania tego samego problemu, to końcowy efekt przedsięwzięcia (np. wynik analizy) w każdym przypadku może być inny.

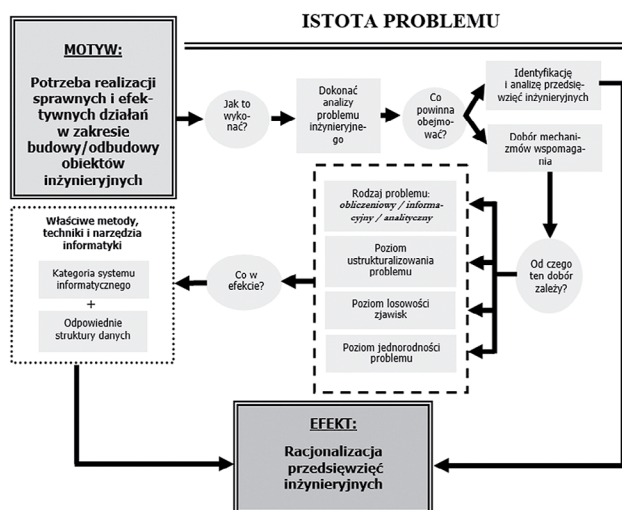
Problem doboru właściwych rozwiązań informatycznych staje się szczególnie istotny w sytuacjach nietypowych, obarczonych dodatkowymi uwarunkowaniami i ograniczeniami. Zmiana specyfiki problemu, kompletności, czy charakteru dostępnych danych może w istotny sposób wpłynąć na zakres dopuszczalnych rozwiązań informatycznych, a w konsekwencji, na wybór rozwiązania racjonalnego [1].

Istotę rozpatrywanego problemu przedstawiono na rysunku 1.

2. Istota racjonalizacji przedsięwzięć inżynierskich

Różnorodność kategorii problemów inżynierskich nie wynika wyłącznie z różnorodności obszarów przedsięwzięć, takich jak: analiza, projektowanie, organizacja, realizacja czy kontrolowanie. Jest zdeterminowana przede wszystkim znaczną rozpiętością uwarunkowań w zakresie dostępności i kompletności danych, losowości zjawisk czy wreszcie poziomu ustrukturyzowania problemu. W ramach jednego, złożonego przedsięwzięcia inżynierskiego (np. doboru konstrukcji przęsłowej mostu tymczasowego) inżynier-decydent będzie zmuszony do rozwiązywania zarówno problemów o dobrze rozpoznanej strukturze, jak i słabo ustrukturyzowanych, a przy tym, w kolejnych etapach tego przedsięwzięcia może mieć do czynienia z różnym poziomem kompletności, pewności oraz terminowości dostępnych informacji. Różne będą w związku z tym jego możliwości w zakresie przekształcania docierających do niego danych w informację, a w konsekwencji – w wiedzę rozumianą jako ogół wiarygodnych informacji wraz z umiejętnością ich wykorzystania.

Rozwiązanie sytuacji problemowej dla przedsięwzięć inżynierskich powstaje jako wynik analizy różnych czynników, takich jak np.: potrzeby w zakresie użytkowania obiektu, zasoby materiałów lokalnych czy wielkość potencjałów różnych kategorii (ludzkich, sprzętowych), możliwych do użycia przy budowie/odbudowie obiektu. Uwzględnić należy nie tylko wpływ każdego z czynników na obszar rozwiązań dopuszczalnych, ale także wzajemne powiązania między poszczególnymi czynnikami.



Rys. 1. Dobór rozwiązań informatycznych do wspomagania przedsięwzięć inżynierskich

Rys. 2. Złożoność problemu inżynierskiego rozpatrywana przy wyborze rozwiązań obiektu mostowego

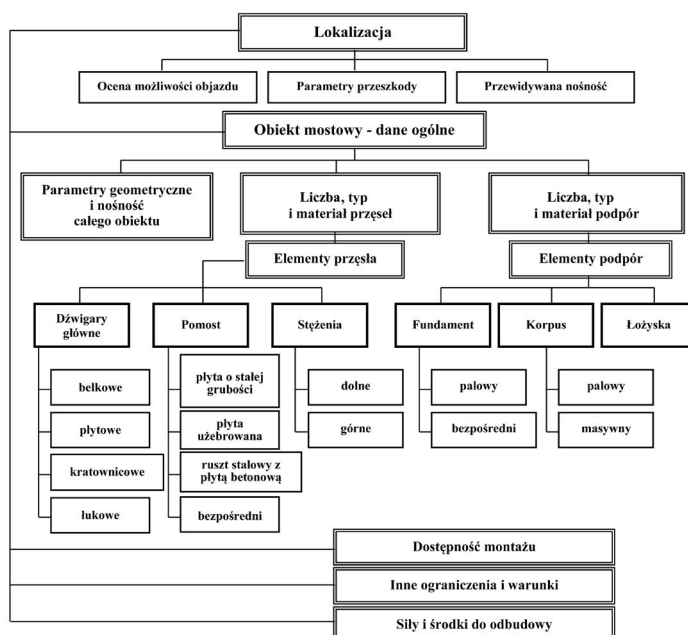
Przykładowo, poszukując racjonalnych rozwiązań w przypadku projektowania mostu tymczasowego w sytuacji kryzysowej (np. popowodziowej), można posługiwać się typologią tych mostów oraz rozwiązaniami konstrukcyjnymi i technologiczno-organizacyjnymi (rys. 2).

Jako stałą możemy przyjąć tylko wymaganą nośność mostu, natomiast zmienne w czasie będą parametry przeszkody wodnej, a tym samym różne możliwości objazdu. Z kolei, wraz ze zmianą tychże parametrów, będą się zmieniać: liczba i rodzaj podpór oraz liczba i rozpiętość przęseł mostu. Podobna sytuacja będzie związana z dostępnością placu montażowego (przy wykorzystywaniu konstrukcji składanych), co z kolei ma wpływ na organizację montażu konstrukcji przęsłowej oraz podpór mostu. Wymagać to będzie także doboru specjalnego sprzętu do budowy (np. na podwoziu gąsienicowym) ze względu na trudności związane z dojazdem do miejsca wykonywania prac mostowych. Każdy z tych czynników ma wpływ na przyjęcie właściwego (najlepiej racjonalnego) układu konstrukcyjnego obiektu oraz jego technologii i organizacji budowy, czyli zgodnie z zasadą teorii systemów „wszystko zależy od wszystkiego”.

3. Wykorzystanie autonomicznych narzędzi informatycznych do wspomagania przedsięwzięć inżynierskich

Problematyka doboru narzędzi informatycznych odpowiednich do kategorii problemu inżynierskiego należy do zagadnień często poruszanych w literaturze przedmiotu [1]. Znaczna różnorodność kategorii problemów wymusza stosowanie do ich wspomagania zróżnicowanych technologii informatycznych.

Do najczęściej wykorzystywanych w przedsięwzięciach inżynierskich należą aplikacje algorytmiczne, umożliwiające wspomaganie problemów obliczeniowych, ewidencyjnych oraz analityczno-decyzyjnych, pod warunkiem, że struktura problemu jest dobrze rozpoznana. Na uwagę zasługują w tym przypadku zwłaszcza technologie baz danych, których zakres zastosowań (uwzględniając ich różne odmiany) jest w obszarze przedsięwzięć inżynierskich naprawdę znaczący. Poczynając od wspomagania problemów o charakterze ewidencyjnym (katalogi rozwiązań konstrukcyjnych, katalogi sprzętu inżynierskiego itp.), poprzez wspomaganie działań analitycznych, realizowane przy użyciu wielowymiarowych baz danych (złożone analizy parametrów montażu obiektów mostowych przy uwzględnianiu różnych kryteriów), a skończywszy na wyspecjalizowanych technologiach baz danych. Za szczególnie istotne rozwiązanie w zakresie technologii baz danych w kontekście hybrydowości problemów



inżynierskich należy uznać mechanizmy hurtowni danych oraz tzw. aktywnych baz danych [2].

Struktury baz danych są z powodzeniem wykorzystywane również w systemach informatycznych, wspomagających decyzje o charakterze optymalizacyjnym lub symulacyjnym w obszarze działań inżynierskich. Systemy tego typu, określane mianem DSS (ang. *Decision Support Systems*) charakteryzują się możliwościami integrowania różnorodnych struktur danych (operacyjnych lub analitycznych) z modelami prognostycznymi, optymalizacyjnymi czy symulacyjnymi, wykorzystywanymi w procesach decyzyjnych.

Rola opisanych wyżej technologii informatycznych ogranicza się jednak do wspomagania sytuacji problemowych o dobrze rozpoznanej strukturze. Z kolei problemy słabo ustrukturyzowane mogą być wspomagane przez różne narzędzia z zakresu sztucznej inteligencji, w praktyce inżynierskiej reprezentowane przez systemy eksperckie (SE) oraz systemy sztucznych sieci neuronowych (SSN).

Systemy eksperckie można wykorzystać do wspomagania przedsięwzięć inżynierskich np. w zakresie doboru konstrukcji i organizacji budowy podpór, doboru konstrukcji przęsłowej czy klasyfikacji obiektu mostowego na podstawie jego stanu. Systemy te jednak nie są zdolne do wypracowywania konkluzji w przypadkach, w których zapisana w systemie wiedza jest niekompletna [3].

Do wspomagania problemów, dla których nie określono rozwiązań w bazie wiedzy, właściwym narzędziem okazują się systemy sztucznych sieci neuronowych.

W obszarze przedsięwzięć inżynierskich wykorzystuje się je m.in. do diagnozowania stanu obiektu (np. mostu), klasyfikacji obiektów, czy prognozowania stanu obiektu.

Możliwości wykorzystania opisanych wyżej technologii mogą jednak zostać znacząco ograniczone w przypadku konieczności wspomagania problemów złożonych, wieloetapowych, a przy tym niejednorodnych.

Tabela 1. Przykład wieloetapowego przedsięwzięcia inżynierskiego

Nr etapu	Działanie	Dane wejściowe etapu	Rezultat etapu
1	Ocena stanu obiektu inżynierskiego	wymagania dotyczące obiektu	ocena stanu: dobry, częściowo uszkodzony, całkowicie zniszczony
2	Dobór wariantu odbudowy (dla obiektu częściowo uszkodzonego)	m.in. ocena stanu	wybór wariantu racjonalnego
3	Organizacja budowy (m.in. wyznaczenie harmonogramu czynności)	(dla harmonogramu) – m.in. nazwy czynności, czasy trwania	model przebiegu działań ujętych w planie
4	Monitorowanie stanu obiektu	parametry obiektu po odbudowie	bieżący stan obiektu
5	Prognozowanie stanu obiektu w wybranym momencie (przedziale) czasu	m.in. bieżący stan obiektu	przewidywany stan obiektu

Rozpatrując np. problem konieczności oceny stanu mostu po powodzi i podjęcia dalszych działań w celu przywrócenia komunikacji przez przeszkodę wodną, można wydzielić w nim kilka etapów, które zestawiono w tabeli 1.

Informatycznego wspomaganie tak określonego problemu można dokonać, wykorzystując kilka autonomicznych aplikacji informatycznych.

Dla przykładu, zadania etapu I można zrealizować, wykorzystując sztuczną sieć neuronową (np. Neuronix). Przedsięwzięcia etapu II można wspomagać przy użyciu dedykowanego systemu eksperckiego lub systemu szkieletowego (np. PC Shell) z dołączoną dziedzinową bazą wiedzy z zakresu doboru wariantów odbudowy mostów. Rozwiązaniem alternatywnym może być wykorzystanie systemu aktywnych baz danych. Wspomaganie etapu III można realizować, wykorzystując algorytmiczną aplikację (np. Harmonogram), a monitorowanie stanu obiektu (zadanie z zakresu klasyfikacji), podobnie jak zadanie etapu V, powierzyć systemowi SSN. Prognozowanie można także zrealizować przy użyciu systemu prognostycznego, korzystającego z mechanizmu SSN (np. Predyktor). Istotnym problemem, który pojawia się przy takim podejściu, jest konieczność zachowania ciągłości łańcucha informacyjnego. Oznacza to, że wynikowy produkt informacyjny etapu poprzedniego reprezentuje jednocześnie dane wymagane do zainicjowania etapu następnego. Ze względu na zróżnicowany charakter narzędzi informatycznych, używanych do wspomaganie poszczególnych etapów, postaci informacji wynikowych są również zróżnicowane, co oznacza, że mogą nie być (i jest to często obserwowana prawidłowość) akceptowane przez pozostałe aplikacje. Nie do pominięcia jest przy tym problem nie tylko konieczności dysponowania wieloma złożonymi technicznie narzędziami, ale także umiejętności ich użytkowania.

4. Możliwości wykorzystania systemów hybrydowych do wspomaganie przedsięwzięć inżynierskich

Idea wykorzystania różnorodnych narzędzi informatycznych do wspomaganie złożonych przedsięwzięć inżynierskich, nawet uwzględniając dużą dostępność tych narzędzi, wydaje się być obciążona wieloma niedogodnościami i zazwyczaj

nie można takiego rozwiązania uznać za racjonalne. Podstawowym problemem jest brak zgodności w zakresie struktur lub (oraz) formatów danych wejściowych – i związany z tym brak (lub znaczne ograniczenie) możliwości wymiany danych pomiędzy poszczególnymi aplikacjami.

Narzędziami informatycznymi, które można zaproponować w powyższej sytuacji, są systemy zintegrowane, określane mianem hybrydowych (rys. 3).

Integracja narzędzi informatycznych, dokonywana zarówno w kontekście informacyjnym, jak i funkcjonalnym może być realizowana w różnym zakresie i dotyczyć różnych technologii [4]. W najprostszych przypadkach można mówić wyłącznie o integracji narzędzi algorytmicznych, obejmującej różne kategorie baz danych (transakcyjne, analityczne, aktywne). Jednak już wówczas uzyskuje się pożądany efekt, polegający na spójności struktur i formatów danych oraz integralności funkcjonalnej [5]. Podobną prawidłowość można wskazać dla problemów o źle rozpoznanej strukturze. Tworzenie zintegrowanych aplikacji obejmujących współdziałanie SE oraz SSN jest w stanie zapewnić ciągłość wspomaganie złożonego, źle ustrukturyzowanego problemu, w którym zadania składowe (w zależności od rodzaju problemu) dzielone są pomiędzy odpowiednie moduły [6]. Przykładowo:

- system ekspercki może pobierać dane wypracowane przez sieć neuronową i dokonywać ich rozszerzonej interpretacji (w oparciu o wiedzę ekspertów),
 - system ekspercki może być używany do uczenia sieci neuronowej, poprzez przygotowywanie danych uczących dla SN,
 - sieć neuronowa może wstępnie przetwarzać dane wejściowe dla systemu eksperckiego (np. dane z aparatury pomiarowej w systemie monitorowania obiektu mostowego) na postać bardziej dogodną do dalszego przetwarzania.
- Za najkorzystniejszy wariant organizacji systemów zintegrowanych i jednocześnie najtrudniejszy w realizacji należy uznać systemy hybrydowe, umożliwiające integrowanie problemów algorytmicznych z zadaniami o charakterze heurystycznym.

Niezwykle istotną cechą takich systemów jest możliwość definiowania przez użytkownika (inżyniera-decydenta) sekwencji przedsięwzięć do realizacji, które określa się mianem scenariuszy działań. Wszystkie niezbędne do rozwiązania problemu źródła danych (w postaci fragmentów arkuszy



Rys. 3. Istota integracji narzędzi informatycznych wspomagających przedsięwzięcia inżynierskie

kalkulacyjnych czy baz danych) gromadzone są w tzw. banku danych systemu. Do banku tego trafiają również efekty realizacji konkretnej fazy scenariusza (np. przy użyciu systemu eksperckiego). Rezultat taki, podobnie jak pozostałe informacje znajdujące się w banku danych, może być wykorzystany jako źródło danych kolejnego etapu zdefiniowanego w scenariuszu. Jako przykład tego typu systemu można wskazać aplikację HybRex, akceptującą dane źródłowe nie tylko w postaci struktur tablicowych (np. MS Excel) czy relacyjnych (np. MS Access), ale także dziedzinowe bazy wiedzy (zbiory reguł decyzyjnych).

Wykazując zasadność wykorzystania systemów hybrydowych w procesach wspomagania przedsięwzięć inżynierskich, warto odwołać się do rozwiązań informatycznych, funkcjonujących w tym zakresie w innych obszarach szeroko rozumianego zarządzania. Problem niejednorodności złożonych problemów analityczno-decyzyjnych jest na tyle powszechny zwłaszcza w przedsięwzięciach „biznesowych”, że wymusił opracowanie nowych, tzw. inteligentnych systemów hybrydowych do ich wspomagania [7]. Do rozwiązań takich należą aplikacje klasy Business Intelligence (BI), integrujące w swoich strukturach różnorodne narzędzia, zarówno o charakterze algorytmicznym, jak i heurystycznym. Przykładem tego typu systemu może być Aitech DSS, określany mianem inteligentnego systemu wspomagania decyzji (Intelligent DSS). Oprócz możliwości realizacji różnorodnych analiz (w tym analiz porównawczych oraz wielowymiarowych), oferuje zaawansowane opcje prognozowania (w tym realizowanego w oparciu o struktury sieci neuronowej). Wypracowane w wyniku analiz czy prognoz dane (zarówno ilościowe, jak i jakościowe)

mogą być uzupełnione ich interpretacją, dokonywaną przez system ekspercki w postaci słownych komentarzy, popartych obszernymi wyjaśnieniami (generowanymi na podstawie wartości bazy wiedzy).

5. Podsumowanie

Problem racjonalizacji przedsięwzięć inżynierskich może być rozpatrywany w różnych aspektach. Poziom uzyskiwanej efektywności oraz skuteczności działań jest zazwyczaj wypadkową wielu czynników. Wydaje się, że ze względu na znaczny stopień skomplikowania większości problemów (zwłaszcza decyzyjnych) zasadne jest wykorzystywanie podejścia systemowego. Natomiast niski poziom ustrukturalizowania części problemów wymusza stosowanie metod heurystycznych. Racjonalizacja przedsięwzięć inżynierskich nie obejmuje jednak wyłącznie sposobu podejścia do problemu, czy też scenariuszy postępowania (sekwencji działań), jakie można zawrzeć w modelu racjonalizacji określonej kategorii przedsięwzięć (np. budowy mostów). Jednym z jej warunków jest także dobór odpowiednich mechanizmów informatycznego wspomagania działań. Ciągły postęp w zakresie metod i narzędzi informatycznych, a przy tym coraz większa dostępność rozwiązań, uznawanych do niedawna za nowatorskie, nakazuje sukcesywne weryfikowanie dotychczasowego podejścia w zakresie przydatności poszczególnych kategorii systemów informatycznych do wspomagania określonych typów przedsięwzięć. Racjonalny wybór rozwiązań informatycznych powinien być poprzedzony dogłębną analizą charakteru problemu, określeniem postaci wymaganych zasobów informacyjnych oraz ich źródeł. Nie bez znaczenia jest także poziom jednorodności problemu oraz jego złożoność. Każdy z tych czynników może w istotny sposób wpływać na zakres możliwych do wykorzystania technologii informatycznych a nawet determinować rozwiązanie racjonalne. Najczęściej jednak problem doboru właściwego rozwiązania informatycznego polega na konieczności jednoczesnego uwzględnienia wielu czynników, a hierarchię ich ważności należy każdorazowo dobierać w odniesieniu do specyfiki problemu inżynierskiego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Szelka J., Wrona Z., Racjonalizacja przedsięwzięć inżynierskich z wykorzystaniem technologii informatycznych, Pięćdziesiąta Piąta Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB Krynica 2009
- [2] Szelka J., Wrona Z., Wykorzystanie systemów aktywnych baz danych do wspomagania przedsięwzięć inżynierskich. Pięćdziesiąta Szósta Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB Krynica 2010
- [3] Kwiatkowska A., Systemy wspomagania decyzji, PWN, Warszawa, 2007
- [4] Januszewski A., Funkcjonalność informatycznych systemów zarządzania, tom 1 i 2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2008
- [5] Beynon-Davies P., Systemy baz danych, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2004
- [6] Inteligentne systemy wspomagania decyzji, red. Sroka H., Wolny W., Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 2009
- [7] Szelka J., Wrona Z., Informatyczne wspomaganie procesów informacyjno-decyzyjnych w budownictwie komunikacyjnym, PAN, Warszawa, 2015

Big Data i Data Mining w polskim budownictwie

Dr inż. Marcin Gajzler, Instytut Budownictwa, Politechnika Poznańska

1. Wprowadzenie

Pojęcie Big Data odnosi się do bardzo dużych i zróżnicowanych zasobów danych, jakie są w dyspozycji. Termin ten w ostatnim dwudziestolecu upowszechnił się, zaś Big Data stało się cenionym zasobem, który poddany analizie stanowi częstokroć podstawę podejmowania decyzji, a także zarządzania strategicznego. Analizując bogatą już literaturę [2, 10, 11, 13], ale także praktyczne aplikacje oraz szeroką ofertę szkoleń i seminariów zauważa się, że pojęcie Big Data występuje w procesach biznesowych, w zarządzaniu, w handlu, produkcji i usługach. Metodą pozyskiwania potencjalnie cennych informacji z dużych zasobów danych jest grupa technik określana jako Data Mining [1]. Pozwala ona w relatywnie krótkim czasie na przeszukanie dostępnego zasobu danych i zdobycia informacji, których pozyskanie poprzez tradycyjne analizy byłoby kosztowne i czasochłonne, a nawet niemożliwe. Celem artykułu jest udzielenie odpowiedzi, czy również sektor polskiego budownictwa wykazuje zainteresowanie analizami Big Data, a przede wszystkim czy w sektorze budownictwa występują zasoby danych, dla których termin Big Data jest właściwy.

2. Big Data

Wraz z rozwojem komputeryzacji, możliwościami trwałego gromadzenia i przechowywania danych, a także w związku z coraz bardziej rozwiniętym rynkiem usług, gdzie konkurencyjność organizacji stale wzrasta, nastąpił rozwój informatycznych systemów zarządzania. Od prostych systemów transakcyjnych (TPS Transaction Processing Systems) po inteligentne i zintegrowane systemy zarządzania organizacją (OSS Organization Support Systems) [14]. Na trendzie tej ewolucji, w odpowiednich warunkach wykształcił się kierunek określany jako Big Data, który odpowiada za gromadzenie i analizę dużych i zróżnicowanych zasobów danych, w celu dostarczenia przydatnych, w tym ukierunkowanych i nieukierunkowanych informacji. Co istotne, wspomniane zasoby danych ciągle się rozrastają, albowiem rozwój technologii mobilnych umożliwia przesyłanie i ciągłe gromadzenie danych w czasie rzeczywistym. Powoduje to, że typowe bazy danych, jakie współlistniały z systemami transakcyjnymi w znaczący sposób różnią się od współczesnych zasobów danych i zastosowanie technik analizy tych danych wymaga współczesnego i zautomatyzowanego wobec tak ogromnych rozmiarów danych podejścia. Jako przykład takiego podejścia odpowiadającego

wymaganiom dużych i zróżnicowanych zasobów danych należy wskazać zbiór technik Data Mining. Są to techniki określane jako eksploracyjne pozwalające na odkrywanie wiedzy i wywodzące się z połączenia technik baz danych, metod statystyki oraz metod sztucznej inteligencji. Dzięki zastosowaniu technik komputerowych współczesna analiza dużego i zróżnicowanego zasobu danych z wykorzystaniem technik Data Mining nie stanowi obecnie problemu czy wyzwania. Co ciekawe, przydatność dużych zasobów wiedzy poddanych analizie zasadniczo nie ulega istotnej redukcji. Wynika to z faktu, że w podejściu Data Mining możemy wyróżnić podejście ukierunkowane, które stawia sobie za cel pozyskanie określonej informacji i wiedzy, co tylko potencjalnie wyczerpuje przydatność zbioru po wykonanej analizie. Obok podejścia ukierunkowanego wyróżnia się nieukierunkowane, które opiera się o analizy nawet już wcześniej eksplorowanych danych w celu pozyskania nowych informacji czy poznania nowych prawidłowości, które zależnie od potrzeb organizacji mogą okazać się przydatne.

3. Dostępne zasoby danych

Rzeczywisty rozwój technik komputerowych pozwolił na gromadzenie wielu danych będących rezultatem realizacji procesów, takich jak: transakcje, procesy produkcyjne, monitoring jakości, logistyka, kontrola stanu itp. Oprócz tego, co jest akcentowane w szczególności poza naukami technicznymi, zasoby sieci internetu stanowią ogromny zasób danych, który traktuje się jako swoistą kopalnię informacji i wiedzy o zjawiskach i o samych użytkownikach. Różnego rodzaju portale społecznościowe i dane tam zawarte podlegają wnikliwym analizom pozwalającym na odkrycie informacji, np. o preferencjach użytkowników. To pozwala dopasować prezentowane treści do odbiorcy, a nawet przygotować ofertę, którą być może użytkownik będzie zainteresowany, zanim jeszcze podejmie jakiejkolwiek własne działania.

W Big Data można wyróżnić podstawowy model opierający się na pięciu atrybutach [3, 12], takich jak:

- wielkość (Volume),
- prędkość (Velocity),
- różnorodność (Variety),
- wartość (Value),
- wiarygodność (Veracity).

Wielkość to atrybut dotyczący zasobności zbiorów danych. Jak wspomniano wcześniej, rozwój technik komputerowych w tym trwałych nośników, a także rozwiązań rozproszonych

(chmury) umożliwia gromadzenie danych, nawet takich, co do których aktualnie nie ma uzasadnienia ich niezbędności. O ile kilkadziesiąt lat temu dane były gromadzone w formie formularzy papierowych i przechowywane w archiwach, o tyle aktualnie dominują nośniki elektroniczne, znacznie przekraczające wolumen niejednego archiwum.

Prędkość to atrybut związany obecnie, znów dzięki rozwojowi technologii, w szczególności technologii monitoringu oraz bezprzewodowego przesyłu danych, z dostępnością danych w czasie rzeczywistym. Są to dane o charakterze dynamicznym wynikające z monitoringu stanu obiektu czy zjawiska.

Różnorodność ma związek z formą, a także strukturą gromadzonych danych. Ze względu na różnorodność źródeł danych wymagają one często wstępnej transformacji i organizacji stanowiącej element zasadniczej analizy Big Data. Należy uwzględnić, że dane nie muszą mieć charakteru ilościowego, ale dość powszechne i cenne są dane o charakterze jakościowym. Istnieją odrębne techniki ich analizy, co pozwala wykorzystać je w zdobywaniu informacji i wiedzy.

Wartość to atrybut opisujący znaczenie danych dla analizy. Wydaje się być to atrybut subiektywny pomimo metod pozwalających na określanie siły wpływu zmiennych na zależną. Wobec prowadzenia tzw. analiz nieukierunkowanych praktycznie każde dane mają potencjałe znaczenie. Jednak gdy pozostaje się w analizach ukierunkowanych i wybiera określone narzędzia (np. sztuczne sieci neuronowe), wstępna selekcja danych wydaje się być kluczowa.

Wiarygodność wydaje się być jednym z ważniejszych atrybutów istotnych dla wyników analizy. O ile dane dotyczą procesów stale rejestrowanych (np. transakcje kasowe, pomiary stanu elementów obiektu, monitoring zjawiska), o tyle m.in. w budownictwie mogą wystąpić źródła danych i same dane, co do których wiarygodności istnieją uzasadnione obawy (np. ze względu na niejawność procesu lub czynniki pozaformalne). Analiza danych o niskiej wiarygodności powoduje tym samym niską wiarygodność jej wyników i ograniczoną ich przydatność.

Rozpatrując duże zasoby danych odpowiadające atrybutom Big Data z pewnością można zidentyfikować je w sektorze budownictwa. Zasoby te mają różny charakter. Począwszy od danych ilościowych o określonej nadanej strukturze, jakimi są przykładowo katalogi nakładów (np. KNR, KNNR), ilościowe zestawienia materiałowe dla obiektów, przez zasoby tekstowe opisujące zjawisko czy stan obiektu (specyfikacje techniczne, opinie i ekspertyzy dotyczące stanu technicznego, protokoły pokontrolne wykonania robót), dynamiczne dane pomiarowe (pozyskiwane w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem technik bezprzewodowych pomiary stanu procesu, elementu – np. dane dotyczące zmian temperatury w betonie, czasy realizacji procesów technologicznych podczas betonowania, dane z monitoringu obciążenia elementu) – aż do wykorzystania modelowania BIM i zawartej tam struktury danych elementów modelu.

Oprócz tego w budownictwie występują typowe zasoby funkcjonujące w innych dziedzinach gospodarki – np. dane księgowe przedsiębiorstw, dane klientów i kontrahentów czy dane transakcyjne. Mają one również istotne znaczenie i pozwalają wspomagać procesy zarządzania zarówno strategicznego, jak i operacyjnego.

Niestety wciąż zauważa się, że świadomość użytkowników czy dysponentów tych zasobów, co do możliwości ich wykorzystania, nie jest w pełni rozwinięta. Wyniki badań w tym zakresie opierające się na ankiecie zostaną zaprezentowane w dalszej części.

4. Znajomość Big Data w sektorze polskiego budownictwa

Praktyczne wykorzystanie dużych zasobów danych uzależnione jest w pierwszej kolejności od znajomości zagadnienia oraz dostępności narzędzi analizy. W związku z tym pod koniec 2020 roku przygotowano ankietę, którą rozesłano drogą elektroniczną do 58 przedsiębiorstw sektora budowlanego działających na terenie kraju (w tym do różnych działów w przypadku dużych przedsiębiorstw). Ankieta zawierała 12 pytań dotyczących znajomości zagadnień Big Data, możliwości wykorzystania zasobów danych i stanu faktycznego w przedsiębiorstwie. Zwrot ankiet używano na poziomie ok. 77,6%. Jednym z pierwszych pytań zawartych w ankiecie było pytanie dotyczące znajomości zagadnień Big Data wśród osób średniego szczebla zarządczego. Aż 41 respondentów wskazało na znajomość Big Data, przy czym jedynie 7 potwierdziło znajomość zagadnień na podstawie dedykowanych szkoleń czy warsztatów. Można na podstawie tego sformułować niekategoryczny wniosek o braku potrzeby szczegółowego poznania Big Data i tym samym braku świadomości i perspektyw zastosowania analiz Big Data w praktyce. W opinii autora zagadnienia Big Data wymagają poznania szczegółowych metodyk, a sama ogólna znajomość pojęcia jest zdecydowanie niewystarczająca do praktycznego wykorzystania. W kolejnych punktach ankiety zapytano o dostępność zasobów Big Data w przedsiębiorstwie i na zewnątrz przedsiębiorstwa, wskazując przy tym na przykłady takich zasobów. Udzielane odpowiedzi wskazywały na dostępność dużych zasobów danych w przedsiębiorstwach, co winno dawać podstawy do ich analiz. Jednym z kolejnych punktów ankiety było pytanie o dostępność narzędzi analizy Big Data. W tym przypadku jedynie jedno przedsiębiorstwo udzieliło odpowiedzi pozytywnej. Zauważa się, że w kontekście nakładów na zakup oprogramowania istnieją alternatywne sposoby wykonania analizy i tego dotyczyło kolejne pytanie. Okazało się, że 3 przedsiębiorstwa zlecały analizy Big Data do podmiotów zewnętrznych. Z tego wynika, że jedynie ok. 9% przedsiębiorstw miało styczność z praktycznymi analizami Big Data. W oparciu o wykonane badania ankietowe stwierdza się, że były to przedsiębiorstwa

deweloperskie, które w ten sposób badały preferencje swoich potencjalnych klientów, chcąc zwiększyć swoją konkurencyjność i dostosować ofertę.

Przeprowadzone badanie ankietowe niestety wykazało, że w badanej próbie znikome jest praktyczne wykorzystanie Big Data pomimo dysponowania odpowiednimi zasobami danych. Dotyczy to zarówno właściwych dla sektora budownictwa zasobów, jak i typowych – np. księgowych.

Na podstawie tego można sformułować wniosek, że sektor polskiego budownictwa jest jeszcze w przededniu „rewolucji informacyjnej” opartej na Big Data. W opinii autora być może w niedalekiej przyszłości wzrośnie świadomość dysponowania zasobami danych, jakie nie zostały jeszcze w całości wyeksplorowane i cały czas dysponują potencjałem informacyjnym, który przyniesie wymierną korzyść dla organizacji.

5. Możliwości wykorzystania analiz Big Data

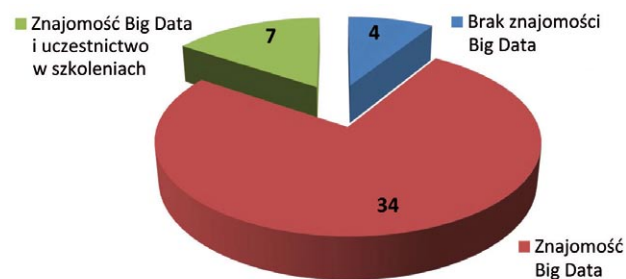
Jak wynika z przeprowadzonych badań ankietowych, upowszechnienie Big Data w sektorze polskiego budownictwa nie osiągnęło jeszcze wysokiego poziomu. Stan ten potwierdzają również badania opisane w [8, 9]. Tymczasem aplikacyjność do wielu zagadnień obecnych w sektorze budownictwa jest w oparciu o doświadczenia innych branż znana od lat.

Przeprowadzone badanie ankietowe nie pozwoliło precyzyjnie określić zakresu prowadzonych przez przedsiębiorstwa analiz Big Data. Z informacji uzyskanych można jedynie wnioskować, że prowadzone analizy miały na celu rozpoznanie preferencji zakupowych klientów w związku ze sprzedażą przez przedsiębiorstwa wykonanych lokali mieszkalnych. Autor zauważa, że w [6] zaprezentował możliwości analiz Data Mining o podobnym kierunku. W [6] zaproponowano analizę Data Mining dla zasobów danych pozyskanych z internetowych portali ogłoszeniowych poświęconych nieruchomościom, witryn internetowych firm deweloperskich, a także ofert biur obrotu nieruchomościami. Celem analizy było określenie istotnych atrybutów wpływających na zainteresowanie się ofertą przez potencjalnych klientów, w szczególności określenie atrybutów lokalizacji. Była to analiza ukierunkowana – zmierzająca do ściśle określonego celu. W celu rozwiązania problemu i wskazania istotnych przy wyborze lokalizacji atrybutów wykorzystano w analizie drzewa klasyfikacyjne C&RT (Classification and Regression Tree). Uzyskane wówczas wyniki pozwoliły zwrócić uwagę na takie atrybuty lokalizacji, jak odległość od obiektów infrastruktury społecznej (zdrowie, oświata i rekreacja), a także o nieznacznie niższej istotności – odległość od handlu i usług oraz odległość od sieci komunikacji.

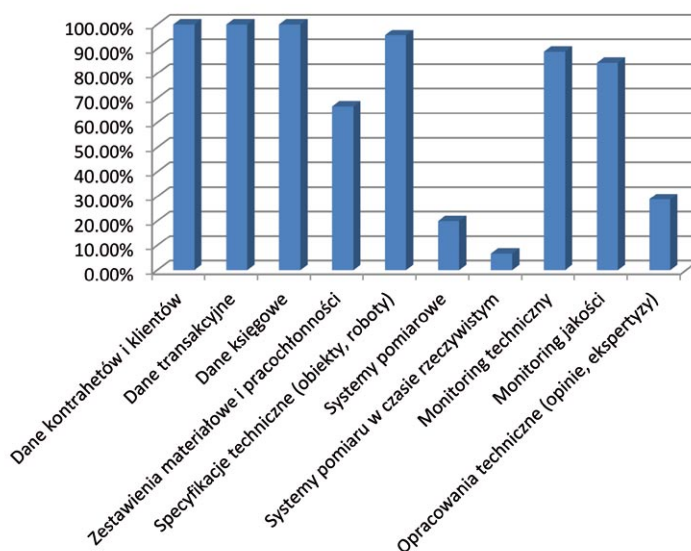
Analizę o podobnym zakresie zaprezentowano również w [5], przy czym źródło danych stanowiła pozyskana od firm

deweloperskich charakterystyka poziomu sprzedaży lokali mieszkalnych (częściowo dane transakcyjne). W analizie uwzględniono również czynniki lokalizacyjne, zaś samą analizę można również określić mianem ukierunkowanej. Wyniki badania wskazywały na ciekawą, ale i wydaje się oczywistą okoliczność. Z wyników analizy można wywnioskować, że to wcale nie atrybut ceny zakupu lokalu jest najistotniejszy w decyzji potencjalnych klientów. Atrybutami o wyższej istotności była odległość od hałaśliwych ulic, odległość od lotniska, dostępność infrastruktury społecznej i edukacyjnej.

Inne aplikacje autora dotyczyły systemów wspomagania decyzji technologicznych [4, 5]. Problemem, jaki został rozwiązany poprzez analizę Big Data, było grupowanie dostępnych na rynku rozwiązań materiałowych z punktu widzenia zastosowań. Było to przydatne z punktu widzenia doboru odpowiedniego materiału. Cechą szczególną prowadzonych analiz była specyfika zasobu danych. Poprzez podejście Text Mining w analizie wykorzystano bowiem dane tekstowe – fragmenty kart technicznych różnych rozwiązań materiałowych. Zwrócono wówczas uwagę na pewne

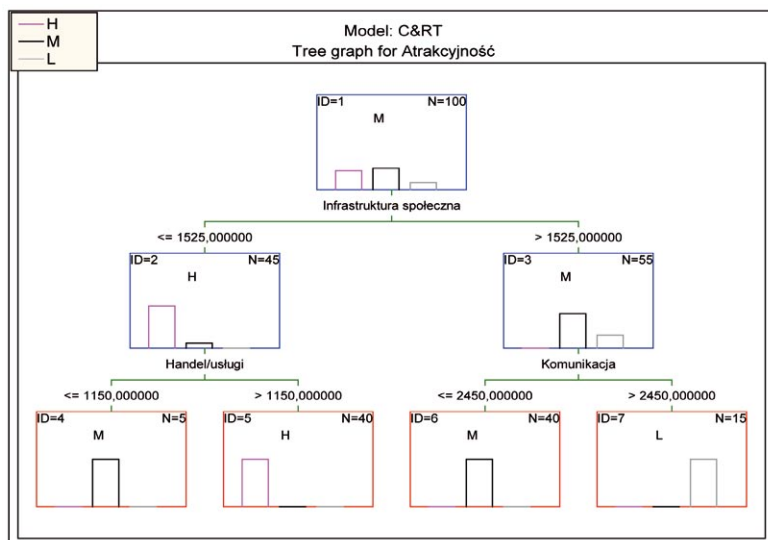


Rys. 1. Deklarowana znajomość zagadnień Big Data wśród kadry menadżerskiej średniego szczebla w przedsiębiorstwach sektora budowlanego (badania własne)



Rys. 2. Deklarowana dostępność zasobów danych w przedsiębiorstwach sektora budowlanego (badania własne)

Rys. 3. Przykład wyników analizy Data Mining w zakresie czynników lokalizacyjnych [6]



ograniczenia w stosowanej metodzie analizy. Zauważa się, że występowanie wraz z danymi tekstowymi wartości liczbowych w toku analizy Text Mining powoduje utratę kontekstu przez tę wartość i tym samym jej częściowe pominięcie. Pomimo tych niedogodności zastosowanie podejścia Text Mining daje szansę na relatywnie szybką i zautomatyzowaną analizę danych tekstowych.

Jedną z ostatnich aplikacji w analizie Big Data było jej wykorzystanie we wspomaganiu zarządzania technicznym budynkami. Zasobami poddanymi analizie były dane tekstowe dotyczące stanu technicznego budynków na przestrzeni ostatnich 7–10 lat. Oprócz danych tekstowych w analizie uwzględniono dane ilościowe – księgowe, dotyczące ponoszonych przez zarządcę nakładów finansowych na utrzymanie w danym roku, a także inne dane charakterystyczne dla budynku (m.in. technologia, powierzchnia, liczba kondygnacji, wiek, struktura właścicielska). Prowadzona analiza początkowo nie była ukierunkowana i pozwoliła uzyskać interesujące zależności. Jedną z nich była zależność wskazująca, że przy udziale własnościowym spółki miejskiej wyższym aniżeli 38%, w budynkach starszych niż 68 lat, w technologii tradycyjnej stan techniczny był zauważalnie gorszy (stopień zużycia technicznego wyższy niż 61%), podczas gdy przy zmianie struktury własnościowej, gdzie liczba współwłaścicieli była mniejsza aniżeli 5, udział spółki miejskiej był mniejszy niż 17%, to stan techniczny był lepszy i poprzez wartość stopnia zużycia technicznego oznaczony został na poziomie niższym aniżeli 46%. Przedstawiona jako przykład zależność pozwala pozyskać istotne informacje z punktu widzenia zarządzania budynkiem, a w szczególności dane w zakresie kształtowania budżetu remontowego.

6. Podsumowanie

Obserwacja wykorzystania zasobów Big Data oraz analiz Data Mining w innych sektorach gospodarki i życia pozwala przypuszczać, że w sektorze budownictwa nastąpi znaczne przyspieszenie rozwoju aplikacji. W opinii autora rozwój cyfryzacji – ze szczególnym uwzględnieniem modelowania BIM, technik mobilnych przesyłu danych, dużej liczby gromadzonych danych spowoduje większe zainteresowanie zasobami Big Data i technikami ich analiz. Jest to o tyle stwierdzenie uprawnione, że już obecnie w sektorze budownictwa występują duże zasoby danych, których zautomatyzowana analiza może dostarczyć interesujących i cennych informacji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Berry M., Linoff G., Data mining techniques for marketing, sales and customer support. Wiley, New York, 1997
- [2] Bilal M., Oyedele L. O., Qadir J., Munir K., Ajayi S. O., Akinade O. O., Owolabi H. A., Alaka H. A., Pasha M., Big Data in the construction industry: A review of present status, opportunities, and future trends, *Advanced Engineering Informatics*, tom 30, 3/2016, str. 500–521, Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2016.07.001>
- [3] Błażejewicz G., Rewolucja z Marketing Automation. Jak wykorzystać potencjał Big Data, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2016
- [4] Gajzler M., Text and data mining techniques in aspect of knowledge acquisition for decision support system in construction industry, *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2)2010, str. 219–232, Doi: <https://doi.org/10.3846/tede.2010.14>
- [5] Gajzler M., Usefulness of mining methods in knowledge source analysis in the construction industry. *Archives of Civil Engineering*, tom 62, 1/2016, str. 127–142, Doi: <http://dx.doi.org/10.1515/ace-2015-0056>
- [6] Gajzler M., Zagadnienie wyboru lokalizacji z wykorzystaniem metody Data Mining, *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, tom 2, 3/2011, str. 253–261
- [7] Gajzler M., Protocols from periodic inspection of buildings in text mining analysis – advantages and problems of analysis, *MATEC Web of Conferences* 222/2018, str. 01004, Doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822201004>
- [8] Górecki J., Big Data as a Project Risk Management Tool. *Risk Management Treatise for Engineering Practitioner*, 2018, Doi: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.79182>
- [9] Górecki J., Bizon-Górecka J., Michałkiewicz K., Execution of construction projects in the use of Big Data. *Scientific Review. Engineering and Environmental Science* 26(2)2017, str. 241–249, Doi: <http://dx.doi.org/10.22630/PNIKS.2017.26.2.23>
- [10] Ismail S. A., Bandi S., Maaz Z. N., Appraisal into the Potential Application of Big Data in the Construction Industry. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, tom 5, 2/2018, str. 145–154, Doi: <http://dx.doi.org/10.11113/ijbes.v5.n2.274>
- [11] Qian Z., Yang X., Xu Z., Cai W., Research on Key Construction Technology of Building Engineering under the Background of Big Data, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. The 7th International Conference on Computer-Aided Design, Manufacturing, Modeling and Simulation (CDMMS 2020) 14-15 November 2020, Busan, South Korea, Doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1802/3/032003>
- [12] Tabakow M., Korczak J., Franczyk B., Big Data – definicje, wyzwania i technologie informatyczne, *Business Informatics* 1(31)2014
- [13] Yang C. T., Chen S. T., Liu J. C., Liu R. H., Chang C. L., On construction of an energy monitoring service using big data technology for the smart campus. *Cluster Computing*, 23/2020, str. 265–288, Doi: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10586-019-02921-5>
- [14] Zieliński J., Inteligentne systemy w zarządzaniu, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2000

Prof. dr inż. Jan Filipkowski (1929–2021)



Jan Filipkowski urodził się 23 stycznia 1929 roku w Buszkowie koło Koronowa. Na początku okupacji niemieckiej został wraz z całą rodziną wysiedlony z miejsca urodzenia i do wyzwolenia przebywał w Szczuczynie w województwie białostockim, pracując w gospodarstwach rolnych. Po wyzwoleniu wrócił do rodzinnej miejscowości, gdzie uzupełnił szkołę podstawową. Szkołę średnią ukończył w Bydgoszczy. Po uzyskaniu matury w 1950 roku podjął studia dwustopniowe na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Gdańskiej, które ukończył w 1956 r. W roku 1964 Rada Wydziału Budownictwa Lądowego Politechniki Gdańskiej na podstawie rozprawy pt. „Stan naprężenia i przemieszczenia w ciele jednorodnym, wywołany płaskim stacjonarnym polem temperatur” nadała mu stopień naukowy doktora nauk technicznych. W roku 1978 uzyskał tytuł profesora nadzwyczajnego.

Pracę zawodową w charakterze zastępcy asystenta w I Katedrze Matematyki Politechniki Gdańskiej podjął 1 marca 1953 r., będąc jeszcze studentem trzeciego roku studiów. Po ukończeniu studiów magisterskich o specjalności budowy mostów przeszedł do pracy w Katedrze Mechaniki Budowli, gdzie pracował na stanowiskach asystenta, starszego asystenta i adiunkta do roku 1968. W czerwcu 1968 r. podjął pracę w Wyższej Szkole Inżynierskiej w Koszalinie na stanowisku docenta. Od 1978 roku pracował kolejno na stanowisku profesora nadzwyczajnego, a od roku 1991 do przejścia na emeryturę – na stanowisku profesora zwyczajnego. Uzupełnieniem pracy w uczelni koszalińskiej były liczne staże naukowe odbyte w wielu ośrodkach zagranicznych, takich jak: University of Liverpool (1975, 1984), University of Nottingham (1981), University of California (1987), Technische Universität Braunschweig (1990), Universität der Bundeswehr, Hamburg (1990). W latach 1987–1989 Profesor pracował na kontrakcie na University of Dar es Salaam w Tanzanii. Przez cały czas pracy dydaktycznej w Politechnice Gdańskiej, a następnie w Politechnice Koszalińskiej, Profesor prowadził ożywioną działalność projektową oraz wykonawczą w budownictwie. W latach 1956–1957 pracował w Biurze Projektów Budownictwa Wiejskiego w Gdańsku, w latach 1957–1958 w Sopockim Przedsiębiorstwie Przemysłu Budowlanego i Papierniczego, a od roku 1970 do 1986 w Biurze Projektów Urbanistycznych i Komunalnych w Koszalinie.

Profesor Filipkowski był autorem lub współautorem ponad 60 prac naukowych, które są efektem działalności naukowej o charakterze teoretycznym i eksperymentalnym oraz twórczych zastosowań teorii w praktyce inżynierskiej. Generalnie dotyczyły one tematyki zagadnienia brzegowego teorii naprężeń cieplnych; analizy statycznej układów prętowych integrującej metodę macierzy przeniesienia z metodą elementów skończonych; badań doświadczalnych modeli konstrukcji oraz konstrukcji rzeczywistych; zagadnień wytrzymałościowych i konstrukcyjnych przekryć wiszących, tekstylnych oraz strukturalnych; badań reologicznych materiałów tekstylnych stosowanych w przekryciach powłokowych oraz zagadnień statycznej i dynamicznej interakcji konstrukcji i fundamentów blokowych z podłożem gruntowym.

Wiele prac naukowych realizowanych w Katedrze Mechaniki Budowli, którymi kierował Profesor, było finansowanych przez: IBW PAN w Gdańsku, IPPT PAN w Warszawie oraz Komitet Badań Naukowych. Profesor opiniował również wiele wniosków o granty KBN oraz recenzował artykuły do czasopism naukowych i technicznych. Przez cały czas pracy w szkolnictwie wyższym Profesor twórczo uprawiał zawód inżyniera budownictwa lądowego, projektując i realizując szereg obiektów sakralnych, budynków oraz nowatorskich konstrukcji inżynierskich. Na szczególną uwagę zasługują: projekt i realizacja sklepienia oraz konstrukcji dachowej refektarza w kościele św. Józefa w Gdańsku (1960); projekt i realizacja nowego kościoła w Laskowicach koło Bydgoszczy (1960); projekty kościołów w Koronowie, Górnej Grupie, Milanówku, Iławie, Łebie, Kodniu i nadzory nad ich wykonaniem (1968–1972); projekt rekonstrukcji kościoła w Gniewaniu na Ukrainie i nadzór nad jego wykonaniem (1989); konstrukcja żelbetowa budynku Ośrodka Kuratorium w s. Warszawy w Mielenie z niecką basenu usytuowaną na III kondygnacji (1972); przekrycie strukturalne sztucznego lodowiska w Bydgoszczy (1973); modernizacja konstrukcji przekrycia tekstylnego amfiteatru w Połczynie Zdroju (1974); dachoe Kran w budynku sceny amfiteatru w Koszalinie (1975); przekrycie wiszące widowni amfiteatru w Koszalinie (1975); projekty i realizacje przejść dla pieszych (kładek) w Koszalinie (1976, 1977); przekrycie strukturalne Centrum Sportowo-Rekreacyjnego w Gryfinie (1992–1996); przenośne przekrycie tekstylne ołtarza w Obrze (1974, 1995); projekty wielu stalowych hal przemysłowych dla firm prywatnych – SAK Tekstylna-Koszalin (1992), Superfish-Kukinia (1994–1998), JAAN-Koszalin (1993–1999), MOJSIUK-Koszalin (1993–1998), Drewexim-Koszalin (1995–1996).

Rozwiązania konstrukcyjne Profesora cechuje oryginalność i nowatorstwo, które przyniosły Mu szerokie uznanie w kraju i za granicą. Przykładowo, konstrukcja przekrycia amfiteatru w Koszalinie na Kongresie Architektów w Meksyku w 1978 roku uznana została za jedną z najciekawszych konstrukcji inżynierskich na świecie w minionym dziesięcioleciu. Wybitne osiągnięcia naukowe i inżynierskie Profesora są znakomitą ilustracją wyznawanej przez Niego zasady, iż: najpraktyczniejsza jest dobra teoria.

W uczelni koszalińskiej Profesor Filipkowski zorganizował od podstaw Zespół Mechaniki Budowli oraz brał aktywny udział w tworzeniu Ośrodka Elektronicznej Techniki Obliczeniowej oraz Międzyzakładowego Laboratorium Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji Budowlanych. Zespół Mechaniki Budowli funkcjonował pod jego kierownictwem do roku 1974, następnie został przekształcony w Zakład Mechaniki Budowli, a od roku 1991 w Katedrę Mechaniki Budowli. Tą jednostką dydaktyczną kierował z małymi przerwami do 1996 roku. Profesor przez jedną kadencję (1978–1981) pełnił funkcję rektora Wyższej Szkoły Inżynierskiej, przyspieszając rozwój uczelni i powiększając jej bazę lokalową poprzez kontynuowanie budowy hali sportowej, budowę hali ogólnotechnicznej oraz realizację inwestycji na nowym terenie uczelni przy ul. Śniadeckich. Profesor pełnił przez dwie kadencje (1990–1993 oraz 1993–1996) funkcję dziekana Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska, wykazując efektywność w działaniu w nowej rzeczywistości społeczno-politycznej. Na uwagę zasługuje: inicjatywa i osobisty udział w zorganizowaniu i przeniesieniu Biblioteki Głównej Uczelni do budynków przy ul. Raławickiej; utworzenie Wydziałowej Pracowni Komputerowej; zorganizowanie bazy lokalowej i sprzętowej wraz z powołaniem Laboratorium Techniki Budowlanej oraz zainicjowanie prac związanych z dwustopniowym systemem studiów (opracowanie nowych siatek studiów).

Podczas kadencji dziekańskiej Profesora wydział uzyskał kategorię B przyznaną przez Komitet Badań Naukowych oraz prawo doktoryzowania na kierunku budownictwo. Efekty działań Profesora jako rektora i dziekana w znaczący sposób przyczyniły się do przekształcenia w roku 1996 Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Politechnikę Koszalińską. Profesor pełnił również wiele funkcji w różnych komisjach i organizacjach działających w uczelni, na terenie Koszalina oraz o zasięgu ogólnopolskim. Był wieloletnim członkiem Sekcji Mechaniki Konstrukcji Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN (od 1976 r.) i Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej (członek Zarządu Głównego w latach 1992–1996). Profesor był delegatem na Zjazd Krajowy I Kadencji Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w latach 2002–2006 oraz członkiem Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej w latach 2002–2004.

Z chwilą podjęcia pracy w Koszalinie Profesor podjął aktywne wieloletnie działania mające na celu rozwój naukowy młodych pracowników wydziału poprzez organizowanie przy współudziale Politechniki Gdańskiej szkół letnich w Mielnie, Zaocznego Studium Doktoranckiego oraz seminariów. Działania te doprowadziły do znaczącego rozwoju naukowego wydziału, czego wyrazem było uzyskanie prawa do doktoryzowania na kierunku budownictwo, podczas jego kadencji dziekańskiej. Profesor był promotorem pięciu rozpraw doktorskich. Wszyscy doktoranci Profesora są lub też byli pracownikami wydziału, prowadząc aktywną działalność naukową i zawodową. Profesor opiniował również wiele wniosków o tytuł naukowy profesora oraz recenzował dorobek w przewodach doktorskich i habilitacyjnych.

Za swoją działalność naukową, organizacyjną, dydaktyczną i zawodową Profesor uzyskał szereg nagród, odznaczeń i wyróżnień zarówno resortowych, jak i regionalnych. Wśród nich wymienić można: Nagrody Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki, stopnia III zespołową za osiągnięcia naukowo-badawcze (1976), stopnia III indywidualną za osiągnięcia dydaktyczne (1976), stopnia II indywidualną za osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne (1979 i 1980), stopnia I indywidualną za osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne (1981); Nagrodę Ministra Edukacji Narodowej II stopnia zespołową za osiągnięcia naukowo-badawcze (1981), Nagrodę Zespołową II stopnia Ministra Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych (1976); Nagrodę Zespołową I i II stopnia Zarządu Oddziału Wojewódzkiego NOT w Koszalinie (1973 i 1976); honorowy tytuł „Mister Techniki Polskiej” (1973); Zasłużony Racjonalizator Produkcji (1988); Złoty Krzyż Zasługi (1973); Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski (1979); Medal Edukacji Narodowej (1980); Krzyż Oficerski Orderu Odrodzenia Polski (1998), Medal za szczególne zasługi dla Zachodniopomorskiej Izby Inżynierów Budownictwa (2019) „Pamiątkowy Medal Seniora ZOIB”.

Profesor był członkiem PZITB, od 1970 r. Podczas swojej działalności w naszym stowarzyszeniu był wieloletnim przewodniczącym Sądu Koleżeńkiego oraz członkiem Komisji ds. Rzeczoznawstwa, przy ZG Oddziału Koszalińskiego. Jego zasługi dla PZITB zostały uhonorowane 18.12.2018 r. przez Zarząd Główny, który nadał mu Godność Zasłużonego Seniora PZITB.

Zmarł w Koszalinie 30 stycznia 2021 roku.

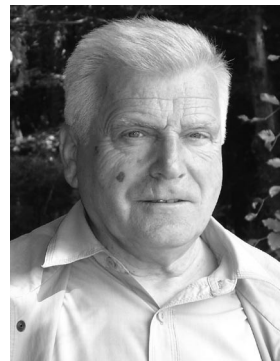
Pograżeni w smutku:

Koleżanki i Koledzy z Katedry oraz członkowie PZITB Oddziału Koszalin

Prof. dr hab. inż. Kazimierz Rykaluk (1941–2021)

Urodził się 1 stycznia 1941 roku w Kadłubiskach. Był absolwentem Wydziału Budownictwa Lądowego Politechniki Wrocławskiej w specjalności konstrukcje budowlane z roku 1963. Na macierzystym wydziale w 1969 r. uzyskał stopień doktora nauk technicznych w specjalności konstrukcje metalowe oraz stopień doktora habilitowanego w 1982 roku. Tytuł profesora nauk technicznych otrzymał w 1999 roku.

Po studiach odbył staż przemysłowy w Poznańskim Przedsiębiorstwie Konstrukcji Stalowych i Urządzeń Przemysłowych „Mostostal”. Posiadał uprawnienia w specjalności konstrukcyjno-budowlanej do projektowania i kierowania robotami. Był rzeczoznawcą budowlanym na terenie całego kraju. Wykonał samodzielnie lub zespołowo wiele projektów i ekspertyz konstrukcji stalowych różnych obiektów (np. projekty hełmów wież katedr we Wrocławiu i Częstochowie, ekspertyza



Fot. Antoni Biegus

po katastrofie hali Międzynarodowych Targów Katowickich, ekspertyza zagrożonego awarią stalowego dachu hali widowiskowo-sportowej ERGO-ARENA w Sopocie, projekt masztu antenowego w Nowej Karczmie, ekspertyza i projekt rewitalizacji zagrożonych awarią stalowych belek podtorzy przenośników węgla w Elektrowni Bełchatów oraz ekspertyzy maszynowni energetycznych po pożarach w Elektrowni Turów i Elektrociepłowni w Gorzowie Wielkopolskim).

Był niekwestionowanym autorytetem naukowym w dziedzinie konstrukcji metalowych. Przedmiotem szczególnych zainteresowań były m.in.: właściwości stali konstrukcyjnych, naprężenia własne spawalnicze, pękanie kruche i zmęczeniowe (w tym wysokocyklowe), nośność stalowych konstrukcji wysokich (kominy, wieże, maszty), stateczność elementów płytowych konstrukcji stalowych.

Opublikował ponad 160 prac z tego zakresu i był autorem 6 publikacji książkowych. Kolejna książka była już prawie na ukończeniu. Wypromował 5 doktorów nauk technicznych, wykonał wiele recenzji w postępowaniach habilitacyjnych i w postępowaniach o nadanie tytułu profesora. Otrzymał wiele odznaczeń i nagród, w tym: Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski, Medal Komisji Edukacji Narodowej, Złoty Krzyż Zasługi, Złote i Srebrne Odznaki PZITB oraz NOT, kilkadziesiąt Nagród Rektora, Dziekana Wydziału oraz Dyrektora Instytutu Budownictwa.

W latach 1963–2011 pracował jako nauczyciel akademicki na macierzystym Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Następnie przez kilka lat

był zatrudniony na stanowisku profesora w Instytucie Budownictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Był członkiem komitetów naukowych wielu konferencji naukowo-technicznych krajowych i zagranicznych.

Znamy Go jako szlachetnego i skromnego człowieka, naukowca poszukującego wytrwale prawdy i wielkiego przyjaciela studentów i młodych pracowników nauki, których zawsze wspierał swoją wiedzą i doświadczeniem. Młodzi i starsi inżynierowie – jego wychowankowie – często odwiedzali swojego Profesora, który zawsze był gotowy do pomocy w rozwiązywaniu trudnych problemów zawodowych, a także osobistych.

Profesor zmarł 6 kwietnia 2021 roku we Wrocławiu. Żegnamy wybitnego naukowca i wspaniałego człowieka o wielkim sercu.

Cześć Jego pamięci

Dr hab. inż. Eugeniusz Hotała, prof. PWR



doka

Safety Summer Sale

-20%
NA ZAKUPY
ONLINE*

Siatki bezpieczeństwa SNF

system ochrony przed spadającymi
przedmiotami, do zastosowania na
dowolnej konstrukcji budowlanej



FreeFalcon

mobilny system ochrony
przed upadkiem z wysokości

ONLINE SHOP



Shop Online!
shop.doka.com



* Rabat na wybrane produkty i akcesoria BHP obowiązuje w sklepie online.



DESKOWANIA

NOE[®] top

Wielkoformatowe deskowanie ścian



NOEtop stanowi syntezę szalunku ramowego i szalunku wsporcze. Sprawia to, że jest on systemem wielofunkcyjnym, otwierającym nowe obszary zastosowań, którego możliwości wykraczają daleko poza normalne szalunki ramowe.

Dzięki dopuszczalnemu parciu mieszanki betonowej wynoszącemu 88 kN/m² NOEtop nadaje się do niemal wszystkich zadań budowlanych

foto: budowa magazynu do tymczasowego przechowywania materiałów radioaktywnych w Holandii

www.noe.pl

Centrala Mazowsze

ul. Jezioraki 84 02-863 Warszawa
T +48 22 853 00 91
warszawa@noe.pl

Oddział Pomorze

ul. Grunwaldzka 35 84-230 Rumia
T +48 697 068 080
pomorze@noe.pl

Oddział Śląsk

ul. Ostatnia 3 41-909 Bytom
T +48 32 389 20 61
slask@noe.pl